

**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 пива на основі
безглютенової зернової сировини**

Виконав: здобувач вищої освіти

4 курсу групи ХТ-1-21

освітньо-професійної програми

«Харчові технології» зі спеціальності

181 «Харчові технології»

_____Микита ГАНЗІЙ

Керівник_____Олена КОВАЛЬОВА

Дніпро 2025

**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)

«07» травня 2025 р.

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

Ганзій Микита Романович

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва пива на основі безглютенової зернової сировини».

Керівник роботи: Ковальова Олена Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналіз літературних джерел. 2 Організація проведення експериментальних досліджень, характеристика сировини і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Розробка технології виробництва безглютенового пива. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Алгоритм досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Доцент Олена КОВАЛЬОВА	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Аналіз літературних джерел	09.05-14.05.25	виконано
3	Організація проведення експериментальних досліджень, характеристика сировини і методи дослідження	15.05-16.05.25	виконано
4	Експериментальна частина	17.05-23.05.25	виконано
5	Розробка технології виробництва безглютенового пива	24.05-31.05.25	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	01.06-02.06.25	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Микита ГАНЗІЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Олена КОВАЛЬОВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка бакалаврської роботи містить: 80 сторінки друкованого тексту, 18 рисунків та ілюстрацій, 6 таблиць та використано 54 літературні джерела.

Метою цієї роботи було розроблення та оптимізація технології виготовлення безглютенового пива на основі гречаного солоду.

Об'єктом дослідження – технологічний процес виробництва безглютенового пива.

Предмет дослідження – гречаний солод і його властивості в процесі затирання, бродіння та доброджування пива.

З метою забезпечення безглютеновими напоями населення, розвивається виробництво безглютенових алкогольних напоїв. Проводиться робота з розробки та впровадження нових видів безглютенових напоїв.

Цей напрямок є перспективним, оскільки відкриває новий ринок оздоровчих товарів. Невідомість ринку відкриває великі можливості для реалізації такого виду товарів.

Ключові слова: ПИВО, БЕЗГЛЮТЕНОВЕ, ГРЕЧКА, ВИРОБНИЦТВО, СИРОВИНА, ОБЛАДНАННЯ, РЕЦЕПТУРА, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ, ВИПРОБУВАННЯ, НЕВІДКРИТИЙ РИНОК.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	10
1.1 Актуальність проблеми виробництва безглютенового пива	10
1.2 Непереносимість глютену як глобальна проблема харчової галузі	11
1.3 Безглютенові види сировини	12
1.3.1 Зернова сировина	12
1.4 Обґрунтування вибору гречки	22
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1 Організація проведення експерименту	28
2.2 Сировина: гречаний солод, житній солод, вода, пивні дріжджі	28
2.2.1 Гречаний солод	29
2.2.2 Житній солод	30
2.2.3 Вода	31
2.2.4 Пивні дріжджі	32
2.3 Методики: аналіз екстрактивності, рН, спиртового вмісту, кольору (ЕВС)	32
2.3.1 Аналіз екстрактивності	33
2.3.2 Методика розрахунку кислотності (рН)	35
2.3.3 Методика визначення спиртового вмісту в пиві	36
2.3.4 Методика визначення кольору пива (ЕВС)	38
2.4 Обладнання: ферментер, спектрофотометр, пивоварне устаткування	38
2.4.1 Ферментер	41
2.4.2 Спектрофотометр	43
2.4.3 Пивоварне устаткування	46
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	48
3.1 Органолептичні показники: колір, аромат, смак, піноутворення	48

3.1.1 Органолептичні показники пива з гречаного солоду	48
3.2 Фізико-хімічні показники	51
3.3. Стабільність і термін зберігання	58
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПИВА	61
4.1 Технологія виробництва пива	61
4.1.1 Розробка рецептури та вибір режимів затирання	61
4.1.2 Температурні режими	62
4.1.3 Охмеління, ферментація, доброджування	62
4.1.4 Карбонізація та пакування	63
4.2 Результати досліджень	63
4.2.1 Органолептична оцінка	63
4.2.2 Фізико-хімічні показники	64
4.2.3 Стабільність і терміни зберігання	65
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	67
5.1 Карта безпеки праці	67
5.2 Утилізація відходів пивоварного виробництва	67
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
6.1 Організація дослідження	69
6.2 Витрати на дослідження	70
6.3 Розрахунок вартості	73
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	75
БІБЛІОГРАФІЯ	76
ДОДАТОКИ	79

ВСТУП

У сучасних умовах харчова промисловість знаходиться на етапі активного розвитку, що зумовлено зростаючими вимогами споживачів до якості, безпеки та функціональності продуктів харчування. Особливо актуальним є виробництво продуктів, які відповідають спеціальним дієтичним потребам, зокрема для осіб із харчовими алергіями та непереносимостями. Однією з найбільш поширених харчових непереносимостей є целиакія — хронічне автоімунне захворювання, що потребує повного виключення з раціону глютену — комплексу білків, які містяться у злакових культурах, таких як пшениця, ячмінь і жито.

Пиво, як один із найпопулярніших ферментованих напоїв у світі, традиційно виробляється на основі ячмінного або пшеничного солоду, які містять глютен. Це суттєво обмежує можливості його споживання для великої частини населення, що має глютену непереносимість або вибирає безглютенову дієту з профілактичною або оздоровчою метою. Зважаючи на цей факт, виробництво безглютенового пива набуває особливої актуальності, адже дозволяє розширити асортимент пивної продукції, зробити її доступною для широкої аудиторії та відповідати сучасним тенденціям здорового способу життя.

Безглютенова зернова сировина, до якої належать гречка, рис, кукурудза, просо, сорго та інші культури, є перспективною сировиною для пивоваріння без глютену. Ці зернові не лише відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, але й володіють унікальними функціональними властивостями, що можуть позитивно впливати на органолептичні характеристики пива, його харчову цінність та біологічну активність. Наприклад, гречка багата на амінокислоти, мікроелементи та антиоксиданти, рис забезпечує м'якість смаку, а кукурудза додає легкозасвоювану енергію та покращує стабільність продукту.

Обґрунтування технології виробництва пива на основі безглютенової зернової сировини є важливим науково-технічним завданням, яке передбачає розробку оптимальних рецептур, технологічних режимів та методів контролю якості, що дозволять отримати конкурентоспроможний продукт із високими органолептичними та функціональними показниками. Впровадження таких технологій сприятиме не лише задоволенню потреб споживачів із глютеновою непереносимістю, а й розвитку галузі загалом, підтримці інноваційного потенціалу та екологічній безпеці виробництва.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка обґрунтованої технології виробництва пива на основі безглютенової зернової сировини, що відповідала б сучасним вимогам щодо якості, безпеки та функціональності продукту.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану та перспектив розвитку ринку безглютенового пива, виявити основні тенденції і технологічні виклики;
- дослідити властивості різних видів безглютенової зернової сировини, оцінити їх вплив на технологічний процес пивоваріння і якість кінцевого продукту;
- розробити рецептури безглютенового пива з урахуванням технологічних особливостей обраної сировини;
- оптимізувати технологічні параметри процесу виробництва, включно з маутінгом, ферментацією та дозріванням;
- провести комплексний аналіз органолептичних, фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних показників отриманого продукту;
- оцінити безпеку та стабільність безглютенового пива протягом встановленого терміну зберігання;
- проаналізувати екологічний вплив нової технології та її відповідність нормативним вимогам України.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва пива на основі безглютенової зернової сировини.

Предметом дослідження — технологічні параметри, що впливають на якість, стабільність та безглютеновість кінцевого продукту.

Актуальність теми зумовлена зростаючою потребою у безпечних і функціональних безглютенових продуктах харчування, які поєднують традиційні смакові властивості пива з сучасними вимогами здорового харчування, а також сприяють розвитку інноваційних технологій у пивоварній галузі.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.2 Актуальність проблеми виробництва безглютенового пива

Через забруднення планети та різні техногенні катастрофи кількість людей з алергією стає тільки більше.

На момент весни 2024-го року за даними Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я тільки алергія на глютен встановлена у більш ніж 79 мільйонів людей по всьому світі. В Україні алергія є у 225 тис. громадян. Темпи розвитку алергії становить 1,4% в рік тобто більше 80 мільйонів по всьому світі та 250 тисяч по Україні.

Таке збільшення кількості людей алергіків спричинено деякими факторами:

- Забруднення довкілля – багато людей дихають брудним повітрям, в якому кількість небажаних речовин перевищує норму в декілька разів.
- Неправильне харчування – більша частина населення землі вживає багато фаст-фуд їжі, різні види снєків, неорганічні продукти.
- Шкідливі звички – кількість шкідливих звичок у людини постійно збільшується. До звичайного тютюнопаління, та вживання алкоголю, додаються залежність від енергетичних напоїв та засобів паління на неорганічній нікотиновій основі.
- Техногенні катастрофи – великий спалах людей які мають велику кількість алергій відбувся після Чорнобильської катастрофи, її наслідки ми досі відчуваємо на собі.

Через це засоби харчування які не мають в собі алергени мають великий економічний та оздоровчий потенціал. Люди з алергією зможуть спокійно вживати всі види продуктів без побоювань щодо алергічної реакції.

1.2 Непереносимість глютену як глобальна проблема харчової галузі

Целіакія – це аутоімунне захворювання, яке виникає внаслідок непереносимості глютену і базується на генетичній схильності [2]. Глютен – це білкова сполука, знайдена у пшениці, житі, ячмені та деяких сортах вівса [2]. Суворі безглютенова дієта є єдиним доступним на даний момент терапевтичним методом для пацієнтів з целіакією [2]. Зростання попиту на безглютенові продукти відповідає ринковим вимогам. Це пов'язане зі збільшенням кількості хворих на целіакію та наявністю широкого кола споживачів чутливих до глютену, а саме, появою у різних верств населення алергії на глютен.

Термін "алергія" вперше був введений у 1906 році австрійським педіатром Клеменсом фон Пірке для опису нетипової, зміненої реакції організму деяких дітей на введення протидифтерійної сироватки з лікувальною метою.

В основі алергічної реакції лежить імунологічний механізм, і вони є високо специфічними реакціями [1].

Алергічну реакцію викликають антигени під назвою «алерген». Алергени бувають повні та неповні.

Неповні алергени стають антигенами лише після з'єднання з білками тканин організму. Такі алергени можуть спричиняти алергічну реакцію двома основними способами:

- Поєднуючись із макромолекулами в організмі, вони стимулюють утворення антитіл, які розпізнають саме алерген, а не його носій.
- Утворюючи разом із молекулами організму імунні комплекси, що викликають реакцію з боку антитіл лише у відповідь на ці утворені комплекси, а не на окремі їх складові.

За природою алергени в більшості є білками, білково-полісахаридними або білково-ліпоїдними комплексами. Рідше алергенами можуть бути окремі елементи (бром, хлор, йод), небілкові складні сполуки (бактерії, полісахариди) [2].

1.3 Безглютенові види сировини

Існує велика кількість безглютенової сировини. Проте в основному вони поділяються на наступні види:

- Зернова сировина;
- Бобова сировина;
- Незернова сировина;

1.3.1 Зернова сировина

Гречка – однолітня рослина родини гречаних. Невибagliвий до умов вирощування та клімату, має високу врожайність, може висаджуватись після багатьох культур без додавання великої кількості добрив. За стійкістю до погодних умов та хвороб стійкіша за пшеницю та жито [3].



Рисунок 1.1. – Гречка зелена [4]

Гречка вважається дієтичним продуктом, через високий вміст білків. Ці білки легко засвоюються, та є більш повноцінними у порівнянні з білками злаків. За живильними цінностями гречані білки не поступаються бобам.

Жирів гречка має більше ніж у інших круп'яних культур окрім пшона. Також жири гречки є стійкими до окиснення, що дає можливість крупі зберігатися довше інших круп.

Основним компонентом гречки є вуглеводи, які представлені крохмалем, цукрами та харчовими волокнами.

З вітамінів в гречці переважно представлені E, B₁, B₂, PP, B₆. Вміст органічних кислот наступний – лимонна, яблучна, щавлева. Серед інших речовин, які є в малій кількості, можна зазначити: фосфоліпіди, залізо, мідь, фосфор, марганець, калій.[3]

Взявши до купи всі параметри цієї культури можна прийти до висновку що вона підходить як сировина для виробництва безглютенових напоїв.

Рис – є одним з найважливіших продуктів харчування людини завдяки його вирощуванню широко поширений. Рис є насінням однодольних рослин роду *Oryza*, що відноситься до злакових сімейства Poaceae (формально Graminae), що включає двадцять диких видів і два культивовані, *Oryza sativa* (азіатський рис) і *Oryza glaberrima* (Африканський рис).

