

**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»**

на тему: «**Дослідження та удосконалення технології спиртової бражки із застосуванням електрохімічно активованої води**»

Виконав:

здобувач 2 курсу,  
групи ЗТБ-2-1М

\_\_\_\_\_ (підпис)

Анна Русланівна ЧЕРЕМИС

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Роман Григорович КИРИЛЕНКО

(прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ярослав Володимирович СМІТЮХ

(прізвище, ім'я, по батькові)

Я, як здобувачка Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Анна ЧЕРЕМИС  
(підпис)

**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

31 серпня 2023 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

**Черемис Анні Русланівні**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження та удосконалення технології спиртової бражки із застосуванням електрохімічно активованої води»

Керівник роботи Кириленко Р.Г., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06 листопада 2023 року № 907–КС

2. Строк подання роботи \_\_\_\_\_ 01 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 електрохімічно активованої води на біоконверсію зернової сировини з метою покращання хіміко-технологічних показників сула та бражки

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Актуальні проблеми технології спиртової бражки (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи і методика досліджень. 3. Вплив електрохімічно активованої води на активність амілолітичних ферментних препаратів. (експериментальна частина). 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури.

Додаток

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

Таблиці з результатами досліджень — 9

Графіки з результатами досліджень — 11

## 6. 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	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.23-4.11.23	
	<b>1-а атестація</b>	<b>5.11.2023</b>	
3.	Експериментальні дослідження впливу голок ялинки і сосни на показники якості пива	05.11.23-17.12.23	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.23-22.12.23	
	<b>2-а атестація</b>	<b>23.12.23</b>	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.23-30.12.23	
6.	Розробка рецептур нових сортів пива голок ялинки і сосни	31.12.23-06.01.24	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.24-13.01.24	
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.24-24.01.24	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.24-31.01.24	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.24-05.02.24	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	06.02.24-10.02.24	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	11.02.24-13.02.24	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Анна ЧЕРЕМИС

Керівник роботи, доцент

Роман КИРИЛЕНКО

## АНОТАЦІЯ

**Черемис Анна Русланівна «Дослідження та удосконалення технології спиртової бражки із застосуванням електрохімічно активованої води».** Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», спеціалізація — «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

Дослідження направлені на удосконалення технології спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води для покращення фізико-хімічних показників замісу та сусла з крохмалевмісної сировини.

Метою даної роботи є дослідження впливу електрохімічно активованої води на біоконверсію зернової сировини з метою покращання хіміко-технологічних показників сусла та бражки.

Наукова значимість кваліфікаційної роботи полягає у доведенні ефективності використання електрохімічно активованої води у технології спиртової бражки із крохмалевмісної сировини.

Підібрано комплекс ферментних препаратів для термоферментативного оброблення пшениці, зокрема: джерел  $\alpha$ -амілази, глюкоамілази та целюлази для розщеплення некрохмальних полісахаридів, які містяться у плівчастій частині зерна пшениці.

Обґрунтовано доцільність використання електрохімічно активованої води на стадії приготування замісу з пшениці, оскільки такий технологічний прийом дає можливість знизити вміст у зрілій бражці загальних вуглеводів, збільшити вміст спирту у бражці та зменшити дозування для  $\alpha$ -амілази і глюкоамілази на одиницю умовного крохмалю.

Встановлено, що електрохімічно активовану воду можна використовувати для оброблення зерна пшениці та приготування сусла, що забезпечить зменшення їх контамінантної мікрофлори.

Запропоновано технологію застосування електрохімічно активованої води у технології спирту на стадіях приготування дріжджів та розчинів ферментних препаратів для їх активації.

Кваліфікаційна робота викладена на 75 сторінках друкованого тексту; містить 9 таблиць і 11 рисунків.

**Ключові слова:** технологія спиртової бражки, електрохімічно активована вода, католіт, аноліт, пшениця, сусло, ферментний препарат, дріжджі.

