

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**  
Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

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

**Обґрунтування технології виробництва  
безглютенового солоду з гречки**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 4 курсу,  
групи ХТ-1-20 освітньо-професійної програми  
«Харчові технології» зі спеціальності  
181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Єлизавета КАЩЕСВА

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олена КОВАЛЬОВА

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Олег ЧЕРЕВКО

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

(підпис)

«06» травня 2024 р.

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

Кащесвій Єлизаветі Володимирівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва безглютенового солоду з гречки».  
Керівник роботи: Ковальова Олена Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» травня 2024 року № 983.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 07 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва безглютенового солоду із гречаного зерна. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Об'єкти і методи дослідження. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Об'єкт досліджень. 4 Обговорення результатів досліджень. 5 Охорона праці та довкілля. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцентка Олена КОВАЛЬОВА	06.05.24	07.06.24

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	06.05-08.05.24	виконано
2	Огляд літератури	09.05-12.05.24	виконано
3	Об'єкти і методи дослідження	13.05-15.05.24	виконано
4	Дослідна частина	16.05-31.05.24	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.24	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.24	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-07.06.24	виконано

**Здобувачка вищої освіти** \_\_\_\_\_ Єлизавета КАЩЕСВА  
( підпис )

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Олена КОВАЛЬОВА  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 59 сторінок друкованого тексту, 6 рисунків та ілюстрацій, 22 таблиці та використано 33 літературних джерела.

Мета дослідження полягає в науковому та практичному обґрунтуванні, а також у розробці технології виробництва безглютенового солоду з гречки.

Об'єктом дослідження є процес виробництва безглютенового солоду з гречаних зерен.

Предметом дослідження є взаємозв'язок між технологічними параметрами процесу солодоращення та якісними характеристиками отриманого продукту.

У порівнянні з гречаним зерном, солод має значно більший вміст вітамінів, вільних амінокислот, низькомолекулярних вуглеводів та інших корисних компонентів. Використання гречаного солоду може сприяти збагаченню продуктів харчування біологічно активними речовинами, підвищенню їх харчової та біологічної цінності, розширенню асортименту продуктів і навіть допомагати розширити дієту хворих на целиакію. Проте, наразі солод з гречки не виробляється в промислових масштабах, що перш за все пов'язано з недостатньою ефективністю технології його виробництва.

Ключові слова: ПРОМИСЛОВІСТЬ, НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ, СОЛОДРОЩЕННЯ, ГРЕЧКА, ЦЕЛІАКІЯ, ВІТАМІНИ, АСОРТИМЕНТ, ВИРОБНИЦТВО, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Технологія виробництва солоду	9
1.2 Характеристика властивостей гречаного зерна як потенційної сировини для виробництва солоду	16
1.2.1 Хімічний склад зерна гречки порівняно з іншими злаковими культурами	16
1.2.2 Виробництво напоїв бродіння з використанням зерна гречки	21
Висновки до розділу	25
2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1 Об'єкти досліджень	26
2.2 Методи досліджень	27
2.2.1 Білок в зерні гречки	27
2.2.2 Крохмаль в зерні гречки	27
2.2.3 Вологість гречаного зерна	27
2.2.4 Енергія та здатність проростання зерен гречки	28
2.2.5 Отримання гречаного солоду	28
2.2.6 Визначення вологи в гречаному солоді	29
2.2.7 Втрати сухої речовини під час процесу приготування солоду	29
Висновки до розділу	29
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	30
3.1 Оптимальні умови для солододорощення зерна гречки	30
3.1.1 Оптимальна температура під час пророщування зерна гречки	30
3.1.2 Визначення оптимального часу пророщування	34
3.2 Визначення оптимальних режимів сушіння гречаного солоду	35
3.2.1 Вибір оптимальної температури сушіння гречаного солоду	35
3.2.2 Найбільш оптимальний режим сушіння згідно проведених досліджень	38

3.3 Органолептичні та фізико-хімічні показники безглютенового гречаного солоду	40
3.4. Розробка процесу виготовлення гречаного солоду та його технологічної схеми	44
Висновки до розділу	45
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ</b>	<b>47</b>
4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора лінії з виробництва гречаного безглютенового солоду	47
4.2 Заходи першої допомоги у разі ураження електричним струмом	48
Висновки до розділу	49
<b>5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>50</b>
5.1 Витрати на проведення досліджень	50
5.2 Розрахунок вартості дослідження	53
Висновки до розділу	54
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>55</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>	<b>57</b>

## ВСТУП

Гречка – традиційна сільськогосподарська культура в Україні, що найчастіше використовується у процесі виготовлення гречаної крупи та борошна, та являється цінним продуктом харчування. Зерно гречки має надзвичайно високі харчові та дієтичні властивості: біологічна цінність білка майже дорівнює еталонній, велику частку частку складають біофлаваноїди, рутин, вітаміни групи В, та макро- й мікроелементів (фосфор, залізо, мідь тощо). Майже повна відсутність глютену є найважливішою особливістю білкового складу зерна гречки. Перелічені переваги гречки, порівняно з іншими культурами, роблять її досить корисною для включення у дієтичне харчування.

Відомо, що в порівнянні з гречаною крупною солод містить досить багато вітамінів, вільних амінокислот, низькомолекулярних вуглеводів та інших корисних речовин.[1] Використання гречаного солоду потенційно може збагатити харчові продукти біологічно активними речовинами, підвищити поживну і біологічну цінність продукту, розширити його асортимент і допомогти розширити раціон пацієнтів з целиакією (непереносимістю глютену). Проте, гречаний солод поки не виробляється в промислових масштабах, головним чином через неефективність технології його виробництва.

Незважаючи на те, що в останні роки були опубліковані роботи вітчизняних і зарубіжних вчених про можливість отримання солоду з гречки і його використанні при виготовленні хлібобулочних виробів і ферментованих напоїв (пива, квасу), деякі аспекти вивчені недостатньо.

В цих дослідженнях недостатньо уваги приділено методам замочування зерна гречки для солододорощення, не всі технологічні параметри сушіння гречаного солоду вивчені до кінця, і не враховані сортові особливості гречки у процесі отримання солоду. Таким чином, дослідження з вдосконалення технології виробництва гречаного солоду залишаються актуальними.

Мета цієї роботи полягає у науково-практичному обґрунтуванні та розробці технології виготовлення безглютенового солоду з гречки.

Завдання досліджень включають такі пункти:

- аналіз технохімічних і фізіологічних параметрів зерна гречки різних сортів, зокрема вмісту білка і крохмалю, наявності рутину, енергії і здатності до проростання в різні пори року, а також ступеня водопоглинання;
- встановлення оптимальних режимів під час сушки гречаного солоду;
- дослідження органолептичних і фізико-хімічних характеристик безглютенового гречаного солоду;
- створення методики та технологічної схеми виробництва безглютенового гречаного солоду.

Об'єктом дослідження є процес виробництва солоду без вмісту глютену із зерна гречки

Предметом аналізу є залежність між параметрами технологічного процесу вирощування солоду та якістю фінального продукту.



## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Технологія виробництва солоду

Солод – зерно, яке штучно пророщується і висушується в певних умовах. Під час процесу солодоращення в зерні відбуваються складні біохімічні процеси, що призводять до синтезу та активації ферментів, а також формування і зміни компонентів зерна.

Головним чином солод використовується для виготовлення бродильних напоїв, таких як пиво і квас. Вони можуть включати солод як основну зернову сировину або в суміші з несолодженими продуктами, такими як кукурудза, ячмінь, рис, овес та цукор. [9].

У процесі виробництва солоду розрізняються такі технологічні етапи:

- очищення і сортування зерна;
- мийка і замочування зерна;
- пророщування (солодоращення) зерна;
- сушіння свіжопророслого солоду;
- відокремлення паростків від солоду;
- відлежування і зберігання солоду. [6].

Схема, яка представлена на рисунку 1.1, ілюструє загальний процес виробництва солоду.

Після очищення від основної культури видаляються мінеральні, органічні, металеві та зернові домішки, а також насіння дикорослих рослин. Після очищення зерно проходить сортування залежно від його розмірів. Необхідність сортування обумовлена різною здатністю зерна різних розмірів до поглинання вологи. Дрібні зерна накопичують вологу і розвиваються швидше під час солодоращення, ніж великі. [11].

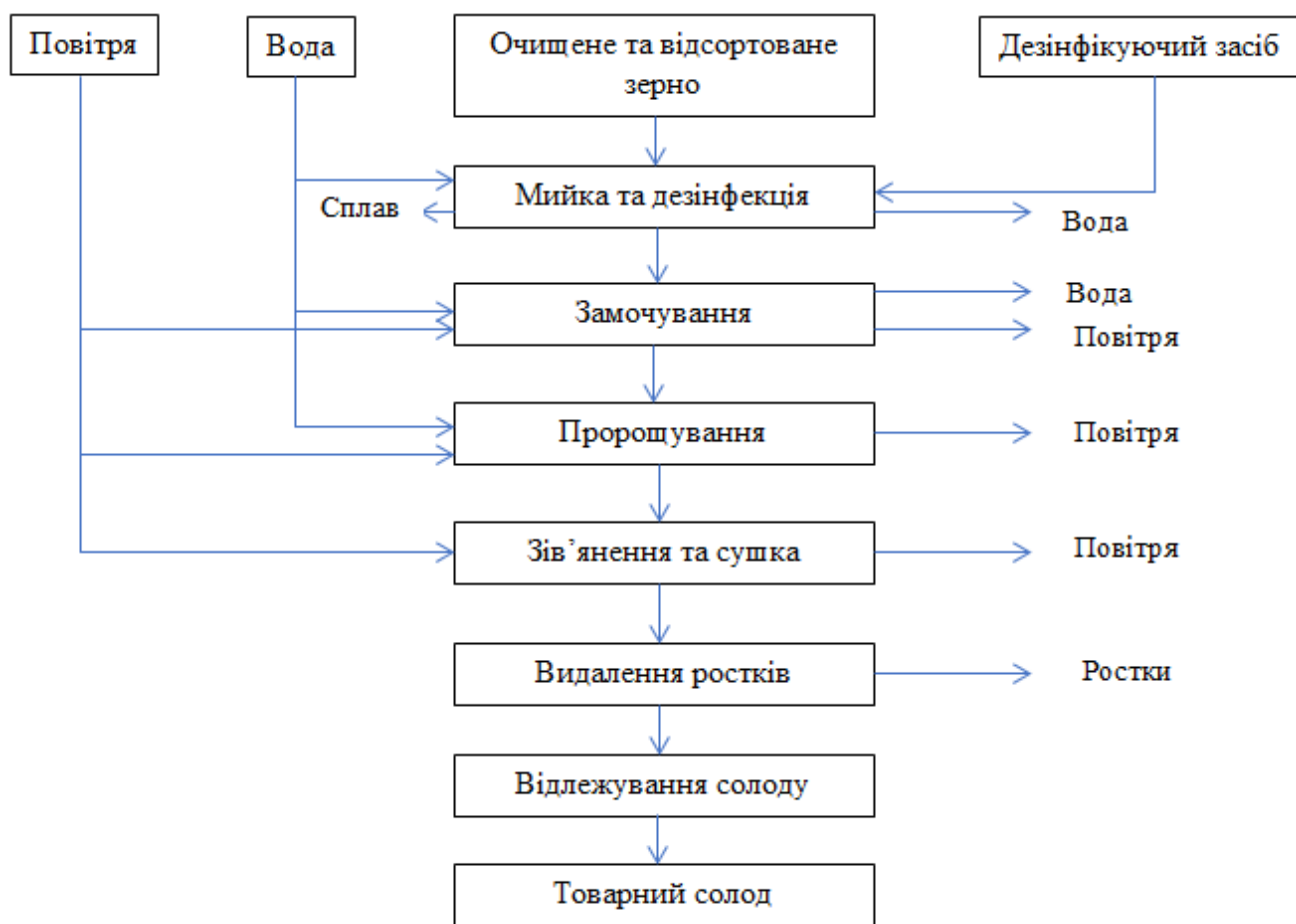


Рисунок 1.1 – Загальна схема виробництва солоду [10]

Головною метою мийки зерна в технологічному процесі є вилучення легких домішок та забруднень з поверхні зерна, а також його дезінфекція. Щоб досягти цих цілей, перед мийкою зерно попередньо зволожують до вологості 25 – 30 % [2].

Під час зволоження зерна до рівня 43 – 48 % під час процесу замочування, активізуються життєві процеси. Активізації ферментів сприяє вільна вегетаційна волога, яка утворюється в зерні. Ці ферменти проникають в ендосперм та трансформують нерозчинні речовини зерна у розчинні, легко засвоювані зародком [7].

