

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-
ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » лютого 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » лютого 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

із спеціальності **181 «Харчові технології»**
(шифр та назва спеціальності)

на тему: «Дослідження і удосконалення технології пива з використанням
рослинної сировини»

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

Бабійчук Михайло Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Романова Зоряна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент

Тетяна РОМАНОВСЬКА
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Я, здобувач Національного університету харчових технологій (НУХТ), підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис) Михайло БАБІЙЧУК

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння і
виноробства

Анатолій КУЦ
серпня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Бабійчуку Михайлу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Дослідження і удосконалення технології пива з використанням
рослинної сировини»

1. Керівник роботи Романова Зоряна Миколаївна к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06 листопада 2023 року

№ 906 -КС

2. Строк подання роботи 04 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт.

3. Дослідити вплив нетрадиційної сировини на якість готового пива.

4. Скласти математичну модель процесу і перевірити її адекватність.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний

аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Використання рослинної пряно-

ароматичної сировини у пивоварінні. 2. Об'єкти, методи та методика досліджень. 3.

Вибір та обґрунтування технології пивоваріння з використанням рослинної сировини.

4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної

ефективності 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Висновки та рекомендації.

Список використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Таблиці з результатами досліджень – 10

Графіки з результатами досліджень – 22

Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання Прийняв

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.23-29.10.23	Викона но
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20-4.11.23	Викона но
	1-а атестація	5.11.2023	
3.	Експериментальні дослідження формування пива з використанням підібраної рослинної сировини	05.11.23-17.12.23	Викона но
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.23-22.12.23	Викона но
	2-а атестація	23.12.23	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.23-30.12.23	Викона но
6.	Розробка рецептури та схеми виробництва	31.12.24-06.01.24	Викона но
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.24-13.01.24	Викона но
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.24-24.01.24	Викона но
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.24-31.01.24	Викона но
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.24-01.02.24	викона но
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.24-07.02.24	викона но
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.24-10.02.24	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Керівник роботи, к. т. н. доцент

Михайло БАБІЙЧУК

Зоряна РОМАНОВА

АНОТАЦІЯ

Бабійчук Михайло Валерійович «Дослідження і удосконалення технології пива з використанням рослинної сировини»

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 Харчові технології. «Навчально-науковий інститут харчових технологій» Біотехнології продуктів бродіння і виноробства. Національний університет харчових технологій, Київ, 2023.

Магістерську роботу присвячено удосконаленню технології пива з використанням пряно-ароматичної та ягідної сировини.

В роботі розглянуто проблему підвищення стійкості пива під час його зберігання. Досліджено вплив антиоксидантів і дубильних речовин, кизилу, імбиру, аронії і м'яти перцевої на перебіг технологічного процесу приготування пива та визначено оптимальну технологічну стадію виробництва для внесення нетрадиційної сировини.

Доведено ефективність застосування рослинної пряної та ягідної сировини для захисту компонентів пива від окиснення під час його зберігання. Встановлено найефективніша рослинна сировина, що містить антиоксидантні речовини, а також рекомендована кількість її внесення і стадія технологічного процесу, під час якої найдоцільніше її задавати. Запропоновано технологічну схему виробництва пива із застосуванням підібраної сировини.

Проведено органолептичну оцінку дослідних зразків і розроблено рецептуру нового сорту пива.

Проведено виробничі випробування технології нового сорту пива з використанням пряно-ароматичної сировини на міні пивоварні підприємства ПП «2085».

Ключові слова: стійкість пива, аронія, імбир, кизил, окиснення, старіння пива, дубильні речовини, органолептична оцінка, фізико-хімічні показники, каламутність пива.

ABSTRACT

Mykhailo Babiichuk „Forschung und Entwicklung der Biertechnologie unter Verwendung pflanzlicher Rohstoffe“

Qualifikationsarbeit zur Erlangung eines Masterabschlusses in der Fachrichtung 181 Lebensmitteltechnologien. „Pädagogisches und wissenschaftliches Institut für Lebensmitteltechnologien“. Biotechnologien für Fermentationsprodukte und Weinherstellung. Nationale Universität für Lebensmitteltechnologien, Kiew, 2023.

Die Masterarbeit widmet sich der Verbesserung der Biertechnologie unter Verwendung würziger und aromatischer Rohstoffe.

Der Artikel befasst sich mit dem Problem, die Stabilität von Bier während seiner Lagerung zu erhöhen. Der Einfluss von Antioxidantien und Tanninen, Hartriegel, Ingwer, Viburnum und Pfefferminze auf den Verlauf des technologischen Prozesses des Bierbrauens wurde untersucht und das optimale technologische Produktionsstadium für die Einführung nichttraditioneller Rohstoffe ermittelt.

Die Wirksamkeit der Verwendung nicht-traditioneller pflanzlicher würzig-aromatischer Rohstoffe zum Schutz der Bierbestandteile vor Oxidation während der Lagerung ist nachgewiesen. Es wurden die wirksamsten pflanzlichen Rohstoffe ermittelt, die antioxidative Substanzen enthalten, sowie die empfohlene Menge ihrer Anwendung und die Phase des technologischen Prozesses, in der ihre Anwendung am besten geeignet ist. Es wird ein technologisches Schema zur Bierherstellung unter Verwendung nicht-traditioneller würziger und aromatischer Rohstoffe vorgeschlagen

Eine organoleptische Bewertung der Versuchsproben wurde durchgeführt und eine Rezeptur für eine neue Biersorte entwickelt.

In der Minibrauerei des Unternehmens Shultz-Service PE wurden Produktionstests der Technologie einer neuen Biersorte mit würzigen und aromatischen Rohstoffen durchgeführt.

Schlüsselwörter: Stabilität von Bier, Stabilität von Bier, Viburnum, Ingwer, Hartriegel, Oxidation, Alterung von Bier, Tannine, organoleptische Bewertung, physikalisch-chemische Parameter, Trübung von Bier.

ABSTRACT

Mykhailo Valeriyovych Babiichuk "Research and development of beer technology using plant raw materials"

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 181 Food technologies. "Educational and scientific institute of food technologies". Biotechnologies of fermentation products and winemaking. National University of Food Technologies, Kyiv, 2023.

The master's thesis is devoted to the improvement of beer technology using spicy and aromatic raw materials.

The paper considers the problem of increasing the stability of beer during its storage. The influence of antioxidants and tannins, dogwood, ginger, viburnum and peppermint on the course of the technological process of brewing beer was studied, and the optimal technological stage of production for the introduction of non-traditional raw materials was determined.

The effectiveness of the use of non-traditional herbal spicy-aromatic raw materials to protect beer components from oxidation during its storage has been proven. The most effective plant raw materials containing antioxidant substances were established, as well as the recommended amount of its application and the stage of the technological process, during which it is most appropriate to apply it. A technological scheme of beer production using non-traditional spicy and aromatic raw materials is proposed

An organoleptic evaluation of the experimental samples was carried out and a recipe for a new type of beer was developed.

Production tests of the technology of a new type of beer using spicy and aromatic raw materials were carried out at the mini-brewery of the Shultz-Service PE enterprise.

Key words: stability of beer, stability of beer, viburnum, ginger, dogwood, oxidation, aging of beer, tannins, organoleptic evaluation, physicochemical parameters, turbidity of beer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ ПРЯНОЇ ТА ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ У ПИВОВАРІННІ (аналітична частина).....	9
1.1 Дослідження можливості застосування рослинної сировини для розширення асортименту і підвищення цінності пива.....	9
1.2 Рослинна сировина, як стабілізатор стійкості пива	14
1.2.1 Поняття стійкості пива, умови стабілізації його основних показників якості.....	14
1.2.2 Основні компоненти сировини і проміжних продуктів, та їх вплив на стійкість готового пива.....	19
1.2.3 Основні стабілізатори природного походження, що впливають на стійкість.....	21
1.3 Підбір пряної та ягідної сировини, що є стабілізатором і антиоксидантом та можливість її використання для розширення асортименту	23
1.4 Висновки.....	26
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Матеріали досліджень.....	27
2.3 Методика досліджень	29
2.3 Методи досліджень	30
2.4 Оброблення результатів досліджень.....	31
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВОВАРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (експериментальна частина).....	32
3.1 Дослідження зміни показників пива при задаванні підібраної рослинної сировини на стадії кип'ятіння сусла з хмелем	32
3.2 Дослідження зміни показників пива при задачі нетрадиційної сировини на стадії головного бродіння	37
3.3 Органолептична оцінка досліджуваних зразків пива	39
3.4 Підбір оптимальної кількості рослинної ягідної та пряної сировини.....	43
3.5 Висновки.....	47
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	49
5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	61
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	66
ДОДАТКИ.....	68

					Дослідження і удосконалення технології пива з використанням рослинної сировини.							
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата	Пояснювальна записка							
Виконав		Бабійчук М.В.								Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Романова З.М.									4	
Н. контр.										6		
Зав. каф.		Куц А.М.										

ВСТУП

Актуальність теми. Для того, щоб вдовольнити споживача пиво повинно мати сукупність необхідних властивостей і характеристик що позитивно впливатимуть на організм людини. Тому основне завдання виробництва пива - зберегти органолептичні і фізико-хімічні властивості пива у межах норм передбачених державними стандартами, якомога більш тривалий час. Зважаючи на постійно зростаючий попит споживачів на новий асортимент пива, є доцільним використання рослинної нетрадиційної сировини у виробництві цього напою задля розширення асортименту, а також його насичення корисними нутрієнтами, в першу чергу – антиоксидантами.

Серед багатьох хімічних процесів, які ведуть до погіршення якості харчових продуктів, виділяють окислювальні процеси які сприяють його "старінню". Процеси окисного старіння починаються не тільки при зберіганні напою, вони супроводжують напій під час всієї технологічної схеми приготування. Наслідком проходження таких процесів є накопичення великого спектру речовин, які негативно впливають як на смак так і на аромат напою.

Також внаслідок окислювальних процесів, а також інших несприятливих факторів, таких як підвищення температура зберігання і дія світла існує ризик виникнення колоїдних помутнень. Помутніння пива супроводжується погіршенням його смаку і пінистих властивостей. Помірне зниження прозорості і смаку відноситься до недоліків пива. Якщо пиво внаслідок сильного помутніння стає непридатним до вживання, то такий стан зараховують до категорії хвороб пива. Помутніння пива супроводжується погіршенням його смаку і пінистих властивостей.

Окислювальні процеси відбуваються на всіх етапах виробництва пива і навіть під час виробництва солоду. Сучасні технології дозволяють максимально обмежити вплив кисню на сировину і напівпродукти під час технологічного процесу, проте обмежити його вплив повністю неможливо.

Для захисту від окислювальних процесів до пива додають відновлюючі речовини. Для зменшення дії кисню застосовують цистеїн, аскорбінову кислоту та її солі, які діють як акцептори кисню, але не зупиняють ланцюгового вільно радикального процесу окиснення компонентів пива. Для цього необхідні речовини – інгібітори окисних процесів, які здатні реагувати з пероксидними радикалами, утворюючи малоактивні або неактивні сполуки. Також на великих промислових підприємствах використовують спеціальні технологічні прийоми, що допомагають уникнути контакту сировини і напівпродуктів з киснем. Проте використання таких засобів неможливо в умовах невеликих чи крафтових пивоварень. Зважаючи на це виникає проблема у пошуку ефективних засобів, що могли б підвищити відновний потенціал пива, тим самим зменшуючи негативний вплив кисню і зростанню терміну придатності готового напою. Вирішенням цих проблем може стати використання антиоксидантів і, зважаючи на останні світові тенденції виробництва харчових продуктів особливу увагу потрібно звернути на природне походження цих речовин.

Екстракти з плодів кори дуба, плодів калини вже тестувалися на пиві. Було встановлено, що їх внесення до технологічної схеми виготовлення напою не тільки покращує смак готового напою, а також позитивно впливає на збереження гірких речовин хмелю, що подовжує стійкість до скисання. Дубильні речовини нетрадиційної рослинної сировини також дозволяють зв'язувати високомолекулярні білкові речовини і запобігають утворенню колоїдних помутнінь під час зберігання.

Мета роботи – вибір і обґрунтування технології пива з розширенням його асортименту шляхом використання рослинної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантних і дубильних речовин.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні **завдання роботи**:

– використовуючи науково-технічну літературу провести і узагальнити інформацію щодо підвищення стійкості пива у процесі зберігання, обґрунтувати вибір ефективних рослинних антиоксидантів та можливість їх застосування у технологічному процесі.

– підібрати сировину, яка містить велику кількість цінних речовин і таку, що раніше не використовувалася у приготуванні пива.

– визначити вплив антиоксидантів з рослинної сировини на процес коагуляції високомолекулярних білків що можуть виступати попередниками колоїдних помутнінь пива в процесі зберігання;

– дослідити вплив добавки підібраної рослинної сировини на процес головного бродіння пива;

– визначити оптимальну кількість підібраної рослинної сировини, а також стадію технологічного процесу приготування пива, під час якої введення буде найдоцільнішим.

Об'єкт дослідження : технологія пива.

Предмет дослідження: пивне сусло, охмелене пивне сусло, зброжене пивне сусло, молоде пиво, пиво, пряна та ягідна рослинна сировина: кизил, імбир, м'ята перцева, чорноплідна горобина (аронія).

Наукова новизна полягає в тому, що було доведено можливість використання такої нетрадиційної сировини, як чорноплідна горобина (аронія), збагаченої антиоксидантами і дубильними речовинами. Встановлено, що її використання сповільнює старіння та окислення пива, а також позитивно впливає на його органолептичні характеристики. Запропоновано рецептуру для виробництва пива з плодами і гілочками аронії.

За матеріалами досліджень опубліковані тези у збірнику: Матеріали конференції.

Якість і безпека харчових продуктів: Збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції, 9-10 листопада 2023 р., м. К. – К.: НУХТ, 2023. — 292 с.

Структура роботи. Роботу викладено на 80 сторінках друкованого тексту: складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Містить 8 рисунків, 17 таблиць, 5 додатків. Список використаних джерел складається із 42 бібліографічних джерел.

1. ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ ПРЯНОЇ ТА ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ У ПИВОВАРІННІ (аналітична частина)

1.1 Дослідження можливостей застосування рослинної сировини для розширення асортименту і підвищення цінності пива.

Пиво - продукт біохімічної діяльності дріжджів, завдяки якому воно збагачується цілим рядом біологічно активних сполук: вітамінами групи В, азотистими, мінеральними речовинами, олігосахаридами [1-3]. Існує широкий асортимент спеціальних сортів пива з внесенням різних добавок, які надають напою профілактичні чи функціональні властивості. Як такі нетрадиційні добавки використовують різні продукти рослинного походження, мінеральні солі, синтетичні ароматичні речовини та інші компоненти [1]. Однак, деякі добавки можуть завдати шкоди здоров'ю людини.

Найчастіше готовий продукт може містити і такі небажані домішки, як солі важких металів, підвищені концентрації ефірів, альдегідів, вищих спиртів, поліфенолів, органічних кислот, які погіршують органолептичні та фізико-хімічні показники пива та значно скорочують термін його зберігання [1-4].

Як зазначають дослідники, український споживач не має певних переваг, його смаки постійно змінюються. Недостатня поінформованість про споживчі властивості товарів сприяє тому, що другий і третій сектори пивного ринку у нашій країні слабо розвинені [21,33].

У зв'язку зі змінами на ринку харчових продуктів і пива зокрема, можна стверджувати про збільшення зацікавленості споживачів щодо нових сортів пива, виготовлених з нетрадиційної сировини. Крім того, пиво, виготовлене з використанням нетрадиційної сировини, має свої переваги: функціональну направлену дію, покращені органолептичні і фізико-хімічні показники, більш тривалий термін зберігання [8, 17,18].

До найбільш популярних напоїв у країнах Європи відносяться голландське яблучне пиво Bavaria "Яблучне" і Bavaria "Каркаде", бельгійське малинове і вишневе пиво Kriek, німецький коктейль Radler – коктейль з пива і лимонаду, функціональне пиво для жінок Karla з фруктовим соком, соєвим лецитином, фолієвою кислотою та вітамінами, шотландське пиво-ель з морськими водоростями під торговою маркою Kelpie Seawood.

У Великобританії серед новинок в асортименті пива з нетрадиційної сировини представлено бренд Cobra Bite такими видами, як Fresh Ginger – свіжий імбир, Cobra Bite & Sweet – Солодкий лайм, Lime, Blood Orange & Lemongrass – «Червоний апельсин и цитронела», які розраховані на жіночу аудиторію, вміст спирту 4,1 %. У Франції розроблено пиво на основі молока і кефірної закваски Lactiwel з пониженим вмістом спирту 2 % [15].

Група компаній EFES здійснила випуск жіночого пива Dolce Iris зі смаком шардоне, вміст спирту 4 % об. Компанія «САБМіллер» розробила пиво ESSA зі смаком ананаса і грейпфрута.

Львівський IPA від пивоварні Кумпель, приготований із додаванням пюре манго. Напій обіцяє порадувати яскравим тоном екзотичних фруктів, який

підкреслює відчутна гіркота. Радимо поєднати це пиво з сухим м'ясом, сирами та горіхами. За бажанням також можете спробувати у парі з рибою, ікр'яниками та улюбленими чіпсами. Вигляд: темно-золотисте пиво з білою пінною шапкою. Аромат: солодово-хмелевий з добре відчутними відтінками манго [[Броварня Кумпель. Опис броварні та сорти пива, що випускаються \(horhey.ua\)](http://horhey.ua)].

На Закарпатті гуцульська крафтова броварня, заснована в 2015 році в селі Кваси – мальовничій місцині на Гуцульщині. У броварні впевнені: крафтове пиво відрізняється від масового продукту приблизно так само, як соковитий стейк від соєвої котлетки. Тутешній крафт регулярно збагачується оригінальними гуцульськими акцентами, як, наприклад, яфіни, карпатські трави чи смерекові гілочки.

Для виготовлення зброджених основ може застосовуватись майже будь-яка сировина плодів та ягід, які багаті на вуглеводи. Харчова цінність плодово-ягідної сировини характеризується наявністю в неї біологічно-активних речовин, а саме: вуглеводів, водорозчинних вітамінів (вітамін С, вітаміни групи В, Р-активні комплекси та інші), сукупність макро- та мікронутрієнтів [21].

Плоди та ягоди відіграють важливу роль у підвищенні харчової цінності пива. Цінність їх полягає у значному вмісті мінеральних речовин (0,3...1,1 %), вітамінів, органічних кислот, поліфенольних з'єднань. Завдяки значному вмісту води, вітаміну С, антиціанів і флавоноідів вони здійснюють освіжаючу і судинно-укріплюючу дію на організм людини [35].

Основними компонентами сухих речовин плодів та ягід є цукри від 3...15%. Цукри зброджуються дріжджами, тому вони необхідні для отримання напоїв з відповідною цукристістю. Серед цукрів основними є глюкоза, фруктоза і сахароза.

Важливим компонентом плодів та ягід є пектинові речовини. Пектинові речовини для пива є стабілізаторами піни і створюють повноту смаку. До пектинових речовин, які містяться в плодах та ягодах, відносяться протопектин, пектин, пектинова і пектова кислоти. Вміст пектинових речовин у плодах та ягодах знаходиться в межах 0,2...2,7 % [16].

За дослідженнями Л.Я. Родіонової, І.В. Соболя, І.М. Баришевої дикорослу плодово-ягідну сировину можна поділити на 3 групи. До першої відносять яблука, калину, горобину, собачу кропиву, аронію, шипшину – вміст пектинових речовин 10...18 %. До другої групи (вміст пектинових речовин 5...10 %) – кизил, грушу, барбарис, бузину. До третьої групи (вміст пектинових речовин до 5 %) – вишню, шовковицю, черемху, чорницю, малину [33,35].

Пектинові речовини регулюють вміст холестерину, позитивно впливають на внутрішньоклітинні реакції дихання та обміну речовин, підвищують стійкість організму до алергічних факторів, виводять радіонукліди та важкі метали.

Азотисті речовини відіграють другорядну роль, оскільки присутні в незначній кількості. Але для виробництва пива їх значення досить велике, бо вони є компонентами середовища для діяльності дріжджів. Загальна кількість азотистих речовин у плодах та ягодах знаходиться в межах 0,2-1 %. Високий вміст вільних

амінокислот міститься в плодах обліпихи, калини, смородини, вишні, ожини. Основну частку амінокислот займають амінокислоти (метіонін, глютамін, глютамінова й аспарагінова кислоти), які здійснюють позитивний вплив на серцеву та судинну систему [33,35].

Важливою складовою частиною плодів та ягід є колоїдно-розчинні сполуки, такі як поліфенольні і пектинові речовини, гістидини.

Поліфенольні речовини відіграють важливу роль при виробництві плодово-ягідних напоїв. Вони впливають на бродіння, стійкість і смакові характеристики напоїв. У процесі виробництва пива поліфеноли сприяють осадженню білка суслу, що позитивно впливає на його освітлення. Негативним є те, що з солями заліза і при окисненні вони створюють з'єднання темного кольору, а також можуть бути причиною помутніння.

Для плодів та ягід характерна Р-вітамінна активність, основними представниками якої є: катехіни, флавоноли, флавоноліди, флавоноли, антоціани та інші. Вважається, що найбільшою вітамінною активністю володіють катехіни, флавоноли, лейкоантицианіди, флавоноли, антоціани, рутин забезпечує антиоксидантні властивості.

До продуктів з високим вмістом вітаміну Р відноситься горобина чорноплідна, смородина чорна, вишня, агрус, брусниця, шипшина, лимон.

Вітаміни плодів та ягід є однією з найважливіших груп біологічно-активних речовин. Вітаміни входять до складу ферментів, беруть активну участь на різних етапах виробництва пива і впливають на його органолептичні показники. Важливе значення вітаміни мають для організму людини, які є постійними складовими різноманітних ферментативних систем організму та посилюють захисні функції організму.

Рослинна сировина багата на вітаміни, які в свою чергу поділяють на дві групи: водорозчинні і жиророзчинні. Для виготовлення пива велике значення мають водорозчинні вітаміни, а саме В1, В2, В3, В6, В9, РР, Н, Р, С тощо [17].

Важливим вітаміном є вітамін С (аскорбінова кислота), який не синтезується і не накопичується організмом. Вітамін С в різних кількостях містять всі плоди й овочі. Найбільше його в шипшині, смородині, солодкому перці, петрушці, кропу. В достатній кількості він міститься в цитрусових, суниці, цибулі.

Вітамін Р (біофлавоноїди) складає групу біологічно активних речовин – рутин, катехін, гесперидин. Вітамін Р забезпечує накопичення в організмі вітаміну С, знижує артеріальний тиск. Головними джерелами вітаміну Р є чорноплідна горобина, чорна смородина, вишня, айва, брусниця.

Вітамін В1 знаходиться в плодах та ягодах (яблука, груші, вишні, сливи, агрус, виноград, шипшина) в невеликій кількості 0,03...0,06 мг. Перше місце за вмістом вітаміну В2 займають ягоди шипшини – 0,33 мг. Серед плодів та ягід найбільш багаті каротиноїдами абрикоси, шипшина, горобина, калина, обліпиха (до 2...10 мг % і більше).

Мінеральні речовини є важливими елементами харчування. Мінеральні речовини входять до складу багатьох ферментів, гормонів і зумовлюють їх

активність. Кількість мінеральних елементів у плодах та ягодах залежить від сорту та району вирощування.

Щодо мікроелементів, які входять до складу плодів та ягід, важливе значення для людини мають калій, кальцій, фосфор, магній і залізо. Найбільш високий вміст калію мають чорна і червона смородина, агрус, виноград, малина, ожина (200...400 мг), а також абрикоси, вишні, яблука, черешня і сливи (200...300 мг). Кальцію багато в цитрусових (до 100 мг %), в ягодах – 30...45 мг % (виноград, суниця, смородина, малина й ожина). У плодах та ягодах міститься незначна кількість фосфору. Найбільший вміст його мають вишня, малина, ожина, смородина (30...40 мг %) [30, 35].

