

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва житньої
крупя**

Виконала: здобувачка вищої освіти 5 курсу,
групи ХТз-1-19 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Вікторія ТКАЧЕНКО

Керівник: _____ Віталій КОШУЛЬКО

Рецензент: _____ Олексій СТАСЬ

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

(підпис)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ткаченко Вікторії Володимирівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва житньої крупи».
Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» травня 2024 року № 982.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 11 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія круп функціонального призначення.
2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Об'єкти та методи досліджень. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-5 | Доцент Віталій КОШУЛЬКО | 06.05.24 | 11.06.24 |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 06.05-08.05.24 | виконано |
| 2 | Аналітичний огляд | 09.05-12.05.24 | виконано |
| 3 | Об'єкти та методи досліджень | 13.05-15.05.24 | виконано |
| 4 | Дослідна частина | 16.05-02.06.24 | виконано |
| 6 | Охорона праці та довкілля | 03.06-05.06.24 | виконано |
| 7 | Організаційно-економічна частина | 06.06-07.06.24 | виконано |
| 8 | Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел | 08.06-09.06.24 | виконано |
| 9 | Підготовка демонстраційного матеріалу | 10.06-11.06.24 | виконано |

Здобувачка вищої освіти _____ Вікторія ТКАЧЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 64 сторінок друкованого тексту, 9 рисунків та ілюстрацій, 22 таблиці та використано 28 літературних джерел посилання.

Метою досліджень є розробка технології виробництва житньої крупи з високими функціональними властивостями з можливістю подальшого її використання при виробництві комбінованих продуктів.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва та оцінка якості житньої крупи.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту функціонального спрямування.

Темп сучасного життя ставить багатьох в умови постійного дефіциту часу. Збільшується попит продукції, що відповідає вимогам швидкого харчування. Широке визнання з боку споживача отримали концентрати як сухих сніданків, які є продукти, готові до вживання, зазвичай, без додаткової кулінарної обробки, виготовлені із злакового зерна з спрямованими функціональними властивостями.

В Україні популярність сухих сніданків зростає з кожним роком, їх вживає понад 40 % населення. Продукти сприяють збереженню та зміцненню здоров'я, попереджають захворювання, пов'язані з неправильним харчуванням та впливом шкідливих факторів. Разом про те асортимент таких товарів, зокрема вітчизняного виробництва, недостатній і потребує розширення з урахуванням потреб ринку.[15].

Ключові слова:

Жито, крупа, помел, борошно, висівки, зазор, продукти харчування, поживна цінність, енергетична цінність, функціональні властивості.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД | 9 |
| 1.1 Біотехнологічний потенціал зерна жита та продуктів його переробки | 9 |
| 1.2 Технології і асортимент продуктів переробки жита | 16 |
| Висновки за розділом | 20 |
| 2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ | 22 |
| 2.1 Методи досліджень | 22 |
| 2.1.1 Фізико-хімічні і біохімічні методи досліджень | 22 |
| 2.1.2 Визначення співвідношення анатомічних частин зерна | 22 |
| 2.2 Методика підготовки зерна жита до помелу | 24 |
| 2.3 Методика оцінки борошномельних властивостей і крупоутворювальної особливості зерна жита | 24 |
| 2.3.1 Методика оцінки круп'яних властивостей зерна жита | 26 |
| Висновки за розділом | 26 |
| 3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА | 27 |
| 3.1 Розробка способу отримання житньої крупи | 27 |
| 3.2 Дослідження якісної характеристики житньої крупи і борошна, отриманих за новою технологією | 42 |
| 3.2 Дослідження впливу теплової обробки на вміст водорозчинних речовин | 45 |
| Висновки за розділом | 50 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ | 51 |
| 4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора цеху з виробництва житньої крупи | 51 |
| 4.2 Охорона праці у разі пожежі на робочому місці | 52 |
| Висновки за розділом | 52 |
| 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 53 |
| 5.1 Витрати на проведення досліджень | 53 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 5.2 Розрахунок вартості дослідження | 56 |
| Висновки за розділом | 57 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 58 |
| БІБЛІОГРАФІЯ | 60 |

ВСТУП

Стратегічним завданням сучасної харчової технології є створення функціонального харчування, що забезпечує підтримку та активізацію важливих для життя функцій людини, підвищенню загального опору організму агресивним умовами життєдіяльності. Особливу роль в функціональному харчуванні вчені відводять комбінованим продуктам, які відкривають широкі можливості для підвищення їжі і біологічної цінності створюваних продуктів.

У сучасних умовах у зв'язку з погіршенням екологічної обстановки необхідно створювати функціональні продукти харчування, які відкривають широкі можливості для підвищення харчової та біологічної цінності створюваних продуктів.

У якості зернового компонента можуть служити продукти переробки жита. Зерно жита від інших злакових культур відрізняється більш збалансованим амінокислотним складом, за винятком вівса, та високий вміст слизів (2,5 – 7,2 %) та геміцелюлоз, які позитивно впливають на склад мікрофлори кишечника, обумовлюють її дієтичні властивості роль структуроутворювачів. Жито містить вітаміни групи В, мінеральні речовини та харчові волокна, основна маса яких локалізується в периферійних частинах зерна (насіньневих і плодових оболонках, алейроновому шарі і зародку). Проте при традиційній технології переробки жита частини видаляються у висівки, оскільки вони можуть погіршувати споживчі і частково санітарно-гігієнічні властивості готової продукції. У зв'язку із цим необхідні нові продукти переробки з високим вмістом периферійних частин, і одночасно з добрими споживчими та покращеними санітарно-гігієнічними властивостями для їх успішного просування на ринку. Таким продуктом можуть стати житні крупи.

У зв'язку з вищевикладеним, метою досліджень стала розробка технології виробництва житньої крупи з високими функціональними властивостями з можливістю подальшого її використання при виробництві комбінованих продуктів.

У відповідності з цим були визначено наступні завдання:

- дослідження показників якості зерна жита різних сортів та різних років урожаю;
- розробка способу переробки жита з метою одержання житньої крупи з високою харчовою цінністю, покращеними санітарно гігієнічними і споживчими властивостями;
- дослідження якісних характеристик житньої крупи.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва та оцінка якості житньої крупи.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту функціонального спрямування.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Біотехнологічний потенціал зерна жита та продуктів його переробки

Аналіз літературних даних показує, що як рослинні компоненти у комбінованих молочно-рослинних продуктах використовують не тільки готову продукцію зернопереробних підприємств (борошно, крупу, пластівці і т. д.), але і цільндроблене зерно, висівки, зародок, оболонки, які є побічними продуктами борошномельних підприємств. У літературі не виявлено відомостей про продукти переробки зерна, спеціально створених для використання їх як рослинного компоненту, і дуже мало комбінованих продуктів з використанням продуктів переробки жита. Тому цікавим є розгляд біотехнологічного потенціалу зерна жита і процесів його переробки.

Згідно з рекомендацією НДІ харчування в середньому за рік на душу населення, необхідно використовувати 35 – 45 % житнього борошна, із загальної маси. Більшість жита вирощується як озима культура, висіяна восени. У ряді північних районах урожайність жита порівнюється із пшеницею вище на 50 – 60 %, вона дає гарантований урожай у посушливі роки, тому що значно більш зимостійке, ніж пшениця і добре росте на бідних піщаних ґрунтах. Жито через його здатність боротися з бур'янами і запобігати вітровій зоні ґрунтів, також гарне в сівозміні. Воно не вимагає інтенсивного застосування засобів хімізації, що дуже важливо для захисту навколишнього середовища.

Технологічні властивості зерна є похідними від групи первинних властивостей, які можна підрозділити на фізико-хімічні, біохімічні, структурно-механічні та інші [39]. На технологічні властивості зерна значний вплив здійснюють морфологічні особливості. Зерно жита, також як і інші зернові культури, складається з оболонок (плодова, насіннева), ендосперма і зародка [14].

Будова зерна і структура його анатомічних частин визначають основні засади технології борошна та крупи. Завдання подрібнення ендосперму зерна при виробництві сортового борошна вирішується однозначно, якщо точно відомо

взаємне розташування анатомічних частин зерна, їх взаємозв'язок, особливості їх будови – мікроструктури та структурно-механічних властивостей. Співвідношення мас анатомічних частин безпосередньо впливає на потенційний вихід готової продукції [40]. За даними різних авторів співвідношення анатомічних частин у зернівці жита залежить від типу, сорту, умов проростання, кольору зернівки. За анатомічним складом зерно жита дещо відрізняється від пшениці. Якщо у пшениці вміст оболонки 5,6 – 8,9 %, а алейронового шару 6,3 – 8,9 %, то у жита відповідно – 11,1 – 14,4 % та 10,9 – 12,2 %, тобто в сумі їх відносний вміст вищий, ніж у пшениці. Середній вміст ендосперму в зерні жита становить 72 – 73 %. Вивчення ендосперму зерна ярого та озимого жита показало, що товщина алейронового шару зерна ярого жита дорівнює 37,8 мк, а у озимого сорту – 39,6 мк [10, 14]. При цьому було показано, що найбільший вміст крохмалистого ендосперму спостерігається у зелених зерен жита.

Ендосперм – це запасний мішок зернівки, який є основним джерелом отримання борошна та містить в основному крохмалю (60 – 75 %) та білка (9 – 12 %). Борошнисте ядро ендосперму містить всі білки, що відносяться до груп проламінів та глютенінів. Вміст клітковини, жиру, мінеральних речовин мінімальний і складає клітковини 0,19 %, мінеральних речовин – 0,66 % [22].

Зародок – зачаток майбутньої рослини, його характеризує високий вміст білків, ліпідів, цукрів. Зародок з всіх анатомічних частин найбільш багатий на білки (40,7 % на с.р.). До його складу входить лейцин (3 %), що має високу поживну цінність. Він відіграє велику роль в обміні речовин. Він містить значну кількість не насичених жирних кислот – 11,95 % на с. р., мінеральних речовин (8,1 – 8,9 %). У зародку міститься (у мг на 100 г золи): міді – 1,0, цинку – 33,0, марганцю – 35,0 [24].

Питання про вміст клітковини в зерні жита представляє інтерес до того, що жито переважно використовуються у простому помелі. Клітковина є важкоперетравленою речовиною, тому харчова цінність зерна у певному ступені визначається кількісним вмістом у ньому клітковини. Вміст клітковини в зародку складає 3,10 % [25].

Оболонки виконують захисну функцію зернівки, тому вони мають значну механічну міцність, яку надають їм високий вміст клітковини і геміцелюлоз. У плодкових оболонках клітковини може утримуватися до 44 %, в насінневих оболонках разом з алейроновим шаром – 7,18. Жир в оболонках разом з алейроновим шаром утримується 3,6 % на с. р.. Алейроновий шар багатий глобулінами. Мінеральні речовини в алейроновій шарі складають 6,4 – 6,7 %, в оболонках – 3,1 – 3,9 % [26].

Зерно жита, порівняно з пшеницею, має витягнуту форму. На одному кінці зерна, з боку спинки розташований зародок, на протилежному кінці знаходиться борідка. Уздовж черевця проходить борозенка, проникаючи глибоко всередину зерна, що ускладнює процес помелу.

По хімічному складу зерно жита близько до зерна пшениці (таблиця 1.1) [18].

На частку вуглеводів, як видно з таблиці 1.1, в цілому доводиться значна кількість речовин (біля 82 %), що входять до складу зерна жита. Серед вуглеводів жита перше місце за кількістю займає крохмаль, який відіграє дуже важливу роль у технології приготування житнього тіста та хлібу [28]. Він міститься виключно в ендоспермі зерна і знаходиться там, у вигляді крохмальних зерен різних розмірів. Крохмаль жита порівняно з пшеничним легше клейстеризується (при співвідношенні крохмалю та води як 1:50). При $T = 55^{\circ} C$ зерна житнього крохмалю сильно набухають, втрачають форму і контури, деформуються [1].

Зерно жита містить велику кількість цукрів (цукрози, трифруктозанів). Вміст редуруючих цукрів у зерні жита становить близько 0,3 %, а сахарози – близько 5 %. Значна частина цукру, що міститься в нормальному непророслому зерні жита, складається із сахарози, а здебільшого, вона знаходиться в зародку (50 %) [18].