Ступінь замочування зерна варіюється залежно від його виду. Наприклад, для жита і проса замочування проводять до досягнення вологості 40 – 46 %, а для ячменю і вівса – від 44 до 45 %. Крім того, ступінь замочування також залежить від типу солоду, який потрібно отримати. Для виробництва світлого солоду

необхідна вологість зерна має становити 42 – 45 %, тоді як для темного солоду – від 45 до 47 %. [6].

Згідно з фізіологічним станом зерна та поставленими інженерними завданнями, процес замочування може здійснюватися за допомогою таких методів:

1. Традиційне повітряно-водяне замочування, що включає чергування зерна між зануренням у воду та аерацією протягом 10 – 15 хвилин кожні 1 – 2 години. Тривалість замочування становить 60 – 70 годин. Цей метод є стандартним для ячменю та більшості інших культур [4].

2. Метод зрошувального замочування передбачає неперервне зрошення зерна водою та провітрювання його кондиціонованим повітрям. Даний метод сприяє досягненню високого рівня очищення зерна. Процес триває приблизно 48 годин. [5].

3. Метод повітряно-зрошувального замочування передбачає чергування зрошення зерна водою з тривалими паузами для аерації [4].

4. Процес замочування в безперервному потоці води та повітря передбачає постійне постачання насиченої повітрям води у апарат [4].

Технологічні цілі солодоращення:

- Підвищення біосинтезу та активізація ферментів у зерні.
- Перетворення речовин у зерні за допомогою каталітичної дії ферментів [8].

Для виробництва солоду здійснюють пророщування зерна так, щоб накопичилася необхідна кількість ферментів, що сприяють потрібним хімічним перетворенням речовин у зерні. Занадто багато чи недостатньо ферментів, які накопичуються під час пророщування, є небажаним явищем і може негативно вплинути на якість солоду [8].

При створенні методики для виробництва солоду необхідно враховувати наступне:

- пророщування можливе лише при наявності достатнього обсягу води, тому зерно, яке піддається цьому процесу, повинно мати вологість не менше 40 %;
- пророщуване зерно повинно мати достатнє надходження кисню;
- при підвищенні температури зерна зменшується активність ферментів, тому для пророщування світлого солоду оптимальна максимальна температура становить 17 – 18 °С, а для темного – 23 – 25 °С [4].

Під час пророщування, за рахунок збільшення активності ферментів, відбувається розклад високомолекулярних сполук у зерні (таких як крохмаль, білок, ліпіди, некрохмальні полісахариди та інші), що призводить до утворення простих низькомолекулярних сполук. Ці сполуки використовуються як для дихання зерна, так і для росту зародка [8].

У відпочиваючому зерні більшість ферментів перебуває в неактивному стані, зв'язаному з білками. Проте, під час проростання зерна, білки піддаються розщепленню під впливом протеолітичних ферментів, що призводить до переходу пов'язаних з ними ферментів у вільний та активний стан. Підвищення ферментативної активності також відбувається за рахунок формування нових ферментів. Під час процесу солодоращення активність амілолітичних ферментів ( $\alpha$ - і  $\beta$ -амілаз) зростає в 3 – 5 разів, протеолітичних – в 2 – 4 рази, фосфотаз – в 7 – 10 разів, а цитолітичних – в 3 рази [ 8].

Під час пророщування зерна, крохмаль ячменю, що складається приблизно з 25 % амілози і 75 % амілопектину, в основному розщеплюється під впливом  $\alpha$ - і  $\beta$ -амілаз. Остання впливає на молекулу амілози або амілопектину з нередуруючого кінця, розщеплюючи молекулу мальтози. Це призводить до повного гідролізу амілози та приблизно 50% гідролізу амілопектину з утворенням амілодекстрину. У свою чергу,  $\alpha$ -амілаза діє на внутрішні зв'язки в амілозі і амілопектині, гідролізуючи амілозу до мальтози та амілопектин до низькомолекулярних декстринів, які стають доступними для подальшого впливу  $\beta$ -амілази. [8].

«У непророслому зерні  $\beta$ -амілаза може присутні у двох формах: частина  $\beta$ -амілази існує у вільному стані, а інша частина пов'язана з нерозчинним білком за допомогою дисульфідних містків. Кількість активної  $\beta$ -амілази у непророслому ячмені становить від 60 до 200 одиниць Віндіш-Кольбаха (од. W·K) і залежить головним чином від вмісту білка, а також від сорту зерна, кліматичних умов, року і місця оброблення.»

У процесі пророщування пов'язана  $\beta$ -амілаза переходить у активний стан через розрив дисульфідних зв'язків. Активність  $\beta$ -амілази досягає максимальних значень на 4 – 5 добу пророщування зі збільшенням вологості зерна до 43 – 45 %. Підвищення рівня вологості вище цієї точки не призводить до помітного збільшення активності. Також було встановлено, що при підвищенні температури вище 15 °C активність  $\beta$ -амілази також не зростає. [8].

Загалом, вплив технологічних режимів на активність  $\beta$ -амілази є відносно невеликим. Основним фактором, що визначає її активність, є вміст білка в початковому зерні.

У відміну від інших ферментів,  $\alpha$ -амілаза відсутня в непророслому зерні і формується лише під час процесу проростання. Протягом всього циклу пророщування накопичення цього ферменту збільшується. Реакція  $\alpha$ -амілази на характеристики ячменю та зміни умов пророщування відбувається. Чим триваліший період від посіву до збирання, тим вища активність  $\alpha$ -амілази. При цьому сорт ячменю та тривалість вегетаційного періоду мають значний вплив на цей процес [6].

Під час завершального етапу пророщування, якість свіжого солоду слід оцінювати за його зовнішніми характеристиками та властивостями ендосперму. Аромат свіжого солоду має бути приємним і асоціюватися з запахом огірка. Паростки, що утворилися, повинні мати однакову довжину. При розмелюванні зерна має утворитися борошнистий порошок, а розчинення повинно бути однорідним у всіх зернах.

Оцінка якості готового свіжого солоду проводиться з урахуванням типу солоду та очікуваних змін під час процесу сушіння.

- під час процесу сушіння свіжого солоду вирішуються наступні технологічні завдання:

- для забезпечення тривалого зберігання і транспортування солоду, вологість його знижують до рівня 4,0 – 4,5%;

- зниження активності фізіологічних та ферментативних процесів у зерні;

- створення у солоду унікальних органолептичних властивостей, що відповідають кожному його виду (смак, колір, аромат);

- збереження комплексу ферментів, що сформувалися під час процесу проростання;

- забезпечення паросткам солоду характерних властивостей, що роблять їх хрусткими та ламкими, для їх подальшого видалення [8].

При розробці технології сушіння важливо враховувати наступне:

- ферменти солоду мають кращу стійкість до високої температури при меншій вологості;

- для збереження ферментів необхідно поступово підвищувати температуру сушіння;

- під час сушіння важливо дотримуватися оптимальної температури, не перевищуючи 50 °С до моменту досягнення вологості солоду у межах 10 – 12 %. У протилежному випадку крохмаль у солоді може згорнутися, що при охолодженні може призвести до утворення непридатного "склоподібного" солоду.

Під час процесу сушіння солоду, вплив високих температур спричинює зниження активності ферментів через денатурацію білкових молекул. Деякі ферменти піддаються термічній інактивації в більшій мірі, ніж інші. При сушінні світлого солоду, наприклад, виявляється, що загальна амілолітична активність може зменшитися на 30 – 40 % у порівнянні з активністю свіжопророслого солоду. Водночас  $\beta$ -амілаза піддається інактивації в більшій мірі, ніж  $\alpha$ -амілаза, яка проявляє більшу стійкість до підвищених температур. Наприклад, фосфотази зберігають лише 25 – 30 % своєї активності до завершення процесу сушіння порівняно з активністю у свіжопророслому солоді [6].

Під час сушіння, активність терmostійких ферментів, навпаки, зростає. Наприклад, деякі пептидази можуть демонструвати збільшення активності на 30 %, а  $\alpha$ -амілази – близько 15 %. Цей ефект пояснюється тим, що на початкових етапах сушіння за температури, що не перевищує 50 °С, відбувається біосинтез ферментів. І хоча з подальшим підвищенням температури вони частково втрачають свою активність, кінцевий рівень активності залишається вищим, ніж у свіжопроросшому солоді [8].

Таким чином, урахувавши усі вищезазначені фактори, при розробці ефективної технології виробництва солоду важливо підбирати умови, щоб ферментативна активність готового солоду досягала високого рівня протягом короткого періоду всього процесу.

Негайно після сушіння необхідно видаляти паростки, оскільки вони містять речовини, що надають гіркий смак, що в подальшому може негативно вплинути на органолептичні характеристики солоду та кінцевого продукту, отриманого з нього. Крім того, невидалені паростки можуть поглинати значну кількість вологи під час зберігання, що негативно позначається на тривалості зберігання солоду і може вплинути на його якість при виробництві пива [4].

Рекомендується піддавати висушений солод перед подальшою обробкою попередньому відлежуванню, під час якого відбуваються фізичні та хімічні перетворення, що полегшують наступний процес переробки солоду. Основними факторами, що впливають на ці зміни, є невелике зволоження. Крім того, під час відлежування частково відновлюється активність деяких ферментів після попередньої теплової обробки. Зазвичай цей процес триває приблизно 30 днів, після чого солод готовий для використання у виробництві пива.

## 1.2 Характеристика властивостей гречаного зерна як потенційної сировини для виробництва солоду

### 1.2.1 Хімічний склад зерна гречки порівняно з іншими злаковими культурами

Щодо хімічного складу, зерно гречки схоже на злакові культури (таблиця 1.1). Проте воно відрізняється від них за наявністю підвищеного вмісту клітковини, що є характерним для гречки та рису.

З іншого боку, зерно гречки має унікальні особливості, оскільки співвідношення різних компонентів зерна та їх хімічний склад відрізняються від таких у злаків (таблиця 1.2).

Таблиця 1.1 – «Хімічний склад різних зернових культур, у %» [4]

Показник	Гречка	Ячмінь	Рис	Кукурудза	Пшениця	Жито
Вода	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Білок	11,6	11,5	7,3	10,3	13,2	9,9
Ліпіди	2,3	2,0	2,0	4,9	1,9	1,6
Вуглеводи	59,5	65,8	63,1	67,3	67,5	70,9
Клітковина	10,8	4,3	9,0	2,1	2,3	2,9
Зольність	1,8	2,4	4,6	1,2	1,6	1,7

Таблиця 1.2 – «Співвідношення частин зерна гречки і злакових культур, %» [4]

Частини зерна	Зернопродукти		
	Гречка	Ячмінь	Жито
Плодова або полова оболонка (плівчастість)	17 – 25	3,5 – 4,0	5,0 – 7,0
Насіннева оболонка	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5	1,9 – 6,0
Алейроновий шар	4,0 – 5,0	12,0 – 14,0	11,0 – 12,0
Ендосперм	55,0 – 65,0	63,0 – 69,0	73,0 – 77,0
Зародок	10,0 – 15,0	2,5 – 3,0	3,5 – 3,7



У порівнянні з іншими злаками, гречка відрізняється вищою плівчастістю та значним розміром зародка, хоча має меншу кількість алейронового шару. Ці характеристики важливі для процесу приготування гречаного солоду та сусла, оскільки вони переважно впливають на їхню екстрактивність.

Оскільки йдеться про фракційний склад білка в зерні гречки у порівнянні з білками злакових культур, варто відзначити майже повну відсутність проламінів, низький вміст глютелинів, і, навпаки, високий вміст глобулінів та альбумінів (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – «Фракційний склад білка зерна гречки і деяких злакових культур, % від загального вмісту білка» [4]

Фракції	Зернопродукти				
	Гречка	Ячмінь	Пшениця	Рис	Кукурудза
Альбуміни	21 – 24	2,8 – 6,4	0,3 – 5,2	5,8 – 11,2	0 – 10,0
Глобуліни	42 – 45	7,5 – 18,1	0,6 – 12,6	4,8 – 9,2	4,5 – 6,0
Проламіни	1,1 – 1,2	37,2 – 41,6	35,6 – 99,0	4,4 – 14,0	29,9 – 55,0
Глютеліни	10 – 12	26,6 – 41,9	0 – 28,2	63,0 – 70,0	30,0 – 45,0

Отже, згідно даного показника білки гречки відрізняються від білків злаків, де переважно проламіни та глютеліни. Такі особливості фракційного складу зерна гречки можуть вплинути на склад білка у суслі та, в кінцевому підсумку, на якість напою.

Завдяки дуже низькому вмісту клейковини у зерні гречки її відносять до безглютенових культур і рекомендують для включення в дієтичне харчування хворих на целиацію [6].