Високим вмістом заліза відрізняються абрикоси, сливи, яблука, груші (2...4 мг %), суниця, чорниця, кизил і аронія (7...13 мг %). Багато магнію містять ягоди чорної смородини, ожини, малини і плоди вишні (25...30 мг %). З мікроелементів у плодах та ягодах міститься нікель, хром, мідь, марганець, молібден та інші, які активізують ферментативні реакції і в результаті здійснюють вплив на процеси обміну речовин в організмі.

Значне місце в плодово-ягідній сировині займають органічні кислоти, а саме: яблучна, лимонна, щавлева. В меншій кількості міститься янтарна, фумарова, винна, хлорогенова. Кислоти в плодах та ягодах знаходяться як у розчинній формі, так і у вигляді солей. Найбільший відсоток яблучної кислоти міститься в горобині, кизилі, вишні, агрусі, суниці (1,2...1,3 %), журавлині, аронії, малині, абрикосі, сливі (0,9...1,0 %), яблуці (0,7 %). Серед овочів найбільша кількість міститься в помідорах (0,24 %).

Лимонна кислота в найбільшій кількості знаходиться в лимонах (5,7 %), чорній смородині, журавлині (1...2 %). Винна кислота в значних кількостях міститься у винограді (0,3...1,7 %), а в інших плодах – у незначній кількості. Щавлева кислота міститься у щавлі, ревені, шпинаті. В невеликій кількості вона є у смородині, помідорах, цибулі [27,29].

Крім плодово-ягідної сировини, пріоритетним напрямком при створенні нових сортів пива підвищеної харчової і біологічної цінності можна вважати використання пряно-ароматичної сировини: коріандру, імбиру, шавлії, полину, ялівцю тощо. Пряно-ароматична сировина є важливим компонентом здорового харчування, вона надає пиву профілактичних і функціональних властивостей, збагачує напій вітамінами, мінеральними елементами, біологічно активними речовинами (флавоноїдами, поліфенольними речовинами, ефірними оліями) [15].

Широко використовуються такі добавки, як лікарська рослинна сировина – трави, пагони, квіти, коріння, горіхи. При кип'ятінні в сусло з хмелем вносять траву полину, корінь солодки, бад'ян, перець, траву ехінацеї, деревій, звіробій, женьшень, горіхи та настої горіхів, порошок бульб топінамбура тощо. В готове пиво різноманітну пряно-ароматичну сировину вносять у вигляді настоїв, екстрактів і у висушеному вигляді.

До сировини, яка збагачує напій вуглеводами, відносять зернопродукти (рис, овес, пшениця, ячмінь), цукровмісна сировина (мед, патока, цукор).

Джерелами поліфенольних речовин є рослинна сировина (трави, коріння, горіхи) і продукти їх перероблення.

Для збільшення вмісту азотистих речовин у сусло вносять гідролізати мікроорганізмів (дріжджів), продукти переробки молока (сироватку, пахту). Мінеральні компоненти вносять для корекції харчування дріжджів або для збагачення складу пива [21].

Добавки фармакологічного призначення використовують для створення напою з притаманними їм властивостями (антиканцерогенні, гепатопротекторні тощо). За звичай, вносять рослинну сировину. Добавки, які формують задані органолептичні властивості. Для цього вносять смакові речовини (ефірні олії, есенції, настої, екстракти ароматичних речовин) або продукти, які місять ароматичні і смакові компоненти (зброжені основи, безалкогольні напої, вина, коньяк тощо) [17, 21, 29].

В основу багатьох функціональних напоїв вносять яблучний, калиновий, сік чорноплідної горобини (аронії), настої меліси, звіробою, бузини тощо.

Проаналізувавши склад композицій існуючих функціональних безалкогольних напоїв, вирішено розширити асортимент композицій для збагачення слабоалкогольних напоїв (пива) завдяки підбору рослинної сировини, якій притаманні високі радіопротекторні властивості та які гармонійно поєднуються за смаком і ароматом.

Цікавим було дослідити можливість створення композиції поживних і корисних речовин для внесення до складу напоїв на основі пива з метою покращення органолептичних показників, зменшення вмісту спирту і надання напою тонізуючих, антиоксидантних, гіпотензивних властивостей, що в цілому справляють радіопротекторну дію на організм людини.

Відомі наукові розробки, де за допомогою внесення екстрактів трави м'яти, плодів червоної горобини, трави чебрецю, звіробою для підвищення смакової стабільності пива, позитивного впливу на стабільність гірких речовин пива, що у кінцевому результаті сприяє стійкості пива. Але поліфеноли, крім радіопротекторних та антиоксидантних властивостей, мають властивість сприяти як стійкості напоїв до різної природи помутнінь [2, 6, 15].

Аналізуючи властивості та хімічний склад рослинної сировини, можна зазначити, що багатьом плодам та ягодам притаманна висока харчова і біологічна цінність. В плодово-ягідній сировині містяться всі елементи, які необхідні для нормальної життєдіяльності дріжджів при використанні їх у виробництві пива підвищеної харчової цінності [17, 21].

Для підвищення біологічної цінності та поліпшення смакових властивостей пива можна додавати плодово-ягідні соки, а саме: вишневий сік, який містить велику кількість пектину, калію, катехинів і антоціанів, які укріплюють стінки кровоносних судин; яблучний сік – містить корисні елементи, такі як фосфор, мідь, вітаміни, натрій, фолієву кислоту, магній, біотин, пектин [35, 36]. Для збагачення напою вітаміном С – смородиновий сік, настій шипшини; для зниження рівня цукру в крові, нормалізації обміну речовин – екстракт шовковиці; для збагачення напою вітаміном Е і С (потужних природних антиоксидантів) – екстракт обліпихи.

Захисну і біологічну активну дію має корінь і листя кульбаби, екстракт ехінацеї, календули, чорноплідної горобини.

Для корекції смаку та аромату можна додавати плоди анісу, які містять полісахариди, смоли, ефірні масла, таніни, терпени, вітаміни, макро- і мікроелементи та інші біологічно активні добавки, корицю, яка володіє освіжаючою, тонізуючою і загальнозміцнюючою дією на організм, цикорій тощо.

Багато спецій є сильними радіопротекторами, серед яких для композиції напою можна вибрати хрін, кріп, петрушку, гірчицю [36].

Багато виробників виготовляють напої на основі концентратів, синтетичних ароматизаторів і вони мають невисоку харчову цінність. Тому саме створення пива на основі рослинної сировини, яка містить багато корисних елементів, дозволить створити перспективний і поживний напій. Але для широкого промислового використання для підбору рецептури необхідно враховувати не тільки хімічний склад, а і властивості сировини й розповсюдження рослинної сировини в Україні, місце вирощування, термін зберігання, транспортування тощо.

1.2 Рослинна сировина, як стабілізатор стійкості пива.

Плоди та ягоди - джерело вітамінів, мінеральних сполук, органічних кислот, макронутрієнтів і мікронутрієнтів тощо. Їхня цінність як лікарської та харчової сировини визначається цілим комплексом біологічно активних речовин, зокрема їх кількісним та якісним складом, синергізмом дії та високим ступенем засвоєння. Включення фітоекстрактів до складу харчових продуктів, особливо позбавлених вираженого смаку, запаху і кольору, значно поліпшують їхні органолептичні показники за рахунок природних барвників та ефірних олій. Наявність антиоксидантів, фітонцидів, ряду органічних кислот у фіто композиціях сприяє подовженню термінів зберігання напоїв [18,31].

Введення натуральних екстрактів, або висушеної плодово-ягідної сировини на різних технологічних стадіях приготування пива дає змогу не тільки покращити його здатність протистояти утворенню помутнінь в процесі зберігання, а й розширити асортимент за рахунок створення продукту з новими органолептичними якостями [36].

1.2.1 Поняття стійкості пива, умови стабілізації його основних показників якості.

Поняття «стійкість пива» можна визначити як його здатність не втрачати свої органолептичні властивості в процесі зберігання. Таким чином, стабілізацію, або підвищення стійкості пива можна розглядати з точки зору того, наскільки вдається уникнути або сповільнити зміни, зумовлені його старінням.

Під стабільністю смаку розуміють здатність пива аж до його вживання зберігати (по можливості без змін) первинний смак, властивий пиву одразу ж після розливу. Зміни смаку пива при його зберіганні можна розділити на дві великі групи: з одного боку - зміна повноти смаку, ігристості і гіркоти, погіршення вихідної гармонійності смаку, а з іншого - зміна аромату пива, поява «смаку старіння» [2].

Також, якщо мова йде про пиво, розлите в пляшки важливим показником якості є його здатність не зазнавати помутнінь в процесі зберігання.

Фактором, від якого більшою мірою залежить стабільність органолептичних характеристик пива, є біохімічні процеси, пов'язані з реакціями старіння. Найвідомішими реакціями старіння пива прийнято вважати меланоїдинове окислення вищих спиртів в присутності амінокислот, руйнування амінокислот по Штрекеру, реакцію Фентона, фотоокислювальну реакцію і процес окислення вищих спиртів в присутності поліфенолів [3].

Зміна гармонійності смаку пива обумовлено ступенем гідратації колоїдів пива під впливом явищ, що викликають його «старіння». Транспортування, коливання температури і окислення обумовлюють зниження повноти смаку і появу різкої або розмитою гіркоти (білкової). Чим менше колоїдна стійкість пива, тим нижче стабільність смаку пива.

Зміна гіркоти пива викликається не тільки колоїдами: під час зберігання знижується вміст в пиві ізогумулонів, і гіркота пива в результаті окислення поліфенолів або хмельових олій може набувати різкий або розмитий характер. Поява смаку старіння відбувається в кілька етапів: спочатку з'являється відтінок, що нагадує аромат чорної смородини. Потім з'являється картонний присмак, що переходить в хлібний аромат і смак. При цьому ігристість пива знижується, а гіркота стає все більш розмитою.

Іншою важливою характеристикою пива, яка може зазнати змін під час його зберігання є прозорість пива. Внаслідок несприятливої дії зовнішніх факторів, а також за наявності великої кількості речовин - складників мутності, в пиві виникають колоїдні помутніння. Колоїдні помутніння бувають двох видів - зворотне (холодне) і незворотне. Частинки холодного помутніння, як правило, менше частинок постійної каламутності (незворотного помутніння). Під холодним помутнінням розуміють помутніння, яке виникає при охолодженні пива до 0°C і знову зникає при нагріванні до 20°C . Холодне помутніння утворюється в інтервалі температур від $+5$ до -2°C і є попередником незворотного [1,17,21].

Не зворотне помутніння не зникає за температури 20°C , воно виникає в процесі зберігання пива. У цьому випадку має місце утворення як множинних водневих зв'язків між високомолекулярними сполуками, так і міцних ковалентних зв'язків. Розмір частинок незворотньої каламутності вищий, ніж у зворотньої, і коливається від 1 до 10...20 мкм. Процес появи стійкої каламутності прискорюється при збовтуванні пива і його зберіганні при високих температурах: вище 12°C - для не пастеризованого пива і вище 20°C - для пастеризованого. Більша частина незворотніх помутнінь розчиняється при нагріванні пива до температури від 40 до 70°C . Цей тип помутнінь пов'язаний з полімеризацією флавоноїдів шляхом окисної конденсації, тобто з утворенням високомолекулярних фенольних сполук, які зв'язуються з білками не тільки за допомогою водневих зв'язків, а також за допомогою гідрофобних та йонних зв'язків, що не руйнуються при нагріванні [23].

Утворенню помутнінь сприяють наступні фактори: підвищена температура, окислювальні процеси, перемішування пива, світло. Температура пива має

величезний вплив на виникнення помутніння, бо з її підвищенням зростає швидкість протікання хімічних реакцій. Отже, пастеризація прискорює виникнення колоїдного помутніння. Окислення також має істотний вплив на виникнення помутніння пива. Сильне окислення може в п'ять разів підвищити швидкість появи помутніння [31]. Вплив перемішування на помутніння проявляється головним чином при транспортуванні пива на далекі відстані. Шкідливий вплив світла на пиво при зберіганні полягає в каталітичному прискоренні під дією ультрафіолетових променів і теплоти окислення сульфгідрильних груп в поліпептидах і полімеризації поліфенолів. Дія світла одночасно з киснем при зберіганні призводить до зміни окисно-відновних умов в готовому пиві, які відіграють істотну роль у перетвореннях колоїдів і виникненні помутнінь. Як приклад можна привести окислювальну полімеризацію поліфенолів, яка призводить до утворення складних комплексів поліфенолів з поліпептидами [23]. Ці комплекси, крім низької розчинності, мають здатність до швидкого окислення в присутності кисневих радикалів, в результаті якого відбувається укрупнення білкових молекул. У кінцевому підсумку може статися випадання окремих флокул в осад, а окислені поліфеноли значно погіршують смак пива [31,33].

У результаті окисно-відновних реакцій (як ферментативного, так і не ферментативного характеру) компоненти пива зазнають змін: одні сполуки переходять з окисленого стану в відновлене, інші, навпаки, - з відновленого в окислене. Кількісною мірою здатності тих чи інших сполук віддавати електрони (або H^+) служить окисно-відновний потенціал. Він може виражатися в вольтах або мВ (E_h) або являти собою негативний логарифм парціального тиску водню (rH). Величина окисно-відновного потенціалу взаємопов'язана з концентрацією кисню в пиві і кількістю редуруючих речовин. З точки зору колоїдної стабільності величину rH пива рекомендується підтримувати в межах 9 до 11 [21, 23].

Розрізняють окислювальний механізм старіння пива, пов'язаний з утворенням перекису водню за участю кисню повітря, і пероксидний механізм, який протікає під час відсутності кисню. Наприклад, перекис водню може утворитися і при гідролізі окислених раніше поліфенолів. При цьому окислення фенольних сполук супроводжується підвищенням показника кольору пива. Дія перекису водню як в аеробних, так і в анаеробних умовах посилюється в присутності сахаридів. Значно більшою мірою в сучасному пивоварінні причиною окисно-відновних реакцій в пиві може бути не киснем, частка якого в ньому наближається до нуля (1 мкг/дм^3), а світло, зокрема його ультрафіолетовий (УФ) спектр. Внаслідок цього стійкість пива падає при його зберіганні в пляшці з матеріалу, який пропускає УФ промені. Перешкоджати цим процесам можуть антиоксиданти - фенольні сполуки солоду і несоложених матеріалів, діоксид сірки, що метаболізуються дріжджами, а також редуктори, які утворюються при термічному розкладанні сахаридів. Вони можуть віддавати електрони і тим самим сприяти утворенню вільних радикалів кисню, які змінюють сенсорний профіль пива при його зберіганні.

Одним із факторів попередження колоїдних помутнінь у пиві в процесі зберігання є використання сировини з заданими показниками якості. Так надзвичайно важливим при виготовленні пивоварного солоду є використання ячменю з низьким вмістом білка. Сам солод, що використовується для пивоваріння має бути добре розчиненим – це дає змогу не тільки застерегти продукт виникнення помутнінь, а й заощадити енергоресурси, внаслідок більш високих температур початку затирання і як наслідок зменшення тривалості цього процесу [1, 4, 5].

Технологія сусла включає подрібнення солоду і несолоджених матеріалів, затирання зерно продуктів, фільтрування затору, його кип'ятіння з хмелем, видалення гарячих і холодних суспензій, аерацію охмеленого сусла. Каламутність сусла і вміст у ньому речовин, що визначають колоїдну стійкість пива, залежить від співвідношення фракцій помелу. Склад помелу визначається:

- ступенем розчинення солоду;
- вологістю солоду;
- способом дроблення;
- розміром частинок.

Чим тонший помел, тим вищий вміст поліфенолів і білків у суслі [17,18].

При подрібненні солоду рекомендується використання способу замочного кондиціювання. Цей спосіб допоможе максимально зберегти оболонки зерна, при чому, не призведе до зволоження внутрішньої частини. Що дасть змогу отримати максимально можливий вихід екстракту й застерегти від вилужування поліфенольних речовин зерна, які в подальшому можуть негативно вплинути на стійкість пива. Також, для підвищення стійкості пива, при його виробництві, слід максимально знизити вплив кисню на засип. Для цього, рекомендується, обладнання для подрібнення, резервуари для затору, наповнити вуглекислим газом чи азотом, що забезпечить протікання цієї стадії виробництва пива без впливу кисню [28].

Коригування процесів, що відбуваються під час затирання є надзвичайно важливим, якщо нам потрібно підвищити стійкість готового пива. По-перше, необхідною умовою є гідроліз всього крохмалю (перевірити це можна за допомогою йодної проби), для уникнення клейстерних помутнінь. Потрібно запобігти накопиченню високомолекулярних продуктів гідролізу білка, що відбувається за температури 60...70 °С. Зробити це можна збільшивши протеолітичну паузу при температурі 45...50 °С чи використавши протеолітичні ферменти, тим самим збільшивши кількість низькомолекулярного білка. Але також потрібно врахувати те що відсутність високомолекулярних продуктів розпаду білка призведе до «пустоти» смаку, і погіршення піностійкості. Оптимальною тривалістю паузи при температурі 45...50 °С є час 20 хв.

Високомолекулярні дубильні речовини і антоціаногени які, як зазначено вище, відіграють важливу роль при утворенні помутніть у пиві, внаслідок утворення комплексів із високомолекулярними білковими речовинами. Вже на етапі приготування сусла низькомолекулярні дубильні речовини навпаки позитивно впливають на стійкість пива внаслідок своїх редукуючих властивостей, що може бути досягнуто лише за умови відсутності контакту затору з повітрям.

Максимально зменшити контакт затору з повітрям можна завдяки подачі затору знизу; продуванню трубопроводів вуглекислим газом або нітрогеном; зменшенню швидкості обертання мішалки в заторному апараті; перемішуванню помелу з водою безпосередньо в дробарці [19].

Кип'ятіння сусла з хмелем сприяє підвищенню колоїдної стійкості пива, бо при цьому видаляються білки, які утворюють білково-дубильні комплекси з фенольними сполуками, і в подальшому є причиною утворення каламутності. Ці комплекси осідають в осаджувачі (вірпулі). Після кип'ятіння в суслі повинно залишитися від 3 до 4 мг / 100 мл коагулюючого азоту. При меншому значенні цього показника спостерігається зниження піностійкості пива.

Після виходу пивного сусла з варильного відділення, якнайперше потрібно уважно слідкувати за перебігом аерації пивного сусла. Це є необхідним для нормальної роботи дріжджів, і єдиним етапом всього процесу пивоваріння коли кисень вносять цілеспрямовано. Для того щоб не зашкодити стабільності пива потрібно внести таку кількість пива, яку дріжджі зможуть поглинути протягом 1-2 год. своєї життєдіяльності. В залежності від тиску наданого повітря цей показник складає від 3 до 10 л/гл. сусла.

Також в даний час намагаються оптимізувати аерацію дріжджів. Аерацію при цьому проводять наступним чином:

- вносять дріжджі, змішують з невеликою кількістю сусла і аерують;
- аерацію сусла проводять безпосередньо при внесенні дріжджів.

Використання того чи іншого способу бродіння також відіграє важливу роль для подальшої колоїдної стійкості пива. Режим холодного бродіння і холодного дозрівання є найоптимальнішим для запобігання помутніння пива. Цей режим відомий як традиційний режим бродіння і дозрівання. Дріжджі вносять в сусло за температури 6...7 °С, а потім дозволяють температурі піднятися до 8...9 °С, на що йде близько 2 діб. Дану температуру підтримують 2 доби, а потім повільно охолоджують пиво до 3...4 °С, після чого із залишком зброджуваного екстракту перекачують в лагерні танки. Пиво охолоджують до температури доброджування так повільно, щоб дріжджі встигли розщепити ще наявний діацетил до значення нижче граничного для сприйняття. Потім пиво витримують не менше одного тижня при температурі -1 °С. Дуже довге (понад 5 тижнів) доброджування не рекомендується [2].

При доброджуванні пива загальна відновна здатність пива досягає кінцевої вирівнювальної величини. Під відновлювальною здатністю мається на увазі стійкість пива до зміни окислювально-відновного потенціалу при окисненні. Оскільки пиво при фільтрації, розливі та транспортуванні знаходиться в контакті з повітрям, необхідно, щоб в кінці доброджування воно мало найвищу відновну здатність. Вирішальний вплив по суті має відновна здатність молодого пива вже при перекачуванні, яка обумовлена використаною сировиною та технологічними процесами у варильному і бродильному відділенні. При доброджуванні відновна здатність пива не повинна погіршуватися, редуруючі речовини не повинні окислюватися [3].

Важливою також є стабілізаційна витримка перед фільтрацією пива, яка повинна тривати протягом 6 днів за температури $-2...0$ °С. Ця витримка зумовлює виділення частинок холодної каламутності.

Під час всіх процесів в цехах ферментації і розливу потрібно обов'язково уникати контакту готового пива із металічними частинами апаратів, окрім нержавіючої сталі, а також контакту з киснем. При недотриманні цих умов в пиві будуть відбуватися окислювальні процеси, що негативно вплинуть на стабільність готового напою. З огляду на це, також рекомендується використовувати деаеровану воду для заповнення фільтра і витіснення з нього пива в кінці фільтрування [19].

Підвищення стійкості пива до різноманітних помутнень, звичайно залежить від технологічних режимів його приготування. Проте підвищити цей показник дозволяє також використання спеціальних стабілізуючих засобів.

Полівінілполіпірролідон (ПВПП) - органічна сполука, яка «зшита» в трьох площинах і додатково укріплено молекулярними ланцюжками. ПВПП є порошком, нерозчинним ні в одному з відомих розчинників, але злегка набухаючим у воді. ПВПП відомий тим, що він адсорбує дубильні (фенольні) з'єднання шляхом утворення водневих зв'язків з ними. Водневий зв'язок залежить від рН - в лужних розчинах адсорбовані фенольні сполуки знову десорбуються. Завдяки цьому ПВПП можна регенерувати і багаторазово використовувати. Рекомендовано застосовувати не більше 50 г ПВПП/г пива. Зазвичай ПВПП застосовують у комбінації з силікагелями, іноді - без них [19,25].

Використання силікагелів. Золі кремнієвої кислоти (силіказоль) є колоїдними розчинами кремнієвої кислоти (SiO_2) у воді. Стабільні силіказолі містять незв'язані круглі частинки розміром від 5 до 150 нм з високоочищеної аморфної кремнієвої кислоти. Ці частинки не мають внутрішніх пор і несуть негативний електричний заряд. Завдяки зв'язуванню частинок кремнієвої кислоти з білковими сполуками в пиві утворюється гідрогель, частинки якого викликають помутніння, флокулюються і, нарешті, седиментуються зі швидкістю опускання 5-7 м/день. Таким чином, застосування силікагелів покращує освітлення і прозорість пива. Гідрогель повністю видаляється з пива. Для знаходження оптимального дозування необхідно провести попередні експерименти. При цьому слід прагнути до досягнення оптимального співвідношення ціни і отриманого ефекту [19].

1.2.2 Основні компоненти сировини і проміжних продуктів, та їх вплив на стійкість готового пива [1,4,7,31]

При старінні пива відбувається зростання вмісту багатьох летючих сполук, зокрема високомолекулярних, частково ненасичених карбонільних сполук. Деякі фахівці вважають основною причиною утворення смаку старіння саме їх. Ці сполуки виникають в результаті дії наступних механізмів:

- розщеплення амінокислот по Штрекеру, внаслідок чого утворюються карбонільні з'єднання з відсутнім атомом вуглецю. У темряві вони каталізуються слідами іонів металів, але на світлі розщеплення протікає швидше і стимулюється рибофлавіном, поліфенолами і спиртами.

- окислювальне розщеплення ізогумулонів, переважно C4-C7-алкеналів і C6-C7-алкадієналів, яке стимулюється під дією світла в присутності рибофлавіну.

- окислення спиртів, меланоїдинів, якому сприяють світло і наявність рибофлавіну, але стримуване поліфенолами. Хоча вищі спирти продукують альдегіди, важливі для формування смаку, разом з тим в ході перетворення етанолу в ацетальдегід продукуються попередники (прекурсори) інших компонентів старіння.