Незважаючи на те, що рис в основному споживається як біле зерно за останнє десятиліття десятки продуктів, що містять рис як інгредієнт з'явилися на продовольчому ринку. Гіпоалергенні якості рису спонукали до значного збільшення використання рисового солоду у рецептурі безглютенових продуктів. [5]

Сьогодні різноманітні продукти, включаючи хліб, локшину та пиво, використовують рис як часткову заміну ячменю чи пшениці. Завдяки швидкому розвитку технологій значна частина споживачів віддає перевагу продуктам, що містять рис як заміник. Ця тенденція вказує на те, що безглютенові продукти на основі рису можна покращити шляхом використання останніх розробок у технологіях безглютенових продуктів, особливо в країнах, де рис є основним продуктом харчування або переважно культивується. [6]



Рисунок 1.2 – Рис зелений [7]

Кукурудза – безпечна каша для хворих на целіакію, яка використовується як альтернатива розробці безглютенові харчові продукти. Дослідження підтвердило покращення деякі пацієнти з характерною целіакією, коли їм була призначена дієта.

Однак щодо кукурудзи точаться суперечки безпеки. Дослідження показали, що зейни, проламіни кукурудзи, змогли викликати запальну реакцію через контакт із слизової оболонки у деяких пацієнтів із хворобою Крона.

Дійсно, високий ступінь ідентичності в кукурудзі виявлено проламіни до целіакії токсичних пептидів та їх цілісність після шлунково-кишкового протеолізу невідома [5].

Реакція на проламіни кукурудзи у пацієнтів з ХК, є рідкісна подія. Підтвердження того, що зейни відіграють роль у патогенезі ХК буде корисною інформацією для подальшого спостереження за деякими пацієнтами з целіакією, які не реагують на лікування. Незважаючи на низький вміст зейнів у продуктах, що містить кукурудза, порівняно з вмістом гліадинів у продуктах, що містять пшеницю, кукурудза може бути відповідальною за стійке пошкодження слизової оболонки в а дуже обмежена підгрупа хворих на ХК [5].



Рисунок 1.3 – Кукурудза [8]

Сорго вважається безпечною крупою для хворих на целиакію через це більш тісно пов'язаний з кукурудзою, ніж з пшеницею, житом і ячменем. Сорго – посухо-жаростійке зерно злаків, що росте в напів осушливих умовах.

Сорго традиційно використовувалося в основному як корм для тварин.

На західні країни припадає майже 40% світового виробництва сорго використовували в їжу в Африці та Індії [5]

Різні дослідження, засновані на імунологічних аналізах та дослідженнях *in vitro* дослідження харчових продуктів із сорго підтвердили що сорго може стати хорошою основою для безглютенового хліба та інших хлібобулочних виробів, таких як макарони, печиво або закуски. Нещодавно Pontieri та ін. продемонстрували, що сорго може бути остаточно вважатися безпечним для споживання людьми з Целиакію через відсутність токсичних гліадиноподібних пептидів за допомогою підходів біохімічних/імунохімічних експериментів. [9,10].



Рисунок 1.4 – Сорго [11]

Пшоно є узагальненою назвою для ряду злакових культур, які належать до роду злакоцвітних. У науковій літературі існують певні розбіжності щодо класифікації родини проса: деякі джерела відносять його до родини злакових, інші — до родини злакоцвітних. Існує велика кількість різновидів пшона, серед яких виділяють чотири основні типи: перловку, звичайне просо, пальцеве просо та лисохвіст. До інших різновидів дрібнозернистого пшона належать такі види, як пшоно (*Echinochloa* spp.), кодо-пшоно (*Paspalum scrobiculatum*), мале пшоно (*Panicum sumatrense*), гвінейське пшоно (*Brachiaria deflexa* або *Urochloa deflexa*) і буре пшоно (*Urochloa ramosa* = *Brachiaria ramosa* = *Panicum ramosum*).

У багатьох країнах Африки та Азії пшоно є основним продуктом харчування. Різні традиційні страви та напої, наприклад хліб (квасних і неферментованих), готують каші, закуски з пшона.

Кілька потенційних переваг для здоров'я (запобігання раку та серцево-судинних захворювань, зниження захворюваності на пухлини, зниження рівня крові тиск і т.д.) були зареєстровані для пшона. Однак, пшоно є найбільш відомим з поживної точки зору як хороше джерело мінералів магнію, марганцю і фосфора. Наявність всіх необхідних поживних речовин в пшоні роблять його придатним для великого виробництва використання у виробництві харчових продуктів (дитяче харчування, снеки, та дієтичне харчування).

Зерна пшона зазвичай обробляють, щоб покращити їх їстівність, поживні та сенсорні властивості за загальноновживаними традиційними техніками обробки. Тим не менш, негативні зміни в цих властивості виникають завдяки промисловим методам рецептури пшоняних продуктів не добре розвинені, будучи необхідно грізним виклик як для технолога зернових, так і для пекаря.



Рисунок 1.5 – Пшоно [12]

Амарант – Рід *Amaranthus* налічує понад 60 видів. Основними видами амаранту, які культивуються для отримання насіння і найбільш використовувани в харчуванні людини – це Амарант *caudatus* в Перу та інших андських країнах, Амарант *cruentus* у Гватемалі та Амарант *hypochondriacus* у Мексиці. Білки амаранту складаються переважно з альбумінів та глобулінів, тоді як проламінів дуже мало. Вміст незамінних амінокислот. Вміст незамінних амінокислот у насінні амаранту є високим, а амінокислотний склад амінокислотний склад краще збалансований, ніж у більшості зернових. Це хороше джерело рибофлавіну, вітаміну Е, кальцію, магнію та заліза, серед мінералів. Високий вміст кальцію в насінні амаранту має особливе значення для людей з целиакією через добре відому поширеність остеопенії та остеопорозу серед вперше діагностованих хворих на целиакію.

Різні дослідження, зосереджені на вивченні білкового складу різних сортів амаранту, показали, що амарант може бути безпечно включений до раціону харчування осіб які страждають на целиакію. Однак необхідні контрольовані клінічні дослідження для підтвердження результатів і підтримки включення амаранту в раціон целиакії. Gambus та ін. замінили кукурудзяний крохмаль на амарантове борошно, щоб підвищити вміст білка та клітковини у

безглютеновому хлібі. При 10% заміні рівні заміни вміст білка та клітковини збільшився на 32% та 152% відповідно. Відповідно, в той час як сенсорна якість не змінилася. [5]



Рисунок 1.6 – Амарант [13]

Овес – зернова культура, яка використовується як корм для тварин для виробництва солоду та пивоваріння відповідно. За результатами досліджень вживання продуктів, багатих вівсом, може знизити ризик деяких хронічних захворювань. Це все завдяки наявності фенольних сполук, вітамінів E, і β -глюкан у вівсі. Також є ряд переваг пов'язаних з ліпідними компонентом (стероли, жирні кислоти), протеїнами та біоактивними пептидами вівса. Теоретичні данні вказують, що овес є багатим джерелом розчинної клітковини, бета-глюкану, фенольних сполуки, а також функціональних ліпідів з білковими компонентами, які потенційно можуть допомогти в профілактиці та лікування гіпертонії. Вівсяний солод потенційно має систему доставки ендогенних ферментів. Але досі існує не вирішене питання щодо наявності у зерні вівса компонентів для засвоєння організмом людини [14].



Рисунок 1.7 – Овес [16]

Сочевиця – універсальна і багата на поживні речовини харчова бобова культура з вираженими перевагами для здоров'я. Вона є важливою високопоживною культурою, яка вирощується і споживається у всьому світі завдяки високому вмісту елементів, у тому числі мінералів. Так, вона має високий вміст Ca, K, P, Fe, Mn, Cu, Mo, B, I, C, Zn. Крім того, вони містять жирні кислоти Омега-3 та Омега-6. Також сочевичні боби містять вітаміни групи B, вітаміни A, PP, а пророслі зерна – вітамін C. Сочевиця відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, особливо в країнах з низьким рівнем доходу.

Як правило, сочевиця обробляється перед вживанням. Найпоширенішими є кілька способів обробки, зокрема нагрівання, пророщування, ферментація та екструзія. Ці методи часто використовують для приготування цієї популярної бобової культури, перетворюючи її на смачні та поживні страви, а також оптимізуючи її лікувальні властивості. Однак дослідження *in vitro* та *in vivo* з використанням переробленої сочевиці ефективно продемонстрували її функціональні переваги, включаючи кардіопротекторні, антидіабетичні, протизапальні та антиканцерогенні ефекти. [15]



Рисунок 1.8 – Сочевиця [17]

Льон - рід рослин роду льонових. Рід налічує майже 200 видів, які ростуть у субтропічних та помірних регіонах світу. Луб'яні волокна льону звичайного (*L. Usitatissimum*) використовують для виробництва лляного волокна і лляних тканин, а насіння – для виробництва лляної олії, борошна, та безглютенових продуктів. [21]

Стигле насіння льону характеризується значним вмістом біологічно активних речовин. Основні компоненти (у відсотковому співвідношенні): білкові речовини – 18-33%, слизові полісахариди – 5-12%, вуглеводи – 12-26%, безазотисті екстрактивні речовини – близько 22%, ліпіди – 30-50%. Жирнокислотний склад представлений тригліцеридами ліноленової (30-45%), лінолевої (25-59%), олеїнової (18-20%), стеаринової (8-9%), а також пальмітинової, арахінової, міристинової кислот. У насінні також виявлено α -токоферол, фітостерини, ферменти, вітаміни С, А, F.

Оболонка насінини містить полімерні сполуки, які при ферментативному або кислотному гідролізі здатні вивільняти біоактивні речовини – лінокофеїн та ліноцинамарин.

Застосування цілісного насіння рекомендоване при функціональних розладах кишечника, зокрема запорах, а також як допоміжний засіб при цукровому діабеті. У присутності води насіння набухає, утворюючи в'язку масу,

яка, проходячи через шлунково-кишковий тракт, чинить механічний вплив на рецепторний апарат слизової оболонки кишечника, стимулюючи його перистальтичну активність.

Слизові компоненти обволікають харчовий хімус та слизову оболонку травного каналу, формуючи захисний бар'єр, який зменшує подразнення епітелію ротової порожнини, стравоходу, шлунка та кишечника. Крім того, алкалоїд лінамарин, наявний у насіннєвій оболонці, посилює секреторну та моторну функцію шлунково-кишкового тракту.

Насіння льону проявляє низку фармакологічних ефектів: протизапальну, анальгетичну, антисклеротичну та легку послаблюючу дію, що обумовлює його перспективність у фітотерапевтичній практиці [22].



Рисунок 1.9. – Льон [23]

Маш (боби мунг) - це однорічна культура з прямостоячим, ребристим і жорстким стеблом, яке досягає висоти до 1,5 метра. Поверхня стебла вкрита дрібними волосками. Рослина здатна до самозапилення. Квітки зазвичай мають жовте або світло-жовте (лимонне) забарвлення. Плоди - видовжені, циліндричної форми боби, злегка опушені та вузькі. Насіння дрібне, найчастіше жовтого або зеленого кольору, іноді із характерними плямами на поверхні.



Рисунок 1.10 – Маш [24]

Насіння машу має високу поживну цінність: воно містить приблизно 50 % крохмалу, близько 4 % жирів, а також багатий на мінерали склад. У ньому присутні корисні харчові волокна, вітаміни групи В, а також важливі макро- та мікроелементи, зокрема калій, кальцій, натрій, магній, залізо та фосфор. Через свою високу поживну цінність, особливо в насінні, боби мунг слугують важливим джерелом їжі та корму для людей і тварин. Насіння бобів мунг містить близько 20,97–31,32 % білка в порівнянні з 18–22 % та 20–30 % за вмістом білка в сої та квасолі, відповідно. Окрім того, вміст білка в насінні бобів мунг приблизно вдвічі вище, ніж у насінні кукурудзи, з нижчим вмістом запасного білка (від 7 до 10 %) і значно більш високим вмістом білка, аніж у звичайних коренеплодах. Оскільки він допомагає: зміцнити імунну систему; стабілізувати та привести в норму рівень холестерину, який є причиною виникнення серцево-судинних захворювань; збільшити гостроту зору; збалансувати гормональний фон у жінок; підвищити працездатність; нормалізувати обмінні процеси; швидко насититися, що важливо в боротьбі з ожирінням. До цього переліку можна додати легкий сечогінний ефект, здатність загоювати рани при опіках, допомога при харчових отруєннях. Боби мунг застосовують у лікуванні деяких запальних і інфекційних захворювань [20].

1.4 Безглютенова сировина в пивоварінні

Наразі в пивоварінні використовують не так багато безглютенової сировини. З перелічених у пункті 1.3. можна побачити кукурудзяний солод, рисовий, та іноді овес.

Гречка зустрічається в пивоварінні також, проте вона використовується як додаткова несолоджена сировина. Це зумовлено малою екстрактивністю гречаного крохмалю.

Для цієї кваліфікаційної роботи я вибрав як приклад безглютенової сировини саме гречку.

Як вже писали у попередньому розділі, гречка – однолітня рослина родини гречаних. Невибагливий до умов вирощування та клімату, має високу врожайність, може висаджуватись після багатьох культур без додавання великої кількості добрив.

