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 солоду кукурудзяного

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-22 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Денис ГЕТМАН

Керівник: _____ Віталій КОШУЛЬКО

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
_____Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)
«01» травня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гетману Денису Вікторовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва солоду кукурудзяного». Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва солоду кукурудзяного. 2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Об'єкти та методи дослідження. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Схема проведення експериментальних досліджень. 3 Результати експериментальних досліджень. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Техніко-економічні розрахунки. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцент Віталій КОШУЛЬКО	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Огляд літератури	05.05-07.05.26	виконано
3	Об'єкти та методи дослідження	08.05-14.05.26	виконано
4	Дослідна частина	15.05-31.05.26	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.26	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.26	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Денис ГЕТМАН
(підпис)

Керівник роботи _____ Віталій КОШУЛЬКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: **«Обґрунтування технології виробництва солоду кукурудзяного»**

Кваліфікаційна робота: 67 сторінок, 12 рисунків, 21 таблиць, 0 додатків, 45 літературних джерел.

Об’єкт дослідження – процес солодорощення зерна кукурудзи як альтернативної рослинної сировини для виробництва солоду.

Предмет дослідження – вплив режимів замочування, пророщування та сушіння зерна кукурудзи на формування показників якості кукурудзяного солоду, зокрема вологості, екстрактивності, ферментативної активності та органолептичних властивостей.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології солоду на основі рослинної сировини, а саме зерна кукурудзи.

Кваліфікаційна робота присвячена обґрунтуванню технології виробництва кукурудзяного солоду як перспективного виду солодової продукції на основі доступної вітчизняної рослинної сировини.

Обґрунтовано доцільність застосування кукурудзи як альтернативної сировини порівняно з рисом, зважаючи на значні обсяги її вирощування в Україні, доступність для переробних підприємств та високий вміст екстрактивних речовин. Розглянуто основні етапи технологічного процесу виробництва кукурудзяного солоду, зокрема очищення зерна, замочування, пророщування, сушіння та підготовку готового продукту до подальшого використання.

У роботі визначено вплив технологічних параметрів солодорощення на якість кукурудзяного солоду, його фізико-хімічні та органолептичні показники. Запропонована технологія спрямована на розширення асортименту солодової продукції, раціональне використання зернової сировини та зменшення залежності виробництва від імпортних компонентів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Солод; кукурудза; зерно; технологія; пророщування; замочування; сушіння; крохмаль; екстрактивність; пивоваріння.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 8
1.1 Характеристики сировинної бази для виробництва солоду 8
1.2 Одержання солоду з нетрадиційної рослинної сировини 11
1.2.1 Рис як сировина для отримання солоду 13
1.2.2 Кукурудза як сировина для виробництва солоду 15
Висновки за розділом 19
2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 21
2.1 Об'єкти дослідження 21
2.2 Методика постановки експерименту 22
2.3 Методи аналізу якості зерна 23
2.4 Методи аналізу солоду 23
2.5 Визначення амілолітичної активності 24
2.6 Визначення протеолітичної активності 24
Висновки за розділом 24
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА 26
3.1 Дослідження фізико-хімічних показників кукурудзяного зерна 26
3.2 Дослідження та підбір оптимальних умов для солодорощення зерна кукурудзи 31
3.3 Дослідження амілолітичної та протеолітичної активності свіжопроросченого солоду 36
3.4 Підбір оптимальних умов для солодорощення та сушіння солоду з зерна кукурудзи 39
3.5 Якісні показники готового солоду 43
Висновки за розділом 44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ 46
4.1 Розроблення картки з безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду 46

4.1.1 Вимоги безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду 46
4.1.2 Доцільність впровадження картки безпеки праці 51
4.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва кукурудзяного солоду.....52
Висновки за розділом 55
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 56
5.1 Витрати на проведення досліджень 56
5.2 Визначення вартості дослідження.....59
Висновки за розділом 60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....61
БІБЛІОГРАФІЯ 63

ВСТУП

Кукурудза, що містить високий-відсоток крохмалю, є гарною сировиною для бродильної промисловості, зокрема, для пивоваріння. З метою збереження ячмінного солоду частину їх замінюють нескладеними матеріалами. У нашій країні та в багатьох державах кукурудза є основною культурою за площею посівів та за врожайністю, а ячмінь вирощують у малій кількості. Тому в цих країнах, де майже не культивують пивоварень ячмінь, заміна імпортного дорогого ячмінного солоду солодом з нетрадиційного сировини, тобто кукурудзи. В складеному вигляді кукурудза для виробництва солоду та пивоварінні майже не застосовувалися, тому вивчення можливості використання кукурудзи як складеної сировини для виробництва солоду та подальшого застосування цього солоду у пивоварінні є актуальним завданням.

Основною метою досліджень є розробка технології солоду на основі рослинної сировини, а саме зерна кукурудзи.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити солодові властивості кукурудзи;
- розробити технологію створення кукурудзяного солоду;
- розробити технологію солодорощення при отриманні кукурудзяного солоду;
- дослідити амінокислотний і вуглеводневий склад солоду за розробленою технологією;
- виконати розрахунок вартості проведених експериментальних досліджень.

Об’єкт дослідження – процес солодорощення зерна кукурудзи як альтернативної рослинної сировини для виробництва солоду.

Предмет дослідження – вплив режимів замочування, пророщування та сушіння зерна кукурудзи на формування показників якості кукурудзяного солоду, зокрема вологості, екстрактивності, ферментативної активності та органолептичних властивостей.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Характеристики сировинної бази для виробництва солоду

Найбільш поширеною та технологічно цінною сировиною для виробництва солоду є пивоварний ячмінь. Це пояснюється його хімічним складом, високим вмістом крохмалю, доброю здатністю до проростання, наявністю ферментативного комплексу та придатністю зерна до рівномірного солодорощення. Ячмінь має оптимальне співвідношення крохмалю, білкових речовин, ферментів і оболонок, що забезпечує формування якісного солоду з високою екстрактивністю. Крім того, плівчастість зерна відіграє позитивну технологічну роль під час фільтрування затору, оскільки оболонки утворюють природний фільтрувальний шар і сприяють кращому відокремленню сусла.

Основними вимогами до ячменю, який використовується для солодорощення, є висока енергія та здатність до проростання, вирівняність зерна, достатня крупність, оптимальна вологість, помірний вміст білка та відсутність пошкоджених, пророслих або уражених хворобами зерен. Для пивоварного ячменю важливо, щоб зерно мало високу схожість – не менше 95 – 97 %, вологість не вище 12,0 – 13,5 %, вміст білка переважно в межах 9,0 – 12,5 %, а частка крупного зерна розміром понад 2,5 мм становила не менше 90 %. Такі показники забезпечують рівномірне замочування, дружне проростання, активне утворення ферментів і стабільну якість готового солоду.

Від якості та складу ячменю значною мірою залежать екстрактивність солоду, інтенсивність ферментативних процесів, смакові властивості пива, піностійкість і колоїдна стабільність готового напою. У пивоварному ячмені вміст крохмалю зазвичай становить близько 60 – 70 % у перерахунку на суху речовину. Саме крохмаль є основним джерелом екстрактивних речовин, які під час затирання переходять у розчин і під дією амілолітичних ферментів перетворюються на зброджувані цукри. За зниженого вмісту крохмалю зменшується вихід екстракту, що негативно впливає на економічність виробництва та якість сусла.

Важливим показником якості пивоварного ячменю є вміст білка. Надмірна кількість білкових речовин у зерні небажана, оскільки білок має зворотну залежність із вмістом крохмалю: чим більше білка, тим, як правило, менша екстрактивність. Високобілковий ячмінь гірше розрихлюється під час солодорощення, ускладнює вилучення екстрактивних речовин і може сприяти помутнінню пива. Водночас надто низький вміст білка, нижче 8 %, також є небажаним, оскільки може зумовлювати слабке піноутворення, недостатню повноту смаку та зниження харчової цінності напою. Оптимальним для пивоваріння вважається помірний вміст білка, який забезпечує баланс між високою екстрактивністю солоду, активністю ферментів і формуванням стабільної піни.

Плівчастість зерна також істотно впливає на якість солоду і пива. З одного боку, оболонки необхідні для формування фільтрувального шару під час фільтрування затору. З іншого боку, надмірна плівчастість знижує екстрактивність зерна, збільшує частку нецінних речовин і може погіршувати смакові властивості пива через перехід у сусло дубильних, гірких та інших небажаних сполук. Тому для солодорощення бажано використовувати зерно з невисокою плівчастістю, доброю виповненістю та рівномірною структурою ендосперму.

Сировинна база для виробництва солоду залежить не лише від сорту ячменю, а й від умов вирощування, збирання, післязбиральної доробки та зберігання зерна. На якість пивоварного ячменю впливають кліматичні умови року, рівень мінерального живлення, строки збирання, вологість під час жнив, наявність пошкодженого або пророслого зерна, а також дотримання режимів сушіння і зберігання. Зерно, призначене для солодорощення, повинно бути фізіологічно життєздатним, не мати ознак передчасного проростання, ураження пліснявими грибами, фузаріозом або токсинами, оскільки це безпосередньо впливає на безпечність і технологічну придатність солоду.

Для України ячмінь є однією з важливих зернових культур, що формує сировинний потенціал для солодової, пивоварної та кормової промисловості. За сучасних умов сировинна база залежить від урожайності, експортного попиту, логістичних можливостей і якості зерна. У 2024 – 2025 маркетинговому році

виробництво ячменю в Україні оцінювалося приблизно на рівні 5,8 млн т, а прогноз на 2025 – 2026 маркетинговий рік становив близько 5,9 млн т. Водночас погодні та воєнні ризики можуть впливати на обсяги врожаю й доступність якісного пивоварного зерна для внутрішньої переробки [17].

Окрім ячменю, у виробництві пива та солодових продуктів можуть використовуватися й інші зернові культури: пшениця, жито, овес, кукурудза, рис, сорго, просо, гречка, амарант та кіноа. Частина з них застосовується у вигляді солоду, а частина – як несолоджена зернова сировина або допоміжні матеріали. Використання альтернативної сировини дає можливість розширити асортимент напоїв, змінити смако-ароматичний профіль пива, знизити собівартість окремих рецептур або створювати спеціалізовані продукти, зокрема безглютенові напої. Для виробництва безглютенового пива найчастіше розглядають рис, кукурудзу, сорго, просо, гречку, амарант і кіноа.

Пшениця використовується для одержання пшеничного солоду, який надає пиву м’якості смаку, світлішого кольору та сприяє формуванню стійкої піни. Водночас пшеничний солод не має плівчастої оболонки, тому при його високій частці у засипі можуть виникати труднощі з фільтруванням затору. Жито застосовується переважно для виробництва спеціальних сортів солоду та напоїв із вираженим хлібним, пряним або карамельним профілем. Житній солод може підвищувати в’язкість затору через значний вміст некрохмальних полісахаридів, тому його використання потребує коригування технологічних режимів.

Рис застосовують як допоміжну сировину завдяки високому вмісту крохмалю, нейтральному смаку та низькому вмісту білкових речовин. Його використання дозволяє отримувати легші за смаком напої з нижчою інтенсивністю кольору. Кукурудза також характеризується високим вмістом екстрактивних речовин і може використовуватися у вигляді крупки, борошна або пластівців. Вона сприяє підвищенню виходу екстракту, пом’якшенню смаку та зниженню повноти тіла напою. Проте рис і кукурудза не мають достатньої власної ферментативної активності, тому їх застосування потребує наявності якісного ячмінного солоду або використання ферментних препаратів.

Сорго, просо, гречка та інші нетрадиційні культури набувають значення у виробництві спеціальних і безглютенових напоїв. Сорго широко використовується в окремих країнах як основна сировина для алкогольних і безалкогольних ферментованих напоїв. Гречка та амарант мають підвищений вміст біологічно цінних речовин, але їх технологічне використання у солодорощенні потребує ретельного підбору режимів замочування, пророщування та сушіння. Такі культури можуть бути перспективними для створення функціональних напоїв, однак за ферментативною активністю і стабільністю технологічних показників вони поступаються традиційному пивоварному ячменю [27].

Таким чином, основою сировинної бази для виробництва солоду залишається якісний пивоварний ячмінь, який забезпечує оптимальне поєднання крохмалистості, ферментативної активності, здатності до проростання та технологічної придатності до фільтрування. Перспективним напрямом розвитку сировинної бази є використання не лише традиційного ячмінного солоду, а й пшеничного, житнього, вівсяного, соргового та інших спеціальних видів солоду. Це дозволяє розширювати асортимент солодової продукції, створювати напої з новими органолептичними властивостями, підвищувати гнучкість виробництва та адаптувати технології до сучасних вимог ринку.

1.2 Одержання солоду з нетрадиційної рослинної сировини

У світі дедалі більше типів пива, що різняться за смаком, кольором, ароматом, повнотою смаку, піноутворюючими властивостями та іншою ознакою якості. Це також означає, що для приготування різних типів пива слід використовувати в різній кількості ті чи інші типи солоду, що визначають особливості даного типу пива [27].

Пшеничний солод застосовують для виробництва пшеничного пива, а також інших видів пива верхового бродіння, наприклад «кельнське». Для отримання високої якості пшеничного солоду використовують пшеницю сорту, що мають низьку розчинність білка і знижену в’язкість, наприклад Anthus, Tabasco, Skalmeje,

Hermann, Mythos та інші. На відміну від ячменю для зерна пшениці характерна в першу чергу відсутність м'якої оболонки та підвищений вміст білка, що в деяких випадках може призвести до виникнення проблем при виробництві пива.