Зерно містить клітковину у наступних кількостях (%) – пшениця – 3 %, жито – 2 % [22]. У зерні пшениці та жита міститься від 8 – 10 % геміцелюлоз (у окремих випадках до 14 %).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад зерна жита

| Хімічні речовини | Вміст в % на суху речовину | |
|--|----------------------------|---------------|
| | середня | Коливання |
| Вуглеводи (всього) в тому числі: | 82,01 | 78,0 – 86,0 |
| – крохмаль | 60,0 | 56,0 – 64,0 |
| – сахароза | 5,0 | 4,2 – 6,8 |
| – редукуючі цукри | 0,3 | 0,2 – 0,5 |
| – клітковина | 2,5 | 2,1 – 3,0 |
| – пентозани | 8,8 | 7,5 – 10,0 |
| Білки (Всього) в тому числі: | 13,5 | 9,0 – 18,0 |
| – глобуліни | 5,0 | 4,0 – 6,0 |
| – проламіни | 4,0 | 3,0 – 5,0 |
| – глютеніни | 2,5 | 2,0 – 3,0 |
| – жир | 1,9 | 1,8 – 2,1 |
| Мінеральні речовини (всього) в тому числі: | 1,8 | 1,5 – 2,2 |
| – СаО | 0,078 | 0,072 – 0,084 |
| – FeO | 0,008 | 0,006 – 0,010 |
| – РО | 0,76 | 0,57 – 0,86 |
| Водорозчинні речовини (всього) | 15,0 | 12,0 – 18,0 |
| Вітаміни в мг/кг | | |
| – В ₁ | 6,0 | 4,0 – 7,0 |
| – В ₂ | 2,5 | 2,0 – 3,0 |
| – РР | 17,0 | 14,0 – 20,0 |

Слиз має велике значення при переробці зерна жита, оскільки він підвищує пластичні властивості зерна жита і воно розмелюється складніше зерна пшениці. Вміст слизів в зерні жита нерівномірний. Найбільш багаті на слизові речовини периферійні частини зерна. До центру зерна вміст слизових речовин зменшується майже в 2 рази. Разом з тим відносна в'язкість слизів у центрових частинах в 50 разів вище, ніж у слизів, виділених із периферійних частин зерна. Слизи грають розподілену роль у формуванні структури житнього тіста та його реологічних властивостей. Гідрофільність слизів дуже велика, при гідратації збільшують свій об'єм у 8 разів. Слизи жита легко набухають у воді та утворюють надзвичайно в'язкі розчини. Якщо приготувати певної концентрації розчини желатину і слизу, то виявиться, що в'язкість розчину житніх слизів набагато вище в'язкості желатину тієї ж концентрації. Таким чином, вони можуть бути використані в

якості стабілізаторів.

Білкова цінність харчового продукту визначається не тільки кількістю утворених білкових речовин, що містяться в ньому, але і наявністю і співвідношенням ряду амінокислот [4].

Таблиця 1.2 – Амінокислотний склад білків зерна жита (Єгоров Г.А.)

| Амінокислота | Вміст % до білку | Амінокислота | Вміст |
|--------------|------------------|----------------------|-------------|
| лізін | 2,3 – 4,4 | гістидин | 1,5 – 2,5 |
| валін | 3,4 – 5,3 | аспарагінова кислота | 5,5 – 8,1 |
| лейцин | 5,5 – 6,7 | серін | 4,3 – 6,3 |
| ізолейцин | 2,7 – 4,0 | глутамінова кислота | 18,2 – 29,0 |
| метіонін | 1,0 – 2,5 | пролін | 8,0 – 10,4 |
| треонін | 3,0 – 4,5 | гліцин | 4,5 – 10,3 |
| триптофан | 1,1 | аланін | 4,5 – 7,2 |
| фенілаланін | 2,8 – 5,4 | цистин | 1,4 – 2,1 |
| аргінін | 8,0 – 6,1 | тирозин | 1,6 – 2,9 |

Таблиця 1.3 – Вміст в зерні жита найважливіших амінокислот

| Найменування амінокислот | Вміст в % на с.р. | Найменування амінокислот | Вміст в % на с. р. |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|
| валін | 0,7 | метіонін | 1,0 |
| ізолейцин | 0,7 | фенілаланін | 0,7 |
| лейцин | 1,0 | треонін | 0,3 |
| лізін | 0,6 | триптофан | 0,1 |

Жир міститься головним чином в алейроновому шарі і зародку. Загальний вміст сирого жиру в житі (від 1,5 до 2,0 %) відповідає кількості жиру в інших зернових культурах. Відмінність між сортами по вмісту жиру незначна. Рік, урожай і район зростання також не здійснюють значного впливу на цей показник [5].

Вміст та співвідношення вільних, пов'язаних і міцно пов'язаних ліпідів жита представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вміст ліпідів в зерно жита різних сортів, %

| Сорт | Вільні | Пов'язані | Міцно Пов'язані | Сума |
|------------|--------|-----------|-----------------|--------|
| Інтенсивне | 1,6 | 0,46 | 0,27 | 2,33 |
| Ірина | 1,69 | 0,71 | 0,41 | 3,11 |
| Агроном | 1,63 | 0,58 | 0,25 | 2,46 |
| Амей | 1,602 | 0,46 | 0,31 | 2,37 1 |
| Алатир | 1,87 | 0,46 | 0,31 | 2,64 |

Позначено більш високі величини йодного і роданового чисел, а також значно більшу кількість неомилюваних речовин у жита в порівнянні з пшеницею [6].

У зародку зерна жита утримується значна кількість ненасичених жирних кислот – 11,95 % на суху речовину. Значно менше жиру в оболонках зерна, в них, навіть включаючи алейроновий шар, жиру всього 3,6 % на суху речовину [4].

Таблиця 1.5 – Загальне вміст ліпідів і вміст жирних кислот зерна жита

| Сирий жир, % на с.р. | Вміст жирних кислот сирого жиру, % | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Міристинова 14:0 | Пальмітинова 16:0 | Стеаринова 18:0 | Пальміто олеїнова 16:1 | Олеїнова 18:1 | Ліноліва 18:2 | Ліноліва 18:3 | Ейкозенова 20:1 |
| 1,5 | - | 16,5 | 0,6 | - | 15,6 | 55,6 | 10,4 | 1,3 |

Жито від інших зернових, відрізняється більш високим вмістом ліноленової кислоти. Це високоненасичена жирна кислота дуже чутлива до окислення, яке може призвести до прогіркання при зберіганні житнього борошна [5].

Вміст мінеральних речовин визначається по зольності: зола в зерні жита складає від 1,5 до 2,2 % в залежності від району зростання, агротехніки, року врожаю і сорту [8]. Зола зерна жита складається головним чином з фосфорнокислих солей калію, натрію, магнію, кальцію. У зародку зосереджено до

56,11 % фосфорної кислоти. Зерно ярого жита вдвічі багатше фосфором, ніж зерно озимого жита. Фосфор у зерні знаходиться головним чином в органічній формі у вигляді фітіна, фосфатидів і фосфорних груп нуклеїнових кислот. На частку мінерального фосфору припадає лише 7 – 12 % загального вмісту. З мікроелементів у зерні жита є марганець, мідь, бір, алюміній, йод, бром, фтор, кобальт, титан, нікель, молібден, миш'як, барій, стронцій, цезій. При цьому в зародку міститься (мг на 100 г золи): міді – 1,0, цинку – 330, марганцю – 350. В 1 кг сухого насіння жита знаходиться (мг): титану – 0,8, йоду – 0,065-0,124, фтору – 0,69-1,05, міді – 6,0, цинку – 440, марганцю – 128,0 [4].

Жито, як і інші зернові культури, є важливим джерелом таких вітамінів; як тіамін, ніацин, нікотинова кислота, рибофлавін, піридоксин, пантотенова кислота і токоферол. Ці компоненти головним чином містяться в зародку, щитку і алейроновому шарі зернівки.

Таблиця 1.6 – Вміст вітамінів у зерні жита (мг па 100 г сухий) маси) [14]

| Тіамін | Рибофлавін | Ніацин | Піридоксин | Токоферол | Біотин (мкг на 100 г) |
|--------|------------|--------|------------|-----------|-----------------------|
| 0,44 | 0,12 | 1,3 | 0,41 | 5,3 | 6,0 |

У зерні вітамін В₁ розподілено нерівномірно: найменша його кількість знаходиться у внутрішніх шарах ендосперму, найбільш багатий на них щиток і весь зародок загалом. Вміст вітамінів В₁ і В₂ складає в середньому 5,12 та 1,71 мг/кг відповідно. У зерні жита гетраплоїдний і диплоїдний вміст вітамінів А і Е вагається від 10,2 до 14,6 мг/кг, вітамінів В₁ – від 2,5 до 4,1 і В₂ – від 0,9 до 1,8 мг/кг [9]. Позначено деякий вплив зольності і скловидності зерна на вміст у ньому вітамінів. Так, зі збільшенням зольності зерна та зменшенням склоподібності утримуваних вітамінів у зерні жита збільшується [9]. Також у зерні жита встановлено наявність хлорофілу та каротиноїдів (з пігментів пластид) та слідів антоціанінів (пігментів клітинного соку). Хлорофіл зосереджений головним чином в алейроновому шарі. Загалом для зерна він становить 1,273 мкг/100 г максимум для зелених зерен – 1,500. Жовті зерна містять 0,940, коричневі – 0,875

мкг/100 г. Основним місцем знаходження каротиноїдів є насінневі оболонки і їх алейроновий шар, їх вміст складає в цілому для зерна 0,37 мг % (у зелених – 0,38, у жовтих – 0,37 і у коричневих – 0,29 мг %) [6].

Таким чином, жито має ряд цінних властивостей, які роблять його однією з найважливіших хлібних культур. Зерно жита є джерелом крохмалю, раслинного білка, мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон, ненасичених жирних кислот, а також вміст слизу, завдяки чому набуває дієтичних властивостей, більшу кількість геміцелюлоз та пентозанів порівняно з пшеницею. Мінеральні речовини, вітаміни, харчові волокна знаходяться, в здебільшого, в периферійних частинах зернівки – оболонках, зародку, алейроновому шарі.

Цілісне житнє зерно допомагає контролювати масу тіла, покращує роботу органів травлення, знижує ризик захворювання серця та кровоносних судин за рахунок зменшення рівня холестерину в крові та зниження потреби у інсуліні після їжі. Також при цьому зменшується ризик захворювання раком шлунку, грудей, простати. Підтримуються у здоровому стані порожнина рота, зуби, шкіра, волосся, нігті [4].

У зв'язку з цим розширення асортименту продуктів харчування з жита, особливо функціонального призначення, є актуальним завданням раціоналізації харчування населення.

1.2 Технології і асортимент продуктів переробки жита

Борошномельні та круп'яні заводи виконують такі функції: 1) приймають та короткочасно зберігають зерно; 2) готують зерно до переробки; 3) виробляють готову продукцію; 4) короткочасно зберігають та відпускають готову продукцію в тарі або безтарним способом [5].

У сучасному технологічному процесі підготовчі операції відіграють важливу роль, більш ніж на 50 % від них залежить ефективність виробництва готової продукції. Під час підготовки зерна до переробки проводять попереднє очищення зерна від домішок, гідротермічну обробку, обробку (очищення)

поверхні зерна, остаточну очищення зерна від домішок. Сировина, підготовлена до переробки, повинна мати оптимальні технологічні властивості, тобто дозволяти виробити з нього продукцію найвищої якості у максимально можливому розмірі при не високих питомих витратах. Вибір схеми процесу підготовки зерна залежить від виду помелу. При підготовці зерна до помелу основну увагу приділяють видаленню домішок. Спрямовані зміни вихідних технологічних властивостей зерна дозволяє тримати гідротермічна обробка (ГТО). У зв'язку з наявністю у зерні жита пластичних властивостей його звожують у меншому ступені, чим зерно пшениці – не вище 14,5 – 15,0 %, і відвожують зерно не більше 8 годин. При очищенні видаляється пил і бруд з поверхні зерен, частково відділяються плодіві оболонки, багаті незасвоєною клітковиною. Обробку поверхні зерна проводять сухим або мокрим способом. У першому випадку проводять лущення на машинах А1-ЗШН-3 або ж на оббивних машинах з абразивною поверхнею [6]. Вміст оболонок знижується на 2 – 4 %, що покращує якість і поживність борошна. Якщо при використанні оббивних машин зольність зерна в кінці очищення зменшується приблизно на 0,07 %, то при лущенні зерна на А1-ЗШН-3 досягається, зниження зольності на 0,1 – 0,15 % [16]. Проте в нашому випадку відбувається сильне стирання зерна, знижується його біологічна цінність і з'являються високі енерговитрати. При використанні оббивних машин ступінь очищення поверхні зерна достатня для переробки зерна в борошно, так як його периферійні частини йдуть у висівки, але недостатній для переробки зерна в крупу.

Вологий спосіб очищення, поверхні зерна здійснюється в мийних машинах і машинах мокрого лущення А1-БМШ. Обробка зерна в мийній машині є найбільш ефективною. У ванні мийної машини зерно інтенсивно промивається – бруд і мікроорганізми видаляються не тільки з поверхні зерна, але і з борозенки. При обробці у віджимній колонці мийної машини відбувається легке лущення зерна. Одночасно з очищенням поверхні зерна в ванні мийної машини видаляються з зернової маси гідродинамічні легкі і важкі домішки. Для мийки зерна дозволяється використовувати тільки питну воду. Зниження зольності зерна

становить 0,03 – 0,05 % [5]. Недоліками даного способу є великі витрати питної води (близько 2 м³ на 1 тону зерна), витрати на будівництво очисних споруд для контролю стічних вод і відходів, тому цей спосіб на практиці застосовують тільки для макаронних помелів.

В результаті ударного впливу та інтенсивного взаємного тертя зерен в машині А1-БМШ відбувається очищення поверхні зерна від мінерального забруднення, надірваних оболонки, частин зародка та боріздки. Ефективність роботи машин А1-БМШ оцінюється зволоженням зерна на 1,6 – 2 %, кількістю відходів 0,1 %, зольністю відходів не менше 3 %. Зниження зольності зерна становить 0,02 – 0,05 %. Відмінною особливістю машин мокрого лушення є суміщення функцій миття і лушення зерна. Недоліками використання даної машини є складність регулювання ступеня зволоження, особливо для зерна з результатом вихідної вологості, близькою до технологічної, необхідність контролю сирих відходів, що включає сепаратор А1-БСТ, прес У2-БПО та сушарку, що підвищує вартість обладнання.