При виробництві пива сировина повинна відповідати на ступним критеріям:

- вміст крохмалю;
- вміст білка;
- екстрактивність;
- кількість зброджувальних цукрів;

За вмістом крохмалю гречка є гарним представником сировини для легків сортів пива, які вживать з ціллю насолодитися різноманіттям запахів, і смаків пива. Білка в гречці більше ніж у традиційній сировині для пива. Гречка має 15% білка у своєму вмісті, в той час як ячмінь має всього 10%. Така велика кількість білку дає стійку та щільну пінку, як буде зберігати смак та газацію пива в стакані довше ніж звичайна пива з ячмінного пива.

Екстрактивність в гречці лише 39%, проте це можна виправити. Для цього гречаний солод потрібно ферментувати, та розкласти крохмаль на цукор примусово.

Кількість зброджувальних цукрів отримують під час варки пива. Тому цей критерій доведеться визначити.

Висновок за розділом

Зробили аналіз актуальності проблеми алергії на глютен. Проаналізували безглютенову сировину. За результатами прийшли до висновку, що резонно використовувати гречане зерно для виробництва безглютенового пива. Тому що ринок безглютенових алкогольних напоїв дуже малий, і не розвинений.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Організація проведення експериментів

Робота складалась з кількох взаємозв'язаних етапів. На рисунку 2.1 наведена схема проведення досліджень.



Рисунок 2.1 – Схема проведення досліджень

Першим етапом розробки було дослідження складу гречаного солоду.

На другому етапі вивчені процеси, що відбуваються під час пророщування солоду, його затиранні. Визначена кількість цукру, кислотність, щільність отриманого суслу. За результатами визначень розроблена оптимальна рецептура готового продукту та розрахована оптимальна технологічна лінія.

На третьому етапі виготовлено експериментальний зразок готового продукту з виконанням усіх технологічних процесів. Внесення останніх коректив у рецептуру та тех. лінію.

Четвертий етап присвячений дослідженню відповідності кінцевого зразка готового пива до еталонних зразків звичайного пива та з показниками стандартів.

В роботі використовувались нестандартні процес виготовлення пива. Методики дослідження були використанні стандартні. Достовірність теоретичних розрахунків підтверджена експериментально.

Для дослідження було використано гречку та жито врожаю 2024 року. Гречка відповідає всім вимогам ДСТУ 4524:2006 Жито відповідає вимогам ДСТУ 4522:2006.

Для проведення досліджень з розробки гречаного пива використовували сировину:

- Солод гречаний ДСТУ 4524:2006;
- Солод житній ДСТУ 4522:2006;
- Дріжджі пивні US-05 ДСТУ 7344:2022;
- Вода питна підготовлена ДСТУ 7525:2014;

Під час розробки рецептури були використані рецептури різних видів пива представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Рецептūra різних видів пива

Назва пива	Солод	Хміль	Дріжджі
Appalachian Amber	Pale Malt Crystal Malt Munich Malt Chocolate Malt	Cascade	US-05
BBQ Blonde	Pale Ale Carapils	Galena Citra	US-05
Blonde Coffee Stout	Wheat. Flake Pale Malt Smoked Malt Caramel	Columbia Goldings	Northwest Ale #1332

Показники якості отриманих зразків були перевірені на відповідність ДСТУ 3888:2015.

Показники якості гречаного пива також були перевірені на відповідність ДСТУ 3888:2015.

Хміль був перевірений за ДСТУ 7067:2009.

Якість води визначалась за ДСанПіН 2.2.4-171—2010.

Дріжджі були перевірені на відповідність ДСТУ 7344:2022.

Визначення діоксиду вуглецю було визначено за ДСТУ 4850:2007.

Колір був визначений за ДСТУ 4851:2007.

Кислотність визначали за ДСТУ 4852:2007.

Кількість алкоголю та дійсного екстракту було визначено за ДСТУ 7104:2009.

Органолептичні показники та об'єм були визначені за ДСТУ 7103:2009.

Дослідження проводились відповідно нормам ДСанПіН 4.4.4-152-2008.

Відбір проб був проведений за ДСТУ 4853:2007.

2.2 Сировина: гречаний солод, житній солод, вода, пивні дріжджі

2.2.1 Гречаний солод

Гречаний солод – це пророщене зерно гречки, яке було висушено та обжарено. Використовується як додаткова сировина в виробництві крафтового та функціонального пива. В даній кваліфікаційній роботі гречаний солод використовується як основна сировина.

Таблиця 2.2 – Особливості гречаного солоду в пивоварінні

Параметр	Характеристика
Походження	З гречки (<i>Fagopyrum esculentum</i>)
Глютен	ВІДСУТНІЙ
Ферментативна активність	Низька (нижча, ніж у ячмінного солоду)
Смак	Горіховий, хлібний, карамельний, з легкою кислотою
Колір	Від світло-бурштинового до темно-коричневого
Екстрактивність	Близько 70–75%

Переваги використання:

- підходить для алергіків на глютен
- додає характерного смаку (горіховий, злегка пряний)
- добре підходить для креативного або крафтового пива
- має високу біологічну цінність (антиоксиданти, рутина, амінокислоти)

Недоліки та обмеження:

- низька активність ферментів (особливо амілази), тому:
 - необхідно змішувати з ячмінним або ферментованим солодом;
 - або застосовувати зовнішні ферментні препарати;
- може погіршити фільтрацію сусла через більшу в'язкість;
- має особливу поведінку при затиранні.

Таблиця 2.3 – Характеристики затирання гречаного солоду

Параметр	Значення
Температура дії альфа-амілази	65–68 °C
Час затирання	60–90 хв
Оптимальний рН	5,2–5,6
Рекомендований % у рецептурі	10–50% (або 100% для безглютенового пива за умови ферментативної підтримки)

2.2.2 Житній солод

Житній солод – це пророщене зерно жита яке було висушено та обжарено. Використовується як додаткова сировина в виробництві крафтового та функціонального пива. В даній кваліфікаційній роботі житній солод використовується як додаткова сировина.

Переваги використання:

- унікальний смак та аромат;
- підходить для людей хворих целіакією;
- зменшення кислотності;
- сприяє піноутворенню.

Недоліки та обмеження:

- зменшення прозорості;
- специфіка обжарювання;
- збільшення щільності.

Таблиця 2.4 – Особливості житнього солоду в пивоварінні

Параметр	Характеристика
Походження	Жито посівне (<i>Secale cereale</i>)
Глютен	ВІДСУТНІЙ
Ферментативна активність	Середня (нижча, ніж у ячмінного солоду)
Смак	Характерний житньому хлібу
Колір	Від світло-коричневий до темно-коричневого
Екстрактивність	Близько 80–85%

Таблиця 2.5 – Характеристики затирання житнього солоду

Параметр	Значення
Температура дії альфа-амілази	65–68 °C
Час затирання	60–75 хв
Оптимальний pH	5,2–5,6
Рекомендований % у рецептурі	30–70%

2.2.3 Вода

Вода основний компонент в виробництві пива. Проте не кожан вода підходить для варіння пива.

Перш за все вода повинна відповідати ДСанПіН 2.2.4-171-10, призначеної для споживання людиною.

Для кожного виду пива потрібна конкретна вода з конкретним мінеральним вмістом. В таблиці 2.6 наведені декілька складів води для де-яких видів пива.

Таблиця 2.6 – Склад води для різних видів пива

Концентрація (ppm)	Світле м'яке	Світле низового бродіння	Темне з вираженим смаком солоду	М'який стаут	Терпкі спеціальні сорти	Елі
Кальцій	16	7	75	115	250	295
Магній	2	2	20	4	25	45
Натрій	4	2	10	4	70	55
Сульфати	25	5	10	55	280	725
Бікарбонати	12	12	200	200	550	300
Хлориди	9	5	2	19	100	25
Твердість	48	30	250	300	750	850
Специфіка	М'яка	М'яка	Карбонатна	Карбонатна	Тверда	Сульфатна

Показники наведені в таблиці 2.6 не є еталонними, і кожен пивовар використовує свою воду. Для виготовлення гречаного пива можна використовувати воду наближену до елевої.

2.2.4 Пивні дріжджі

Пивні дріжджі – це одноклітинні прості, маючи ряд властивостей притаманні більш високоорганізованим організмам.

Існує два різновиди пивних дріжджів:

- дріжджі верхового бродіння:
 - збродження відбувається при температурі 17°-25°C;
 - мають більш активну поведінку;
 - короткий період актиного бродіння;
- дріжджі низового бродіння:
 - збродження відбувається при температурі 10°-14°C;
 - мають пасивну поведінку;
 - мають довготривалу фазу активного бродіння.

2.3 Методики: аналіз екстрактивності, рН, спиртового вмісту, кольору (EBC)

2.3.1 Аналіз екстрактивності

Екстрактивність солоду – це відсоток сухих речовин, які можуть перейти у розчин під діє власних ферментів солоду за певних температурних умов. Метод базується на переведенні в розчин екстрактивних речовин солоду під дією його власних ферментів за умов, які наближені до оптимальних, з подальшим відділенням суслу і визначенням його концентрації

Екстрактивність визначають за допомогою стандартного методу (настійний або конгресний) або методом ВНДПП (відварним). В даній кваліфікаційній роботі екстрактивність визначалась конгресним методом. Його методика наведена нижче.

Необхідний посуд:

- ваги лабораторні загального призначення;
- водяна баня, термометр;
- хімічні або заторні стакани місткістю 200 і 1000 мл;
- лійка для фільтрування;
- фільтрувальний папір;
- ареометр;
- рефрактометр;
- циліндр місткістю 200 мл, скляна паличка.

Порядок виконання аналізу:

50 г солоду дрібного помелу засипають заторну склянку. До склянки додають 200 мл дистильованої води, підігрітої до 47°C і поміщають у водяну баню з температурою 45°C, витримують впродовж 30 хв періодично помішуючи. Після паузи починають підіймати температуру до 70°C. При досягненні потрібної температури, додають ще 100 мл води температурою 70°C. При такій

температурі сусло тримають 1 год, періодично помішуючи. Потім додають ще дистильованої води поки загальна маса не стане 450 г. Отримане сусло охолоджують до кімнатної температури та ретельно фільтрують. Під час фільтрації перші порції фільтрату повертають назад до фільтру для доочищення, лійку накривають склом або кришкою, щоб уникнути випаровувань. Процес фільтрації триває до появи тріщини у шарі дробини, але не більше 2 год. Отриманий екстракт вимірюють аерометром або рефрактометром.

Екстрактивність солоду на повітряно-суху речовину (E_1) в процентах розраховують за формулою 2.1:

$$E_1 = \frac{e \times (800 + W)}{100 - e}, \quad (2.1)$$

де e – масова частка екстракту в лабораторному суслі, %;

w – масова частка вологи в солоді, %.

Екстрактивність солоду на суху речовину (E_2) в процентах розраховують за формулою 2.2:

$$E_2 = \frac{E_1 \times 100}{100 - W}, \quad (2.2)$$

Обчислення здійснюються з точністю до другого знака після коми. За підсумкове значення приймають середнє арифметичне двох паралельних вимірювань, результат якого округлюється до одного десяткового знака. Допустиме відхилення між паралельними вимірюваннями, виконаними одним і тим самим фахівцем, не повинно перевищувати 0,5 %.

2.3.2 Методика розрахунку кислотності (pH)

Кислотність сусла визначається титруванням з індикатором.

Метод ґрунтується на нейтралізації органічних кислот та кислих солей, присутніх у пиві, шляхом титрування розчином гідроксиду натрію. Визначення проводять з використанням фенолфталеїну червоного як індикатора та методом виносу краплі. Кислотність пива виражають у см³ 1,0 моль/дм³ розчину NaOH, витраченого на нейтралізацію 100 мл досліджуваного зразка.

Матеріали та реактиви:

- Конічні колби об'ємом 100 та 500 мл
- Піпетки на 10, 20 та 50 мл
- Бюретка на 20 мл
- Мірний циліндр об'ємом 50 мл
- Розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³
- Спиртовий розчин фенолфталеїну червоного з масовою концентрацією 10 г/дм³
- Скляна паличка
- Порцелянова пластинка білого кольору

Методика проведення аналізу:

У колбу об'ємом 500 мл наливають 150-200 мл пива. Ємність закривають долонею та струшують до зникнення надлишкового вуглекислого газу (відчуття тиску має зникнути). Із зразка піпеткою відбирають 50 мл пива, яке переносять у конічну колбу на 100 мл, підігрівають до 40 °С і витримують протягом 30 хв. Після цього охолоджують до $20,0 \pm 0,5$ °С за допомогою проточної води.

У разі, якщо пиво має непрозорий вигляд, його попередньо фільтрують через паперовий фільтр. Для темного пива з кольоровістю понад 3,0 умовних одиниць проводять попереднє розведення дистильованою водою у співвідношенні 1:3 у мірному циліндрі.

Далі піпеткою відбирають 10 мл підготовленого зразка пива, поміщають у конічну колбу (100 мл), додають 40 мл дистильованої води та 3-4 краплі спиртового розчину фенолфталеїну.