Через відсутність оболонки зерно дуже швидко поглинає воду, так що час замочування можна скоротити. Замочують пшеницю до вологості 44 – 46 % і пророщують протягом 7 діб аналогічно ячменю. Температуру можна підтримувати трохи нижче, ніж у ячменю, але для забезпечення розчинення клітинних стінок в останню добу пророщування її потрібно підняти до 17 – 20 °С. Для досягнення типового для пшениці аромату переважно менш інтенсивне розчинення білка. Оскільки у пшеничного пива бажано отримання широкого спектру побічних продуктів бродіння. Тому слід прагнути до зниженого вмісту білків в пшениці та до низьких значень розчинного азоту [42].

Солод з жита темніше пшеничного, приготоване з нього пиво має явний присмак хліба або хлібної скоринки. Жито насилу піддається солодорощенню через високий вміст пентозанів. Жито замочується трохи менш інтенсивно, час замочування і пророщування становить близько 7 діб. Житній солод може використовуватися для приготування спеціального пива, оскільки він надає пиву оригінального смакового профілю [27].

Для виробництва мутного пива із сорго використовується сорговий солод. Оскільки ферментативний потенціал сорго слабшає, ніж у ячменю, замочування повинно проводитися інтенсивно протягом 17 – 21 години при температурах 27 – 30 °С та частої зміни води. Пророщування ведеться при 17 – 21 °С з використанням сильної вентиляції та зволоження. Солод із сорго схильний до підвищеного вмісту поліфенолів та білка. У ряді африканських країнах пиво варять тільки із солоду сорго, оскільки ввезення ячмінного солоду заборонено, а вирощування ячменю ускладнено через кліматичні умови.

Гречка – це псевдозлак, що обробляється головним чином у центральній Європі, а також в Азії. Вона характеризується коротким вегетаційним періодом і любить вологі умови помірного клімату. В останні роки гречку вважають дієтичним продуктом і здоровою їжею. Необрушені зерна гречки поглинають воду

повільніше, ніж лущене, що покращує ферментативну активність солоду. Крім того, лушпиння може служити допоміжним фільтруючим матеріалом для фільтрчана. Оптимальний вміст вологи після 12 год замочування при 10 °С становить 40 – 45 %. Оптимальна, ферментативна активність у гречаному солоді досягається при пророщуванні гречки при 15 °С протягом 4 діб [4].

1.2.1 Рис як сировина для отримання солоду

Рис – це одна з найбільш важливих і цінних круп'яних культур. За обсягом виробництва рис є найважливішим у світі виробничою культурою після пшениці [7]. Для більшої частини населення земної кулі (Китай, Індія, Японія, Індонезія, В'єтнам та ін.), особливо для жителів тропічних країн – головна їжа, тоді як пшениця є основним продуктом харчування для країн з помірним кліматом. Рис служить найкращим засобом проти поширених у цих країнах шлункових захворювань. Рисовий відвар здавна відомий як лікарський засіб [5].

Рис відноситься до злаку *Oryseae* L. і рід *Oryza* має мітличку з одноквітковими колосками і зернівку з маленьким зародком [7]. Зернівка рису зовні покрита грубими квітковими плівками. Кількість плівок становить 14 – 35 % до маси зерна. У нормальному зерні рису міститься до 74 – 79 % ядра, яке вільно лежить під плівками і покрито тонкою плодовою оболонкою. До плодової оболонки примикає також тонка насіннєва оболонка, далі розташований тонкий алейроновий шар, біля основи ядра знаходиться зародок. Зародок займає лише $\frac{1}{4}$ обсягу зернівки і становить від 2 до 5 % її маси.

У зернівки рису розрізняють дорзальну (спинну), бічну і вентральну (черевну) сторону. На поверхні зернівки є ребра, які утворилися в результаті тиску ребер квіткових лусок при формуванні плоду. На відміну від інших зернових культур, зернівка рису не має поздовжньої борозенки.

Велика частина білка ендосперма (95 %) знаходиться у формі окремих дрібних частинок, що називаються білковими тільцями. Консистенція ендосперма рису є важливою ознакою якості зерна, його технологічних та споживчих

властивостей. На відміну з інших злаків склоподібність рису, очевидно, пов’язана з вмістом у ньому білка [2].

Форма та розміри зернівки рису різноманітні. Існують форми, що мають округлі, овальні, прямі та викривлені зернівки. У межах виду розмір зернівки коливається по довжині від 4 до 10 мм і більше, а по ширині – від 1,2 до 3,5 мм. Забарвлення зернівок буває від сріблясто-білого до темно-коричневого, навіть чорного. Калорійність рису – 3594 кал/кг, вона лише поступається пшениці, калорійність якої 3610 кал/кг і перевищує ячмінь, калорійність його становить 3400 кал/кг [7].

Поряд з високою поживною цінністю рису, як чисто харчового продукту, цей показник говорить однозначно і на користь використання сировини для виробництва пива. Причому це не тільки економічний вихід для названих країн, а й прямий засіб підвищення якості, розширення асортименту пива.

Хімічний склад рису не постійний і змінюється в залежності від сорту та ґрунтово-кліматичних умов вирощування. У таблиці 1.1 та 1.2 приведено усереднення по складу рису і пивоварного ячменю [9].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад злаків

Речовини, що входять до складу злаків, %	Рис	Ячмінь
Вода	10 – 13	12 – 16
Крохмаль	57 – 88	54 – 65
Геміцелюлозні та пектинові речовини	12,7 – 13,2	10,5 – 11,7
Білок	6 – 9	9 – 14
Жир	0,2 – 0,7	2 – 3
Мінеральні речовини	1 – 2	3 – 4

До складу білків зерна рису входить 18 амінокислот, при цьому характерно високий вміст усіх незамінних амінокислот, крім лізину. Аналіз амінокислотного складу рисового зерна показав, що помітно менше інших амінокислот зі зростанням загального білкового вмісту збільшується кількість лізину в той час, як

глутамінова кислота і тирозин позитивно пов'язані з вмістом білка [30].

Таблиця 1.2 – Склад білкових фракції рису та ячменю, % до загальної суми білків

Найменування фракції	Рис	Ячмінь
Альбумін	5,8	2,8
Тлобулін	9,17	18,1
Проламін	14,17	37,2
Глутелін	70,9	41,9

Таким чином, рис містить більше крохмалю і менше жиру, що призводить до збільшення виходу зі екстракту. Крім того, рис містить меншу кількість білка, ніж пивоварний ячмінь. В результаті отримання з нього солод міститиме менше високо- і середньомолекулярних білків, ніж ячмінний солод, що супроводжує прискорення фільтрації затору і потім підвищення колоїдної стійкості кінцевого продукт. Отже, додавання рису досить перспективне.

1.2.2 Кукурудза як сировина для виробництва солоду

Кукурудза (*Zea mays*) – одна з найдавніших і найбільш окультурених рослин. У світовому землеробстві кукурудза посідає третє місце за посівною площею серед зернових після пшениці та рису.

Зерно кукурудзи, складається з оболонки, ендосперму, зародка, чохлика, яким воно кріпиться до стрижня качана. Залежно від властивостей зерна розрізняють сім підвидів кукурудзи: зубоподібна, напівзубоподібна, кремниста, крохмалиста, цукрова, воскоподібна. У зв'язку з тим, що цінність нескладеної сировини визначають за вмістом в ньому вуглеводів, для пивоваріння підходять підвиди: кукурудза зубоподібна, кремниста та крохмалиста [9]. Середній хімічний склад зерна кукурудзи наведено у таблиці 1.3.

Вміст крохмалю в кукурудзі в середньому становить 66 %. Він розподіляється в такий спосіб: у ендоспермі (80 – 86 %), зародку (9 – 11 %), оболонці (6 – 9 %). Крохмаль кукурудзи складається з двох вуглеводних фракцій:

амілози (21 – 23 %) та амілопектину (78 – 81 %). В даний час виведені сорти високоамілазної кукурудзи із вмістом амілози до 83 %. Таким чином, кукурудза відноситься до тих зернопродуктів, у яких співвідношення амілози/амілопектину близьке до оптимального значення 20/80.

Таблиця 1.3 – Середній хімічний склад зерна кукурудзи для 100 г продукту

Хімічний склад кукурудзяного зерна			
Компоненти	Кількість	Компоненти	Кількість
Вода, г	14,0	Mg, мг	104
Білки, г	10,3	P, мг	301
Жири, г	4,85	Fe, мг	3,71
Моно- і дисахариди, г	1,73	Si, мг	60
Крохмаль, г	56,9	Zn, мг	1,73
Клітковина, г	2,1	Mn, мг	1,09
Геміцелюлоза, г	4,2	B1, мг	0,38
Зола, г	1,2	B3, мг	0,60
K, мг	340	B7, мкг	21,0
Ca, мг	34	Токоферол (E), мг	5,5

Клейстеризація крохмалю кукурудзи відбувається при вищій температурі, ніж крохмалю інших злаків. Вона починається за 65 °С і закінчується при 95 °С. Однак, граничні температури клейстеризації крохмалю значно коливаються залежно від сорту кукурудзи.

Вміст некрохмалистих полісахаридів у кукурудзі менше, ніж у ячмені. Отже, використання кукурудзи в технологічному процесі затирання сприяє зниженню в'язкості сусла, зменшенню кількості цукрів, що не зброджуються, і зниженню ймовірності виникнення помутніння в пиві, причиною якого є наявність проміжних продуктів гідролізу за некрохмалистих поліцукрів.

Вміст білка в кукурудзі в залежності від сорту коливається в межах 8 – 12 % від вмісту СР, більша їх частина (75 %) міститься в ендоспермі та зародку (12 %). Білки кукурудзи в основному містять спирто- і лугорозчинні фракції (таблиця 1.4),

які мають ізоелектричну точку при величині pH 5,7 і переходять у нерозчинний стан при кип'ятінні сусла з хмелем.

Таблиця 1.4 – Фракційний склад білків кукурудзи ячменю та рису (в % від вмісту у білку)

Назва фракцій	Зернопродукти		
	Ячмінь	Кукурудза	Рис
Альбуміни	2,8	Сліди	5,8
Глобуліни	18,1	5-6	9,1
Проламіни	37,2	50-55	14,0
Глютеліни	41,9	30-45	70

Особливістю білка кукурудзи є низький вміст у ньому альбумінів та глобулінів. Отже, пиво, отримане із застосуванням кукурудзи, містить менше глобулінів, що позитивно відбивається на його фізико-хімічній стійкості.

Таким чином, білки кукурудзи малорозчинні, велика їх частина осідає при кип'ятінні сусла з хмелем, що позитивно позначається на колоїдній стійкості пива. Крім того, білки кукурудзи погано набухають і не утворюють клейковини. Ці особливості білкових фракцій кукурудзи роблять її кращим нескладеним матеріалом у порівнянні з ячменем.

Вміст проліну та інших сірковмісних амінокислот в кукурудзі не значно нижчий, ніж у ячмені (таблиця 1.5). Отже, з цієї точки зору немає відмінностей у переробці ячменю та кукурудзі.

Ліпіди мають велике значення в пивоварінні через свій вплив на метаболізм дріжджів, піностійкість і смакову стабільність пива. Жир у кукурудзі становить 2 – 5 % і зосереджений, в основному, у зародку, у кількості 25 – 45 % всього жиру. Отже, після видалення зародка кукурудза практично не відрізняється по неодержанню жиру від інших злаків. Тим не менш, для пивоваріння з метою підвищення екстрактивності сусла та отримання пива з високою піностійкістю і смаковою стабільністю застосовують сорти кукурудзи, які містять мінімальну кількість жиру.

Таблиця 1.5 – Вміст амінокислот у зерні кукурудзи

Амінокислота	Вміст (в мг/100г продукту, що містить 86% сухих речовин)
Аспарагінова кислота	580
Глютамінова кислота	1780
Пролін	1091
Валін	416
Метіонін	120
Фенілаланін	460
Цистин	170

Кукурудза як солоджений матеріал широко використовується в пивоварінні. У складеному вигляді кукурудза майже не застосовується, тому дослідження, спрямоване на отримання кукурудзяного солоду стає перспективним.

Застосування зерна кукурудзи у солодорощенні та пивоварінні є доцільним з технологічної й економічної точок зору. Кукурудза характеризується високим вмістом крохмалю, значною кількістю екстрактивних речовин, нейтральним смаком і здатністю формувати світлий, м'який за органолептичними властивостями напій. Порівняно з рисом, кукурудза має істотну перевагу для українських підприємств завдяки значно потужнішій вітчизняній сировинній базі. Якщо виробництво кукурудзи в Україні вимірюється десятками мільйонів тон на рік, то рис вирощується в обмежених обсягах і значною мірою заміщується імпортом. Зокрема, у 2025 – 2026 сезоні виробництво кукурудзи прогнозувалося на рівні близько 29 млн тон, тоді як імпорт рису лише за січень-вересень 2025 року становив близько 77,8 тис. тон. Це свідчить про кращу доступність, стабільність постачання та економічну доцільність використання кукурудзи як альтернативної зернової сировини у виробництві солоду та пива.

Разом із тим кукурудза поступається ячменю за ферментативною активністю, тому її використання у солодорощенні потребує коригування технологічних режимів замочування, пророщування та сушіння, а під час затирання – застосування ячмінного солоду або ферментних препаратів. Незважаючи на це,

завдяки високій крохмалистості, доступності на внутрішньому ринку та значним обсягам вирощування в Україні кукурудза є перспективною сировиною для розширення асортименту солодової продукції та зменшення залежності виробництва від імпортного рису.

Висновки за розділом

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що основною сировиною для виробництва солоду є пивоварний ячмінь, який має оптимальне співвідношення крохмалю, білкових речовин, ферментів та оболонок. Найбільш придатним для солодорощення є зерно зі схожістю не менше 95 – 97 %, вологістю не вище 12,0 – 13,5 %, вмістом білка 9,0 – 12,5 % та часткою крупного зерна понад 2,5 мм не менше 90 %. У ячмені вміст крохмалю становить близько 60 – 70 %, що забезпечує високу екстрактивність солоду.