Відомий прийом при помелі зерна жита в сіяне борошно, при якому використовується вальцевий верстат, має спеціальну плющильну систему, попередню драного процесу. При цьому зерно злегка роздавлюється, розкалюється вздовж осі, і пил, що накопичився в борозенці, може бути видаленим. На плющильній системі відбирають близько 1 % кормової мучки, що має високу зольність 3,5 – 4,0 %. При цьому необхідно зазначити, що на цю систему надходить вже очищене, що пройшло основний та додатковий етап гідротермічною обробки зерно [5].

Таким чином, перелічені вище способи підготовки зерна до переробки або затратні – вимагають додаткового обладнання, великої кількості питної води, або знижують біологічну цінність продукту.

В Україні з зерна жита виробляють борошно сіяне, обдирне і оббивне [5]. Оббивне борошно багате водорозчинними речовинами, цукром, та має 12 – 14 % білка і 2,0 – 2,5 % клітковини, зольність її повинна бути нижче зольності зерна на 0,07 %. Обдирне борошно, як і оббивне, багате водорозчинними речовинами,

цукром, але містить менше білка (10 – 12 %) та клітковини (0,9 – 1,1 %). Обдирне борошно відрізняється від оббивного найнижчим вмістом оболонки і алейронового шару, а також більш високим ступенем здрібнення. Сіяне борошно – це найбільш високий по якості сорт житнього борошна. Воно складається з тонкоподрібненого ендосперму з невеликою домішкою частки алейронового шару та оболонки. Борошно багате крохмалем, цукром, містить значну кількість водорозчинних речовин і трохи білка (8 – 10 %) та клітковини (0,3 – 0,4 %) [1].

Види хлібопекарських помелів жита, а також норми виходу продукту дані в таблиці 1.7 [11].

Таблиця 1.7 – Види хлібопекарських помелів жита

| Продукти помелу | Сортові помели | | | Оббивні помели | | |
|--------------------------------|----------------|------------|------|----------------|------------------|-----------------|
| | Двосортні | Односортні | | Житній | Житньо-пшеничний | Пшенично-житній |
| Борошно всього, % | 80 | 87 | 63 | 95 | 95 | 96 |
| в тому числі: | | | | | | |
| просіяної | 15 | - | 63 | - | - | - |
| обдирної | 65 | 87 | - | - | - | - |
| оббивної | - | - | - | 95 | 95 | 95 |
| Побічні продукти: | | | | | | |
| висівки | 16,6 | 9,6 | 33,6 | 2,0 | 2,0 | 1,0 |
| Кормові зернопродукти | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,0 | 2,0 | 2,01 |
| Відходи з механічними втратами | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Усушка | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Підсумок: | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Окрім традиційних схем переробки зерна жита існує ряд технологічних схем виробництва житнього борошна, пропонує різних – джерелами [8].

Технологічний процес виробництва житньої крупи було розроблено в [9]. Була отримана крупа 2-х номерів з виходом 4 – 8 %, при тому розміри крупок співпадали розмірам великої і середньої крупок по класифікації продуктів подрібнення [9]. Пізніше була розроблена інша схема отримання житньої крупи,

по виду і технології її виробництва аналогічна крупі ячній або пшеничній подрібненій, яка включає кілька подрібнено-сортувальних систем (2 – 4 системи). Вихід крупи при тому досягає 95 %. Зовнішній вигляд крупи та її кулінарні властивості покращують за допомогою пропарювання та наступного сушіння зерна [14]. Однак у першому випадку вихід крупи невисокий, а у другому випадку при одержанні крупи використовується швидкісне кондиціонування, що пов'язано з високими енерговитратами.

Таким чином, асортимент продуктів переробки зерна жита дуже вузький, і розробка нових продуктів з різною біологічною та харчовою цінністю і добрими споживчими властивостями є актуальною.

Висновки за розділом

У сучасних умовах у зв'язку з погіршенням екологічної обстановки необхідно створювати функціональні продукти харчування, які відкривають широкі можливості для підвищення харчової та біологічної цінності створюваних продуктів.

У якості зернового компонента можуть служити продукти переробки жита. Зерно жита від інших злакових культур відрізняється більш збалансованим амінокислотним складом, за винятком вівса, та високий вміст слизів (2,5 – 7,2 %) та геміцелюлоз, які позитивно впливають на склад мікрофлори кишечника, обумовлюють її дієтичні властивості роль структуроутворювачів. Жито містить вітаміни групи В, мінеральні речовини та харчові волокна, основна маса яких локалізується в периферійних частинах зерна (насіньєвих і плодових оболонках, алейроновому шарі і зародку). Проте при традиційній технології переробки жита частини видаляються у висівки, оскільки вони можуть погіршувати споживчі і частково санітарно-гігієнічні властивості готової продукції. У зв'язку із цим необхідні нові продукти переробки з високим вмістом периферійних частин, і одночасно з добрими споживчими та покращеними санітарно-гігієнічними властивостями для їх успішного просування на ринку. Таким продуктом можуть

стати житні крупи.

У зв'язку з вищевикладеним, метою досліджень стала розробка технології виробництва житньої крупи з високими функціональними властивостями з можливістю подальшого її використання при виробництві комбінованих продуктів.

У відповідності з цим були визначено наступні завдання:

- дослідження показників якості зерна жита різних сортів та різних років урожаю;
- розробка способу переробки жита з метою одержання житньої крупи з високою харчовою цінністю, покращеними санітарно гігієнічними і споживчими властивостями;
- дослідження якісних характеристик житньої крупи.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва та оцінка якості якості житньої крупи.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту функціонального спрямування.

2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методи досліджень

2.1.1 Фізико-хімічні і біохімічні методи досліджень

Визначення крохмалю в зерні, здійснювали поляриметричним методом Еверса; визначення жиру в зерні і продуктах його переробки проводили по ДСТУ 4250:2003.

2.1.2 Визначення співвідношення анатомічних частин зерна

Поділ зерна на його складові частини проводили двома прямими методами [9]. При цьому два методи поєднували. Метод №1 призначений для виділення зародка (ембріона та щитка), ендосперма, плодової оболонки, насінневої оболонки та алейронового шару, аналіз тривав 4 – 5 днів. Метод №2 призначений для виділення оболонок і алейронового шару разом, ендосперму і зародку зі щитком. Тривалість визначення скорочується приблизно до 24 – 36 годин. При використуванні першого методу зіткнулися зі складностями поділу ендосперму, насінневої оболонки та алейронового шару, пов'язаних високою міцністю зв'язку між цими складовими частинами. Тому виділяли окремо плодові оболонки, зародок зі щитком, ендосперм, а насінневі оболонки разом з алейроновим шаром.

З вихідного зразка виділяють наважку в 200 г, відраховують без вибору 100 зерен у двох повторностях. Для препарування слід користуватись пінцетом і препарувальною голкою. Пінцет для зняття оболонок повинен бути еластичним, а кінці гостро відточені та оздоблені у вигляді лопаток, яким можливо було б підрізати оболонки і надійно їх затискати.

Для пробного відділення оболонок, а також заміни на випадок псування окремих зерен, внаслідок неправильних або невдалих прийомів одночасно підготовлюють запасні зерна. Їх доводять до постійної ваги (кожної по окремої)

і одночасно з основним наважками (100 зерен) піддають впливу вологи і тепла.

Відраховані зерна переносять у сушильну шафу, нагріту до температури 120 °С. Нагрівання триває 30 – 35 хв до втрати зерном схожості. Для цього важливо, щоб зерно нагрівалося до $t=85 - 90$ °С. Однак не слід допускати підгоряння або підсмажування зерен, в цьому випадку температуру знижують.

Кожну наважку зі 100 зерен доводять до постійної ваги шляхом сушіння при $t = 105$ °С, поки різниця між попереднім та наступним зважуванням буде складати не більше 0,002 г. Це і буде початкова вага, яка послугує контролем для точності визначення. Вийняте з шафи зерно стерилізують слабким розчином KMnO_4 , розкладають в фільтрувальний папір, зволожують водою до $t=45$ °С. Зерно покривають фільтрувальним папером для набухання, а рослини склом.

Через 1,5 годин з зерна знімають пінцетом з загостреними кінцями плодovu оболонку. Зняття слід починати з кінця, на якому знаходиться борідка. Після видалення плодової оболонки зерно знову переносять у ростильню для подальшого набухання. Через добу пінцетом надрізують оболонку над зародком та обережно витягають її разом із щитком, сушать до постійної ваги. Зерно, звільнене від зародка, знову переносять у ростильню. 8 – 12 годин з нього можна видалити начисто ендосперм. Після видалення залишаються насінневі оболонки разом з алейроновим шаром. Для видалення ендосперма в вийнятому із рослини зерні пінцетом по всій боріздці, починаючи з її нижнього кінця, на ділянці, де був зародок, роблять надріз через усю оболонку. Потім зерно розпластують на вказівному пальці і кінцем пінцета вільно відокремлюють ендосперм. Для полегшення цієї операції зерно злегка зволожують, опускаючи час від часу кінчик у воду. Чистоту відокремлення оболонок від ендосперму перевіряють йодною пробою.

Усі вагові визначення ведуть не в кожному окремо взятому зерні, а в наважці вцілому, тобто для всієї сотні зерен. Для цього однорідні частини по мірі виділення об'єднують.

2.2 Методика підготовки зерна жита до помелу

Перед проведенням помелу зерно жита попередньо очищали на лабораторному сепараторі від бур'янів та зернових домішок. Гідротермічну обробку проводили, використовуючи холодне кондиціонування. Режими ГТО вибирали, виходячи з рекомендацій «Правил організації і ведення технологічного процесу на борошномельному заводі» [13]. Очищене зерно зволожували шляхом розбризкування води при ретельному перемішуванні зерна.

Кількість води K , мл, необхідну для зволоження розраховували по формулі:

$$K = g(W_k - W_0 / 100 - W_k) + 0.15g(W_k - W_0 / 100 - W_k), \quad (2.1)$$

де g – кількість зволожуваного зерна, кг;

W_k – кінцева вологість зерна, %;

W_0 – початкова вологість зерна, %.

2.3 Методика оцінки борошномельних властивостей і крупоутворювальної особливості зерна жита

Борошномельні властивості і крупоутворювальну здатність зерна жита оцінювали шляхом проведення помелів на лабораторній установці «Нагема» та лабораторію Іі установці МЛУ-202.

Установку МЛУ-202 з пневматичним транспортуванням продуктів розмелювання в даний час використовують у різних країнах світу для оцінки борошномельних властивостей зерна.

У верхній частині установки МЛУ-202 розміщені вальці, а у нижній – просіювальний пристрій (розсівач). Драний і розмольний процеси включають по три системи. Вальці драних систем – нарізні, розмельних – гладкі. Зерно розмелюється у автоматичному режимі. Передача продуктів з системи на систему здійснюється пневмотранспортною мережею. Борошно із кожних систем і висівки

збирають у спеціальні ящики. Отримують вісім потоків продуктів розмелювання: шість – борошна і два – висівок.

Режим помелу встановлювали за робочими зазорами та питомим навантаженням. Питоме навантаження склало 6 кг/годину, навантаження на 1 драну систему – 21 кг/см*д. Розмір робочих зазорів на системах становила: I др. с. – 0,3 мм., III др. с. – 0,08 мм., 1 р. с. – 0,07 мм., 3 р. с. – 0,04 мм.

Вихід борошна і висівок визначали по формулі:

$$U_i = \frac{m_i \cdot 100}{m_M + m_g}, \quad (2.2)$$

де m_i – маса , борошна або висівок;

m_M – загальна маса борошна;

m_g – загальна маса висівок.

Виходячи з особливостей лабораторної установки МЛУ-202, результати виходу борошна між паралельними визначеннями вважаються достовірними ними, якщо розбіжності меду ними не перевищують 0,5 %.

Коефіцієнт ефективності помелу розраховували по формулі:

$$K_{ef} = \frac{U}{Z}, \quad (2.3)$$

де U – вихід борошна, %;

Z – зольність , борошна %.

Крупоутворююча властивість, $K_{y_{тв}}$ %, визначали по формулі:

$$K_{y_{тв}} = 100 - \frac{100}{m_3(m_{др.б} + m_{др.в})}, \quad (2.4)$$

де m_3 – маса зерна, %;

$m_{др.б}$ – маса дране борошно, %;

$m_{др.с}$ – маса драних висівок.

2.3.1 Методика оцінки круп'яних властивостей зерна жита

Круп'яні властивості оцінювали шляхом проведення помелів на лабораторній установці «Нагема». Характеристика вальців на драний системі: діаметр – 25 см, довжина – 14,4 см, кут вістря рифлів – 35 град., кут спинки рифлів – 65 град., ухил – 6 %, швидкості вальця, що обертається – 5,4 м/с, щільність нарізки рифлів 3,5 ш. 1 см кола вальців, розташування рифлів – спинка по спинці. Величина робочих зазорів становила: I др.с. – 0,2 мм; II др.с. – 0,1 мм.; III др. с. – 0,05 мм. Режимми помелу визначали із загального та сумарного виходу великої і середньої крупок з перших трьох драних систем. Велику крупку відбирали проходом металотканого сита № 1.0 та сходом сита № 12,5, середню крупку – проходом сита № 12,5 та сходом сита № 17. При визначенні оптимальних режимів витікання режимми помелу встановлювали, змінюючи робочі зазори на основних крупоутворюючих системах I, II драних систем.

