

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

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

**Обґрунтування технології виробництва
продуктів функціонального призначення із зерна
ячменю**

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

_____ Альона ГАВРИЛЕНКО

Керівник: _____ Вікторія КАЛИНА

Рецензент: _____ Олексій СТАСЬ

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«26» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Гавриленко Альоні Вікторівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва продуктів функціонального призначення із зерна ячменю».

Керівник роботи: Калина Вікторія Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується переробки зерна злакових культур в борошно, крупи та круп'яні продукти. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на борошномельних та круп'яних підприємствах. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання. 2 Матеріали та методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Розробка технології виробництва продуктів функціонального призначення з ячменю. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

- 1 Стан питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Схема проведення досліджень.
4 Експериментальна частина. 5 Практична реалізація результатів досліджень.
6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024
5	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024
6	доцентка КАЛИНА Вікторія	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Стан питання	01.01-08.01.24	виконано
3	Матеріали та методи досліджень	09.01-15.01.24	виконано
4	Експериментальна частина	16.01-22.01.24	виконано
5	Розробка технології виробництва продуктів функціонального призначення з ячменю	23.01-29.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Альона ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Вікторія КАЛИНА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: 78 сторінок друкованого тексту, 28 рисунків та ілюстрацій, 22 таблиці та використано 55 літературних джерела посилань.

Метою досліджень є розробка нових технології виробництва швидкорозварюваних продуктів, продуктів харчування функціонального призначення з ячменю.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва функціональних продуктів харчування із зерна ячменю збагачених БАД.

Предмет дослідження – встановлення ефективності збагачення продуктів переробки зерна ячменю БАД та визначення їх показників якості.

Круп'яна промисловість здійснює в основному первинну переробку зернової сировини. Її продукція потребує тривалої кулінарної обробки або використовується в якості сировини при створенні інших харчових продуктів. У зв'язку з цим виникає необхідність застосування інтенсивної водно-теплової обробки зерна (ВТО) для забезпечення глибоких структурних змін і скорочення технології переробки. Тому одним з напрямків розвитку круп'яної промисловості є її дооснащення новими технологіями для більш глибокої переробки, які повинні бути розроблені або запозичені з суміжних галузей. Ці технології повинні бути достатньою гнучкими щодо круп'яної сировини, що переробляється і асортименту готової продукції, включаючи виробництво продуктів функціонального призначення. Це дозволить надати галузі необхідний динамізм у розвитку, виробляти не тільки те, що вона може сьогодні, але і більш прибуткову і необхідну для споживання продукцію.

Ключові слова: ЯЧМІНЬ, ВОДНО-ТЕПЛОВА ОБРОБКА, ВІДВОЛОЖЕННЯ, ПРОПАРЮВАННЯ, ПРОЦЕС, МІКРОНІЗАЦІЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ТРИВАЛІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОДУКТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАННЯ	10
1.1 Роль продуктів харчування функціонального призначення в поліпшенні здоров'я населення	10
1.2 Біологічно активні добавки, які використовуються у виробництві продуктів функціонального призначення	13
1.3 Сучасний стан технології виробництва борошна і крупи з ячменю	16
1.3.1 Характеристика ячменю – як сировини для виробництва борошна та крупи	16
1.3.2 Методи гідротермічної обробки зерна ячменю і їх вплив на зміну технологічних властивостей	22
Мета та задачі дослідження	27
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Об'єкти досліджень і постановка експериментів	28
2.2 Методи досліджень	28
Висновки до розділу	31
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	32
3.1 Вплив ВТО на технологічні і структурно-механічні властивості зерна ячменю	32
3.1.1 Вплив ВТО на технологічні властивості	32
3.1.2 Вплив ВТО на структурно-механічні властивості зерна ячменю	36
3.2 Вплив параметрів ВТО на біохімічні властивості ячменю	39
3.2.1 Зміна активності ферментів	39
3.2.2 Зміна вуглеводного комплексу	41
3.2.3 Зміна білкового комплексу	46
3.2.4 Зміна ліпідного комплексу	49
3.3 Вплив ВТО на вміст водорозчинних речовин	50
Висновки до розділу	51

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ЯЧМЕНЮ	53
4.1 Обґрунтування рецептури і розробка технологічної схеми	53
4.2 Дослідження зміни якості поживної суміші в залежності від термінів зберігання	56
Висновки до розділу	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	59
5.1 Розробка карти безпеки праці	59
5.2 Утилізація відходів виробництва	61
Висновки до розділу	62
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	63
6.1 Організація проведення дослідження	63
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	65
6.3 Розрахунок вартості дослідження	69
Висновки до розділу	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
БІБЛІОГРАФІЯ	72

ВСТУП

Значні зміни в способі життя населення України викликали зміни специфіки захворювань, що характеризується переважанням зростання аліментарно-залежних захворювань. Недоліки в структурі і якості харчування супроводжуються нездатністю відповідних захисних систем організму адекватно відповідати на несприятливі впливу навколишнього середовища, що різко підвищує ризик розвитку багатьох захворювань.

Згідно з даними Держстатистики громадяни України стали вживати значно менше риби, м'яса, фруктів, овочів і рослинного масла. У зв'язку з цим значна частина населення відчуває білково-калорійну недостатність. У групах населення з низькими доходами дефіцит енергії і білка становить від 15 до 20 % необхідної норми. Сьогодні людина в більшій мірі споживає обмежений набір харчових продуктів і, як правило, рафінованих. Вони є далеко не повноцінними за вмістом біологічно активних речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності організму. За даними обстежень 90 % населення схильні до нестачі в організмі аскорбінової кислоти і вітамінів групи В, а також каротину, кальцію та інших мінеральних речовин. Продовжує скорочуватися середня тривалість життя. Фахівці цей факт безпосередньо пов'язують з неякісним харчуванням.

Частка хлібопродуктів в раціоні населення країни неухильно зростає і у різних груп населення досягає 40 % і більше.

У зв'язку з цим виникає гостра необхідність поліпшення якості продуктів харчування на зерновій основі за двома напрямками: по-перше, шляхом збагачення продуктів найбільш масового попиту (борошна, хліба, крупи), життєво важливими незамінними речовинами – вітамінами, мікро- і макроелементами. По-друге, шляхом створення зернопродуктів нового покоління з підвищеним вмістом найважливіших природних, поживних, біологічно активних компонентів, що володіють функціональними властивостями шляхом розробки і освоєння нетрадиційних технологій.

До теперішнього часу асортимент продукції круп'яної промисловості залишається практично незмінним, якість вироблюваних круп знаходиться на низькому рівні. Круп'яна промисловість здійснює в основному первинну переробку зернової сировини. Її продукція потребує тривалої кулінарної обробки або використовується в якості сировини при створенні інших харчових продуктів. У зв'язку з цим виникає необхідність застосування інтенсивної водно-теплової обробки зерна (ВТО) для забезпечення глибоких структурних змін і скорочення технології переробки. Тому одним з напрямків розвитку круп'яної промисловості є її дооснащення новими технологіями для більш глибокої переробки, які повинні бути розроблені або запозичені з суміжних галузей. Ці технології повинні бути достатньою гнучкими щодо круп'яної сировини, що переробляється і асортименту готової продукції, включаючи виробництво продуктів функціонального призначення. Це дозволить надати галузі необхідний динамізм у розвитку, виробляти не тільки те, що вона може сьогодні, але і більш прибуткову і необхідну для споживання продукцію.

У зв'язку з цим розробка ефективної технології переробки ячменю і виробництва продуктів функціонального призначення є актуальною.

Метою досліджень є розробка нових технологій виробництва швидкорозварюваних продуктів, продуктів харчування функціонального призначення з ячменю.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

- підібрати оптимальні режими ВТО для лущення зерна ячменю та дослідити вплив параметрів ВТО на технологічні властивості зерна;
- вивчити вплив ВТО на фізичні і структурно-механічні властивості зерна;
- встановити вплив ВТО на біохімічні властивості продукту лущення ячменю;
- розробити технологію виробництва продуктів функціонального призначення підвищеної харчової та біологічної цінності;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва функціональних продуктів харчування із зерна ячменю збагачених БАД.

Предмет дослідження – встановлення ефективності збагачення продуктів переробки зерна ячменю БАД та визначення їх показників якості.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Роль продуктів харчування функціонального призначення в поліпшенні здоров'я населення

В умовах постійно зростаючої інтенсифікації техногенного впливу цивілізації – широкого застосування ксенобіотиків, включаючи хімікотерапевтичні препарати, вплив фізичних та біологічних факторів, локальних і глобальних екологічних катастроф, в людському організмі відбуваються значні мікроекологічні порушення, що мають серйозні наслідки, як для окремих індивідуумів, так і для суспільства в цілому [27, 30].

Повноцінна життєдіяльність людини неможлива без нормального функціонування цілісного екологічного комплексу макроорганізму. Проблема створюється дефіцитом в раціоні харчування біологічно активних компонентів, рослинних тканин вітамінів, ненасичених жирних кислот, мінеральних речовин. Був виявлений дефіцит в харчуванні населення мінеральних речовин, зокрема кальцію і заліза.

В останні роки ряд великих вчених вважає, що ці дефекти харчування різко підвищують ризик розвитку атеросклерозу, гіпертонічної хвороби, багатьох видів патологій кістково-м'язового апарату, анемії. Тому будь-які порушення харчування, пов'язані з обмеженням асортименту продуктів харчування, різко знижують або взагалі позбавляють організм можливості синтезувати певні види ендогенних біологічно-активних речовин, що безумовно, з часом призводить до порушення функції органів і систем, сприяє розвитку захворювань і трансформування їх в хронічну патологію [9, 16].

Велике значення у вирішенні цієї проблеми відводиться питанням харчування, якості та функціональними властивостями харчових продуктів.

Згідно, прийнятим нормативам, продукт харчування вважається функціональним, якщо він сприятливо впливає на певні функції організму

людини або якщо при його вживанні знижується ризик виникнення будь-якого захворювання [10].

Їжа, як відомо, являє собою комплекс, що містить багато попередників біологічно активних речовин (БАР), з яких в організмі створюються нові БАД: гормони, трансмітери, ферменти, біомолекули (РНК, ДНК), цитоплазматичні мембрани, тобто структурні елементи живого тіла. За вмістом цих БАД особливо важливі для нас такі традиційні продукти харчування масового споживання, як хлібобулочні, молочні, м'ясні та ковбасні вироби, що дозволяють в повній мірі комплексно вирішити проблему цілеспрямованого отримання поживних речовин і захисних факторів [19].

У Німеччині, Канаді, Японії, Франції, Іспанії, США та інших країнах реалізуються цільові національні програми з оздоровлення населення за допомогою розробки і організації виробництва нових харчових компонентів, коригувальних біохімічний склад продуктів харчування масового споживання.

У 1998 році в Україні прийнята концепція державної політики здорового харчування населення [11]. Мета державної політики в області здорового харчування – збереження і зміцнення здоров'я населення, профілактика захворювань, які обумовлені відхиленнями від правильного харчування. Ця мета досягається трьома шляхами. Перший – це пошук нових джерел харчових речовин, розширення виробництва їжі за допомогою біотехнології. Другий напрямок – це використання високих технологій в харчовій промисловості і створення широкої гами натуральних продуктів модифікованого (заданого складу) хімічного складу. Третім, найбільш ефективним і швидким шляхом поліпшення структури харчування населення, зокрема ліквідації дефіциту мікронутрієнтів, є широке застосування так званих біологічно активних добавок (БАД) до їжі. Застосування БАД дозволяє заповнити дефіцит есенціальних харчових речовин, підвищити неспецифічну резистентність організму до впливу несприятливих факторів, здійснити іммунокорекцію, максимально індивідуалізувати харчування. Саме функціональне харчування найбільшою мірою відповідає запитам часу і споживача [16].

Все більшого поширення в розвинених країнах отримує виробництво продуктів і напоїв, що включають в себе комплекси біотичних компонентів: біфідобактерії, харчові волокна, біологічно активні добавки рослинного походження, відсутні мікроелементи і вітаміни.

Необхідно підкреслити, що однією з найбільш ефективних форм БАД є сухі вітамінізовані суміші напоїв, що забезпечують можливість зберігання у доброму стані вітамінів, мінімізації їх втрат в процесі виробництва і зберігання, їх точного дозування і зручності використання. Прикладом такого напою є дуже популярний в даний час «Золота куля», що випускається компанією «Літо» і покриває за один прийом від 30 до 50 % добової потреби дорослої людини в 12 вітамінах [32].

Широкому виробництву необхідних продуктів в Україні заважає удавана складність технології виготовлення, відсутність сучасного технологічного обладнання, низька культура виробництва.

Крупи – дивовижний лікувально-профілактичний засіб. Вживання круп, зварених без солі і молока, очищає організм. Крупи виводять всі шлаки з організму. Наприклад, гречка – позитивно діє на кровотворні органи. У ній багато заліза, вітамінів і мікроелементів. Пшоно важко перетравлюється шлунком з пониженою та нульовою кислотністю, але дає багато енергії. Його корисно їсти тим, хто схильний до ожиріння, так як воно абсолютно не відкладається в жир, більш того воно бере жир з організму і виводить його. Крім того, воно нормалізує кров'яний тиск. Кукурудза малопоживна, але добре виводить жир і містить багато кремнію, який позитивно діє на зуби. Відвар кукурудзяних рилець, які облягають початок, діє жовчогінно, промиває печінку, нирки, а при довгому вживанні розчиняє камені різного походження. Жито дає багато енергії, при цьому активно накопичується у верхньому відділі кишківника. Корисне при ракових захворюваннях і після операції [23].

Дієтичні властивості зернових продуктів можна також поліпшити за рахунок пробіотичних складових, поліненасичених жирних кислот типу ω -3, Са і вітаміну Е [29].

Таким чином, представлені вище літературні дані свідчать про роль і перспективність використання функціональних продуктів харчування, особливо з зернової сировини, в поліпшенні здоров'я населення.

1.2 Біологічно активні добавки, які використовуються у виробництві продуктів функціонального призначення

Біологічно активні добавки до їжі (БАД) або food supplements, нутріцевтики, парафармацевтики – терміни, що увійшли в сучасну медицину порівняно недавно. Однак емпіричний і культовий пошук і застосування з профілактичними і лікувальними цілями різних активних природних компонентів рослинного і тваринного походження відомі з глибокої давнини. Ще до нової ери в країнах Сходу склалися досить стрункі системи терапії різних захворювань шляхом використання рослинних і тваринних препаратів [4, 7, 8, 12].

Природний комплекс біологічно активних речовин з рослин має суттєві переваги, перш за все тому, що він пройшов через своєрідний біологічний фільтр і внаслідок цього відрізняється найбільш сприятливим для організму співвідношенням основних компонентів. Останнє важко досягти лише при створенні штучних сумішей в зв'язку з недостатньою вивченістю фізіологічного значення всього різноманіття синергичних і антагоністичних взаємовідносин між численними елементами, що складають основу всього живого. Істотною перевагою рослин є також те, що в них біологічні активні речовини знаходяться в органічно пов'язаній, тобто найбільш доступній і засвоюваній формі, а також в наборі, властивому живій природі в цілому [40].