Визначено, що надмірний вміст білка у зерні знижує екстрактивність, ускладнює розрихлення ендосперму та може спричиняти помутніння пива. Водночас вміст білка нижче 8 % є небажаним, оскільки погіршує піноутворення та повноту смаку напою. Тому для виробництва якісного солоду важливо використовувати зерно з оптимальним хімічним складом і високою фізіологічною здатністю до проростання.

Показано, що поряд із ячменем перспективним є використання нетрадиційної сировини: пшениці, жита, сорго, гречки, рису та кукурудзи. Пшеничний солод застосовують для отримання пива з м’яким смаком, світлим кольором і стійкою піною. Для його виробництва пшеницю замочують до вологості 44 – 46 % і пророщують близько 7 діб.

Рис має високий вміст крохмалю – 57 – 88 %, низький вміст білка – 6 – 9 % та незначну кількість жиру – 0,2 – 0,7 %, що позитивно впливає на вихід екстракту та колоїдну стійкість пива. Однак його використання в Україні обмежене через недостатню власну сировинну базу та залежність від імпорту.

Обґрунтовано перспективність застосування кукурудзи у солодорощенні та пивоварінні. Вона містить близько 66 % крохмалю, 8 – 12 % білка та 2 – 5 % жиру, характеризується високою екстрактивністю, нейтральним смаком і здатністю формувати світлий, м'який напій. Порівняно з рисом, кукурудза є значно доступнішою для українських підприємств: у 2025 – 2026 сезоні її виробництво прогнозувалося на рівні близько 29 млн т, тоді як імпорт рису за січень-вересень 2025 року становив лише близько 77,8 тис. т.

Отже, метою кваліфікаційного дослідження є розробка технології солоду на основі рослинної сировини, а саме зерна кукурудзи.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити солодові властивості кукурудзи;
- розробити технологію створення кукурудзяного солоду;
- розробити технологію солодорощення при отриманні кукурудзяного солоду;
- дослідити амінокислотний і вуглеводневий склад солоду за розробленою технологією;
- виконати розрахунок вартості проведених експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – процес солодорощення зерна кукурудзи як альтернативної рослинної сировини для виробництва солоду.

Предмет дослідження – вплив режимів замочування, пророщування та сушіння зерна кукурудзи на формування показників якості кукурудзяного солоду, зокрема вологості, екстрактивності, ферментативної активності та органолептичних властивостей.

2 ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об’єкти дослідження

Відповідно до мети і завдань досліджень у роботі використовувалися такі матеріали: солод світлий пивоварний ячмінний за ДСТУ 4282:2018 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови». Для проведення роботи використовували світлий солод. Фізико-хімічні показники відображені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні показники, що характеризують якість світлого ячмінного солоду

Показники	Значення
Масова частка бур’янистої домішки, %	Не допускається
Кількість борошняних зерен, %	не менше 85
Кількість скловидних зерен, %	не більше 3,0
Масова частка вологи, %	не більше 4,5
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %	не менше 79,0
Різниця масових часток екстрактів в сухій речовині солоду тонкого і грубого помелів, %	не більше 1,5
Масова частка білкових речовин у сухій речовині, %	11,5
Відношення масової частки розчинного білка до масової частки білкових речовин у сухій речовині солоду (число Кольбаха), %	39 – 41
Тривалість оцукрювання, хв	не більше 15
Лабораторне сусло:	
Колір, $см^3$ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ води	не більше 0,18
Кислотність, $см^3$ розчину гідроксиду натрію моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ сусла	0,9 – 1,1
Прозорість, візуально	прозоре

Експериментальні дослідження з технології отримання солодженої

кукурудзи проводились із використанням кукурудзяних зубоподібних зернівок гібриду «Фуріо ФАО 350», рисунок 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд зернівок гібриду кукурудзи «Фуріо ФАО 350»

2.2 Методика постановки експерименту

Експеримент розділений на 4 основних етапи, програмна модель дослідження представлена на рисунку 2.2.

На першому етапі вивчали хімічний склад кукурудзи, як зернової сировини для одержання солоду.

На другому етапі обґрунтовано технологію одержання солоду із зернової сировини, а саме зерна зубоподібної кукурудзи. Досліджено активність основних гідролітичних груп ферменту зерна та солоду.

На третьому етапі обґрунтовано режим сушіння отриманого кукурудзяного солоду.

На четвертому етапі експериментальних досліджень проведено дослідження фізико-хімічних та органолептичних показників готового солоду

На п’ятому етапі проведено розрахунок кошторису витрат на проведення експериментальних досліджень.

У висновку розглянули практичні аспекти використання досліджуваної технології і приведення результатів пройденої апробації.



Рисунок 2.2 – Програмна модель досліджень

2.3 Методи аналізу якості зерна

Оцінку якості кукурудзяного зерна проводили за наступними фізико-хімічними показниками: натура, маса 1000 зерен, плівчастість, масова частка вологи, кислотність, масова частка білка, вміст крохмалю, здатність до проростання та енергія проростання за загальноприйнятими у промисловості методикам [15, 21, 27].

2.4 Методи аналізу солоду

Оцінку якості світлого пивоварного солоду, отриманого з зубоподібного зерна кукурудзи, проводили за такими фізико-хімічними показниками: масова частка вологи, кислотність, масова частка крохмалю, число Кольбаха, вміст

екстрактивних речовин, тривалість загального та амінного азоту, колір, за загальноприйнятим у пивоварній промисловості методами [21, 26, 32].

2.5 Визначення амілолітичної активності

Амілолітична активність визначається методом Віндіша-Кольбаха [20]. Амілолітична активність солоду виражають у грамах мальтози, що утворилася з розчинного крохмалю під дією 100 г солоду протягом 30 хвилин при 20°С і при pH 4,3 (в одиницях Віндіша-Кольбаха) [21].

2.6 Визначення протеолітичної активності

Протеолітичну активність визначали за методом Ансона [23]. За одиницю протеолітичної активності приймають таку кількість ферменту, яку за 10 хв при 30 °С перетворюють на неосадженій трихлороцтовою кислотою, стан 1 г білка (казеїнату натрію).

Протеолітична активність препарату виражаються числом протеолітичних одиниць на 1 г ферментного препарату, тобто мікромолях тирозину, визначених у розчині (од/г). А також протеолітична активність солоду визначається методом, загальноприйнятим у пивоварній промисловості. Протеолітична активність солоду виражають в мг загального розчинного азоту, що утворюється з неактивованого ячмінного борошна під дією 1 г солоду протягом 1 години при 50°С, pH 5,5 [15, 21].

Висновки за розділом

У розділі визначено об’єкти та методи дослідження, необхідні для обґрунтування технології виробництва кукурудзяного солоду. Як контрольний зразок використано світлий пивоварний ячмінний солод, якість якого регламентується ДСТУ 4282:2018. Для порівняльної оцінки прийнято основні нормативні показники: масова частка вологи – не більше 4,5 %, екстрактивність у

сухій речовині солоду тонкого помелу – не менше 79,0 %, кількість борошняних зерен – не менше 85 %, скловидних – не більше 3,0 %, тривалість оцукрювання – не більше 15 хв, число Кольбаха – 39 – 41 %.

Основною дослідною сировиною обрано зерно зубоподібної кукурудзи гібриду «Фуріо ФАО 350», що є доцільним з огляду на високий вміст крохмалю, доступність цієї культури в Україні та перспективність її використання як альтернативної сировини для солодорощення. Використання ячмінного солоду як контрольного зразка дозволяє об'єктивно порівняти якість отриманого кукурудзяного солоду з традиційною пивоварною сировиною.

Експериментальні дослідження побудовано послідовно та логічно. Програма роботи передбачає вивчення хімічного складу зерна кукурудзи, обґрунтування технології його солодорощення, визначення активності гідролітичних ферментів, підбір режиму сушіння, оцінювання фізико-хімічних і органолептичних показників готового солоду, а також розрахунок витрат на проведення досліджень. Така структура забезпечує комплексний підхід до оцінки придатності кукурудзи для виробництва солоду.

Обрані об'єкти, етапи експерименту та методи аналізу є достатніми для комплексного дослідження процесу одержання кукурудзяного солоду. Запропонована методична схема дозволяє обґрунтувати технологічні режими солодорощення зерна кукурудзи гібриду «Фуріо ФАО 350», оцінити якість готового продукту та порівняти його з показниками традиційного ячмінного пивоварного солоду.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження фізико-хімічних показників кукурудзяного зерна

Вибір видів і сортів зерна для пивоваріння має велике значення, тому що за показниками їх якості можна судити про придатність зерна для отримання солоду і режими переробки.

З літературних даних відомо, що в залежності від властивостей зерна розрізняють сім підвидів кукурудзи: зубоподібна, напівзубоподібна, кремниста, крохмалиста, цукрова, воскоподібна, лопаюча. У зв'язку з тим, що цінність пивоварної сировини визначають за вмістом в ній вуглеводів, для пива підходять підвиди: кукурудза зубоподібна, кремниста і крохмалиста; остання вирощується на обмежених площах [29, 36, 38].

Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків урожаю 2023-2024 років приведенні у таблиці 3.1 та на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні показники зернових культур

Найменування показників,%	Пивоварний ячмінь	Зубоподібна кукурудза «Фуріо ФАО 350»
Вологість	13,5	12,7
Крохмаль	58,7	62,5
Білок	10,5	10,3
Жир	2,2	4,75
Клітковина	9,5	3,4
Мінеральні речовини	2,5	1,6

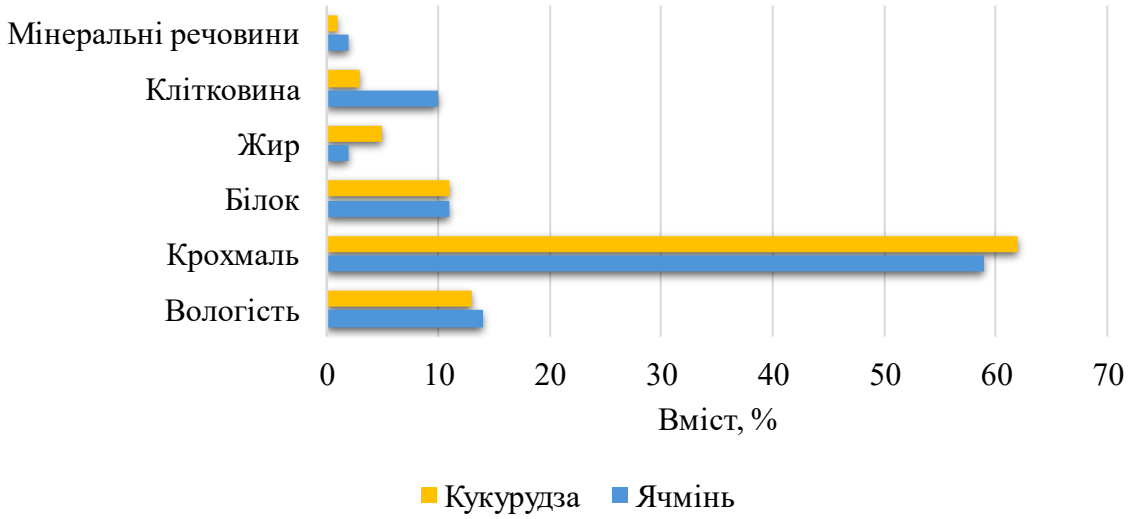


Рисунок 3.1 – Хімічний склад зерна

У виробництві пива крохмаль – це джерело утворення етилового спирту та необхідних для метаболізму дріжджів органічних речовин. Як свідчать отримані дані, кукурудза містить більше крохмалю, ніж пивоварний ячмінь і незначно різняться за вмістом білка. Це означає, що дану сировину можна застосовувати для отримання солоду з добрим екстрактивним виходом.

Білкові речовини ячменю відіграють важливу роль у технологічних процесах пивоваріння та впливають на якість готового пива: його смак, колір, пінистість та стійкість при зберіганні. Продукти гідролізу білків пептидії і амінокислоти, необхідні для харчування дріжджів при бродінні, вони беруть участь у складних процесах метаболізму дріжджової клітини. Результати дослідження білкового складу зернової культури представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Склад білкових фракцій зерна досліджуваних зразків

Білкові фракції	Масова частка компонентів, % від вмісту білка	
	Кукурудза	Ячмінь
Альбуміни	Залишок	2,8
Глобуліни	5,4	18,1
Проламіни	51,3	37,2
Глютеліни	37,5	41,9

Амінокислотний склад зерна злакових культур не однаковий, що відображає їх сортові особливості та умови вирощування. Результати дослідження амінокислотного складу зерна досліджуваних культур представлено на рисунку 3.2.

З одержаних даних видно, що білки кукурудзи відрізняються високим вмістом дикарбонових кислот (аспарагінової та глютамінової), що несуть негативний заряд. Такий же заряд мають поліфенольні (дубільні речовини). Отже, білки кукурудзи не схильні з'єднуватися з поліфенолами і утворювати білково-дубильні комплекси. Крім того, кількість проліну в кукурудзі, роль якого велика в утворенні колоїдної каламуті менша, ніж у ячмені.