- самоокислення високомолекулярних жирних кислот виражається в утворенні переважно низькомолекулярних альдегідів (C5, C6); стимулюється воно впливом світла, а рибофлавін в цьому випадку грає роль інгібітору.

- ферментативне окислення високомолекулярних жирних кислот (лінолевої та ліноленової) до гідроксикислот і їх розщеплення до високомолекулярних ненасичених альдегідів протікає на світлі і в темряві приблизно з однаковою швидкістю. Основні реакції проходять вже в процесі солодощення, однак оксидазні системи (пероксидаза, ліпогексіназа) ще активні і при затиранні.

- каталізація проліном альдольної конденсації низько- і високомолекулярних альдегідів.

- окислювальне розщеплення карбонільних сполук викликає розщеплення високомолекулярних ненасичених альдегідів до низькомолекулярних ненасичених, в зв'язку з чим змінюється їх вміст (збільшення або зменшення) під час зберігання пива. Таким чином, ці зміни відбуваються внаслідок різних реакцій компонентів пива, причому підвищення концентрації меланоїдинів сприяє як розщеплення амінокислот по Штрекеру, так і окислення спиртів, а поліфеноли сприяють розщепленню амінокислот по Штрекеру, але пригнічують розщеплення спиртів, що каталізується дією світла, тощо [1, 2, 3, 23].

До компонентів пива, що зумовлюють зміну його органолептичних показників відносять великий спектр органічних речовин.

Так, вищі спирти присутні в пиві в невеликій кількості, однак вони значно впливають на його аромат і смак. Більшість (до 90%) вищих спиртів представлено ізоаміловим, ізобутиловим та пропіловим спиртами. Наявність великої кількості двох перших спиртів надає пиву зайву гіркоту і невластивий йому аромат. Вищі спирти при бродінні в основному утворюються у результаті окислення амінокислот, при цьому ферменти дріжджових клітин відновлюють в спирти утворені альдегіди. При «старінні» пива амінокислоти можуть відновлюватися, а спирти знову окислюються до альдегідів, передаючи зазвичай пиву специфічні запахи і смак. Ці альдегіди можуть служити індикаторами «старіння». Пиво також містить багату суміш сполук, які включають в себе цукри, амінокислоти, поліфеноли, спирти, ефіри, гіркі речовини і невелику кількість ліпідів. Практично всі ці компоненти можуть вступати в реакцію з кисневими радикалами з утворенням сполук, що впливають на смак і аромат пива. Цей вплив може бути, як позитивним, так і негативним чинником. Наприклад, естери позитивно впливають на органолептичні властивості пива, але їх велика кількість здатна надати напою фруктовий або карамельний аромат. Зокрема, етилацетат надає пиву невластивий йому запах, а крім того, терпкий і гіркий присмак [7,].

Колоїдні помутніння виникають при «старінні» колоїдів. Їх поява пов'язана зі збільшенням розмірів частинок через зіштовхування окремих ліофільних солей, що знаходяться в безперервному броунівському русі.

Крім того, внаслідок втрати заряду і дегідратації (втрати води) деяких колоїдних сполук відбувається взаємодія різно заряджених компонентів, і йде утворення каламутності [17,18].

До складу колоїдних помутнінь входять:

- азотовмісні речовини: білки солоду і несолодженого зерна, продукти гідролізу білків, денатуровані білки, продукти автолізу дріжджових клітин, білково-дубильні комплекси (БДК), частки від опалої піни;

- фенольні сполуки солоду, несолоджених зернових матеріалів, хмелю, білково-поліфенольні комплекси; - полісахариди: α - і β - глюкани, крохмаль, пентозани.

Причиною появи каламутності у свіжому пиві при його охолодженні є взаємозв'язок низькомолекулярних фенольних сполук з кислими білками пива. Крім того, при низьких температурах йдуть процеси дегідратації колоїдних частинок і утворення колоїдів з різними зарядами. Найбільше це стосується поліпептидів і полісахаридів, які в подальшому адсорбуються на поліфенолах. При підвищенні температури спостерігається руйнування утворених комплексів, так як поліфеноли і поліпептиди пов'язані між собою нестійкими водневими зв'язками. Колоїдний склад пива змінюється в ньому при збільшенні концентрації етанолу, при цьому відбувається зміна співвідношення між колоїдними частинками різної хімічної природи: збільшується частка поліфенольної і полісахаридної фракцій, в той час як кількість поліпептидів в осадах зменшується [23,25].

1.2.3 Основні стабілізатори природного походження, що впливають на стійкість.

Для підвищення стійкості пива крім вищезазначених прийомів. Запропоновані фізико-хімічні (в основному адсорбційні) і ферментативні способи.

Для запобігання колоїдного помутніння пива необхідно гідролізувати полімери, що входять до складу колоїдних частинок. Більшість ферментативних способів стабілізації засновано на застосуванні протеолітичних ферментів, тощо. На розщепленні білкової складової колоїдних частинок. Поряд з цим використовуються препарати амілаз, глюканаз, целюлаз. За кордоном джерелом протеази застосовують папаїн, на основі якого створені різні комерційні препарати для стабілізації пива. Крім папаїна застосовується бромелаїн, фіцин, пепсін. У вітчизняній практиці пиво стабілізують за допомогою мікробних ферментних препаратів Протосубтиліна, Амілоризіна, Пектофоетидина, Целлолигнорину, тощо.

У вітчизняній практиці обробляють як пиво, так і сусло. Обробка сусла дозволяє уникнути небажаних наслідків внесення препаратів, а також поєднувати ефекти стабілізації пива і інтенсифікації життєдіяльності дріжджів за рахунок дії протеолітичних ферментів. Ферментні препарати, внесені в охмелене сусло при

температурі 30 ... 40 ° С, діють в процесі охолодження сусла до температури бродіння.

Підвищення ефекту стабілізації досягається при додатковій обробці пива сорбентами, що зв'язують поліфеноли. За сорбенти використовують сильно основні аніоніти на основі полістиролу, наприклад АВ-17-П, за допомогою якого з сусла і пива можна вибірково видалити 20-40% загальної кількості поліфенолів, практично не змінюючи змісту інших компонентів. Видалення поліфенолів благотворно впливає на життєдіяльність дріжджів, ферментативну активність, швидкість збродження сусла [32].

Галотаніни. На протязі останніх п'ятидесяти років була помітна тенденція до збільшення використання синтетичних добавок, проте споживач все більш вимогливо ставиться до «натуральності» пива. Задовольнити потреби споживачів і збільшити стабільність пива допомагають спеціальні добавки, які виробляють з натуральної сировини екстрагуванням високочистих танінів. Прикладом такого препарату продукт бельгійської компанії Ajinomoto Specialites під назвою Brewtan. Для виробництва галотанінів - гідролізованих танінів використовують таку сировину, як кору дуба, листя сумах, чорнильні горішники. Галотаніни являють собою суміш полігалолюкоз чи похідних полігалоїлової хінної кислоти. Високочисті галотаніни препарату Brewtan майже миттєво реагують з чутливими білками утворюючи великі пластівці, що випадають в осад при фільтруванні. Препарат утворює танін-протеїнові комплекси з білками, які при взаємодії з природними танінами солоду і хмелю утворюють колоїдні помутніння і зменшують строк зберігання пива. На молекулярному рівні карбоксильні групи галотанінів селективно взаємодіють з нуклеофільними групами (наприклад, SH, NH₂) протеїнів [30,35].

Отже використовуючи засіб Brewtan F і Brewtan C можна підвищити стійкість пива до різноманітних помутнінь в процесі зберігання на термін від 6 до 12 місяців. При чому, за даними виробника, матеріальні затрати складають 0,04 €/гл, або 0,8 грн/гл, що робить використання цього препарату надзвичайно вигідним для виробника [33, 34].

На даний момент є багато робіт по вивченню антиоксидантної активності (АОА) рослинних екстрактів. При вивченні АОА екстракту деревини дуба, який використовується у виробництві вина, встановлено, що цей екстракт виявляє високу АОА у суспензіях клітин крові людини. За виявленим ефектом дубовий екстракт суттєво переважає деякі антиоксидантні біологічно активні добавки [4]. Варто підкреслити, що вивчений екстракт, пригноблюючи утворення активних форм кисню, запобігає цитотоксичним ефектам вільно радикального окиснення на самих ранніх стадіях. Виявлення АОА у екстрактів дуба у біологічних системах, отриманих за ДСТУ 51299-99, відкриває перспективу дослідженням, що спрямовані на пошук шляхів його використання у складі харчових продуктів. Екстракти з трави м'яти, листя підбілу, плодів горобини, трави чебрецю і звіробою, отримані згідно ТУ У 18.483-98, вже тестувалися на пиві. Було встановлено, що їх введення у технологічну схему виготовлення напою не тільки підвищує смакову

стабільність готового напою, а також позитивно впливає на збереження гірких речовин хмелю, які містяться у кінцевому продукті [4, 6, 17, 18].

Проведені на кафедрі біотехнології продуктів бродіння та виноробства Національного університету харчових технологій дослідження параметрів якості пива з використанням пряно-ароматичної сировини свідчать про позитивний вплив сумішей імбиру та гвоздики, а також імбиру, гвоздики та коріандру на стійкість пива при зберіганні [36].

1.3 Підбір рослинної сировини, що є стабілізатором і антиоксидантом та можливість її використання для розширення асортименту.

В останні роки зросла актуальність створення алкогольних напоїв з використанням лікарських настоїв ефіроолійних рослин: меліси лимонної, лаванди, м'яти, шавлії, котячої м'яти тощо. Цікавою та перспективною рослиною, що вирощується на території України, є волоський горіх, який у своєму складі має всі необхідні речовини, що сприяють стабільності пива. Дослідження впливу антиоксидантів з рослинної сировини на різних етапах виготовлення пива не проводились. Ці дослідження є актуальними та складають напрямок цих досліджень [32, 33, 34].

Безалкогольні та слабоалкогольні напої у багатьох країнах, зокрема США та країнах Європейського союзу використовуються як одна з форм харчових продуктів для збагачення організму людини біологічно-активними речовинами (БАР). Пиво на ринку України займає значну частку у сегменті алкогольних напоїв. Останнім часом набули популярності напої з додаванням лікарської та нетрадиційної рослинної сировини, що містять широкий спектр БАР, таких як вітаміни, мікро- і макроелементи, фенольні сполуки, ароматичні речовини тощо. Використання у виробництві місцевої сировини дозволить зменшити витрати на її придбання і доставку та розширити асортимент продукції галузі. Під час переробки сировини та отримання на її основі екстрактів необхідно максимально зберегти біологічно активні фітокомпоненти вихідної сировини.

До розчинних БАР рослинної сировини належать алкалоїди, ефірна олія, дубильні речовини, фенольні сполуки, глікозиди (сапоніни, гіркоти, флавонолові глікозиди тощо), вітаміни (каротиноїди, В1, В2, В6, С, Е, К, РР, холін, біотин), смоли. Споживання синтетичних харчових добавок призводить до зниження захисних функцій організму, алергії, різноманітних хвороб. У зв'язку з цим актуальним є пошук нетрадиційних натуральних джерел рослинної сировини, що містять значну кількість БАР, розробка інноваційних технологій отримання з них природних добавок для збагачення продуктів масового споживання та надання готовим продуктам певного смаку й аромату, статусу функціональних і оздоровчих продуктів [10]. У пивоварінні допускається використання харчових продуктів та матеріалів, дозволених органами охорони здоров'я України та діючою нормативною документацією [10, 11, 24, 32].

Використання імбиру, як нетрадиційної сировини для виробництва пива.

Імбир, як і інші лікарські рослини, містить дуже складну суміш компонентів, серед яких бета-каротин, капсаїцин, кофеїнова кислота, куркумін.

Крім цього до складу імбиру входять багато амінокислот, а також вітаміни С, В1, В2, А.



Імбир належить до рослин, що стимулюють процеси обміну речовин імбир (*Zingiber officinale*) - рослина сімейства Імбирні (*Zingiberaceae*), що росте в більшості тропічних та сонячних регіонів планети, особливо в Азії (Індія, Китай, Непал). Він належить до того ж сімейства, що й куркума та сьогодні вважається суперфудом. Його надземну частину складають ланцетові листя, стебло висотою близько метра, зовні схожий на очерет, квітки жовті з червоною губою і плоди з нечисленним чорним насінням. Головна цінність рослини полягає в підземній розгалуженій частині, яка називається коренем або кореневищем. Його м'якуш жовтого кольору служить резервом для рослини та забезпечує його виживання. Детальніше: [40,43].

Аронія (чорноплідна горобина) (Aronia melanocarpa) [15,39].



У плодах горобини чорноплідної знайдено рутин, біофлавоноїди (близько 500 мг/100 г), які ущільнюють ендотелій кровоносних судин та зменшують їх крихкість; органічні

кислоти, каротин, тіамін, дубильні речовини, 5—6 % фенольних сполук (флавоноїди і фенолокислоти), до 2,5 % пектинових речовин, цукри (4,6—9,4 %),

фенолкарбонові кислоти, фолієву кислоту, рибофлавін, нікотинову кислоту, токоферол, аскорбінову кислоту фосфор, мідь, марганець, залізо, молібден, магній, бор, кобальт, йод (5—6 мкг/100 г) [<https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/chernoplodnaya-ryabina>]

Плоди кизилу (Cornus mas L.)



Кизил – це рослина, яка відноситься до сімейства кизилових. Найчастіше він є чагарник або невелике дерево висотою 2-3 метри. Плоди – маленькі червоні ягоди з кислуватим присмаком, з'являються, коли дереву виповнюється десять років багаті аскорбіною кислотою (в 100 г - 88,6% добової норми), містять досить багато фолієвої кислоти (відповідно - 12,5%);

макро- і мікроелементів:бору (85,1%), заліза (82%), марганцю (27,7%), заліза (27,3%), молібдену (21,4%), калію (14,5%) , кремнію (13,3%), кобальту (10,0%).

Плоди кизилу відрізняються досить високим вмістом фітостеролів (18,7%), моно- і дисахаридів (18,0%), серед яких домінує глюкоза (в 100 г - 14,4% добової норми), а також пектину (13%); не містять сахарози, містять невелику кількість крохмалю (в 100 г - 0,1 г) [37].

Речовини кизилу звичайного зумовлюють такі його властивості, що можуть: флавоноїди спричиняють антиоксидантний ефект. Завдяки дубильним речовинам кизил має в'язучі властивості, що у свою чергу має стати запорукою зменшення кількості білків – попередників колоїдних помутнінь.

Встановлено антиокислювальна активність плодів кизилу за здатністю відновлювати іони заліза на 100 г сухої маси, яка в перерахунку на аскорбінову кислоту змінювалася в діапазоні 41...149 мк Моль, вміст антоціанів в перерахунку на ціанідан-3-глікозидот від 1,3 до 223 мг еквівалента, в той час як вміст фенольних сполук змінювалося в діапазоні 657...2611 мг еквівалента (в перерахунку на галлову кислоту).

Отже зважаючи на підвищений вміст антиоксидантів і дубильних речовин в наведеній вище сировині – кизил, імбир, аржуія, доцільним є дослідження можливості її використання для підвищення стійкості пива, поліпшення його характеристик, а також задля розширення асортименту продукції зі створенням нових сортів пива.

М'ята перцева (*Response stopped*)



М'ята перцева, також відома як м'ята холодна, є багаторічною трав'янистою рослиною родини губоцвітих¹. Листя м'яти перцевої містить ефірну олію (близько 2,75%), у складі якої є багато ментолу, лимонен, феландрен, цинеол, дипентен тощо¹. Крім того, в листі м'яти є флавоноїди, бетаїн, каротин, гесперидин, урсолова й олеанолова кислоти, дубильні речовини, мікроелементи (мідь, марганець тощо)¹. Завдяки комплексу біологічно активних речовин, серед яких переважає ментол, який належить до групи терпенів, м'ята має подразнюючі, антисептичні й анестезуючі властивості¹. М'яту перцеву використовують для виготовлення ліків, які стимулюють секрецію травних залоз, перистальтику, збуджують апетит, знімають спазми в кишечнику та в жовчо- і сечовивідних шляхах, посилюють жовчотворну функцію печінки і виділення жовчі у дванадцятипалу кишку, виявляють седативну і слабку гіпертензивну дію.

1.4 Висновки

Аналіз літературних джерел дає можливість стверджувати, що корінь імбиру, плоди кизилу, плоди та гілочки аронії, листя м'яти перцевої можуть бути вибрані для дослідження з метою удосконалення технології крафтового пива з розширенням його асортименту, а також можуть бути використані для підвищення стійкості пива у процесі зберігання.

Виходячи з цього були визначені наступні цілі досліджень:

1. Дослідження впливу різноманітної рослинної сировини на процес бродіння молодого пива і на динаміку зміни сухих речовин.
2. Дослідження впливу антиоксидантів пряної і ягідної сировини на окисно-відновну здатність готового напою.
3. Дослідження впливу використання рослинної сировини на вміст компонентів – попередників помутніння в пиві.
4. Підбір сировини, яка є найефективнішою для забезпечення кращої стійкості пива.
5. Підбір оптимальних кількостей і умов задавання пряної і ягідної сировини під час технологічного процесу, створення технологічної схеми виготовлення пива.
6. Дослідження органолептичних характеристик отриманих зразків, вибір найкращої сировини для створення нового асортименту крафтового пива.

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт дослідження: технологія пива.

Матеріали досліджень: пивне сусло, охмелене пивне сусло, зброжене пивне сусло, молоде пиво, пиво, рослинна сировина: кизил, імбир (корінь), м'ята перцева, аронія.

Для проведення досліджень використовували сусло, отримане у виробничих умовах крафтової броварні «2085» при виробництві пива.[48,50].

Враховуючи теоретичні дослідження викладені в аналітичній частині, поставлену мету і задачі роботи, була розроблена схема, зображена на рисунку 2.1 основних етапів експериментальних досліджень, для вибору найкращої нетрадиційної сировини для виробництва нового сорту пива з підвищеною стійкістю в процесі зберігання і поліпшеними функціональними характеристиками, а також для встановлення оптимальних параметрів (час, кількість) задавання сировини під час технологічного процесу виробництва пива.

В лабораторних умовах було визначено наступні основні показники якості сусла в таблиці 2.1:

Таблиця 1 – фізико-хімічні показники сусла

Назва показника	Значення
Масова частка сухих речовин, %	11,77
Колір сусла, см ³ 0,1 моль/дм ³ I ₂ на 100 см ³ води	0,38
Титрована кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ NaOH на 100 см ³ води	0,19
pH сусла	5,63
вмісту мальтози в суслі, г/100см ³	6,04
Амінний азот, мг/дм ³	21,0
високомолекулярний коагулюючий білок, мг/дм ³	15,2

2.2 Методи досліджень

В науковій роботі використовувалися загально прийняті методи дослідження фізико-хімічних і органолептичних показників сусла, молодого пива і пива (*Визначення масової частки сухих речовин, кольоровості сусла, pH, титрованої кислотності, тощо*)

Також було визначено показники що впливають на його стійкість – таніновий показник, вміст високомолекулярних білків, окисно-відновну здатність, редокс-потенціал [12,17,18].

Визначення високомолекулярного білка в суслі. Визначення високомолекулярного коагулюючого білка в охмеленому суслі проводиться після вимірювання танінового показника досліджуваного зразка

і визначається за формулою [24]:

$$A = \frac{D+0,045}{0,0276}, \text{ мг/дм}^3; \quad (2.5)$$

де: D – таніновий показник, що представляє собою оптичну густину виміряну за довжини хвилі - 560 нм;

Техніка визначення танінового показника. У мірну колбу місткістю 50 см³ поміщають 2,5 см³ сусла або пива, додають 5 см³ 10% сірчаної кислоти і 5 см³ 1,6% розчину таніну, доводять об'єм дистильованою водою до мітки, перемішують. Суміш переливають в конічну колбу місткістю 250 см³, витримують 1 годину при 20 °С. Після витримки, суміш перемішують і колориметрирують при зеленому світлофільтрі (560 нм) проти дистильованої води. Таніновим показником є величиною оптичної щільності (D) суміші [24].

Визначення антиоксидантної активності пива, шляхом вимірювання його окисно-відновного потенціалу.

Окислювально-відновний потенціал є кількісною мірою хімічної активності елементів або їхніх сполук в обернених хімічних процесах, пов'язаних зі зміною заряду іонів в розчинах. ОВП, що називається також редокс-потенціалом (від англійського RedOx-Reduction / Oxidation), Він характеризує ступінь активності електронів в окислювально-відновних реакціях, тощо. В реакціях, пов'язаних з приєднанням або передачею електронів. При вимірах (в електрохімії) величина цієї різниці позначається як E_h і виражається в мілівольтах. Чим вище концентрація компонентів, здатних до окислення, до концентрації компонентів, що можуть відновлюватися, тим вище показник редокс-потенціалу.

Такі речовини, як кисень і хлор, прагнуть прийняти електрони і мають високий електричний потенціал, отже, окислювачем може бути не тільки кисень, але і інші речовини (зокрема, хлор), а речовини типу водню, навпаки, охоче віддають електрони і мають низький електричний потенціал. Отже, найбільшу окисну здатність має кисень, а відновну - водень, але між ними розташовуються і інші речовини, присутні у воді і менш інтенсивно виконують роль або окислювачів, або відновників. Значення окисно-відновного потенціалу для кожної окислювально-відновної реакції може мати як позитивний, так і негативне значення [24, 41].

Методика визначення: 200 мл напою, звільненого від діоксиду вуглецю, наливають в хімічний стакан і на рН-метрі вимірюють значення E_h і рН. Окислювально-відновний потенціал визначають за формулою [24].

$$rH = E_h / 29 + pH \cdot 2, \quad (2.6)$$

де E_h – окисно-відновний потенціал;

рН – кислотність;

29 і 2 – визначені коефіцієнти.

Визначення фізико-хімічних показників готового пива проводили також на системі аналізаторів пива AlcoLyzer Beer (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Аналізатор пива Alcolyzer Beer

Технічні характеристики приладу наведено у табл. 2.2 [25].

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика аналізаторів систем Alcolyzer Beer

Вихідні параметри	Діапазон вимірювання
Вміст спирту, % об.	0-12
Початковий екстракт, % мас.	0-30
Сухі речовини, % мас.	0-20
Густина, г/см ³	0-3
Вміст діоксиду вуглецю, г/дм ³	0-12
Колір, EBC	0-120
pH, од.	0-14
Мутність, EBC	0-100

Стандартне відхилення приладу визначення показників наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Стандартне відхилення аналізаторів системи Alcolyzer Beer

Вихідні параметри	Діапазон вимірювання
Вміст спирту, % об.	0,01
Початковий екстракт, % мас.	0,03
Сухі речовини, % мас.	0,01
Густина, г/см ³	0,00001
Вміст діоксиду вуглецю, г/дм ³	0,01
Колір, EBC	0,1
pH, од.	0,02
Мутність, EBC	0,02

Модульна система вимірювання Alcolyzer Beer від Anton Paar визначає щільність, початковий екстракт, CO₂ та інші важливі параметри якості пива і пивних сумішей. Зразок забирається прямо з оригінальної упаковки, тому аналіз відбувається швидше і точніше, ніж в інших системах. В базовій комплектації система складається з густиноміра DMA, модуля для вимірювання CO₂ CarboQC ME, модуля для вимірювання спирту Alcolyzer Beer ME і пристрою для відбору зразка PFD. Цей метод дозволяє селективно визначати вміст спирту в пиві і пивних сумішах. Калібрується прилад дуже просто - з використанням тільки води і водно-спиртової суміші [27,]. Об'єм зразку для вимірювання становить 120-150 см³. Нормальний час вимірювання становить 3-4 хв [2,6].