## ANNOTATION

**Cheremys Anna Ruslanivna « Research and improvement of alcohol brewing technology using electrochemically activated water».** Qualification work for a master's degree in specialty 181 «Food Technology», specialization — «Technology of fermentation and winemaking». National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

Research is aimed at improving the technology of alcohol mash using electrochemically activated water to improve the physical and chemical parameters of the dough and wort from starch-containing raw materials.

The purpose of this work is to study the influence of electrochemically activated water on the bioconversion of grain raw materials in order to improve the chemical and technological indicators of wort and mash.

The scientific significance of the qualification work consists in proving the efficiency of using electrochemically activated water in the technology of alcohol mash from starch-containing raw materials.

A complex of enzyme preparations for thermo-fermentative processing of wheat was selected, in particular: sources of  $\alpha$ -amylase, glucoamylase and cellulase for splitting non-starch polysaccharides contained in the membranous part of wheat grain.

The expediency of using electrochemically activated water at the stage of preparation of wheat dough is substantiated, since this technological technique makes it possible to reduce the content of total carbohydrates in mature brew, increase the alcohol content in brew, and reduce the dosage for  $\alpha$ -amylase and glucoamylase per unit of conventional starch.

It has been established that electrochemically activated water can be used to process wheat grains and prepare wort, which will ensure the reduction of their contaminating microflora.

The technology of using electrochemically activated water in alcohol technology at the stages of preparation of yeast and solutions of enzyme preparations for their activation is proposed.

Qualification work is presented on 75 pages of printed text; contains 9 tables and 11 figures.

**Key words:** ethanol brewing technology, electrochemically activated water, catholyte, anolyte, wheat, wort, enzyme preparation, yeast.

## ABSTRAKT

**Cheremys Anna Ruslanivna «Forschung und Verbesserung der Alkoholbrautechnologie unter Verwendung von elektrochemisch aktiviertem Wasser».** Qualifikationsarbeit zur Erlangung eines Master-Abschlusses in der Fachrichtung 181 „Lebensmitteltechnologien“, Spezialisierung – „Technologien der Fermentationsprodukte und Weinherstellung“. Nationale Universität für Lebensmitteltechnologien, Kiew, 2024.

Ziel der Forschung ist die Verbesserung der Technologie der Alkoholmaische mit elektrochemisch aktiviertem Wasser, um die physikalischen und chemischen Parameter des Teigs und der Würze aus stärkehaltigen Rohstoffen zu verbessern.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss von elektrochemisch aktiviertem Wasser auf die Bioumwandlung von Getreiderohstoffen zu untersuchen, um die chemischen und technologischen Indikatoren von Würze und Maische zu verbessern.

Die wissenschaftliche Bedeutung der Qualifizierungsarbeit besteht im Nachweis der Effizienz des Einsatzes von elektrochemisch aktiviertem Wasser in der Technologie der Alkoholmaische aus stärkehaltigen Rohstoffen.

Es wurde ein Komplex von Enzympräparaten für die thermofermentative Verarbeitung von Weizen ausgewählt, insbesondere: Quellen für  $\alpha$ -Amylase, Glucoamylase und Cellulase zur Spaltung von Nichtstärke-Polysacchariden, die im membranösen Teil des Weizenkorns enthalten sind.

Die Zweckmäßigkeit der Verwendung von elektrochemisch aktiviertem Wasser bei der Zubereitung von Weizenteig ist erwiesen, da diese technologische Technik es ermöglicht, den Gehalt an Gesamtkohlenhydraten im reifen Sud zu reduzieren, den Alkoholgehalt im Sud zu erhöhen und die Dosierung für  $\alpha$ - zu reduzieren. Amylase und Glucoamylase pro Einheit herkömmlicher Stärke.

Es wurde festgestellt, dass elektrochemisch aktiviertes Wasser zur Verarbeitung von Weizenkörnern und zur Herstellung von Würze verwendet werden kann, wodurch die kontaminierende Mikroflora reduziert wird.