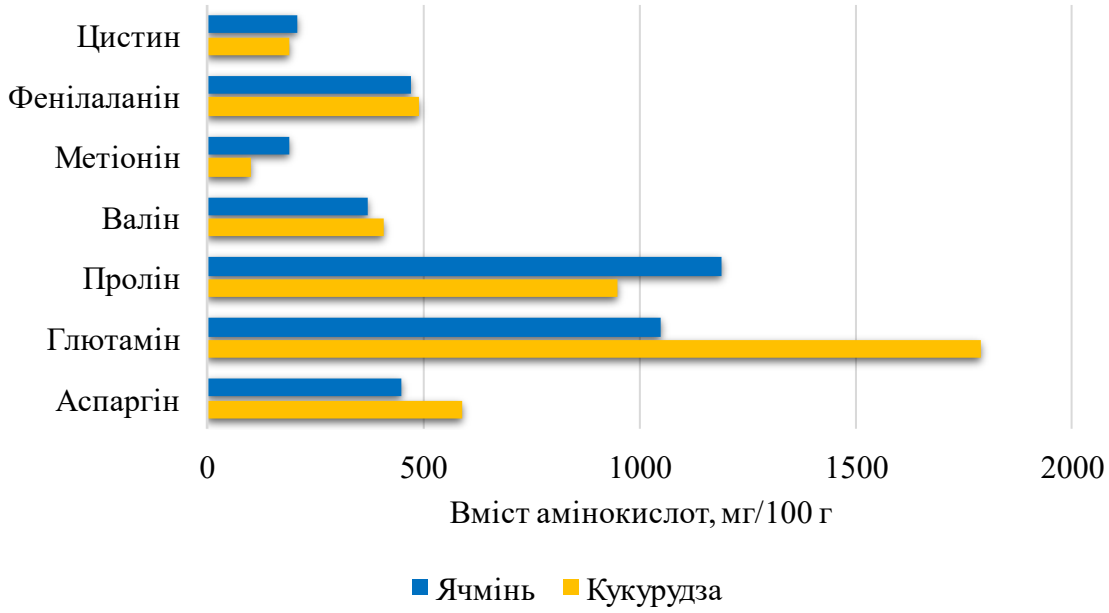


Рисунок 3.2 – Вміст амінокислот у зернових культурах

Особливістю білка кукурудзи є низький вміст у ньому альбумінів та глобулінів. Так, кількість глобулінів у кукурудзі майже втричі нижча, ніж у ячмені. Отже, пиво, отримане із застосуванням кукурудзи, містить менше глобулінів, що позитивно відбивається на його фізико-хімічній стійкості.

Вміст проліну та інших сірковмісних амінокислот у кукурудзі не значно нижчий, ніж у ячмені. Отже, з цієї точки зору немає відмінностей у переробці ячменю та кукурудзі.

Для вивчення можливості використовувати кукурудзу для отримання солоду були досліджені деякі солодові показники. Результати дослідження відображено в таблиці 3.3 та на рисунках 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Солодові показники зернових культур

Найменування показників	Пивоварний ячмінь	Зубоподібна кукурудза «Фуріо ФАО 350»
Маса 1000 зерен, г	44 – 47	240 – 260
Натура, г/дм^3	630 – 680	650 – 720
Плівчастість, %	8,5 – 10	3,5 – 5,2
Врожайність, т/га	3 – 5	8 – 12
Екстрактивність, %	76,5 – 80,5	78,5 – 82
Енергія проростання, %	94 – 96	92 – 95
Здатність для розтріскування, %	94 – 97	94 – 96

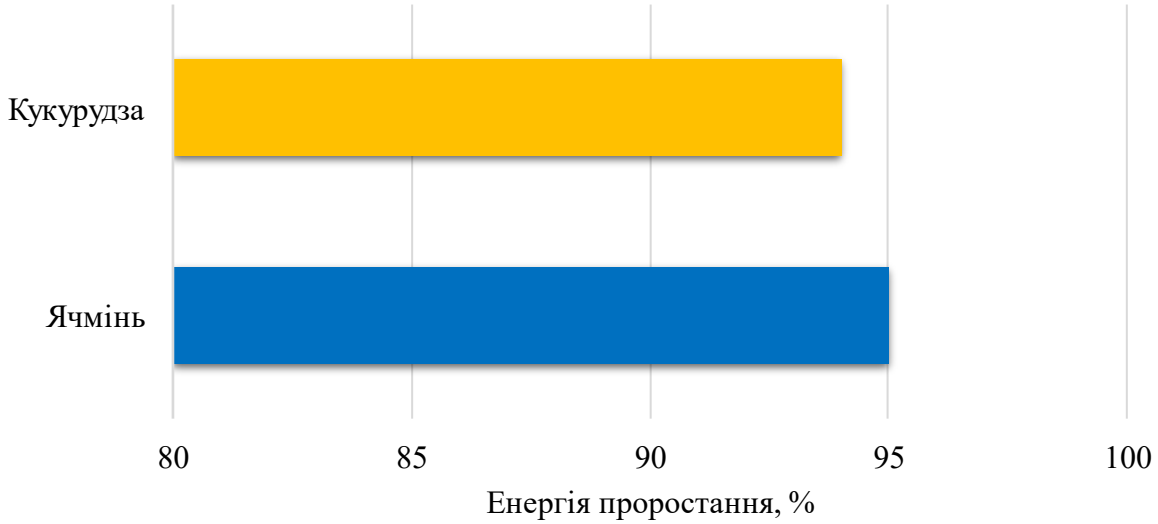


Рисунок 3.3 – Енергія проростання дослідних культур

Основними показниками придатності зерна до солодорощення є енергія проростання та здатність до проростання. Здатність до проростання визначається після закінчення не менше 45 днів після збирання врожаю і характеризується кількістю пророслих зерен через 5 діб.



Рисунок 3.4 – Здатність до проростання дослідних культур

Цей показник повинен бути не менше 90 – 95 %. Для зерна, яке не пройшло післязбиральне дозрівання, визначали можливість до проростання, так звану життєздатність, яка повинна бути не менше 95 % [9, 26].

Порівнюючи ці показники з ДСТУ 3769-98 на пивоварний ячмінь, слід зазначити, що всі зразки кукурудзяних зерен відповідають його вимогам, і цей вид зерна можна використовувати для отримання солоду з високими показниками якості.

Звертаючи увагу на те, що вміст клітковини у кукурудзі менший ніж в інших зернових культурах, тому солод з кукурудзи, можливо, з більш високим вмістом екстрактивних речовин з розрахунку на абсолютно СР проти інших культур.

Однією з особливостей у зернівок кукурудза в порівнянні з ячменем є зародок, який розвивається поза насіннєвою оболонкою. Це полегшує процес видалення зародка і паростків від зерна, але виникають проблемні перемішування зерен при пророщуванні. Тому з другого дня пророщування перемішування зерен небажано, оскільки викликає пошкодження зародка, що призводить до псування солодового матеріалу та ускладнення процесу накопичення ферментів у зернах. Зародок зерен кукурудзи більше відчутний до впливів зовнішніх факторів.

3.2 Дослідження та підбір оптимальних умов для солодорощення зерна кукурудзи

Для солодорощення велике значення мають крупність та однорідність зерна за розміром, вологість, вміст білкових речовин, тривалість зберігання. Однорідне за розміром, складом і властивостями зерно рівномірно поглинає воду при замочуванні і проростає, утворюючи свіжопророщений солод з однаковим біохімічним складом.

Зерно повинно бути добре очищене, тому що домішки погіршують його показники при зберіганні і якість солоду, що одержується. На зберігання залишають зерно з вологістю не більше 15 %. Вміст бур'янів не повинен бути більше 2 %, зернової домішки 5 % [21, 26].

Для з'ясування впливу температури та тривалості замочування на швидкість поглинання води зерном були взяті кукурудзяні зерна з проростанням більше 95 %. Перед замочуванням досліджувані зразки кукурудзи піддавали сортуванню: із загальної маси були відібрані домішки та пошкоджені зерна. Зерно замочували у конічних 2-літрових скляних воронках, забезпечених спускними кранами. Для утримання заданої температури воронки поміщали в повітряний термостат. Замочування зерна проводили за способом повітряно-водяного замочування зерна. Для замочування застосовували водопровідну воду, що має жорсткість 5,0 мг.екв/л. Призначені для замочування зразки кукурудзи в кількості 1 кг заливали водою у воронці, добре перемішували, а забруднену воду спускали.

Промивання зерна продовжували до тих пір, поки промивна вода не ставала прозорою. При цьому все легке зерно, що плаває на поверхні, знімали і видаляли. Потім зерно заливали водою та витримували 2 години. Витримане зерно добре перемішували, спускали воду і заливали 27 % хлорним вапном, що містить 0,3 г активного хлору в 1л води. Після закінчення 30 хвилин розчин хлорного вапна видаляли, а зерно кілька разів промивали, потім заливали водою і витримували 2,5 години. Загальний час на промивання та дезінфекцію зерна становив 6 год. Потім зерно на 2 години залишалося без води та для запобігання верхнім шарам його від

висихання покривали зволоженим фільтрованим папером. Наступні операції полягали в чергуванні повітряного та водяного замочування через кожну 2 години. Швидкість поглинання води зерном кукурудзи, залежно від температури води, що замочується, представлене на рисунку 3.5.

Наведена на рисунку 3.5 крива вказує, що вологість замоченого зерна кукурудзи залежить не тільки від температури та тривалості замочування, а й від виду та величини зерна.

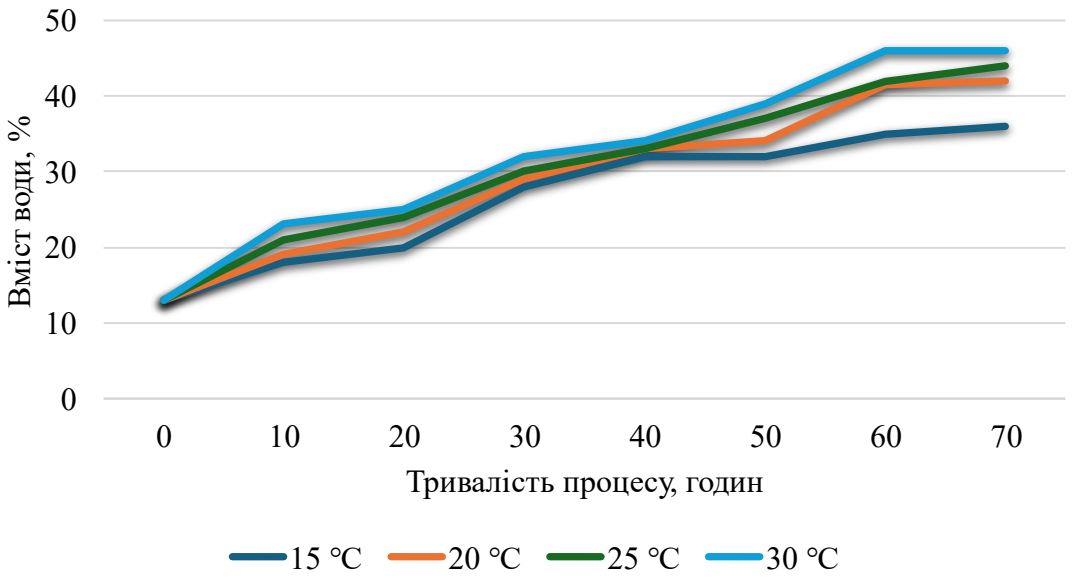


Рисунок 3.5 – Графік поглинання води зерном кукурудзи

Так, зубоподібна кукурудза за той самий час поглинає води на 10 – 15 % більше, ніж ячмінь. Ця різниця особливо помітна при низьких температурах замочування (15 – 20 °С), з підвищенням температури замочування вона зменшується. Для отримання солоду високої якості необхідно використовувати односортне зерно. Оскільки суміш різних сортів кукурудзи вимагатиме різних умов замочування.

Кукурудза в порівнянні з ячменем вимагає більше кисню, що пояснюється, мабуть, тим, що зародок у неї більший (близько 10 – 15 % від ваги всього зерна).

Ступінь замочування зерна має величезний вплив на розчинення солоду та утворення ферментів у процесі пророщування. Вплив ступеня замочування на

якість готового солоду характеризуються даними, наведеними в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вплив ступеня замочування на якість готового солоду

Тривалість замочування, год	Вологість замоченого зерна, %	Вологість свіжопроращеного солоду, %	pH	Екстрактивність, % на абсолютно СР	Вміст амінного азоту, мг на 100 мл сусла	Прозорість сусла	Час оцукрювання, хв
48	40,2	40,3	5,12	75,2	30,1	Опалесценція	Не оцукрюється
52	41,5	42,3	6,05	78,5	30,6	-	-
56	42,7	44,7	5,02	80,1	45,2	-	40 – 45
60	43,2	48,2	5,6	82,7	57,5	Прозоре	35 – 40
68	45,0	52,1	5,4	83,5	59,1	-	25 – 30
72	46,5	53,2	5,4	81,2	57,8	-	25 – 30

З отриманих даних випливає, що при підвищенні ступеня замочування знижується час оцукрювання, збільшується екстрактивність, зростає кількість амінного азоту в суслі, що пояснюється більш активною дією ферментів. Для нормального перебігу ферментативних процесів та отримання високоякісного солоду при солодорощенні кукурудзи потрібно, щоб вміст вологи в замоченому зерні був не менше 45 – 46 % з доведенням вологості в процесі пророщування шляхом додаткового зволоження до більшої, ніж у ячменю.

Замочені зерна кукурудзи з вологістю 45 – 46 % з конічних воронок переміщували на оцинковані сита для пророщування. Зерно на ситах розташовували рівномірним шаром завтовшки 3 – 5 см. Солодорощення проводили в повітряному термостаті при заданій температурі, вологості при достатньому підведенні повітря та відсутності шкідливого впливу світла.

Регулювання температури здійснювалося автоматично за допомогою

контактного термометра. Для доведення вологості в зерні при пророщуванні до 50 % кукурудзи, додатково зволожували шляхом обприскування певною кількістю води. За день до подачі на сушіння зволоження припиняли. Зрошення зерна, що проростає, проводили через кожні 6 годин: вручну, для чого вміст сита пересипали з одного сита на інше і обережно перемішували.

Перша серія дослідів проводилася при температурі замочування 30 °С та температурі пророщування 15, 20, 25 та 30 °С. Отриманий солод був незадовільної якості (таблиця 3.5) внаслідок глибокого розпаду речовин, швидкого розвитку корінців і паростків, що призводило до великих втрат.