2.3 Методика досліджень

На рис. 2.2 зображено схему проведення досліджень

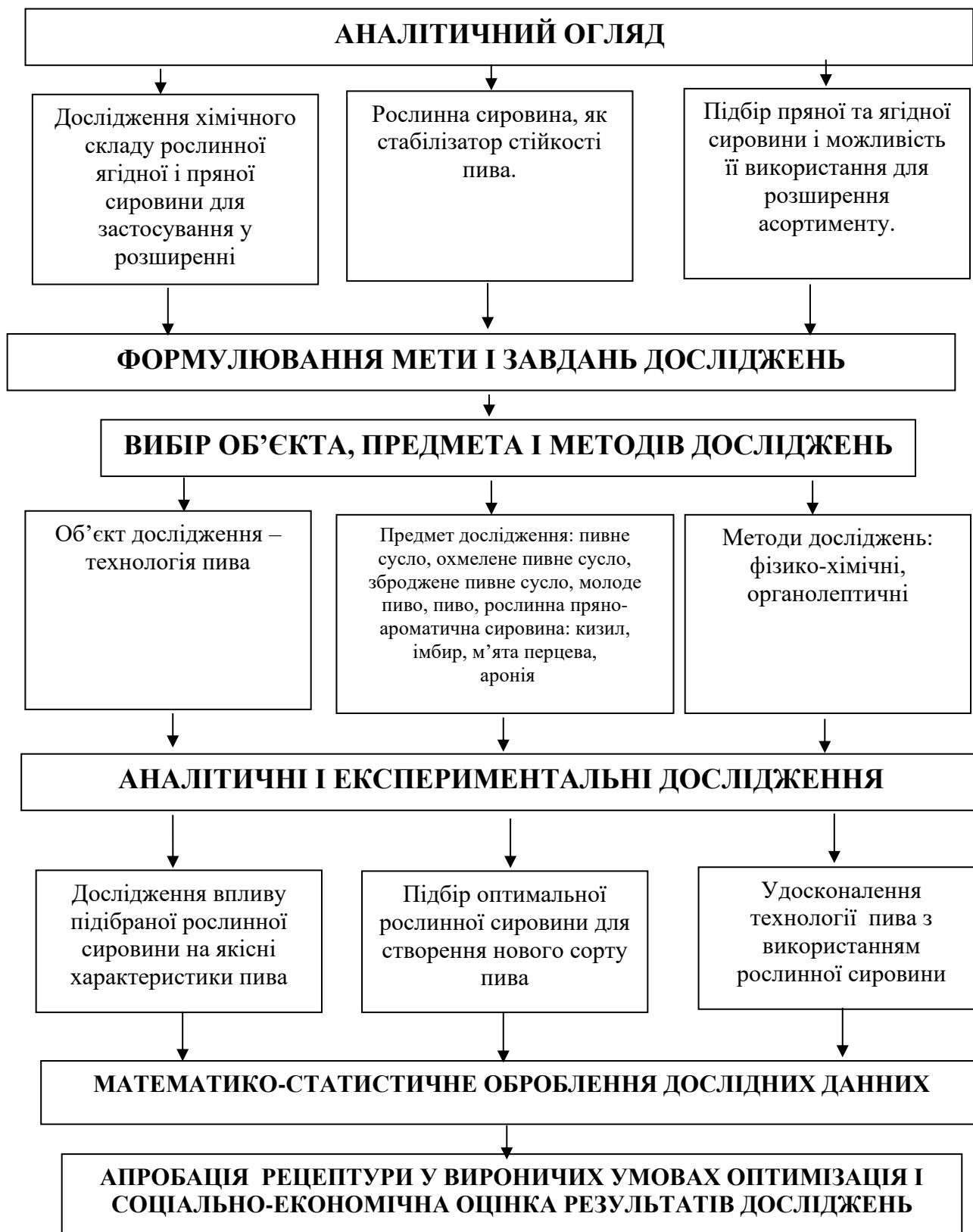


Рисунок 2.2 - Схема основних етапів аналітичних і експериментальних досліджень

Першим етапом роботи був підбір сировини, визначення фізико-хімічні показників сировини.

Другим етапом роботи було приготування пива з використанням рослинної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантних і дубильних речовин. на певних стадіях:

- сусло, отримане з 100%-го солоду – контроль ;
- сусло, отримане з додаванням кореню імбиру свіжого, аронії, кизилу на стадії кип'ятіння сусла з хмелем, зброджування ;
- молоде пиво , отримане з додаванням сировини на стадії зброджування (корінь імбиру свіжий, аронія, кизил, м'ята перцева);

Зразки досліджували на:

- вміст високомолекулярного та амінного азоту у суслі ;
- вміст сухих речовин, сліdkували за динамікою зброджування;
- колірність пива;
- рН і титровану кислотність ;

Останнім етапом роботи було дослідження пива на стійкість, методами:

- визначення стійкості пива ;
- вміст високомолекулярного білка.

Під час витримки при $t = 20^{\circ}\text{C}$ в усіх зразках контролювали вміст сухих речовин, рН та титровану кислотність. Після закінчення дослідів результати отримані в наслідок лабораторних досліджень були оброблені математичним шляхом за допомогою програми Excel: побудовані графіки залежності та зроблені висновки.

Було розроблено принципово-технологічну схему і рецептуру виробництва нового сорту пива з використанням пряно-ароматичної сировини.

2.4 Оброблення результатів досліджень

За результатами досліджень кваліфікаційної роботи по розробленню напою з використанням «основ» для виготовлення безалкогольних напоїв з використанням екстрактів рослинної сировини, відповідно відібраних на складом цінних компонентів такої сировини, як імбир, дягіль, чебрець тощо були отримані числові дані. Отримані результати були внесені у відповідні таблиці у **Microsoft Word** — це самий зручний та функціональний інструмент для роботи з текстовими документами.

Для отримання чітких залежностей отриманих результатів аналізів від підібраних параметрів були складені діаграми з застосуванням пакету Excel.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили із застосуванням стандартного пакета Excel, MathCAD, методом кореляційно-регресивного аналізу, загальноприйнятим методом із визначенням середньоарифметичного та середньоквадратичного відхилення окремого результату (стандартне відхилення). Точність вимірювань визначали з рівнем надійності 0,95.

3. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВОВАРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (експериментальна частина)

3.1. Дослідження зміни показників пива при задаванні підібраної рослинної сировини на стадії кип'ятіння сусла з хмелем

Було досліджено пиво з додаванням наступної сировини: ягоди кизилу (зразок 2), корінь імбиру свіжий (зразок 3), плоди чорноплідної горобини (аронії) (зразок 4), м'ята перцева (зразок 5). Контрольний зразок (зразок 1) без додавання жодної пряно-ароматичної сировини. Для приготування дослідних зразків було взято пивне сусло з показниками якості, що зазначено у таблиці 2.1. Підібрана сировина із підвищеним вмістом антиоксидантів додавалася до сусла через 90 хвилин після початку кип'ятіння. Тривалість кип'ятіння склала 120 хвилин. Нетрадиційна сировина була задана у кількості 10 г/дм³ (підібрано дослідним шляхом).

Для сусла підібрано хміль. Хміль Спалтер Селект, α -5,1%. Хміль Селект (Spalter Select) відноситься до благородних сортів.

У ньому міститься невелика кількість альфа-кислоти і когумулона, який використовується для охмеління на гіркоту. Гіркота гармонійна із середньою інтенсивністю [8, 10].

Властивості:

Він надає пиву м'який аромат з тонкими фруктовими та квітковими нотками. Цей аромат не змінюється навіть під час витримки. У смаку присутні цитрусові, трав'яні і пряні відгомони.

Після проведення процесу кип'ятіння охмелені зразки відстоювали для вилучення білкового бруху. Далі охмелене сусло охолоджували, були задані дріжджі низового бродіння Fermentis S-189. Наступні 6 діб (бродіння експериментальних зразків) досліджували вплив підібраної сировини на перебіг процесів бродіння.

Динаміку зміни екстрактивності сусла під час бродіння наведено у табл. 3.1

Таблиця 3.1 - Динаміка зміни екстрактивності сусла у процесі бродіння

Зразок \ Доба	Вміст сухих речовин, %		Зміна вмісту сухих речовин у процесі бродіння, %				
	до охмелення	після охмелення	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба
Контроль 1	11,8	12,0	11,8	9,9	7,5	6,0	5,2
Кизил 2	11,8	12,1	11,9	9,8	7,3	5,9	5,1
Імбир 3	11,8	12,1	11,8	9,6	7,2	5,7	4,8
Аронія 4	11,8	12,1	11,7	9,6	7,4	5,6	4,8
М'ята перцева 5	11,8	12,1	11,7	9,7	7,5	5,6	4,9

Результати, наведені у табл. 3.1 та на рис. 3.1, з яких видно, що зразки, до яких було додано імбир і аронію під час процесу кип'ятіння сусла з хмелем продемонстрували найкращі результати зі збродженням цукрів, це може свідчити про те, що ці добавки додані на стадії кип'ятіння сусла містять мікроелементи, що стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Одна з причин, що сприяють активуванню процесів збродження сусла дріжджами може бути утворення білково-поліфенольних комплексів, що виводять високомолекулярні білки з сусла (табл. 3.2).

Зразок сусла до якого було додано ягоди кизилу також продемонстрував результат кращий ніж контрольний зразок, проте різниця була не суттєва.

Для порівняння у цифровому варіанті можна зробити висновок, що контрольний зразок було зброджено на 55,0 %; зразок пива з кизилом на 57,2 %; зразки пива з імбиром та аронією на 60,3 %. Різниця між контролем і зразком з аронією склала 5,2 %.

Динаміку зміни показників наведено в діаграмах на рис. 3.1

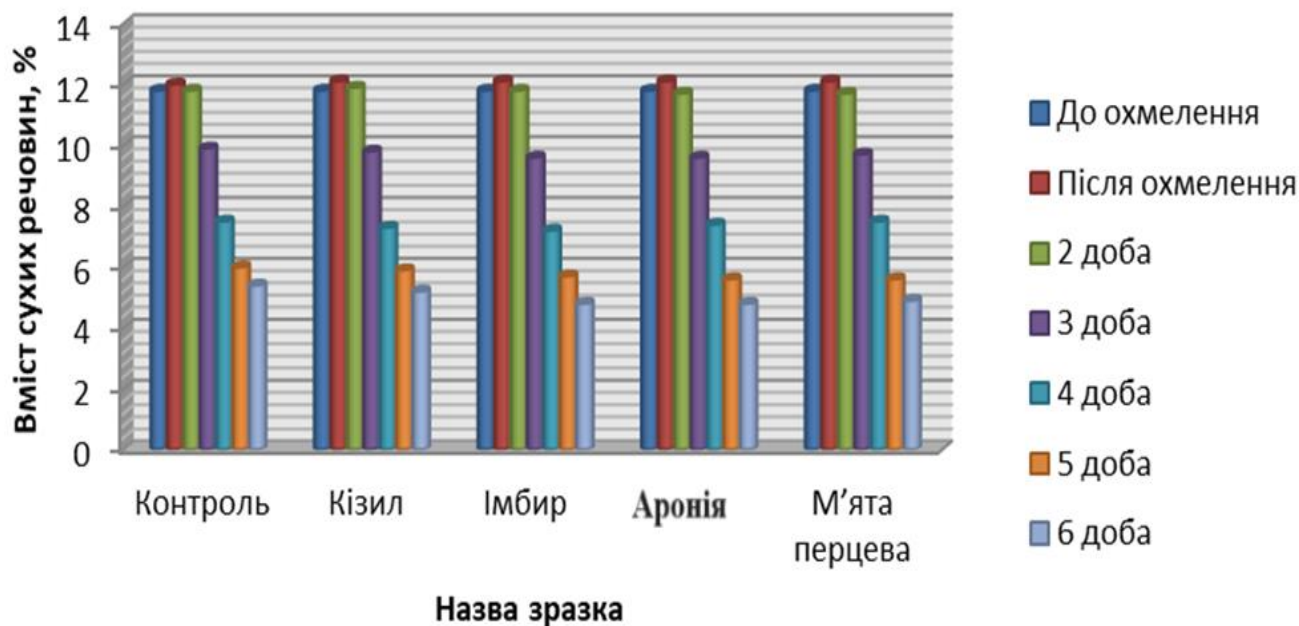


Рисунок 3.1 - Динаміка зміни екстрактивності сусла у процесі бродіння

Наступним етапом дослідження було порівняння кількості високомолекулярного азоту після стадії кип'ятіння сусла з хмелем. Для цього використовували ті самі зразки, що й у минулому експерименті.

Оцінюючи результати досліджень, можна зробити висновок, що зменшенню кількості коагулюючого азоту після кип'ятіння найкраще сприяє внесення під час кип'ятіння аронії (табл.3.2)

Результат зменшення кількості високомолекулярного білка у вихідному зразку без додавання хмелю виявився найгіршим.

Таблиця 3.2 – Вміст коагулюючого азоту у зразках, при використанні досліджуваної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів.

Зразок	Таніновий показник	Вміст коагулюючого азоту мг/100 дм ³
Вихідне сусло	0,438	16,1
Контроль	0,369	15,3
Імбир	0,344	14,1
Кизил	0,351	14,4
Аронія	0,335	13,7
м'ята	0,345	14,0

Наступним етапом дослідження було вивчення фізико-хімічні показників якості готового пива з добавками антиоксидантів у порівнянні з контрольним зразком. Ці дослідження були проведені на 21 добу дозрівання пива. Отримані результати за основними показниками наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники якості пива з добавками різних антиоксидантів

Зразок	Вміст дійсного екстракту, %	Вміст спирту, %	Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину I ₂ на 100 см ³ води	pH	Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	Таніновий показник	rH
контр оль	4,8	3,7	0,40	4,4	1,8	0,355	11,11
Імбир	4,7	3,8	0,41	4,46	1,8	0,335	9,81
Кизил	4,5	3,8	0,40	4,46	1,8	0,342	10,29
Ароні я	4,4	3,9	0,41	4,42	1,9	0,321	9,13
м'ята	4,5	3,9	0,40	4,44	1,8	0,329	9,34

Встановлено, що кращим зразком є пиво, стабілізоване шляхом добавки аронії. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, що вказує на найменшу кількість білків, здатних до утворення помутнінь в ньому, в процесі зберігання. Також аналіз редокс-потенціалу пива, вказує на те, що зразки в які додавали аронію і м'яту зможуть найкраще протистояти окисненню, тим самим збережуть свою стійкість на протязі більш тривалого проміжку часу.

Високоякісним може бути тільки пиво, що має високу стійкість при зберіганні. Тому всі зразки пива, що досліджувалися на попередніх етапах були залишені на зберігання. Для пришвидшення процесу старіння, пиво залишали за

температури 18...20 °С впродовж 9 діб. Кожного дня в дослідних зразках визначали динаміку зміни вмісту сухих речовин, а також показник титрованої кислотності.

Ці показники досить добре відображають стан окисненості пива. Результати дослідів наведені в табл. 3.4 і 3.5.

Таблиця 3.4 – Зміна вмісту дійсного екстракту пива під час зберігання

№ зразка	Термін зберігання, діб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Вміст дійсного екстракту, %								
1. контроль	4,8	4,7	4,5	4,4	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9
2. імбир	4,7	4,6	4,6	4,5	4,3	4,3	4,2	4,1	3,9
3. кизил	4,5	4,5	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,0
4. аронія	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,0	4,0
5. м'ята	4,5	4,5	4,5	4,3	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9

Динаміку зміни вмісту дійсного екстракту пива під час зберігання наведено в діаграмі на рис. 3.2.

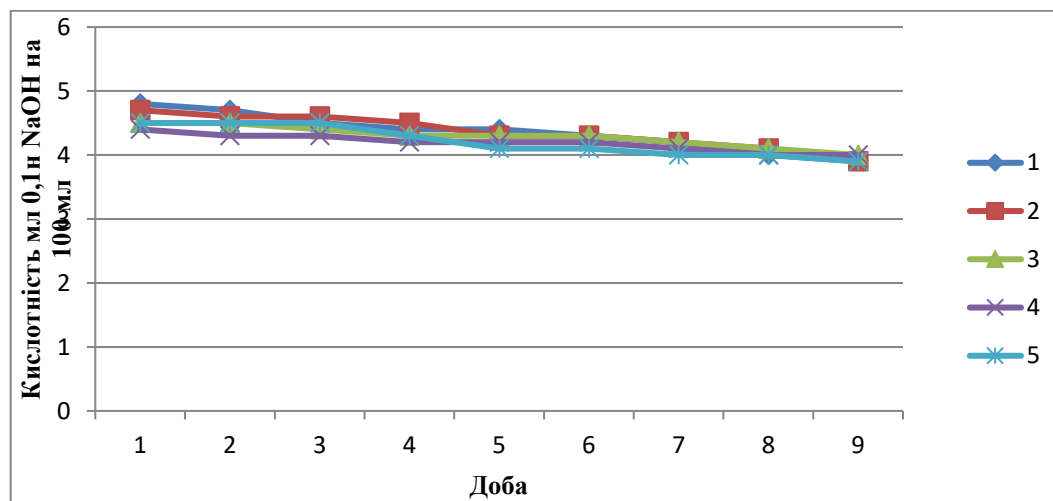


Рисунок 3.2 - Динаміка зміни вмісту дійсного екстракту пива під час зберігання

Зміна титрованої кислотності пива під час зберігання наведено в діаграмі на рис. 3.5.

Таблиця 3.5 – Зміна титрованої кислотності пива під час зберігання

№ зразка	Термін зберігання, діб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива								
1) контроль	1,8	1,9	2,0	2,4	2,7	2,8	3,2	3,5	3,8
2) імбир	1,8	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,4
3) кизил	1,8	1,9	1,9	2,2	2,5	2,6	2,9	3,2	3,4
4) аронія	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2
5) м'ята	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,3

Зміну титрованої кислотності пива під час зберігання наведено в діаграмі на рис. 3.5

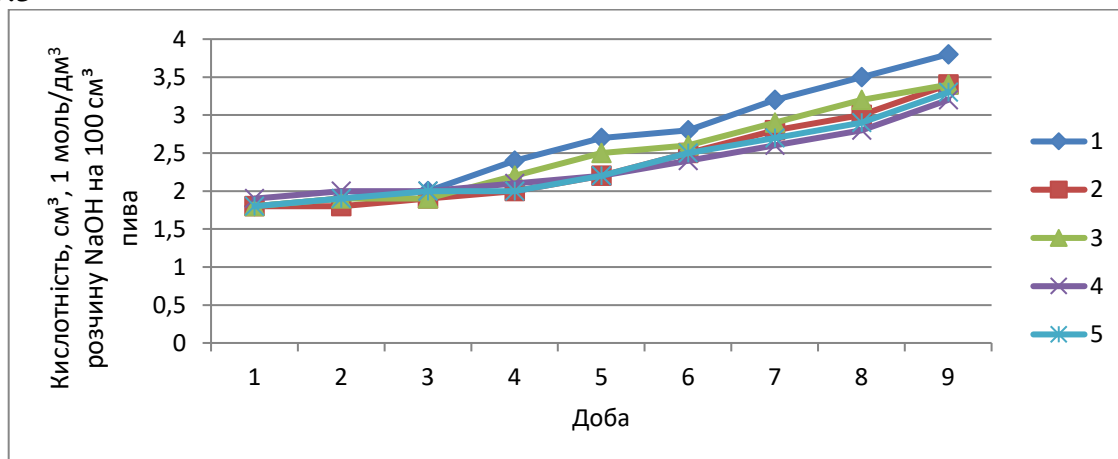


Рисунок 3.5 - Зміна титрованої кислотності пива під час зберігання

Виходячи із отриманих вище даних, можна зробити висновок, що зразки, до яких було додано підібрану сировину, продемонстрували вищу стійкість до окислення. Найкращий результат мали зразки, у які було додано аронію і м'яту. Очевидним є також те, що у вказаних зразках редокс-потенціал був нижчим, ніж у тих, що зіпсувалися швидше.

3.2 Дослідження динаміки показників пива при задаванні рослинної сировини на стадії головного бродіння

Для підготовки дослідних зразків наступної стадії експерименту сировина з підвищеним вмістом антиоксидантів задавалась в досліджувані зразки після охолодження охмеленого суслу, перед початком бродіння.

Було досліджено пиво з додаванням аналогічних видів сировини - ягоди кизилу (зразок 6), корінь імбиру свіжий (зразок 7), плоди аронії сушені (зразок 8), м'ята перцева (зразок 9). Також було підготовлено контрольний зразок (зразок 5) без додавання жодної рослинної сировини.

Динаміку зміни екстрактивності суслу під час зброджування наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Динаміка зміни екстрактивності суслу у процесі зброджування

Зразок \ Доба	Вміст сухих речовин після охмелення, %	Зміна вмісту сухих речовин у процесі бродіння, %				
		2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба
Контроль 5	12,1	11,7	9,8	7,6	5,9	5,2
Кизил 6	12,1	11,9	9,8	7,5	5,8	5,0
Імбир 7	12,1	11,8	9,6	7,2	5,9	4,9
Аронія 8	12,1	11,7	9,6	7,4	5,7	4,7
М'ята перцева 9	12,1	11,7	9,7	7,3	5,9	5,0

Результати, представлені в табл. 3.6 також зображено за допомогою діаграм рис. 3.4, з яких видно, що зразки, до яких було додано кизил і аронію продемонстрували найкращі результати за динамікою збродження, це свідчить про те, що ці добавки містять мікроелементи, що стимулюють дріжджі та роблять їх більш активними. Проте різниця між контрольним і дослідними зразками менш суттєвою, ніж у попередньому випадку, коли сировину, що містить антиоксиданти було задано на стадії кип'ятіння суслу з хмелем.

Для порівняння в цифровому виразі можна сказати, що контрольний зразок було зброджено на 57,0 %; пиво з кизилом і пиво із м'ятою на 60,3 %; зразок пива з імбиром на 60,5 %; зразок пива з аронією на 61,1 %. Різниця між контролем і зразком з аралією склала 4,1 %. Зміну показників наведено в діаграмах на рисунку 3.4.

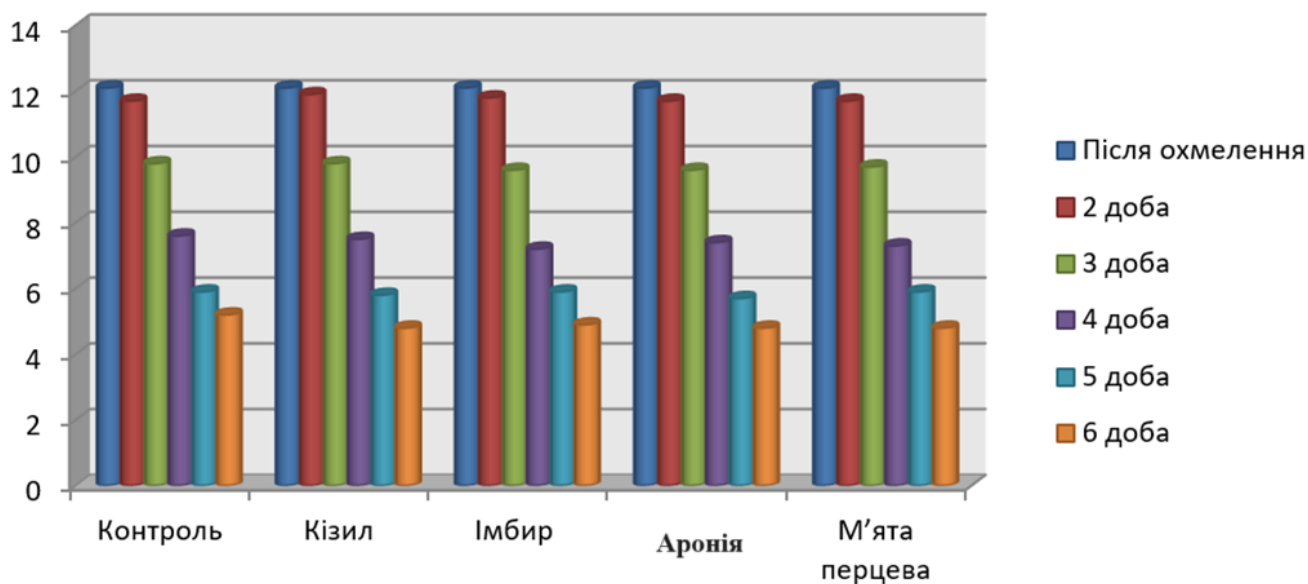


Рисунок 3.4 – Динаміка зміни екстрактивності суслу в процесі бродіння

Так само, як і в попередній серії дослідів вивчалися фізико-хімічні показники якості готового пива з добавками рослинних антиоксидантів і контрольного зразка. Ці дослідження були проведені на 21 добу дозрівання пива. Отримані дані за основними показниками наведені в таблиці 3.7

Таблиця 3.7 – Фізико-хімічні показники якості пива з добавками підібраної рослинної сировини

Зразок	Вміст дійсного екстракту, %	Вміст спирту, %	Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину I ₂ на 100 см ³ води	pH	Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	Таніновий показник	гН
1) контроль	4,8	3,8	0,40	4,45	1,8	0,371	12,43
6) імбир	4,7	3,9	0,42	4,56	1,8	0,358	11,14
7) кизил	4,4	4,0	0,40	4,50	1,7	0,363	11,24
8) аронія	4,4	3,9	0,41	4,52	1,8	0,349	10,70
5) м'ята	4,5	3,9	0,40	4,44	1,8	0,352	10,87

Результати дослідження цих зразків є гіршими від зразків в які підібрана сировина задавалася під час кип'ятіння суслу з хмелем.