Титрування проводять розчином гідроксиду натрію з бюретки до досягнення стійкого (не менше 30 секунд) слабо рожевого відтінку розчину. У разі знебарвлення розчину до завершення зазначеного часу, титрування продовжують до стабільного індикаторного ефекту.

Розрахунок кислотності ведуть за формулою:

$$X = V \times K_1 \times K_2 \text{ см}^3/\text{дм}^3 \text{ на } 100 \text{ мл пива}, \quad (2.3)$$

де: V – об'єм розчину NaOH концентрацією 0,1 моль/дм³, який витрачено на титрування, см³;

K_1 – коефіцієнт поправки до робочого розчину NaOH;

K_2 – коефіцієнт розбавлення темного пива ($K_2=4$) [37].

2.3.3 Методика визначення спиртового вмісту в пиві

Під час виробництва пива в його складі є пивні спирти та екстрактивні речовини, вони мають різні фізико-хімічні показники, які впливають на точність їх визначення. Для визначення точних показників необхідно відділити пивні спирти від інших речовин, це роблять за допомогою перегонки. Після перегонки, дистилят доводять до початкової маси дистильованою водою з подальшим визначенням вмісту спирту.

Обладнання та лабораторний посуд:

- Лабораторні ваги загального призначення з точністю до 0,01 г
- Дистиляційна установка
- Перегінна колба об'ємом 1 дм³
- Приймальна колба об'ємом 250 мл
- Ареометр для вимірювання концентрації етилового спирту
- Термометр

Методика проведення аналізу:

Перед початком аналізу перегінну та приймальну колби зважують на аналітичних вагах з точністю до 0,01 г. У перегінну колбу вносять 200 г пива, попередньо декарбонізованого.

У приймальну колбу додають 10-15 мл дистильованої води та занурюють у неї кінець холодильника. Дистиляційний прилад збирають і розпочинають процес перегонки, при цьому забезпечують безперервне охолодження холодильника струменем холодної води.

Пиво нагрівають до кипіння, підтримуючи постійну інтенсивність кипіння. Впродовж перегонки стежать, щоб екстрактивні компоненти не прилипали до стінок перегінної колби. Коли об'єм дистиляту в приймальній колбі досягає $2/4$ - $3/4$ від початкового об'єму пива, перегонку припиняють.

Отриманий дистилят охолоджують до температури 20 °С, після чого додають дистильовану воду до досягнення загальної маси 200 г. Розчин ретельно перемішують, і концентрацію етилового спирту визначають ареометром. Результати виражають у масових відсотках.

Остиглий залишок у перегінній колбі доводять дистильованою водою до маси 200 г при температурі 20 °С, ретельно перемішують і визначають концентрацію сухих речовин за допомогою цукроміра. Отримане значення відповідає вмісту дійсного екстракту у пиві [38].

2.3.4 Методика визначення кольору пива (ЕВС)

Колір пива визначають спектрофотометричним методом.

Метод ґрунтовано на визначенні спектральної поглинальної здатності пива в комірці розміром 10 мм за довжини хвилі 430 нм. Колір в одиницях ЕВС (одиницях Європейської конвенції з пивоваріння) отримують множенням значення поглинальної здатності пива на відомий коефіцієнт.

Прилади і посуд: Ваги лабораторні, термометр ртутний скляний, 2 циліндри по 500 мл, колба 2 на 100 мл, 2 на 1000 мл, склянка, 2 конічні колби по 500 мл, спектрофотометр, фільтр скляний, фільтр мембранний центрифуга, 2

піпетки 50 і 25 мл, папір фільтрувальний лабораторний, кізельгур, спирт етиловий ректифікований, вода дистильована, кислота соляна (густина 1,174 г/мл).

Техніка аналізу: спочатку готують розчин соляної кислоти. Для цього соляну кислоту об'ємом 270 мл, відібрану циліндром, обережно під час перемішування скляною паличкою вливають у порцелянову склянку зі дистильованою водою об'ємом 500 мл. Після охолодження розчин переливають у мірну колбу місткістю 1000 мл і доводять дистильованою водою до позначки.

Після завершення приготування розчину хлороводневої кислоти переходять до обробки кізельгуру. Для перевірки його придатності здійснюють тест на стабільність оптичної густини: вимірюють цей показник у прозорому пиві до та після фільтрації із застосуванням 1 г і 2 г кізельгуру. Якщо показники залишаються незмінними, кізельгур вважається придатним до використання.

Після підготовки реагентів відбирають пробу пива. Від 150 до 200 мл пива відмірюють за допомогою мірного циліндра та переносять у конічну колбу об'ємом 500 мл. Колбу щільно закривають пробкою з отвором, через який вставлена тонка трубка для виведення CO_2 , закріплюють у приладі для струшування та інтенсивно перемішують упродовж 20–30 хвилин. У разі відсутності апарату допускається ручне струшування: при цьому колбу закривають долонею, періодично відкриваючи її, поки не зникне відчуття внутрішнього тиску.

Непрозорі зразки пива спочатку фільтрують крізь паперовий фільтр. Якщо показник мутності перевищує 1 од. ЕВС, здійснюють додаткове очищення шляхом фільтрації через мембранний фільтр із порами 0,45 мкм. У випадку надмірної мутності зразок попередньо освітлюють, додаючи кізельгур з розрахунку 1 г/дм³. Для оцінки прозорості досліджуваного зразка вимірюють його оптичну густину на довжинах хвиль 700 нм та 430 нм (A_{700} та A_{430}). Зразок вважається прозорим, якщо виконується умова: $A_{700} \leq 0,039 \times A_{430}$.

Темні та напівтемні сорти пива перед аналізом розбавляють водою до оптичної густини не вище 0,7. Для цього 50 мл пива відбирають піпеткою у мірну колбу на 100 мл і доводять об'єм дистильованою водою до мітки. Якщо оптична густина все ще завелика, використовують 25 мл пива.

Перед початком серії вимірювань спектрофотометр калібрують згідно з інструкцією виробника, перевіряючи відповідність довжини хвилі ($430 \pm 0,5$) нм і при необхідності — коригують. Попередньо перевіряють значення оптичної густини дистильованої води, яке має дорівнювати 0,00.

У процесі визначення кольору пива здійснюють додаткову перевірку світлопоглинання зразка на хвилі 700 нм порівняно з водою. Якщо показник перевищує 0,02, пробу додатково фільтрують через мембрану, поки значення не стане меншим за цю межу.

Підготовлений зразок наливають у кювету, попередньо двічі промивши її тим самим пивом. Оптичну густина визначають на довжині хвилі 430 нм по відношенню до дистильованої води.

Після вимірювань кювети промивають водою, обполіскують дистильованою водою або, за потреби, обробляють сумішшю хлороводневої кислоти з етиловим спиртом у пропорції 1:1.

Заборонено застосовувати розчини лугів, концентрованих кислот і механічне чищення абразивними засобами.

Колір зразка пива K , в од. ЕВС, обчислюють за формулою:

$$K = A_{430} * 25 * k, \quad (2,4)$$

де A_{430} — поглинальна здатність зразка за довжини хвилі 430 нм;

25 — коефіцієнт перерахунку на кювету 25 мм;

k — коефіцієнт розведення. Для темного пива $k=7$; для напівтемного $k=3$; для світлого пива $k=1$.

Отримані значення обчислюють до першого десяткового знака. За кінцевий результат випробування беруть середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень.

Колір пива в одиницях ЕВС відносно кольору в мл розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм³ на 100 мл води наведено в додатку А.

2.4 Обладнання: ферментер, спектрофотометр, пивоварне устаткування

2.4.1 Ферментер

Ферментер – це спеціалізована пластикова, стальна або скляна, циліндрична або циліндрично-конічна ємність, в якій проходить процес бродіння та доброджування. Дозволяє контролювати процес бродіння.

Ферментери мають велику різноманітність за об'ємом, наявністю терморегуляції, герметичні та відкриті, з клапаном для відводу CO₂ та без, з різною кількістю кранів.

Проте загалом вони діляться за формою та матеріалом.

За формою на:

- циліндричні:
 - невелика ціна;
 - простота обслуговування;
 - може бути з будь-якого матеріалу;
 - мобільний;
- циліндрично-конічні:
 - більший контроль за якістю;
 - можливість збирання осаду;
 - може мати великі об'єми;
 - вихід більш чистого пива;
 - є можливість карбонізувати пиво в ферментері;

За матеріалом ферментери поділяються на: пластикові та металеві.

Пластикові ферментери наведені на рисунку 2.2 виготовляються з поліетилентерефталат (ПЕТ) що знижує ціну на даний вид ферментерів. В своїй будові мають також кришку та кран. Кришка знімна, це дозволяє швидко отримати доступ до пива, та спрощує процес миття. Пластикові ферментери найдешевші на ринку та не тендітні в обслуговуванні. Проте використання таких ферментерів не дає повний контроль над якістю пива та його прозорістю. Через достатньо легку деформацію при довгому використанні з'являються подряпини в яких скупчується бруд, який дуже складно відмити.

Пластикові ферментери підходять для новачків та для лабораторій.



Рисунок 2.2 – Пластиковий ферментер [40]

Металеві ферментери наведені на рисунку 2.3 популярний і поширений тип обладнання на виробництвах. Надійний, довговічний та універсальний ферментер, який має великий запас модернізації та підтримує майже все обладнання. Витримують високий тиск, температури та різні середовища. Серед недоліків можна зазначити тільки складність миття та стаціонарність.

Металеві ферментери підходять для професійного виробництва пива та заводів.



Рисунок 2.3 – Металевий ферментер [41]

В даній кваліфікаційній роботі використовувався пластиковий ферментер.

2.4.2 Спектрофотометр

Спектрофотометр, або спектрометр, — це прилад, призначений для розщеплення складного світлового потоку на окремі спектральні компоненти. Пристрій зазвичай працює в діапазоні довжин хвиль видимого світла (380–780 нм), а також в ультрафіолетовій області спектра (200–380 нм).

Оскільки різні джерела світла характеризуються індивідуальними спектрами випромінювання, спектрофотометр може бути обладнаний різними світловими джерелами. Наприклад, вольфрамова лампа випромінює світло в діапазоні 380–780 нм, яке після заломлення призмою утворює безперервний спектр (червоний, оранжевий, жовтий, зелений, синій, індиго, фіолетовий). Такий спектр може слугувати джерелом видимого світла в спектрофотометричних вимірюваннях.

Спектрофотометр функціонує завдяки джерелу світла, здатному формувати світловий пучок з регульованою довжиною хвилі, що досягається через використання спектральних елементів. Після проходження світла крізь досліджуваний зразок, частина випромінювання поглинається, і на основі цього поглинання розраховується оптична щільність. Вона прямо пропорційна концентрації аналізованої речовини, що дозволяє визначити її кількісний вміст у зразку.

Вигляд спектрофотометра зображено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Спектрофотометр [43]

Будова та принцип дії спектрофотометра

Безперервний пучок випромінювання, сформований джерелом світла (зазвичай лампою), спрямовується на збиральну лінзу, яка фокусує світло і направляє його під кутом 90° на плоске дзеркало. Відбите світло потрапляє у вхідну щілину, розташовану у фокальній площині сферичного коліматора.

Коліматор формує з пучка паралельне світло, яке далі спрямовується на диспергувальний елемент – зазвичай призму або дифракційну ґратку. У результаті дисперсії відбувається розщеплення світла на спектральні компоненти.

Розсіяне світло відбивається від колімуючого дзеркала та фокусується на вихідній щілині. Через неї проходить лише обраний монохроматичний компонент, який далі спрямовується через кювету з досліджуваним зразком. Після проходження через зразок світло потрапляє на фотодетектор (наприклад, фотодіод або фотопомножувач), який фіксує інтенсивність променя.

Вимірюване значення перетворюється у відповідний електричний сигнал, який реєструється приладом – зазвичай у вигляді мікроамперметра або цифрового дисплея. Таким чином визначається поглинання (оптична щільність), яке корелює з концентрацією речовини в зразку.

2.4.3 Пивоварне устаткування

Для виготовлення пива необхідний наступний базовий набір обладнання: дробарка для солоду; заторний котел; фільтраційний чан; сушловарний котел; чилер для охолодження суслу;

Дробарка

Дробарки бувають двох чотирьох та шести вальцеві.

Двовальцева дробарка для солоду рисунок 2.5 представляє два вали з насічками, закріпленими на рамі, і призначений для подрібнення ячменю, солоду та інших зерен у домашніх обсягах.

Має просту конструкцію і простий у використанні.

Основною перевагою є можливість регулювати відстань між циліндричними подрібнювачами, це дає змогу контролювати ступінь шліфування й адаптувати його [45].



Рисунок 2.5 – Двовальцева дробарка [45]

Чотирьох-валкова дробарка рисунок 2.6 складається з: бункера, заслінки, верхньої пари вальців, сита, нижньої пари вальців, станини, приводу, ексцентрикового валу та захисного огородження.

Солод подається у приймальний бункер, звідки рифлений валик транспортує його у зазор між верхніми вальцями. Кількість солоду, що подається на помел, регулюється заслінкою. Величина зазору між вальцями налаштовується залежно від бажаної тонкості подрібнення.