Різноманітність дії рослин характеризується тим, що вони здатні синтезувати величезну кількість хімічних сполук різної природи. Для більшості з них характерна фізіологічна активність, що виявляється в стимулюючій, тонізуючій і адаптогенній дії, вони здатні знижувати стомлення, підвищувати природну опірність організму інфекціям і іншим несприятливих впливам

зовнішнього середовища. За цією ознакою вони об'єднуються під назвою біологічно активні речовини – БАР [2].

Ідея застосування харчових добавок як неаліментарних або природних комплексів БАР з метою підтримки і зміцнення здоров'я отримала широке визнання і знаходить підтвердження в колі фахівців – фармакологів і фізіологів [46].

В даний час рослини розглядаються не тільки як джерела їжі, але і як носії структурної інформації, необхідної для екологічної адаптації людини. Цим пояснюється підвищений інтерес до створення продуктів харчування протекторної дії з біогенними фітодобавками [42].

Флаваноїди відносять до класу фенольних сполук з двома ароматичними кільцями. Вони містяться в рослинах у вигляді глікозидів або у вільному стані. У клітинах рослин вони накопичуються в формі глікозидів. Флаваноїди володіють Р-вітамінною активністю.

Флаваноїди знижують тонус гладкої мускулатури шлунка, кишечника, судин, підвищують відділення шлункового соку і жовчі, посилюють антитоксичну функцію печінки [4].

Завдяки наявності біологічно активних речовин, перш за все флаваноїдів, п'ятилисник чагарниковий широко застосовується в народній медицині як корисний і доступний засіб. Останнім часом великий інтерес до даної рослини проявляє фармакологічна наука. Фармакологічні і токсикологічні дослідження показали, що сухий екстракт п'ятилисника чагарникового володіє антиалергічною активністю, вираженою цукрознижувальною дією, має антиоксидантні, імуномодельючі і протизапальні властивості [8].

Було вивчено мінеральний склад пагонів п'ятилисника чагарникового. Результати представлені в табл. 1.1 [6].

Таблиця 1.1 – Мінеральний склад пагонів п'ятилистика чагарникового

Відсотковий вміст							
N	P	K	Na	Fe	S	Ca	Mg
2,510	0,170	1,000	0,006	0,020	0,075	1,400	0,300
мг/кг							
Mn	Zn	Cu	Mo	Cd	Ni	Pb	Co
160,00	38,00	7,08	0,20	0,40	2,60	5,25	1,00

Дані таблиці показують, що з макроелементів в найбільшій кількості містяться азот і кальцій. Серед мікроелементів переважає марганець.

Інститут харчування Міністерства охорони здоров'я провів дослідження і підготував конкретні науково-практичні рекомендації з використання лікарських трав і дикорослих плодів. Підготовлено збірники рецептур для харчування школярів, студентів, робітників з широким застосуванням біологічно активних добавок плодів і харчових рослин – цілительів. Це напої, настої, відвари, салати, солодкі страви, домашня консервація та інше. [16].

Найбагатший досвід застосування засобів східної медицини важко переоцінити. Традиційна східна медицина дозволяє вирішувати проблеми харчування з нової точки зору. В даний час, коли хронічне порушення обміну речовин і все частіших захворювання внутрішніх органів привертають пильну увагу до внутрішньої структури організму, назріла необхідність вивчення досягнень східної медицини сучасними методами [7].

Мінеральні речовини як біологічно активні компоненти їжі є важливою складовою всіх видів продуктів харчування. Вони грають величезну роль в обмінних процесах, входять в якості пластичного матеріалу в опорні тканини – кістки, хрящі, зуби (кальцій, фосфор, магній, фтор), беруть участь в кровотворенні (залізо, кобальт, мідь, марганець, нікель), впливають на водний обмін, визначають осмотичний тиск плазми крові, є складовими частинами ряду гормонів, вітамінів, ферментів [47].

Як джерело мікро- та макроелементів зернові продукти харчування є обов'язковим компонентом дієти, так як містять легкозасвоювані вуглеводи,

вітаміни, харчові волокна [6]. Харчові волокна зменшують всмоктування, що надходять з їжею енергоємних жирів, вуглеводів, холестерину і за рахунок адсорбції виводять їх з організму. Відомо, що надмірна кількість холестерину і жирів є причиною формування на стінках судин холестеринових бляшок і виникнення атеросклерозу, ішемічної хвороби серця та інших серйозних захворювань. Крім того, споживання практично безкалорійних волокон дозволяє легко контролювати калорійність раціону, а значить і власну вагу. Ці властивості дозволяють вважати харчові волокна необхідними компонентами харчування, використовувати їх як унікальний природний сорбент, регулятор діяльності травного тракту, коректор порушень жирового і вуглеводного обміну [31].

Харчові волокна, в певній мірі, пов'язують жовчні кислоти і виводять їх з організму. Вони досить ефективні при лікуванні і профілактиці цукрового діабету, вони зменшують рівень глюкози і концентрацію ліпопротеїдів низької щільності в крові [29].

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що широке впровадження біологічно активних добавок до їжі дозволить реально і в короткі терміни вирішити проблему забезпечення населення дефіцитними біологічно активними речовинами, які допоможуть підвищити опірність організму до несприятливих умов, знизити ризик виникнення захворювань і в результаті істотно поліпшити здоров'я.

1.3 Сучасний стан технології виробництва борошна і крупи з ячменю

1.3.1 Характеристика ячменю – як сировини для виробництва борошна та крупи

Ячмінь – це хлібний злак, який широко використовується в пивоварінні, хлібопеченні і для виробництва крупи. Зерно ячменю вкрите квіткової плівкою, щільно зрослося з плодовою оболонкою. Вміст квіткової плівки коливається від 8 до 15 %. Під плодовими оболонками знаходяться тонкі насінні оболонки, що покривають алейроновий шар, що складається з двох-трьох рядів товстостінних

клітин, заповнених головним чином крохмалем і білками. Залежно від щільності заповнення клітин ендосперм буває борошністим або склоподібним, але переважаючим є напівсклоподібним. У нижній частині зерна знаходиться порівняно великий зародок (2,5 – 3,0 %). Вміст плодкових, насінневих оболонок, алейронового шару коливається в межах 3,5 – 4,0 %, 2,0 – 2,5 %, 12 – 13 %, відповідно [35].

Для ячменю велике значення має показник плівчастості, на величину якої впливає ряд факторів: сортові особливості, район вирощування, ґрунтово-кліматичні умови, крупність. Від плівчастості залежить величина виходу крупи. Наявність квіткових плівок обумовлює введення в технологічний процес етапу лущення. Додаткову складність для переробки представляє наявність борозенки, що глибоко проникла в ендосперм, краї якої також покриті верхніми шарами. Глибина борозенки – спадкова сортова ознака, за якою сорт іноді відбраковують, як непридатний для виробництва перлової крупи [14].

Зерно, яке надходить на переробку, повинно бути низькоплівчастим, вирівняним і добре виповненим. Ячмінь з синьо-зеленими насінневими оболонками не слід використовувати для виробництва крупи, так як білу крупу можна отримати лише при посиленій його обробці, що пов'язано з великою втратою ядра у вигляді мучки.

Малоприсадилим для виробництва крупи є сорти ячменю, що відрізняються дрібним, погано виповненим зерном зеленого забарвлення.

Хімічний склад зерна і продуктів його переробки приведено в табл. 1.2 [45].

Після лущення ячменю отримують пенсак – ядро зернівки, відокремлене від квіткової плівки. Тому в даному продукті менше золи і клітковини, більше білка і крохмалю. В якості харчового продукту пенсак не використовується.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад зерна ячменю і продуктів його переробки, %
на с.р.

Продукт	Зольність	Клітковина	Білок	Крохмаль
Ячмінь	2,5 – 3,5	4,5 – 9,0	8 – 14	51 – 64
Пенсак	1,7 – 1,8	2,0 – 2,5	12 – 16	72 – 75
Перлова крупа	0,8 – 1,1	1,2 – 1,8	7 – 11	74 – 83
Ячна крупа	1,2 – 1,6	1,4 – 1,9	10,6	77,5
Борошно	2,6 – 3,3	3,5 – 4,0	12,5	62,0
Лушпиння	7,8 – 8,9	27,0 – 31,0	8,4	15 – 17

Далі з пенсака виготовляють два види круп – перлову і ячну, в яких вміст золи і клітковини нижче, ніж у вихідному продукті. Крупа, що виробляється із зерна ячменю, порівняно з іншими видами круп з порівняно дешевою зерновою сировиною, має більш тривалі терміни зберігання. Наприклад, для перлової крупы – 18 місяців [15].

Високі кулінарні якості перлової крупы, виробленої з сортів ячменю західних, південно-західних і північно-західних зон країни, багато в чому пояснюються борошністою крихкою консистенцією зерна, дуже світлим і пухким крохмалем ендосперму, що володіє високою гігроскопічністю, а отже, і високим набуханням [34].

В середньому вітчизняні сорти містять 12,9 – 14,7 % білка. Вирівняність коливається від 85 до 96 %. Вихід крупы становить 44,4 – 45,2 %. Мають майже однакові споживчі властивості.

Використання зерна ячменю на продовольчі цілі визначається, перш за все, його хімічним складом, харчовою цінністю і показниками безпеки. Для ячменю, подібно до більшості злакових, що лімітують амінокислотами є лізин і треонін. Оболонка багата на лізин. Білки зародка також містять багато лізину, білки ендосперму – менше (3,2 %), але все ж більше, ніж ендосперм інших злакових. В ендоспермі зерна ячменю багато глютамінової кислоти (35 %) і проліну (12 %). Глютамінова кислота представлена не глютамином, а вільною амінокислотою. Ліпіди в зерні складають 3,3 %. Вони локалізовані в зародку. Так як на частку

зародка доводиться 3 % від маси зернівки, ліпідів в ньому близько 30 %. Ліпіди цільного зерна на 72 % представлені неполярними ліпідами, 10 % – коліпідами і 21 % – фосфоліпідами [7].

Вирівняність, тобто, кількість крупи, що задовольняє по крупності встановленим нормам, для перлової крупи повинна бути не менше 80 %, для ячної 75 %. На сорти перлову і ячну крупи не ділять.

Особливість процесу підготовки ячменю до переробки в перлову і ячну крупи – це включення в технологічний процес після очищення зерна від домішок, попереднє лушення зерна, тобто відділення основної маси від квіткових плівок. Домішки і дрібне зерно виділяють шляхом триразового сепарування зерна в повітряно-ситових сепараторах, каменевідбірних машинах і трієрах.

Для кращого виділення дрібних домішок і дрібного ячменю в повітряно-ситовому сепараторі першої системи після виділення великих домішок зерно поділяють на дві фракції – велику і дрібну. Велику фракцію направляють в сепаратор другої системи, дрібну фракцію зерна, що містить дрібні домішки і дрібне зерно в сепаратор третьої системи, де встановлюють підсівне сито розміром 2,2×20 міліметрів, проходом якого йде дрібне зерно. Після виділення мінеральних домішок зерно надходить на системи попереднього лушення із застосуванням оббивних машин і машин марки А1-ЗШН-3, в результаті чого отримують пенсах.

Лушення ячменю досягається в результаті чотирикратної послідовної обробки в наждакових оббивних машинах. Після кожної системи продукт просівають в аспіратор, де відокремлюють лузгу. Досвід підтвердив, що замість третьої і четвертої оббивних систем навіть одноразове лушення в машинах марки А1-ЗШН-3 дає добре лушений пенсах.

Основний процес виробництва перлової крупи – обробка пенсака в машинах марки ЗШН. Розрізняють дві стадії такої обробки: шліфування і полірування.

Шліфування досягається триразовою послідовною обробкою в машинах ЗШН, при якій обробляються периферичні шари ядра і стираються плодіві і

насіннєві оболонки і частково алейроновий шар. При шліфуванні гострі грані крупинок обробляються, крупа округляється і набуває більш світлого, рівномірного забарвлення.

Полірування – подальше поліпшення якості шліфованої крупи в машинах ЗШН. Полірування досягається в результаті послідовної обробки на трьох полірувальних системах.

Перлова крупа являє собою ядро ячменю, звільнене від квіткових плівок, добре відшліфоване. Крупа № 1 і № 2 має подовжену форму ядра з закругленими кінцями, крупа № 3, № 4 та № 5 – кулеподібну форму. Кращий зовнішній вигляд і великий об'ємний вихід крупи пов'язані з переробкою напівскловидного і борошнистого ячменю [15, 18].

Перлова крупа, яка виробляється з недробленого, але ретельно відшліфованого зерна ячменю, отримала свою назву від слова «перл», тобто перли. Це визначення підходить для добре оброблених ядер, у яких зняті всі верхні шари, аж до ендосперму. Крупа з здорового зерна цінних круп'яних сортів повинна бути рівномірно закруглена, мати поверхню, крупинок яскравого блискучого білого кольору і справді нагадувати дрібні перлини [5].

Існують технології переробки ячменю з виходом перлової крупи 40 і 53 %. Послідовність операцій виробництва цих видів крупи і склад обладнання, що застосовується в обох випадках однакові. Відмінність полягає лише в інтенсивності проведення процесів шліфування та полірування.

Ячна крупа, на відміну від перлової, в середньому більш дрібна, не настільки ретельно оброблена. У зв'язку з цим зерно слід лущити більш інтенсивно.

Пенсак переробляють в крупу шляхом чотириразового його дроблення в вальцових верстатах з наступним просіюванням продуктів подрібнення в розсійниках. З кожної системи дроблення відбирають два потоки ядра, кожен з яких направляють в машини А1-ЗШН-3, де подрібнене ядро одноразово шліфують і видаляють плівки, що залишилися. Після шліфування крупу сортують в розсійниках або крупосортувальних машинах на три номери [21].

З ячменю виробляють ячмінне борошно. Для її виробництва зерно очищають від домішок, проводять лушення. Потім проводять обсмажування, перемішуючи безперервно. При термообробці зерно спучується. Після обсмажування ячмінь піддають лушенню з послідуочим відокремленням лузги. Далі ядра обсмажених зерен подрібнюють для отримання борошна. Контроль крупності здійснюють на ситі. Хімічний склад ячмінного борошна представлений в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад ячмінного борошна, % на с.р.

Продукт	Білок	Крохмаль	Клітковина	Жир	Зольність
Ячмінне борошно	11,9	61,5	3,1	1,8	2,1

Згідно даних таблиці встановлено, що ячмінне борошно за хімічним складом близьке до хімічного складу зерна. Головним чином, це пояснюється тим, що при виробництві борошна не проводять шліфування та полірування, що сприяють видаленню периферійних частин зерна, в яких в більшій мірі зосереджені мінеральні речовини, харчові волокна.