Висновки за розділом

Розглянуто основні методи досліджень, які були використані у роботі, а саме це фізико-хімічні і біохімічні методи досліджень, методи визначення співвідношення анатомічних частин зерна. Розглянуто методики підготовки зерна жита до помелу та методику оцінки борошномельних властивостей і крупоутворювальної особливості зерна жита. Також розглянуто методику оцінки круп'яних властивостей зерна жита.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка способу отримання житньої крупи

Вихід, якість та вибір режимів переробки зерна безпосередньо залежить від його вихідних технологічних властивостей. Технологічні властивості ярого жита, як показав огляд літературних джерел, вивчено не достатньо. Дані про властивості ярого жита за останні десятиліття взагалі не виявлено. У зв'язку з цим були досліджені різні властивості та анатомічна будова ярого жита, порівняно з озимим житом.

Технологічні властивості зерна, в більшості залежать від співвідношення анатомічних частин і їх хімічного складу. Результати дослідження співвідношення анатомічних частин зерна ярого жита представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Співвідношення анатомічних частин зерна жита

| Сорт, район вирощування | Рік урожаю | Вміст анатомічних частин, % | | | |
|-------------------------|------------|-----------------------------|------------------|--|------------------------|
| | | Зародок зі щитком | Плодові оболонки | Насіннєві оболонка з алейроновим шаром | Крохмалистий ендосперм |
| Ярове | 2019 | 2,55 | 2,5 | 21,36 | 72,59 |
| | 2020 | 3,49 | 3,22 | 17,86 | 75,43 |
| | 2021 | 3,68 | 3,34 | 14,42 | 78,56 |
| | 2022 | 3,36 | 2,42 | 15,78 | 78,44 |
| | 2023 | 3,70 | 3,11 | 15,11 | 78,08 |
| Ярове рядове | 2022 | 2,66 | 2,55 | 19,27 | 75,52 |
| | 2023 | 2,93 | 2,31 | 23,12 | 71,64 |
| Озиме Рядове | 2023 | 4,10 | 2,82 | 13,02 | 80,06 |

Результати показують, що співвідношення анатомічних частот варіюється і залежить від сорту та року врожаю. При тому вміст ендосперму у сортового жита 2021 – 2023 років врожаю коливається незначно, але він нижче, ніж у озимого жита, що дозволяє зробити висновок про те, що потенційні можливості зерна ярого жита нижче, ніж у зерна озимого жита. Зародок відділяється разом зі

щитком. Відділення відбувається досить легко та повно, з гарною збіжністю, і можна говорити про достовірність отриманих результатів. Теж саме можна сказати про плодові оболонки, вони також легко відокремлюються. Однак, поділ ендосперму, насінневих оболонок і алейронового шару викликає проблеми, оскільки ці анатомічні частини міцно пов'язані одне з одним. Тому насінневі оболонки відділялися разом з алейроновим шаром, при цьому незначна кількість алейронового шару могла бути виділена разом з ендоспермом.

Хімічний склад анатомічних частин зерна ярого жита наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад анатомічних частин зерна жита

| Показники | Хімічний склад анатомічних частин, % | | | |
|------------------|--------------------------------------|---------|--|------------------|
| | Ендосперм | Зародок | Насінневі оболонки з алейроновим шаром | Плодові оболонки |
| Білок | 6,6 | - | 14,56 | - |
| Крохмаль | 78,16 | - | - | - |
| «Сира» клітковин | 0,85 | - | 538 | 18,36 |
| «Сирий» жир | 1,36 | 13,17 | 5,24 | - |

Вміст основних хімічних речовин визначено тільки в ендоспермі, в решти складових частинах вміст хімічних речовин досліджено за ступенем їх локалізації через малу кількість отриманого матеріалу. Як показують отримані результати, вміст білка ендосперму низький, в насінневих оболонках з алейроновим шаром його вміст майже в 2 рази вище. Вміст крохмалю в ендоспермі складає 78,16 %, що наближається до літературних даних. «Сирої» клітковини найбільше міститься в плодових оболонках, що трохи нижче, ніж вміст клітковини в плодових оболонках озимого жита. За даними вчених, її вміст у плодових оболонках коливається від 19,87 до 24,74 %. У ендоспермі досліджуваних зразків вміст клітковини складає 0,85 %, що набагато вище, ніж за літературними даними [5, 6]. Це може свідчити про те, що в ендосперм під час поділу потрапляє невелика частина алейронового шару через високу міцність зв'язку між ними в зерні ярого

жита. Найбільша кількість «сирого» жиру зосереджено в зародку.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки. Зерно ярого жита високонатурне, має середню і високу масу 1000 зерен, низьку склоподібність. Відмінною особливістю є високий вміст насінневих оболонок та алейрононого шару та менший вміст ендосперму в порівнянні із зерном озимого жита.

Результати дослідження борошномельних властивостей представлені у таблиці 3.3 і показують, що вихід борошна з зерна ярого жита коливався від 58,11 до 61,83 %. Найменший вихід борошна отриманий при помелі зерна рядового жита 2021 року врожаю. Найвищий коефіцієнт ефективності помелу отриманий при помелі зерна сортового жита 2020 року врожаю, найнижчий – у зерна рядового жита 2020 року врожаю.

Крупоутворююча здатність зерна жита помітно коливається (від 46,97 % до 60,6 %) і залежить від року врожаю і району зростання.

Таблиця 3.3 – Борошномельні властивості зерна жита

| Тип, сорт | Рік уро- жаю | Загальни й вихід борошна, % | Якість борошна | | Коефіцієнт ефективності помелу (К), % | Крупоутворю юча властивість К _з , % |
|------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---|---|
| | | | Зольність, % | Білизна, од. БПЛ | | |
| Ярове рядове | 2021 | 61,25 | 1,12 | 28 | 54,69 | 60,6 |
| | 2022 | 58,11 | 1,06 | 34 | 54,82 | 56,87 |
| Ярове сортове | 2020 | 59,79 | 1,02 | 31 | 58,61 | 55,57 |
| | 2021 | 60,92 | 0,96 | 42 | 63,46 | 52,67 |
| | 2022 | 61,80 | 1,02 | 44 | 60,59 | 54,25 |
| | 2023 | 61,83 | 1,09 | 34 | 56,72 | 46,97 |

Таким чином, яре жито має невисокі борошномельні властивості, а крупоутворювальна здатність досліджених зразків гарна.

Для створення нових функціональних продуктів харчування, бажано, щоб рослинний компонент містив якнайбільше біологічно цінних речовин: харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів, слизу та ін. Ці речовини локалізуються в

периферійних шарах зерна – оболонках, алейроновому і субалейроновому шарах і зародку. Зерно жита має борошнистий ендосперм і при механічному впливі його центральна частина подрібнюється до борошна і містить мало біологічно цінних компонентів. Периферійні частини зерна жита, щільно зрощені з субалейроновим шаром ендосперма, дробляться до розмірів великої і середньої крупки. Тому саме їх було вирішено використовувати для отримання нових продуктів переробки жита. Крупки отримували шляхом подрібнення на лабораторній установці «Нагема» при постійних режимах.

Результати помелу представлені в таблиці 3.4 і показують, що вихід великої крупки коливався мало. Найбільший вихід великої крупки спостерігався у зерна жита 2022 року урожаю, отримано низький вихід середньої крупки.

Середньозважена зольність великої крупки в усіх помелах висока, коливається від 1,83 % до 2,5 %. Середньозважена зольність у середньої крупки нижче у сортового і рядового жита 2023 року врожаю і складає 1,41 і 1,58 % відповідно, при цьому найбільшу зольність мають крупки, отримані з рядового зерна.

Таблиця 3.5 – Сумарний вихід та якість великої та середньої крупок, одержуваних з зерна жита, %

| Тип, сорт, | Рік уро-жаю | Вихід крупок | | Загальний вихід крупок | Зольність крупок | | Середньо-зважена зольність |
|---------------|-------------|---------------|----------------|------------------------|------------------|----------------|----------------------------|
| | | Велика крупка | Середня крупка | | Велика крупка | Середня крупка | |
| Ярове рядове | 2022 | 42,81 | 12,79 | 55,6 | 2,5 | 1,87 | 2,36 |
| | 2023 | 40,9 | 14,9 | 55,8 | 2,40 | 1,58 | 2,18 |
| Ярове сортове | 2022 | 41,7 | 19,0 | 60,7 | 1,83 | 2,00 | 1,88 |
| | 2023 | 42,4 | 16,15 | 58,55 | 1,98 | 1,41 | 1,82 |

Таким чином, дослідження круп'яних властивостей зерна ярого жита довели можливість отримання житньої крупи. Однак у одержуваної крупи висока зольність і темний колір. Це вказує на високий вміст периферійних частин, в том числі верхніх плодових оболонок, на яких локалізуються забруднюючі речовини. Існуючі в цей час способи очистки поверхні зерна, як показав аналіз літературних

даних, або затратні і енергоємкі, або знижують біологічну цінність зерна. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нового способу дій з метою видалення забруднених плодових оболонок, в якому відсутні недоліки.

В основі розроблюваного способу лежить відомий в борошномельній практиці прийом з використанням плющильної системи, що полягає в пропуску очищеного, пройшовшого ГТО зерна через вальцевий верстат з великим міжвальцевим зазором і наступним сортуванням продуктів подрібнення розсіву. При цьому видаляється бруд з борозенки і частково знімаються плодові оболонки.

Запропоновано використовувати замість сортування по крупності сортування по швидкості витання. Для цього продукти помелу після вальцевого верстата пропускали через аспіратор. Крім того диференціал (відношення швидкостей швидкообертаючих і повільнообертаючих вальців) склав 2,5 замість 1, що збільшує деформацію зсуву і тим самим сприяє більшому зняттю плодових оболонок. Після аспіратора виходять різні по крупності частини зерна. Для характеристики їх розділили на фракції, крупність яких визначалася сходом та проходом сит: фракція №1 – сход сита із дротяної сітки №1,0, представляє собою розвернуті по борозенці зерна; фракція №2 – прохід сита №1,0 схід з поліамідного сита №12,5 – це частинки подрібненого ендосперм з великим вмістом периферійних частинок зернівки; фракція №3 – прохід з поліамідного сита №12,5 – це дрібнодисперсні частки подрібненого зерна; фракція №4 – частинки плодових оболонок.

Попередньо, був підібраний оптимальний міжвальцевий зазор, що дозволяє максимально зняти шар плодових оболонок, які представлені фракцією №4. Міжвальцевий зазор змінювали від 1,3 до 2,1 мм. Результати наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вплив міжвальцевого зазору на кількість фракції №4

| | | | | | |
|-------------------------|------|------|-----|------|------|
| Міжвальцевий зазор, мм | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| Кількість фракції №4, % | 0,46 | 0,79 | 0,9 | 2,02 | 0,80 |

Результати показують, що обробка зерна при зазорі 1,9 мм найбільш ефективна, так як при цьому зазорі отримано найбільший вихід плодкових оболонок. При робочому зазорі менше 1,9 мм кількість фракції № 4 зменшувалася за рахунок надмірного дроблення анатомічних частин зерен, в тому числі і оболонок. При зазорі більше 1,9 мм знижується ефективність обробки в цілому, оскільки більшість зерен проходить через верстат не обробленими.

Для того, щоб вирішити питання про використання одержуваних після обробки зерна у вальцовому верстаті фракцій, необхідно оцінити їх якість показників. Оскільки метою підготовки зерна є зняття оболонки, які містять найбільшу кількість клітковини, якість по фракцій оцінювали, насамперед, за вмістом клітковини, а також за зольністю одержуваних фракцій.

Результати показали (таблиця 3.6), що найбільший вміст клітковини мають фракції №3 і №4, причому вміст клітковини наближається до цього сумарного вмісту в плодкових і насінневих оболонках. Вміст клітковини у фракції №1 найменший і нижчий, ніж її вміст вихідному зерні на 0,12 – 0,4 %, що доводить часткове видалення плодкових оболонки. Підтверджує також те, що зольність фракції №1 знижується порівняно з зольністю зерна в середньому на 0,03 %. Зольність решти фракцій помітно вище за зольність зерна. Найвищу зольність має фракція №3 очевидно в цю фракцію потрапляють частинки алейронового шару, фракція №4, зольність якої наближається до зольності плодкових оболонки. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що фракції №1 та №2 необхідно використовувати для переробки в готову продукцію, а фракції №3 та №4 мають бути видалені, оскільки містять найбільше верхніх забруднених оболонки.

Таблиця 3.6 – Вихід та якість фракцій, одержуваних після обробки зерна на вальцювому верстаті

| Фракції | Вихід фракцій, % | Показники якості, % на с. р. | |
|------------------|------------------|------------------------------|-----------|
| | | Вміст клітковини | Зольність |
| Зерно до обробки | 100 | 2,77 | 1,97 |
| Фракції: №1 | 96,96 | 2,69 | 1,93 |
| №2 | 0,89 | 2,65 | 2,47 |
| №3 | 0,13 | 6,41 | 4,33 |
| №4 | 2,02 | 7,82 | 2,86 |

Вихід круподунстових продуктів багато в чому визначається режимами ГТО. Традиційно при переробці жита в борошно використовують холодне кондиціонування, режими якого спрямовані на максимальне розпушення ендосперму і підвищення міцності оболонок [3, 4].

Метою даних досліджень є отримання крупи, тому є необхідність в інтенсивному розпушенні ендосперму та режими ГТО повинні бути іншим.