Процес дроблення здійснюється верхньою парою вальців, після чого матеріал проходить через сито, що розділяє його на фракції. Дрібна крупка та борошно проходять крізь сито і збираються у бункері. Лушпиння та крупні фракції, що залишаються на ситі, спрямовуються на нижню пару вальців, де проходить додаткове подрібнення, після чого матеріал повертається в бункер для подальшої обробки [46].

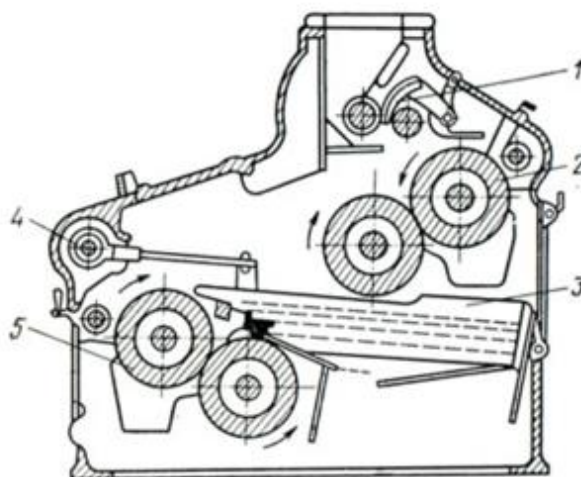


Рисунок 2.6 – Чотирьох-валкова дробарка: 1 – транспортуєчий пристрій; 2 - верхня пара вальців; 3 - сита; 4 - привод до сит; 5 - нижня пара вальців [46]

Шестивальцьова дробарка рисунок 2.7 застосовується на великих пивоварних підприємствах і включає три пари вальців із різними функціями. Верхня пара вальців забезпечує попереднє дроблення солоду, середня —

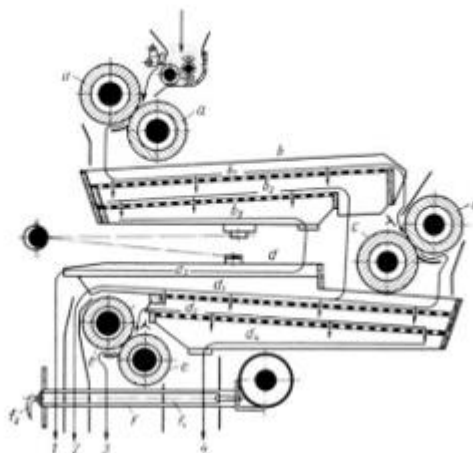


Рисунок 2.7 – Шести-валкова дробарка: 1 – вихід для дрібної крупки; 2 – вихід для оболонки; 3 - вихід для великої крупки; 4 – головний вихід для борошна та дрібної крупки; aa, cc, ee - три пари вальців для подрібнення; b, d - хитні сита; b1, b2, d1, d2 - сита, що коливаються; b3, d3, d4 – поверхні, що коливаються; f, f1, f2 - пристрій для взяття зразків [46].

вторинне подрібнення лушпиння із виділенням борошнистих частинок, а нижня пара рифлених вальців виконує дроблення крупних часток.

Для запобігання надмірному подрібненню дрібної крупки після проходження першої та другої пар вальців використовуються вібраційні сита, які відокремлюють цю фракцію. Крім того, сита дозволяють відокремлювати лушпиння від крупки після другої пари вальців, при цьому лушпиння направляється безпосередньо у бункер, минаючи третю пару вальців. Залежно від технологічних вимог можливе регулювання ступеня помелу - крупний або дрібний [46].

В даній кваліфікаційній роботі використовувалася звичайна двовальцева дробарка.

Пивоварні

Пивоварні бувають одно двох та трьох поверхневі. Різниця між ними полягає в тому що в одно поверхневій пивоварні вона виконує функцію затирання фільтрації та варіння. В двох поверхневій Один чан заторно-сусловарильний, а один фільтраційний. Трьох поверхнева пивоварня має три чана кожен з яких виконує одну функцію.

Одно поверхневі броварні складаються з:

- випарна ємність;
- кошик для солоду;
- кришка;

Загалом всі три типи пивоварень мають однакову будову, міняється тільки функціонал чанів.

Одно поверхневі пивоварні рисунок 2.7 використовуються в основному для розробки нових рецептів. Вони дешеві у виробництві та легкі в обслуговуванні. Мають просту електроніку.



Рисунок 2.7 – Одноповерхнева пивоварня [47]

Двох поверхневі пивоварні рисунок 2.8 використовуються частіше у ресторанах та кафе. Такий тип пивоварень має середні об'єми виробництва, простоту використання та обслуговування. Завдяки пульта керування можна автоматизувати виробництво.



Рисунок 2.8 - Двох поверхнева пивоварня [48]

Трьох поверхневі пивоварні рисунок 2.9 призначені для великих виробництв вони повністю автоматизовані та мають контроль температур, пауз і всіх інших показників.



Рисунок 2.9 – Трьох поверхнева пивоварня [49]

В даній кваліфікаційній роботі використовували одно поверхневу пивоварню. Проте наразі використовують велику кількість новітнього обладнання пивоварень. Інноваційні інженерні рішення знаходять своє застосування навіть в крафтовому виробництві [50].

Висновок за розділом

Було підібрано сировину, обладнання та методики, які знадобляться при розробці гречаного пива. Для даної кваліфікаційної роботи було обрано:

Сировину: гречаний солод, житній солод, воду питну підготовлену, та дріжджі US-05.

Методики: визначення кольору (EBC), вміст спирту, екстрактивності, кислотність (pH).

Обладнання: Ферментер, спектрометр, дробарку, пивоварню.

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Органолептичні показники: колір, аромат, смак, піноутворення

3.1.1 Органолептичні показники пива з гречаного солоду

Органолептичні показники — це комплекс властивостей, які оцінюються органами чуття (зір, нюх, смак, дотик) і характеризують якість пива.

Колір

- Колір пива залежить від сорту солоду, технології обсмаження та компонентів рецептури;
- Пиво з гречаного солоду має характерний світло-золотистий до янтарного відтінок;
- Колір може варіюватися в межах 8–15 одиниць за шкалою ЕВС (European Brewery Convention) залежно від тривалості обсмаження солоду;
- Світлий колір пива є привабливим для споживача і відображає помірну ступінь обсмаження гречки;

Аромат

- Аромат пива формується комплексом ефірних масел хмелю, продуктами бродіння дріжджів та специфічними компонентами гречаного солоду;
- Для гречаного пива характерний м'який, горіховий, злегка солодкуватий аромат із нотками трав'янистості;
- Важливо уникати сторонніх запахів, таких як сірководень, оцтові або кислі відтінки, що свідчать про порушення технології;

Смак

- Смак пива з гречаного солоду зазвичай м'якший, ніж у традиційного ячмінного, з вираженою солодкуватістю та легкою гіркотою;
- Відчуття тіла пива збалансоване за рахунок наявності декстринів і вмісту алкоголю;

- Гіркота хмелю повинна бути помірною, щоб не перекривати природний смак гречки;
- Можливі легкі горіхові, карамельні або зернові відтінки, що підсилюють унікальність продукту;

Піноутворення

- Якість піни є важливим показником свіжості та якості пива;
- Піна пива з гречаного солоду характеризується середньою стійкістю та щільністю;
- Вона має кремову текстуру та хорошу міцність, що забезпечує привабливий вигляд і збереження аромату;
- Для поліпшення піноутворення застосовуються оптимальні режими затирання, додавання спеціальних ферментів та контроль температури ферментації;

Результати органолептичної оцінки гречаного пива з наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Оцінка органолептичних показників пива з гречаного солоду

Показник	Опис	Оцінка за 10-бальною шкалою	Коментарі
Колір	Відтінок, прозорість	8	Світло-золотистий, прозорий
Аромат	Інтенсивність, чистота, тип	7	Горіховий, трав'янистий
Смак	Баланс солодкості та гіркоти	8	Помірно солодкий, м'який
Піноутворення	Щільність, стійкість, текстура	7	Кремова, середня стійкість
Загальне враження	Загальна гармонійність	8	Відповідає стилю

Також при органолептичній оцінці якості пива потрібно дотримуватися певного протоколу дегустації. Цей протокол описує послідовність дій при дегустації пива. Результати дій за протоколом описані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зразок протоколу дегустації пива

Показник	Оцінка (1–10)	Коментарі
Колір	8	Яскравий, світло-золотистий
Аромат	7	Виразний горіховий з легкими трав'яними нотками
Смак	8	Збалансований, м'який, легка гіркота
Піноутворення	7	Кремова текстура, середня стійкість
Загальне враження	8	Смак гармонійний, приємний післясмак

3.2 Фізико-хімічні показники

Екстрактивність 10.2 °Plato, спирт 4.5 % об., pH 4.3, антиоксидантна активність підвищена на 35% у порівнянні з ячмінним аналогом

Фізико-хімічні показники є важливими характеристиками, що визначають якість і стабільність пива, а також впливають на його органолептичні властивості.

Екстрактивність сусла — 10,2 °Plato

- Показник екстрактивності відображає концентрацію розчинених сухих речовин (цукрів, білків, мінералів) у суслі перед бродінням;

- Значення 10,2 °Plato свідчить про середній рівень концентрації екстракту, що забезпечує достатню кількість цукрів для бродіння та формування алкоголю;

- Для гречаного пива це оптимальний показник, який балансує між міцністю напою та його легкістю;

Вміст спирту — 4,5 % об.

- Спирт є головним продуктом ферментації, що визначає міцність пива;

- Рівень 4,5 % об. відповідає класичному лагеру або елю середньої міцності;

- Даний показник забезпечує гармонійний смак, не перевантажує напій, а також зберігає легкість і питкість;

Значення рН — 4,3

- Кислотність пива впливає на смакові властивості, стабільність і мікробіологічну безпеку;

- Значення рН 4,3 є типовим для пива і забезпечує оптимальні умови для ферментації та збереження якості;

- Кислотність допомагає підкреслити смакові особливості гречаного солоду, надаючи легку свіжість;

Антиоксидантна активність

- Пиво з гречаного солоду має підвищену антиоксидантну активність на 35 % у порівнянні з аналогічним пивом на ячмінному солоді;

- Це обумовлено високим вмістом фенольних сполук гречки, які позитивно впливають на збереження продукту і корисні для здоров'я споживачів;

- Антиоксиданти уповільнюють процеси окислення, що покращує смак і термін зберігання пива.

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості гречаного пива наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 — Фізико-хімічні показники пива з гречаного солоду

Показник	Значення	Одиниці виміру	Примітки
Екстрактивність сусла	10,2	°Plato	Концентрація сухих речовин перед ферментацією
Вміст спирту	4,5	% об.	Кількість алкоголю у готовому продукті
Значення pH	4,3	—	Кислотність, впливає на смак і стабільність
Антиоксидантна активність	+35	% (порівняно з ячмінним пивом)	Підвищена завдяки фенольним сполукам гречки

Графік порівняння антиоксидантної активності гречаного пива (135%) та ячмінного аналога (100%) наведений на рисунку 3.1. Наочно показує, що гречане пиво має підвищену на 35% антиоксидантну активність.

Порівняння антиоксидантної активності гречаного та ячмінного пива

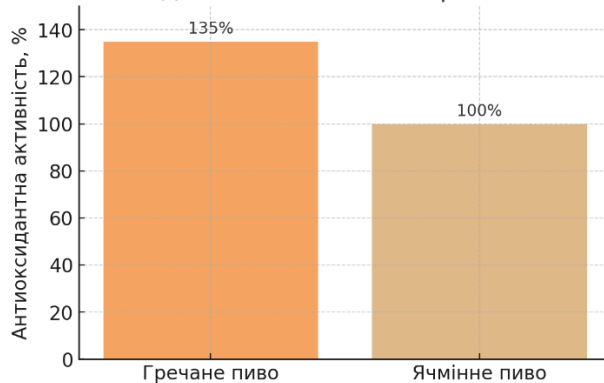


Рисунок 3.1 – Порівняння антиоксидантної активності гречаного та ячмінного пива

Графік, що показує зміну рН під час виробництва гречаного пива наведений на рисунку 3.2. Він ілюструє поступове зниження кислотності: від сусла (~рН 5.2) до готового пива (~рН 4.3), що є типовим і бажаним процесом у пивоварінні.