Крім того, ячмінь є прекрасним джерелом полісахаридів. Багатий крохмалем він містить також бета-глюкан і пентозани, а також целюлозу – компонент нерозчинної клітковини. Що міститься в ячмені токоферол (різновид вітаміну Е) може запобігати утворенню в печінці занадто великої кількості холестерину. Крупа з ячменю, поряд з деякими іншими видами круп, є ефективним природним ентеросорбентом, сприяє виведенню з організму людини різних токсикантів, зокрема метало- і хлорорганічних сполук, а також неорганічних солей металів.

З точки зору харчової цінності зерно ячменю можна розглядати, як важливу сировину у розробці нових і вдосконаленні традиційних технологій продуктів харчування.

1.3.2 Методи гідротермічної обробки зерна ячменю і їх вплив на зміну технологічних властивостей

При переробці зерна в борошно і крупу гідротермічна обробка супроводжується поліпшенням його технологічних і біохімічних властивостей [34].

При гідротермічній обробці ячменю передбачають зволоження зерна перед лушенням на 5 – 6 % з подальшим відволоженням протягом 25 – 30 хвилин і лушення в лушильних машинах [22].

При виробництві перлової крупи етап ВТО дуже важливий. Крім холодного кондиціонування при виробництві перлової крупи іноді використовують пропарювання зерна перед лушенням. Пропарювання зерна проводять як при надмірному тиску, так і при тиску, близькому до атмосферного. В цьому випадку сухе зерно в процесі пропарювання нагрівається до 85 – 95 °С, при цьому вологість зерна підвищується до 20 – 28 %. Дана вологість є оптимальною для подальшого процесу. Основною перевагою цього способу є скорочення тривалості процесу [22].

При пропарюванні під тиском 0,2 МПа протягом 3 хвилин помітно покращуються технологічні властивості зерна і споживчі переваги крупи. У таблиці 1.4 показано, вплив ВТО на вихід пенсака і перлової крупи [36].

Таблиця 1.4 – Вплив гідротермічної обробки на технологічні властивості зерна ячменю

Варіант підготовки зерна	Вихід пенсака, %	Вихід крупи, %					
		Загальний	В тому числі				
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Без ВТО	58,3	43,7	25,6	8,3	7,2	2,4	0,2
Із застосуванням ВТО	75,0	53,8	35,4	11,5	5,5	1,2	0,2

Таким чином, в результаті ВТО загальний вихід перлової крупи зростає на 10 %, причому за рахунок найбільш цінною, великих номерів. Перлова крупа,

вироблена з зерна, що пройшов ВТО, швидше розварюється, її харчові переваги також поліпшуються.

Відомий інший спосіб гідротермічної обробки ячменю при переробці його в перлову і ячну крупу [6]. Спосіб полягає в зволоженні зерна ячменю перед лушенням на 5 – 6 % з подальшим 25 – 30 хвилинним відволоженням. Недоліком цього способу є значне підвищення вологості оболонки, що знімаються в процесі лушення (до 31 – 34 %). Для доведення оболонки до вологості 17 – 20 % потрібно 3 – 4 годинне відволоження спільно лушеного зерна і оболонки або підсушування їх підігрітим повітрям. Значне зволоження периферійних шарів ячмінної зернівки знижує ефективність подальшого процесу лушення і, крім того, пов'язане з підвищеною витратою води.

Харчова цінність продуктів обумовлюється не тільки кількістю білка, його амінокислотним складом, а й здатністю розщеплюватися протеолітичними ферментами.

Водно-теплова обробка, змінюючи властивості білків, справляє помітний вплив на доступність білків ферментативному перетравленню. ВТО ячменю знижує швидкість перетравлення білка.

Так як ячмінна крупа знаходить широке застосування в громадському харчуванні, харчоконцентратної промисловості, має постійний попит з боку населення, поліпшити її якість за рахунок скорочення часу варіння є завданням великої ваги.

Відомо кілька причин тривалого приготування ячмінної крупи:

- підвищений в порівнянні з іншими видами круп вміст клітковини – 1 % (в пшоні – 0,65 %, манної – 0,2%);
- за ступенем набухання і клейстеризації крохмалю ячмінна крупа значно поступається рисовій, гречаній крупам і пшона;
- мікротвердість зернівки ячменю значно вище, ніж мікротвердість гречки, жита, вівса та інших культур;
- низька гідрофільність білків ячменю.

Технологічний процес побудований так, що в ньому не передбачено жодної операції, покликаної скоротити тривалість її приготування.

Основні операції виробництва крупи – луцнення зерна та шліфування пенсака спрямовані переважно на поліпшення товарного виду продукції.

Можна припустити, що важке розварювання цієї крупи обумовлена властивостями самого ендосперму. Ймовірно, для поліпшення розварювання ячмінної крупи необхідно наблизитись до відповідних змін властивостей ендосперму ячмінного зерна. ВТО в тій чи іншій мірі скорочують час варіння ячмінної крупи. Відомий спосіб обробки крупи негативними температурами, струмами високої частоти і ін. Проте, слід зазначити, що ні спосіб заморожування, ні спосіб обробки круп струмами високої частоти в даний час економічно недоцільний для круп'яних підприємств.

Зерно ячменю використовують також для виробництва пластівців. Мельниковим Е.М. з співавторами [7] запропоновано отримання ячмінних пластівців новим способом. Дослідження показали, що для отримання міцних, з невеликим вмістом крихти і мучки пластівців з ячменю і деяких інших культур потрібно перед пропарюванням додатково істотно зволожити і порівняно довго відволожити ядро і крупу, що важко здійснити через злипання сильно зволоженого продукту.

Для отримання підготовленої до плюцнення крупи можливе застосування раніше розробленої технології ячмінних пластівців. Вона полягає в істотному зволоженні зерна, його тривалому відволоженні, потім пропарювання і підсушуванні поверхневих шарів кожної зернівки, головним чином плівок і оболонки.

При подальшому луцненні зерна виходить крупа – напівфабрикат, практично ціла, з малою кількістю дробленого ядра. Вихід крупи залежить від призначення пластівців. При необхідності виробництва пластівців з високим вмістом харчових волокон вихід крупи може досягти 90 – 95 %.

Більш високий рівень виходу крупи недоцільний, тому що зовнішній вигляд і споживчі переваги одержуваних пластівців істотно знижуються.

У будь-якому випадку високий вихід крупи забезпечує і більш високу її харчову цінність. Природно, якщо в складі комбінованих пластівців є ячмінь, вихід повинен бути нижче. Однак підвищити вихід пластівців можна в результаті попереднього луцення ячменю зі зняттям частини (5 – 10 %) квіткових плівок. Для проведення гідротермічної обробки зерна рекомендовано зволоження до 24 – 25 %, відволоження до 12 – 25 год і пропарювання при тиску пари 0,1 МПа 1,5 – 2 хв. При цьому кількість великих пластівців становить понад 60 – 65 %, вихід крихти і мучки не більше 3 – 4 %. Отримані пластівці досить міцні і мало кришаться при зберіганні і транспортуванні.

Запропоновано також спосіб виробництва ячмінних пластівців, що включає пропарювання зерна, його підсушування, луцення, шліфування з отриманням крупи – напівфабрикату, її плющення на гладких валках і сушку пластівців, що відрізняється тим, що з метою поліпшення якості пластівців і скорочення тривалості процесу, пропарювання здійснюють вологим паром, при тиску 0,02 – 0,04 МПа до вологості 26 – 30 % з подальшим відволоженням зерна протягом 20 – 40 хв. Підсушування проводять в киплячому шарі при 70 – 80 °С до вологості 25 – 27 %. Плющення крупи – напівфабрикату в пластівці здійснюють безпосередньо після шліфування. Готові пластівці підсушують до вологості 10 %. Загальний вихід пластівців по відношенню до крупи – напівфабрикату становить 98,1 %. Вихід великих пластівців (сход сита $z_d = 5$ мм) 85,9 %. Пластівці мають хороший товарний вигляд [7].

Розроблено спосіб обробки круп'яних і зернобобових продуктів в харчоконцентратному виробництві. За цим способом нагрівання і варіння здійснюють шляхом чергування імпульсної продувки шару продукту водяною парою зверху вниз зі швидкістю менше швидкості псевдозрідження частинок продукту. Вихідний продукт попередньо зволожують до вологості 20 – 25 %, поміщають на решітку і зверху вниз продувають водяною парою з температурою 100 – 120 °С протягом 5 – 10 секунд. Потім в шар продукту подають нагріте повітря з температурою 120 °С [1].

Розроблено спосіб виробництва швидкорозварюваних круп, що включає очищення перлової крупи, гідротермічної обробки, варіння в щільному шарі насиченою водяною парою при атмосферному тиску і сушку перегрітою парою. З метою поліпшення якості крупи і скорочення тривалості процесу. При варінні використовують пару з температурою 105 – 110 °С, що подається зі швидкістю 1,0 – 4,0 м/с, протягом 10 – 25 хвилин, а при сушінні – пара з температурою 150 – 170 °С, що подається зі швидкістю 0,8 – 3,2 м/с протягом 5 – 15 хвилин [2].

Спосіб виробництва рисової і перлової круп швидкого приготування включає гідротермічну обробку та теплову екструзійну обробку цільної крупи, отриманої за традиційною технологією. Причому гідротермічну обробку проводять шляхом замочування крупи до вологості 20 – 25 %, яке ведуть при температурі нижче температури клейстеризації крохмалю [3].

В останні роки для теплової обробки зерна і крупи з метою отримання продуктів швидкого приготування або не потребують варіння використовують інтенсивні методи. У той же час їх можливо застосувати і при виробництві традиційних продуктів для сушіння й теплової обробки зерна [7].

Даний приклад показує, що використання інтенсивних методів енергопідводу в технології переробки зерна круп'яних культур є вельми перспективним, так як можлива реалізація технології виробництва швидкорозварюваних круп за скороченою схемою.

Таким чином, аналіз літературних даних показав, що зернові культури і продукти їх переробки широко використовуються в лікувально-профілактичному харчуванні. Однак асортимент продуктів зернопереробної промисловості обмежується декількома видами борошна і крупи. З ячменю виробляють в основному перлову і ячну крупу, хоча дана культура є прекрасним джерелом полісахаридів, білків, мінеральних речовин, вітамінів та інше.

Встановлено, що вміст в ячмені бета-глюкана і пентозанів сприяє зниженню рівня холестерину в крові. Тому дана культура могла б бути використана в якості сировини для виробництва функціональних продуктів харчування з спрямованою фізіологічною дією на організм людини.

При переробці зерна для поліпшення його технологічних і біохімічних властивостей використовують різні методи гідротермічної обробки. Традиційні технології з їх застосуванням практично вичерпали свої можливості. Круп'яні продукти, отримані за традиційною технологією, не володіють властивістю швидкого приготування. Виникає необхідність вишукування інтенсивних способів водно-теплової обробки зерна (ВТО), що дозволяють за певних режимів скоротити тривалість варіння.

Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є розробка нових технологій виробництва швидкорозварюваних продуктів, продуктів харчування функціонального призначення з ячменю.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі завдання:

- Підібрати оптимальні режими ВТО для лущення зерна ячменю та дослідити вплив параметрів ВТО на технологічні властивості зерна;
- вивчити вплив ВТО на фізичні і структурно-механічні властивості зерна;
- встановити вплив ВТО на біохімічні властивості продукту лущення ячменю;
- розробити технологію виробництва продуктів функціонального призначення підвищеної харчової та біологічної цінності;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва функціональних продуктів харчування із зерна ячменю збагачених БАД.

Предмет дослідження – встановлення ефективності збагачення продуктів переробки зерна ячменю БАД та визначення їх показників якості.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти досліджень і постановка експериментів

Експериментальні дослідження проведені в лабораторії кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету та у лабораторії з визначення якості харчових продуктів ТОВ «Побережне».

В якості основної сировини було вибрано зерно ячменю врожаю 2022 – 2023 р, вирощеного в Дніпропетровській області. Для збагачення круп'яного продукту з ячменю з метою отримання продукту функціонального призначення за пропонованою технологією використана біологічно активна добавка – сухі пагони п'ятилистика чагарникового, відповідні ТУ 919700603533369-99.

Об'єктами досліджень крім нативного зерна ячменю служили: зерно ячменю після водно-теплової обробки і луцення, а також нові види продуктів з даної культури.

Проведення експерименту здійснювалося згідно схеми представленої на рис. 2.1.

2.2 Методи досліджень

Для дослідження зерна ячменю і продуктів його переробки ячменю використані стандартні і загальноприйняті методики.

Вологість зерна і продуктів його переробки визначали по ДСТУ 13586.5-93, біологічно активної добавки – ГОСТ 9404-88.

Визначення об'ємної маси зерна проводили по ГОСТ 15113,1-77.

Кислотність зерна і продуктів його переробки визначали по ДСТУ 29033-91.

Визначення вмісту крохмалю в зерні та продуктах його переробки здійснювали по ГОСТ 10845-76 поляриметричним методом Еверса.



Рисунок 2.1 – Схема проведення досліджень

Визначення водорозчинних речовин проводили по ГОСТ 27495-87 рефрактометричним методом.

Вміст білка визначали за методом Кельдаля ГОСТ 10846-91.

Для визначення вміст жиру використовували метод безперервної екстракції по ГОСТ 29033-91.

Визначення декстринів проводили спектрофотометричним методом в модифікації М.П. Попова і Е.Ф. Шаненко.

Визначення фракційного складу білка проводили по Княгінічеву М.І. (1951). Визначення вмісту небілкового азоту проводили за методикою Барнштейна. Визначення амінокислотного складу крупи проводили після її гідролізу соляною кислотою протягом 20 годин. Аналіз гідролізату здійснювався на амінокислотному аналізаторі ААА-881.

Для визначення жирнокислотного складу використовували метод газорідинної хроматографії.

Визначення мікро- і мікроелементів проводили на приладі MESA-500W.

Визначення «сирої» клітковини – за методом в модифікації ОТПП.

Визначення пектинових речовин здійснювали кальцієво-пектатним методом.

Визначення активності амілаз проводили з використанням колориметричного методу.

Активність протеаз визначали віскозіметричним методом, так як при розщепленні білка протеазами відбувається зменшення в'язкості білкового розчину. Зниження в'язкості вихідного розчину білка може служити мірою активності ферменту.

Експерименти по термообробці зерна ячменю проводили на експериментальній установці для теплової обробки сипучих матеріалів методом кондуктивно-конвективного нагріву. Установа складається з двох камер, розташованих одна над іншою. У середині кожної камери розташований обертовий барабан з направляючими, для переміщення зерна. Рух продукту забезпечувалося також нахилом барабанів в сторону випуску зерна з камер на 18 градусів. Для створення температурного режиму всередині камери під обертаючими барабанами вмонтовані чотири електричних тенти, що включаються автономно. Регулювання температури проводили за допомогою чотирьох датчиків, приєднаних до спеціальних приладів – вимірювачів-регуляторів температури.

Для визначення структурно-механічних властивостей зерна використовували структурометр. Принцип роботи пристрою заснований на вимірюванні впливу нерухомого інструменту на зразок, переміщений столиком по заданому закону. Вимірювання проводили в режимі «визначення характеристик міцнісних властивостей» з використанням конічної насадки. При цьому режимі на індикатор виводилося значення зусилля, при якому відбувалося руйнування зернівки і відповідне йому переміщення в глибину.