Всі зразки пива мали вищий таніновий показник, через те, що коагуляція високомолекулярних білків відбулася гірше. Більш високими також є значення редокс-потенціалу зразків. Кращим зразком в цій серії дослідів є пиво, стабілізоване шляхом добавки аронії. Цей зразок пива має найнижчий таніновий показник, а найбільший таніновий показник знову виявився у контрольному зразку.

Як і зразки пива, до яких підібрана сировина додавалася під час кип'ятіння суслу з хмелем, досліджувані в даній серії дослідів зразки примусово піддавали старінню, залишаючи пиво при температурі 18-20 °С впродовж 9 діб. Кожного дня в дослідних зразках визначали зміну вмісту сухих речовин, а також показник титрованої кислотності. Ці показники досить добре визначають стан окисненості пива. Результати дослідів наведені в табл. 3.8 і 3.9.

Таблиця 3.8 – Зміна вмісту дійсного екстракту пива під час зберігання

№ зразка	Термін зберігання, діб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Вміст дійсного екстракту, %								
5) контроль	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,1	4,1	3,9	3,8
6) імбир	4,7	4,7	4,6	4,6	4,4	4,4	4,3	4,2	4,1
7) кизил	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,0	3,9	3,9	3,8
8) аронія	4,4	4,4	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	3,9	3,9
9) м'ята	4,5	4,4	4,4	4,2	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7

Зміну вмісту дійсного екстракту пива під час зберігання наведено в діаграмі на рис. 3.5.

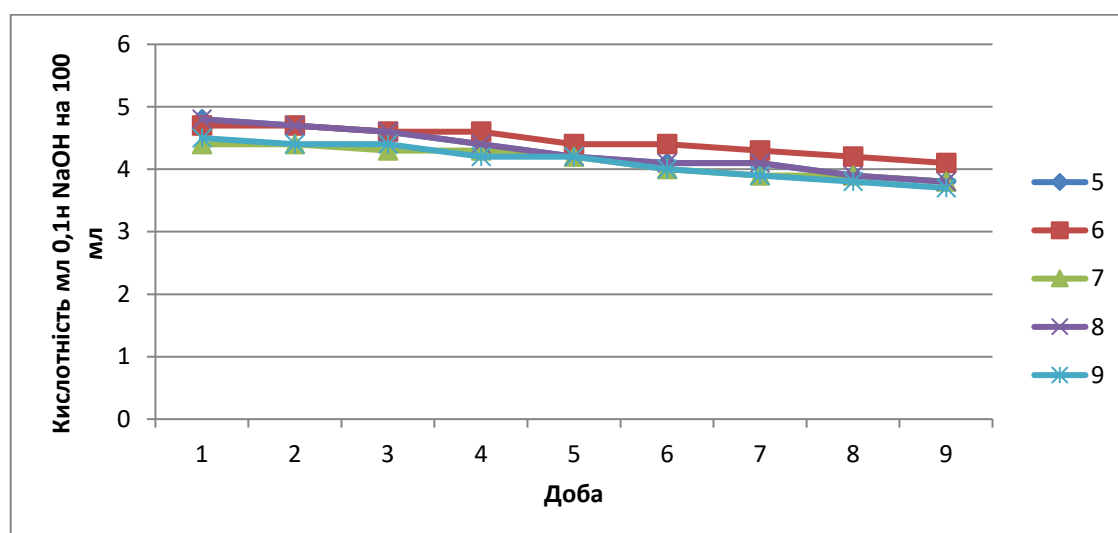


Рисунок 3.5 - Зміна титрованої кислотності пива під час зберігання

Таблиця 3.9 – Зміна титрованої кислотності пива під час зберігання

№ зразка	Термін зберігання, діб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива									
5) контр	1,8	1,9	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,6	3,9
6) імбир	1,8	2,0	2,1	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5
7)кизил	1,7	1,9	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4
8)аронія	1,8	1,8	1,9	2,2	2,3	2,6	2,8	3,0	3,0
9)хміль	1,8	1,9	1,9	2,1	2,3	2,7	2,9	3,2	3,3

Зміну титрованої кислотності пива під час зберігання наведено в діаграмі на рис. 3.6.

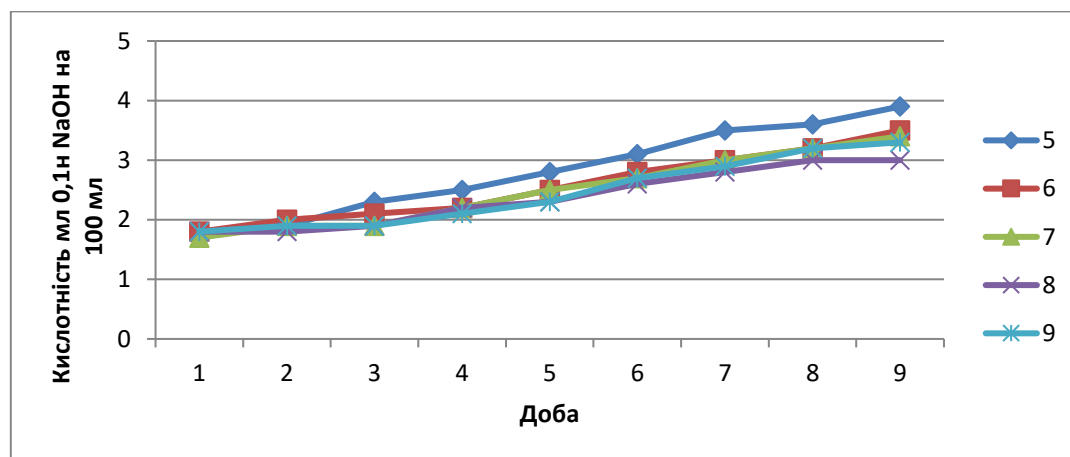


Рисунок 3.6 - Зміна загальної кислотності пива під час зберігання

Зразки, до яких було додано пряно-ароматичну сировину, продемонстрували вищу стійкість до окислення. Найкращий результат мали зразки, у які було додано аронію і м'яту. Очевидним є також те, що у вказаних зразках редокс-потенціал був нижчим, ніж у тих, що зіпсувалися швидше.

Проте показники виявилися гіршими за зразки у які підібрана рослинна сировина додавалася під час кип'ятіння пивного сусла з хмелем.

3.3 Органолептична оцінка досліджуваних зразків пива

Задля виконання наступної мети дослідження, а саме розширення асортименту пива зі створенням нового асортименту пива, важливим фактором є дослідження його органолептичних показників. Порівняльна характеристика досліджуваних зразків наведена нижче у табл. 3.10

Таблиця 3.10 - Порівняльна характеристика органолептичних показників дослідних зразків

Зразок	Показники якості	Органолептична характеристика пива	Балова оцінка	Загальний бал
1	2	3	4	5
Контроль 1	Прозорість	Непрозорий, наявна опалесценція та дріжджовий осад	1	21
	Колір	Світло-бурштиновий (характерний для даного сорту пива)	3	
	Аромат	Пивний. Збалансований.	4	
	Смак	без сторонніх присмаків, неповний	4	
	Хмельова гіркота	Недостатньо яскраво виражена	4	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3хв.	5	
Контроль 2	Прозорість	Непрозорий, наявна опалесценція та дріжджовий осад	2	20
	Колір	Світло-бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	3	
	Аромат	Пивний. Збалансований.	4	
	Смак	Пивний, повний. Яскравий солодовий присмак	3	
	Хмельова гіркота	Недостатньо яскраво виражена	3	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 20мм, стійкістю 2хв.	5	
Кизил 1	Прозорість	Непрозорий, наявна опалесценція та дріжджовий осад	2	18
	Колір	Світло-бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	3	
	Аромат	Аромат не чистий, не характерні фруктові нотки.	3	
	Смак	Водянистий. З не характерним затхлим присмаком.	3	
	Хмельова гіркота	Недостатньо яскраво виражена	2	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 20мм, стійкістю 2хв.	5	
Кизил 2	Прозорість	Непрозорий, наявна опалесценція та дріжджовий осад	2	17
	Колір	Світло-бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	3	
	Аромат	Аромат не чистий, не характерні фруктові нотки.	2	

1	2	3	4	5
Імбир 1	Хмельова гіркота	Слабко виражена	2	21
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 20мм, стійкістю 2хв.	5	
	Прозорість	Прозоре. Наявна незначна опалесценція та допустимий дріжджовий осад	3	
	Колір	Бурштиновий, нехарактерний для даного пива	2	
	Аромат	Аромат пивний, солодовий, з відчутними нотками імбиру	4	
	Смак	Чистий. Пивний. З яскраво вираженими нотками імбиру. Відчувається приємна не хмельова гіркота, що залишається в післясмаку	3	
	Хмельова гіркота	Слабко виражена	4	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3хв.	5	
Імбир 2	Прозорість	Непрозоре, велика кількість зависів у вигляді подрібненої кави, наявний дріжджовий осад	2	18
	Колір	Жовтий. Нехарактерний	2	
	Аромат	Аромат пивний, солодовий, з відчутними нотками імбиру	3	
	Смак	З неприємною, яскраво вираженою нехмелевою гіркотою.	3	
	Хмельова гіркота	Слабко виражена.	3	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 50мм, стійкістю 2хв.	5	
Аронія1	Прозорість	Прозоре. Наявна незначна опалесценція та допустимий дріжджовий осад	2	22
	Колір	Бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	3	
	Аромат	Пивний, збалансований, чистий	4	

Продовження табл.3.10

1	2	3	4	5
	Смак	збалансований, з яскраво вираженою солодкістю, пиво з легкими пряно-фруктовими нотками червоних ягід.	4	
	Хмельова гіркота	Недостатньо яскраво виражена	4	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 20мм, стійкістю 2хв.	5	
Аронія 2	Прозорість	Прозоре, наявна опалесценція та дріжджовий осад	2	22
	Колір	Бурштиновий (Характерний для даного сорту пива) з пряно-фруктовими нотками червоних ягід.	3	
	Аромат	Пивний, надто яскраво виражена солодкість	4	
	Смак	Пивний. З нотками притаманного солодового присмаку	4	
	Хмельова гіркота	Слабко виражена	4	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 20мм, стійкістю 2хв.	5	
М'ята перцева 1	Прозорість	Непрозоре, велика кількість зависів у вигляді подрібненої кави, наявний дріжджовий осад	2	19
	Колір	Світло-бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	2	
	Аромат	Аромат пивний, солодовий, з відчутними нотками м'яти	3	
	Смак	З неприємною, яскраво вираженою хмелевою гіркотою.	3	
	Хмельова гіркота	яскраво виражена.	3	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 50мм, стійкістю 2хв.	5	

1	2	3	4	5
М'ята перцева 1	Прозорість	Непрозоре, велика кількість зависів у вигляді подрібненої кави, наявний дріжджовий осад	2	20
	Колір	Світло-бурштиновий (Характерний для даного сорту пива)	2	
	Аромат	Аромат пивний, солодовий, з відчутними нотками м'яти	3	
	Смак	З яскраво вираженою хмелевою гіркотою.	4	
	Хмельова гіркота	яскраво виражена.	3	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 50мм, стійкістю 2хв.	5	

Органолептична оцінка експериментальних зразків показала, що найкращі показники мають контрольний і зразки з додаванням чорноплідної горобини (аронії). Зразки 2 і 6 в які було додано кизил, мають найгірші органолептичні характеристики, сторонні присмаки й аромати. Зразки в які було додано імбир мають не характерні для світлого пива нотки імбиру в смаку й ароматі, проте можливим є розробка сорту пива спеціального і таке пиво вже є.

Зважаючи на результати попередніх дослідів, доцільним є використання аронії як нетрадиційної рослинної сировини для пива. Ця добавка дає можливість покращити стійкість пива, а також позитивно впливає на його аромат і смак. Ті зразки, у які аронію було додано під час кип'ятіння суслу з хмелем мали найменший таніновий показник. Тому, для зменшення вмісту високомолекулярного коагулюючого білка, *додавати аронію рекомендується саме під час технологічної стадії кип'ятіння суслу*. Також варто відзначити, що ці зразки мають найнижчий редокс-потенціал (rH), і це позитивно впливає на стійкість пива.

3.4 Підбір оптимальної кількості рослинної ягідної та пряно-ароматичної сировини.

Після того, як було обрано рослинну сировину для приготування нового сорту пива з покращеними характеристиками було поставлено завдання підбору оптимальної кількості рослинної сировини (чорноплідної горобини).

Для цього було проведено повний двофакторний експеримент. Під час якого досліджувалися зразки з вмістом аралії висушеної – 5г, 10г, 15г і 20г і тривалістю кип'ятіння – 10 і 30 хвилин. Вихідним параметром, що встановлювався в цьому

досліді був редокс-потенціал (гН) пива. Результати дослідів наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – залежність редокс-потенціалу пива від кількості доданої ягідної сировини і часу її кип'ятіння з сушлом

Номер зразка	Тривалість кип'ятіння сировини з сушлом, хв	Кількість рослинної сировини, г	Редокс-потенціал (гН) пива	
			Номер дослідів	
			1	2
Контр.	10	5	10,88	10,87
Контр.	30	5	10,65	10,66
Імбир	10	10	10,60	10,59
Імбир	30	10	10,51	10,53
кизил	10	15	10,20	10,18
кизил	30	15	9,97	9,97
аронія	10	20	9,44	9,46
аронія	30	20	9,0	9,0

Результати серії дослідів наведені в таблиці 3.11 свідчать, що зменшенню гН пива, а отже й покращенню його стійкості сприяють більша кількість доданої аронії і триваліший процес її кип'ятіння з сушлом.

Для подальшої оцінки якості готового пива, були відібрані зразки №2, №4, №6, №8 (див. табл.3.11)

Органолептична оцінка досліджуваних зразків представлена в таблиці 3.12

Органолептична оцінка досліджуваних зразків показала, що найкращі характеристики має зразок із вмістом аралії 10 г/дм³. У зразках, в які була додана більша її кількість смак і аромат були не гармонійними, з надто вираженим фруктовим присмаком. У зразку в який було додано 5 г/дм³ аронії, вона не була присутня ні у смаку, ні у ароматі.

Тобто проводили дослідження з вмістом аронії 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 г/дм³ Але до 5 г/дм³ не відчувається абсолютно ніякої присутності, де, починаючи з 8...10 г/дм³ присутній фруктовий присмак.

Таблиця 3.12 – Порівняльна характеристика органолептичних показників дослідних зразків

Зразок	Показники якості	Органолептична характеристика пива	Балова оцінка	Загальний бал
1	2	3	4	5
Контроль № 2	Прозорість	Прозоре, наявні дрібні завислі частки	2	21
	Колір	Бурштиновий (відповідає типу пива)	3	
	Аромат	Відмінний аромат, відповідає типу пива, свіжий, чітко виражений.	3	
	Смак	Добрий, чистий смак, відповідає типу пива, проте недостатньо виражений. З нотками притаманного солодового присмаку.	4	
	Хмельова гіркота Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Чисто хмельова, м'яка, врівноважена Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3 хв.	5 4	
Імбир № 4	Прозорість	Прозоре, наявні дрібні завислі частки	2	23
	Колір	Бурштиновий (відповідає типу пива)	3	
	Аромат	Відмінний аромат, відповідає типу пива, свіжий, чітко виражений. Аромат імбирний, приємний виражений	4	
	Смак	Добрий, чистий смак, відповідає типу пива, проте недостатньо виражений. З нотками притаманного солодового присмаку. В після смаку відчувається імбирний приємний відтінок	5	
	Хмельова гіркота Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Чисто хмельова, м'яка, врівноважена Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3 хв.	5 4	

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5
Кизил № 6	Прозорість	Прозоре, наявні дрібні зависі	2	21
	Колір	Бурштиновий (відповідає типу пива)	3	
	Аромат	Добрий аромат, не чітко виражений. Аромат ягід горобини-аронії надто виражений	3	
	Смак	Добрий смак, відповідає типу пива, проте недостатньо виражений. 3 нотками притаманного солодового присмаку. Занадто сильний смак ягід аронії	4	
	Хмельова гіркота	Чисто хмельова, м'яка, врівноважена	5	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3 хв.	4	
Аронія № 8	Прозорість	Прозоре, наявні дрібні зависі	2	20
	Колір	Бурштиновий насичений (відповідає типу пива)	3	
	Аромат	Аромат аронії (ягідний) відчувається дуже сильний, не гармонійний	2	
	Смак	Недостатньо виражений. 3 нотками притаманного солодового присмаку. Занадто сильний смак ягід аронії	4	
	Хмельова гіркота	Чисто хмельова, м'яка, врівноважена	5	
	Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки 30мм, стійкістю 3 хв.	4	

Фізико-хімічні показники якості пива, а також показники його стійкості наведені в таблиці 3.13.

Аналізуючи досліджувані зразки можна зробити висновок, що збільшення кількості доданої сировини - аронії позитивно впливає на таніновий показник і редокс-потенціал пива. Проте враховуючи органолептичну оцінку, викладену вище, а також економічну доцільність, було встановлено, що оптимальною кількістю внесеної аронії (чорноплідної горобини) дорівнює 10 г/дм³.

Таблиця 3.13 – Фізико-хімічні показники якості пива з добавками різної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів

Зразок	Вміст дійсного екстракту, %	Вміст спирту, %	Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину I ₂ на 100 см ³ пива	pH	Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	Таніновий показник	гН
2	4,3	3,8	0,40	4,44	1,85	0,321	10,66
4	4,3	3,9	0,40	4,42	1,85	0,319	10,53
6	4,4	3,9	0,40	4,43	1,9	0,314	9,97
8	4,2	4,0	0,41	4,45	1,9	0,315	9,0

Профілограма органолептичних показників досліджуваних зразків пива зображена на рисунку 3.7

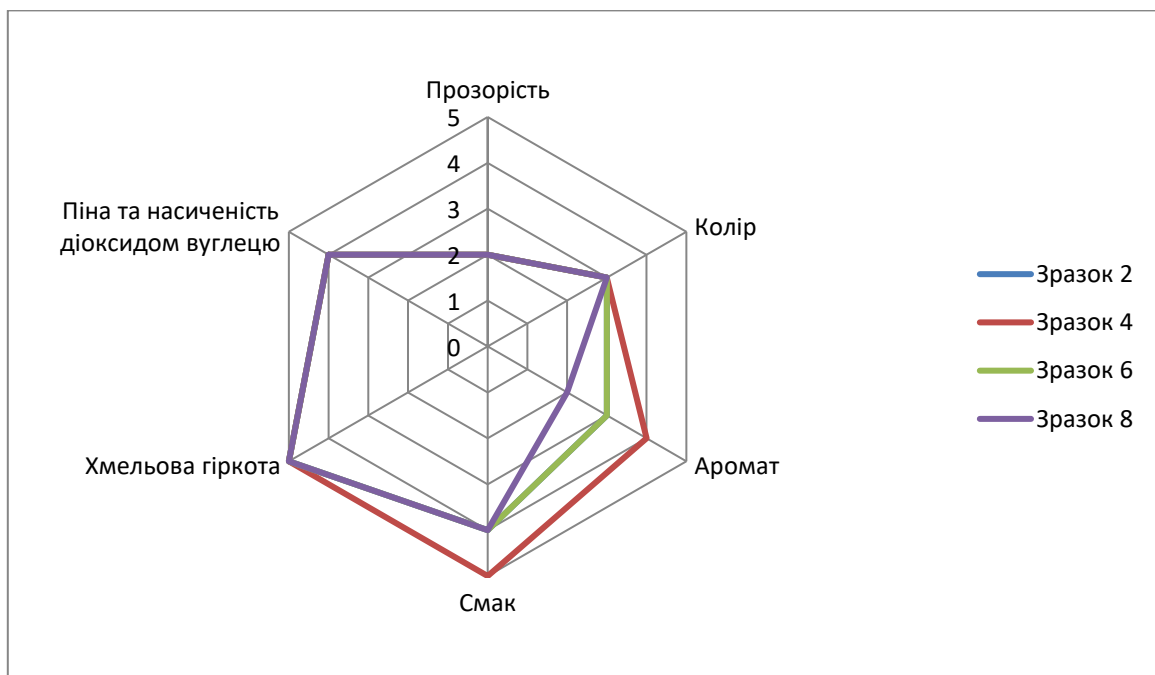


Рисунок 3.7 - Профілограма органолептичних показників досліджуваних зразків пива

3.5 Висновки

1. Згідно літературних джерел було підібрано рослинну сировину та експериментально доведено ефективність використання антиоксидантів (АО) з підбраної рослинної сировини для запобігання процесів окиснення пива під час його зберігання. Виявлено, що всі зразки пива, до яких було додано рослинну сировину із підвищеним вмістом антиоксидантів, продемонстрували кращу стійкість до скисання. Найкращі окислювально-відновні властивості і стійкість до

скисання мають зразки з аронією. Редокс-потенціал (гН) зразка з додаванням аронії склав 10,70 в той час як контрольний зразок без додавання рослинної сировини мав показник 12,43. Це доводить доцільність використання цієї сировини для підвищення терміну зберігання пива.

2. Було встановлено, що додавання нетрадиційної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантів і дубильних речовин у кількості 10 г/дм³ позитивно впливає на таніновий показник у готовому пиві. У зразках в які було додано досліджувану сировину спостерігалось зменшення цього показника. Найнижчий таніновий показник мав зразок з аронією 0,321, в той час як показник контрольного зразка становив 0,355. Це у свою чергу вказує на зменшення високомолекулярних білкових речовин, які виступають компонентами колоїдних помутнінь у зразку пива, в який було додано аралію і сприяє кращій колоїдній стійкості.

3. Враховуючи динаміку зміни екстрактивних речовин під час бродіння можна зробити висновок, що використання підібраної рослинної сировини в технологічному процесі прискорює процес головного бродіння.

У числовому виразі можна побачити, що в серії дослідів, коли пряно-ароматична сировина була додана під час кип'ятіння сусла, контрольний зразок було зброджено на 55,0 %; пиво з кизилом на 57,1 %; зразки пива з імбиром та аронією на 60,3 %. Різниця між контролем і зразком з аронією склала 5,3 %. В серії дослідів, коли сировину було додано на стадії бродіння, контрольний зразок було зброджено на 57,0 %; пиво з кизилом і пиво із м'ятою на 60,3 %; зразок пива з імбиром на 59,3 %; зразок пива з аронією на 61,1 %. Різниця між контролем і зразком з аронією склала 4,1 %.

4. Встановлено, що найкращі органолептичні і фізико-хімічні показники, а також підвищену стійкість до скисання і колоїдних помутнінь, мав зразок у якому в якості нетрадиційної сировини використовувались ягоди чорноплідної горобини у кількості 10 г/дм³ і задавання яких відбувалася за 30 хвилин до кінця кип'ятіння сусла. Додавання гілочок додає трав'янистого присмаку, тому не рекомендовано для рецептури.