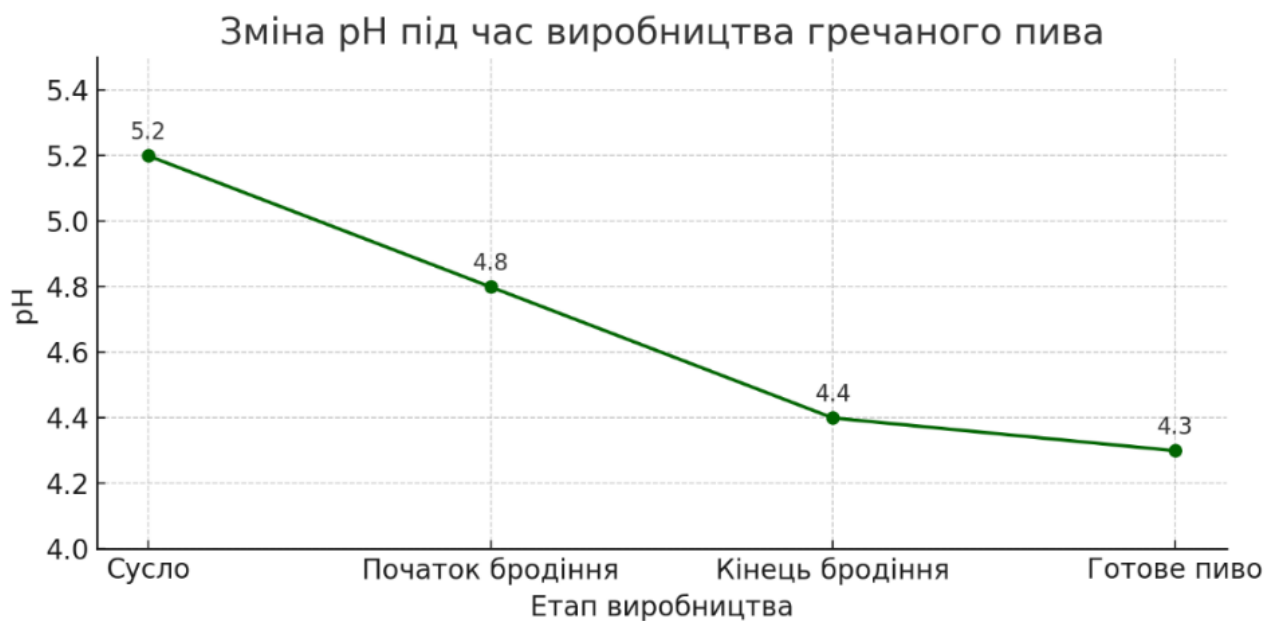


Рисунок 3.2 – Зміна рН під час виробництва гречаного пива

Порівняння показників зниження рН наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 — Зміна рН під час виробництва гречаного та ячмінного пива

Етап виробництва	рН гречаного пива	рН ячмінного пива
Сусло	5,2	5,3
Початок бродіння	4,8	4,9
Кінець бродіння	4,4	4,5
Готове пиво	4,3	4,2

Ця таблиця демонструє подібну динаміку зниження рН у обох типах пива в результаті бродіння, але також вказує на дещо вищу стабільну кислотність у фінальному гречаному продукті.

Комбінований графік наведений на рисунку 3.3, який показує:

- Зниження екстрактивності (синя лінія): від 10,2 °Plato у суслі до ~2 °Plato у готовому пиві;
- Зростання вмісту спирту (червона пунктирна лінія): від 0% на початку до 4,5% у фінальному продукті.

Він добре ілюструє динаміку бродіння: як дріжджі споживають екстракт (цукри), утворюючи алкоголь.

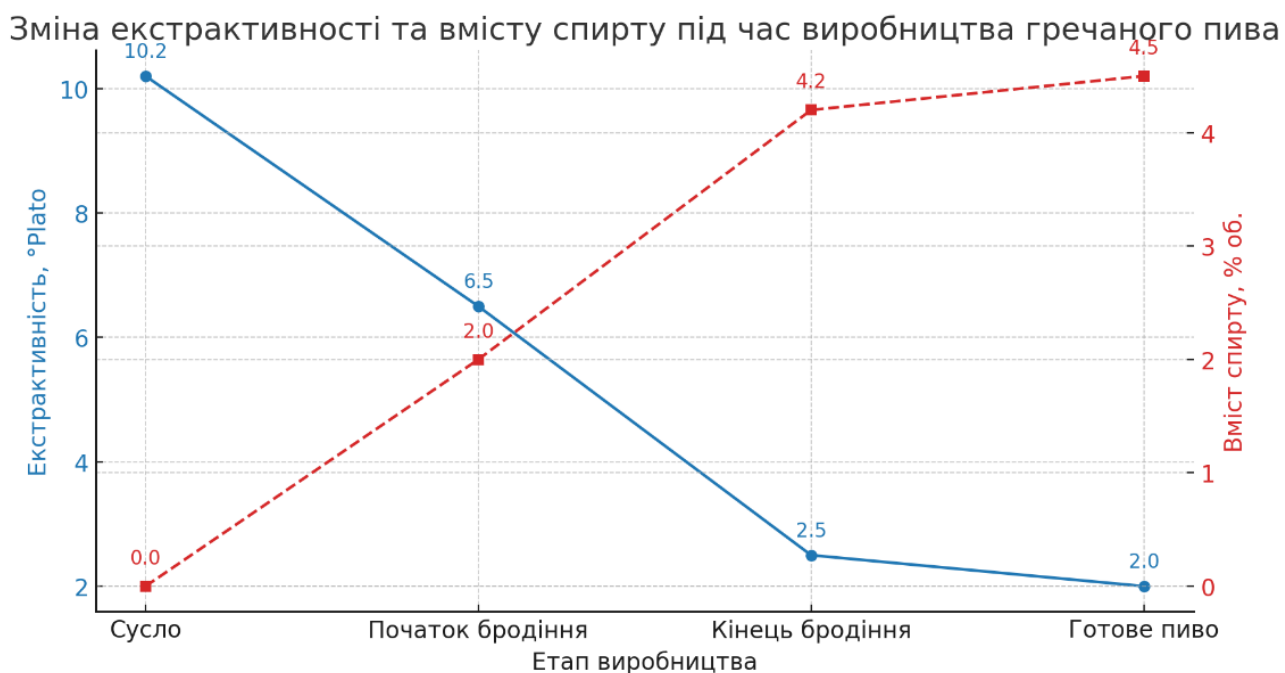


Рисунок 3.3 – Зміна екстрактивності та вмісту спирту під час виробництва гречаного пива

Зниження екстрактивності свідчить про споживання цукрів дріжджами в процесі бродіння. Це — нормальний показник активної ферментації. Під час бродіння утворюється етиловий спирт — результат перетворення цукрів. Наприкінці процесу вміст спирту стабілізується. У процесі бродіння

екстрактивність знижується, а вміст спирту зростає — це типовий тренд при виробництві пива. Гречане пиво досягає вмісту спирту 4,5 % об., що відповідає характеристикам легкого пива. Показники свідчать про ефективне бродіння сусла з гречаного солоду та досягнення бажаних параметрів готового продукту.

В таблиці 3.6 наведено порівняння зміни екстрактивності та вмісту спирту гречаного та традиційного пива.

Таблиця 3.6 — Зміна екстрактивності та вмісту спирту під час виробництва пива з гречаного та ячмінного солоду

Етап виробництва	Екстрактивність, °Plato	Вміст спирту, % об.	Екстрактивність, °Plato	Вміст спирту, % об.
	Гречане пиво	Гречане пиво	Ячмінне пиво	Ячмінне пиво
Сусло	10,2	0,0	11,0	0,0
Початок бродіння	6,5	2,0	7,0	2,5
Кінець бродіння	2,5	4,2	2,8	4,7
Готове пиво	2,0	4,5	2,3	5,0

Таблиця 3.6 наочно демонструє:

- Схожий тренд у зниженні екстрактивності (споживання цукрів дріжджами);
- Трохи менший вміст алкоголю в гречаному пиві, що робить його легшим за міцністю;

- Нижчу початкову екстрактивність сусла з гречки, оскільки гречаний солод містить менше ферментів для розщеплення крохмалю, ніж ячмінний.

В таблиці 3.7 наведено порівняння основних показників гречаного і традиційного пива.

Таблиця 3.7 — Порівняння основних показників гречаного та ячмінного пива

Показник	Гречане пиво	Ячмінне пиво (класичне)	Примітка
Екстрактивність сусла, °Plato	10,2	11,0	Схожий рівень; трохи менше у гречаного
Вміст спирту, % об.	4,5	5,0	Менш міцне, легше в споживанні
pH	4,3	4,2	Типова кислотність
Антиоксидантна активність	+35 % (відносно ячмінного)	100 % (базове значення)	Вища у гречаного пива завдяки фенолам
Колір (EBC)	8–15	10–20	Гречане має світліший або аналогічний відтінок
Аромат	Горіховий, злаковий, м'який	Хлібний, солодовий, хмелевий	Аромат гречки відчутно відрізняється

У процесі дослідження були проаналізовані ключові органолептичні та фізико-хімічні показники пива, звареного на основі гречаного та традиційного ячмінного солоду. Згідно з отриманими результатами, спостерігаються як подібності, так і характерні відмінності між двома зразками.

За екстрактивністю початкового сусла, гречане пиво дещо поступається ячмінному (10,2 °Plato проти 11,0 °Plato). Це пов'язано з меншою

ферментативною активністю гречаного солоду, що вимагає додаткового застосування ферментних препаратів під час затирання. Внаслідок цього вміст спирту в гречаному пиві склав 4,5 % об., що на 0,5 % менше, ніж у ячмінному аналогу (5,0 % об.).

pH обох зразків після завершення бродіння знаходиться в межах допустимих норм: 4,3 для гречаного пива та 4,2 для ячмінного, що вказує на достатню кислотність для стабільності та збереження продукту.

Особливої уваги заслуговує антиоксидантна активність. Для зразка гречаного пива вона виявилася на 35% вищою, ніж у ячмінного. Це зумовлено високим вмістом фенольних сполук у гречці, що позитивно впливає на біологічну цінність напою та його стійкість до окиснення.

З органолептичної точки зору, гречане пиво має м'який смак із легкими горіховими та злаковими нотками, відзначається менш вираженою гіркотою порівняно з ячмінним, а також приємним ароматом без сторонніх присмаків. Ячмінне пиво, у свою чергу, має класичний солодовий профіль зі збалансованою гіркотою та хмелевим ароматом.

Піноутворення у гречаного пива дещо слабше, ніж у ячмінного, що пов'язано з особливостями білкового складу. Проте, піна залишається стабільною та має кремову консистенцію.

Таким чином, гречане пиво може розглядатися як цікава альтернатива традиційному ячмінному напою, з унікальними функціональними властивостями та м'якими смаковими характеристиками. Такий продукт має потенціал для популяризації серед споживачів, що цінують оригінальні смаки або потребують безглютенових альтернатив.

3.3 Стабільність і термін зберігання

Стабільність пива протягом зберігання є критично важливою характеристикою, що визначає його придатність до споживання протягом усього терміну реалізації. У рамках даного дослідження було проведено порівняльну

оцінку фізико-хімічної, мікробіологічної та органолептичної стабільності гречаного та ячмінного пива протягом 90 діб зберігання при температурі +4 °С.

1. Фізико-хімічна стабільність

Протягом зберігання у гречаного пива відмічено менше коливань рН (від 4,3 до 4,28), у той час як у ячмінного пива рН знизився до 4,15, що свідчить про незначні постбродильні зміни. Також не зафіксовано утворення осаду, мутності чи підвищення тиску в упаковці, що підтверджує стабільність складу.

2. Органолептична стабільність

Протягом 60 діб зберігання гречане пиво зберігало типовий аромат і смак без ознак окиснення. На 90-ту добу у зразках ячмінного пива спостерігалися легкі ознаки вікового аромату ("картонний" відтінок), тоді як у гречаному пиві цей ефект виражений слабше, що можна пов'язати з вищою антиоксидантною активністю гречаного солоду.

3. Піноутворення

Інтенсивність піни знижувалась у обох зразках, однак у гречаного пива спостерігалася менша деградація піностійкості за період зберігання. Це може бути пов'язано з особливостями білкової фракції гречки.

4. Мікробіологічна стабільність

Протягом 90 діб не було виявлено мікробіологічного псування у жодному з зразків, що свідчить про належний санітарний контроль під час виробництва. Усі показники залишалися в межах допустимих норм згідно з ДСТУ 3888. А при використанні гречаного солоду, отриманого з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів, взагалі спостерігається значне зменшення патогенної мікрофлори [51-52]. Також перспективним є використання озонування в технології виробництва продуктів бродильної галузі [53]. В таблиці 3.8 наведено як саме змінювались фізико-хімічні показники.

Таблиця 3.8 — Зміни фізико-хімічних та органолептичних показників пива під час зберігання

Показник / Час зберігання	0 діб	30 діб	60 діб	90 діб
pH (гречане пиво)	4,30	4,29	4,28	4,28
pH (ячмінне пиво)	4,20	4,18	4,17	4,15
Піноутворення, см (гречане)	2,5	2,3	2,0	1,8
Піноутворення, см (ячмінне)	3,0	2,5	2,0	1,5
Оцінка смаку (гречане)	9/10	9/10	8/10	8/10
Оцінка смаку (ячмінне)	9/10	8/10	7/10	6/10

Пояснення:

- pH у гречаного пива залишається більш стабільним протягом усього періоду;
- Піноутворення знижується у всіх зразках, але гречане пиво зберігає вищу піностійкість;
- Оцінка смаку базується на дегустації (максимум 10 балів). Ячмінне пиво втрачає більше смакових якостей після 60 діб;
- Окиснення проявляється значніше в ячмінному зразку.