Лущення зерна проводили в лабораторному лущильнику марки ТМ-05. Визначення ефективності лущення проводили за коефіцієнтом лущення і коефіцієнту цілісності ядра [21].

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи приведено методики визначення якості проміжних та кінцевих продуктів, що були використані при проведенні досліджень. Описано хід проведення експериментальних досліджень та перераховано необхідне обладнання для проведення експериментальних досліджень.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив ВТО на технологічні і структурно-механічні властивості зерна ячменю

3.1.1 Вплив ВТО на технологічні властивості

Як об'єкт дослідження на вміст основних хімічних речовин, технологічні властивості проаналізовані найбільш поширені сорти ячменю, які ростуть в нашому регіоні: «Прерія», «Виклик», «Здобуток». Отримані дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основна характеристика досліджених сортів зерна ячменю

Показники	Сорт		
	Прерія	Виклик	Здобуток
Білок, %	12,2	11,8	11,4
Крохмаль, %	52,4	50,9	50,1
Жир, %	2,3	2,2	2,0
Клітковина, %	4,2	4,1	4,3
Об'ємна маса, г/л	651	647	640
Плівчастість, %	9,1	10,4	11,0
Прохід через сито 2,2×20, %	3,5	4,3	4,8

З таблиці видно, що за хімічним складом досліджені сорти не поступаються відомим сортам, які вирощують в західних регіонах країни.

Об'ємна маса зерна коливається в межах 640 – 651 г/л, плівчастість в діапазоні 9,1 – 11,0 %. За даними показниками і по крупності вивчені зразки відповідають вимогам стандартів, які пред'являються до зерна при поставках круп'яної промисловості. З аналізованих зразків сорт «Прерія» має кращі показники якості.

Огляд літератури показав, що при переробці зерна в крупу для підвищення ефективності виробництва використовуються різні способи обробки з застосуванням тепла і вологи. При їх взаємодії з зерном відбуваються значні

зміни технологічних властивостей. У нашій роботі використана волого-теплова обробка (ВТО), яка включала зволоження, відволоження і кондуктивно-конвективний нагрів зерна. З метою визначення впливу ВТО на технологічні властивості зерна ячменю враховувалися три основні чинники: вологість, тривалість зволоження і температура обробки зерна. Це пов'язано з тим, що від ступеня зволоження і часу відволоження залежить глибина проникнення вологи всередину зерна, ступінь набухання крохмальних гранул і білкових речовин, від температури – глибина структурних перетворень.

Попередні дослідження показали, що при температурі обробки нижче 200 °С спостерігається підсушування крупних зерен, вище – відбувається підгоряння дрібних. Тому з метою термообробки в одному потоці нагрів зерна виробляли при температурі 200 °С.

З метою встановлення оптимальних параметрів обробки зерно зволожували в межах 14 – 34 % і відволожували протягом 6 – 18 годин. Залежно від вологості і кута нахилу барабанів тривалість термообробки зерна змінювалася в діапазоні 2,5 – 3,0 хв. Досліди показали, що при високих температурах відбувається «спучування» зерна зі значними змінами в структурі.

Для дослідження технологічних властивостей після ВТО кожен зразок піддавався луценню в лабораторному луцильному марку ТМ-05.

Для ячменю ослаблення зв'язку між ендоспермом і квітковою оболонкою має першочергове значення. Процес луцення повинен забезпечити найбільш повне відділення оболонок від ендосперму. Крім того, при луценні бажано зберегти цілісність ядра.

Технологічні властивості ячменю оцінювалися за двома показниками: коефіцієнтом луцення $K_{луц}$ та коефіцієнту цілісності ядра $K_{ц.я.}$. Дані щодо зміни коефіцієнта луцення $K_{луц}$ представлені на рис. 3.1.

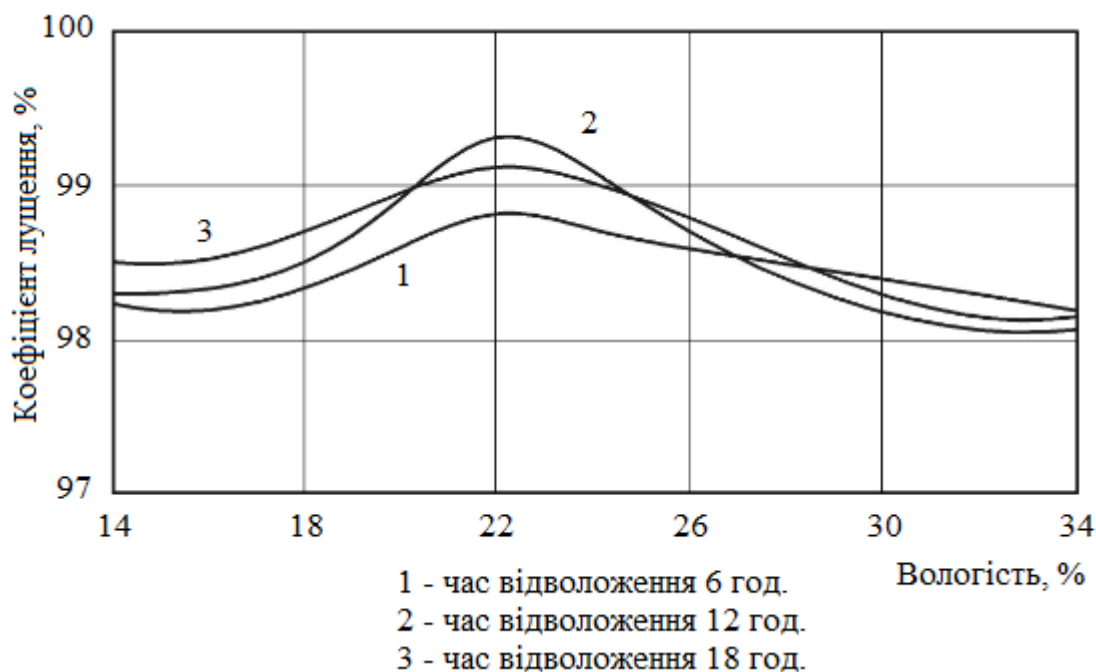


Рисунок 3.1 – Вплив ступеня зволоження і тривалості відволоження на ефективність лущення

Видно, що найкращий результат досягається при обробці зерна вологістю 22 %, відволоження протягом 12 год. При даних параметрах значення коефіцієнта становить 99,3 %, тоді як у контрольного зразка, який не пройшов ВТО дорівнює 78,8 %. Зі збільшенням вологості зерна вище 22 % коефіцієнт лущення знижується. При використанні ВТО відбувається різке збільшення обсягу зернівки з розривом і ослабленням зв'язку між квіткової оболонкою і ендоспермом по всій поверхні. Збільшення обсягу супроводжується округленням форми зернівок. Видно, що структура оболонок стає крихкою, послаблюється зв'язок з ендоспермом, підвищуючи ефективність лущення. При подальшому збільшенні вологості зерна до 34 % відбувається зниження коефіцієнта лущення до 96,3 %. Мабуть, це пов'язано з пластифікацією оболонок і ендосперму при підвищенні вологості зерна.

Підвищення вологості зразків до 34 % знизило $E_{цд}$ незначно до 0,82 %. Це свідчить про те, що при тепловій обробці в зернівках ячменю з високою вологістю відбуваються аналогічні для вологості 22 % структурні зміни.

Розпушений ендосперм зернівок через високу пористість при луценні дробиться в меншій мірі, ніж ендосперм вихідного зерна.

Для визначення впливу температури обробки на технологічні властивості зерна з вологістю 22 %, пройшового відволоження протягом 12 год, піддали термічній обробці при температурі 100 – 200 °С (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Вплив температури обробки на ефективність луцення ячменю

Температура обробки, °С	Вихід продуктів луцення, %			Ефективність	
	Луцнене ядро	Подрібнене ядро	Нелуцнене зерно	Коефіцієнт луцення	Коефіцієнт цілісності ядра
Контроль	48,3	0,3	10,6	78,80	0,94
100	75,7	0,1	3,5	93,50	0,93
120	80,1	0,2	0,6	97,90	0,90
140	80,7	0,3	0,2	97,94	0,90
160	86,5	0,6	0,1	97,92	0,92
180	83,9	0,3	0,2	98,97	0,90
200	89,5	0,4	0,1	99,30	0,91

З таблиці 3.2 видно, що зі збільшенням температури коефіцієнт луцення зерна ячменю зростає з 93,5 % до 99,3 %. Висока ефективність луцення пояснюється тим, що при інтенсивній тепловій обробці вологого зерна всередині утворюється надлишковий тиск, який потім скидається раптово. Даний ефект сприяє, як зазначалося вище, ослабленню зв'язків між оболонками і ендоспермом, розпушення структури зерна.

Встановлено, що режими теплової обробки не роблять помітного позитивного впливу на коефіцієнт цілісності ядра. Подальше підвищення температури призводило до погіршення технологічних властивостей зерна і споживчих переваг продукції. На підставі проведених досліджень встановлено оптимальні параметри водно-теплової обробки зерна: вологість 22 %, тривалість зволоження 12 год і температура обробки 200 °С.

3.1.2 Вплив ВТО на структурно-механічні властивості зерна ячменю

Вплив води, тепла призводять до глибоких змін у структурно-механічних властивостях зерна. Внутрішньоклітинні і міжклітинні взаємодії переходять в різнобічні великомасштабні процеси, що охоплюють всі тканини зерна, при цьому велике значення має швидкість проникнення води всередину зернівки і розподіл її по частинах зерна. При обробці зерна водою відбувається збільшення його обсягу, пропозиція чи граничне набухання, дифузія молекул, полімерів зерна, що розчиняються водою. Вода дифундує в тіло зернівки, гідратуючись полярні ділянки макромолекул полісахаридів і білків. При цьому ланцюги полімерів розсуваються, зв'язки між макромолекулами послаблюються, обсяг зернівки збільшується. Надалі теплова обробка вологого зерна сприяє тому, що в ньому відбуваються більш глибокі внутрішні перетворення з розуцільненням клітинних структур до пористого стану, розривом великих крохмальних гранул і денатурацією білків з утворенням гумоподібних тяжів.

ВТО призводить до зміни геометричних характеристик. Помітно змінюються ширина і товщина зернівки. Результати досліджень представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Зміна фізичних властивостей зерна ячменю при ВТО

Показники	Контрольний зразок	Дослідний зразок	Відхилення, %
Об'ємна маса, г/л	615 – 630	356 – 362	-42,4
Щільність, кг/м ³	1143 – 1145	750 – 780	-33,1
Середній розмір, мм			
- довжина	9,4 – 9,6	9,4 – 9,6	0
- ширина	3,7 – 3,8	4,4 – 4,5	+5,7
- товщина	2,7 – 2,8	3,3 – 3,4	+17,9

З таблиці 3.3 видно, що ефект «спучування» знижує об'ємну масу і щільність зерна на 42,4 і 33,1 %. Лінійні розміри – ширина і товщина зросли відповідно на 5,7 і 17,9 %. Дані свідчать про те, що збільшення обсягу

супроводжується округленням форми зернівок, що зробило позитивний вплив на ефективність луцнення.

При дослідженні також ставилося завдання визначити вплив початкової вологості ячменю і режимів термообробки на структурно-механічні властивості зерна. Попередні випробування показали, що основним параметром водно-теплової обробки є ступінь зволоження зерна. У зв'язку з цим зерно зволожували від 14 до 34 % і відволожували 12 год. Дані щодо зміни руйнівних зусиль і глибини занурення насадки в зернівку при температурах 150, 200 °С представлені на рис. 3.2 і 3.3.