Насамперед, необхідно знизити міцність зв'язку плодкових оболонок з рештою частин зернівки та підвищити їх еластичність, щоб вони не дробилися при обробці у вальцевому верстаті. Сучасна теорія встановлює, що в гідрофільних матеріалах вода переміщається під впливом енергії зв'язку вологи від менших значень до більш високих. При зволоженні зерна додатково регулюючий вплив на цей процес надає його біологічна система. Згідно з досліджень, існують деякі значення вологості, при яких різко змінюється характер взаємодії зерна з водою. Ці значення отримали назву критичних, бо тут спостерігаються суттєві зміни всіх властивостей зерна, особливо структурно-механічних і технологічних. Вони відповідають 13 – 17 % вологи зерна [5, 6]. Для жита критична вологість за даними різних авторів складає 14,0 – 16,0 %.

Максимальне насичення вологою поверхневих шарів зерна спостерігається в перші 40 хвилин після зволоження, при цьому оболонки набувають найбільшу пластичність, знижується міцність їх зв'язків з ендоспермом, але стан ендосперма не змінюється.

На кількість видалених плодових оболонок (фракції №4) впливають режими ГТО: ступінь зволоження та час відволоження. Час відволоження змінювали від 1 до 40 хвилин. Враховуючи, що плодові оболонки швидко насичуються вологою в інтервалі відволоження від 1 до 5 хвилин, визначає вихід фракції, що видаляється з дискретністю 1 хвилини, а зі збільшеним часом відволоження до 40 хвилин з дискретністю 10 хвилин, так як після 10 хвилин волога вже переходить у насінні оболонки. Ступінь зволоження вимірювали від 1 до 3 %, оскільки вихідна вологість зерна, що надходить на підприємство, практично не буває менше 13 %, а максимальна вологість зерна жита для переробки не повинна перевищувати 16 %.

Оскільки метою наших досліджень є отримання житньої крупи, відповідно необхідно підбирати такі режими подрібнення, при яких вихід великої та середньої крупок буде найбільшим, при цьому якість крупок повинна бути високою.

Вихід продуктів подрібнення в залежності від обраних режимів помелу представлений в таблиці 3.7. Достовірність одержуваних результатів перевіряли за сумою одержуваних із системи і поданих на систему продуктів і по їх середньозваженій зольності. Так на I др. с. надходить сход сита № 1.0 у кількості 96,5 % із зольністю 1,91 %. сума продуктів, отриманих після подрібнення на I др. с (дослід №1) також становить 96,5 %, середньо зважена зольність – 1,90 % (розбіжності у значеннях зольності не перевищують похибок визначення, які не повинні перевищувати 0,025 %). На II др. систему після подрібнення продуктів помелу надходить сход сита № 1.0 у кількості 39,92 % із зольністю 2,57 %. Сума виходу та середньозважена зольність, одержуваних на II драній системі продуктів також відповідають значенням при різних робочих зазорах. Точно так само проводилася достовірність результатів в дослідях № 2 і № 3.

Таблиця 3.7 – Визначення оптимальних режимів подрібнення жита для отримання житньої крупи (U – вихід продуктів,%; Z – зольність продуктів, %; * – робочі зазори між вальцями)

| Продукт ти | Попередня система | | Дослід № 1 | | | | | | Дослід №2 | | | | | | Дослід №3 | | | | | |
|---|-------------------|------|-----------------|------|------------------|------|----------|------|-----------------|------|------------------|------|----------|------|-----------------|------|------------------|------|----------|------|
| | | | I драна система | | II драна система | | | | I драна система | | II драна система | | | | I драна система | | II драна система | | | |
| | | | 0,2 мм* | | 0,13 мм* | | 0,05 мм* | | 0,35 мм* | | 0,13 мм* | | 0,05 мм* | | 0,65 мм* | | 0,13мм* | | 0,05 мм* | |
| | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z | U | Z |
| Схід сита №1.0 | 96,5 | 1,91 | 39,92 | 2,57 | 17,93 | 3,07 | 10,90 | 3,32 | 63,85 | 2,12 | 30,22 | 2,66 | 16,00 | 2,75 | 78,46 | 2,01 | 30,83 | 2,52 | 14,61 | 2,66 |
| Схід сита №12.5 | 0,63 | 2,16 | 21,04 | 1,94 | 12,20 | 2,61 | 16,58 | 2,94 | 13,56 | 1,82 | 19,97 | 2,09 | 23,01 | 2,61 | 8,64 | 1,75 | 26,81 | 2,18 | 30,56 | 2,64 |
| Схід сита №17 | 0,15 | 2,44 | 4,87 | 1,10 | 2,10 | 2,40 | 2,97 | 1,96 | 2,48 | 1,08 | 3,83 | 1,33 | 6,25 | 1,89 | 1,27 | 1,47 | 5,66 | 1,36 | 8,42 | 1,79 |
| Прохід сита №17 | - | - | 30,66 | 1,12 | 7,69 | 1,36 | 9,47 | 1,15 | 16,6 | 1,27 | 9,83 | 0,91 | 18,59 | 1,06 | 8,13 | 1,25 | 15,16 | 0,88 | 24,87 | 0,94 |
| відноси | 2,72 | 2,99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сума про продуктів і їх середньозважена зольність | 100 | 1,95 | 96,5 | 1,90 | 39,92 | 2,57 | 39,92 | 2,55 | 96,5 | 1,91 | 63,85 | 2,13 | 63,85 | 2,12 | 96,5 | 1,92 | 78,46 | 2,01 | 78,46 | 2,01 |

Зі збільшенням робочого зазору на I драній системі від 0,2 до 0,65 мм. помітно зменшується вихід великої та середньої крупки і зростає вихід продукту, що йде проходом сита №17. У всіх дослідах зменшення зазору на II драній системі від 0,13 до 0,05 мм призводить до збільшення виходу крупки. На вихід круподунстових продуктів впливає не тільки робочий зазор, але і крупність продуктів, що надходять на систему, яка залежить від режимів подрібнення на попередніх системах, тому було проаналізовано взаємний вплив робочих зазорів.

Для цього визначали сумарний вихід цих крупок по системам в залежності від обраних режимів (рисунки 3.1, 3.2).

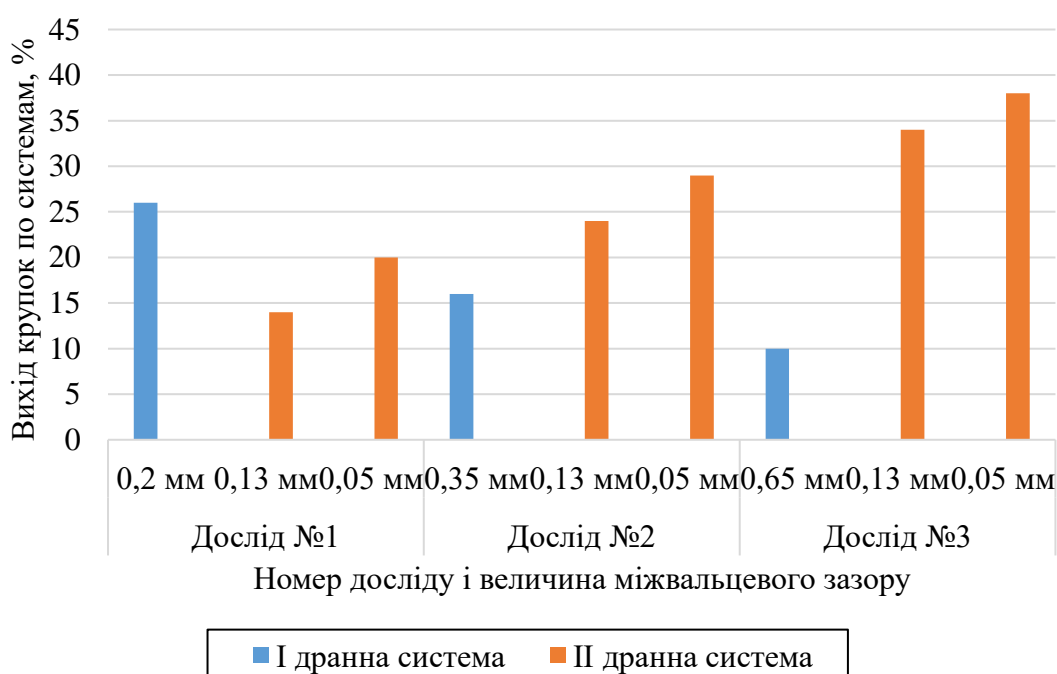


Рисунок 3.1 – Загальний вихід крупок по системам на різних робочих зазорах

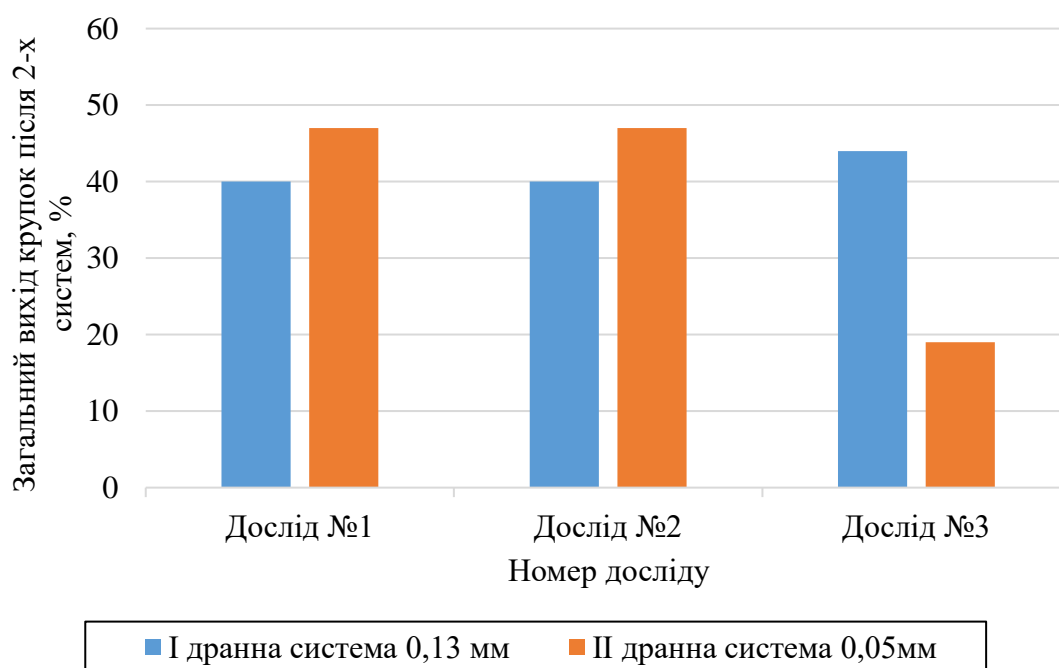


Рисунок 3.2 – Сумарний вихід крупок після 2-х систем на різних режимах подрібнення

При зменшенні вилучення на I драній системі зростає вихід крупок на II драній системі. Найбільший вихід крупок на I драній системі отриманий в досліді №1, тобто при міжвальцевому зазорі 0,2 мм, однак у одержуваних крупок висока зольність (рисунок 3.3). Вихід крупок на II драній системі, як при зазорі 0,13 мм, так і при зазорі 0,05 мм отримано найбільше в досліді № 3 , крім цього, у них найменша зольність, порівняно з іншими дослідями. Тому оптимальними робочими зазорами вважатимуться на I драній системі – 0,65 мм, на II драній системі – 0,13 мм.

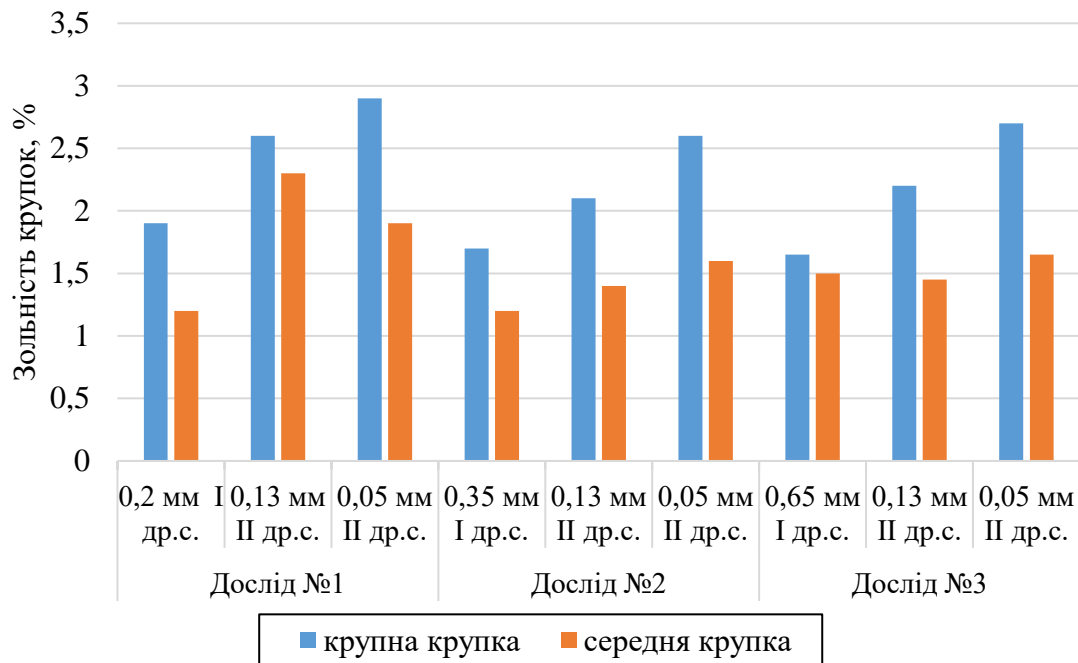


Рисунок 3.3 – Зольність крупок, одержуваних на системах

Процес отримання житньої крупи моделювали шляхом проведення помелів на лабораторній установці «Нагема». Режими подрібнення на попередній системі і на I і II драних системах відповідали визначенням раніше. Фракції, що йдуть проходом сита №17 направляли в борошно. Фракції, одержувані проходом сита №12,5, на III та IV драних системах частково можна використовувати для відбору житньої крупи №2 або направити їх на подальше подрібнення в борошно. Високе вилучення крупи та борошна на I і II системах дозволило відмовитися від використання розмельних систем. Виходячи з гранулометричного складу одержуваних продуктів при проектуванні технологічної схеми помелу була обрана схема розсіву №2, що дозволяє отримати два сходи і два проходи. На перших двох драних системах відбирають житню крупу №1 та №2. Крупа №1 відбирається проходом металотканого сита №1.0 та сходом поліамідного сита №12,5, крупа №2 – проходом II сита №12,5 і сходом ПА сита № 17. Проходом поліамідного сита № 17 відбирають житнє борошно. При отриманні житньої крупи утворюються сходові і проходові фракції, які можуть і повинні бути використані для вилучення житнього борошна. В іншому випадку переробка ярого жита у крупу буде низькоефективною і ресурсозатратною.