На підставі вище зазначеної інформації було запропоновано створення нового сорту пива з додаванням рослинної нетрадиційної сировини, а саме аронії. Апробація у виробничих умовах відбувалася на пивоварні «2085» (ТОВ «Узвар»). Запропоновано рецептуру нового сорту пива (додаток Б).

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

На основі даних дослідів отримано рівняння регресії згідно [5].

Факторний аналіз

1. Вхідними величинами є маса плодів аронії $M_{\text{аронії}}$, г, і тривалість кип'ятіння $T_{\text{кип}}$, хв., цієї нетрадиційної пряно-ароматичної сировини.

Вихідною величиною редокс-потенціал (гН) $gH_{\text{пиво}}$.

2. Прорангували параметри наступним чином:

- 1-ий – маса нетрадиційної сировини $M_{\text{аронії}}$;

- 2-ий – тривалість кип'ятіння $T_{\text{кип}}$.

3. Розраховують кількість необхідних дослідів:

$$N = q^n = 2^2 = 4, \quad (4.1)$$

де q - кількість рівнів варіювання кожного з вхідних факторів; n - кількість факторів

4. Записують рівняння майбутньої залежності у вигляді полінома 1-ого порядку:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (4.2)$$

де y - вихідна величина; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{12}$ - коефіцієнти у рівнянні при вихідних величинах; $x_1, x_2, x_1 \cdot x_2$ - вхідні величини і їх поєднання.

5. Будується матрицю рівнів варіювання вхідних параметрів. Вона представлена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Матриця рівнів варіювання вхідних параметрів

	$M_{\text{аронії}}$, Г	$T_{\text{кип}}$, ХВ.
(+)	20	30
(0)	12,5	20
(-)	5	10
Δ	7,5	10

6. Кодування (нормалізація) Z_i вхідних параметрів:

$$Z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta_i}. \quad (4.3)$$

$$Z_1 = \frac{20 - 12,5}{7,5} = +1; \quad Z_2 = \frac{30 - 20}{10} = +1;$$

$$Z_1 = \frac{5 - 12,5}{7,5} = -1; \quad Z_2 = \frac{20 - 30}{10} = -1.$$

7. Кодування (нормалізація) полінома 1-ого порядку:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot z_1 + \beta_2 \cdot z_2 + \beta_{12} \cdot z_1 \cdot z_2. \quad (4.4)$$

8. Вибирають кількість паралельних дослідів m ($m \geq 2$): $m = 2$.

9. Будують матрицю планування експерименту. Вона представлена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Матриця планування експерименту

№ п/п	№ провед. дослід.	z_0	z_1	z_2	$z_1 \cdot z_2$	окисно-відновний потенціал (rH) rH _{пиво}			
						y_1	y_2	\bar{y}	$S^2_{одн}$
1	3	+	+	+	+	9,00	9,00	9,00	0
2	4	+	+	-	-	9,44	9,46	9,45	0,002
3	2	+	-	+	-	10,88	10,87	10,88	0,001
4	1	+	-	-	+	10,65	10,66	10,66	0,001

9. Згідно матриці планування експерименту проводять дослід.

Після проведення дослідів отримали вихідні величини (y_1, y_2), які занесені в табл. 4.2.

10. Визначають середні значення вихідної величини за формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^m y_{ij}}{m}, \quad (4.5)$$

де \bar{y} - середнє значення дослід; y_{ij} - значення i -го дослід j -ої повторюваності.

Статистична обробка експериментальних даних

11. Перевіряють дисперсію вихідної величини кожного дослід $S^2_{одн i}$ на однорідність за формулою:

$$S^2_{одн} = \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(m-1)}. \quad (4.6)$$

а) Значення для редокс-потенціал (rH) rH_{пиво}:

$$S^2_{одн1} = \frac{(9,0-9,0)^2 + (9,0-9,0)^2}{(2-1)} = 0;$$

$$S^2_{одн2} = \frac{(9,44-9,45)^2 + (9,46-9,45)^2}{(2-1)} = 0,002;$$

$$S^2_{одн3} = \frac{(10,88-10,8)^2 + (10,87-10,8)^2}{(2-1)} = 0,001;$$

$$S^2_{одн4} = \frac{(10,65-10,6)^2 + (10,66-10,6)^2}{(2-1)} = 0,001;$$

Вибирають максимальне значення: $S^2_{однmax} = 0.002$.

Розраховують критерій Кохрена G_p за формулою:

$$G_p = \frac{S_{одн\ max}^2}{\sum_{i=1}^N S_{одн\ i}^2}. \quad (4.7)$$

$$\frac{S_{одн.max}^2}{\sum_{i=1}^N S_{одн.i}^2} = \frac{0.002}{0.004} = 0,5.$$

З спеціальної таблиці вибирають табличне значення критерія Кохрена G_T . Якщо виконується умова: $G_p < G_T$, то гіпотеза про однорідність дисперсії приймається:

при $\alpha = 0,05$; $f_1 = N = 4$; $f_2 = m - 1 = 2 - 1 = 1$. Тоді $G_T = 0,9065$.

Порівнюють розрахункове значення критерія Кохрена G_p з табличним G_T . Якщо розрахункове значення менше за табличне ($G_p < G_T$), то гіпотеза про однорідність дисперсії вірна.

В обох випадках $G_p < G_T$:

а) для редокс-потенціал (rH) rH_{пиво}

$$0,5 < 0,9065;$$

Отже, дисперсії однорідні, а значення вихідної величини є відтворюваним.

12. Розраховують дисперсію відтворюваності $S_{від}^2$:

Розрахунок дисперсії відтворюваності:

$$S_{відт.}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{одн.i}^2}{N} \quad (4.8)$$

а) Значення для редокс-потенціал (rH) rH_{пиво}:

$$S_{відт.}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{одн.i}^2}{N} = \frac{0.004}{4} = 0.001.$$

13. Розраховують коефіцієнти рівняння регресії b_k за формулою:

$$b_k = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i \cdot z_i)}{N}. \quad (4.9)$$

б) Значення для редокс-потенціалу (rH) rH_{пиво}:

$$b_0 = \frac{+9,00+9,45+10,88+10,66}{4} = 9,9975;$$

$$b_1 = \frac{+9,00+9,45-10,88-10,66}{4} = -0,7725;$$

$$b_2 = \frac{+9,00-9,45+10,88-10,66}{4} = -0,0575;$$

$$b_{12} = \frac{+9,00-9,45-10,88+10,66}{4} = -0,1675.$$

14. Перевіряють коефіцієнти рівняння регресії на значущість.

$$t_{b_k} = \frac{|b_k|}{S_{\text{коэф}}}, \quad (4.10)$$

де t_{b_k} - розрахункове значення критерія Фішера; $S_{\text{коэф}}$ - дисперсія відтворюваності дослідів.

$$S_{\text{коэф}} = \sqrt{S_{\text{коэф}}^2}, \quad (4.11)$$

де $S_{\text{коэф}}^2$ - квадратна дисперсія відтворюваності дослідів.

$$S_{\text{коэф}}^2 = \frac{S_{\text{від}}^2}{N}. \quad (4.12)$$

б) Значення для редокс-потенціалу (rH) $rH_{\text{пиво}}$:

$$S_k^2 = \frac{S_{\text{відТ}}^2}{N} = \frac{0,001}{4} = 0,00025.$$

$$S_k = \sqrt{0,00025} = 0,0158.$$

$$t_{b_0} = \frac{|b_0|}{S_k} = \frac{9,9975}{0,0158} = 632,753 +;$$

$$t_{b_1} = \frac{|b_1|}{S_k} = \frac{0,7725}{0,0158} = 48,892 +;$$

$$t_{b_2} = \frac{|b_2|}{S_k} = \frac{0,0575}{0,0158} = 3,639 +;$$

$$t_{b_{12}} = \frac{|b_{12}|}{S_k} = \frac{0,1675}{0,0158} = 10,601 +.$$

15. Порівнюють розрахункове значення критерія Стюдента t_{b_k} із табличним t_T . Якщо $t_{b_k} < t_T$, то коефіцієнт t_{b_k} вважають незначущим. Якщо $t_{b_k} > t_T$, то коефіцієнт t_{b_k} вважають значущим і залишають в рівнянні регресії.

З таблиці вибираємо значення критерія Стюдента t_T при $\alpha = 0,05$; $f = N \cdot (m - 1) = 4 \cdot (2 - 1) = 4$. Тоді $t_T = 2,78$.

б) Значення для редокс-потенціалу (rH) $rH_{\text{пиво}}$: всі коефіцієнти - значущі.

16. Записують рівняння регресії у спрощеному вигляді:

$$b_0 = \frac{+9,00+9,45+10,88+10,66}{4} = 9,9975;$$

$$b_1 = \frac{+9,00+9,45-10,88-10,66}{4} = -0,7725;$$

$$b_2 = \frac{+9,00-9,45+10,88-10,66}{4} = -0,0575;$$

$$b_{12} = \frac{+9,00-9,45-10,88+10,66}{4} = -0,1675.$$

б) Значення для редокс-потенціалу (rH) $rH_{\text{пиво}}$:

$$\hat{y} = 9,9975 - 0,7725 \cdot z_1 - 0,0575 \cdot z_2 - 0,1675 \cdot z_2 z_1.$$

17. Перевіряють рівняння регресії на адекватність.

Дисперсію адекватності $S_{ад}^2$ розраховують за формулою:

Перевірка рівняння регресії на адекватність (за критерієм Фішера)

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{Від}^2}; \quad (4.13)$$

Визначають розрахункове значення критерія Фішера за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{N-1} \quad (4.14)$$

З спеціальної таблиці вибирають табличне значення критерія Фішера F_T при $\alpha = 0,05$; k_1 ; k_2 . Якщо $S_{ад}^2 > S_{від}^2$, тоді $k_1 = f_1$; $k_2 = f_2$. Якщо $S_{ад}^2 < S_{від}^2$, тоді $k_1 = f_2$; $k_2 = f_1$. Якщо $F_p < F_T$, то рівняння адекватне.

а) Значення для редокс-потенціалу (rH) rH_{пиво}:

$$\hat{y} = 9,998 - 0,773 \cdot z_1 - 0,058 \cdot z_2 - 0,168 \cdot z_2 z_1$$

Визначають розрахункові значення вихідної величини.

$$\hat{y}_0 = 9,998 - 0,773 \cdot z_1(+)-0,058 \cdot z_2(+)-0,168 \cdot z_2 z_1(+)=8,999;$$

$$\hat{y}_1 = 9,998 - 0,773 \cdot z_1(+)-0,058 \cdot z_2(-)-0,168 \cdot z_2 z_1(-)=9,451;$$

$$\hat{y}_2 = 9,998 - 0,773 \cdot z_1(-)-0,058 \cdot z_2(+)-0,168 \cdot z_2 z_1(-)=10,881;$$

$$\hat{y}_{12} = 9,998 - 0,773 \cdot z_1(-)-0,058 \cdot z_2(-)-0,168 \cdot z_2 z_1(+)=10,661.$$

Розраховують дисперсію адекватності за формулою 4.13:

$$S_{ад}^2 = \frac{(8,999 - 9,000)^2 + (9,451 - 9,450)^2 + (10,881 - 10,880)^2 + (10,661 - 10,660)^2}{4 - 3} = 0,000004$$

Визначають розрахункове значення критерія Фішера за формулою 4.14:

$$F_p = \frac{0,00004}{0,001} = 0,004.$$

$$f_1 = N - l = 4 - 1 = 3; \quad f_2 = N \cdot (m - 1) = 4 \cdot (2 - 1) = 4.$$

У нашому випадку $S_{ад}^2 > S_{від}^2$, тоді, при $\alpha = 0,05$; $k_1 = f_1 = 3$; $k_2 = f_2 = 4$, $F_T = 9,12$.

$$F_p < F_T.$$

Отже, отримане рівняння адекватне.

$$Z_1 = \frac{20-12,5}{7,5} = +1; \quad Z_2 = \frac{30-20}{10} = +1;$$

$$Z_1 = \frac{5-12,5}{5} = -1; \quad Z_2 = \frac{20-30}{10} = -1.$$

18. Розкодовують рівняння регресії

$$Z_1 = \frac{M_{аронії} - 12,5}{7,5}; \quad Z_2 = \frac{T_{кип.} - 20}{10};$$

Отримано рівняння регресії для визначення редокс-потенціалу (rH) rH_{пиво} у готовому пиві:

$$\begin{aligned} rH_{пиво} &= 9,998 - 0,773 \cdot z_1 - 0,058 \cdot z_2 - 0,168 \cdot z_2 z_1 \\ rH_{пиво} &= 9,998 - 0,773 \cdot M_{аронії} - 0,058 \cdot T_{кип.} - 0,168 \cdot M_{аронії} \cdot T_{кип.} \end{aligned}$$

5 РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Розрахунок соціально-економічної ефективності проводиться згідно [29].

Витрата світлого солоду на 1 дал пива становить 1,81 кг.

Об'єм води для затирання 100 кг зерно продуктів за формулою:

$$V = \frac{E \cdot (100 - e)}{e}, \quad (5.1)$$

де E - екстрактивність зернопродуктів, % мас.; e - масова частка сухої речовини першого сусла, % мас.

Приймаємо екстрактивність солоду 72 % мас. масова частка сухої речовини першого сусла становить 10,5 % мас.

Визначаємо об'єм води для затирання 100 кг зернопродуктів:

$$V = \frac{72 \cdot (100 - 10,5)}{10,5} = 613 \text{ дм}^3$$

Норму внесення хмелю H_n , г/дал пива, розраховують за формулою:

$$H_n = \frac{\Gamma_c \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(\alpha + 1) \cdot (100 - W) \cdot (100 - \text{Втр})}, \quad (5.2)$$

де Γ_c - кількість гіркоти хмелю, яку потрібно внести в сусло, г/дал в перерахунку на суху речовину; α - вміст α -кислот, % на СР; 1 - розрахункова величина, яка враховує гіркоту β -фракції гірких речовин хмелю;

W - вологість хмелю, %;

Втр - втрати по рідкій фазі, %.

Приймаємо кількість гіркоти хмелю 0,72 г/дал.

Вміст α -кислот в хмелі 3,5 %, а вологість хмелю - 6 %.

Втрати по рідкій фазі для пива з масовою часткою сухої речовини сусла до 11 % включно становлять 13 %.

Розраховуємо норму внесення хмелю

$$H_n = \frac{0,72 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(3,5 + 1) \cdot (100 - 6) \cdot (100 - 13)} = 19,6 \text{ г / дал.} \quad (5.3)$$

Розраховуємо необхідну кількість аронії для додавання до пива згідно пропорції:

10 г - 0,1 дал;

$x \text{ см}^3$ - 1 дал.

$x = 100$ г

Собівартість пива без додавання сировини і з додаванням рослинної сировини представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Собівартість пива

Сировина	Вартість одиниці, грн.	Пиво без додавання аронії		Пиво з додаванням аронії	
		Витрата на 1 дал пива	Вартість, грн.	Витрата на 1 дал пива	Вартість, грн.
Світлий солод, кг	300	1,81	543	300	543
Хміль гранульований, г/дал	240	19,6	4704	240	4704
Аронія, кг	150	-	-	0,1	15
Вода, дм ³	20,75	11	277	11	277
Собівартість, грн.	-	-	5524	-	5539

З таблиці 5.1 видно, що

собівартість пива з додаванням аронії зросла на 15 грн. Проте враховуючи те, що таке пиво має більший термін зберігання, а також те що створення нового асортименту сприяє підвищенню продажів підприємства – впровадження нового сорту, з додаванням аронії є цілком доцільним.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях поширюються на всіх суб'єктів господарювання незалежно від форм власності й організаційно-правової форми, діяльність яких пов'язана з виробленням хімічних речовин і хімічної продукції, гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції, збиранням, обробленням й видаленням відходів, відновленням матеріалів, проведенням наукових досліджень та розробок в галузі природничих та технічних наук, вищих навчальних та вищих професійно-технічних навчальних закладах під час виконання робіт в хімічних лабораторіях[22].

Ці правила встановлюють вимоги охорони праці під час виконання робіт в хімічних лабораторіях.

Ці правила є обов'язковими для роботодавців та працівників, які виконують роботи в хімічних лабораторіях.

Всі роботи у хімічній лабораторії виконуватися при справних електрообладнанні, апаратурі, електропроводці і заземленні (зануленні). До самостійної роботи в хімічних лабораторіях допускаються особи віком від 18 років, що пройшли медогляд, ввідний та первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці, професійно підготовлені [11].

Вимоги до приміщень та обладнання хімічних лабораторій. Будівництво (нове будівництво, реконструкція, реставрація, капітальний ремонт) підприємств, на яких розташовані приміщення хімічних лабораторій, повинно здійснюватись відповідно до затвердженої проектної документації, державних стандартів, норм і правил у порядку, визначеному Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності», та має проводитись з виконанням вимог Законів України «Про охорону праці», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про пожежну безпеку», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про об'єкти підвищеної небезпеки», Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 року № 1764, та вимог цих Правил.

В кожній хімічній лабораторії забезпечуються організаційні заходи щодо пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 року № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 4 листопада 2004 року за № 1410/10009 (далі - НАПБ А.01.001-2004) [11].

Для всіх будинків, зовнішнього устаткування та приміщень має бути визначено категорію щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки відповідно до вимог Норм визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 3 грудня 2007 року № 833 (НАПБ Б.03.002-2007), а також клас вибухонебезпечних зон відповідно до вимог Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01, затверджених наказом Мінпраці України від 21 червня 2001 року

№ 272 (далі - НПАОП 40.1-1.32-01), які необхідно позначати на вхідних дверях до приміщення, а також у межах зон усередині приміщень та ззовні.

Приміщення хімічних лабораторій обладнуються загальнообмінною примусовою вентиляцією, а місця можливого накопичення шкідливих хімічних речовин - місцевими відсмоктувачами. Експлуатація, технічне обслуговування, планові огляд і ремонт, а також періодичні технічні випробування систем вентиляції повинні проводитись відповідно до вимог Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 5 жовтня 2009 року № 164, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 27 жовтня 2009 року за № 988/17004 (далі - НПАОП 0.00-1.27-09).

Постійно діюча вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну, який розраховується залежно від виду та класу небезпеки речовини, що перебуває в обігу в хімічній лабораторії, та роботу системи місцевих відсмоктувань для видалення пилу та вибухонебезпечних речовин від місць їхнього утворення.

Для очищення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші необхідно використовувати пилоуловлювачі або фільтри.

Дотримання протипожежного режиму та оснащення приміщень хімічних лабораторій первинними засобами пожежогасіння здійснюються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 та Типових норм належності вогнегасників, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 року № 151, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29 квітня 2004 року за № 554/9153 (НАПБ Б.03.001-2004). Для локалізації та ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку необхідно використовувати вогнегасники відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань» (далі - ДСТУ 3675-98) і ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99) «Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги» (далі - ДСТУ 3734-98), а також внутрішні пожежні водопроводи, покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, пісок та інші первинні засоби пожежогасіння.

Експлуатація вогнегасників повинна здійснюватися відповідно до вимог Правил експлуатації вогнегасників, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 року № 152, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29 квітня 2004 року за № 555/9154 (НАПБ Б.01.008-2004), а їх технічне обслуговування - відповідно до вимог ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» [11].

1.6. Необхідність і порядок оснащення приміщень хімічних лабораторій стаціонарними системами пожежної сигналізації і пожежогасіння повинні визначатися відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту».

1.7. Усе електрообладнання, електроінструмент при напрузі понад 36 В, а також обладнання та механізми, які можуть виявитися під напругою, надійно заземляються. Роботи з використанням електроінструменту та електрообладнання повинні проводитись відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 [11].

1.8. Засоби захисту від статичної електрики у пожежонебезпечних зонах будь-якого класу з метою захисту від іскроутворення повинні відповідати вимогам Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 9 січня 1998 року № 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10 лютого 1998 року за № 93/2533 (далі - НПАОП 40.1-1.21-98), ГОСТ 12.1.018-93 «ССБТ».

Підлоги приміщень хімічних лабораторій мають рівну, неслизьку, зручну для очищення поверхню, є стійкими до дії механічних навантажень, вологи і агресивних середовищ.

Конструкція та розміщення лабораторних меблів є такими, що можна вести прибирання підлоги під ними.

Для миття хімічного посуду виділено ізольовані мийні приміщення, обладнанні мийними машинами та спеціальними мийними столами: один з витяжною шафою, два відкритих. Допускається влаштування місць для миття посуду в кожному лабораторному приміщенні у витяжній шафі [20].

Всі роботи з хімічними речовинами слід проводити тільки у витяжних шафах. Витяжні шафи обладнані відсмоктувачами.

Витяжна шафа обладнана комунікаціями для підведення води, стисненого повітря, побутового газу, електроенергії; для стоку води влаштована раковина. Газові і водяні крани розміщені так, щоб виключити можливість випадкового відкривання крану.

Поверхні робочих столів і витяжної шафи вкриті негорючими та антикорозійними матеріалами, а також забезпечені бортиками.

Правила роботи з скляним посудом. При роботі з скляним хімічним посудом і скляними приладами необхідно дотримуватися правил безпеки. Треба пам'ятати, що хімічний посуд крихкий і, в основному, тонкостінний, а через це при необережній роботі його можна розбити і отримати травми. Скляний посуд і прилади треба тримати обережно, не стискаючи його сильно пальцями [20].

Для попередження травматичних пошкоджень при роботі з скляним посудом необхідно дотримуватись таких застережних заходів:

- оплавляти кінці скляних трубок;
- зразу ж прибирати зі столу скlobій і відходи теплової обробки скла;
- при збиранні скляних частин приладів строго дотримуватися діючих правил, які приведені у відповідних інструкціях;
- при розрізі скляних трубок і паличок руки треба захищати рушником;
- при митті посуду йоржами або скляною паличкою необхідно бути обережним, адже можна ними легко пробити дно або стінки. Для попередження цього на оголений дротовий кінець йоржа або кінець скляної палички треба надіти шматочок гумової трубки [20].

Правила роботи з їдкими і токсичними речовинами. Щоб запобігти нещасним випадкам при роботі з хімічними реактивами необхідно керуватися такими правилами:

- токсичні рідини забороняється набирати в піпетку ротом. В цьому випадку треба використовувати гумову грушу;

- заборонено приливати концентровані кислоти до концентрованих лугів (або навпаки); їх треба розводити водою до проведення нейтралізації;

- при розведенні розчинів гідроксидів лужних металів треба приливати їх тонким струменем в холодну воду при одночасному перемішуванні треба на чистому металевому листі в захисних окулярах, щільно застебнутому халаті і в гумових рукавичках. Кусочки лугу беруть порцеляновим або металевим шпателем;

- нагрівання пробірок та іншого скляного посуду треба проводити поступово, направляючи їх отворами від працюючого;

- не можна змішувати киплячі розчини або додавати в них сухі реагенти на нагрівальних приладах;

- перед нагріванням води в промивалці з останньої виймають пробку;

- всі процеси, пов'язані з виділенням токсичних газів, пари та диму, проводять у витяжній шафі. З токсичними речовинами працюють в рукавичках;

- використані розчини, які містять в собі токсичні речовини, виливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину старанно миють.

Зберігання легкозаймистих рідин в загальній робочій кімнаті не допускається. Для їх зберігання повинні бути виділені спеціальні приміщення, які знаходяться поза лабораторією і обладнані витяжками.

Легкозаймисті горючі рідини (спирт, ефір, бензол, газ, піридинові основи та інші) зберігають в лабораторному приміщенні тільки в об'ємі, який не перевищує добовий запас, в товстостінних склянках (з товщиною стінок не менше 2 мм) з притертими пробками, які розміщують в спеціальних металевих шафах, дно і стінки яких вимощені азбестом.

Всі роботи з легкозаймистими речовинами або горючими рідинами треба проводити у витяжній шафі при працюючій вентиляції.

Перегонку і нагрівання низькокиплячих вогнебезпечних речовин необхідно проводити в круглодонних колбах з тугоплавкого скла і на водяних або олійних банях.

Посуд, в якому зберігались або проводились роботи з горючими рідинами, має бути одразу ж промитим.