Висновок за розділом:

Гречане пиво продемонструвало високий рівень стабільності за основними показниками протягом тримісячного зберігання. Завдяки вмісту

природних антиоксидантів, воно краще зберігає смакові якості та аромат, ніж класичне ячмінне пиво. Отже, термін придатності гречаного пива може бути аналогічним або навіть більшим за традиційне, за умови дотримання умов зберігання.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПИВА

4.1 Технологія виробництва пива

4.1.1 Розробка рецептури та вибір режимів затирання

При виробництві традиційного пива на виробництві зазвичай використовують 2х етапний режим затирання солоду. Однак такий спосіб затирання обумовлений прискоренням виробництва та відточеною рецептурою.

Для приготування гречаного пива було вибрано повний режим затирання. Такий вибір зумовлений більш якісним кінцевим продуктом, і в такий спосіб затирання прибираються наступні недоліки нетрадиційної сировини:

- Нестабільний рН;
- Слабка піна;
- Неповне розчинення крохмалю;
- Погана робота ферментів.

Повний метод затирання складається з 4х заторних пауз:

- Кислотна пауза (40°-45°С 10-15 хв);

Вирівнює і стабілізує рівень кислотності в суслі, що позитивно впливає на якість всіх наступних процесів виготовлення пива.

- Білкова пауза (47°-56°С 10-30 хв);

Руйнує пептидні зв'язки в амінокислотах, підвищує піно здатність, прибирає мутний вигляд пива, зменшує в'язкість.

- Оцукрення (62°-67° від 30 хв);

Розщеплює крохмаль на прості цукри, такі як мальтоза. Головна і незамінна пауза під час якої в суслі з'являються компоненти які будуть приймати активну участь в бродінні.

- Меш аут (75°-78°С 10-15 хв);

Ця пауза призначення для відключення всіх ферментативних процесів в суслі та надання пиву повноти. М'яко завершує ферментативні дії, що призводить до прозорості суслу.

Гречаний солод в своєму складі має малу кількість ферментів необхідних для повного затирання.

Через це розраховано рецептура має вигляд наданий в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1 – Рецептура гречаного пива

Компонент	Кількість
Гречаний солод	30%
Житній солод	70%
Гідромодуль	0,2
Дріжджі	1г на 2л суслу
Хміль	0,1% від об'єму суслу

Така рецептура дозволяє повністю розкрити потенціал гречаного солоду та зробити смак пива неповторним.

4.1.2 Температурні режими

Нагрівання суслу відбувається по 1°C на хвилину. Під час заторних пауз температура не повинна змінюватись. Фільтрація пива відбувається при температурі 78°C. Під час кип'ятіння температура не повинна зменшуватись нижче 100°C. Ферментація та доброджування відбувається при температурі 18°-22°C.

4.1.3 Охмеління, ферментація, доброджування

В даному рецепті використовують гаряче охмеління. Хміль додають на 15 та 60 хвилині кип'ятіння. Першу порцію хмелю використовують для

продовження терміну зберігання пива. Це відбувається завдяки розчиненню кислот, які виконують антисептичну дію. Друга порція грає виключно смакову роль, і додається щоб підкреслити та надати пиву неповторний смак та аромат.

Для зброджування гречаного пива використовують дріжджі верхового бродіння. Ці дріжджі стійкі та не потребують особливого догляду. Активна фаза бродіння триває 4-6 днів. В цей період дріжджі активно розмножуються та вживають цукор отриманий під час затирання. По закінченню активної фази, молоде пиво розливають по пляшкам додають праймер та відправляють на карбонізацію та доброджування. Ця фаза триває від 10 діб в цей час пиво карбонізується та деактиву дріжджі.

4.1.4 Карбонізація та пакування

Пакування відбувається після фази активного бродіння сусла. Пакують пиво в скляні темні пляшки об'ємом 1л. Для карбонізації використовують суху декстрозу, кількість декстрази дорівнює 0,8% від об'єму пляшки. Час карбонізації співпадає з часом доброджування пива 8-10 діб.

4.2 Результати досліджень

4.2.1 Органолептична оцінка гречаного пива

Органолептична оцінка якості пива наведена в таблиці 4.2. За результатами органолептичної оцінки гречане пиво відповідає загальним вимогам якості напівтемного пива виготовленого з традиційної сировини

Таблиця 4.2. – Органолептична оцінка якості гречаного пива

Показник якості	Фактичне значення	Показник за ДСТУ 3888:2015
Аромат	Представляє собою суміш <u>каремльного</u> , гречаного, хлібного запахів. Без <u>дріжджів</u> аромату	Характерний для пива - чистий, <u>зброджений</u> , з виразними солодовими та хмелевими нотами. Допускається легкий запах дріжджів. Сторонні аромати відсутні.
Смак	Чистий, <u>зброджений</u> , з помірним карамельним смаком, не гіркий, без <u>сторонніх</u> присмаків. Легкий <u>післясмак</u> дріжджів	Збалансований, типовий для пивного напою - солодовий, з відтінками <u>карамелізованого</u> або слабо <u>підпаленого</u> солоду. Присутній легкий дріжджовий присмак та хмелева гіркота, що відповідає конкретному сорту пива. Сторонні присмаки не допускаються.
Зовнішній вигляд	Непрозора піниста рідина. Без <u>сторонніх</u> включень. Має дріжджовий осад.	Напій може бути як прозорим із легким опалесценцією, так і з вираженою пінистістю та незначною мутністю. Наявність осаду дріжджів і часток білково-дубильних речовин є припустимою, якщо вони характерні для сорту. Включення, не властиві пиву, не допускаються.

4.2.2 Фізико-хімічні показники якості гречаного пива

Фізико-хімічні показники якості наведені в таблиці 4.3. За результатами оцінки гречане пиво відповідає фізико-хімічним вимогам якості напівтемного пива виготовленого з традиційної сировини.

Таблиця 4.3 – Фізико-хімічні показники якості гречаного пива

Показник якості	Фактичне значення	Показник за ДСТУ 3888:2015
Масова частка сухих речовин у початковому суслі, % $\pm 0,3$	15	15,0
Масова частка спирту, %, не менше	4,5	4,0
Кислотність, см3, 1 моль/дм3 розчину гідроксиду натрію на 100 см3 пива	3,2	2,0—3,5
Колір, см3, 0,1 моль/дм3 розчину йоду на 100 см3 води	2,2	1,9— 3,9
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше	0,5	0,35

4.2.3 Стабільність і терміни зберігання

При зберіганні гречаного пива в холодному темному місці термін зберігання пива складає 10-14 діб. Через натуральну газацію відкрите пиво не зберігає вуглекислий газ довго максимум 3-4 год. Через наявність дріжджового осаду при неправильному зберіганні пиво може перекарбонізуватись та перебродити, що призведе до псування пива.

Висновок за розділу

За результатами органолептичної та фізико-хімічної оцінки гречане пиво відповідає вимогам якості напівтемного пива виготовленого з традиційної сировини. Проте гречане пиво дуже вибагливе до способу зберігання, через своє натуральне походження.

Спосіб приготування гречаного пива має деякі особливості, які унеможливають прискорення його виробництва. Технологічний процес виробництва цього пива потребує дуже уважного ставлення до температурних пауз та підготовки сировини, бо під час цих двох процесів відбуваються основні реакції без яких пиво буде неповним, або взагалі не вийде. Проте підвищена складність виробництва впливає на покращує якість та органолептику готового продукту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Проектування безпекової карти на пивному виробництві

Під час проектування безпекової карти (рис. 5.1) було враховано всі особливості та умови роботи пивовара.

Розділ	Інформація
I. Загальна інформація	1. Вимоги картки поширюються на всіх працівників пивоварні; 2. Термін дії картки: 5 років (до ..05.06.2030); 3. Проходження інструктажу: кожні 6 місяців; 4. Відповідальність: дисциплінарна, матеріальна, адміністративна, кримінальна; 5. До роботи допускаються особи, яким не менше 18 років, що пройшли медогляд та інструктаж.
II. Обов'язки працівника	1. Дотримуватись правил внутрішнього розпорядку; 2. Використовувати засоби індивідуального захисту; 3. Працювати тільки на справному обладнанні; 4. Не допускати сторонніх осіб; 5. Утримувати робоче місце в чистоті.
III. Головні небезпечні фактори	1. Гарячі поверхні, пара, кипляча рідина; 2. Обертові частини обладнання; 3. Вологість, конденсат; 4. Підвищена температура та вологість; 5. Недостатнє освітлення; 6. Електрообладнання.
IV. Вимоги безпеки перед початком роботи	1. Отримати завдання від керівника; 2. Одягнути спецодяг, ЗІЗ; 3. Підготувати робоче місце, прибрати зайве; 4. Перевірити освітлення; 5. Підготувати інструменти; 6. Перевірити справність обладнання.
V. Вимоги безпеки під час роботи	1. Слідкувати за станом обладнання; 2. Не допускати витоків пари або рідин; 3. Не працювати вологими руками з електрообладнанням; 4. При виникненні шуму, вібрацій — повідомити керівника; 5. Не торкатися обертових частин.
VI. Вимоги безпеки після закінчення роботи	1. Вимкнути обладнання; 2. Очистити робоче місце; 3. Повідомити про несправності; 4. Зняти спецодяг, вимити руки; 5. Закрити всі крани, вентилі.
VII. Дії в аварійних ситуаціях	1. Зупинити обладнання; 2. Повідомити керівника; 3. За потреби — викликати пожежну, швидку тощо; 4. Не допускати паніки; 5. Не залишати місце інциденту без дозволу.

Рисунок 5.1 – Карта безпеки роботи пивовара

5.2 Утилізація відходів пивоварного виробництва

У разі псування пива або виявлення в ньому небезпечних мікроорганізмів, виконується його утилізація. Розмноження патогенних мікроорганізмів може бути спричинене порушенням технологій бродіння, зберігання або інфікування сировини.

Вживання зараженого або зіпсованого пива заборонено, оскільки воно може викликати харчові отруєння та спричинити поширення інфекцій серед людей. Навіть якщо момент викидання пива не містить небезпечних бактерій вони можуть з'явитись під впливом навколишнього середовища.

У разі виявлення партії простроченого або зараженого пива чи його похідних, необхідно звернутися до спеціалізованої компанії для проведення утилізації.

Утилізація здійснюється одним із трьох наступних способів:

- поховання на спеціальних полігоні;

застосовується у випадках, коли продукт є біологічно небезпечним.

- переробка на корм для тварин;

пивні відходи можуть використовуватись як сировина для корму тварин.

- переробка на органічні добрива;

За умови підтвердження мікробіологічної безпеки, відходи пивоварного виробництва направляються на заводи агрохімікатів для виробництва добрив. Наразі відходи пивоварної галузі широко використовують в сільському господарстві і переробній галузі [54].

Висновки за розділом

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було сформовано карту безпеки праці пивовара, а також розглянуто та окреслено основні підходи до утилізації відходів, що утворюються в процесі пивоваріння.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою даної наукової роботи є обґрунтування технологічного процесу виробництва пива з використанням безглютенової сировини.

Нижче наведено перелік основних етапів дослідження, відповідно до розробленого плану, що представлений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – План виконання дослідження

Код етапу <i>i-j</i>	Найменування робіт	Тривалість виконання, діб
1–2	Визначення напрямку наукового пошуку	2
2–3	Підготовка аналітичного огляду	21
3–4	Формування послідовності етапів дослідження	4
4–5	Розроблення методики проведення НДР	3
5–6	Підбір та підготовка матеріалу для дослідів	2
6–7	Підготовка обладнання для проведення експериментів	5
7–8	Вибір необхідної сировини	2
7–9	Створення рецептури безглютенового пива	3
7–10	Виготовлення зразків пива та проведення оцінки якості	14
8–11	Оброблення отриманих результатів	1
9–11	Аналіз результатів дослідів	4
10–11	Узагальнення висновків	1
11–12	Підготовка матеріалів для публікації	7
12–13	Оформлення публікації відповідно до тематики	4

Згідно з вищезазначеним планом було складено сітковий графік, що відображає логічну послідовність виконання робіт. Його графічне зображення представлено на рисунку 6.1.

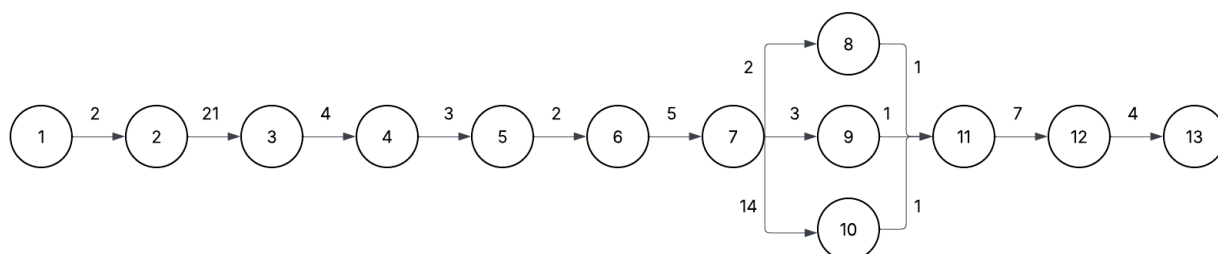


Рисунок 6.1 – Сітковий графік виконання науково-дослідної роботи.