У результаті досліджень було розроблено технологічну схему переробки жита в крупу і борошно (рисунок 3.4).

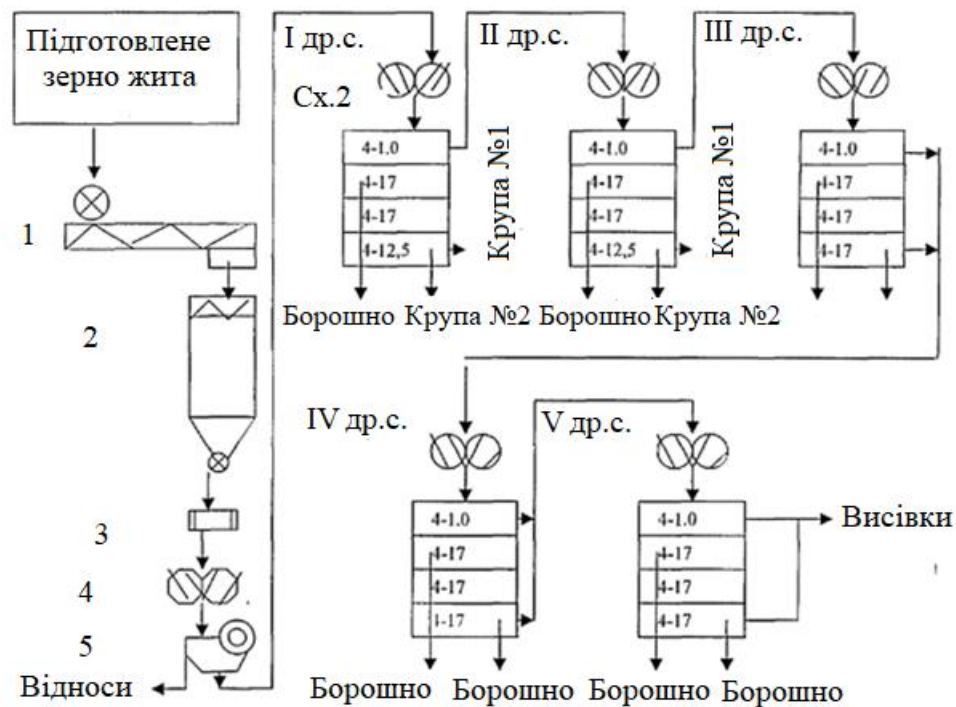


Рисунок 3.4 – Технологічна схема переробки жита в борошно і крупу
 1 – зволоження зерна на 1 – 3 % залежно від вихідної вологості зерна;
 2 – відволоження в бункері протягом 4 – 15 хвилин; 3 магнітний захист;
 4 – обробка в вальцьовому верстаті; 5 – аспірація.

Вихід та якість одержуваної продукції на окремих технологічних системах наведено в таблиці 3.8.

Для підтвердження правильності обраних режимів помелу був знятий фактичний баланс помелу, який представлений в таблиці 3.9.

Дана технологічна схема дозволяє отримати наступні виходи готової продукції відносно зерна, що подається на попередню систему: житня крупа №1 – 35 %, житня крупа №2 – 12 %, житнє борошно – 43 %.

Разом: Крупи і борошна – 90%

Висівки – 10 %

Таблиця 3.8 – Вихід та якість продукції, отриманої за новою технологічною схемою

| Зразок | Зольність, % | Білизна, од. | Вихід продукція, % | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------------------------|--|
| | | | По відношенню І драної системи | По відношенню до зерна, що надійшло в зерноочисне відділення |
| Борошно I+II др.с. | 0,99 – 1,01 | 13 – 15 | 16,44 – 16,5 | 15,88 – 15,94 |
| Борошно I др. | 1,02 – 1,04 | 12 – 14 | 3,11 – 3,18 | 3,00 – 3,07 |
| Борошно III др. | 1,06 – 1,07 | 22 – 23 | 5,62 – 5,73 | 5,42 – 5,53 |
| Борошно IV др.. | 1,40 – 1,44 | 8 – 10 | 9,39 – 9,47 | 9,07 – 9,15 |
| Борошно V др. | 1,86 – 1,90 | - | 7,49 – 8,12 | 7,24 – 7,84 |
| Разом борошна | 1,27 – 1,29 | 11 – 12 | 42,18 – 42,87 | 40,75 – 41,41 |
| Кр. житня №1 | 1,88 – 1,91 | - | 35,2 – 35,61 | 34,00 – 34,40 |
| Кр. житня №2 | 1,20 – 1,32 | - | 11,79 – 12,24 | 11,39 – 11,82 |
| Разом крупи | - | - | 46,99 – 47,85 | 45,39 – 46,22 |
| Разом крупи II борошна | - | | 89,86 – 90,03 | 86,80 – 86,97 |
| Висівки | - | | 9,97 – 10,14 | 9,63 – 9,80 |
| Разом | | | 100 | 96,6 |

Таким чином, запропонована технологія дозволяє зберегти біологічно цінні периферійні частини зерна і одночасно покращити санітарно-гігієнічні та споживчі характеристики, скоротити тривалість технологічного процесу і отримати нові види продуктів – житню крупу і борошно, не знижуючи спільного виходу продукції.

3.2 Дослідження якісної характеристики житньої крупи і борошна, отриманих за новою технологією

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості продуктів переробки жита представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Показники якості житньої крупи

| Показник | Крупа №1 | Крупа №2 | Новий сорт борошна |
|--|---|--|---|
| Зовнішній вигляд | Частинки дрібноподрібненого зерна жита, звільнені від зародка та частково плодових оболонок і насінневих оболонок | | Подрібнені частини зерна жита |
| Колір | Світло-коричневий з помітними частинками оболонок | Креманий з білим відтінком із помітними частинами оболонок | Білий з сіруватим відтінком |
| Запах | Власний житній крупі без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий | | Власний житній борошно без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий |
| Смак | Власний житній крупі, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий | | Власний житньому борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий |
| Зараженість і забрудненість шкідниками хлібних запасів і металічна домішка | Не допускається | | 1 |
| Вміст мінеральної домішки | При розжовуванні не повинно відчуватися хрускоту | | |
| Вміст мінеральної домішки, нерозчинною в HCL (пісок), не більше | 0,01 | | |
| Вологість. % не більше | 15,0 | | |

Хімічний склад та харчова цінність нових продуктів переробки жита наведені таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Хімічний склад та харчова цінність продуктів переробки жита

| Показники | Крупа №1 | Крупа №2 | Новий сорт борошна |
|---|----------|----------|--------------------|
| Крохмаль, % | 58,7 | 63,6 | 73,1 |
| Білок, % | 14,55 | 10,6 | 7,6 |
| Клітковина, %, | 1,99 | 1,66 | 0,75 |
| Пектини ‘ % | 0,12 | 0,05 | - |
| Жир, % | 2,12 | 1,55 | 2,1 |
| Зольність, % | 1,74 | 1,34 | 1,27 |
| Загальні цукру, % | 5,18 | 5,48 | - |
| Вітаміни, мг% | | | |
| В ₁ | 0,53 | 0,43 | - |
| В ₂ | 0,13 | 0,071 | - |
| Ступінь перетравлюваності білків, % | 56,9 | 59,4±1,6 | - |
| Коефіцієнт задоволення в баластових речовинах | 0,98 | 0,70 | 0,3 |
| Енергетична цінність, ккал/100 г | 284,6 | 284,4 | 301 |

Як видно з отриманих результатів, житня крупа №1 є більша і темніша по кольору. Вона містить більше мінеральних речовин, білка, жиру, клітковини, вітамінів і пектин, але менше крохмалю. Однак вся житня крупа в порівнянні з житнім борошном має більшу харчовою цінність. На це вказує вищий вміст білка, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів, загальних цукрів. Так вміст вітамінів вище в крупі №1 майже в 2,5 рази, чим в сіяному борошні (В₁ – 0,20 мг%, В₂ – 0,05 мг%) [17]. Вміст клітковини вище у крупі №1 на 1,41 % та 0,59 %, чим в сіяному та обдирному борошні відповідно.

Харчову цінність житньої крупи оцінювали по ступеню перетравлюваності білків, коефіцієнтом задоволення баластних речовин та енергетичної цінності.

Ступінь перетравлюваності білків житньої крупи №1 дещо нижчий, чим у крупи №2, оскільки вона містить більше оболонки і алейронового шару, які знижують за рахунок вмісту в них клітковини засвоюваність білків. Крім того, білок укладено у товстостінні клітини алейронового шару і тому він менш

доступний до дії ферментів.

Для порівняння харчових продуктів за вмістом баластних речовин, використовували коефіцієнт задоволення в баластних речовинах, чим він ближче до 1, тим вище харчова цінність продуктів і вони можуть бути рекомендовані для широкого споживання і для створення дієтичних продуктів. З точки зору авторів, найбільш обґрунтованою на сьогоднішній день, є норма, що дорівнює 25 г баластних речовин на день. Вона розрахована на середньостатистичного суб'єкта і заповнюється за рахунок як безпосередньо харчових волокон, так і не перетравлюваних сполучно тканинних білків. У ході технологічного рафінування кількість баластних речовин прямопропорційно відповідному зростанню енергетичної цінності продуктів. Ця ж закономірність обумовлює енергетичне пересичення харчових раціонів населення з однієї сторони і значний недолік в їжі малоперетравних грубо волокнистих речовин – з іншої. З погляду адекватного живлення, необхідно, щоб продукти, що розробляються для підвищення харчової цінності раціону мали значення кількості баластних речовин (Б) в межах 100 – 105 ккал/г, при цьому коефіцієнт задоволення в баластних речовинах наближався б до 1. Тільки в цьому випадку практично їх дефіцит усувається у раціоні живлення. Коефіцієнт задоволення баластних речовин для крупи № 1 складає 0,98, для крупи № 2 – 0,7, що значно вище, чим у житнього борошна (у сіяному борошні – 0,2, обдирному – 0,5). [14]

Енергетична цінність житньої крупи 2-х номерів однакова і становить 284 ккал. Вона нижча, ніж у інших видів круп і житнього борошна, так, у манної крупи вона складає 326 ккал, для вівсяний – 303 ккал, сіяне борошно – 305 ккал, обдирне борошно – 298 ккал. Внаслідок цього житня крупа може бути рекомендована в якості дієтичного продукту.

Таким чином, отримана житня крупа володіє більш високою поживною цінністю, ніж житнє борошно, оскільки містить більше білка, жиру, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів і пектину і має більш високий коефіцієнт задоволення в баластних речовинах.

3.2 Дослідження впливу теплової обробки на вміст водорозчинних речовин

Вміст і склад водорозчинних речовин може змінюватися як за рахунок теплової деструкції, і під впливом ферментів. Насамперед, дослідивши вплив режимів температурної обробки на загальний вміст водорозчинних речовин у продуктах переробки жита.

Для визначення впливу температури нагріву на загальний вміст водорозчинних речовин в продуктах переробки жита готували у одну житню бовтанку, доводили її до певної температури на водяній бані, після чого відразу охолоджували та визначали вміст водорозчинними речовинами. Результати досліджень представлені на рисунку 3.5.