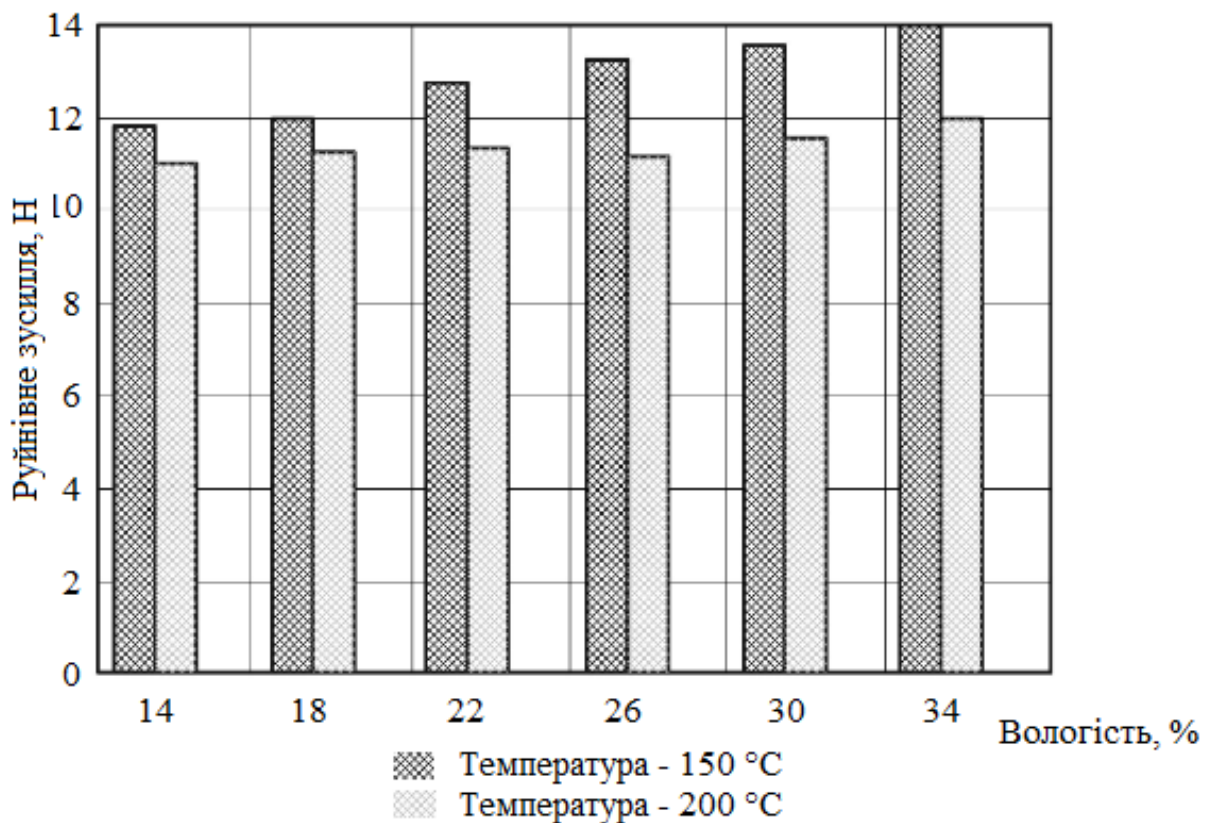


Рисунок 3.2 – Вплив ВТО на руйнівне зусилля

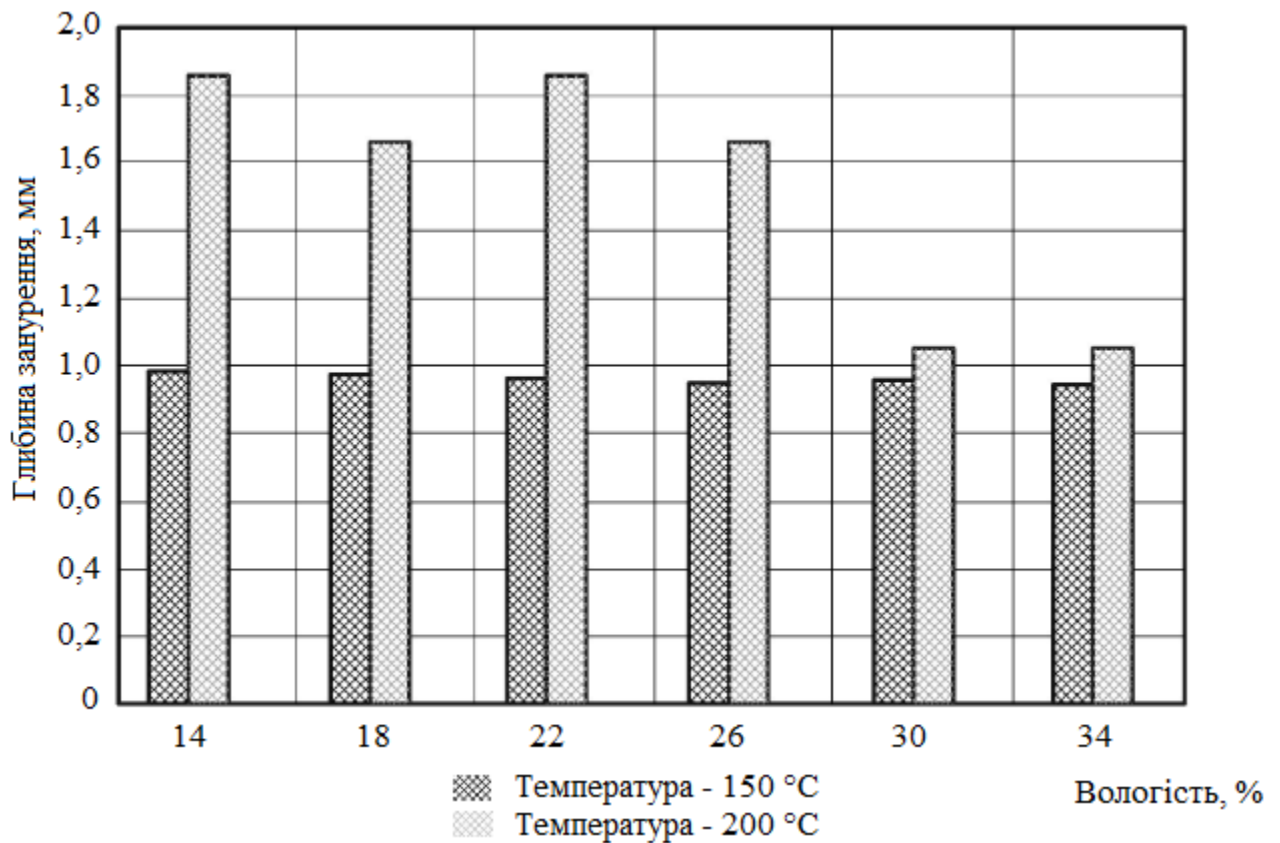


Рисунок 3.3 – Вплив ГТО на глибину занурення насадки

З діаграми представленої на рис. 3.2 видно, що при зміні вологості від 14 до 34 % при температурі обробки 150 °C значення руйнівних зусиль коливається від 11,8 до 14,0 Н, а при температурі 200 °C від 11,0 до 12,1 Н, тоді як для контрольного зразка становить 24,87 Н, що значно більше. Зниження величини руйнівних зусиль свідчить про те, що в результаті теплової обробки підвищення температури призводить: посилення ефекту «спучування» зерна, підвищення рівня розпушення ендосперму, крихкості. Після термообробки вологість зерна ячменю різко знижується до 8 – 12 %. Одночасно збільшилася глибина занурення насадки в ядро зернівок. При цих же параметрах термообробки значення показника змінювалося в діапазоні 0,94 – 0,98 і 1,04 – 1,87 мм, тоді як у контрольного зразка склало 0,89.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що при даному способі ВТО зміни структурно-механічних властивостей ячменю

призводять до зменшення руйнівних зусиль на зернівки ячменю, сприяючи створенню передумов для зниження енерговитрат на подрібнення продукту.

3.2 Вплив параметрів ВТО на біохімічні властивості ячменю

3.2.1 Зміна активності ферментів

Ферменти є каталізаторами білкової природи, прискорюють перебіг окремих хімічних реакцій, що відбуваються в живих організмах.

У спочиваючому зерні є ферменти необхідні для гідролізу всіх видів полімерів. Значна частина гідролітичних ферментів знаходиться в зв'язаному, неактивному стані. Активність вільних форм гідролаз не проявляється через відсутність вільної води, необхідної для протікання реакції гідролізу. При відповідній температурі, вологості зерно набухає і проростає. Процес проростання супроводжується збільшенням активності більшості ферментів. Проросле зерно ячменю є найбагатшим джерелом ферментів. Ферментативний комплекс включає амінолітичні ферменти (α -амілазу, β -амілазу, геміцелюлолази і та інше), протеази ендо- та екзо типів, ліпази; фосфатази, окислювально-відновні ферменти. [7]

При проведенні ВТО зерно зволожували до 34 %, відволожували протягом 12 год, потім піддавали термообробці. Ці операції повинні зробити деякий вплив на активність амінолітичних, протеолітичних і ліполітичних ферментів.

З огляду на те, що в якості зернової основи для продукту функціонального призначення може служити тільки лущений ячмінь, то при проведенні подальших досліджень використані зразки, які пройшли лущення після ВТО.

Активність α й β -амілаз. α - амілаза присутня в спочиваючому зерні в незначних кількостях. Фермент активно синтезується в процесі проростання. Синтез індукує гібереліни, що утворюються в паростку. Оптимальні умови дії ферменту: рН 5,6 – 5,8, температура 60 – 65 °С. [6].

β -амілаза знаходиться в зерні у вільній і зв'язаній формі. Пов'язана форма локалізується тільки в ендоспермі. Активізація її відбувається під дією протеаз і

тіолових агентів. β -амілаза накопичується в зерні в інтервалі від 2 до 5 діб пророщування, найбільш активні ферменти, зосереджені в алейроновому шарі. Фермент має оптимум дії в розведених розчинах крохмалю при рН 4,6 – 5,6 і температурі 40 – 50 °С, в заторах крохмалистої сировини при 60 – 65 °С. Стабільний за рН 4,8 і температурі до 60 °С, в заторах – до 70 °С. Інгібітори – іони важких металів, галогени, озон.

β -амілаза розщеплює амілозу на 100 % з утворенням мальтози. Гідролізу амілопектину перешкоджають точки розгалуження, навколо яких довго зберігаються негідролізовані фрагменти поліглюкозидних ланцюжків. Крохмаль в цілому розщеплюється з утворенням близько 50 % мальтози і такої ж кількості граничного β -декстрину подальше розщеплення якого може відбуватися при додаванні α -амілази. Повний комплекс амілолітичних ферментів солоду гідролізує зерновий крохмаль на 100 %.

Для оцінки активності амілаз зерно ячменю зволожували від 14 до 30 % і відволожували протягом 12 год. Результати експерименту по визначенню активності амілаз окремо і сумарно до і після ВТО представлені на рис. 3.4.

Дані показують, що з підвищенням вологості активність α -амілази зростає від 100 до 360 мг/г, а активність β -амілази навпаки з 380 знижується до 160 мг/г. Найбільша сумарна активність ферментів 620 мг/г проявляється у зразка з вологістю 22 %. Після теплової обробки зерна найбільша активність 44 мг/г встановлена у зразка з вологістю 14 %, а найменша 2 мг/г – з вологістю 26 %. Це пов'язано з тим, що при термообробці денатурація білка в більшій мірі відбувається в більш вологому зерні.

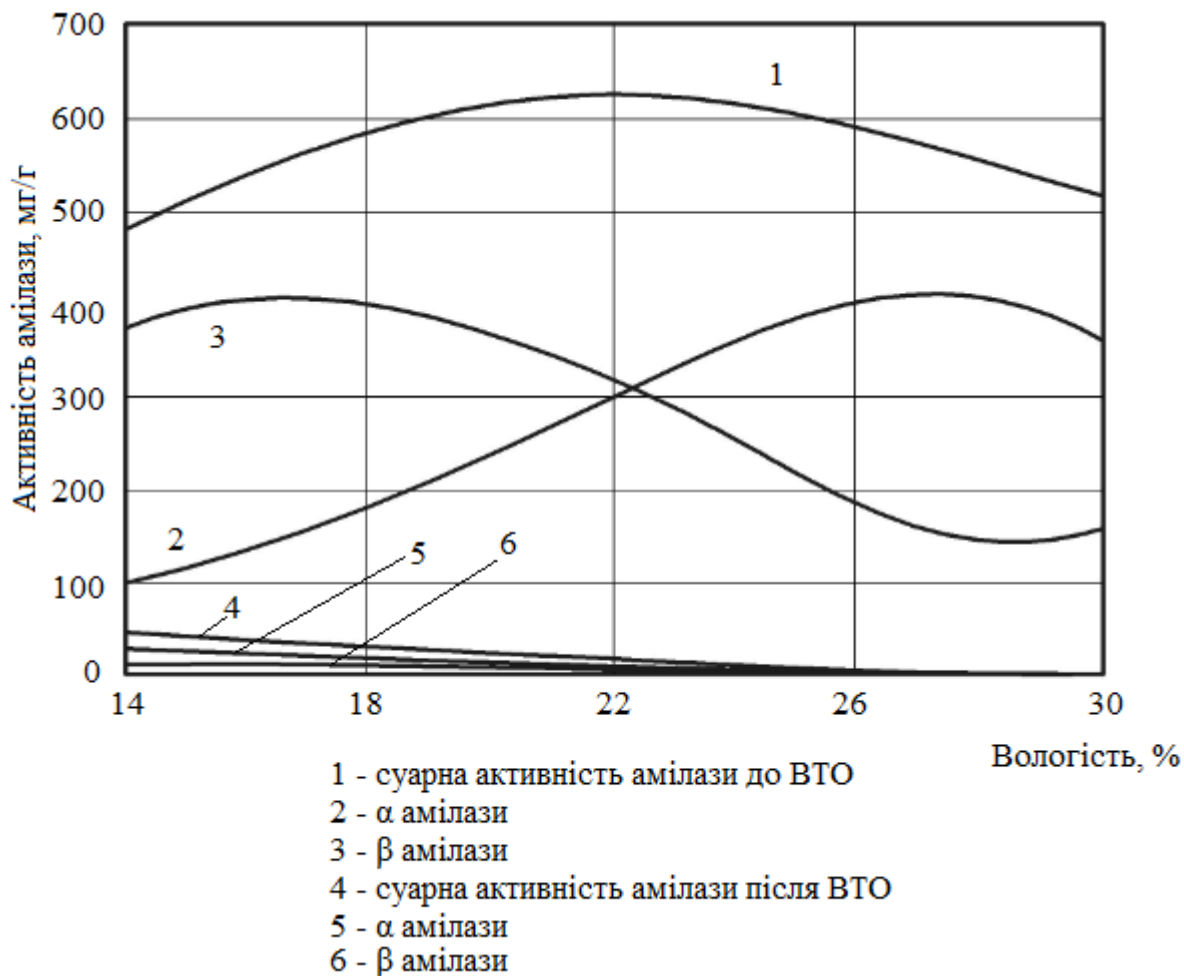


Рисунок 3.4 – Вплив ВТО на активність амілолітичних ферментів

3.2.2 Зміна вуглеводного комплексу

Дослідження вмісту крохмалю. Крохмаль є основним компонентом зерна злакових. Вміст крохмалю в зерні ячменю становить 50 – 60 %. Різні способи обробки зерна пов'язані з впливом тепла завжди призводять до зміни вмісту крохмалю і його фізико-хімічних властивостей. [11, 12].

Для визначення впливу ВТО на вміст крохмалю, зерно ячменю зволожували від 14 до 34 %, відволожували протягом 12 год і піддавали термообробці при температурі 200 °С, потім луцили. Результати дослідження наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вплив ВТО на вміст крохмалю в ядрі ячменю

Зразок	Вологість зерна, %	Вміст крохмалю, %
Контрольний	14	62,8
Дослідний	14	61,7
	18	58,6
	22	58,1
	26	54,2
	30	53,9
	34	52,4

Дані показують, що при ВТО вміст крохмалю зменшився. Це очевидно, обумовлено комплексом гідролітичних процесів, що розвиваються при зволоженні, відволоженні і термообробці зерна.

Зміна ступеня декстринізації. Крохмаль після теплової обробки частково руйнується з утворенням низькомолекулярних сполук – декстринів. Вміст декстринів в крахмалевмісних продуктах є важливою характеристикою стану крохмалю і ступеня пошкодження крохмальних гранул. Утворення декстринів сприяє підвищенню засвоюваності продукту [36].

Дослідження зміни вмісту декстринів проводили на зразках зерна, зволжених перед термообробкою до вологості 14 – 34 %, що пройшли відволоження протягом 6, 12, 18 год. Дані представлені на рис 3.5.

З графіка видно, що в зразках з вологістю 18 – 22 % міститься найбільша кількість декстринів 2,4 – 3,0 %. Тривалість зволоження має незначний вплив. На характер процесу декстринізації більше впливають вологість, температура обробки зерна. Дані досліджень, отримані на зразках з різною вологістю, що пройшли відволоження протягом 12 год представлені в табл. 3.5.

З таблиці видно, що при термообробці зерна з вологістю 14 % вміст декстринів склало 0,6% при температурі 150 °С. Зі збільшенням температури до 200 °С кількість декстринів зросла до 1,2 %. Для зерна з більшою вологістю 18 – 30 % відмінності в вмісті декстринів незначні. З таблиці видно, що процес декстринізації дещо більше проявляється при температурі обробки зерна 200 °С.