Переливати кислоти та луги з великих бутилів у мілку тару дозволяється тільки за допомогою сифону або ручного насоса.

Відкривання бочок з кристалічним гідроксидом натрію повинно проводитись за допомогою спеціальних різаків.

Відпрацьовані кислоти та луги треба збирати окремо в спеціальний посуд і після нейтралізації зливати в каналізацію або інше спеціально відведене для цієї мети місце [11, 20].

Правила роботи з пожежо- та вибухонебезпечними речовинами. Леткі речовини і розчинники, які застосовуються в лабораторіях заводів (спирт, етиловий

ефір, бензин, толуол та інші), є горючими і являють собою велику небезпеку. Пари деяких з них легко займаються, при відповідній концентрації парів летких розчинників в повітрі може утворитися вибухова суміш. Через це при нагріванні або кип'ятінні летких розчинників не можна користуватись нагрівальними приладами з відкритим полум'ям.

При змішуванні деяких речовин може трапитись самозаймання або вибух. Неможливо допускати попадання міцної азотної кислоти на органічні речовини (стружки, ганчірки, папір) через можливе займання.

Всі роботи, що пов'язані з застосуванням вогне- і вибухонебезпечних речовин, проводять у витяжній шафі.

Не можна користуватись водою для того, щоб гасити леткі розчинники, які

Запас спирту та інших летких рідин в лабораторії повинен бути невеликим, тільки для щоденної роботи.

Зберігати ці рідини треба в ізольованому відсіку шафи, яке відділене від джерела вогню дверима, що щільно закриваються. Зсередини шафа повинна бути покрита азбестом і оббита покривним металом [21,28].

Протипожежні правила безпеки. Забороняється залишати без догляду газові пальники і електронагрівальні прилади. При пожежі необхідно виключити рубильники, перекрити газовий кран, полум'я засипати піском.

Кожна лабораторія має бути забезпечена необхідними засобами тушіння пожежі: вогнегасниками, ящиком з піском (з лопатою або совком), шматком волака або кошми.

При займанні одягу треба накрити потерпілого кошмою або облили водою.

При розливі вогнебезпечної рідини необхідно відключити всі пальники і електронагрівальні прилади, а потім прибрати рідину.

При виявленні запаху газу заборонено запалювати вогонь і користуватись електронагрівальними приладами.

При займанні олійної бані необхідно перш за все загасити пальник, а далі швидко накрити полум'я складеною вдвоє або вчетверо вологою ганчіркою [21, 35].

1. Перед проведенням робіт в хімічній лабораторії працівник проходить інструктаж.

2. У лабораторії встановлено все необхідне обладнання для безпечного проведення дослідів. Перед роботою на установці, детально вивчити інструкцію щодо її використання.

3. Всі роботи з хімічними речовинами слід проводити тільки у витяжних шафах.

4. Для забезпечення нормальних умов роботи лабораторія оснащена вентиляцією.

5. У разі виникнення несподіваних ситуацій звернутися до лаборанта та діяти згідно інструкцій.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Правовою основою цивільного захисту є Конституція України, цей Кодекс, інші закони України, а також акти Президента України та Кабінету Міністрів України.

Цивільний захист - це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період [14].

Протягом останніх років в Україні спостерігаються тенденції зростання ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій різноманітного характеру. Такий розвиток подій, з точки зору становища з екологічної та техногенної безпеки обумовлюється наслідками антропогенного порушення і техногенної перевантаженості території держави, що становить загрозу національній безпеці України в економічній, соціальній та екологічній сферах. На даний час збільшення масштабів і наслідків аварій, катастроф і стихійних лих ставить проблему запобігання їх або створення системи раціональної і превентивної безпеки та мінімізації наслідків цих небезпечних подій, як найбільш актуальну.

В умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру роботи об'єктів промислового комплексу у тому числі і підприємств харчової промисловості значно ускладнюється. Це обумовлено перш за все погіршенням техногенної обстановки, загостренням і порушенням економічних, соціальних та інших зв'язків, виникненням великого обсягу рятувальних та інших робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків надзвичайних ситуацій, появою постраждалих, які потребують медичної допомоги.

Цивільний захист здійснюється за такими основними принципами:

- 1) гарантування та забезпечення державою конституційних прав громадян на захист життя, здоров'я та власності;
- 2) комплексного підходу до вирішення завдань цивільного захисту;
- 3) пріоритетності завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я громадян;
- 4) максимально можливого, економічно обґрунтованого зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій;
- 5) централізації управління, єдиначальності, підпорядкованості, статутної дисципліни Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, аварійно-рятувальних служб;
- 6) гласності, прозорості, вільного отримання та поширення публічної інформації про стан цивільного захисту, крім обмежень, встановлених законом;
- 7) добровільності - у разі залучення громадян до здійснення заходів цивільного захисту, пов'язаних з ризиком для їхнього життя і здоров'я;
- 8) відповідальності посадових осіб органів державної влади та органів місцевого самоврядування за дотримання вимог законодавства з питань цивільного захисту;

9) виправданого ризику та відповідальності керівників сил цивільного захисту за забезпечення безпеки під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Цивільний захист в Україні створюється і здійснюється з метою:

- реалізації державної політики, спрямованої на забезпечення безпеки та захисту населення і територій, матеріальних і культурних цінностей та довкілля від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період;
- подолання наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі наслідків надзвичайних ситуацій на територіях іноземних держав відповідно до міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.

Основними завданнями цивільного захисту є:

- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації;
- прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій;
- розроблення і виконання законодавчих та інших нормативно-правових актів, дотримання норм і стандартів у сфері цивільного захисту;
- створення, збереження і раціональне використання матеріальних ресурсів, необхідних для запобігання надзвичайним ситуаціям;
- оперативне оповіщення населення про виникнення або загрозу виникнення надзвичайної ситуації, своєчасне достовірне інформування про обстановку, яка складається, та заходи, що вживаються для запобігання надзвичайним ситуаціям та подолання їх наслідків;
- організація захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, надання невідкладної психологічної, медичної та іншої допомоги потерпілим;
- проведення невідкладних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- навчання населення способам захисту в разі виникнення надзвичайних, несприятливих побутових або нестандартних ситуацій та організація тренувань;
- міжнародне співробітництво у сфері цивільного захисту [9, 14].

З метою ефективної реалізації завдань цивільного захисту, зменшення матеріальних втрат та недопущення шкоди об'єктам, матеріальним і культурним цінностям та довкіллю в разі виникнення надзвичайних ситуацій центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підпорядковані їм сили і засоби, підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, добровільні рятувальні формування здійснюють:

- оповіщення та інформування;
- спостереження і лабораторний контроль;
- укриття у захисних спорудах;
- евакуацію;
- інженерний захист;
- медичний захист;
- психологічний захист;
- біологічний захист;
- екологічний захист;

- радіаційний та хімічний захист [14].

Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним з основних завдань цивільного захисту для переробних підприємств. Незважаючи на існуючі розбіжності між вражаючою дією радіоактивних, хімічних речовин, біологічних чинників способи захисту продуктів харчування мають багато спільного. Вибір способу захисту визначається видом продукції, її кількістю і умовами зберігання. Для підготовки підприємства до захисту від радіоактивних речовин, небезпечних хімічних речовин на кожному із них розробляється план захисту, в якому передбачається проведення організаційних та інженерно-технічних заходів.

Значна частина заходів має бути виконана під час будівництва підприємства, його реконструкції та у процесі капітального і поточного ремонтів.

Заходи щодо захисту продуктів харчування можна об'єднати в наступні групи: організаційні, інженерно-технічні, санітарно-профілактичні.

Організаційні заходи є загальними для харчових підприємств всіх галузей. Основними із них є:

- розосередження виробничих і складських споруд на території підприємства під час його будівництва;
- заміна обладнання більш досконалим, герметичним;
- підготовка до роботи лабораторій для аналізу продуктів харчування на забрудненість радіоактивними і хімічними отруйними речовинами;
- навчання формувань, виробничого персоналу заходам та засобам захисту харчових продуктів та сировини;
- контроль за всім комплексом заходів із захисту і підготовки до знезараження.

Під час загрози виникнення надзвичайної ситуації здійснюються: приведення формувань в готовність, встановлення суворого пропускового режиму на підприємстві, охорона важливих об'єктів, в тому числі систем водопостачання, приведення до готовності пунктів санітарного оброблення, санітарних пропусників, знезаражуючих засобів та матеріалів.

Інженерно-технічні заходи включають в себе:

- герметизацію виробничих і складських приміщень;
- встановлення фільтропоглиначів на вентиляційних системах;
- встановлення протипилових фільтрів, кондиціонерів у виробничих приміщеннях;
- герметизацію технологічного обладнання.

Способи реалізації інженерно-технічних заходів багато в чому схожі. Так, для всіх галузей важлива герметизація будівель, приміщень та інших елементів виробничого комплексу.

До санітарно-профілактичних заходів відносять:

- суворе дотримання правил особистої гігієни;
- регулярний санітарно-гігієнічний контроль за якістю продукції, води та водо джерел;
- утримання в чистоті будівель, допоміжних приміщень, обладнання відповідно до санітарних правил харчових підприємств

- утримання території заводу у чистоті. Під'їзні шляхи, майданчики перед виробничими та складськими приміщеннями мають бути заасфальтовані з певним ухилом для збігання промивної та атмосферної вод у бік від будівель;

- збереження відходів у бетонних або в щільно збитих просмолених (оббитих всередині жерстю) ящиках з кришками, що щільно прилягають. Сміття та відходи слід вивозити кожний день, після чого ящики ретельно вичищати та дезінфікувати 20 %-вим розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна [14].

Радіаційний і хімічний контроль є складовою частиною цивільного захисту населення, виробничого персоналу підприємств. Він включає комплекс організаційних і технічних заходів, які здійснюються для контролю радіоактивного опромінювання особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств, населення, а також визначення ступеня зараженості радіоактивними, небезпечними хімічними речовинами людей, технологічного обладнання, продуктів харчування, сировини, води і інших матеріальних засобів.

За даними радіаційного і хімічного контролю здійснюється:

- оцінка працездатності особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств і визначення порядку їх подальшого використання;

- первинна діагностика тяжкості гострих променевих і хімічних уражень;

- уточнення режимів радіаційного захисту людей;

- визначення необхідності і об'єму санітарної обробки людей, спеціальної обробки технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів;

- визначення можливості використання сировини, напівфабрикатів, готової продукції в умовах радіаційного і хімічного зараження.

Радіаційний і хімічний контроль організовується штабом і службами цивільного захисту підприємства і здійснюється командирами формувань і силами розвідувальних підрозділів (групами і ланками радіаційної, хімічної розвідки; групами і ланками загальної розвідки; розвідниками радіаційної, хімічної розвідки формувань цивільного захисту).

Хімічний контроль здійснюється для визначення ступеня зараження технологічного обладнання, техніки, сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води, повітря і місцевості небезпечними хімічними речовинами [14].

Основний спосіб захисту продуктів харчування і води від зараження є їх ізоляція від зовнішнього середовища. Тому потрібна герметизація місць зберігання продовольства і використання захисної тари.

- випуск продуктів та напівфабрикатів у герметичній тарі;

- утримання в справному стані герметизації герметизованих транспортних засобів для транспортування продуктів і товарів, для надійного захисту продуктів харчування, харчової сировини та інших продовольчих товарів і їх запасів можна використовувати гірські виробки й заглиблені порожнини. У них будують складські приміщення, які внаслідок такого розміщення простіше захистити не тільки від зараження, а й від усіх інших вражаючих факторів [9, 14].

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

Згідно літературного пошуку здійснено вибір і обґрунтування технології пива з розширенням його асортименту шляхом використання рослинної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантних і дубильних речовин.

Виходячи з аналізу наявних науково-технічних джерел інформації, а також проведених експериментальних досліджень сформульовано наступні висновки:

1. Доведено ефективність застосування антиоксидантів (АО) з підбраної рослинної сировини для запобігання небажаних процесів окиснення пива під час його зберігання. Виявлено, що всі зразки, до яких було додано досліджену рослинну сировину із підвищеним вмістом антиоксидантів, продемонстрували кращу стійкість до скисання. Найкращі окисно-відновні властивості і стійкість до скисання мають зразки з аралією. Редокс-потенціал (rH) зразка з додаванням аралії склав 10,70 в той час як контрольний зразок без додавання рослинної сировини мав показник 12,43. Це доводить доцільність використання цієї сировини для підвищення терміну зберігання пива.

2. Встановлено, що додавання рослинної сировини з підвищеним вмістом антиоксидантних і дубильних речовин у кількості 10 г/дм³ позитивно впливає на таніновий показник у готовому суслі і пиві, зразки у які було додано досліджувану сировину мають зменшення цього показника. Найнижчий таніновий показник мав зразок з аронією 0,321, в той час показник контрольного зразка становив 0,35. Це у свою чергу вказує на зменшення високомолекулярних білкових речовин, які виступають компонентами колоїдних помутнінь.

3. Враховуючи динаміку зміни екстрактивних речовин під час бродіння можна зробити висновок: використання рослинної сировини у пивоварінні прискорює процес головного бродіння. У цифровому виразі це означає, що в серії дослідів, коли сировина була додана під час кип'ятіння сусла, контрольний зразок був зброджений на 55,0 %; пиво з кизилом на 57,1 %; зразки пива з імбиром та аронією на 60,3 %. Різниця між контролем і зразком з аронією склала 5,3 %. В серії дослідів, коли сировину було додано на стадії бродіння, контрольний зразок було зброджено на 57,0 %; пиво з кизилом і пиво із м'ятою на 60,3 %; зразок пива з імбиром на 59,3 %; зразок пива з аронією на 61,1 %. Різниця між контролем і зразком з аронією склала 4,1 %.

4. Встановлено, що найкращі органолептичні і аналітичні показники, також підвищену стійкість до скисання і колоїдних помутнінь, має зразок у якому використовувались ягоди чорноплідної горобини (аронія) у кількості 10 г/дм³ які задавалися за 30 хвилин до кінця кип'ятіння сусла.

5. На підставі вищенаведеної інформації було запропоновано створення нової рецептури пива з додаванням рослинної сировини – чорноплідної горобини (аронії). Апробація у виробничих умовах відбувалася на крафтовій пивоварні «2038», місто Київ. Запропоновано рецептуру нового сорту пива (додаток Б).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березка, Т. О. Удосконалення технології високостійкого пива з використанням антиоксидантів з рослинної сировини : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.18.05 «процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв». м. Київ. Київ: НУХТ. 2014. 22 с.
2. Бодров В.С., Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г. . Математико-статистичні методи досліджень: курс лекцій для магістрантів спеціальностей напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія», напряму 0902 «Інженерна механіка» та напряму 0905 «Енергетика» денної і заочної форми навчання. Київ: НУХТ, 2007. 106 с.
3. Вплив добавок антиоксидантів з рослинної сировини на процеси коагуляції білків при кип'ятінні сусла / Л. А. Данилова [та ін.] // Тези доп. 21-ї Міжнар. наук.-практ. конф. "Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (MicroCAD–2013), 29-31 травня 2013 р. / ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ. Харків : НТУ "ХПІ", 2013. С. 294.
4. Данилова Л.А., Березка Т.О, Домарецький В.А. Вплив добавок антиоксидантів з рослинної сировини на стійкість пастеризованого пива. / *Харчова та переробна промисловість НУХТ*. Київ. 2009. №10. С. 32–35
5. Гренет М. В., Рисухина И. Л. Состояние и перспектива производства специальных сортов пива / *Пиво и напитки*. 2009. № 2. С. 8-10.
6. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 12.05.2010 р.]. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила).
7. ДСТУ 3888:2015 Пиво. Загальні технічні умови. З поправкою. [Чинний від 01.01.2017]. Київ. 2015. 17 с
8. ДСТУ 4282:2018 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.03.2019]. Київ. 2018. 31 с.
9. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Загальні технічні умови. [Чинний від 07.01.2007]. Київ. 2006. 31 с.
10. 7067:2009. Хміль. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 16 с. (Національний стандарт України).
11. Закон України «Про охорону праці» : [закон України: від 14 жовтня 1992 р. № 2695-ХІІ-ВР] // Відомості Верховної Ради України. Закон України від 05 липня 2012 р. № 5067-VI «Про зайнятість населення №49. 21.11.2002. С.668.
12. Кернична І.З., Фіра Л.С. Аронія звичайна — перспектива вивчення та застосування // *Медична хімія*. 2005. № 1
13. Кодекс цивільного захисту України : [Кодекс цивільного захисту України: від 27.03.2014 № 1166-VII] // Відомості Верховної Ради України. 2013. № 34-35. С. 458.

14. Косминский Г. И., Козлова Е. А., Царева Н. Г. Разработка технологии новых сортов пива на основе пряно-ароматического сырья *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2011. № 4(14). С. 11-15.
15. Кошова В.М., Романова З.М. Використання нетрадиційної сировини для приготування напоїв. *Напитки. Технологии и инновации*. 2012. № 1-2 (07). С. 58-59.
16. Кошова В. М., Романова З.М. Дослідження і підбір натуральних інгредієнтів для приготування безалкогольних напоїв / *Харчова наука і технологія*. 2011. № 3 (16). С. 63-65.
17. Кузьмін О. В., Оносова І.А.,Топольник В.Г. Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольної продукції . *Вісник ДонНУЕТ*. 2014. № 1. С. 198-209.
18. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: підручник.. URL: *Профессия*, 2009. 1100 с. <http://lib.mdu.edu.ua/Books/1539.pdf> (дата звернення: 10.11. 2022).
19. Купчик, М.П., Гандзюк, М.П. Степанець І.В. Основи охорони праці: підручник Київ: Основа, 2000. 416с.
20. Кучинська А.М. Наукові засади вибору рослинної сировини для підвищення харчової цінності пива. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету: Серія: Технічні науки* .Чернігів: ЧНТУ, 2013. №3 (67). С. 264-273
21. Мелетьев, А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392с.
22. **Методичні рекомендації** до виконання магістерської роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 « Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання [електронний ресурс] / уклад. А.М. Куц, В.Л. Прибильський, М.В. Білько. Київ: НУХТ, 2022. 66 с.
23. **Методичні рекомендації** до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. - К.:НУХТ, 2014.-67 с. - Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/filc/55.17.pdf>
24. Омельчук, С.В. Використання нетрадиційної рослинної сировини в пивоварінні для створення спеціальних сортів пива / С.В. Омельчук, І. В. Мельник, В.М. Головченко // *Харчова наука і технологія*. 2014.–№ 3 (16).–С. 56–58.
25. Прядко В.О. Вибір та обґрунтування технології крафтового пивоваріння з використанням пряно-ароматичної сировини : кваліфікаційна робота. на здобуття кваліфікації магістра. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 « Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства», НУХТ. Київ: 2018. 74 с.
26. Патент 84557 МПК С12Н 1/02 (2006.01), Україна. Спосіб стабілізації пива / Данилова Л. А., Мелетьев А. Є., Березка Т. О., Гудзь О. М., Некрасов П. О. ; патентовласник Нац. техн. ун-т "ХП". – № и 2013 04955 ; заявл. 17.04.2013 ; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20. 4 с.

27. Препарати танінів для підвищення стійкості пива / З. М. Романова, Березка Т.О, Лойко С.М., Романов М.С. вип.1 : *Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*. Харків : НТУ "ХПІ", 2016. № 19 (1191). С. 63-69.
28. Природні антиоксиданти / Л.А. Данилова, Т.О. Березка, В.А. Домарецький, В.Д. Ганчук // *Харчова та переробна промисловість*. 2008.№1. С. 25–27.
29. Рикваер П., Дергут Б., Таверниер О. Галлотанины. Будущее в стабилизации пива // *Пиво и напитки*. 2010. №3 с.26-30.
30. Родионова Л.Я., Соболев И.В., Барышева И. Н. Классификация дикорастущего плодово-ягодного и пряно-ароматического сырья по содержанию пектиновых веществ и направленности его использования .*Сфера услуг: инновации и качество*. 2011. № 3. С. 148-154.
31. Романова, З. М., Ашмаріна Г.Р. Авторське пиво і тенденції розвитку в Україні Обеспечение продовольственной безопасности и качества продуктов первуї необходимости в условиях деятельности Республики Таджикистан во Всемирной торговой организации и Таможенного союза : материалы республиканской научно-практической конференции, 28 - мая 2016 г., Душанбе, 2016. С 34-36.
32. Сімахіна, Г. О., Халапсіна С.В. Обґрунтування вибору дикорослих ягід для отримання свіжозаморожених напівфабрикатів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2013. № 52. С. 75-81.
- 33.Стабилизирующая технологическая добавка будущего: Галлотанины: материалы Конференции VLB в Москве [«Колоидная стабильность сейчас»], (М., ноябрь 2012 г.)/Ajinomoto, Германия. –М.:2012–28с.
34. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах: навч. посіб. / А.Є. Мелетьєв, В.А. Домарецький, С.Р. Тодосійчук, А.М. Куц, В.М. Кошова. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.
35. Цивільний захист: Методичні рекомендації до виконання розділу дипломного проекту (роботи) «Цивільний захист» для студентів технологічних спеціальностей денної та заочної форм навчання/ О.В. Хіврич, В.А. Заєць, О.П. Слободян, Л.П. Нещадим. Київ: НУХТ, 2013. 19с.
36. Mikuška A, Hrabak M. ,D. Haskova D. The Role of Malt and Hop Polyphenols in Beer Quality, Flavour and Haze Stability/ // *Journal of the Institute of Brewing Volume* 2012.№10. pp.78-85.
37. Siebert K.S., Lynn P.Y. Effect of protein — polyphenol ratio on the size of haze particles // *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2010. № 58(3). Pp.17-123.
38. Steenackers, B., De Cooman L, De Vos D Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: a review /*Food Chemists*. 2015. №172. p p 742-756.
39. URL: [Чорноплідна горобина \(аронія\): лікувальні властивості, застосування, рецепти \(healthday.in.ua\)](http://healthday.in.ua) (дата звернення 10.10.2023).
40. [Імбир ► Властивості та Користь, Застосування та Протипоказання. \(biovit.ua\)](http://biovit.ua) URL: https://biovit.ua/ua/news/Zdorovyiy-obraz-zhizni/vse_ob_imbire (дата звернення 10.10.2023).

41. Сайт ISO. URL: <https://www.iso.org/iso-22000-food-safety-management.html>
(дата звернення 20.10.2023).

42. Єдина Товарна номенклатура зовнішньоекономічної діяльності
Таможної спілки (ТН ВЭД ТС) [Електронний ресурс]/ООО «ТКС» Режим
доступу: [http:// www.tks.ua/db/tnved/tree](http://www.tks.ua/db/tnved/tree) – (Дата звернення 21.11.2023)

ДОДАТОК А.

Робоча програма

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродиння і виноробства НУХТ,
протокол № _____
від « » _____ 2023 р.
Зав. кафедри _____ А.М. Куц

РОБОЧА ПРОГРАМА

кафедральної магістерської роботи на тему:

«ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ У ПИВОВАРІННІ»

- 1.1 Дослідження можливості застосування рослинної і пряно-ароматичної сировини для розширення асортименту і підвищення цінності пива
- 1.2 Рослинна сировина, як стабілізатор стійкості пива
 - 1.2.1 Основні компоненти сировини і проміжних продуктів, та їх вплив на стійкість готового пива
 - 1.2.2 Основні стабілізатори природного походження, що впливають на стійкість
- 1.3 Підбір пряно-ароматичної сировини, що є стабілізатором і антиоксидантом та можливість її використання для розширення асортименту
- 1.4 Висновки

2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 2.1 Об'єкт і предмет досліджень
- 2.2 Методика досліджень
- 2.3 Методи досліджень

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВОВАРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (експериментальна частина)

- 3.1 Дослідження зміни показників пива на стадії кип'ятіння суслу з хмелем
- 3.2 Дослідження зміни показників пива при задачі сировини на стадії головного бродиння
- 3.3 Органолептична оцінка досліджуваних зразків пива
- 3.4 Підбір оптимальної кількості пряно-ароматичної сировини
- 3.5 Висновки

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Магістрант _____ Михайло БАБІЙЧУК
(підпис)

Керівник, доцент, к.т.н. _____ Зоряна РОМАНОВА

ДОДАТОК Б.