Целиакія, також відома як кишкова ентеропатія або глютеніна непереносимість, характеризується абсолютною непереносимістю глютену - білка клейковини, який містить переважно проламінову та глютелинову фракції білків. Протягом багатьох років целиакія вважалася досить рідкісним захворюванням. Однак розробка та впровадження нових методів діагностики дозволили встановити, що ця патологія поширена набагато частіше, ніж вважалось раніше. Згідно з даними Всесвітньої асоціації гастроентерологів, на сьогоднішній день

близько 1 % світового населення страждає на це аутоімунне захворювання. За даними з 2023 року в Україні целиакією хворіє близько 1,4 мільйона людей.

У дослідженні [6] розглядаються актуальні погляди на методи діагностики, механізми розвитку та стратегії лікування цієї патології. Для ефективного лікування найбільш корисна є строга безглютенова дієта, де продукти вважаються безглютеновими, якщо вміст глютену в них не перевищує 20 мг на 1 кг. Пацієнтам рекомендується дотримуватися цієї дієти протягом усього життя. Людям, які страждають на це захворювання, не рекомендується споживати напої, приготовані з використанням солоду, оскільки майже 80 % білків у ячмені є глютенними [4].

Отже, доступність харчових продуктів для цієї групи людей суттєво обмежена, що серйозно впливає на їхнє життя. Тому використання гречки як основи для виробництва безглютенових продуктів, таких як гречаний солод, безглютенове пиво, квас, а також безглютенове хлібобулочні і кондитерські вироби, може розширити асортимент харчування для хворих на целиакію.

Ще однією важливою особливістю білків гречки є їх висока біологічна цінність. Вміст незамінних амінокислот у зерні гречки та деяких злаках порівняно з еталонним білком представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – «Амінокислотний склад білка основних зернових культур»

Незамінні амінокислотити	Гречка	Ячмінь	Рис	Кукурудза	Пшениця
Валін	0,95	1,12	1,02	0,84	0,82
Лейцин	0,89	1,20	1,43	1,86	0,91
Ізолейцин	1,17	0,88	-	0,75	0,88
Лізин	1,15	0,58	0,50	0,40	0,55
Метіонін + цистин	1,06	0,39	0,96	0,96	-
Треонін	0,80	0,92	0,99	0,70	0,67
Триптофан	2,16	1,45	1,29	0,70	1,07
Фенілаланін + тирозин	1,13	1,67	1,30	1,22	1,15
ІНАК* <sub>1</sub>	1,11	0,93	1,02	0,85	0,86

\* – індекс незамінних амінокислот

За даними, білки зерна гречки відрізняються високим вмістом амінокислот, зокрема треоніну, який є лімітуючим (0,80), та підвищеним вмістом триптофану (2,16). Щодо інших незамінних амінокислот, їх склад близький до одиниці і перевершує такі культури, як ячмінь, рис, кукурудза і пшениця, за вмістом ізолейцину, лізину, метіоніну і цистину.

Гречка відноситься до культур з високим вмістом крохмалю. У розрахунку на суху речовину в зерні гречки вміст крохмалю знаходиться у межах від 50 до 79%, що перевищує показники у багатьох інших злаків (таблиця 1.5). Однак цей показник може варіюватися залежно від умов вирощування, таких як клімат, тип ґрунту, методи агротехніки та інші фактори. Співвідношення амілози і амілопектину становить відповідно 25 % і 75 %. Крохмальні гранули мають різну форму з плоскими поверхнями через щільне розташування в ендоспермі. Вони мають приблизно однаковий розмір і знаходяться в межах від 4 до 11 нм, що значно менше, ніж у ячменю, але трохи більше, ніж у рису. Температура клейстеризації крохмальних гранул гречки становить 65 – 67 °С, трохи вище, ніж у ячменю – 56 – 62 °С. Цей фактор слід враховувати під час виробництва гречаного солоду і пива.

Таблиця 1.5 – «Характеристика крохмалю зерна гречки і деяких злаків» [4]

Показник	Зернопродукти				
	Гречка	Ячмінь	Рис	Пшениця	Кукурудза
Крохмаль,% від СР	57 – 70	50 – 65	73 – 78	60 – 63	61 – 70
Амілоза,%	22 – 27	15 – 23	13 – 19	17 – 24	21 – 23
Амілопектин	70 – 80	76 – 83	76 – 82	76 – 83	77 – 79
Температура клейстеризації, °С	65 – 67	61 – 65	70 – 85	52 – 64	70 – 80

У зерні гречки зазвичай міститься приблизно 0,6 – 0,8 % редукуючих цукрів, 0,8 – 1,2 % олігосахаридів і 0,1 – 0,2 % некрохмалистих полісахаридів. Основним компонентом серед низькомолекулярних цукрів є сахароза. Крім того,

у незначній кількості у зерні гречки можна виявити арабіноз, ксилоз, глюкозу і дисахарид мелібіоз.

Жири, які містяться у плодах гречки, мають високу поживну цінність, оскільки вони містять у собі велику кількість кислот, що стійкі до окислення. У плодах гречки вміст жирів коливається від 1,8 % до 3,9 %. Основна частина цих жирів, близько 25 %, концентрується в зародку. В ядрі міститься до 3 % жиру, у ендоспермі – 0,5 %, а в алейроновому шарі до 24 %. Плоди гречки містять різноманітні жирні кислоти, такі як пальмітинова, олеїнова, лінолева, стеаринова, ліноленова.

Довголанцюгові жирні кислоти, такі як арахідонова, бегенова і лігноцеринова, становлять близько 8 % від загальної кількості жирних кислот у гречці. У зернах злаків такі кислоти містяться вневеликих кількостях або взагалі відсутні [1].

У гречаній крупі значна кількість ліпідів містить лецитин, який вважається антагоністом холестерину та сприяє його виведенню з організму, що має важливе значення для запобігання атеросклерозу. В гречаному зерні також присутні антиоксиданти, що походять з ненасичених жирних кислот, таких як токофероли, які представлені у вигляді вітаміну Е.

Ще однією значущою перевагою гречки є високий вміст флавоноїдів у її зерні, зокрема рутин, відомого також як вітамін Р. Рутин сприяє зміцненню стінок капілярів і рекомендується для профілактики крововиливу, гіпертонії, певних інфекційних захворювань тощо. Важливо відзначити, що гречка - єдиний зерновий вид в Україні, у якому зустрічається рутин [6].

Виявлено, що кількість і склад флавоноїдів у гречаному зерні залежать від виду гречки та умов його вирощування. Зазвичай у гречки *F. esculentum* вміст флавоноїдів (приблизно 0,1 %) нижчий, ніж у *F. tataricum* (приблизно 0,4 %).

Згідно з даними з літератури, у процесі пророщування зерно гречки виробляє більшу кількість водорозчинних вітамінів (аскорбінова кислота, ніацин тощо) у 3 – 7 разів. Також, за спостереженнями Ч. Бемфорта, вміст рутин в зерні

гречки значно збільшується під час його проростання. Це вказує на можливе збільшення вмісту рутина в гречаному зерні під час проростання.

Гречка містить широкий спектр мінеральних речовин (таблиця 1.6). В її плодах знаходяться корисні солі заліза, кальцію, фосфору, міді, цинку, бору, йоду, нікелю та кобальту. Взаємодія макро- та мікроелементів (залізо, марганець, мідь, кобальт) з вітамінами має велике значення для підтримки здоров'я та профілактики різних захворювань, включаючи анемію. Лужна зола у плодах також сприяє регулюванню кислотно-лужного балансу в організмі людини.

Отже, гречка та отриманий з неї солод є особливими сировинами для створення функціональних продуктів харчування без глютену, які містять додатковий рутин.

Таблиця 1.6 – «Середні показники вмісту мікроелементів і вітамінів в зерні гречки»

Мікроелемент	Вміст мг/100 г	Вітамін	Вміст мг/100 г
Кальцій	110	Рутин	25
Залізо	4	Тіамін	3,3
Магній	390	Рибофлавін	10,6
Фосфор	330	Пантотенова кислота	11,0
Калій	450	Холін	44,0
Мідь	0,95	Ніацин	18,0
Марганець	3,37	Піридоксин	1,5
Цинк	0,87	Токоферол	40,0

### 1.2.2 Виробництво напоїв бродіння з використанням зерна гречки

За останні роки гречку все частіше розглядають як потенційну сировину для виробництва алкогольних напоїв, таких як пиво і квас. Декілька наукових досліджень, як вітчизняних [11], так і зарубіжних [16], були опубліковані з метою дослідження можливостей використання як солодованої, так і несолодованої гречки у пивоварінні.

Вчені з України також провели дослідження, спрямовані на використання порошкоподібних полісолодових екстрактів, виготовлених на основі гречаного солоду, у виробництві квасу [5].

Останнім часом почали досліджувати гречку як потенційну сировину для отримання солоду. На даний момент ще не існує універсально прийнятої технології солодоращення і сушіння для гречаного солоду. Оскільки гречка відрізняється від злакових культур не лише будовою зерна та розподіленням в ньому біологічних речовин, але й за хімічним складом, важливо зрозуміти, що застосування технологій солодоращення, спеціально розроблених для злакових культур, може бути неефективним у випадку гречки. Тому параметри солодоращення і сушіння гречки можуть відрізнятися від тих, які використовуються для ячменю та інших злакових культур.

Таблиця 1.7 – Основні показники якості гречаного солоду

Параметр	Показник
Вологість після сушіння, %	5,53
Активність $\alpha$ -амілази, $\text{g}^{-1} \text{wet.wt.}$	204,26
Загальний азот, %	2,38
Число Кольбаха, %	23,09
В'язкість, МПа с	2,34
Фільтруюча здатність	слабка
Вміст екстракту, % на СР	63,77
Вміст вільного $\alpha$ -амінного азоту, мг/100 г СР	100,94
Кінцевий ступінь зброджування, %	56,11
Втрати при солодоращенні, %	7,43

Дослідження щодо впливу тривалості та температури замочування на якість гречаного солоду показали, що оптимальний рівень вологості в кінці замочування складає 30 – 45 %, а рекомендований час замочування — 7 – 13 годин при температурі 10 °С. При таких режимах втрати під час солодоращення зводяться до мінімуму (7,43 %), і на виході отримується солод високої якості.

У цих дослідженнях «найвищий рівень ферментної активності у гречаному солоді вдається досягти під час пророщування протягом 96 годин при температурі 15 °С. До цього моменту запаси речовин у зерні гречки вже розчинені, а поживні речовини ще не вичерпані.»

Ірландські дослідники використовували сушку при 40 °С протягом 48 годин для отримання сухого гречаного солоду. У наступних дослідженнях вчені рекомендували трьохетапне висушування: перші 5 годин при температурі 40 °С, наступні 3 години при 50 °С і ще 3 години при 60 °С. Гречаний солод, отриманий за таких умов, відрізнявся високим рівнем амілолітичної активності, вільного амінного та загального розчинного азоту [4].

Інші науковці рекомендували інший підхід до процесу солодоращення, який включав тривале замочування протягом 96 годин до досягнення вологості 47 %, а також пророщування протягом 120 годин при температурі 17 °С [6].

Різні автори запропонували різні методи солодоращення гречки, які наведено у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Способи приготування гречаного солоду за даними різних авторів

Автори	Zarnkow et.al	Wijngaard et.al	Коротких, Востріков
Умови солодоращення зерна гречки			
Температура замочування, °С	17	10	16
Тривалість замочування, год.	96	7 – 13	30 – 35
Температура пророщування, °С	17	15	16
Тривалість пророщування, год.	120	96	96
Умови сушки гречаного солоду			
Температура сушки, °С	-	40=> 50=> 60	-
Тривалість сушіння, год.	-	5=> 3=> 3	-

- немає даних

З даних видно, що гречка пророщувалася при температурі не нижче 15 °С протягом не менше 4 діб.

Поміж переваг, що описані вище щодо зерна гречки (висока харчова і біологічна цінність, значний вміст вітамінів, флавоноїдів, включаючи рутин, а також різноманітні мікро- і макроелементів), виникають певні труднощі при його переробці на солод та при виготовленні пива.

Крім того, зерно гречки характеризується високою плівчастістю, що призводить до високого вмісту некрохмалистих полісахаридів. Порівняно з ячменем, їх кількість значно більша, що може призвести до збільшення втрат сухих речовин і зниження екстрактивності суслу. Крім того, це також призводить до відносно високої в'язкості затору.

Ще однією проблемою є велика частка ненасичених жирних кислот у ліпідах гречки, які відомі своєю здатністю знижувати піностійкість і смакову стабільність пива [6].