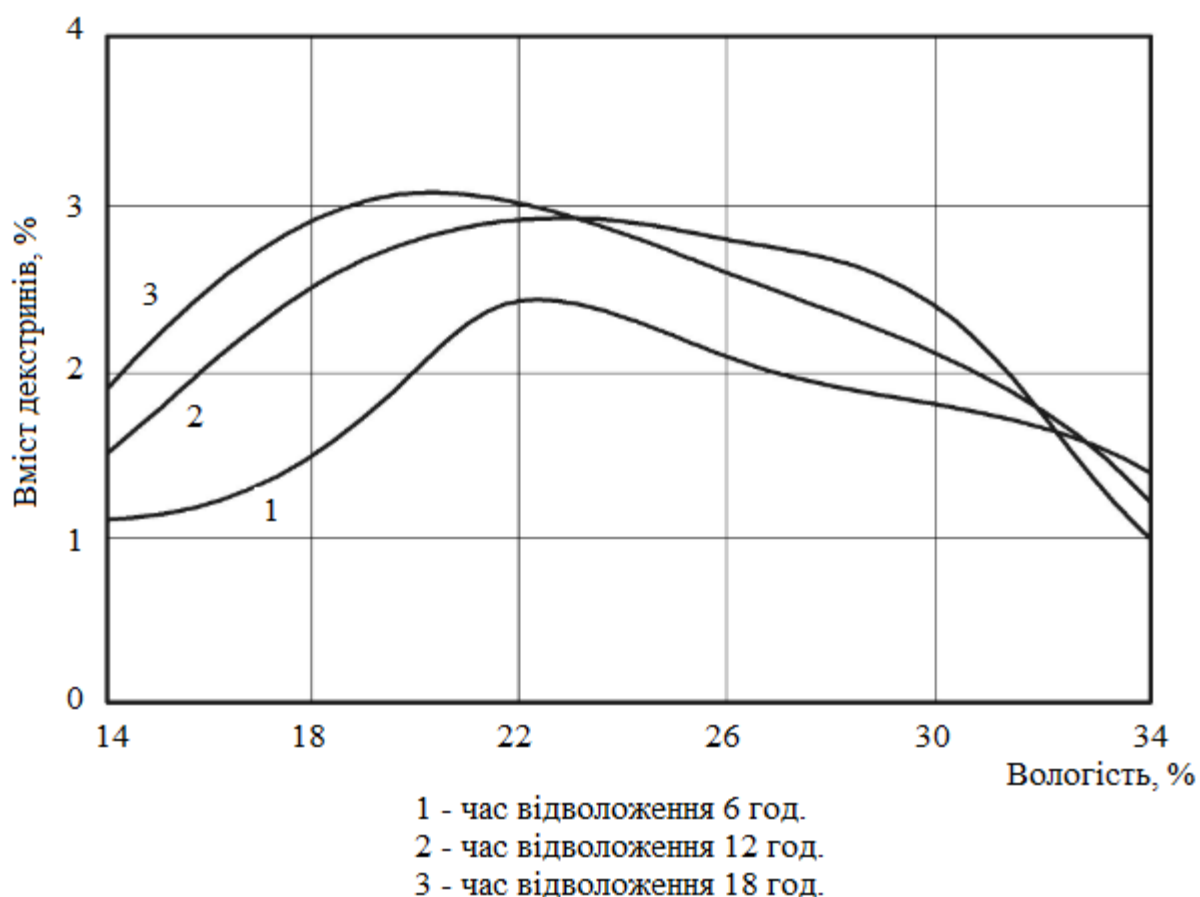


Рисунок 3.5 – Вплив ВТО на ступінь декстринізації ячменю

Таблиця 3.5 – Вплив вологості і температури на вміст декстринів при ВТО

Вологість зерна, %	Температура, °C	
	150	200
Вміст декстринів, %		
14	0,6	1,2
18	1,4	1,6
22	2,8	3,0
26	3,1	3,3
30	2,6	2,8
34	2,6	2,9

Дослідження зміни ступеня клейстеризації. При тепловій обробці і певній кількості вологи крохмаль, що міститься в зерні, набухає і клейстеризується. Однією з ознак клейстеризації крохмалю є значне підвищення його в'язкості. Завдяки клейстеризації при використанні в їжу, нативний крохмаль легше

розщеплюється на прості вуглеводи, так як ферменти на клейстеризований крохмаль діють набагато швидше [43].

Були проведені дослідження впливу вологості і температури обробки зерна на ступінь клейстеризації крохмалю ядра ячменю. Результати експерименту наведені на рис. 3.6.

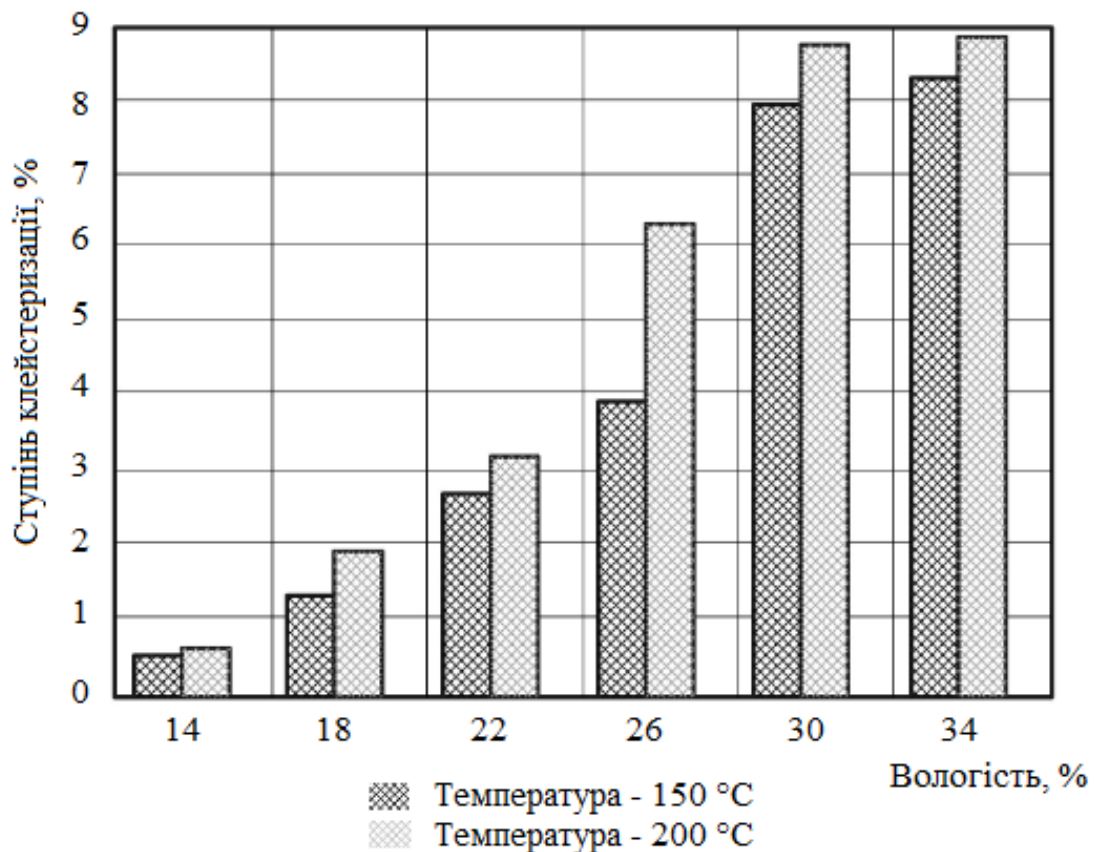


Рисунок 3.6 – Зміна ступеня клейстеризації крохмалю в залежності від режимів ВТО

Дані, представлені у вигляді діаграм, показують, що ступінь клейстеризації крохмалю ячменю залежить від вологості вихідного зразка. Зі збільшенням вологості від 14 % до 34 % значення показника зросло від 0,63 до 9 %. При цьому, температура зерна не робить істотного впливу. При оптимальних значеннях вологості і температури обробки зерна ступінь клейстеризації становить 3,0 %.

Зміна вмісту відновлюваних цукрів. При тепловій обробці зерна відбувається різке і неоднакове набухання крохмальних гранул. При цьому відбувається деструкція крохмальних полісахаридів. Механізм деструкції пояснюється укорочуванням ланцюгів макромолекул і утворенням легкокорозчинних вуглеводів при дії високих температур [32].

Результати дослідження впливу ВТО на вміст відновлюваних цукрів представлені на рис. 3.7.

Отримані дані показують, що гідроліз крохмалю супроводжується деяким збільшенням вмісту відновлюваних цукрів в межах від 0,12 мг/мл в контрольному зразку до 0,16 мг/мл для термообробленого зерна з вологістю 22 %. Збільшення вологості зерна до 30 % при відволоженні протягом 6 годин підвищує вміст відновлюваних цукрів до 0,18 мг/мл. Невеликий вплив має також тривалість зволоження.

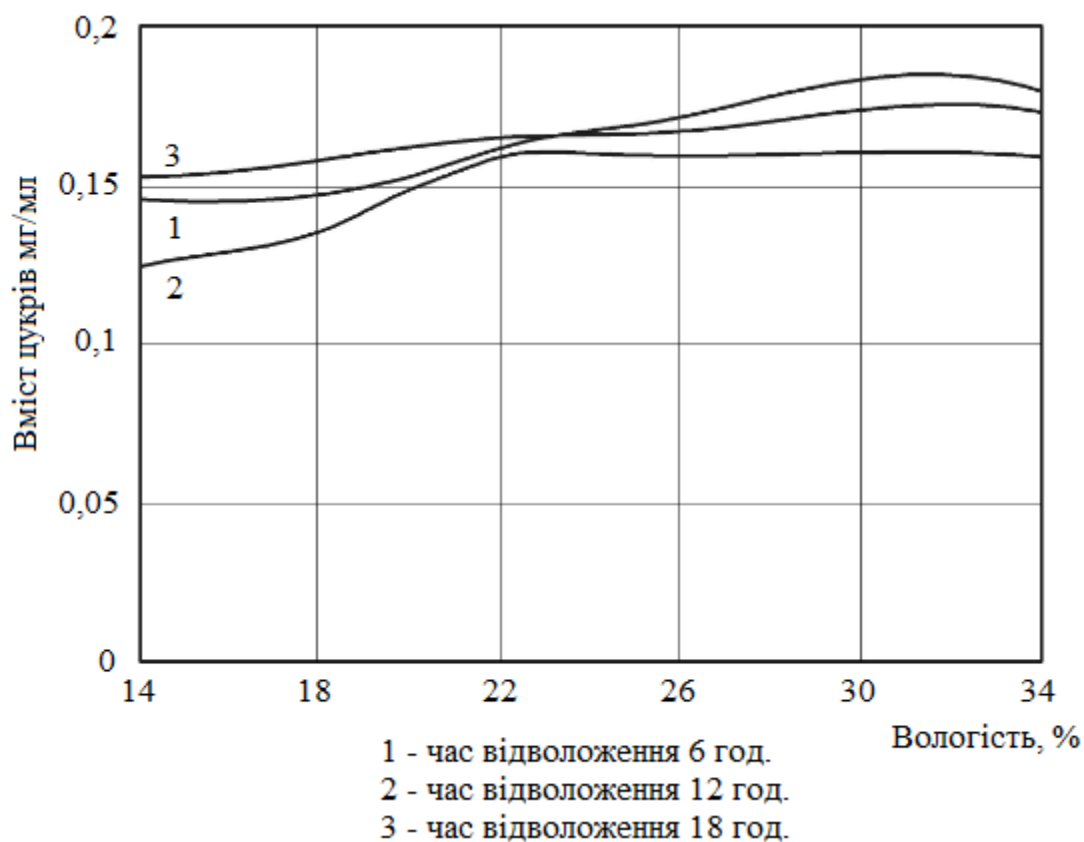


Рисунок 3.7 – Вплив ВТО на вміст відновлюваних цукрів

Зміна вмісту клітковини. ВТО впливає також на вміст клітковини в зерні ячменю. Клітковина найбільш поширений вуглевод з високою молекулярною масою, утворює структурну основу оболонок рослинних клітин і має важливе значення для процесів травлення [38].

Нами вивчено вміст сирої клітковини в ядрі ячменю після ВТО. Вологість зерна перед тепловою обробкою змінювалася в межах 14 – 30 %. Видно, що збільшення вологості зерна призводить до зниження вмісту сирої клітковини в ядрі від 3,7 до 2,4 %. Це сприяє деякому підвищенню засвоюваності продукту, зберігаючи в ній достатню кількість харчових волокон. Дані експерименту наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Зміна вмісту сирої клітковини в ядрі ячменю при ВТО

Зразок	Вологість зерна, %	Вміст клітковини, %
Контрольний	14	3,8
Дослідний	14	3,7
	18	3,3
	22	3,2
	26	2,8
	30	2,4

У порівнянні з контрольним зразком вміст сирої клітковини в дослідних зразках зменшилася від 3,8 до 2,4 %. Очевидно, процеси гідролізу, що відбуваються при ВТО під дією високих температур обумовлюють зменшення вмісту клітковини.

3.2.3 Зміна білкового комплексу

Зміна фракційного складу. Білки – найважливіший фактор біологічної та харчової цінності зерна. Білок ячменю різних груп і сортів є неоднаковим. Найбільші коливання виявлені в вмісті основних амінокислот (лізину, аргініну) найменше – кислих (аспарагінова і глутамінова кислоти). Вміст білка в ячмені коливається в широких межах від 7 до 25 % [49].

При дослідженні впливу ВТО на білковий комплекс продуктів переробки ячменю було вивчено вміст загального білка і його фракційного складу.

При ВТО зерна ячменю температура обробки варіювала від 150 до 200 °С. При такому впливі в продукті відбуваються денатураційні процеси. Тому представляло інтерес простежити, як змінюється вміст білка і його склад залежно від температури. Результати дослідження наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Вплив ВТО на фракційний склад білка ядра ячменю

Найменування зразка	Вміст загального білка, %	Вміст фракції білка, % від загального білка			
		Водорозчинні	Спирторозчинні	Лугорозчинні	Нерозчинний залишок
Ядро до ВТО	12,10	24,96	28,50	21,43	25,11
Ядро після ВТО	11,95	23,95	17,70	20,60	37,75

З даних табл. 3.7 видно, що в початковому зразку вміст загального білка склав 12,1 %, що узгоджується з літературними даними.

Вміст загального білка після ВТО знизилося на 0,15 %. Вміст фракції розподіляється наступним чином: водорозчинні – 24,96 %, спирторозчинні – 28,50 %, лугорозчинні – 21,43 % від загального білка. В зразку з ячменю, що пройшло ВТО, сумарна кількість фракцій зменшилася на 12,6 %. Сума альбумінів і глобулінів, а також кількість глютенінів змінилася незначно на 0,8 – 1,0 % від загального білка. Більше зазнали змін спирторозчинні білки. Їх вміст знизилося на 10,8 % від загального білка. Ці зміни відбулися за рахунок збільшення частки нерозчинного залишку на 12,6 % і пов'язано, мабуть, з коагуляцією і денатурацією білка при термічній обробці зерна. Виходячи з того, що вміст загального білка при тепловій обробці зменшилася незначно, можна припустити, що харчова цінність продукту з ячменю при ВТО не знижується.

Зміна амінокислотного складу. Харчова цінність продуктів харчування в значній мірі визначається амінокислотним складом білків. Нами були проведені дослідження впливу ВТО, варіюючи ступінь зволоження зерна ячменю перед термообробкою, на вміст амінокислот. У таблиці 3.8 представлені результати експерименту.

Дані, отримані нами показують, що в крупі при ВТО ядра ячменю кількість замінних амінокислот вище, ніж в контрольному зразку. Причому кількість амінокислот збільшується з підвищенням вологості зерна перед обробкою. Такий результат свідчить про те, що при термообробці ячменю зі збільшенням вмісту води деструкція білка відбувається в більшою мірою з наростанням вільних амінокислот. Аналіз зміни інших амінокислот в залежності від вологості зерна не підтверджує будь-якої закономірності.