Таким чином для замочування зубоподібної кукурудзи, температура виявилася занадто високою: виходить невідповідність між ступенем насичення вологою ендосперму та інтенсивністю проростання. При недостатньому насиченні вологою ендосперму зерна кукурудзи мають не тільки глазки, але вже молоді корінці, що особливо часто спостерігається при гарній аерації. Відповідно цей факт призводить до вивантажування в солодовню недомоченого зерна, що небажано. Тому подальші досліди були поставленим в умовах нижчих температур замочування.

Таблиця 3.5 – Показники кукурудзяного солоду при різних режимах пророщування

Показники кукурудзяного солоду	Тривалість, доба	Температура замочування, °С											
		15			20			25			30		
		Температура пророщування, °С											
		15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
Екстрактивність, % на абсолютно суху речовину	2	74,6	74,7	75,0	75,2	76,3	76,5	79,6	80,7	81,1	79,3	80,6	79,1
	4	74,7	74,5	74,9	76,5	77,2	77,6	80,2	81,5	81,9	81,0	82,7	81,3
	6	75,2	76,5	77,2	78,3	79,2	79,5	81,9	82,1	82,9	82,5	80,4	79,1
	8	76,5	78,1	78,5	78,2	79,6	79,2	82,1	83,2	80,2	79,7	78,3	74,5
Час оцукрювання, хв	2	-			-			-			-		
	4												
	6				-	-	-	-	30	35	50	60	60
	8	-	50	50	45	45	45	40	25	зо	45	35	40
pH	4	6,4	6,3	6,2	6,02	6,1	6,05	6,1	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1
	6	6,2	6,1	6,1	6,1	6,0	5,9	6,0	5,9	5,9	5,6	5,8	6,0
	8	6,1	5,9	5,9	5,6	5,6	5,4	5,8	5,4	5,6	5,4	5,6	5,6

У другій серії дослідів температура замочування була знижена до 25 °С, а замочена кукурудза розділена на три частини для одночасного пророщування при температурах 15, 20 і 25 °С. Такі умови приготування сусла дали добрі результати. Кукурудза усіх серій проросла набагато дружніше, більш рівномірно, розвиток зародкового листка і корінців у всіх зернах відбувався поступово і не надто інтенсивно і такої схильності до утворення паростків, які були так яскраво виражені в попередніх дослідженнях, відзначено не було. На третю добу проростання з'являвся запах жовтої акації, який весь час посилювався і найбільшої інтенсивності досягав на п'яту, шосту добу, потім цей запах помітно зменшувався. Розчинення ендосперму зерна, екстрактивність, тривалість оцукрювання, pH лабораторного сусла – всі ці показники характеризують солод з дуже задовільною якістю.

У третій серії дослідів температура замочування була знижена до 20 °С, всю кількість замоченого зерна розділили на три рівні частини і пророщували при температурах 15, 20 і 25 °С. Кукурудза цього досліду дала кращі результати при більш високій температурі пророщування. Однак розвиток корінців, навіть при температурі солодорощення 20 і 25 °С, йшов уповільнено, оскільки розчинення ендосперму зерна кукурудзяні та накопичення ферментів у ньому також уповільнювалося. Тривалість солодорощення затягувалася, і не вдавалося отримати солод з хорошою оцукрювальною здатністю.

Таким чином, з отриманих даних випливає, що оптимальною умовою для отримання високоякісного солоду з кукурудзи є параметри замочування при 25 °С і пророщування при 20 °С.

3.3 Дослідження амілолітичної та протеолітичної активності свіжопророщеного солоду

Метою солодорощення є накопичення в зерні гідролітичних ферментів у вільному стані в кількостях, необхідних для переведення нерозчинних речовин зерна в розчинні і досягнення такого стану структури зерна, при якому в

сприятливих умовах значно полегшилася б дія ферментів на високомолекулярні сполуки зерна. Це стан зерна називається розчиненням і характеризується розпушенням ендосперму [6, 9, 22].

Для максимального вилучення екстрактивних речовин із зерна та солоду найважливішими завданнями при пророщуванні кукурудзи є активація та утворення амілолітичних ферментів.

Для з'ясування впливу умови пророщування (температура, тривалість, вологість тощо) на процесі накопичення в солоді амілолітичних ферментів було проведено дослідження ферментативної активності амілаз при пророщуванні зерна. На рисунку 3.6 наведена динаміка зміни ферментативної активності амілази пророслого зерна при різних температурах.

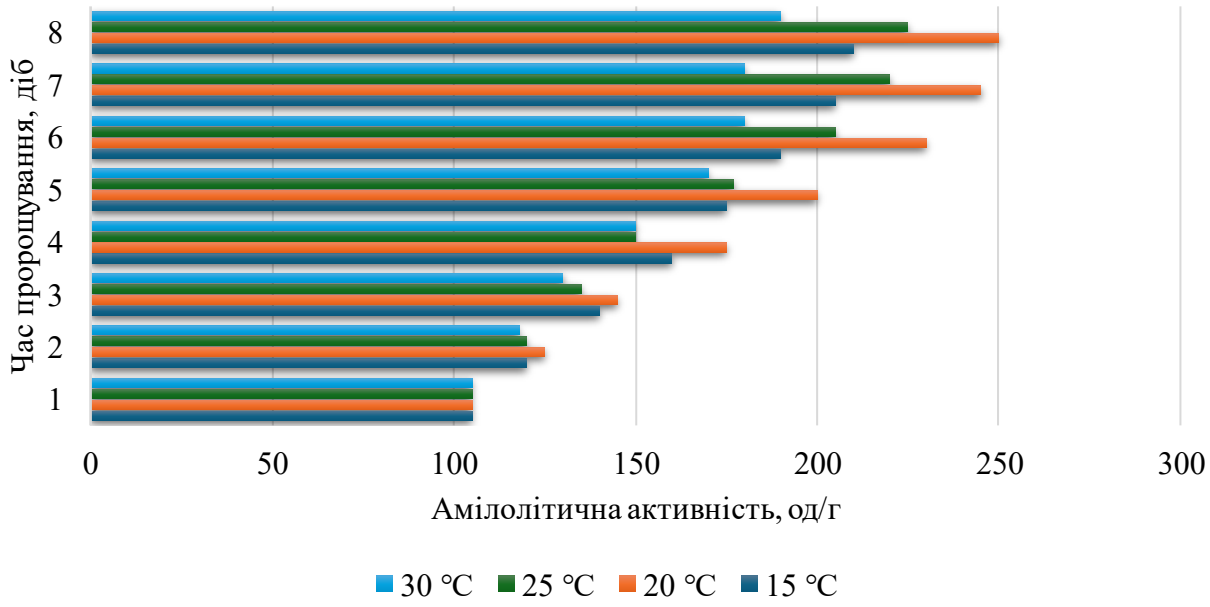


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни амілолітичної активності кукурудзяного солоду

Приведені дані показують, що амілаза активно накопичується з третьої доби пророщування, вміст амілази досягає максимуму на восьму добу пророщування. Вміст амілази є сортовою властивістю зерна, на яке впливають кліматичні умови. При підвищенні вологості у свіжопроращеному солоді кількість амілаз підвищується. Пророщування при низьких температурах дає більшу кількість амілаз. Підвищена температура замочування і пророщування не здатні на

утворення ферментів, і надалі спостерігається зниження їх кількості.

Таким чином, ці умови пророщування (температура, тривалість, вологість) сприяють максимальному накопиченню в солоді амілолітичних ферментів і в той же час мінімальному розщепленню крохмальних зерен ендосперму і мінімального споживання зародкових продуктів гідролізу – глюкози, сахарози, мальтози при підвищеній вологості (44 – 45 %) і зниженій температурі пророщування.

Продукти гідролізу білків зерна, що утворюються при їх пророщуванні та затиранні, багато в чому визначають смак, колір, пінистість готового пива та його стабільність при зберіганні. З активністю протеолітичних ферментів зерна та солоду пов'язані також інтенсивність протікання багатьох біохімічних процесів та прояв низки фізіологічних властивостей зерна, як при отриманні солоду, так і при отриманні пива. Склад білкових фракцій зерна як субстратів для дії протеаз при пророщуванні суттєво змінюється. В результаті дії протеолітичних ферментів молекулярна маса білків знижується, у солоді накопичуються різні речовини, необхідні для створення характерних смакових і пінистих властивостей пива, а також для живлення дріжджів.

Для з'ясування процесу накопичення протеолітичних ферментів при пророщуванні кукурудзи було проведено дослідження динаміки зміни ферментативної активності протеаз при різних температурах замочування та пророщування. Результати досліджень відображені на рисунку 3.7.

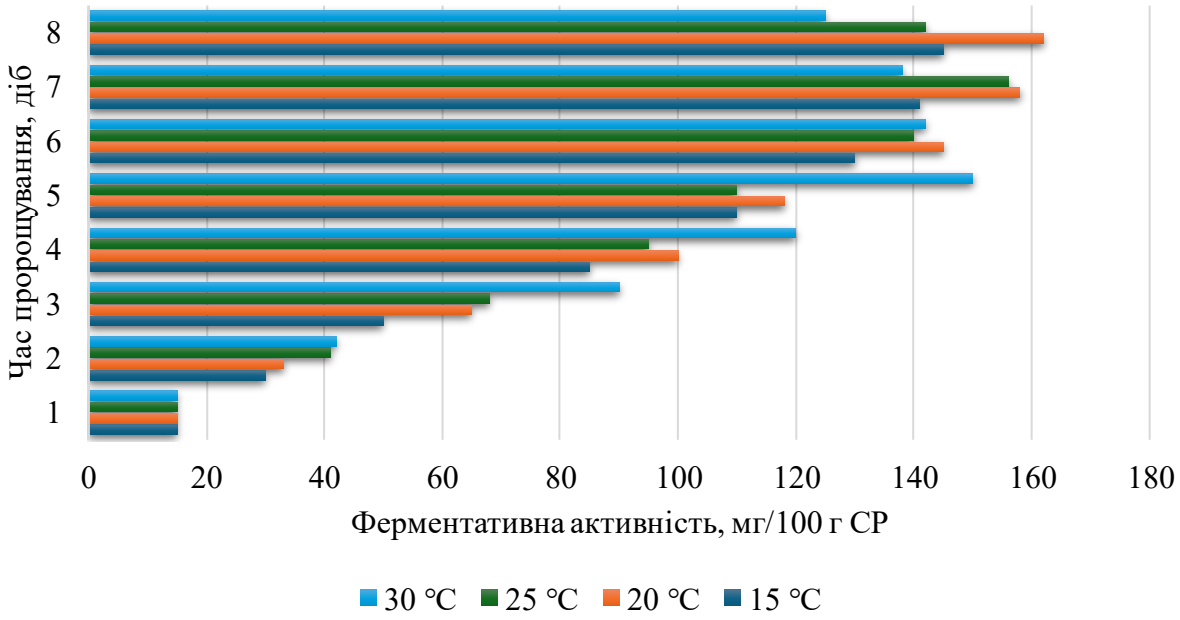


Рисунок 3.7 – Динаміка зміни ферментативної активності протеаз кукурудзяного солоду при пророщуванні

В результаті пророщування в кукурудзі знижується вміст нерозчинних білків і білків, розчинних у лузі та спирті, збільшується кількість водорозчинних білків та продуктів їх ферментативного гідролізу – пептонів, поліпептидів, амінокислот.

Таким чином, оптимальні умови для накопичення протеолітичних ферментів при пророщуванні кукурудзи є пророщування при 20 °С з тривалістю 7 діб. При цьому отриманий свіжопророщений солод має протеолітичну активність 162,3 мг азоту/100 г СР, відповідно.

3.4 Підбір оптимальних умов для солодорощення та сушіння солоду з зерна кукурудзи

Основна мета сушіння солоду – природне видалення вологи, а також досягнення в солоді специфічних смакових ароматичних якостей у готовому пиві відповідні органолептичні показники. Завдяки низькій вологості всі життєві процеси в солоді зводяться до мінімуму, що свідчить про припинення процесу пророщування зерна.

З літературних даних відомо, що слід піднімати температуру в кінці процесу вище 65 °С, так як при тому виходить знижений вихід екстракту сухого кукурудзяного солоду, підвищена кольоровість, знижений вміст цукрів і амінного азоту, а також низька ферментативна активність. Сушіння свіжопроросщеного кукурудзяного солоду проводилася на ситах сушильної шафи протягом 22 – 24 години до кінцевої вологості, 10 – 12 % температурному режиму, прийнятому в пивоварній промисловості, тобто з рівномірним підвищенням температури в шарі солоду від 20 °С на початку сушіння до 60 – 65 °С в кінці.

Крім того сухе солоджене зерно кукурудзи відрізняється від інших злаків пов'язаною крихкістю, при відбиванні паростків виходять більші втрати крохмалю через дроблення самого зерна, тому кінцева вологість сухого кукурудзяного солоду повинна бути не нижче 10 – 12 %.

На підставі отриманих даних (таблиця 3.6) побудована крива сушіння кукурудзяного солоду рисунок 3.8.