Отже, результати наукових досліджень, проведених різними дослідниками, свідчать про потенційні можливості використання гречки у виробництві солоду та напоїв бродіння на його основі. З урахуванням очікуваного зростання випадків целіакії у майбутньому, відкриваються перспективи для створення новаторських безглютенових продуктів з використанням гречки.

Таблиця 1.9 – «Характеристика гречаного і ячмінного солоду»

Показник	Гречаний солод	Ячмінний солод
Вологість, %	5,7	3,6
$\alpha$ -амілазна активність, Е/г	46,1	73,9
Загальна $\beta$ -амілазна активність, Е/г	37,7	716,4
В'язкість, мПа с	2,6	1,6
Екстрактивність, %	40,1	67,2

Проте залишаються невирішеними деякі аспекти, пов'язані з розробкою технології гречаного солоду:

- існує обмежена кількість досліджень щодо впливу різних методів замочування на амілолітичну активність солоду.
- оптимальний метод зрошення для пророщування гречки ще не досліджено належним чином.



- режими сушіння та їх вплив на швидкість видалення вологи та збереження амілолітичної активності солоду вивчені недостатньо.
- роль сортових відмінностей гречки у процесі солодження не була визначена.

### Висновки до розділу

Гречка і отриманий з неї солод відкривають широкі перспективи для створення функціональних продуктів харчування, що не містять глютену та мають у складі рутин. Дослідження, проведені різними науковими групами, підтверджують потенційність використання гречки для виробництва солоду та алкогольних напоїв на його основі. З урахуванням передбачуваного зростання випадків целіакії в майбутньому, відкриваються можливості для розробки інноваційних безглютенових продуктів із застосуванням гречки.

## 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися на кафедрі харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Загальний хід досліджень показано на схемі (рисунок 2.1).

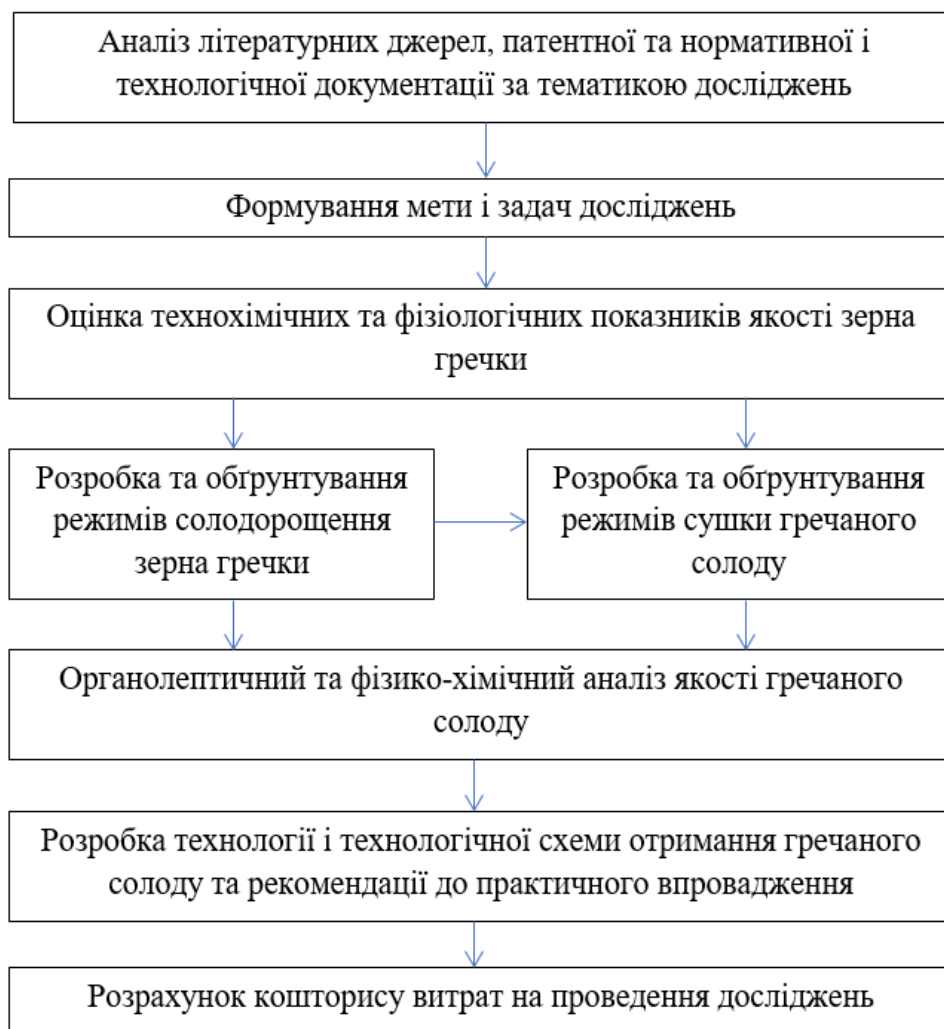


Рисунок 2.1 – Структурна схема досліджень

### 2.1 Об'єкти досліджень

Об'єкти дослідження:

- зерно гречки сортів «Українка 373» та «Антарія» урожаю 2022 року, відповідало стандартам ДСТУ 4524:2006 [24].

- гречаний солод, який був отриманий зі свіжопророщеного та сухого зерна сортів «Українка 373» та «Антарія».

Для проведення експериментальних досліджень використовувалися такі матеріали та продукти:

- вода питна;
- реактиви (водний пероксид, дистильована вода та картопляний крохмаль).

## 2.2 Методи досліджень

### 2.2.1 Білок в зерні гречки [17]

Масову частку білкових речовин у зерні гречки визначали за допомогою методу Кьельдаля. Цей метод ґрунтується на мінералізації органічної речовини сірчаною кислотою у присутності каталізатора, що призводить до утворення сульфату амонію. Подальше руйнування сульфату амонію за допомогою лугу призводить до виділення аміаку, який потім вивідується водяною парою у розчин сірчаної кислоти для подальшого титрування. Коефіцієнт перерахунку азоту на білок для гречки становить 5,60.

### 2.2.2 Крохмаль в зерні гречки[16]

Кількість крохмалю у зерні гречки визначали за допомогою поляриметричного методу, що базується на вимірюванні концентрації оптично активних цукрів, утворених внаслідок гідролізу крохмалю у розчині соляної кислоти.

### 2.2.3 Вологість гречаного зерна [22]

Для вимірювання вологості у зерні гречки застосовували повітряно-тепловий метод, який базується на процесі зневоднення подрібненого зерна в сушильній камері та вимірі втрати його маси.

#### 2.2.4 Енергія та здатність проростання зерен гречки [20]

Енергію проростання оцінювали, розраховуючи кількість зерен, які проросли протягом 72 годин, і виражаючи її як відсоток від загальної кількості досліджених зерен. Здатність до проростання визначали, розраховуючи кількість пророслих зерен протягом 120 годин, і виражаючи цю величину як відсоток від загальної кількості аналізованих зерен.

#### 2.2.5 Отримання гречаного солоду

Отримували гречаний солод за допомогою зрошувального методу пророщення, де регулювалася тривалість замочування зерна, температура та час солододорощення. Крім того, температурні параметри та швидкість потоку повітря в сушильній камері також контролювалися.

Процес пророщення зерна гречки розпочинався з його попереднього промивання водою та обробки розчином перманганату калію, після чого зерно знову промивалося водою перед розташуванням на ситах пристрою для пророщування.

Апарат для пророщування розміщували у холодильному термостаті, щоб забезпечити постійну температуру. Процес відбувався за контрольованих температурних умов при 10 і 15 °С.

Після завершення процесу пророщення, зерно виймали з апарату для пророщування та розміщували на ситах для подальшої сушки. Сушку проводили при вказаних температурах 40, 50, 60 або 70 °С. Під час ступінчастого сушіння температуру підвищували або знижували поступово зі швидкістю 1 °С/хв.

Після завершення процесу сушіння, готовий гречаний солод охолоджували до кімнатної температури, видаляли залишкові паростки та упаковували його в тканинні мішки, на яких були зазначені сорт гречки, рік збору, параметри пророщування та сушіння. Готовий солод зберігали в сухому та прохолодному місці.

## 2.2.6 Визначення вологи в гречаному солоді[22]

Під час процесу виготовлення солоду, на етапах пророщування та сушіння, зразки гречки відбирали та аналізували на вміст вологи за допомогою аналізатора вологості [4].

## 2.2.7 Втрати сухої речовини під час процесу приготування солоду

Визначення відсоткового співвідношення втрат СР під час процесу виготовлення солоду полягало в порівнянні маси зерна гречки до початку солододорощення з масою готового солоду, що була перерахована на основі сухої речовини.

Для аналізу використовувалася середня проба гречки, взята в масі 100 грамів (для досягнення високої точності вимірювань до четвертого десяткового знаку використовувалися електронні ваги). Зерно піддавалося процесу солододорощення відповідно до пункту 2.2.7. Після цього отриманий солод знову зважували при температурі 20 °С на вагах. Відсоткову частку втрат (позначену як  $X$ , %) обчислювали за наступною формулою:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де  $m_1$  – маса наважки до солододорощення, г;

$m_2$  – маса наважки готового солоду з гречки, м

## Висновки до розділу

У цьому розділі дипломної роботи представлена загальна структура проведення експериментальних досліджень, визначені об'єкти дослідження та ретельно описано методику їх здійснення.

## 3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 3.1 Оптимальні умови для солодощення зерна гречки

Як відомо, управління процесом солодощення може бути регульоване шляхом впливу на нього різноманітних чинників, серед яких особливе значення мають метод та тривалість замочування зерна, а також температура та тривалість пророщування. При розробці ефективної технології солодощення ключово важливо визначити умови, які забезпечать отримання солоду з високою амілолітичною активністю та ефективним розчиненням ендосперму протягом короткого періоду. Тому було проведено серію експериментів з метою визначення цих оптимальних умов.

Для пророщування зерна гречки було вибрано зрошувальний метод, оскільки він має ряд переваг порівняно з іншими методами (менша тривалість, економія води та електроенергії). Крім того, як вже зазначалося, для ефективного пророщування зерна гречки важливо уникати занурення зерен під воду, а цей метод раніше не застосовувався у приготуванні гречаного солоду.

#### 3.1.1 Оптимальна температура під час пророщування зерна гречки

Відомо, що при температурах нижче 10 °C процес пророщування зерна уповільнюється, тоді як при температурах вище 18 °C він прискорюється і може протікати нерівномірно. Це може призвести до зниження кількості утворюваних ферментів, активного розмноження мікроорганізмів і збільшення ризику зараження зерна.

Отже, у першому етапі експериментального дослідження аналізувався вплив температури на зміну амілолітичної активності та вологості в зерні гречки сорту «Українка 373» під час пророщування. Початковий вміст вологи в зерні становив 10 %, а амілолітична активність коливалася між 21 і 23 одиницями W-K.

Експериментальне дослідження виконувалося при температурах 10 і 15 °С. З огляду на те, що зерно, після дезінфекції та промивання, негайно поміщалося в камеру для пророщування, етап замочування зерна був пропущений.

Під час пророщування обох сортів гречки спостерігалось збільшення довжини паростка. На графіку 3.1 зображено динаміку зростання довжини паростка у сорту «Українка 373» протягом 5 днів за умов температур 10 і 15 °С.

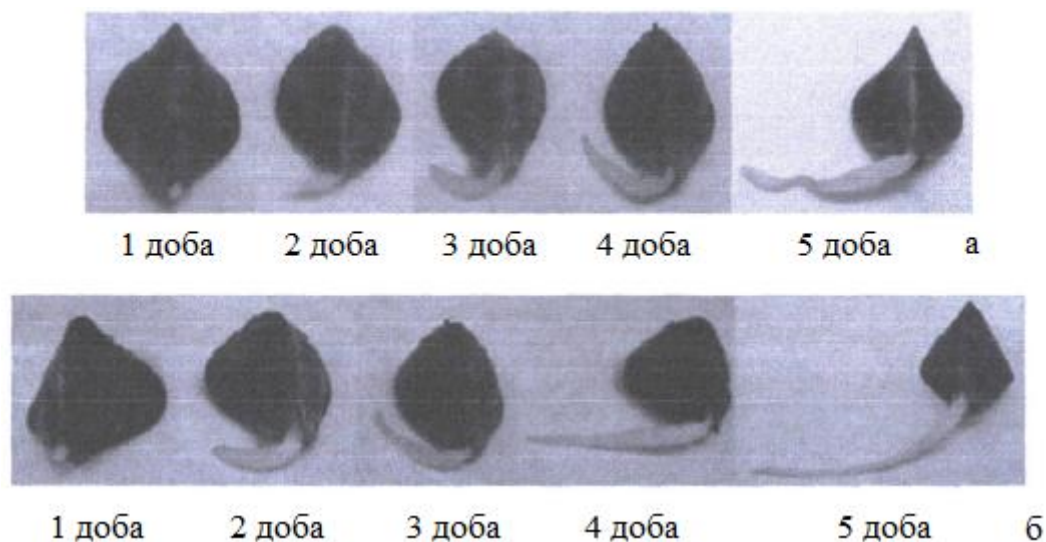


Рисунок 3.1 – Динаміка зміни довжини паростка зерна гречки сорту «Українка 373» під час процесу пророщування при 10 °С (а) і 15 °С (б).