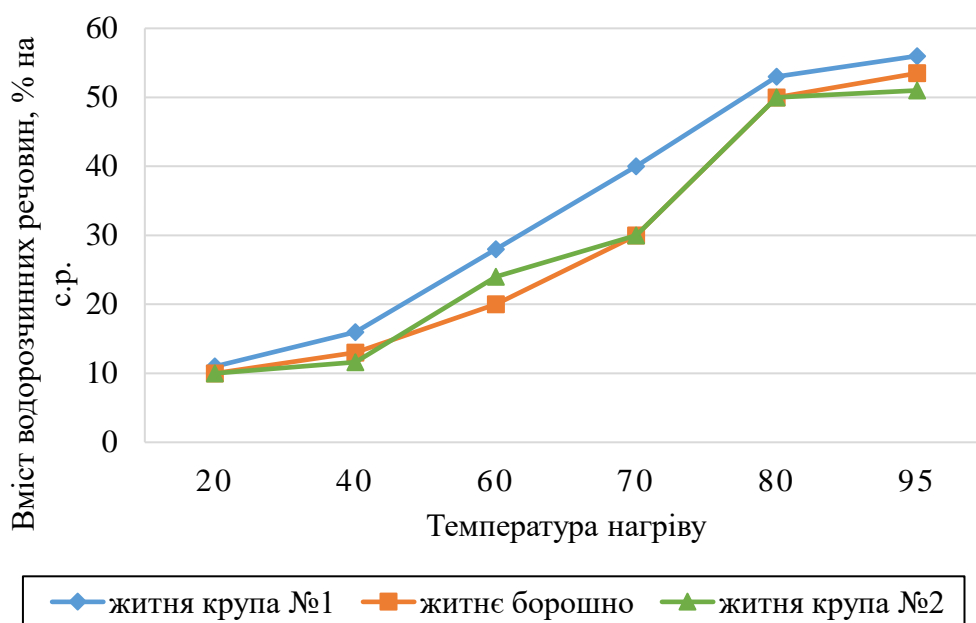


Рисунок 3.5 – Вплив температури нагріву на вміст водорозчинних речовин в продуктах переробки жита

Вміст водорозчинних речовин у продуктах переробки жита зростає зі збільшенням температури нагріву і вона вище в житній крупі №1, у порівнянні з крупою №2 і житнім борошном, у яких вміст водорозчинних речовин приблизно однаково.

На процеси гідролізу надає вплив не тільки температура, але і тривалість

температурної обробки. Оскільки при температурі до 40 °С, вміст водорозчинних речовин змінюється незначно, то дослідження впливу на тривалість нагрівання водно-житньої бовтанки при температурі 60 °С і вище на вміст водорозчинних речовин в продуктах переробки жита. Зі збільшенням температури і тривалості нагріву при певній температурі вміст водорозчинних речовин в продуктах переробки жита різко зростає. Самий високий вміст отримано за температури нагріву 80 °С. Збільшення температури нагріву зменшує тривалість обробки. Так, наприклад, для житньої крупи № 1 при температурі 80 °С без витримки, вміст водорозчинних речовин склав 53,0 %. Такий вміст водорозчинних речовин при температурі 70 °С можливий тільки після витримання бовтушки протягом 20 хвилин, а при 60 °С – 30 хвилин.

Таким чином, зі збільшенням температури і тривалості теплової обробки вміст водорозчинних речовин у продуктах переробки жита збільшується, при цьому фактор температури переважає над фактором часу. Вміст водорозчинних речовин в житній крупі №1 вище і збільшується більшою мірою, ніж у крупі №2 і житнього борошна. Очевидно, це пов'язано з тим, що крупа №1 містить більше, ніж у центральній частині ендосперма, водорозчинних речовин: білків, вітамінної групи В, РР, органічних кислот, солей, слизів, ферментів. Ферменти локалізуються в алейронових і субалейронових шарах, які складають основну масу житньої крупи №1, і при певних умовах гідролізують біополімери до низькомолекулярних речовин.

Далі досліджували вплив теплової обробки на вміст декстринів і цукрів.

Результати дослідження впливу режимів теплової обробки на вміст декстринів у продуктах переробки жита представлені на рисунках 3.5, 3.6, 3.7.

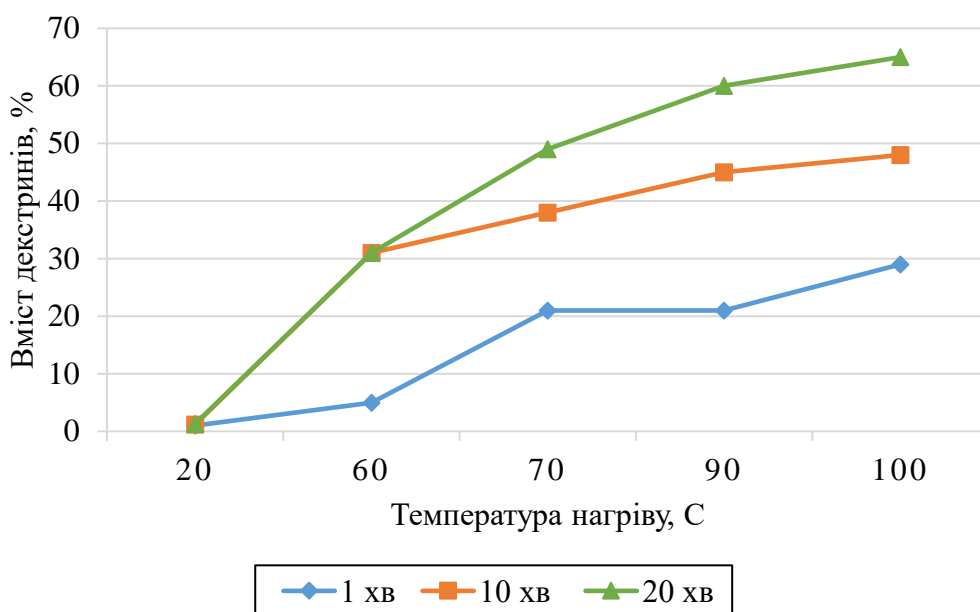


Рисунок 3.5 – Вплив температури обробки і часу витримування на вміст декстринів в житній крупі №1

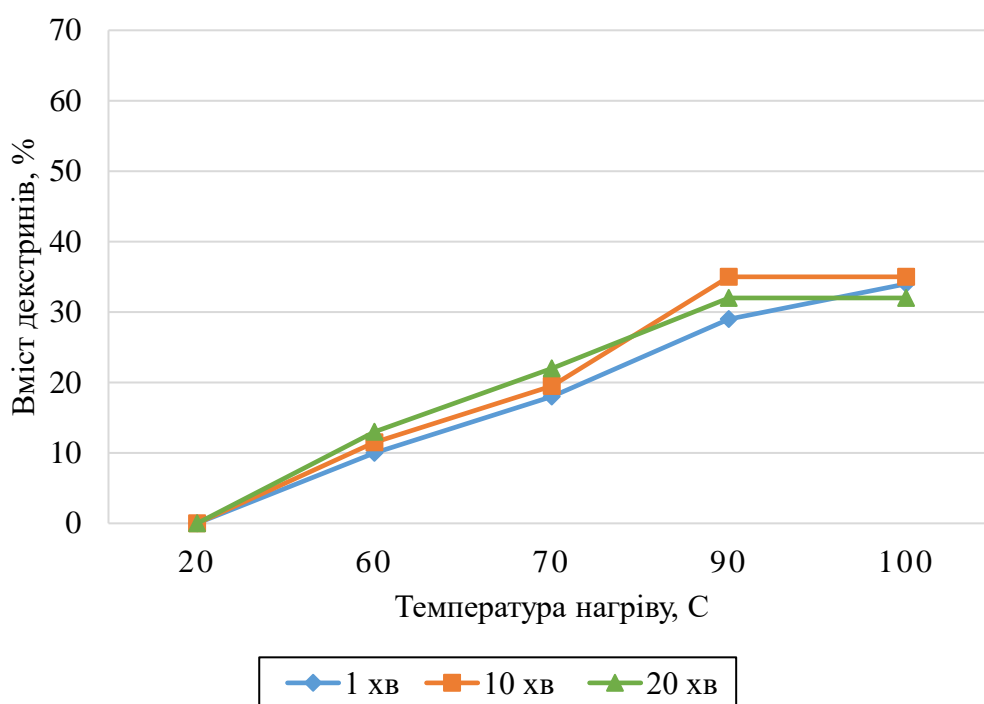


Рисунок 3.6 – Вплив температури обробки і часу витримування на вміст декстринів в житній крупі №2

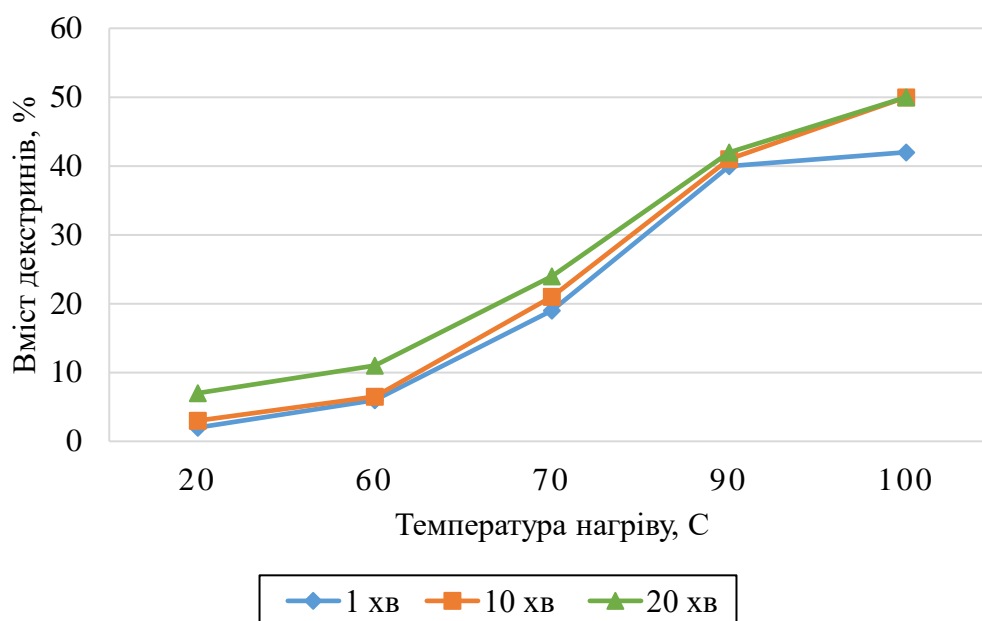


Рисунок 3.7 – Вплив температури обробки і часу витримки на вміст декстринів в житньому борошні

Отримані криві зміни вмісту декстринів в житній крупі №1 свідчать, що зі збільшенням температури та тривалості нагріву, кількість декстринів зростає і досягає максимуму при 100 °C. При тому без витримування вміст декстринів зростає в залежності від температури майже в 2,5 рази повільніше, ніж з витримкою протягом 30 хвилин. Вміст декстринів у житній крупі №2 та борошні збільшується поступово і меншою мірою, ніж у житній крупі №1 і менше залежить від тривалості нагріву.

Таким чином збільшення температури і тривалості утворює збільшений загальний вміст водорозчинних речовин, в тому числі декстринів у продуктах переробки жита. У житній крупі №1 їх вміст вище і зростає в більшій мірі при температурній обробці.

На рисунку 3.8 показано вплив режимів теплової обробки водно-житньої бовтанки на вміст загальних та відновлювальних цукрів у продуктах переробки жита. При температурі 100 °C бовтанка із житнього борошна не фільтрується, тому за цієї температури вміст цукрів не визначали. Тривалість витримування бовтанки при визначенні певної температури становила 1 хвилину.

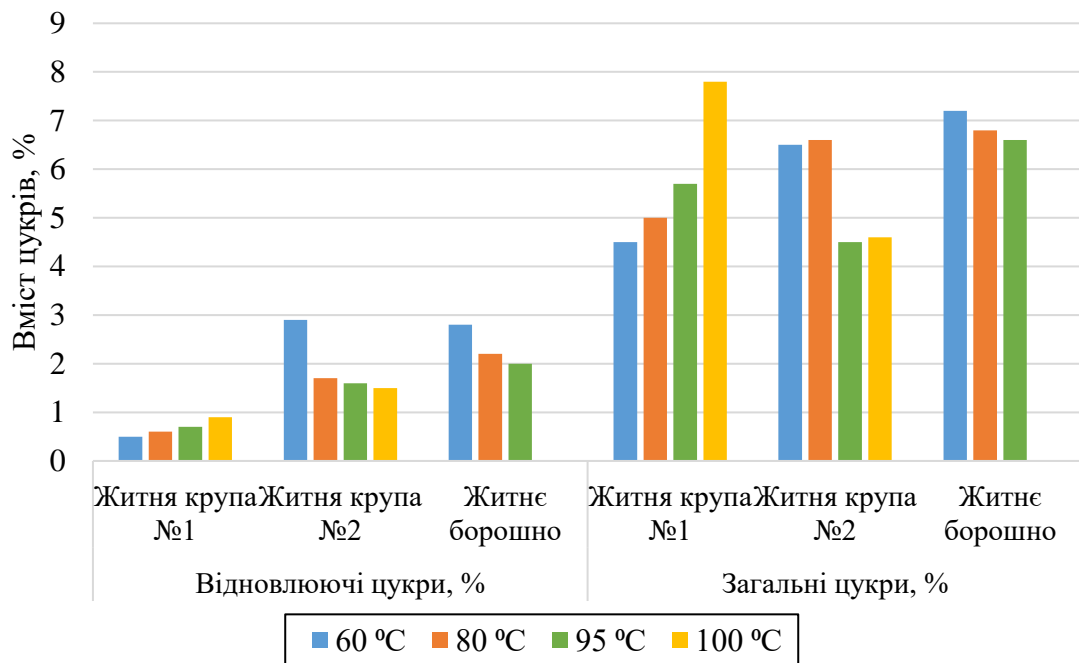


Рисунок 3.8 – Вплив температури нагріву на вміст цукрів в продуктах переробки жита

Вміст відновлювальних цукрів в крупі №1 дуже низький. При нагріві бовтанки він зростає, але складає не більше 1 %, тоді як вміст цукру в крупі №2 і борошні при температурі 60° С вище приблизно в 5 разів. Це можливо пояснити тим, що ці продукти більш дисперсні ніж крупа №1 і тому екстракція водорозчинних речовин в тому числі цукру в рідку фазу проходить значно швидше. Зниження їх вмісту при збільшенні температури йде в результаті зменшення активності ферментів за рахунок часткової теплової денатурації. Загальна кількість цукрів у крупі №1 зростає і становить при 100 °С 7,83 %. Крупа №1 містить більше великі частинки, ніж крупа №2 та борошно. Відповідно крохмальні гранули при помелі пошкоджуються меншою мірою, ніж у крупі №2 і борошні, і важче піддаються дії ферментів, тому кількість цукрів зростає поступово. Таким чином, при збільшенні температури спостерігається помітне зростання загальних цукрів у житній крупі №1, а вміст відновлювальних цукрів зростає незначно. Слід зазначити, що найбільший вміст водорозчинних речовин, декстринів і цукрів спостерігається в житній крупі.