Рецептура пива «Чорна ягода»

Витрати сировини на 1 дал пива

«Чорна ягода»

1. Солод пивоварний ячмінний світлий - 100%
2. Допускається заміна до 5% солоду світлого крупкою рисовою або кукурудзяною, та, або цукром-піском, та або цукром рідким та, або іншими цукровмісними продуктами.
3. Хміль рідкий гранульований або хмелевий екстракт
Норма гірких речовин $G_c = 0,7 - 0,8$ г/дал
з базисною нормою за кольором.
4. Горобина (аронія) висушена подрібнена - 100 г/дал
5. Дріжджі низового бродіння Fermentis «S-189» - 10 г/дал

Органолептичні показники пива

«Чорна ягода»

Назва показника	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина без осаду та сторонніх включень
Смак	Солодовий смак з тонами ягід аронії і м'якою хмелевою гіркотою
Аромат	Солодовий з легким ягідним ароматом
Піноутворення	Висота піни, не менше, мм -20,0 Піностійкість не менше, хв – 2,0

Фізико-хімічні показники пива

«Чорна ягода»

№ п/п		
1	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	12±0,3%
2	Об'ємна частка спирту, % не менше	3,4
3	Кислотність, см ³ 1моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	1,7 -3,2
4	Колір, см ³ , 01моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	1,9 -2,4
5	Масова частка діоксиду вуглецю, % не менше	0,33
6	Стійкість, діб, не менше Вспоживчій тарі	3
7	Харчова цінність, г/100г пива	4,6
8	Енергетична цінність, ккал в 100 г пива	42

ДОДАТОК В. Публікації

Якість і безпека харчових продуктів

2023

Z. M. Romanova, PhD, as. prof.

M. Babiychuk, PhD student

S. Kuzma, PhD student

National university of food technologies, Kyiv, Ukraine

V. V. Tkach, PhD, as. prof.

Universidade do Porto, Portugal

8. GLUTEN-FREE RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF FERMENTED BEVERAGES

Introduction. The current state of the environment encourages the consumption of beverages that not only fill the body with valuable nutrients, but also do not harm the body. Fermented drinks are beverages with high nutritional and biological value. In a liquid at room temperature, microorganisms convert the available sugar into acids (e.g. lactic acid and acetic acid), alcohol and carbon dioxide. The acids ensure the destruction of harmful bacteria that could spoil the drink. This, in turn, increases its shelf life. In addition to acids, fermentation also creates unique flavours and beneficial nutrients.

Currently, the production of fermented beverages is a dynamically developing industry in the soft drinks sector. This is possible due not only to the introduction of new technologies, but also to the improvement of existing ones [1, 2].

The aim of the study is to develop the technology of a fermented beverage - kvass based on malted millet wort. The paste was made by the decoction method.

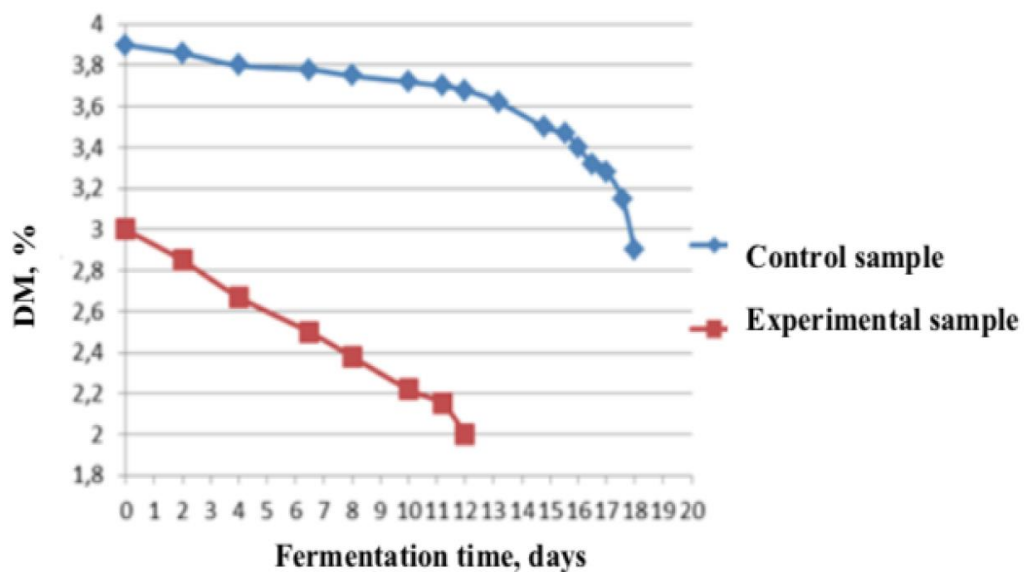
Materials and methods. Millet belongs to the genus of annual herbaceous plants of the cereal family. Like any small-seeded plant, it is characterised by high filminess. Millet is a gluten-free raw material with a low glycaemic index, low fat, high fibre content, a complete amino acid profile, and a number of important vitamins and

Results and discussion. On the basis of the extract obtained, kvass wort was produced using traditional technology. The production of kvass based on malted millet wort includes the following stages: preparation of sugar syrup; preparation of yeast starter cultures; preparation of kvass wort; fermentation of kvass wort; cooling of fermented wort and removal of yeast sediment; blending of fermented wort with sugar syrup and kohl; bottling [3]. To compare the results, a sample of kvass based on the kvass wort concentrate (KWC) was produced as a control sample.

According to the results of the experiment (fig. 1), it was found that the fermentation of kvass wort based on millet malt wort was 6 hours faster than the fermentation based on the KWC, which is economically beneficial. Figure 1 shows the dynamics of dry matter (DM) reduction by 1 % during the fermentation of kvass wort of the control and experimental samples.

146

The experimental sample had a predominant malt aroma, corresponding to the type of raw material used.



ДОДАТОК Г.

Ідентифікація параметрів математичної моделі бродіння

Позначення, що дані в таблиці:

S – видимий екстракт;

ΔS – ступінь зброджування;

X – концентрація дріждів;

V – об'єм пива, що зброджується;

N – загальна біомаса;

C_d – концентрація діацетилу.

Т а б л и ц я В.1

t, год	S, %	ΔS , %	X, 10^6 /м л	V, л	N, 10^9	ln N/N0	C_d , м г /	
							л	
0	5,80	5,20	95,7	1,730	165,6	0,000	0,642	
6	5,80	5,20	95,4	2,160	206,1	0,219	0,479	
12	5,80	5,20	95,2	2,705	257,5	0,441	0,484	
18	5,80	5,20	95,1	2,365	320,0	0,659	0,498	
24	5,80	5,20	94,9	4,185	397,2	0,875	0,504	
30	5,80	5,20	94,9	5,225	495,8	1,097	0,510	
36	5,80	5,20	94,8	6,530	619,0	1,319	0,514	
42	5,80	5,20	94,7	8,115	768,5	1,535	0,517	
48	5,80	5,20	94,6	10,110	956,4	1,750	0,520	
52	5,80	5,20	144,0	11,705	1107,0	1,900	0,521	
60	4,45	6,55	166,8	10,000	1440,0	2,163	1,248	
66	3,39	7,61	184,3	10,000	1668,0	2,310	1,400	
72	2,64	8,36	193,8	10,000	1843,0	2,400	1,740	
78	2,26	8,74	199,8	10,000	1938,0	2,460	1,712	
84	2,05	8,95	202,1	10,000	1998,0	2,490	1,471	
90	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	1,008	
96	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,730	
102	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,605	
108	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,540	
120	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,461	
144	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,350	
168	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,269	
192	1,97	9,03	202,1	10,000	2022,0	2,502	0,201	

Т а б л и ц я В.2

t, год	S, %	ΔS , %	X, 10^6 /м л	V, л	N, 10^9	ln N/N0	C_d , м г /	
							л	
0	4,80	6,20	92,8	1,780	165,2	0,000	1,070	
6	4,80	6,20	100,0	2,005	200,5	0,194	0,853	
12	4,80	6,20	107,8	2,250	240,2	0,374	0,849	
18	4,80	6,20	113,1	2,605	294,6	0,578	0,843	

Продовження таблиці В.2

24	4,80	6,20	119,0	3,030	360,6	0,781	0,839
30	4,80	6,20	124,3	3,485	433,2	0,964	0,836
36	4,80	6,20	129,0	3,995	515,4	1,138	0,834
42	4,80	6,20	133,2	4,785	637,4	1,350	0,830
48	4,80	6,20	136,8	5,700	779,8	1,552	0,827
54	4,80	6,20	140,0	6,690	936,6	1,735	0,825
60	4,80	6,20	142,7	7,875	1123,8	1,917	0,823
66	4,80	6,20	145,0	9,495	1376,8	2,120	0,821
72	4,80	6,20	147,0	11,310	1670,0	2,313	0,820
78	3,94	7,06	197,1	10,000	1971,0	2,479	0,960
84	3,25	7,75	222,8	10,000	2228,0	2,602	1,126
90	2,74	8,26	242,5	10,000	2425,0	2,686	1,220
96	2,42	8,58	255,3	10,000	2553,0	2,738	1,238
102	2,24	8,76	263,0	10,000	2630,0	0,768	0,212
108	2,13	8,87	268,4	10,000	2684,0	0,788	0,124
114	2,05	8,95	272,6	10,000	2726,0	0,803	1,033
120	1,99	9,01	275,9	10,000	2759,0	2,815	0,950
144	1,99	9,01	275,9	10,000	2759,0	2,815	0,678
168	1,99	9,01	275,9	10,000	2759,0	2,815	0,508
192	1,99	9,01	275,9	10,000	2759,0	2,815	0,398

Т а б л и ц я В.3

t, г о д	S, %	$\Delta S, \%$	X, $10^6/м л$	V, л	N, 10^9	$C_d, м г /$	
						ln N/N ₀	л
0	6,80	4,20	85,1	1,950	166,0	0,000	0,090
6	6,80	4,20	80,2	2,105	209,9	0,230	0,089
12	6,80	4,20	76,7	3,385	259,6	0,447	0,161
18	6,80	4,20	74,2	4,445	329,8	0,686	0,221
24	6,80	4,20	72,3	5,745	415,4	0,917	0,263
30	6,80	4,20	70,8	7,375	520,0	1,142	0,294
36	6,80	4,20	69,7	9,325	649,9	1,365	0,318
42	6,80	4,20	68,7	11,940	820,3	1,599	0,337
48	6,10	4,90	102,8	10,000	1028,0	1,823	0,432
54	5,25	5,75	127,0	10,000	1270,0	2,035	0,533
60	4,45	6,55	152,6	10,000	1526,0	2,218	0,650
66	3,74	7,26	177,1	10,000	1771,0	2,367	0,795
72	3,18	7,82	198,6	10,000	1986,0	2,482	0,942
78	2,72	8,28	215,1	10,000	2151,0	2,562	1,148
84	2,42	8,58	272,1	10,000	2271,0	2,616	1,255
90	2,25	8,75	236,0	10,000	2360,0	2,654	1,280
96	2,15	8,85	242,6	10,000	2426,0	2,682	1,257

Продовження таблиці В.3

102	2,09	8,91	248,1	10,000	2481,0	2,704	1,228
108	2,04	8,96	252,7	10,000	2527,0	2,723	1,012
114	2,01	8,99	253,7	10,000	2537,0	2,727	0,913
120	1,98	9,02	254,0	10,000	2540,0	2,728	0,840
144	1,98	9,02	254,0	10,000	2540,0	2,728	0,621

168	1,98	9,02	254,0	10,000	2540,0	2,728	0,448
192	1,98	9,02	254,0	10,000	2540,0	2,728	0,334

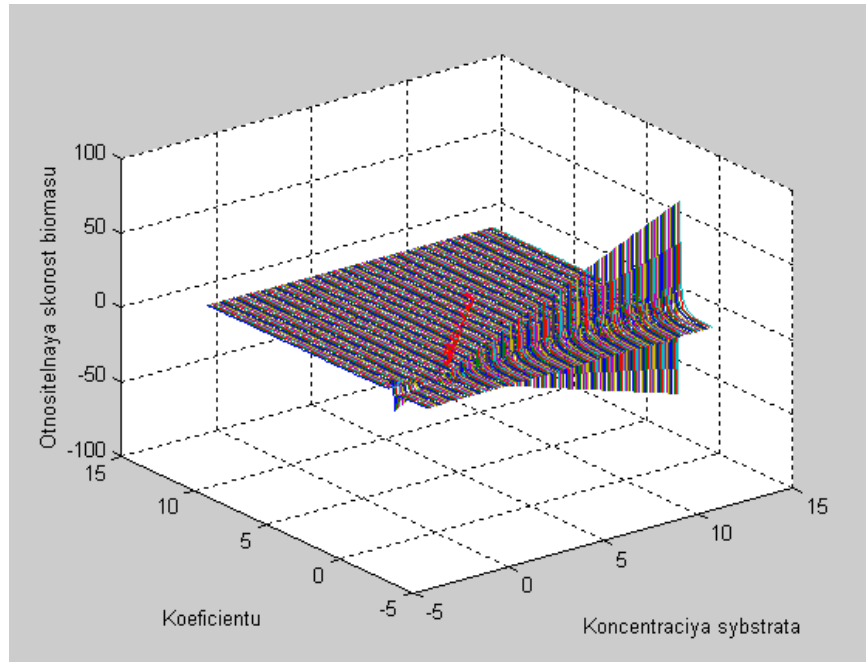


Рис. В.1. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m S}{K_S + S}$, $\mu_m = 0.2412$, $K_S = 0.4143$

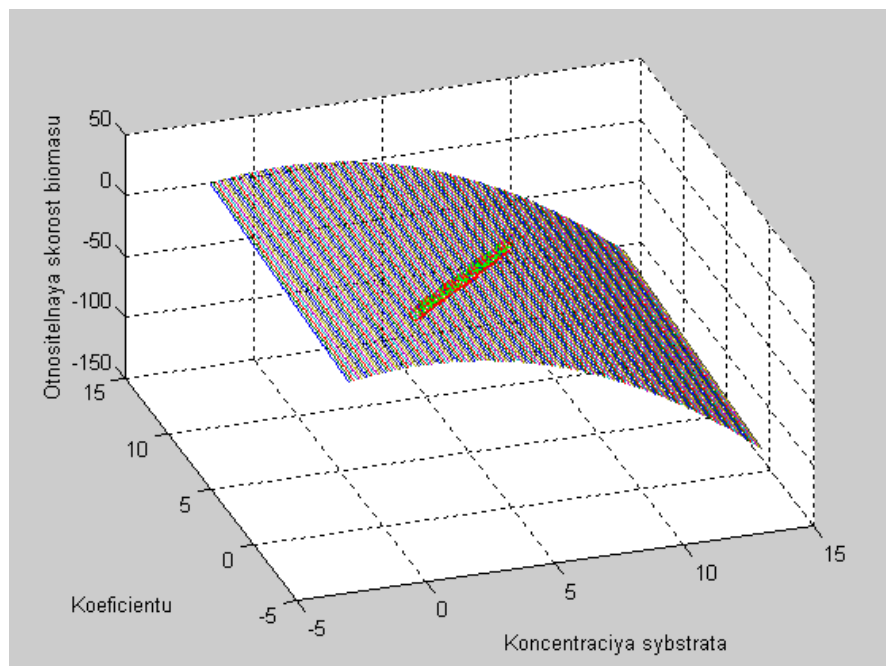


Рис. В.2. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m S}{K_1 + S + S^2 / K_{11}} * \frac{1}{1 + P / K_p}$,

$$\mu_m = 3.1230, K_1 = 2.9313, K_{11} = 1.8940, P = 0.9459, K_p = 5.9689$$

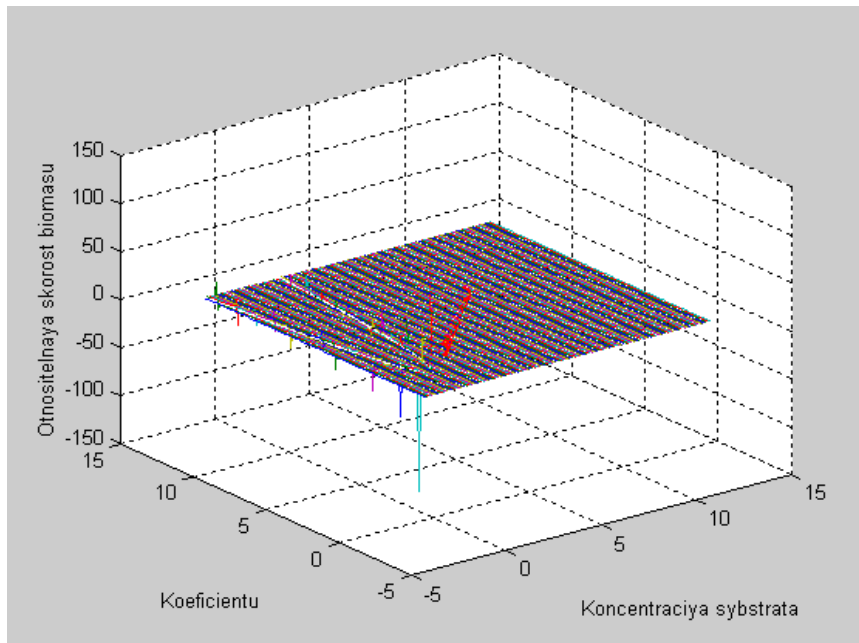


Рис. В.3. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m S}{K_S + S + S^2 / K_i}$,

$$\mu_m = 0.2994, \quad K_S = 0.2998, \quad K_i = 0.2991$$

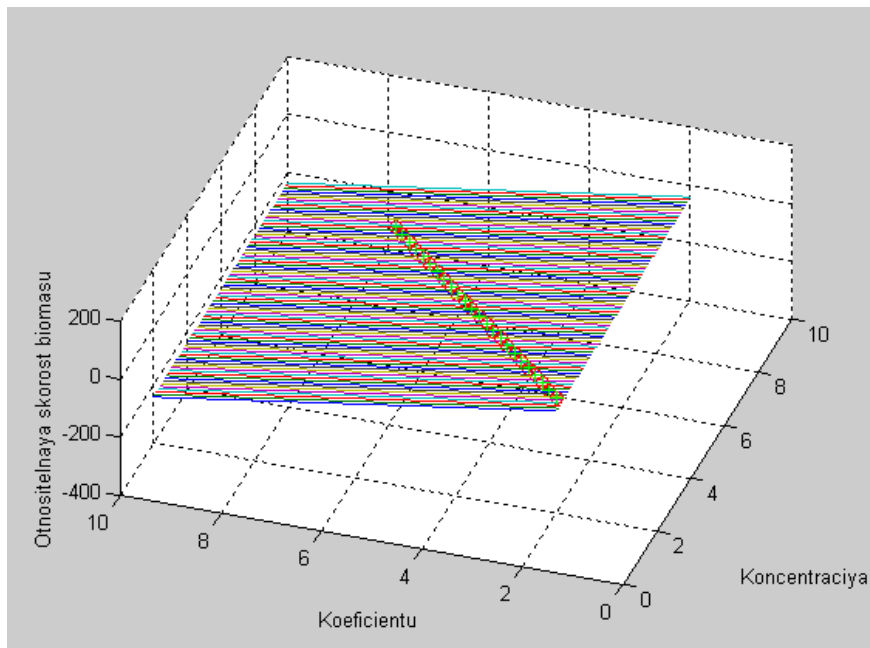


Рис. В.4. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m (1 + S / K_1)}{1 + S / K_2}$

$$\mu_m = 0.0451, \quad K_1 = 0.0488, \quad K_2 = 0.0407$$

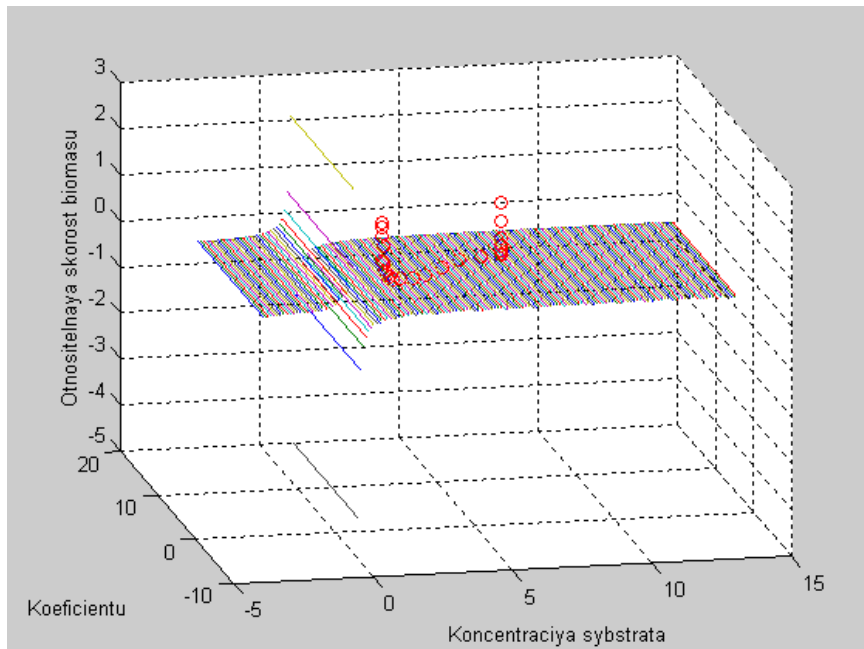


Рис. В.5. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m}{1 + S / K_i}$

$$\mu_m = 0.4602, \quad K_i = 0.3622$$

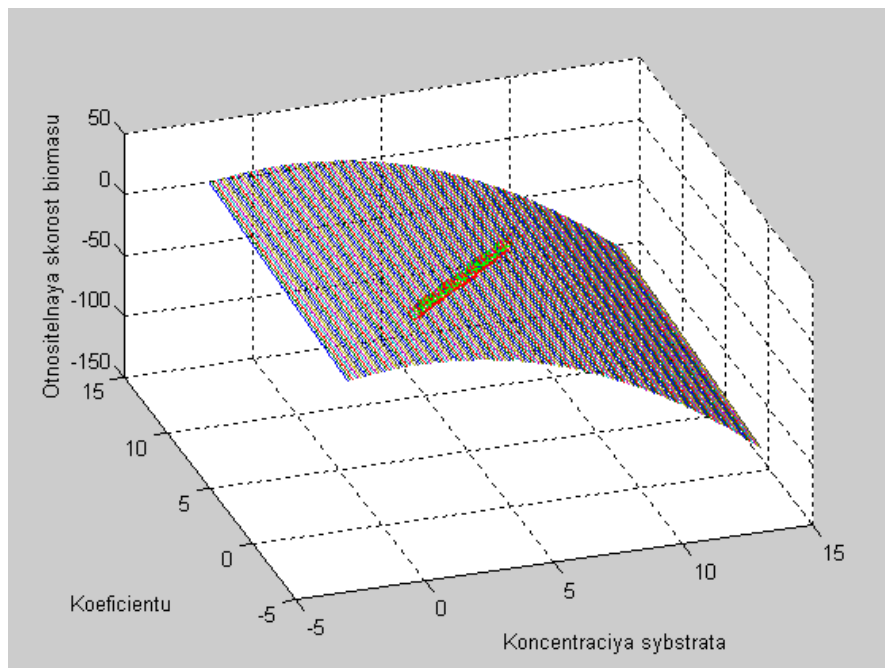


Рис. В.6. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m S}{K_1 + S + S^2 / K_{11}} * \frac{1}{1 + P / K_p}$

$$\mu_m = 3.1230, \quad K_1 = 2.9313, \quad K_{11} = 1.8940, \quad P = 0.9459, \quad K_p = 5.9689$$

Рис. В.7. Для моделі типу $\mu = \frac{\mu_m S}{K_S + S + P / K_p}$

$$\mu_m = 2.8137 \quad K_S = 2.9506 \quad P = 1.6739 \quad K_p = 1.0395$$