Результати вказують на те, що вже з першого дня пророщування зерна гречки було помітно появу паростка, незалежно від температури. Однак під час пророщування за 15 °С спостерігалось більш активне розгалуження паростка порівняно з процесом при 10 °С, що пояснюється тим, що підвищена температура стимулює фізіологічні процеси у зерні.

На рисунку 3.2 показані зміни у вмісті вологи та амілолітичній активності в гречаному сорті «Українка 373» під час пророщування при 10 та 15 °С.

Важливо відмітити, що під час підготовки зерна до процесу пророщування (під час обробки розчином перманганату калію і промивання водою) вміст вологи у сорту «Українка 373» зріс до 35 %. Швидке збільшення вологоутримання, можливо, пояснюється високою проникністю оболонки насіння та плодового шару гречаного зерна, а також легкістю проникнення до ядра води.

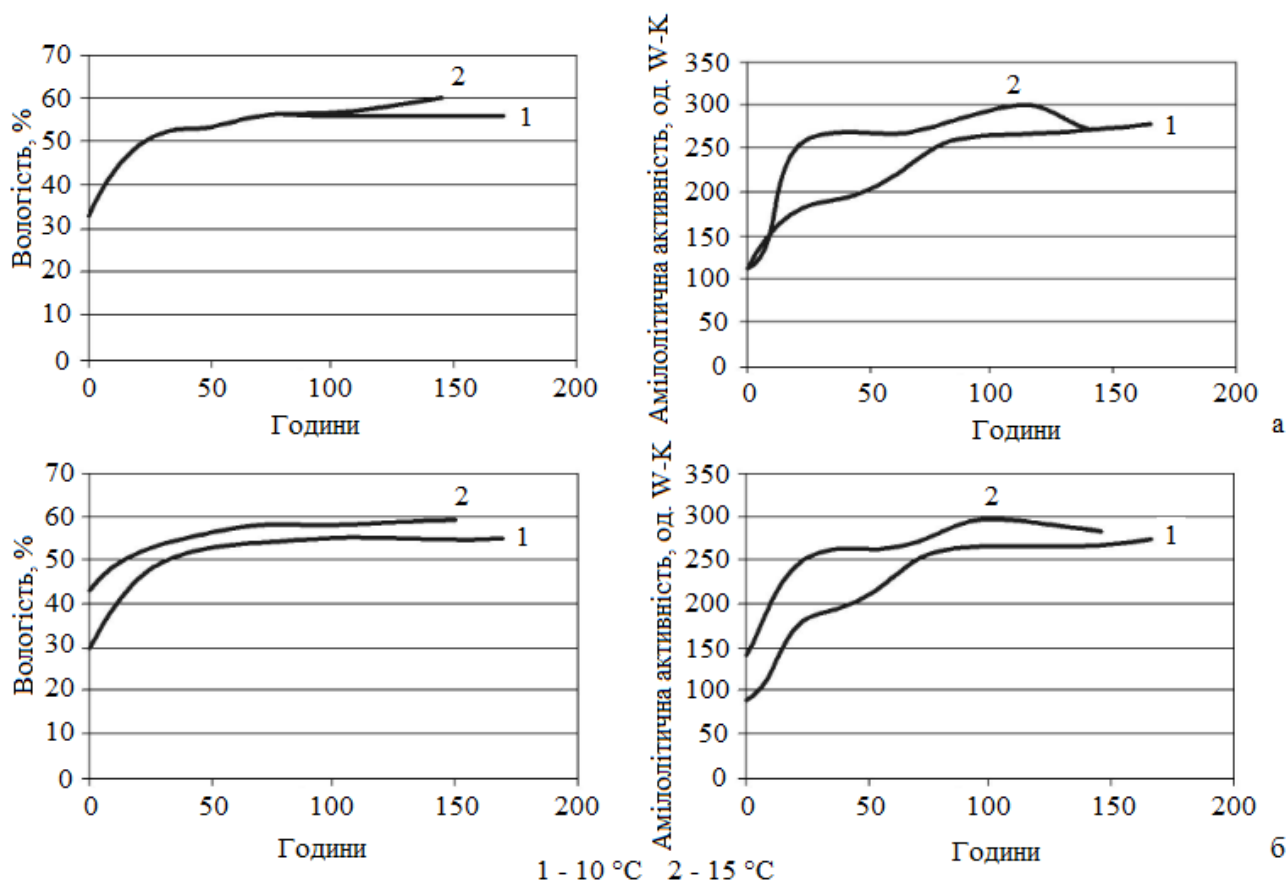


Рисунок 3.2 – Динаміка зміни вологості та амілолітичної активності (виражена у відсотках відносно СР) у зерна гречки сорту «Українка 373» під час процесу солодорушення при 10 °С і 15 °С.

Протягом трьох годин проростання при 15 °С у зерна сорту «Українка 373» вміст води зростає до 45 %, досягнувши 52 % через 24 години і 58% на третю добу, залишаючись на цьому рівні до завершення експерименту. Подібна тенденція з водопоглинанням спостерігалася й при 10 °С: протягом трьох годин вологість зростає до 30 %, до 47 % через 24 години, а на третю добу досягла 53 %, майже не змінюючись після цього.

Проте в процесі пророщування зерно гречки сорту «Українка 373» набирало на 7 – 10 % більше води при 15 °С, ніж при 10 °С. Ці різниці стали очевидними вже протягом перших 24 годин.

Згідно з даними [16], процес наростання вологості у зерні гречки під час повітряно-водяного замочування протікав значно повільніше, ніж у сортів, які були об'єктом наших досліджень. Наприклад, в наших експериментах приблизно



однаковий рівень вологості на рівні 35 % був досягнутий вже через 15 хвилин обробки водою, в той час як за даними цих авторів це займало 5 годин. Вчені з Ірландії також відзначали, що такий самий рівень вологості у гречки досягався лише через 7 годин при 10 °С. Можливо, ці відмінності зумовлені методами обробки зерна перед пророщуванням, але, на жаль, це не розглядалося в рамках досліджень.

Отже, висновки експерименту вказують на те, що найбільше поглинання вологи зерном спостерігалось у перших годинах. Після 24 годин пророщування, коли вміст вологи у зерні сягав приблизно 50 %, цей показник майже залишався незмінним.

Під час аналізу зміни амілолітичної активності в процесі пророщування встановлено, що у обох сортів гречки протягом першої години, незалежно від температури, відбувалося значне зростання активності. Наприклад, для сорту "Українка 373" при 10 °С і 15 °С ця активність досягала 91 та 98 одиниць W-K відповідно.

У ранній фазі солодощення спостерігалось схоже збільшення амілолітичної активності при обох температурах. Однак пізніше, при 15 °С, цей процес виявився більш інтенсивним у порівнянні з температурою 10 °С. Уже через 24 години виявлено відмінність у активності на рівні 28 % між обома температурними режимами. Подальше накопичення амілолітичної активності при 15 °С проявило більш рівномірний характер і досягло свого максимуму на 4-й день (290 одиниць W-K). У порівнянні, при 10 °С цей процес відбувався швидше, досягаючи максимального рівня лише на 6 – 7-й день (275 одиниць W-K).

Виявлено, що при температурі 10 °С швидкість зростання амілолітичної активності була значною, і за 24 години приріст не перевищував 2 – 3 %.

Отже, результати дослідження вказують на те, що швидкість нагромадження активності амілолітичних ферментів при температурах 10 °С і 15 °С визначає час досягнення максимальної активності ферментів. При 15 °С цей пік досягається вже на 4-й день, тоді як при 10 °С це стається лише на 6 – 7-й день.

Ця тенденція відповідає висновкам інших дослідників [6], які вказують, що при зростанні температури солододорощення максимальні значення амілолітичної активності набуваються на 4 – 5-й день. Враховуючи ці результати, для подальших експериментів було вибрано температурний режим 15 °С для пророщування зерна гречки.

### 3.1.2 Визначення оптимального часу пророщування

Для досягнення оптимальних рівнів амілолітичної активності та інших ключових характеристик солоду, зазвичай здійснюють пророщування зерна протягом 5 – 7 днів, залежно від виду культури [7]. Відповідно до проведених досліджень, найбільш вигідним терміном пророщування зерна гречки є період тривалістю 6 днів. Цей процес пророщування забезпечує високий рівень ферментативної активності у свіжопророслому солоді, що забезпечує повний гідроліз вуглеводів і білків. [5].

У ході цього експерименту встановлено, що у всіх варіантах пророщування найвищий рівень амілолітичної активності спостерігався на третій день. Після цього моменту амілолітична активність залишалася стабільною або мало зазнала змін. З цього можна зробити висновок, що процес пророщування зерна гречки з використанням зрошувального методу солододорощення може тривати протягом трьох діб.

Прогрес пророщування зерна гречки можна оцінити візуально, спираючись на довжину утворених паростків (рисунок 3.1). На етапі максимальної амілолітичної активності (3-я доба пророщування), їх розмір можна порівняти з розміром зерна. Цей критерій може слугувати орієнтиром для визначення моменту завершення процесу солододорощення гречки.

Крім цього, з рисунку 3.1 видно, що на четвертий день розмір паростка значно збільшувався. Як відомо, активний ріст паростків супроводжується підвищеною витратою поживних речовин зерна і негативно впливає на екстрактивність солоду. Ця обставина також підтверджує вибір тривалості пророщування протягом трьох діб як доцільного.

Отже, у результаті проведених досліджень було визначено оптимальний режим пророщування зерна гречки для отримання солоду. Цей режим передбачає відсутність окремої технологічної операції замочування, використання методу зрошування для пророщування з контрольованим нарощуванням вологи (від 56 до 58 %), підтримку температури пророщування на рівні 15 °С і забезпечення тривалості процесу протягом трьох діб.

### 3.2 Визначення оптимальних режимів сушіння гречаного солоду

Сушка визначає якість готового солоду та є ключовою технологічною операцією. Відповідний режим сушіння безпосередньо впливає на рівень активності ферментів солоду та його органолептичні властивості.

Під час розробки ефективної технології сушіння гречаного солоду, ми прагнули встановити оптимальні умови, за яких вологість солоду знижується до 5 % або нижче протягом короткого періоду, з максимальним збереженням амілолітичної активності сухого солоду.

#### 3.2.1 Вибір оптимальної температури сушіння гречаного солоду

Наступні фази дослідження спрямовані на визначення найбільш ефективної температури для сушіння гречаного солоду. Для цієї серії експериментів використовувався свіжий солод зі смакованих сортів «Антарія» і «Українка 373», що мав початковий вміст вологи 58 % і 57 % відповідно, а також амілолітичну активність на рівнях 270 і 300 одиниць W-K відповідно.

Гречаний солод, що пророс, піддавали сушінню при різних контрольованих температурах: 40, 50 та 60 °С. Вищі температури не застосовувалися через результати попередніх досліджень, що показали, що при 70 °С втрати амілолітичної активності склали 40–45 %. Протягом експерименту регулярно забирали проби для визначення вологості, швидкості її видалення ( $\Delta W$ ) і рівня амілолітичної активності, які характеризують інтенсивність процесу сушіння.

Експеримент завершували, коли вологість солоду становила менше 5 % (рисунок 3.3).