Висновки за розділом

Встановлено, що зерно ярого жита високонатурне, має середню і високу масу 1000 зерен, низьку склоподібність. Відмінною особливістю є високий вміст насінневих оболонки та алейронового шару та менший вміст ендосперму в порівнянні із зерном озимого жита.

Результати дослідження борошномельних властивостей показують, що вихід борошна з зерна ярого жита коливався від 58,11 до 61,83 %. Найменший вихід борошна отриманий при помелі зерна рядового жита 2021 року врожаю. Найвищий коефіцієнт ефективності помелу отриманий при помелі зерна сортового жита 2020 року врожаю, найнижчий – у зерна рядового жита 2020 року врожаю.

Доведено, що розроблена технологічна схема дозволяє отримати наступні виходи готової продукції відносно зерна, що подається на попередню систему: житня крупа №1 – 35 %, житня крупа №2 – 12 %, житнє борошно – 43 %.

Разом: крупи і борошна – 90%; висівки – 10 %.

Таким чином, запропонована технологія дозволяє зберегти біологічно цінні периферійні частини зерна і одночасно покращити санітарно-гігієнічні та споживчі характеристики, скоротити тривалість технологічного процесу і отримати нові види продуктів – житню крупу і борошно, не знижуючи спільного виходу продукції.

Енергетична цінність житньої крупи 2-х номерів однакова і становить 284 ккал. Вона нижча, ніж у інших видів круп і житнього борошна, так, у манної крупи вона складає 326 ккал, для вівсяний – 303 ккал, сіяне борошно – 305 ккал, обдирне борошно – 298 ккал. Внаслідок цього житня крупа може бути рекомендована в якості дієтичного продукту.

Таким чином, отримана житня крупа володіє більш високою поживною цінністю, ніж житнє борошно, оскільки містить більше білка, жиру, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів і пектину і має більш високий коефіцієнт задоволення в баластних речовинах.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора цеху з виробництва житньої крупи

При розробці карти охорони праці для оператора цеху з виробництва крупи житньої були враховані найголовніші вимоги з охорони праці при виконанні ряду технологічних операцій.

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

Рисунок 4.1 – Картка з охорони праці для оператора цеху з виробництва крупи житньої

4.2 Охорона праці у разі пожежі на робочому місці

Правила пожежної безпеки на робочому місці містять докладні інструкції щодо запобігання пожежі та конкретні дії кожного співробітника, відповідального за пожежну безпеку.

Однак основні дії, які необхідно взяти в разі пожежі, завжди однакові. По-перше, вам необхідно повідомити про пожежу в пожежну службу по телефону. Потім пожежна команда компанії буде проінформована про надзвичайну ситуацію. Після цього, якщо це не відбувається автоматично, необхідно активувати систему пожежної безпеки та пожежогасіння.

Працівники, які не беруть участі в зупинці виробництва або гасінні пожеж, повинні покинути зону пожежі. Співробітник, який бере участь в гасінні пожежі, повинен мати необхідну посадову інструкцію, виконувати певні дії відповідно до неї і нести відповідальність за дії своїх підлеглих.

Тільки після цього можна приступати до гасіння пожежі. Необхідно суворо дотримуватися всіх правил та запобіжних заходів, щоб запобігти подальшим матеріальним втратам, пошкодженню майна компанії та шкоді здоров'ю осіб, які беруть участь у гасінні пожежі. Після прибуття пожежної команди всі співробітники повинні покинути небезпечну зону.

Для забезпечення пожежної безпеки кожне підприємство повинно мати необхідне обладнання на випадок пожежі, таке як вогнегасники, пожежні крани на місці, пожежні рукави та пожежні гідранти на місці.

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва житньої крупи, визначено кілька протипожежних заходів, вказано порядок дій обслуговуючого персоналу в момент їх виникнення.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Розроблений кошторис витрат можна використати для визначення витрат, пов'язаних з проведенням наукових досліджень. Сюди входять різні фактори, такі як витрати на матеріальні ресурси, витрачену електроенергію, нараховану заробітну плату, амортизаційні відрахування та накладні витрати.

Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів здійснюється за наступною формулою:

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

де m_1 – витрачений матеріал;

C_1 – вартість матеріалу, грн/кг.

У запропонованій таблиці 5.1 наведені результати розрахунку вартості матеріалу.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість основних матеріалів і їх вартість

| Найменування, одиниці | Кількість | Ціна, грн. | Сума, грн. |
|-----------------------|-----------|------------|------------|
| Зерно жита, кг | 50 | 5,20 | 260,00 |
| Всього | | | 260,00 |

У таблиці 5.2 представлені результати розрахунку заробітної плати учасників досліджень, яку визначаємо множенням середньої погодинної заробітної плати працівника на суму витраченого часу.

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну платню учасника наукового дослідження

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

Нарахування заробітної плати еквівалентно 22 % від загальної суми заробітної плати, що оподатковується єдиним податком:

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

Вартість витраченої електроенергії визначається за такою формулою:

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

де M – потужність дослідного устаткування, кВт;

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

T – тривалість роботи установки, год;

a – вартість електроенергії, грн/(кВт/год).

Вартість споживання енергії на виробництво борошна житнього:

$$E_{\text{вир.борошна}} = 2,8 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 7,32 = 295,14 \text{ грн.}$$

Вартість споживання енергії лабораторним обладнанням:

$$E_{\text{лабор.облад.}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 7,32 = 231,90 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{n.k.} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 160 \cdot 7,32 = 948,67 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{заг} = E_{вир.борошна} + E_{лабор.облад.} + E_{n.k.} = 295,14 + 231,9 + 948,67 = 1474,71 \text{ грн.}$$

З використанням рівняння 5.3 для визначаємо вартість амортизації обладнання, використаного в ході дослідження:

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

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

| Устаткування | Вартість, грн. | Річна норма амортизації, % | Тривалість роботи, днів | Витрати на амортизацію, грн. |
|---|----------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Лабораторна установка для виробництва борошна | 28000,0 | 10 | 2 | 15,34 |
| Допоміжне лабораторне устаткування | 6300,0 | 10 | 2 | 3,45 |
| Персональний комп'ютер | 11820,0 | 24 | 20 | 155,44 |
| Всього | | | | 174,23 |

Накладні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та управлінням виробництвом, включають витрати, які повинні бути виплачені обслуговуючому та управлінському персоналу. Витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням

установки, еквівалентні 80 % від розрахункової заробітної плати виконавця дослідження:

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

Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження

| Витрати | Сума, грн. |
|--------------------------------------|------------|
| Основні матеріали (ОМ) | 260,00 |
| Заробітна плата (ЗП) | 741,00 |
| Нарахування на заробітну плату (НЗП) | 163,02 |
| Електроенергія (Е) | 1474,71 |
| Амортизація (А) | 174,23 |
| Накладні витрати (НВ) | 592,80 |
| Всього | 3405,76 |

Згідно з проведеним аналізом, витрати на заробітну плату та витрати на витрачену електроенергію є найважливішими витратами, які займають лідируючі позиції у списку.

5.2 Розрахунок вартості дослідження

Оскільки дослідницька робота пов'язана з фундаментальними дослідженнями, вартість визначалася на основі вартості та прибутковості проведення досліджень:

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 3405,76 + \frac{30 \cdot 3405,76}{100} = 4427,49 \text{ грн.}$$

Сума витрат, затрачених на проведення досліджень, складає 4427,49 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи житньої 130 гривень, що на 25 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

Висновки за розділом

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на заробітну плату та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 741,00 грн. і 1474,71 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 4427,49 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи житньої 130 гривень, що на 25 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що зерно ярого жита високонатурне, має середню і високу масу 1000 зерен, низьку склоподібність. Відмінною особливістю є високий вміст насінневих оболонок та алейронового шару та менший вміст ендосперму в порівнянні із зерном озимого жита.

Результати дослідження борошномельних властивостей показують, що вихід борошна з зерна ярого жита коливався від 58,11 до 61,83 %. Найменший вихід борошна отриманий при помелі зерна рядового жита 2021 року врожаю. Найвищий коефіцієнт ефективності помелу отриманий при помелі зерна сортового жита 2020 року врожаю, найнижчий – у зерна рядового жита 2020 року врожаю.

Доведено, що розроблена технологічна схема дозволяє отримати наступні виходи готової продукції відносно зерна, що подається на попередню систему: житня крупа №1 – 35 %, житня крупа №2 – 12 %, житнє борошно – 43 %, разом: крупи і борошна – 90%; висівки – 10 %.

Таким чином, пропонована технологія дозволяє зберегти біологічно цінні периферійні частини зерна і одночасно покращити санітарно-гігієнічні та споживчі характеристики, скоротити тривалість технологічного процесу і отримати нові види продуктів – житню крупу і борошно, не знижуючи спільного виходу продукції.

Енергетична цінність житньої крупи 2-х номерів однакова і становить 284 ккал. Вона нижча, ніж у інших видів круп і житнього борошна, так, у манної крупи вона складає 326 ккал, для вівсяний – 303 ккал, сіяне борошно – 305 ккал, обдирне борошно – 298 ккал. Внаслідок цього житня крупа може бути рекомендована в якості дієтичного продукту.

Таким чином, отримана житня крупа володіє більш високою поживною цінністю, ніж житнє борошно, оскільки містить більше білка, жиру, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів і пектину і має більш високий коефіцієнт задоволення в баластних речовинах.

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва житньої крупи, визначено кілька протипожежних заходів, вказано порядок дій обслуговуючого персоналу в момент їх виникнення.

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на заробітну плату та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 741,00 грн. і 1474,71 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 4427,49 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи житньої 130 гривень, що на 25 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сирохман І.В. Безпечність і якість харчових продуктів (проблеми сьогодення) : підручник. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2019. 394 с.
2. Методичні вказівки МВ 4.4.5.6.-000-2010 «Розробка та запровадження систем управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР». МОЗ України. 34с.
3. Черевко О.І. та ін.. Методи контролю якості харчової продукції: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец. Харк. держ. Університет харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2005. 230 с.
4. Жемела Г.П., Бараболя О.В. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва: навчальний посібник для студентів вищих агротехнологічних навчальних закладів / Г.П. Жемела, О.В. Бараболя – Полтава: 2011. – 292 с.
5. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун – Одеса: Друк, 2001. – 348с.
6. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.
7. Подпряттов Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – 200 с.
8. Мерко І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко. – Вид. 2-ге, перероб. та допов. – Одеса : Друк. дім, 2010. – 472 с.
9. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 164 с.
10. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.

11. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.

12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.

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

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

15. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. Food Science and Technology. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>.

16. Ковальова О.С. Інноваційна технологія виробництва гречаної крупи. The 14th International scientific and practical conference “Modern stages of scientific research development” (December 27 - 30, 2022) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2022. С. 453-460. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.14>

17. Ковальова О. Особливості виробництва гречаного солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів / О.С. Ковальова, В.В. Колос, Є.С. Парамонова // Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 травня 2016 р., м. Тернопіль. Тернопіль: Крок, 2016. С. 35-37.

18. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Калина В. С., Пилипенко Г. О., Хомик Н. І., Lehmann Ch. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове

видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107. DOI: <http://dx.doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

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

20. Pivovarov, O., Kovaleva, O., & Chursinov, J. (2020). Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment (Doctoral dissertation, Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing).

21. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. Food science and technology. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>

22. Hu, Q., He, Y., Wang, F. et al. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites. Chin Med 16, 87 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.

23. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (11 (126)), 59–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>

24. Ekezie, Flora-Glad & Sun, Da-Wen & Han, Zhang & Cheng, Jun-Hu. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. Trends in Food Science & Technology. 67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>.

25. Верещинский О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці: дис. ... д-ра техн. наук / О.П. Верещинский. – Київ: НУХТ, 2014. – 388 с.

26. Експертиза та контроль якості продуктів харчування: Навчально-методичний посібник з напрямку підготовки «Ветеринарна медицина» / П.М.

Гаврилін, О.Г. Прокушенкова, В.Г. Єфімов [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. 200 с.

27. ДСТУ 4161-2003. Системи управління безпеністю харчових продуктів. Вимоги.

28. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.