Таблиця 3.6 – Зміна кінетичних параметрів у процесі сушіння кукурудзяного солоду

Тривалість сушіння, год	Параметр процесу сушіння	
	Температура сушіння, °С	Вологість солоду, %
0	20	46
2	24	40
4	28	35
8	36	22
12	44	15
16	52	13
20	60	11
22	64	10

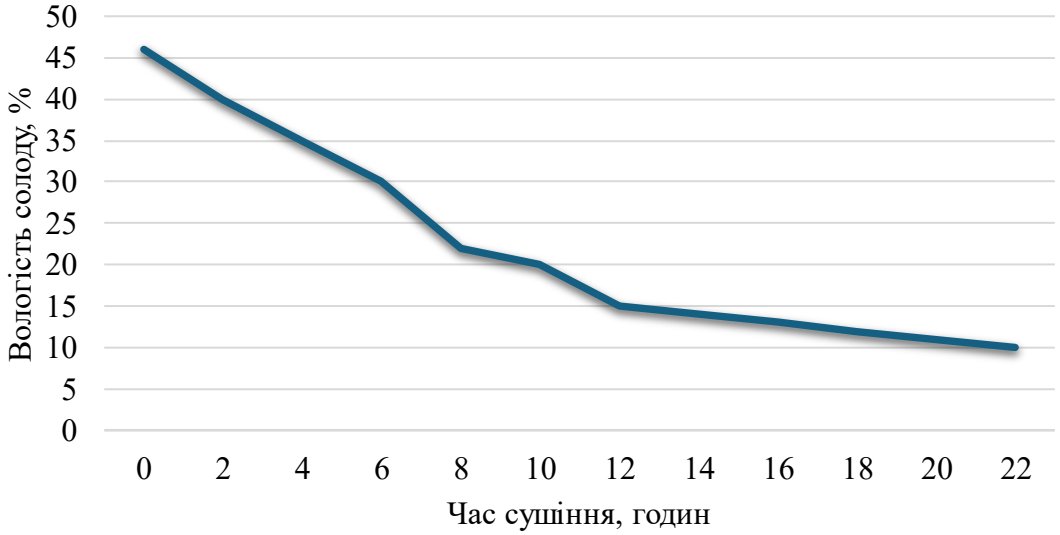


Рисунок 3.8 – Крива сушіння кукурудзяного солоду

З літературних даних відомо, що чим вища температура пророщування, тим більша витрата поживних речовин зерна при солодорощенні. Для забезпечення мінімальної витрати живильних речовин при солодорощенні були проведені додаткові досліди, що дозволяють уточнити технологічний режим приготування кукурудзяного солоду.

За уточненим температурним режимом був отриманий солод, склад сусла якого наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Показники сусла з кукурудзяного солоду

Якісні показники сусла	Солод кукурудзяний
Екстрактивність, % на абсолютно СР	76,2
Кольоровість сусла, од.	0,75
Кислотність сусла, pH	5,5
Вміст цукрів, що зброджуються, г/100мл сусла	7,4
Загальний азот, мг на 100 мл сусла	87,5
Піноутворююча здатність, хв.	3,5

На підставах отриманих оптимальних даних запропонована наступна схема температурного режиму і тривалість окремих фаз, необхідних для отримання

високоякісного кукурудзяного солоду (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 – Оптимальний режим приготування кукурудзяного солоду

Доба	Кукурудза зубоподібна		
	Температура, °С	Тривалість, год	Кінцева вологість, %
Замочування			
-	25	68 – 70	45 – 46
Пророщення із підвищеною вологістю			
Перша	20	24	47 – 48
Друга	20	24	48 – 49
Третя	20	24	50
Четверта	19	24	51
П’ята	19	24	50
Шоста	19	24	49
Сьома	19	24	48
Сушіння			
-	60 – 65	20 – 22	10 – 11

Особлива увага в роботі була звернена на зменшення втрат при отриманні солоду. Величини сумарних дійсних втрат при солодорощенні за уточненим режимом приведення в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Втрати при отриманні солоду

Втрати % на абсолютно СР	Кукурудза зубоподібна
Загальні	14,6
в тому числі на:	
вилужування	0,3
дихання	8,2
паростки	6,1

З таблиці 3.9 видно, що втрати при солодорощенні залежать від розміру зерна: чим крупніше зерно, тим більше вихід солоду. При солодорощенні кукурудзи втрат більше, ніж при солодорощенні ячменю. Це пояснюється тим, що

зародок кукурудзи, більший ніж у ячменю. Тому витрата на дихання і паростки теж більше.

3.5 Якісні показники готового солоду

Для пивоваріння використовують солод, що відлежався протягом трьох-чотирьох тижнів. За цей час у ньому повільно протікає фізико-хімічні процеси, які остаточно роблять його придатним для виробництва пива. Після відлежування протягом трьох тижнів кукурудзяний солод, отриманий по розробленому режиму, мав показники, представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Якісні показники кукурудзяного солоду

Показники	Солод кукурудзяний
Масова частка вологи, %	10,2
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %	76,2
Масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, %	11,4
Число Кольбаха, %	39
Число зерен, %:	
- борошняних	93
- скловидних	5
- темних	2
Тривалість оцукрювання, хв.	30
Лабораторне сусло	
Кольоровість, 0,1н йоду на 100мл сусла	0,25
Кислотність, 1 моль/дм^3 розчину NaOH на 100 мл сусла, см^3	0,9
Прозорість	прозоре

Всі зразки солоду, одержані з дослідженої культури, не значно поступаються вимогам для пивоварного ячменю першого класу в порівнянні з ДСТУ на пивоварний ячмінний солод. Але лабораторне сусло отримане з кукурудзяного солоду, має прозорість без помутніння.

Масова частка екстракту отриманих зразків не значно нижча, ніж пивоварного ячмінного солоду. Це свідчить про знижену ферментативну активність у отриманих зразків порівняно з ячмінним солодом.

Висновки за розділом

У дослідній частині кваліфікаційної роботи обґрунтовано можливість використання зерна зубоподібної кукурудзи «Фуріо ФАО 350» як сировини для виробництва солоду. Встановлено, що порівняно з пивоварним ячменем кукурудза має вищий вміст крохмалю – 62,5 % проти 58,7 %, нижчий вміст клітковини – 3,4 % проти 9,5 %, а також близький вміст білка – 10,3 % проти 10,5 %. Це свідчить про її придатність для одержання солоду з достатнім вмістом екстрактивних речовин.

Дослідження солодових показників показало, що зерно кукурудзи має високу технологічну цінність: маса 1000 зерен становить 240 – 260 г, натура – 650 – 720 г/дм³, плівчастість – лише 3,5 – 5,2 %, екстрактивність – 78,5 – 82,0 %, енергія проростання – 92 – 95 %, а здатність до проростання – 94 – 96 %. За цими показниками кукурудза може бути використана для солодорощення, оскільки її проростання відповідає мінімально необхідному рівню 90 – 95 %.

Встановлено, що для отримання якісного кукурудзяного солоду важливим є правильний вибір режиму замочування. Найкращі результати забезпечує замочування зерна за температури 25 °С протягом 68 – 70 год до кінцевої вологості 45 – 46 %. За таких умов покращується розчинення ендосперму, підвищується екстрактивність, зростає вміст амінного азоту, а час оцукрювання скорочується до 25 – 30 хв.

Оптимальним режимом пророщування кукурудзи визначено температуру 20 °С на початкових етапах із подальшим підтриманням температури 19 – 20 °С протягом 7 діб. У процесі пророщування вологість зерна доводили до 50 – 51 %, що сприяло накопиченню амілолітичних і протеолітичних ферментів. Протеолітична активність свіжопроросченого солоду за оптимального режиму

становила 162,3 мг азоту/100 г сухої речовини.

Для сушіння свіжопроросщеного кукурудзяного солоду запропоновано режим поступового підвищення температури від 20 °С до 60 – 65 °С протягом 20 – 22 год, що забезпечує зниження вологості готового солоду до 10 – 11 %. Встановлено, що перевищення температури понад 65 °С є небажаним, оскільки може знижувати вихід екстракту, вміст цукрів, амінного азоту та ферментативну активність солоду.

Отриманий кукурудзяний солод після тритижневого відлежування мав вологість 10,2 %, екстрактивність 76,2 %, вміст білкових речовин 11,4 %, число Кольбаха 39 %, тривалість оцукрювання 30 хв та прозоре лабораторне сусло. Частка борошняних зерен становила 93 %, скловидних – 5 %, темних – 2 %, що підтверджує задовільне розчинення зерна та придатність отриманого солоду для подальшого використання у пивоварному виробництві.

Загальні втрати під час солодорощення кукурудзи становили 14,6 % на абсолютно суху речовину, зокрема втрати на вилужування – 0,3 %, на дихання – 8,2 %, на паростки – 6,1 %. Підвищені втрати порівняно з ячменем пояснюються більшим зародком кукурудзи та інтенсивнішими процесами дихання під час пророщування.

Отже, результати досліджень підтверджують технологічну доцільність виробництва кукурудзяного солоду із зерна зубоподібної кукурудзи «Фуріо ФАО 350». Найбільш раціональним є режим: замочування за 25 °С протягом 68 – 70 год, пророщування за 19 – 20 °С протягом 7 діб із доведенням вологості до 50 – 51 %, сушіння за 60 – 65 °С протягом 20 – 22 год до вологості 10 – 11 %. Отриманий солод характеризується достатньою екстрактивністю, прозорим суслом і прийнятними фізико-хімічними показниками, що дає підстави рекомендувати кукурудзу як перспективну альтернативну сировину для виробництва солоду.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки з безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду

Виробництво кукурудзяного солоду передбачає виконання низки технологічних операцій, пов'язаних з очищенням, миттям, замочуванням, пророщуванням, сушінням, транспортуванням і зберіганням зернової сировини. Під час цих процесів працівники можуть зазнавати впливу виробничих небезпечних і шкідливих факторів: пилу органічного походження, підвищеної вологості, слизьких поверхонь, рухомих частин обладнання, електричного струму, високої температури під час сушіння, шуму, вібрації та мікробіологічних забруднень. Тому розроблення та впровадження картки безпеки праці є важливою умовою організації безпечного виробничого процесу. Основні положення карти представлено у таблиці 4.1, а її ілюстративне зображення на рисунку 4.1.

4.1.1 Вимоги безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду

До роботи з виробництва кукурудзяного солоду допускаються працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з технологічною інструкцією, правилами експлуатації обладнання та вимогами пожежної безпеки. Працівник повинен використовувати спецодяг і засоби індивідуального захисту, підтримувати робоче місце в чистоті, не допускати захаращення проходів, своєчасно повідомляти відповідальну особу про несправності обладнання, витікання води, пошкодження електропроводки або появу сторонніх запахів.

Таблиця 4.1 – Основні вимоги картки безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду

Етап технологічного процесу	Потенційні небезпечні та шкідливі фактори	Можливі наслідки	Заходи безпеки та профілактики	Засоби індивідуального захисту
1	2	3	4	5
Очищення та сортування зерна	Рухомі частини обладнання, зерновий пил, шум, вібрація	Травмування рук, потрапляння пилу в очі та дихальні шляхи, перевтома	Не відкривати захисні кожухи під час роботи обладнання, не очищати машини на ходу, використовувати місцеву аспірацію, проводити планове технічне обслуговування	Респіратор, окуляри, рукавички, протишумові навушники
Миття та дезінфекція зерна	Волога підлога, контакт із дезінфекційними розчинами, бризки води	Падіння, подразнення шкіри та слизових оболонок, хімічні опіки	Використовувати неслизьке покриття, своєчасно прибирати розлиту воду, готувати дезінфекційні розчини згідно з інструкціями, не допускати перевищення концентрацій	Гумові рукавички, фартух, окуляри або захисний щиток, гумове взуття
Замочування зерна	Робота з водою, підвищена вологість, скляні або металеві ємності, спускні крани	Падіння, травмування при пошкодженні ємностей, затискання пальців кранами, розвиток мікрофлори	Перевіряти справність ємностей і кранів, не перевантажувати воронки або баки, контролювати температуру і тривалість замочування	Рукавички, гумове взуття, водонепроникний фартух

1	2	3	4	5
Пророщування зерна	Підвищена вологість і температура, ручне перемішування, біологічні фактори, можливе утворення слизьких поверхонь	Мікробіологічне забруднення, алергічні реакції, травмування рук, падіння	Дотримуватися режимів пророщування, регулярно проводити санітарну обробку сит і приміщення, обережно перемішувати зерно, контролювати товщину шару 3 – 5 см, забезпечити вентиляцію	Рукавички, респіратор, спецодяг, гумове взуття
Сушіння свіжопроросщеного солоду	Висока температура сушильної шафи або сушарки, гарячі поверхні, електрообладнання, пересушування продукту	Термічні опіки, ураження електричним струмом, пожежонебезпека, погіршення якості солоду	Не торкатися гарячих поверхонь без захисту, перевіряти справність електропроводки, не залишати сушильне обладнання без контролю, підтримувати температуру сушіння в межах 60 – 65 °С	Термостійкі рукавички, спецодяг, закрите взуття
Відбивання паростків і очищення сухого солоду	Утворення пилу, рухомі робочі органи обладнання, крихкість зерна	Запилення повітря, подразнення органів дихання, травмування рук	Використовувати аспірацію або місцеве відсмоктування пилу, не працювати без захисних кожухів, очищати обладнання тільки після повної зупинки	Респіратор, окуляри, рукавички

1	2	3	4	5
Подрібнення або підготовка солоду до аналізу	Ріжучі та рухомі частини млина, шум, пил	Порізи, травмування пальців, вдихання пилу, пошкодження слуху	Не проштовхувати сировину руками, використовувати штовхачі, перевіряти заземлення обладнання, не перевищувати допустиме завантаження млина	Рукавички, респіратор, окуляри, навушники
Лабораторний аналіз якості солоду	Робота зі скляним посудом, реактивами, нагрівальними приладами	Порізи, опіки, хімічне подразнення, розлив реактивів	Використовувати справний лабораторний посуд, працювати з реактивами згідно з інструкціями, не залишати нагрівальні прилади без нагляду, утилізувати реактиви відповідно до правил	Лабораторний халат, рукавички, окуляри
Санітарна обробка обладнання та приміщення	Мийні та дезінфекційні засоби, волога підлога, ручна праця	Подразнення шкіри, падіння, перевтома	Дотримуватися концентрацій мийних засобів, використовувати попереджувальні знаки на мокрій підлозі, провітрювати приміщення, застосовувати інвентар за призначенням	Гумові рукавички, фартух, окуляри, гумове взуття



Рисунок 4.1 – Картка безпеки праці з виробництва кукурудзяного солоду

Під час роботи забороняється знімати захисні кожухи з обладнання, очищати або ремонтувати машини під час їх роботи, торкатися відкритих струмопровідних частин, працювати з мокрими руками біля електрообладнання, перевищувати допустиме завантаження апаратів, використовувати пошкоджений лабораторний посуд або несправні крани, а також застосовувати дезінфекційні засоби без дотримання встановлених концентрацій.