Таблиця 3.8 – Вплив ВТО на амінокислотний склад ядра ячменю

Амінокислота, мг/%	Контроль	При ВТО				
		Вологість зерна, %				
		14	18	22	26	30
Незамінні амінокислоти:						
Валін	1,00	1,00	0,88	0,55	0,53	0,48
Ізолейцин + лейцин	0,48	0,44	0,40	0,37	0,31	0,35
Треонін	0,77	0,76	0,63	0,64	0,58	0,57
Фенілаланін	1,70	1,63	1,36	1,37	1,38	0,96
Замінні амінокислоти:						
Аланін	0,29	0,31	0,45	0,54	0,49	0,51
Аргінін	0,15	0,18	0,68	0,55	0,92	1,54
Аспарагінова кислота	0,53	1,03	1,17	1,27	1,61	1,61
Гістидін	0,87	1,04	1,21	1,23	1,61	1,61
Гліцин	0,16	0,21	0,23	0,27	0,27	0,43
Глутамінова кислота	1,29	0,86	0,76	0,98	0,93	1,17
Серін	слід	слід	слід	слід	0,76	0,99
Тирозин	0,46	0,37	0,41	0,92	слід	слід
Цистин	слід	слід	слід	слід	2,66	2,00

3.2.4 Зміна ліпідного комплексу

Ліпіди відіграють важливу роль в рослинному організмі в якості запасної речовини. У злакових культурах ліпіди зосереджені в основному в зародку. Зміни, пов'язані з ліпідами зерна при термообробці супроводжуються двома протилежними процесами: руйнуванням в результаті денатурації існуючих ліпопротеїнових комплексів і утворенням під дією високих температур нових. На спрямованість цих процесів впливають режими застосовуваних способів енергопідвода. Залежно від способу нагрівання переважають ті чи інші процеси. При проведенні експериментів використовували зразки лущеного ячменю до і після ВТО з вмістом жиру 2,4 і 1,7 %. Відмінності в вмісті ліпідів пояснюються, на наш погляд, різним ступенем відділення від зернівки зародка в процесі лущення. Були проведені дослідження жирнокислотного складу ліпідів, результати представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Зміна жирнокислотного складу ядра ячменю при ВТО

Зразок	Жирні кислоти, %				
	Насичені		Ненасичені		
	14:0	16:0	18:1	18:2	18:3
До ВТО	-	30,9	4,4	62,0	2,4
Після ВТО	0,2	36,9	8,2	52,3	2,4

У зразку зерна ячменю, що не піддавалося ВТО на частку насичених жирних кислот, представлених в основному пальмітинової кислотою доводиться 30,9 %, ненасичених – лінолевої, олеїнової і ліноленової відповідно: 62 %, 4,4 %, 2,4 %, Після водно-теплової обробки вміст жирних кислот змінилося, частка пальмітинової кислоти склала 36,9 %, лінолевої – 52,3 %, олеїнової – 8,2 %, ліноленової – 2,4 %. Як видно, вміст олеїнової кислоти збільшилася від 4,4 до 8,2 %, а лінолевої кислоти зменшилася від 62,0 до 52,3 %. Вміст ліноленової кислоти в результаті ВТО не змінився і залишився рівним 2,4 %.

Зміни, що відбуваються в жирнокислотному складі лущеного ячменю вказують на те, що водно-теплова обробка зернової сировини надає неоднаковий

вплив на стан жирних кислот. У зерні відбуваються гідролітичні процеси, що призводять до накопичення продуктів гідролізу, окислювальні, що знижують вміст ненасичених жирних кислот, ліпіди взаємодіють з білками і вуглеводами.

У порівнянні з ГТО зерна, що широко застосовується в технології переробки круп'яних культур, ВТО чинить менший вплив на вміст таких важливих для організму людини жирних кислот як, лінолева і ліноленова.

Збільшення вмісту олеїнової кислоти можна пов'язати з тим, що при тепловій обробці відбувається окислювальний процес зі зниженням вмісту деяких ненасичених кислот.

3.3 Вплив ВТО на вміст водорозчинних речовин

Вміст водорозчинних речовин є показником, що характеризує засвоюваність і харчову цінність продуктів. За літературними даними, склад водорозчинних речовин різноманітний. На частку мінеральних речовин припадає, в середньому, 14 – 18 %, на білки 11 – 51 % і вуглеводи 39 – 82 % від загального вмісту водорозчинних речовин [17].

Декстринізація крохмалю підвищує вміст водорозчинних речовин в зерні. Водорозчинні речовини впливають на якість зернових продуктів внаслідок сильно виражених колоїдних властивостей, здатності до гелеутворення і підвищеної гідратації.

Для проведення дослідження впливу ВТО на вміст водорозчинних речовин, зерно ячменю зволожували від 14 до 34 %, відволожували протягом 12 год і піддавали тепловій обробці при температурі 200 °С. Дані представлені на рис. 3.8.

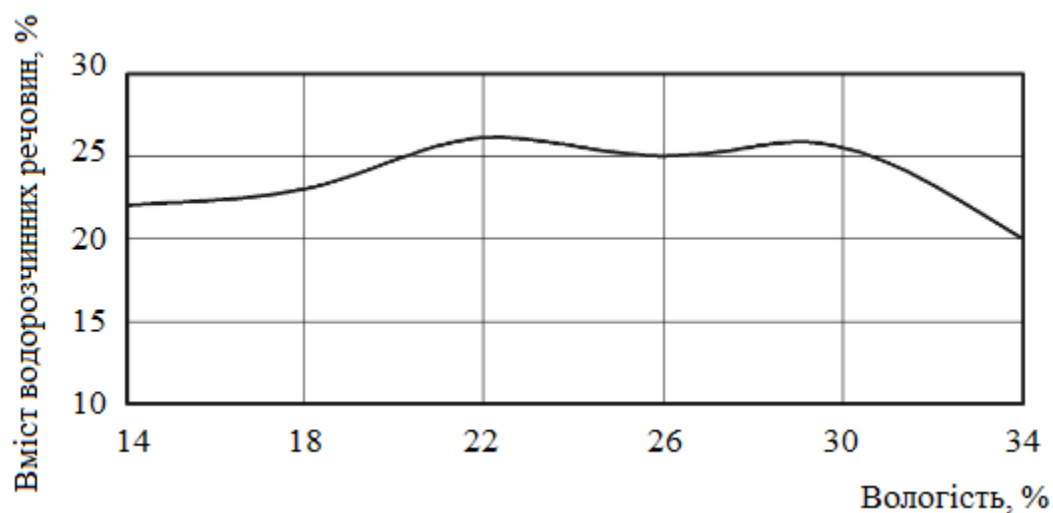


Рисунок 3.8 – Зміна вмісту водорозчинних речовин при ВТО

Видно, що найбільший вміст водорозчинних речовин 25,1 – 26,0 % встановлено при зволоженні зерна до вологості 22 – 30 %. Наростання кількості пов'язане з декструктивними змінами крохмалю, білків зерна, під дією високих температур, що обумовлює отримання продуктів з високою засвоюваністю.

Висновки до розділу

Дослідження впливу ВТО на структурно-механічні властивості показали, що створені передумови для зниження енерговитрат при подрібненні, так як величина руйнівних зусиль знижується з 24,87 до 11,01 – 12,05 Н. Збільшення глибини занурення насадки структурометра з 0,89 до 1,87 свідчить про розпушення структури зерна.

Встановлено, що ВТО знижує масову частку сполук крохмалю, білків, жирів, а також клітковини і пектинових речовин, одночасно збільшується вміст декстринів і відновлюваних цукрів. Зростає кількість водорозчинних речовин, відбувається зміна фракційного складу білків і жирів.

Доведено можливість використання пагонів п'ятилистика чагарникового в якості біологічно активної добавки у виробництві харчової суміші

функціонального призначення. Ядро лущеного ячменю рекомендується для використання у виробництві швидкорозварюваних круп, замітника чаю, а також поживної суміші функціонального призначення.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ЯЧМЕНЮ

4.1 Обґрунтування рецептури і розробка технологічної схеми

В ході дослідження з зерна ячменю отримано якісно новий продукт, що перевершує за біологічною цінністю і споживчими властивостями стандартну перлову крупу. В даному продукті, більше міститься мінеральних речовин, харчових волокон. Глибокі структурні і біохімічні зміни зерна при ВТО сприяли скороченню тривалості варіння від 40 хвилин для перлової крупи до 5 – 7 хвилин для даного продукту в залежності від крупності.

Досліди з визначення тривалості варіння показали, що продукт отриманий проходом через сито 038 стає готовим до вживання через 5 хвилин. Тривалість варіння продукту, отриманого сходом сита 038 і проходом сита 056, склала 7 хвилин.

Тому, виходячи, з концепції функціонального харчування новий продукт з ячменю може бути використаний в дієтичних цілях в якості швидкорозварюваних круп або в рецептурі комбінованих продуктів харчування.

Виходячи з мети дослідження, нами передбачається виробництво двох комбінованих продуктів харчування: поживної суміші для хворих на цукровий діабет і замітника чаю.

У рецептурі поживної суміші в якості біологічно активної добавки використовують пагони п'ятилистика чагарникового *Pentaphilloides frucosa* (L.) Schwarz. Ця рослина застосовується при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, запальних процесах, супутніх діабету.

Найважливішим аспектом розробки рецептури продукту з БАД є визначення дози. З огляду на умови прийому препарату не менше двох разів на добу, добову дозу 0,01 – 0,05 г на 1 кг маси тіла, вміст біологічно активної добавки в поживної суміші передбачено в кількості 1 %.

Рецептура другого виду комбінованого продукту – замітника чаю була розроблена з урахуванням традиції харчування народів Центральної Азії. У Монголії, Китаї, Тибеті, республіках Бурятія, Тува, Алтай місцеве населення виготовляє з смаженого зерна або крупи напій, до якого обов'язково додають молоко і поварену сіль за смаком. Даний напій вживають замість чаю.

При розробці рецептури чаю використано сухе незбиране молоко. Співвідношення інгредієнтів визначено органолептичним методом більшою мірою з урахуванням смакових якостей. У рецептурі співвідношення зернової основи, молока і солі склало 2:0,6:0,1.

Технологічна схема виробництва функціональних продуктів харчування з ячменю представлена на рис. 4.1.

Зерно ячменю після очищення зволожують до 22 %, відволожують протягом 12 год, потім піддають тепловій обробці при температурі 200 °С в апараті кондуктивно-конвективного нагріву. Після охолодження зерно проходить лущення, подрібнення і сортування. Найдрібнішу фракцію – прохід через сито 038 направляють для отримання замітника чаю, а сід з сита 038 і прохід сита 056 – для отримання поживної суміші.

Дані, представлені в таблицях 4.1 і 4.2 характеризують харчову, енергетичну цінність і якісні показники продуктів.

У порівнянні з перловою крупою в продуктах міститься більше білка, трохи нижче вуглеводів і жирів. Вміст мінеральних речовин особливо К, Са значно вище. За енергетичною цінністю замітник чаю майже не поступається перловій крупі.

За тривалістю кулінарної підготовки нові види продукції можна віднести до продуктів швидкого приготування.

Смак і запах обсмаженого зерна відрізняє їх від стандартної продукції. Колір і консистенція властива зерновим крупам.

Таблиця 4.1 – Харчова та енергетична цінність продуктів з ячменю, на 100 г продукту

Компонент	Поживна суміш з п'ятилисником чагарниковим	Замінник чаю
Білок, г	10,1	14,45
Жир, г	1,4	7,7
Вуглеводи, г	65,1	51,4
Мінеральні речовини, мг		
К	452	584
Са	190	385,7
Р	188	331,7
Na	28	121,4
Mg	140	134,7
Fe	6,44	4,8
Енергетична цінність, - ккал	316,8	332,7
- кДж	1324,2	1390,7

Таблиця 4.2 – Характеристика продуктів функціонального призначення з ячменю

Найменування показника	Характеристика	
	Поживна суміш	Замінник чаю
Колір	Білий з жовтуватим відтінком	
Смак і запах	Властивий обсмаженого зерну, без сторонніх присмаків і запахів	
Консистенція	Порошкоподібна	
Масова частка вологи, % не більше	10 %	
Крупність: - сход сита - прохід сита	038 056	038
Масова частка металевих домішок, частки не більше 0,3 мм в найбільшому лінійному вимірі, % не більше	3·10 ⁻⁴	
Сторонні домішки і зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається	

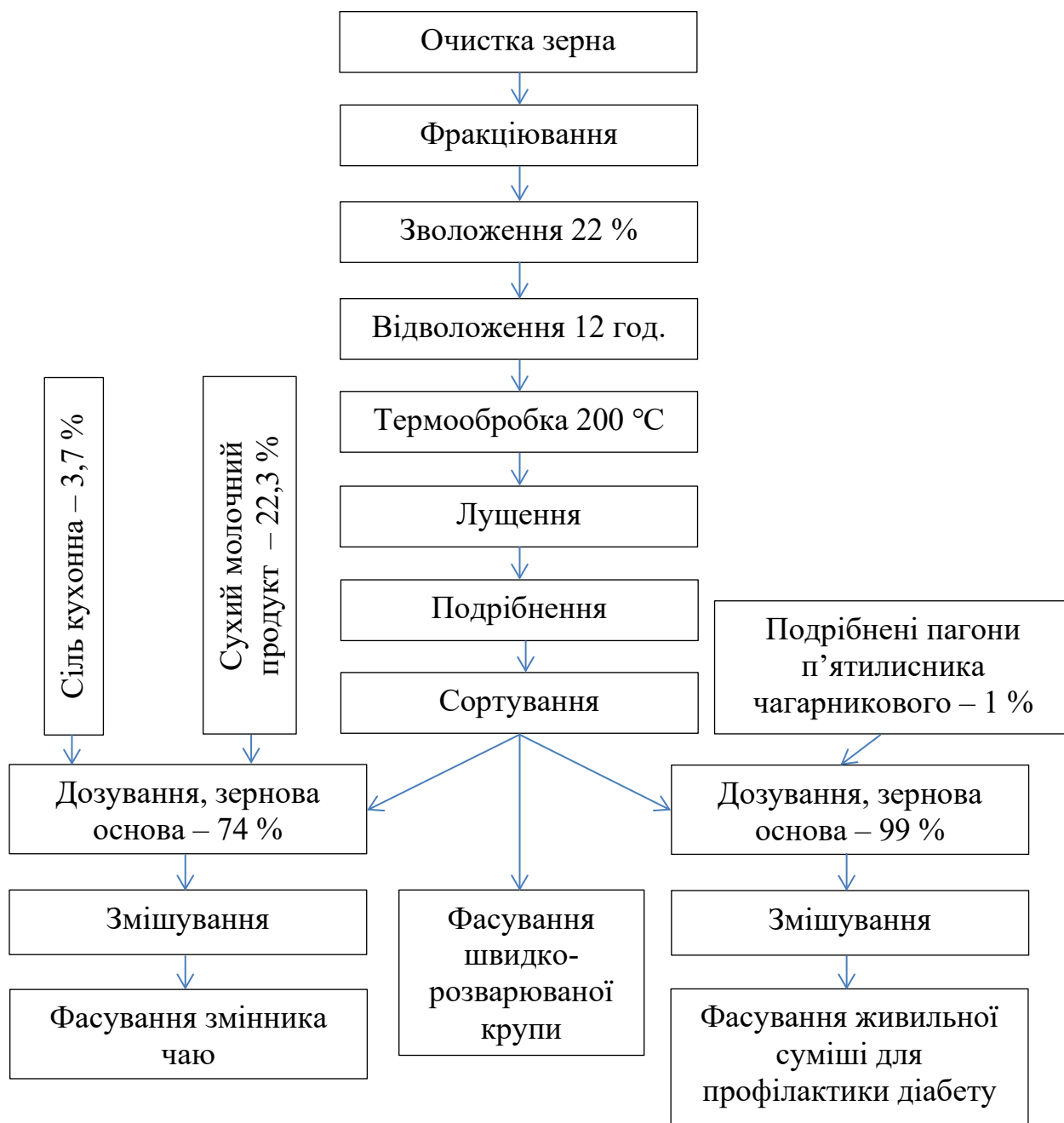


Рисунок 4.1 – Технологічна схема виробництва продуктів харчування

4.2 Дослідження зміни якості поживної суміші в залежності від термінів зберігання

Стійкість харчового продукту при зберіганні визначається його гігроскопічністю, наявністю мікрофлори, станом ліпідної фракції і залежить від способу обробки зерна. В процесі зберігання негативні процеси спостерігаються у всіх крупах. Продукт, вироблений із зерна нормальної якості, більш стійкий

при зберіганні, так як розпад жиру йде повільніше, ніж в продукті виробленої з партії дефектного зерна.