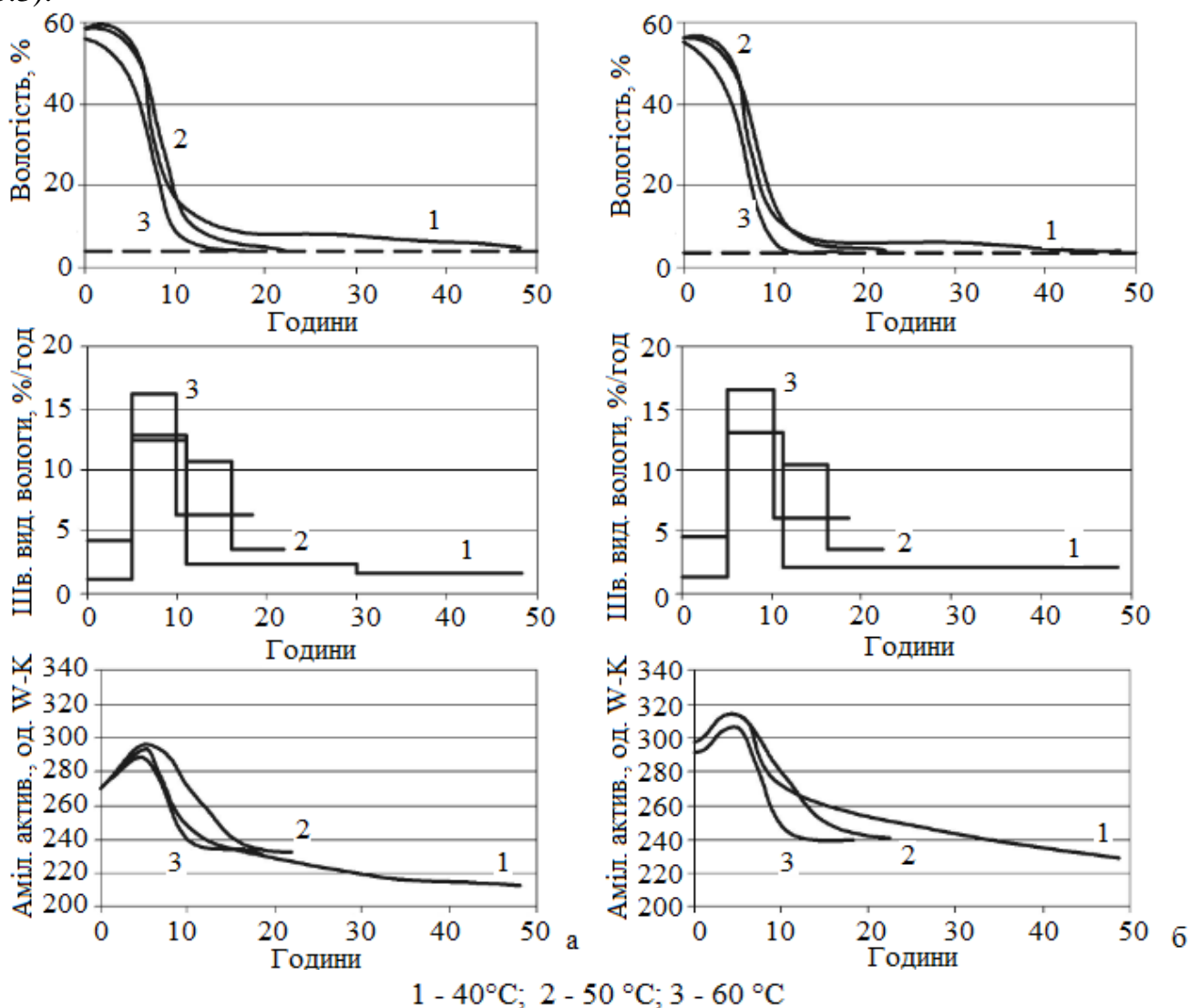


Рисунок 3.3 – Зміни вологості, темпу видалення вологи та рівня амілолітичної активності (в середньому) у гречаному солоді сортів «Антарія» (а) і «Українка 373» (б) під час процесу сушіння за різних температур

Було встановлено, що процеси зниження вологості, темпу видалення вологи та амілолітичної активності гречаного солоду змінювалися в залежності від температурного режиму сушіння. Втрата вологи зерном виявилася неоднаковою протягом різних періодів сушіння. У перші п'ять годин за всіх температурних режимів вона залишалася на мінімальному рівні, коливаючись від 1 до 4 % на годину.

У наступні 5 – 6 годин відзначалася значна швидкість видалення вологи. Наприклад, через 10 – 11 годин з початку процесу сушіння вологість обох сортів зерна знизилася в 4 рази при 40 та 50 °С, та в 5 разів при 60 °С. Після цього темпи втрати вологи сповільнювались, і в кінцевих годинах сушіння спостерігалася помірна швидкість зниження вологості.

Як очікувалося, відбувалося більш швидке видалення вологи з солоду при вищій температурі сушіння. Наприклад, при 40 °С вологість солоду навіть через 48 годин складала 5,5 %, порівняно з незначно нижчими показниками при 50 і 60 °С – трошки більше 4 % протягом 22 і 18 годин відповідно.

Внаслідок високої температури сушіння також відбувалася зміна амілолітичної активності солоду. У перших годинах спостерігався підйом активності, рівень якої залежав від температурного режиму сушіння. Наприклад, при температурі 40 °С амілолітична активність солоду сорту «Антарія» зросла на 9 %, а для сорту «Українка 373» цей показник склав 6 %. При 50 °С збільшення становило 10 і 9 % відповідно, а при 60 °С – 5,5 і 6 %. Після цього активність починала зменшуватися, і до завершення процесу втрати відносно початкових рівнів становили приблизно 20 і 25 % при 40 °С, 12,5 і 16 % при 50 °С, або 14 і 18 % при 60 °С для сортів «Антарія» і «Українка 373» відповідно.

Згідно наданих даних, можна визначити, що після завершення процесу сушіння амілолітична активність солоду залишалася на високому рівні для обох сортів. Наприклад, при температурі 50 °С для сорту «Антарія» цей показник склав 234 одиниці W-К, а для сорту «Українка 373» – 247 одиниць W-К. При 60 °С відповідно ці показники були 232 і 245 одиниць W-К. Також, при температурі 40 °С значення амілолітичної активності трохи відрізнялися: для «Антарія» – 214, для «Українка 373» – 232 одиниць W-К.

Отже, з урахуванням тривалості процесу та рівня амілолітичної активності висушеного солоду, рекомендується використовувати температуру 60 °С як оптимальний режим сушіння.

Слід зазначити, що незалежно від температури сушіння, рівень амілолітичної активності у сорту «Українка 373» перевищував ніж у сорту "Антарій" на 8 % при 40 °С, а також на 5 % як при 50 °С, так і при 60 °С.

У нашому дослідженні, для досягнення вологості солоду на рівні 5% при температурі 40 °С, також знадобилося 48 годин. Проте, рівень амілолітичної активності для сухого гречаного солоду (від 215 до 230 од. W-K) був приблизно порівняним зі значеннями для ячмінного солоду (приблизно 250 од. W-K). [4].

### 3.2.2 Найбільш оптимальний режим сушіння згідно проведених досліджень

Для визначення найбільш ефективного методу сушіння були зібрані й систематизовані результати всіх експериментів. Ці результати представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Амілолітична активність та вміст води у сухому солоді сортів гречки «Антарія» і «Українка 373» зафіксовані при різних методах сушіння

Температурний режим	Сорт гречки	Тривалість сушки, год.	Амілолітична активність, од. W-K	Різниця амілолітичної активності свіжо пророщеного і сухого солоду, %	Різниця амілолітичної активності сортів Українка 373 і Антарія, %	Вологість, %
60 °С при 0,4 м/с	Антарій	18	232	14	5	4,0
	Українка 373		245	18		4,0
50 °С при 0,8 м/с	Антарій	14	245	13	5	4,0
	Українка 373		258	15		4,9
50=> 60 °С при 0,8 м/с	Антарій	12	257	10	1	4,0
	Українка 373		260	17		4,5

Після аналізу порівняльних досліджень було виявлено, що найбільш оптимальним методом сушіння є поступове підвищення температури від 50 до 60

°C та використання швидкості повітряного потоку на рівні 0,8 м/с. Цей висновок підтверджується результатами математичного моделювання. Важливо зауважити, що при такому режимі різниця в амілолітичній активності солоду між сортами «Антарія» і «Українка 373» складає всього 1 %, що можна вважати незначною. Отже, використання цього методу сушіння не виявляє індивідуальних особливостей сортів гречки стосовно активності амілолітичних ферментів у сухому солоді.

Наші висновки підтверджуються результатами провідних ірландських вчених, які вказують на переваги поступового підвищення температури під час процесу сушіння над сталими температурами. Згідно з їхніми дослідженнями, солод, який виготовлений за таким режимом, виявився вищої якості порівняно з тим, що отриманий при постійних температурах. Вони рекомендують використовувати такий температурний режим: 5 годин при 40 °C, потім 3 години при 50 °C і ще 3 години при 60 °C. Застосування цього підходу дозволяє скоротити тривалість сушіння до 11 годин, при цьому вологість солоду залишається на рівні 5,7 %. Однак, слід пам'ятати, що високий рівень вологості солоду під час зберігання може негативно вплинути на якість кінцевого продукту.

У порівнянні з цим, відповідно до нашого запропонованого режиму сушіння, тривалість процесу становила 12 годин, проте рівень вологості був нижчий – від 4 до 4,5 %, що відповідає вимогам для готового ячмінного солоду. [28].

Важливо відзначити, що при порівнянні тривалості процесу сушіння ячмінного солоду, враховуючи літературні джерела, з результатами наших власних досліджень, стає очевидним, що час сушіння гречаного солоду був скорочений у порівнянні з ячмінним, який зазвичай варіюється від 18 до 36 годин залежно від використовуваної методики. Це також пов'язано з тим, що максимальна температура сушіння гречаного солоду, що становила 60 °C, значно нижча, ніж у випадку ячмінного солоду, де вона коливається від 75 до 85 °C.

Ця різниця в основному пояснюється особливостями будови зерна та більшою пористістю гречки, що становить 50 – 60 % в порівнянні з ячменем, де

цей показник коливається від 20 до 40 % залежно від джерела. Це призводить до більшої проникності теплого повітря під час сушіння гречки, що сприяє легшому видаленню вологи з поверхні зерна.

### 3.3 Органолептичні та фізико-хімічні показники беглютенового гречаного солоду

Гречаний солод був об'єктом наукового дослідження з метою оцінки його органолептичних характеристик, фізико-хімічних показників, а також безпеки та загальної якості. Для цього були використані зразки солоду з гречки сортів «Українка 373» і «Антарій», які перед експериментом проходили період відлежування тривалістю у один місяць. Отримані результати досліджень були аналізовані та представлені у вигляді таблиць 3.2 і 3.3.

Отриманий гречаний солод мав типові органолептичні характеристики. Візуально він представляв собою однорідну зернову масу від коричневого до темно-коричневого відтінку. Його аромат був насиченим гречаним, більш виразним, ніж аромат зерна. Смак солоду був чітко гречаним, не мавши ніяких додаткових присмаків.

У таблиці 3.2 наведено фізико-хімічні показники якості гречаного солоду сортів «Українка 373» і «Антарія», а також ячмінного світлого солоду [28] і гречаного солоду, отриманого в ході досліджень ірландських науковців.

У процесі аналізу фізико-хімічних характеристик солоду, отриманого з гречки сортів «Українка 373» і «Антарій», було виявлено, що ці два види солоду мають відмінності за більшістю параметрів. Обидва сорти проявляли інтенсивне накопичення вологи під час відлежування, проте вологість готового солоду виявилася значно вищою для сорту «Антарій» порівняно з «Українкою 373» – відповідно 11,0 % і 7,8 %. Це свідчить про те, що солод з гречки сорту «Антарій» легше поглинає вологу під час зберігання, що може негативно впливати на його фізико-хімічні характеристики та скорочувати термін придатності. Зафіксоване активне поглинання вологи гречаного солоду ірландськими дослідниками,



ймовірно, пов'язане з більш розслабленою структурою та високою пористістю оболонки зерна гречки порівняно з ячменем.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники ячмінного і гречаного солодів

Показник	Значення			
	Норма для ячмінного солоду [28]	Гречаний солод [14]	Гречаний солод	
			Українка 373	Антарія
1	2	3	4	5
Вологість, %	4,5 – 5,0	7,8	7,8	11,0
Екстрактивність, % на СР	79,0 – 82,0	61,9	23,7	17,5
Екстрактивність, % на СР, екстракція	не нормується	-	71,8	80,0
Білок, % на СР	не більше 11,5	12,2	12,8	16,3
Число Кольбаха, %	39,0 – 41,0	28,0	28,9	24,8
Вільний аміний азот, мг/100 г	120,0 – 160,0	88,0	96,0	-
Крохмаль, %	60,0 – 65,0	-	60,5	51,8
Амілолітична активність, од. <i>W-K</i>	240 – 260	72	265	240

Солод, а також зерно гречки сорту «Українка 373», характеризувався меншим вмістом білка (12,8 %) і вищим вмістом крохмалю (60,5 %) у порівнянні з сортом «Антарій», де вміст білка становив 16,3 %, а крохмалю – 51,8 %. Відомо, що високий рівень білка може негативно позначатися на процесі бродіння пива та на колоїдній стійкості готового продукту.