Особливу увагу необхідно приділяти контролю запиленості повітря, оскільки зерновий пил може подразнювати органи дихання, спричиняти алергічні реакції та створювати пожежо- і вибухонебезпечне середовище. Тому приміщення для очищення, подрібнення та відбивання паростків повинні бути обладнані вентиляцією або аспіраційною системою.

4.1.2 Доцільність впровадження картки безпеки праці

Впровадження картки безпеки праці під час виробництва кукурудзяного солоду є доцільним, оскільки вона дозволяє систематизувати основні небезпечні фактори на кожному етапі технологічного процесу та визначити конкретні профілактичні заходи для їх усунення або зниження. Такий документ є зручним практичним інструментом для працівників, оскільки подає вимоги безпеки у зрозумілій табличній формі та може використовуватися безпосередньо на робочому місці.

Картка безпеки сприяє зменшенню ризику травматизму під час роботи з рухомими частинами обладнання, гарячими поверхнями, електроустановками, скляними ємностями, дезінфекційними розчинами та зерновим пилом. Її використання також підвищує рівень виробничої дисципліни, покращує санітарний стан приміщень, зменшує ймовірність мікробіологічного забруднення сировини і готового солоду та забезпечує стабільність технологічного процесу.

Особливо важливим є те, що виробництво кукурудзяного солоду пов’язане з підвищеною вологістю під час замочування і пророщування, а також з високими температурами під час сушіння. Поєднання цих факторів потребує чіткого контролю умов праці, справності обладнання, вентиляції, санітарної обробки та

використання засобів індивідуального захисту. Тому впровадження картки безпеки праці є необхідним елементом організації безпечного, санітарно контрольованого та технологічно стабільного виробництва.

Отже, розроблена картка безпеки праці дозволяє підвищити рівень охорони праці, зменшити виробничі ризики, забезпечити безпечні умови роботи персоналу та покращити загальну культуру виробництва кукурудзяного солоду.

4.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва кукурудзяного солоду

Під час виробництва кукурудзяного солоду на різних етапах технологічного процесу утворюються тверді, рідкі та газоподібні відходи, які за умови раціонального підходу можуть бути не лише утилізовані, а й повторно використані як вторинна сировина або енергетичний ресурс. Це дозволяє зменшити екологічне навантаження на довкілля, підвищити ресурсоефективність виробництва та знизити витрати на поводження з відходами.

На етапі очищення зерна утворюються домішки, бите зерно та пил. До складу таких відходів входять органічні та мінеральні домішки, частки оболонок, зернова дрібниця, а також пилоподібні фракції. Після попереднього сортування частина цих відходів може бути використана як кормова добавка у тваринництві, якщо вона відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. Органічні домішки доцільно направляти на компостування з подальшим використанням як органічного добрива. Крім того, такі відходи можуть бути використані для виробництва біогазу або інших видів енергетичного використання.

На етапі замочування зерна утворюються промивні та замочувальні води, які містять завислі речовини, органічні домішки, залишки пилу, мікрофлору та розчинені речовини, що вимиваються із зерна. Для зниження негативного впливу на навколишнє середовище такі стічні води повинні проходити механічне очищення для видалення грубодисперсних часток, після чого направлятися на біологічне очищення. Після відповідної обробки частину технічної води можна повторно використовувати в господарських або допоміжних виробничих

операціях, що сприяє зменшенню водоспоживання.

Під час пророщування зерна можливе утворення відсіву непроростого, недорозвиненого або пошкодженого зерна. Такі відходи мають органічне походження і можуть бути використані на кормові цілі, зокрема після додаткового сортування та контролю якості. Також вони придатні для компостування або для анаеробного зброджування з метою отримання біогазу. Такий підхід дозволяє скоротити обсяг відходів, що підлягають видаленню, та підвищити загальну ефективність використання сировини.

На етапі сушіння солоду основними відходами є теплові викиди та вологе повітря. Хоча вони не належать до твердих відходів, їх раціональне використання має важливе значення для енергоефективності виробництва. Найбільш доцільним є впровадження систем рекуперації тепла, що дозволяє повторно використовувати частину теплової енергії для нагрівання повітря або технологічних середовищ. Також доцільним є використання енергоощадних вентиляційних систем і заходів зі зниження викидів у повітря.

На завершальному етапі, під час відбивання паростків і очищення готового солоду, утворюються паростки, оболонки та дрібні частки солоду. Цей вид відходів є найбільш цінним з точки зору повторного використання, оскільки містить органічні речовини, залишки білків, вуглеводів та клітковини. Паростки та оболонки можуть бути використані як кормова сировина, а також як компонент для одержання компосту або органічного добрива. Додатково вони можуть бути спрямовані на біогазове зброджування, що дозволяє отримати енергію та зменшити кількість органічних відходів.

Отже, основними напрямами утилізації відходів під час виробництва кукурудзяного солоду є їх використання на кормові цілі, компостування, біогазове зброджування, очищення і повторне використання технічної води, а також рекуперація теплової енергії. Такий підхід забезпечує зменшення екологічного навантаження, сприяє повторному використанню ресурсів, дає змогу одержувати вторинну сировину та підвищує економічну й екологічну ефективність виробництва.

Основні шляхи утилізації відходів виробництва кукурудзяного солоду представлені на рисунку 4.2.

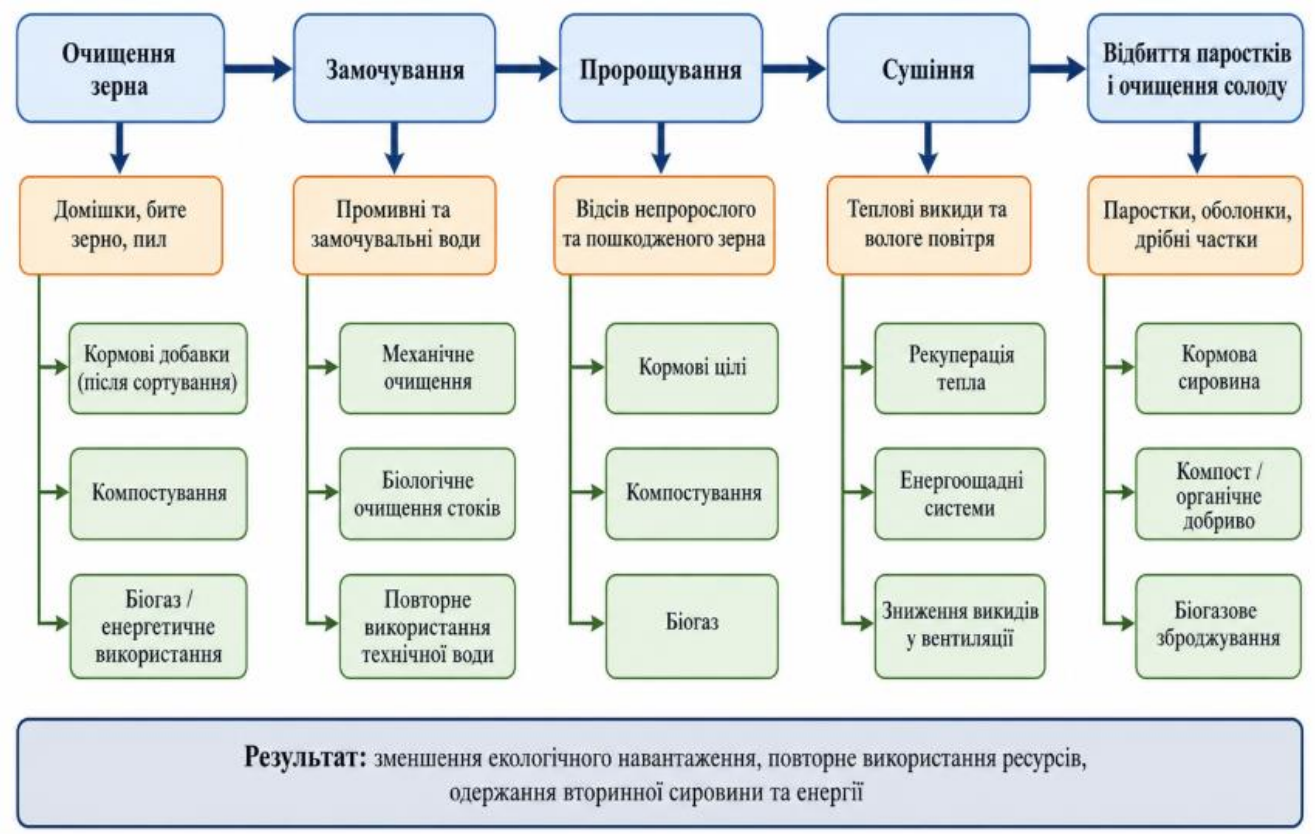


Рисунок 4.2 – Основні шляхи утилізації відходів виробництва кукурудзяного солоду

Раціональна утилізація відходів, що утворюються під час виробництва кукурудзяного солоду, є важливою складовою екологізації технологічного процесу. Використання побічних продуктів як кормової сировини, органічних добрив або джерела енергії дозволяє зменшити втрати корисних компонентів сировини та підвищити комплексність її переробки. Упровадження систем очищення стічних вод, повторного використання технічної води та рекуперації тепла сприяє зниженню споживання природних ресурсів і підвищенню загальної ефективності виробництва кукурудзяного солоду.

Висновки за розділом

У розділі визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час виробництва кукурудзяного солоду. Розроблена картка безпеки праці охоплює основні етапи технологічного процесу: очищення і сортування зерна, миття та дезінфекцію, замочування, пророщування, сушіння, відбивання паростків, лабораторний аналіз і санітарну обробку обладнання. Для кожного етапу визначено можливі ризики, наслідки, профілактичні заходи та необхідні засоби індивідуального захисту.

Встановлено, що основними шляхами утилізації відходів виробництва кукурудзяного солоду є використання домішок, битого зерна, паростків і оболонок на кормові цілі, компостування, біогазове зброджування, очищення та повторне використання технічної води, а також рекуперація тепла під час сушіння. Такий підхід дозволяє зменшити екологічне навантаження та підвищити ресурсоефективність виробництва.

Отже, впровадження картки безпеки праці та раціональної системи утилізації відходів є доцільним і необхідним для виробництва кукурудзяного солоду. Це забезпечує зниження виробничих ризиків, покращення санітарного стану, безпечну роботу персоналу, повторне використання побічних продуктів і підвищення екологічної ефективності технологічного процесу.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Розроблений кошторис витрат є базою для оцінювання фінансових ресурсів, необхідних для виконання наукового дослідження. Під час його формування беруть до уваги витрати на сировину і матеріали, використану електроенергію, оплату праці виконавців, амортизацію обладнання, а також накладні витрати.

Вартість основних і допоміжних матеріалів визначають за такою формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot Ц_1 , \tag{5.1}$$

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

$Ц_1$ – вартість одиниці витраченого матеріалу, грн/кг.

У таблиці 5.1 наведено результати розрахунків вартості матеріалів, використаних під час проведення експериментальних досліджень, у перерахунку на 3 кг борошна.

Таблиця 5.1 – Обсяги необхідних основних матеріалів та їхня вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зерно кукурудзи, гібрид «Фуріо ФАО 350», кг	10	11,00	110,00
Вода, л	40	2,50	100,00
Всього			210,00

У таблиці 5.2 наведено результати розрахунку витрат на оплату праці учасників дослідження, яку визначали множенням середньої погодинної ставки на загальну кількість відпрацьованих годин.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на оплату праці учасників наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	16000	50,00	20	2000,00
Всього				2000,00

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % від загальної суми оплати праці, що підлягає сплаті єдиного соціального внеску:

$$H = \frac{2000,00 \cdot 22}{100} = 440,00 \text{ грн.}$$

Вартість спожитої електроенергії визначають за такою формулою:

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

де M – загальна потужність лабораторного устаткування, кВт;

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

T – час роботи дослідного устаткування, год;

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

Витрати електроенергії на роботу термостата, становлять:

$$E_{термостат} = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 192 \cdot 16,4 = 3698,10 \text{ грн.}$$

/

Витрати електроенергії на роботу сушарки, становлять:

$$E_{сушарка} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 16,4 = 850,17 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу ноутбука становлять:

$$E_{ноутбук} = 0{,}1 \cdot 0{,}9 \cdot 200 \cdot 16{,}4 = 295{,}20 \text{ грн.}$$

Загальні розрахункові витрати на електроенергію:

$$E_{заг} = E_{термостат} + E_{сушарка} + E_{ноутбук} = 3698{,}10 + 850{,}17 + 295{,}20 = 4843{,}47 \text{ грн.}$$

Суму амортизаційних відрахувань на обладнання, що використовується під час проведення дослідження, визначають за формулою 5.3:

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

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

$Ф$ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 подано результати розрахунку амортизаційних відрахувань на обладнання, використане під час проведення дослідження.

Таблиця 5.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань на обладнання, використане під час проведення дослідження

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Термостат	43800,00	10	8	96,00
Сушарка	12000,00	10	1	3,28
Ноутбук Acer	29000,00	24	25	476,71
Всього				575,99

Накладні витрати, пов’язані з технічним обслуговуванням і організацією виробничого процесу, включають оплату праці обслуговуючого та адміністративного персоналу. Витрати на технічне обслуговування обладнання приймаються на рівні 80 % від розрахованої заробітної плати дослідника:

$$\frac{(2000,00 \cdot 80)}{100} = 1600,00 \text{ грн.}$$

Розрахункову вартість проведення лабораторного дослідження наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок загальної вартості дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	210,00
Заробітна плата (ЗП)	2000,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	440,00
Електроенергія (Е)	4843,47
Амортизація (А)	575,99
Накладні витрати (НВ)	1600,00
Всього	9669,46

За результатами проведеного аналізу встановлено, що найбільшу частку в загальній структурі витрат становлять витрати на електроенергію та заробітну плату, які є основними складовими собівартості дослідження.