Введення в технологічний процес вироблення круп'яного продукту гідротермічної обробки показало, що при цьому способі стабілізується кислотне число жиру, затримується прогрікання. Пропарюванням досягається інактивація ліпази і ліпоксідази, що в значній мірі запобігає не тільки гідроліз жиру, а й утворення в крупах при зберіганні продуктів окислення, які надають їм гіркий смак.

Досліди по визначенню стійкості поживної суміші до зберігання проводилися протягом 6 місяців в умовах, відповідних вимогам що ставляться до зернових продуктів. Зразки зберігалися в упаковці, в приміщенні з відносною вологістю повітря 65 %, при температурі 18 – 20 °С. В процесі зберігання через кожні 30 діб з зразків відбирали проби для визначення вологості, кислотності.

Дані щодо зміни кислотності поживної суміші представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вплив строків зберігання на кислотність поживної суміші

Зразок	Терміни зберігання, діб						
	0	30	60	90	120	150	180
	Кислотність, градусів Н						
Поживна суміш	5,5	5,6	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2

За спостережуваний термін зберігання кислотність продукту виросла з 5,6 до 6,2 ° Н.

Експерименти показали, що введення пагонів п'ятилисника чагарникового не впливає на рівень кислотності продуктів.

Це свідчить про добру стійкість поживної суміші до зберігання протягом 6 місяців без погіршення якості.

Висновки до розділу

Доведено можливість використання пагонів п'ятилистика чагарникового в якості біологічно активної добавки у виробництві харчової суміші функціонального призначення. Дослідженням встановлено, що продукт впливає на вуглеводний обмін, знижуючи вміст цукру в крові. На основі проведених досліджень розроблена технологія виробництва продуктів функціонального призначення з ячменю, нормативно-технічна документація для можливості впровадження у виробництво.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Правила забезпечення безпеки праці на підприємствах, які займаються виробництвом круп, регламентуються різними законодавчими та нормативними актами, такими як ДСТУ, ГОСТ, СНіП, Закон України "Про пожежну безпеку", ДНАОП, БДН.

Головний інженер з охорони праці в ТОВ «Стас і К» має повну відповідальність за забезпечення безпеки праці. Згідно з положенням про охорону праці на підприємстві, роботодавець зобов'язаний створити на кожному робочому місці в усіх структурних підрозділах умови праці, які відповідають вимогам нормативно-правових актів, і гарантувати дотримання вимог законодавства, що регулює права працівників у сфері охорони праці [29].

Співробітники служби охорони праці мають право подавати роботодавцю заяви стосовно притягнення працівників до відповідальності за порушення вимог у сфері охорони праці. Це означає, що вони можуть вимагати застосування відповідних санкцій, передбачених законодавством, таких як дисциплінарні заходи або інші заходи, спрямовані на забезпечення дотримання вимог охорони праці.

Проте важливо відзначити, що роботодавцю надається право анулювати розпорядження, яке видається спеціалістом з охорони праці. Остаточне рішення про прийняття або скасування цього розпорядження лежить у компетенції роботодавця.

Заходи, що вживаються в ТОВ «Стас і К» у галузі охорони праці, сприяють створенню безпечних умов праці та виконанню вимог законодавства з питань охорони праці.

Для упорядкування правил безпеки праці була розроблена картка безпеки праці для працівників цеху з виробництва круп (рис. 5.1).

<p>1. Загальна інформація</p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників цеху з виробництва круп'яних виробів ТОВ «Стас і К».</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 макаронних виробів.</p> <p>Місце роботи: Цех з виробництва круп виробів ТОВ «Стас і К», лінія виробництва ріжок).</p> <p>Робочій час: 1 зміна (8:00-20:00) 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 5.1 – Картка безпеки праці для працівників ТОВ «Стас і К»

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

5.2 Утилізація відходів виробництва

Для оцінки еколого-економічної ефективності діяльності ТОВ «Стас і К» у контексті зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище можуть бути враховані наступні компоненти викидів:

1. Викиди забруднюючих речовин у повітря;
2. Викиди стічних вод;
3. Формування твердих відходів;
4. Використання сировини та ресурсів.

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

Найбільш вигідним та перспективним способом використання відходів виробництва вівсяних пластівців є перетворення оболонки зерна вівса у паливні брикети. В сучасних умовах широко застосовуються брикети, виготовлені з відходів сільськогосподарського виробництва, як паливо для твердопаливних котлів. Якісна пресування оболонки зерна вівса дозволяє підприємствам отримувати готові до використання паливні брикети. Пресовані оболонки зерна вівса стають чудовою альтернативою в енергетичних ресурсах, допомагаючи ТОВ «Стас і К» частково задовольняти свої потреби в енергії.

Відповідно до регіонального звіту про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області, досліджуване підприємство входить до категорії провідних промислових підприємств регіону, які впливають на навколишнє середовище. З цього приводу, виникає необхідність у впровадженні екологізації виробництва, спрямованої на зменшення антропогенного тиску на природу та розвиток за допомогою ефективних інструментів екологічної політики.

Висновки за розділом

Встановлено, що повна відповідальність за забезпечення безпеки праці лежить на головному інженері з охорони праці. Для структуризації норм безпеки була розроблена картка для працівників цеху, що займаються виробництвом круп та круп'яних виробів. Це сприяє підвищенню рівня безпеки на підприємстві, зменшує ризик травматизму та появу професійних захворювань.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Дотепер асортимент продукції в круп'яній промисловості залишається майже незмінним, і якість вироблених круп є невисокою. Галузь круп'яної промисловості в основному займається первинною обробкою зернової сировини. Продукція вимагає тривалого кулінарного оброблення або використовується як сировина для створення інших харчових продуктів. Відси виникає потреба в застосуванні інтенсивного водно-теплого оброблення зерна (ВТО) для досягнення значних структурних змін та скорочення технологічного процесу. Таким чином, одним із напрямків розвитку круп'яної промисловості є впровадження нових технологій для більш глибокої переробки, які мають бути розроблені або запозичені з суміжних галузей.

Економічні розрахунки, проведені для обґрунтування ефективності наших досліджень, мають на меті оцінку отриманих результатів і розгляд доцільності проекту, спрямованого на вдосконалення технології виробництва продуктів функціонального призначення на основі ячменю. Головна мета цього проекту полягає в поліпшенні якісних та споживчих характеристик продукції.

Проведення досліджень передбачатиме витрату матеріальних ресурсів, включаючи придбання обладнання для водно-теплової обробки зерна ячменю, витрати на його амортизацію, закупівлю дослідних зразків зерна ячменю, а також витрати на заробітну плату та електроенергію. Серед найбільш затратних робіт будуть визначення впливу водно-теплової обробки на біохімічні властивості зерна ячменю та вміст водорозчинних речовин, як це вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір напрямку наукових досліджень	1
2-3	Літературний пошук та постановка проблематики	10
3-4	Складання плану виконання досліджень	2
4-5	Розробка методики проведення досліджень	2
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна ячменю	2
6-7	Підготовка та налаштування устаткування для проведення досліджень	25
7-8	Визначення впливу ВТО на технологічні та структурно-механічні властивості зерна ячменю	3
7-9	Визначення впливу параметрів ВТО на біохімічні властивості зерна ячменю	8
7-10	Визначення впливу ВТО на вміст водорозчинних речовин	12
7-11	Дослідження мінерального складу зерна ячменю після ВТО	10
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		3
11-12		2
12-13	Обробка результатів експериментальних даних	6
13-14	Підготовка матеріалів досліджень до публікації та оприлюднення	8
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	6

Згідно з розкладом проведення дослідження, розробляється сітьовий графік — графічна модель, яка відображає подальший хід роботи чи процесу у вигляді послідовних етапів. Цей підхід дозволяє визначити оптимальний варіант виконання завдання шляхом розрахунків. Під час реалізації проекту сітьовий графік забезпечує можливість ефективного управління прогресом виконання робіт (див. рис. 6.1).

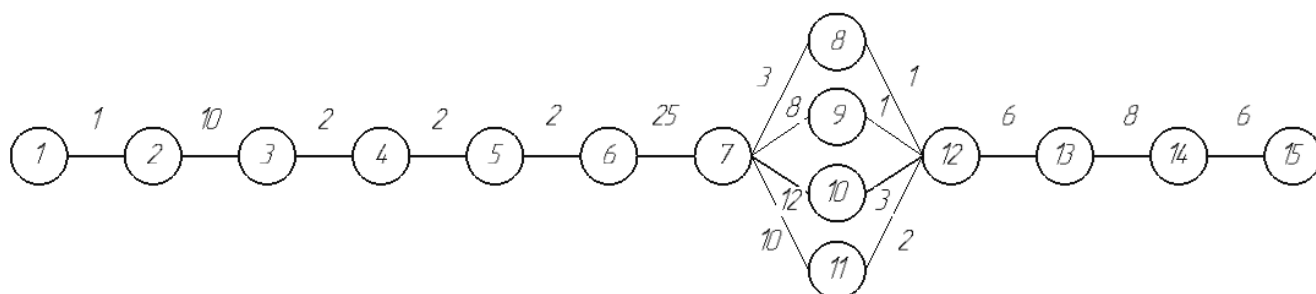


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення дослідної роботи

За допомогою сітьового графіка визначають повний шлях, що представляє собою тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

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

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

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

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

Шлях, що має найбільшу тривалість, отримує назву критичного. У даному випадку критичним є четвертий шлях, який займає 69 днів.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, що виникають у зв'язку з проведенням дослідження, визначаються через розрахунок кошторису витрат. Ці витрати включають у себе витрати на матеріали, електроенергію, виплати заробітної плати, амортизацію та накладні витрати.

Витрати на основні та допоміжні матеріали обчислюються відповідно до визначеної формули:

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

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно ячменю, кг	100	3,20	320,00
Всього			320,00

Оплата праці учасників досліджень визначається шляхом перемноження середнього годинного заробітку працівника на кількість витраченого часу. Розраховані показники представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

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

При розрахунку нарахувань на заробітну плату враховується податок у розмірі 22% від єдиного податку. Ця сума становить частину від загальної суми заробітної плати:

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

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

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

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на сушильну шафу:

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

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

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

Затрати енергії на водно-теплову обробку:

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

Загальні затрати електроенергії:

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

Витрати на амортизацію обладнання, яке використовується під час проведення досліджень, розраховуються відповідно до формули:

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

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію представлені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

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

Накладні витрати, пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом, охоплюють витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Вони включають в себе витрати, що стосуються обслуговування установки, і складають 80% від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження:

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

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

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

Здійснений аналіз вказав, що основні витрати складаються з витрат на заробітну плату та електроенергію.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна діяльність відноситься до базових наукових досліджень, тому її ціна була встановлена з урахуванням витрат на проведення досліджень та рентабельності:

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

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

Витрати на проведені дослідження становлять 3691,19 грн.

Висновки до розділу

Найбільш значними пунктами витрат під час виконання дослідження є витрати на оплату праці та електроенергію, які складають відповідно 741,00 грн та 658,84 грн. Загалом, з урахуванням нормативної рентабельності на рівні 30%, вартість проведеного дослідження становить 3691,19 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підібрано оптимальні режими ВТО для лущення зерна ячменю: вологість 22 %, тривалість зволоження 12 годин і температура обробки 200 °С, при яких коефіцієнт лущення і коефіцієнт цілісності ядра складають відповідно 99,3 % і 0,91 %. Встановлено, що при проведенні ВТО об'ємна маса зерна знижується в середньому на 42,4 %, щільність на 33,1 %. Лінійні розміри зерна: ширина і товщина збільшуються відповідно на 5,7 і 17,9 %.

Дослідження впливу ВТО на структурно-механічні властивості показали, що створені передумови для зниження енерговитрат при подрібненні, так як величина руйнівних зусиль знижується з 24,87 до 11,01 – 12,05 Н. Збільшення глибини занурення насадки структурометра з 0,89 до 1,87 свідчить про розпушення структури зерна.

Встановлено, що ВТО знижує масову частку сполук крохмалю, білків, жирів, а також клітковини і пектинових речовин, одночасно збільшується вміст декстринів і відновлюваних цукрів. Зростає кількість водорозчинних речовин, відбувається зміна фракційного складу білків і жирів. Виявлено, що етапи ВТО зволоження і відволоження призводять до деякого зростання активності ферментних комплексів зерна. Подальша термообробка зерна інактивує ферменти зі збереженням незначної активності протеаз і ліпоксигенази.

Доведено можливість використання пагонів п'ятилитника чагарникового в якості біологічно активної добавки у виробництві харчової суміші функціонального призначення. Ядро лущеного ячменю рекомендується для використання у виробництві швидкорозварюваних круп, замітника чаю, а також поживної суміші функціонального призначення.

Розроблена технологія виробництва продуктів функціонального призначення з зерна ячменю та надані рекомендації щодо можливості впровадження у виробництво в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Статс і К» міста Дніпро.

Встановлено, що найбільш значними пунктами витрат під час виконання дослідження є витрати на оплату праці та електроенергію, які складають відповідно 741,00 грн та 658,84 грн. Загалом, з урахуванням нормативної рентабельності на рівні 30%, вартість проведеного дослідження становить 3691,19 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

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

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

19. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

43. Kovaliova O, Pivovarov O, 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>

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

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

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

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

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

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

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