Маємо відзначити, що солод сорту «Українка 373» мав вищу екстрактивність і більш значне число Кольбаха. Вищі показники цих параметрів свідчать про кращу розчинність солоду цього сорту порівняно з сортом "Антарій". Висока екстрактивність солоду сорту "Антарій" при гарячій екстракції, ймовірно, пов'язана з підвищеним вмістом білкових речовин, зокрема альбумінової і глобулінової фракцій, порівняно з «Українкою 373», які легше розчиняються за високих температур. Також можливо, що в таких умовах відбувався більш

активний розпад білково-крохмальних комплексів, що сприяло збільшенню екстрактивності.

Всі ці дані свідчать про вищу якість солоду, отриманого із зерна гречки сорту «Українка 373», в порівнянні з сортом «Антарій».

Порівняльний аналіз якості гречаного солоду, отриманого зі зерна гречки сорту «Українка 373», зі солодом, виробленим ірландськими науковцями за допомогою технології повітряно-водяного замочування [4], підтвердив, що солод від сорту «Українка 373» характеризувався вищими показниками числа Кольбаха і вільного амінного азоту, а також істотно перевершував його за рівнем амілолітичної активності - 265 проти 72 одиниць W-K. Вищеперелічене свідчить про вищу якість даного солоду.

Незалежно від технології виготовлення гречаного солоду, його здатність до оцукрування була недостатньою, що переважно пояснюється низькою активністю його  $\beta$ -амілази [4]. Тому, при використанні гречаного солоду для приготування напоїв на бродіння, рекомендується використовувати зовнішні ферментні препарати.

При проведенні порівняльного аналізу гречаного та ячмінного солодів було встановлено, що деякі основні фізико-хімічні показники гречаного солоду обох сортів відрізнялися від рекомендованих для ячмінного солоду значень. Важливо відзначити меншу екстрактивність гречаного солоду через високий вміст білка і вологи, а також недостатню розчинність білкових з'єднань. Інші параметри, такі як вміст крохмалю, вільного амінного азоту, залишалися схожими, а амілолітична активність, кольоровість і кислотність суслу відповідали загальноприйнятим стандартам для ячмінного солоду.

Під час дослідження вмісту рутина у сухому солоді сортів гречки «Українка 373» і «Антарій» виявлено, що під час процесу солододорощення у обох зразках спостерігалася зниження його концентрації приблизно на 30 %.

У таблиці 3.3 наведено висновки досліджень щодо безпеки солоду сортів «Українка 373» і «Антарій» у відповідності з вимогами СанПіН 2.3.2.1078-2001 і СанПіН 2.3.2.6550-10.

Отримані результати свідчать про відповідність солоду, який отриманий з обох сортів гречки, вимогам щодо безпеки, встановленим у СанПіН 2.3.2.1078-2001 «Гігієнічні вимоги до якості і безпеки продовольчої сировини і харчових продуктів» та СанПіН 2.3.2.6550-10 «Доповнення та зміни № 18 до СанПіН 2.3.2.1078-01».

Таблиця 3.3 – Показники безпечності солоду із зерна гречки сортів «Українка 373» і «Антарія»

Показники	Нормативне значення	Фактичне значення	
		Українка 373	Антарія
Токсичні елементи, мг/кг	Не більше		
Свинець	0,5	0,031	0,033
Миш'як	0,2	Не виявлено	Не виявлено
Кадмій	0,1	0,018	0,019
Ртуть	0,03	Не виявлено	Не виявлено
Мікотоксини, мг/кг	Не більше		
Афлатоксин В1	0,005	Не виявлено	Не виявлено
Т-2 токсин	0,1	Не виявлено	Не виявлено
Радіонукліди, Бк/кг	Не більше		
Цезій-137	60	Не виявлено	Не виявлено
Забрудненість і зараженість шкідниками хлібних злаків (комахи, кліщі)	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено

Солод, отриманий із зерна гречки сортів «Антарія» і «Українка 373», був перевірений на наявність глютену.

У результаті проведених аналізів встановлено, що у зразках солоду вміст глютену склав менше 5 мг/кг. Отже, солод, що виготовлений з гречки сортів Антарія і Українка 373, може бути вважений безглютеновим, оскільки його вміст глютену становить менше 20 мг/кг. Таким чином, продукти, приготовані на основі такого солоду (хлібобулочні і кондитерські вироби, пиво, квас), можна віднести до безглютенових і використовувати у їжу особам з целиакією.

### 3.4. Розробка процесу виготовлення гречаного солоду та його технологічної схеми

Висновок, отриманий з експериментальних досліджень про оптимальні умови для вирощування та сушіння гречаного солоду, вказує на можливість досягнення високого рівня амілолітичної активності в солоді за допомогою методу зрошування. Рекомендується пророщувати зерно гречки за відносно підвищеної температури (15 °С) та природного накопичення вологості. Щодо процесу сушіння, для збереження високого рівня амілолітичної активності солоду, важливо уникати високих швидкостей видалення вологи на початковій стадії, коли відбувається підйом активності. Це можна здійснити шляхом регулювання температурного режиму та швидкості повітряного потоку у сушильній камері.

Запропонована технологія виготовлення гречаного солоду, що базується на результатах експериментів, включає такі етапи:

- відсутність окремого процесу замочування;
- використання методу зрошування для пророщування;
- пророщування при температурі 15 °С тривалістю 3 днів;
- двоетапна сушка солоду при температурах 50 °С (протягом 6 годин) і 60 °С (протягом 6 годин);
- швидкість повітряного потоку у сушильній камері – 0,8 м/с;
- тривалість сушіння – 12 годин.

Технологія виготовлення безглютенового гречаного солоду, зображена на рисунку 3.4, була розроблена з урахуванням можливості її практичного впровадження на підприємствах, що займаються виробництвом солоду, а також у підприємствах харчової промисловості, які займаються процесом бродіння.

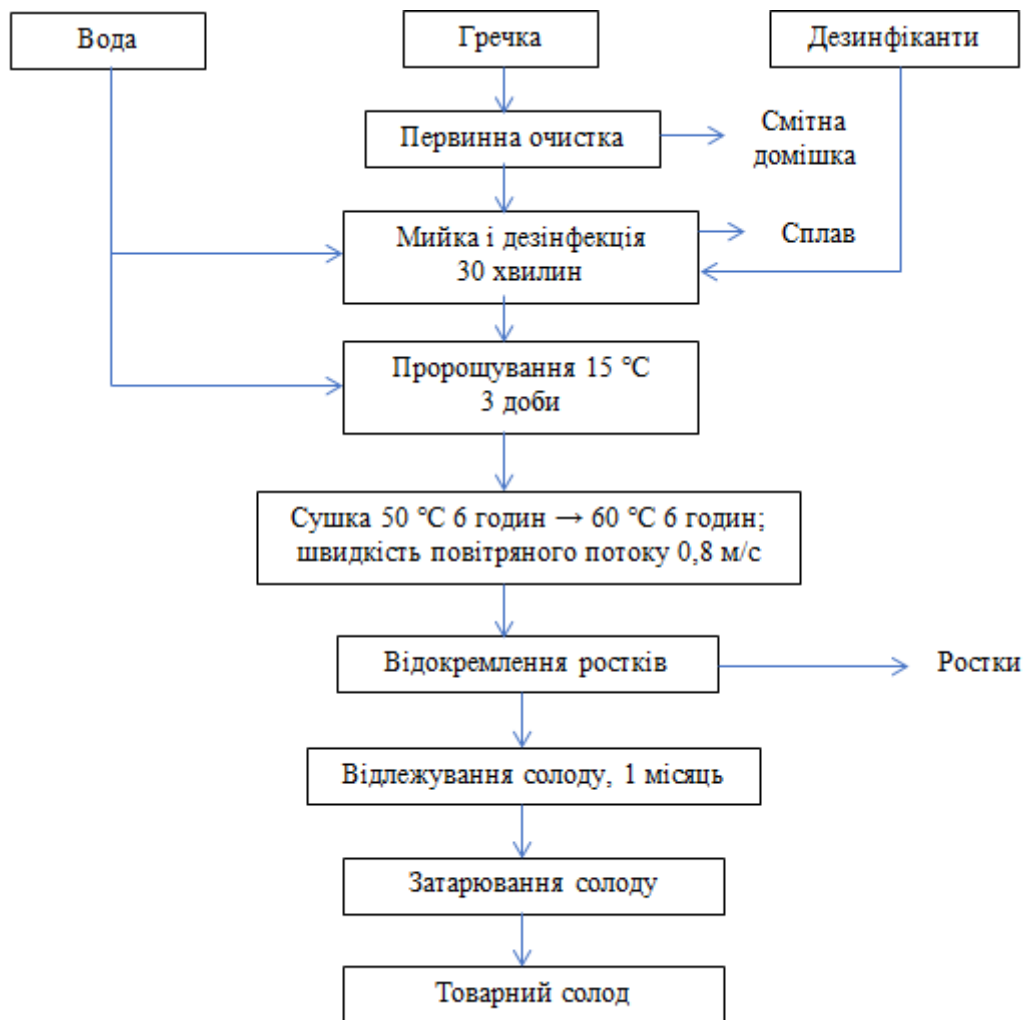


Рисунок 3.4 – Технологічна схема приготування безглютенового гречаного солоду

Поміж інших дезінфектантів, що допускаються до використання, крім марганцевокислого калію, можна використовувати перекис водню [18], хлорне вапно [23], та інші агенти з дезінфекційною дією.

#### Висновки до розділу

У цьому розділі дипломної роботи було встановлено оптимальні умови для солодоращення зерна гречки. Основні особливості цього процесу включають використання методу зрошування для пророщування без окремої стадії замочування, збереження вологості пророщених зерен на рівні 56 – 58 %, пророщування при температурі 15 °C протягом 3 діб.

Був обґрунтований та розроблений оптимальний режим сушіння гречаного солоду, де вперше досліджено вплив швидкості повітряного потоку на ефективність процесу. Однією з особливостей цієї технології є застосування двоетапної сушки солоду за температур 50 °С (протягом 6 годин) і 60 °С (протягом 6 годин) при швидкості повітряного потоку 0,8 м/с.

Проведено аналіз готового гречаного солоду з огляду на його органолептичні та фізико-хімічні характеристики. Готовий солод відрізняється високим рівнем амілолітичної активності (240 – 260 од. W-K), задовільним вмістом крохмалю (60%), вільного амінного азоту (96 мг/100 мл) та оптимальним значенням рН (5,9). За цими та іншими показниками він перевищує зразки, отримані іншими авторами за допомогою інших технологій. Якість солоду з низьким вмістом білка (сорт Українка 373) виявилася вищою, ніж у зразків з вищим вмістом білка (сорт Антарія). Вміст глютену в гречаному солоді склав менше 5 мг/кг, що дозволяє вважати його безглютеновою сировиною і використовувати для виробництва харчових продуктів для хворих на целіакію.

Розроблено процес виробництва гречаного солоду, що включає такі етапи: пророщування за допомогою зрошувального методу при 15 °С протягом трьох діб з вологості зерна 56 – 58 %, а також двоетапна сушка солоду протягом 12 годин. Використання цієї технології дозволяє уникнути втрат сухих речовин солоду, які не перевищують 3 %, що виявляється значно меншим, ніж у випадку інших методів.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

### 4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора лінії з виробництва гречаного безглютенового солоду

При розробці карти охорони праці для оператора цеху з виробництва гречаного безглютенового солоду були враховані основні вимоги з охорони праці при виконанні даної операції.