5.2 Визначення вартості дослідження

Оскільки дослідження має фундаментальний характер, вартість його проведення визначали з урахуванням сукупних витрат і запланованого рівня рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \tag{5.4}$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 9669,46 + \frac{30 \cdot 9669,46}{100} = 12570,30 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 12580,30 грн.

Висновки за розділом

У розділі розраховано витрати на проведення експериментальних досліджень з обґрунтування технології виробництва кукурудзяного солоду. Загальна собівартість лабораторного дослідження становить 9669,46 грн.

Найбільшу частку витрат займає електроенергія – 4843,47 грн, або близько 50,1 % від загальної суми. Витрати на оплату праці становлять 2000,00 грн, накладні витрати – 1600,00 грн, нарахування на заробітну плату – 440,00 грн.

Витрати на основні матеріали є незначними і складають 210,00 грн, а амортизація використаного обладнання – 575,99 грн. З урахуванням нормативної рентабельності загальна вартість дослідження становить 12580,30 грн.

Отже, проведені розрахунки підтверджують економічну обґрунтованість виконання досліджень, а основними статтями витрат є електроенергія, заробітна плата та накладні витрати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано технологію виробництва кукурудзяного солоду з використанням зерна зубоподібної кукурудзи гібриду «Фуріо ФАО 350». Встановлено, що кукурудза є перспективною альтернативною сировиною для солодорощення завдяки високому вмісту крохмалю, доступності в Україні та можливості зменшення залежності від імпортного рису. У 2025 – 2026 сезоні виробництво кукурудзи в Україні прогнозувалося на рівні близько 29 млн т, тоді як імпорт рису за січень-вересень 2025 року становив близько 77,8 тис. т.

Дослідження фізико-хімічного складу показало, що зерно кукурудзи має вищий вміст крохмалю, ніж пивоварний ячмінь, - 62,5 % проти 58,7 %, близький вміст білка – 10,3 % проти 10,5 %, та нижчий вміст клітковини – 3,4 % проти 9,5 %. Це підтверджує придатність кукурудзи для отримання солоду з достатнім вмістом екстрактивних речовин.

Встановлено, що зерно кукурудзи гібриду «Фуріо ФАО 350» має задовільні солодові показники: маса 1000 зерен становить 240 – 260 г, натура – 650 – 720 г/дм³, плівчастість – 3,5 – 5,2 %, екстрактивність – 78,5 – 82,0 %, енергія проростання – 92 – 95 %, а здатність до проростання – 94 – 96 %. Отримані значення відповідають мінімально необхідному рівню проростання 90 – 95 %.

Оптимальним режимом виробництва кукурудзяного солоду визначено замочування зерна за температури 25 °С протягом 68 – 70 год до вологості 45 – 46 %, пророщування за температури 19 – 20 °С протягом 7 діб із доведенням вологості до 50 – 51 % та сушіння за температури 60 – 65 °С протягом 20 – 22 год до кінцевої вологості 10 – 11 %. За таких умов забезпечується достатнє накопичення ферментів і якісне розчинення ендосперму.

Отриманий кукурудзяний солод після тритижневого відлежування мав вологість 10,2 %, екстрактивність 76,2 %, вміст білкових речовин 11,4 %, число Кольбаха 39 %, тривалість оцукрювання 30 хв і прозоре лабораторне сусло. Частка борошняних зерен становила 93 %, скловидних – 5 %, темних – 2 %, що підтверджує технологічну придатність отриманого солоду для подальшого

використання.

Загальні втрати під час солодорощення кукурудзи становили 14,6 % на абсолютно суху речовину, зокрема на вилужування – 0,3 %, на дихання – 8,2 %, на паростки – 6,1 %. Це пояснюється більшим зародком кукурудзи та інтенсивнішими процесами дихання, тому важливим є суворе дотримання технологічних режимів.

У роботі розроблено заходи з охорони праці та утилізації відходів. Основними небезпечними факторами визначено зерновий пил, підвищену вологість, слизькі поверхні, рухомі частини обладнання, електричний струм і високу температуру під час сушіння. Запропоновано використовувати домішки, бите зерно, паростки й оболонки на кормові цілі, компостування або біогазове зброджування, а також передбачати очищення стічних вод і рекуперацію тепла.

Економічні розрахунки показали, що собівартість лабораторного дослідження становить 9669,46 грн, а з урахуванням нормативної рентабельності загальна вартість дослідження складає 12580,30 грн. Найбільшу частку витрат займає електроенергія – 4843,47 грн, або близько 50,1 % від загальної суми.

Отже, результати роботи підтверджують доцільність використання зерна кукурудзи гібриду «Фуріо ФАО 350» для виробництва кукурудзяного солоду. Запропонована технологія дозволяє отримати солод із прийнятними фізико-хімічними та технологічними показниками, розширити сировинну базу солодового виробництва та ефективніше використовувати вітчизняну зернову сировину.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ 4282:2018. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79566.

2. ДСТУ 3139:2015. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63980.

3. ДСТУ 3769:2019. Ячмінь. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82792.

4. ДСТУ 4525:2006. Кукурудза. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72871.

5. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюгу. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86029.

6. General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969. Codex Alimentarius Commission. Rome: FAO/WHO, 2020. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6866dc55-d2c0-48dd-a528-a4d634f1b0b4/content.

7. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals CXC 51-2003. Codex Alimentarius Commission. URL: https://www.fao.org/input/download/standards/406/CXP_051e.pdf.

8. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Breweries. World Bank Group, 2007. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/109051484221277592/pdf/111934-WP-ENGLISH-Breweries-PUBLIC.pdf.

9. Best Available Techniques Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019. URL: https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118627_FDM_Bref_2019_published.pdf.

10. Quality Factors in Malting Barley. Brewing and Malting Barley Research Institute. URL: https://bmbri.ca/wp-content/uploads/2016/10/Quality-Factors-in-Malting-Barley-May-2010.pdf.

11. Malt from the Brewer's Perspective. UK Malt; University of Nottingham, 2014. URL: https://www.ukmalt.com/wp-content/uploads/2020/09/2_6-DC-Malt-from-the-brewers-perspective_MDip_2014-reduced.pdf.

12. Barley Production, Barley Nutrient Content, and Quality of Malting Barley. Canadian Grain Commission, 2020. URL: https://grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/cereals/malting-barley/pdf/cgc-barley-report-2020.pdf.

13. Технологічні та апаратурно-технологічні схеми харчових виробництв. Суми: СНАУ. URL: https://fht.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/Технологічні-та-апаратурно-технологічні-схеми.pdf.

14. Панков Д. В., Постнікова М. В. Технологічні вимоги до процесу приготування пивного солоду. URL: https://elar.tsatu.edu.ua/bitstreams/bd4e160b-f736-4716-9b9f-431a8298d2e9/download.

15. Corn Grits for the Brewing Industry. DACSA Group. URL: https://www.dacsa.com/corn-grits-for-the-brewing-industry/.

16. Домарецький В. А. Технологія солоду та пива: підручник. Київ: ІНКОС, 2004. 426 с.

17. Мелетьєв А. Є., Тодосійчук С. Р., Кошова В. М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підручник. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392 с.

18. Мелетьєв А. Є., Тодосійчук С. Р., Домарецький В. А. та ін. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах: навч. посіб. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.

19. Прибильський В. Л., Романова З. М., Сидор В. М. та ін. Технологія безалкогольних напоїв: підручник / за ред. В. Л. Прибильського. Київ: НУХТ, 2014. 310 с.

20. Чумак О. П. Технологічні розрахунки, облік та звітність у галузі : метод. вказівки. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. URL:

https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/f3216a14-a2d3-424d-ad99-993b506c20f5/download.

21. Чумак О. П. Технологія бродильних виробництв : метод. вказівки. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/1b802110-2528-4d05-a5fe-ff4cd0e1e9f5/download.

22. Дацишин К. Є., Сторож Л. А. Харчові технології : метод. вказівки до виконання практичних робіт. Тернопіль: ТНТУ, 2017. 75 с. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/23344/1/Метод_брош.%20практичні%20Харчові%20технології%20Ч%281%29.pdf.

23. Технологія води, безалкогольних, слабоалкогольних та алкогольних напоїв: метод. матеріали. Суми: СНАУ, 2023. URL: https://fht.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/01/Технологія-води-безалкогольних-слабоалкогольних-та-алкогольних-напоїв.pdf.

24. Крафтові технології алкогольних та безалкогольних напоїв: метод. рекомендації до самостійних робіт. Суми: СНАУ, 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/387958050_Kraftovi_tehnologii_alkogolnih_ta_bezalkogolnih_napoiv_metodicni_rekomendacii_do_samostijnih_robit.

25. Голуб В. Б. Організація виробництва пива : навч.-метод. матеріали. Біла Церква: БНАУ, 2024. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/12238/1/orhanizatsiia_vyrobnytstva_pyva.pdf.

26. Dabija A., Ciocan M. E., Chetrariu A., Codină G. G. Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. Applied Sciences. 2021. Vol. 11, № 7. Article 3139. URL: https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/3139.

27. Curvelo Santana J. C., Araújo S. A., Librantz A. F. H., Tambourgi E. B. Optimization of Corn Malt Drying by Use of a Genetic Algorithm. Drying Technology. 2010. Vol. 28, № 11. P. 1236–1244. URL: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-23/publication/233225674_Optimization_of_Corn_Malt_Drying_by_Use_of_a_Genetic

_Algorithm/links/53d1d4e40cf220632f3c4ddf/Optimization-of-Corn-Malt-Drying-by-Use-of-a-Genetic-Algorithm.pdf.

28. Tene S. T., Ngoufack F. Z., Womeni H. M. та ін. Effect of Variety and Malting Conditions on Proteolytic Activity of Maize Malt. Food Science & Nutrition. 2023. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10440425/.

29. Ofoedu C. E., Osuji C. M., Ojukwu M. та ін. Characteristic Changes in Malt, Wort, and Beer Produced from Different Nigerian Rice Varieties as Influenced by Varying Malting Conditions. PeerJ. 2021. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7983859/.

30. Cadenas R., Caballero I., Nimubona D., Blanco C. A. Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. Foods. 2021. Vol. 10, № 8. Article 1726. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8392023/.

31. Krstanović V., Habschied K., Mastanjević K. та ін. The Influence of Partial Substitution of Malt with Unmalted Wheat and Maize Grits on Quality and Colloidal Stability of Beer. Beverages. 2020. Vol. 6, № 1. Article 7. URL: https://www.mdpi.com/2306-5710/6/1/7.

32. Taylor J. R. N., Duodu K. G. The Science of the Tropical Cereals Sorghum, Maize and Rice in Relation to Lager Beer Brewing. Journal of the Institute of Brewing. 2013. Vol. 119. P. 13–25. URL: https://www.cibd.org.uk/media/snkj4k4s/jib-68.pdf.

33. Błażewicz J., Liszewski M., Zembold-Guła A. Milled Corn Products in Worts Production. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. URL: https://journal.pan.olsztyn.pl/pdf-98781-30784?filename=30784.pdf.

34. Woldegiorgis G. A., Melese B. T., Abera S. Malt Quality Characteristics of Selected Maize Varieties. Journal of Agriculture and Food Science Advances. 2024. URL: https://ikprress.org/index.php/JAFSAT/article/view/8622.

35. Agbo A. O. Studies on the Malting Properties and Proteolytic Enzyme Activities of a Nigerian Maize Variety : dissertation. Awka : Nnamdi Azikiwe University, 2021. URL: https://phd-dissertations.unizik.edu.ng/repos/81218149550_116954135352.pdf.

36. Namaumbo S., Mwangwela A. M., de Kock H. L. та ін. Reduction of Aflatoxins during Brewing of a Malawian Maize-Based Beer. Food Science & Nutrition. 2023. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10261816/.

37. Xolo T., Kayitesi E., Mokoena M. P. Physicochemical and Microbiological Changes during Fermentation of Traditional Maize and Sorghum Beer. Food Science & Nutrition. 2024. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10803943/.

38. Romero-Medina A., Estarrón-Espinosa M., Verde-Calvo J. R. та ін. A Sensory and Chemical Characterisation of Mexican Pigmented Corn Beers. Foods. 2020. Vol. 9, № 7. Article 886. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7404799/.

39. Koren D., Kun S., Vecseri-Hegyes B. та ін. Study of Antioxidant Activity during the Malting and Brewing Process. Journal of Food Science and Technology. 2019. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6675848/.

40. Guimaraes B. P., Ogden L. V., Shellhammer T. H. Investigating the Malting Suitability and Brewing Quality of Rice Cultivars. Beverages. 2024. Vol. 10, № 1. Article 16. URL: https://www.mdpi.com/2306-5710/10/1/16.

41. Ciocan M. E., Dabija A., Codină G. G. Brewing with Unmalted and Malted Sorghum: Influence on Beer Quality. Fermentation. 2023. Vol. 9, № 5. Article 490. URL: https://www.mdpi.com/2311-5637/9/5/490.

42. Moreira M. M. da S. An Overview of the Malting and Brewing Process. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/143408693.pdf.

43. Lewis M. J., Young T. W. Brewing: 2nd ed. New York: Springer, 2001. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4615-1799-3.pdf.

44. Briggs D. E., Boulton C. A., Brookes P. A., Stevens R. Brewing: Science and Practice. Cambridge : Woodhead Publishing, 2004. URL: https://rexresearch1.com/BrewingLibrary/BrewingSciPract.pdf.

45. Ogbonna A. C. Brewing Science and Technology: A Comprehensive Approach. URL: https://www.researchgate.net/profile/Augustine-Ogbonna/publication/315897506_Brewing_Science_and_Technology_A_Comprehensive_Approach/links/58ecc39b0f7e9b81aedda687/Brewing-Science-and-Technology-A-Comprehensive-Approach.pdf.