На основі побудованого сіткового графіка визначено загальну тривалість виконання послідовних етапів дослідження - від початкової до завершальної події.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12-13}^1 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 5 + 2 + 1 + 7 + 4 = 52; \quad (6.1)$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12-13}^1 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 5 + 3 + 1 + 7 + 4 = 53; \quad (6.2)$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13}^1 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 5 + 14 + 1 + 7 + 4 = 64 \quad (6.3)$$

Відповідно до проведених розрахунків, критичним шляхом є третій, загальна тривалість якого становить 64 дні.

6.2 Витрати, пов'язані з виконанням дослідження

Вартість основних і допоміжних матеріалів визначається за наступною формулою:

$$\sum m_x * C_x, \quad (6.4)$$

Де m_x – кількість витраченого і-го матеріалу;

C_x – ціна одиниці х-го матеріалу, грн.

Результати наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно гречки	5	15	75
Солод житній	3	40	120
Дріжджі	1	175	175
Вода	10	2	20
Хміль	5	3	15
Всього			405

Результат перерахунку зарплатні учасників, які беруть участь у НДР наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний зарбіток, грн	Середньочасовий зарбіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник НДР	10500	68,4	15	1026
Всього				1026

Нарахування до заробітної плати складають:

$$H = \frac{1026 * 22}{100} = 225,72 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначають за формулою:

$$E = M * K * T * a, \quad (6.5)$$

Де М – потужність обладнання, кВт;

К – КПД (К=0.9);

Т – час праці, год;

а – тариф, грн/(кВт/год).

Розрахунок затрат енергії пивоварні:

$$E_{\text{пив}} = 3 * 0,9 * 10 * 4.32 = 116.64 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання, розраховуємо за наступною формулою:

$$A = \frac{\Phi * H * t}{100 * 365}, \quad (6.6)$$

Де А – амортизація відрахування, грн

Φ – вартість устаткування, грн;

Н – норма амортизації, %;

t – час проведення дослідження, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію
Пивоварня	18500	10	1	5,07
Персональний комп'ютер	20000	24	23	302,47
Всього				307,54

Накладні витрати складають:

$$\frac{1026 * 80}{100} = 820,8 \text{ грн.}$$

Всі перераховані витрати на дослідження наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Всі витрати на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	405
Заробітна плата	1026
Нарахування на заробітну плату	225,72
Електроенергія	116,64
Амортизація	307,54
Накладні витрати	820,8
Всього	5926,9

Перші місця займають наступні витрати:

- заробітна плата;
- накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Собівартість дослідження розраховується за наступною формулою:

$$\text{Ц} = \text{С} + \frac{\text{Р} * \text{С}}{100}, \quad (6.7)$$

де Ц – ціна дослідження, грн;

С – затрати на дослідження, грн;

Р – норма рентабельності (Р=30%)

$$\text{Ц} = 5926,9 + \frac{30 * 5926,9}{100} = 7704,97 \text{ грн.}$$

Вартість дослідження складає 7704,97 грн.

Висновки за розділом

За результатами розрахунків тривалість критичного шляху складає 64 дні.

Найбільшими витратами є:

- Заробітна плата – 1026 грн;
- Накладні витрати – 820,8 грн.

Загальна вартість наукового дослідження становить 7704,97 грн.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Під час написання дипломної роботи було досліджено і розроблено технологію виготовлення безглютенового пива на основі гречаного солоду.

1. Було досліджено гречане зерно з метою змінення традиційної сировини при виробництві пива. Встановлені показники гречаного солоду: вода - 7,3%; білок -14,8%; жир – 2,3%; цукор – 13,1%; крохмаль – 49,1%; харчові волокна – 11,5%; рутин – 50 мг/100г; в'язкість сусла з гречаного солоду – 2,1 мПа*с; екстрактивність солоду – 73%; число Кольбаха – 29%;

2. Теоретично і експериментально обґрунтовано зміну традиційного солоду на гречаний.

3. Підібрано методики визначення показників якості пива. Реалізовано підбір оптимального обладнання для експериментального виготовлення гречаного пива.

4. Досліджено відповідність готового гречаного пива до стандартів. Визначено якісні показники готового гречаного пива: масова частка сухих речовин у початковому суслі – 15%; масова частка спирту – 4,5%; кислотність – 3,2 см³; колір – 2,2 см³; масова частка діоксиду вуглецю – 0,5%.

5. Розроблено карту безпеки роботи пивовара, обговорено та визначено шляхи утилізації відходів пивного виробництва.

6. Розраховано тривалість критичного шляху, вона складає 64 дні. Найбільшими витратами є заробітна плата та накладні витрати 1026 грн та 820,8 грн відповідно. Вартість наукового дослідження становить 7704,97 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальова О.С., Ганзій М.Р. Безглютенова зернова сировина для пивоваріння. Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 21 листопада 2024 р. Хмельницький : ХНУ, 2024. С. 239-224.
https://tksv.khmnpu.edu.ua/inetconf/2024/kovaljova_ganziy_2024.pdf
2. Ніколаєва, О. В., Шевченко, О. М., Павлова, О. О., Єщенко, В. Ю., Шутова, Н. А., Литвиненко, О. Ю., ... & Морозов, О. В. (2016). Алергія.
3. Кошова, Валентина Миколаївна, Роман Миколайович Мукоїд, and Аліна Олександрівна Коберніцька. "Безглютенова сировина для виробництва пива." (2018).
4. Рисунок гречки посилання URL: <https://nuts.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/zelenaya-grechka.jpg>
5. MORENO, M. de L.; COMINO, I.; SOUSA, C. Alternative grains as potential raw material for gluten-free food development in the diet of celiac and gluten-sensitive patients. *Austin J Nutri Food Sci*, 2014, 2.3: 1016.
6. PARK, Jiyoun; KIM, Hong-Sik. Rice-based gluten-free foods and technologies: A review. *Foods*, 2023, 12.22: 4110.
7. Рисунок рису посилання URL: <https://agroportal.ua/storage/media/uploads/NEWS/grain/v-ukrajini-zibrali-2-7-tis-tonn-risu.jpg>
8. Рисунок кукурудзи посилання URL: <https://landlord.ua/news/najsolodsha-kukurudza-krashhi-sorty-dlya-ukrayiny-ta-porady-u-vyroshhuvanni>
9. Carson L, Setser C, Sun X S. Sensory characteristics of sorghum composite bread. *Int J Food Sci Technol*. 2000; 35: 465-471.
10. Pontieri P, Mamone G, De Caro S, Tuinstra MR, Roemer E. Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses. *J Agric Food Chem*. 2013; 61:2565-2571
11. Рисунок сорго посилання URL: https://calorizator.ru/sites/default/files/imagecache/product_512/product/sorghum.jpg
12. Рисунок пшоно посилання URL: https://yizhakultura.com/uploads/images/materials/full/20230319_1436_001.jpg
13. Рисунок амарант посилання URL: https://www.ecoeda.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Amarant_810h260_vnutr-stati-dlinnaya1.jpg
14. Kovalova, O., Vasylieva, N., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Omelchenko, S., Kotliar, O., Kariyk, A., Rudakov, S., Harbuz, S., Onyshchenko, L. (2024). Development of oat malt production technology using plasma-chemically activated aqueous

- solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (11 (131)), 80–91.
15. Kovalova, O., Vasylieva, N., Zhulinska, O., Balandina, I., Zhukova, L., Bezpal'ko, V., Horiainova, V., Trybrat, R., Zazymko, O., & Barkar, Y. (2024). Development of lentil malt production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(11 (130)), 76–86.
 16. Рисунок овес посилання URL:
https://images.prom.ua/3435021110_w600_h600_3435021110.jpg
 17. Рисунок сочевиця посилання URL:
<https://kurkul.com/media/news/original/00/09/9696/sochevytsia-kurkul-20296.jpg>
 18. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (11 (124)), 6–19.
 19. Kovalova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Haliasnyi, I., Gontar, T., Kotliar, O., Gavrish, T., Gill, M., Karatieieva, O. (2023). Determining the effect of plasmochemically activated aqueous solutions on the bioactivation process of sea buckthorn seeds. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (11 (122)), 99–111.
 20. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Мацюк Х.В. Інноваційні стимулятори проростання зерна природного походження. Наука, технології, інновації. 2022. №4 (24). С.31-44.
 21. Льон. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8C%D0%BE%D0%B%D>
 22. КРАЄВСЬКА, Світлана Петрівна; СТЕЦЕНКО, Наталія Олександрівна. Аналіз хімічного складу насіння гарбуза, кунжуту та льону як перспективних джерел для виробництва біологічно активних добавок до їжі. 2013.
 23. Рисунок льон посилання URL: <https://www.agroone.info/wp-content/uploads/2021/06/lon.jpg>
 24. Рисунок маш посилання URL:
https://images.prom.ua/2255129090_w640_h320_mash-boby-mash.jpg
 25. ДСТУ 3888:2015 Пиво. Загальні технічні умови. З поправкою.
 26. ДСТУ 4524:2006 Гречка. Технічні умови.
 27. ДСТУ 4522:2006 Жито. Технічні умови.
 28. ДСТУ 7344:2022 Дріжджі пивні. Технічні умови.
 29. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
 30. ДСТУ 4850:2007 Пиво. Методи визначення діоксиду вуглецю та стійкості;

31. ДСТУ 4852:2007 Пиво. Методи визначення кислотності.
32. ДСТУ 4853:2007 Пиво. Правила приймання та методи відбирання проб.
33. Ковальова О., Ганзій М., Драюк В. Перспективи використання відходів пивоваріння. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Innovations in Science: From Theoretical Foundations to Practical Impact» (May 12-14, 2025. Antwerp, Belgium). European Open Science Space, 2025. С. 92-99.
34. Вода для броварні: посилання URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/voda-dlya-pivovareniya/?srsltid=AfmBOop2k6WlGixEEly9NhCDvG64qFaqp5ReKcsjUwtEQO216CJest7H>
35. Методи визначення екстрактивності солоду та інших харчових продуктів: посилання URL: <https://studfile.net/preview/7865838/page:14/>;
36. Визначення титрованої кислотності пива титруванням з індикатором: посилання URL: <https://studfile.net/preview/5193901/page:21/>
37. Визначення вмісту спирту і дійсного екстракту у пиві дистиляційним методом з використанням ареометру: посилання URL: <https://studfile.net/preview/5193900/page:11/>
38. Пиво. Методи визначення кольору. - Вид. офіц. - Чинний від 2009-01-01. - К. : Держспоживстандарт, 2008. - IV, 11 с. - (Національний стандарт України).
39. Рисунок пластикового ферментеру: посилання URL: <https://surl.li/gmzrnp>
40. Рисунок металевого ферментера: посилання URL: <https://surl.lu/utdcrl>
41. Принцип роботи та характеристики спектрофотометра: посилання URL: <https://ua.led-diode.com/info/working-principle-and-characteristics-of-spect-79970260.html>
42. Рисунок спектрофотометра: посилання URL: https://uploadcdntech.oneyac.com/upload/maket_res/news_res/20190724/hbdunjeawn4.png
43. Обладнання для виробництва пива: посилання URL: <https://termocom.com.ua/ua/jake-obladnannja-potribne-dlja-virobnictva-piva/>
44. Млин для солоду 2-х вальцовий: посилання URL: <https://mirbeer.com.ua/ua/drobarki-melnici/4039-mlin-dlya-solodu-2-kh-valcovij-nerzhaviyucha-stal-mm-02.html>
45. Машина для дроблення солоду: посилання URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_26/page25.html
46. Рисунок одноповерхневої пивоварні: посилання URL: <https://surl.li/amuzje>
47. Рисунок двохповерхневої пивоварні: посилання URL: <https://surl.li/gwrxit>
48. Рисунок трьохповерхневої пивоварні: посилання URL: <https://surl.lu/ckuehw>

- 49.Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні технології та обладнання бродильних виробництв: Навчальний посібник. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2025. 396 с.
- 50.Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
- 51.Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солодощення: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.
- 52.Ковальова О.С, Колос В.В., Парамонова Є.С. Особливості виробництва гречаного солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів. Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 травня 2016 р., м. Тернопіль. Тернопіль: Крок, 2016. С. 35-37.
- 53.Ковальова О.С., Перкова А.О., Савітченко К.В. Особливості озонування технологічних розчинів при виробництві солоду. Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2018. № 45 (1321). С. 166-172. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.45.23>
- 54.Чурсінов Ю.О., Ковальова О.С. Аналіз перспектив використання відходів солодового та пивоварного виробництв. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 1 (96). С. 144-149.