<p><b>1. Загальна інформація</b>          Посада: оператор лінії виробництва гречаного безглютенового солоду          Тривалість робочого часу: 1 зміна.          7:00-18:30.          Проходження медогляду: 1 раз на рік          Проходження вторинного інструктажу з ОП – 1 раз на 6 міс.          Термін дії картки: 08.06.2028 року, за умови не введення змін у хід технологічного процесу.</p>	<p><b>2. Забезпечення одягом та ЗІЗ</b>          Головний убір – 1 раз на рік          Черевики шкіряні на жаростійкій підшві – 1 раз на 6 міс.          Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 міс.          Рукавиці трикотажні – до зносу          Респіратор– до зносу          Навушники протишумові– до зносу          Захисні окуляри– до зносу</p>	
<p><b>3. Вимоги перед початком роботи</b>          Робітник повинен оглянути і надіти спецодяг.          Робітник повинен підготувати робочу зону для безпечної роботи          Про виявлені при огляді порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.</p>	<p><b>4. Вимоги під час роботи</b>          Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання і до якої допущений.          Забороняється доручати свою роботу ненавченим і стороннім особам.          Робітник повинен застосовувати необхідні для безпечної роботи справне устаткування, інструмент, пристосування.</p>	
<p><b>5. Вимоги охорони праці при закінченні роботи</b>          Після закінчення роботи привести в порядок робоче місце, інструменти, пристосування прибрати у відведене місце.          Зняти і здати на збереження спецодяг та інші засоби захисту.          Виконати правила особистої гігієни.          Повідомити керівнику і змінника про всі порушення і зауваження, виявлених в процесі роботи.</p>	<p><b>6. Вимоги охорони праці в надзвичайних ситуаціях</b>          При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварії і нещасних випадків, слід негайно:          - припинити всі роботи;          - відключити використовуване обладнання;          - доповісти керівнику робіт.          При отриманні травми, отруєння або раптового захворюванні потерпілому повинна бути надана перша (долікарська) допомога</p>	
<p><b>Контакти служб екстреної допомоги</b></p>		
<p><b>101</b> ПОЖЕЖНА СЛУЖБА</p>	<p><b>102</b> ПОЛІЦІЯ</p>	<p><b>103</b> ШВИДКА МЕДИЧНА ДОПОМОГА</p>

Рисунок 4.1 – Картка з охорони праці для оператора цеху з виробництва безглютенового гречаного солоду

## 4.2 Заходи першої допомоги у разі ураження електричним струмом

Перша допомога залежить від стану потерпілого після звільнення від струму. Щоб визначити умови, необхідно вжити наступних заходів:

- покладіть потерпілого спиною на тверду поверхню;
- перевірте, чи дихає потерпілий;
- перевірте, чи є у потерпілого пульс на сонній артерії;
- для оцінки стану зіниці необхідно її оглянути, розширена зіниця вказує на зниження кровопостачання.

У всіх випадках ураження електричним струмом необхідно в обов'язковому порядку викликати лікаря, незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий знаходиться в свідомості, його слід укласти в зручне положення, забезпечити спокій до прибуття лікаря, обов'язково поспостерігати за станом задухи і пульсом. Постраждалим не слід дозволяти рухатися або продовжувати працювати. Якщо ви не можете негайно викликати лікаря, потрібно терміново доставити потерпілого в медичний центр.

Якщо потерпілий втратив свідомість, потрібно укласти його, розстебнути одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, дати понюхати нашатирний спирт, скропити водою і забезпечити спокій. При цьому необхідно викликати лікаря. Якщо у потерпілого утруднене дихання і він рідко і судорожно дихає, йому необхідно провести штучне дихання і непрямий масаж серця.

Якщо потерпілий не подає ознак життя, його не можна вважати мертвим. Якщо в такому стані потерпілому не надати негайну першу допомогу у вигляді штучного дихання і зовнішнього масажу серця, то настає смерть. Відновлення організму, постраждалого від ураження електричним струмом, може бути здійснено декількома способами. Всі вони засновані на штучному диханні. Штучне дихання слід починати відразу після того, як потерпілий відключиться від електричного струму, і проводити безперервно до досягнення позитивного результату. Штучне дихання повинно проводитися безперервно до прибуття лікаря.



Переносити потерпілого в інше місце необхідно тільки в тому випадку, якщо потерпілий або особа, яка надає допомогу, продовжує піддаватися ризику.

Людину, яка отримала удар струмом, можна вважати померлим тільки при наявності видимої важкої травми: роздроблення черепа при падінні або опіку всього тіла. В інших випадках він констатує смерть тільки в лікарні.

#### Висновки до розділу

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва беглютенового гречаного солоду, приведено заходи першої допомоги у разі ураження електричним струмом.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Витрати на проведення досліджень

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

Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів здійснюється за наступною формулою:

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

де  $m_1$  – витрачений матеріал;

$C_1$  – вартість витраченого матеріалу, грн/кг.

У запропонованій таблиці 5.1 наведені результати розрахунку вартості матеріалу.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість основних матеріалів і їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Гречане зерно	20	25,00	500,00
Всього			500,00

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

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну платню учасника наукового дослідження

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

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

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

Вартість витраченої електроенергії визначається за такою формулою:

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

де  $M$  – потужність дослідного устаткування, кВт;

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

$T$  – тривалість роботи установки, год;

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

Вартість споживання енергії для роботи установок з пророщування зерна гречки та сушіння гречаного солоду:

$$E_{\text{прор. зерна}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 1,68 = 159,67 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 1,68 = 272,16 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{прор.зерна}} + E_{\text{п.к.}} = 159,67 + 272,16 = 431,83 \text{ грн.}$$

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

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

де  $A$  – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

$\Phi$  – вартість обладнання, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Установка для пророщування гречаного зерна	10900,0	10	20	120,08
Установка для сушіння солоду з гречаного зерна	4500	15	6	9,86
Персональний комп'ютер	10800,0	24	27	191,73
Всього				321,67

Накладні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та управлінням виробництвом, включають витрати, які повинні бути виплачені обслуговуючому та управлінському персоналу. Витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням установки, еквівалентні 80 % від розрахункової заробітної плати виконавця дослідження:

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

Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	500,00
Заробітна плата (ЗП)	741,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	163,02
Електроенергія (Е)	431,83
Амортизація (А)	321,67
Накладні витрати (НВ)	592,80
Всього	2750,32

Згідно з проведеним аналізом, заробітна плата та витрати на накладні витрати є найважливішими витратами, які займають лідируючі позиції у списку.

## 5.2 Розрахунок вартості дослідження

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

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

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2750,32 + \frac{30 \cdot 2750,32}{100} = 3575,41 \text{ грн.}$$

Сума витрат, затрачених на проведення досліджень, складає 3575,41 грн.

Висновки до розділу

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є заробітна плата та накладні витрати, які рівні 741,00 грн. і 592,80 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 3575,41 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Були досліджені основні техніко-хімічні та фізіологічні властивості зерна гречки сортів «Антарія» і «Українка 373». Виявлено, що вміст білкових речовин становить від 11 до 14 %, а крохмалю – від 52 до 71 %. Встановлено присутність рутину у відсотковому співвідношенні від 0,04 до 0,08 % у зерні. Протягом двох років зберігання зерно гречки не втрачало більше ніж 9 % вмісту рутину.

2. Були визначені оптимальні умови для пророщування зерна гречки для виробництва солоду. Ці параметри включають застосування зрошувального методу пророщування, відсутність окремої фази замочування, вологість пророщування зерна у межах 56 – 58 %, температуру пророщування 15 °C та тривалість процесу пророщування 3 доби.

3. Був досліджений та розроблений оптимальний процес сушіння гречаного солоду. Вперше було досліджено вплив швидкості повітряного потоку на ефективність сушіння. Однією з особливостей цієї нової технології є двоетапна сушка солоду: спочатку при температурі 50 °C протягом 6 годин, а потім при 60 °C також протягом 6 годин, при швидкості повітряного потоку 0,8 м/с.

4. Було проведено аналіз готового гречаного солоду на основі органолептичних та фізико-хімічних характеристик. Готовий солод характеризувався високим рівнем амілолітичної активності (240 – 260 од. W-K) та оптимальним значенням рН (5,9). За цими та іншими параметрами він перевершував зразки, отримані різними авторами за допомогою інших технологій. Якість солоду, одержаного з зерна гречки з низьким вмістом білка (сорт «Українка 373»), була вищою, ніж у випадку з більш високим вмістом (сорт «Антарія»). Вміст глютену в гречаному солоді становив менше 5 мг/кг, що дозволяє вважати його безглютеновою сировиною та використовувати його при виробництві продуктів харчування для людей, які страждають на целіакію.

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва безглютенового гречаного солоду, приведено заходи першої допомоги у разі ураження електричним струмом.

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є заробітна плата та накладні витрати, які рівні 741,00 грн. і 592,80 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 3575,41 грн.



## БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ 52061 - 2003. Солод сухий гречаний. Технічні умови.
2. Казаков Е.Д. Основні відомості про зерно / Е.Д. Казаков. – М.: Зерновий форум, 2008. – 144 с.
3. Кайшев В.Г. Стан і перспективи розвитку виробництва пивоваренного ячменю і солоду / В.Г. Кайшев, А.М. Беліченко // Пиво і напої. – 2003. – № 1. – С. 6 – 9.
4. Кисельов В.Є. Гречка як джерело флавоноїдів / В.Є. Кисельов, В.Н. Коваленко, В. Г. Мінаєва. – Київ: Наука, 2005. – 185 с.
5. Коротких Е.А. Антиоксидантна активність солодів, порошкоподібного полісолодових екстракту і квасу на його основі / Е.А. Коротких, С.В. Востріков, І.В. Новікова // Пиво і напої. – 2011. – № 3. – С. 48 – 49.
6. Коротких Е.А. Оптимізація умов солодоращення гречки / Е.А.Коротких, С.В. Востріков // Пиво і напої. – 2011. – № 5. – С. 16 – 17.
7. Коротких Е.А. Отримання гречаного солоду для виробництва солодових екстрактів / Е.А. Коротких, С.В. Востріков // Пиво і напої. – 2012. – № 6. – С. 36 – 37.
8. Косминский Г.І. Розробка технології пива з використанням гречки / Г.І. Косминский, Е.М. Моргунова, Н.В. Лисенко // Харчова технологія. – 2004. – № 4. – С. 37 – 39.
9. Крефт І. Розробка функціонально нових продуктів харчування на основі гречки звичайної і татарської / І. Крефт, К. Ікеда, С. Ікеда, Б. Бомбергар // Вісник ОрелГАУ. Актуальні питання вирощування та переробки гречки. – 2010. – № 4 (25). – С. 15 – 17.
10. Закон України «Про охорону праці» (3428).
11. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять (34095).
12. ДНАОП 0.00-4.09-93. Типове положення про безпечне виконання робіт на переробних підприємствах. (43329)/

13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

14. СН 245-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств.

15. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні (32549).

16. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солододорощення: монографія // О.А. Півоваров, О.С. Ковальова. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.

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

18. 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>.

19. Hartel, R. W. Ice crystallization during the manufacture of ice cream / R. W. Hartel // Trends in Food Science & Technology. – 1996. – № 7. – P. 315–321.

20. Clarke C. The Science of Ice Cream / C. Clarke // The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK. – 2004. – P. 13-59.

21. Thomas E. L. Structure and properties of ice cream emulsions / Thomas E. L. // Food Technol. – 1981. – P. 35–41.

22. Arbuckle W. S. Ice Cream / Arbuckle W. S. (Fourth edition). Westport Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc., 1986. – 483 p.

23. Goff H. D. Changing the ice in ice cream / H. D. Goff, A. Regand, B. Tharp // Dairy Industry International. – 2002. – Vol. 67, № 1. – P. 30–32.

24. The structure of ice cream / Berger K. G., Bullimore B. K., White G. W. [et al.] // Dairy Ind. – 1972. Aug. – P. 419–424, – 1997. Sept. – P. 493–497

25. Turan S. Interaction of Fat and Air in Ice Cream / S. Turan, M. Kirkland, P. A.Trusty // Dairy Industry International. – 1999. – Vol. 64, № 1. – P. 27–31.

26. Koxholt M. M. R. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream / M. M. R. Koxholt, B. Eisenmann, J. Hinrichs // *Journal of Dairy Science*. – 2001. – Vol. 84, № 1. – P. 31–37.

27. Patel M. R. Increasing The Protein Content of Ice Cream / M. R. Patel, R. J. Baer, M. R. Acharya // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – Vol. 89, № 5. – P. 1400–1406.

28. Flores A. A. Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers / A. A. Flores, H. D. Goff. *J. Dairy Sci.* – 1999. – № 82. – P. 1408–1415.

29. Hartel R. W. Mechanisms and kinetics of recrystallization in ice cream / R. W. Hartel // *Properties of Waters in Foods : ISOPOW 6* ; Reid, D. S., Ed., Blackie Academic & Professional : New York, – 1998. – P. 287–319.

30. Bayardo Karla. Effects of Stabilizers and Processing on the Microstructure and Stability of a Model of Ice Cream: A Thesis for the degree of Master of Science / Bayardo Karla – Canada: Guelph , 2001. – 175 p.

31. Protein-polysaccharide interactions / J. L. Doublier, C. Garnier, D. Renand,, C. Sanchez // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. – 2000. – № 5. – P. 202–214.

32. Goff H. D. Hydrocolloid applications in frozen foods: an end-users viewpoint / H. D. Goff, P. A Williams // *Gums and Stabilizers for the Food Industry*. Ed.; Royal Society of Chemistry: Dorset, UK. – 2006. – № 13. – P. 403–412.

33. Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems / E. Dickinson // *Food Hydrocolloids*. – 2003. – №17. – P. 23– 27.