Vorgeschlagen wird die Technologie der Verwendung von elektrochemisch aktiviertem Wasser in der Alkoholtechnologie in den Phasen der Hefeherstellung und Lösungen von Enzympräparaten zu deren Aktivierung.

Die Qualifizierungsarbeit wird auf 75 Seiten gedrucktem Text präsentiert; enthält 9 Tabellen und 11 Abbildungen.

**Schlüsselwörter:** Alkoholbrautechnologie, elektrochemisch aktiviertes Wasser, Katholyt, Anolyt, Weizen, Würze, Enzympräparat, Hefe.

## ЗМІСТ

	<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ.....</b>	<b>11</b>
1.1	Аналіз ринку сировини для одержання спирту.....	11
1.2	Контамінантна мікрофлора сировини та способи боротьби з нею.....	13
1.3	Підвищення ефективності гідроферментативного оброблення крохмалевмісної сировини .....	15
1.4	Порівняння промислових штамів дріжджів — збудників спиртового бродиння.....	16
1.5	Вплив чинників на активність дріжджів.....	17
1.6	Електрохімічна активація води.....	18
1.6.1	Процеси, що відбуваються під час електрохімічної активації води....	19
1.6.2	Біологічна активність електрохімічно активованої води.....	21
<b>2</b>	<b>МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>24</b>
2.1	Матеріали досліджень.....	24
2.2	Методи досліджень.....	27
2.2.1	Електрохімічна активація води.....	27
2.2.2	Проведення розрідження та оцукрювання крохмалевмісної сировини.....	28
2.2.3	Зброджування сусла.....	29
2.3	Методика досліджень.....	30
2.3.1	Визначення в'язкості сусла.....	30
2.3.2	Ферментативний гідроліз крохмалю.....	30
2.3.3	Оброблення експериментальних даних.....	32

					<i>Дослідження та удосконалення технології спиртової бражки із застосуванням електрохімічно активованої води</i>						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Черемис А.Р.				<b>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Кириленко Р.Г.									6	75
Зав. кафедри	Куц А.М.							<b>НУХТ ННІХТ ЗТБ–2–1М</b>			

<b>3</b>	<b>ОДЕРЖАННЯ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ.....</b>	<b>33</b>
3.1	Вплив електрохімічно активованої води на процеси приготування сусла та бражки з крохмалевмісної сировини.....	33
3.2	Вплив дозування ферментних препаратів, приготованих на основі католіту, на показники пшеничного сусла та бражки.....	42
3.3	Висновки.....	51
<b>4</b>	<b>ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....</b>	<b>63</b>
	<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>68</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>69</b>
	<b>ДОДАТОК.....</b>	<b>74</b>

## Перелік умовних позначень

- АЗ — альфа-амілазна активність;
- ГлЗ — глюкоамілазна активність;
- $\beta$ -ГЗ —  $\beta$ -глюканазна активність;
- ТФО — термоферментативне оброблення;
- ГМ — гідромодуль замісу;
- ЕХА — електрохімічна активація;
- ЕХА-вода — електрохімічно активована вода;
- ЕХА-розчин — електрохімічно активований розчин;
- СР — сухі речовини;
- ТФО — термоферментативне оброблення;
- ФП — ферментний препарат.

## ВСТУП

Інтенсифікація процесів приготування сусла та його зброджування до етилового спирту передбачає ефективне перероблення компонентів існуючих видів сировини та пошук альтернативних джерел, що є важливим завданням інноваційних технологій спирту, де переважають зернові культури, які становлять основу у виробництві харчових продуктів.

Використання спельти (*Triticum spelta* L.) для одержання спирту дасть можливість розширити сировинну базу. Спельта на противагу іншим зерновим культурам є невибагливою до умов вирощування та не вимагає використання отрутохімікатів, є стійкою до зміни агрокліматичних умов, зокрема посухи та холоду, й швидко дозріває.

Актуальним напрямом інновацій спиртової галузі є забезпечення максимального використання компонентів сировини за рахунок правильного вибору комплексів ферментних препаратів та підвищення їх активності, оптимальних режимів термоферментативного оброблення (ТФО) сусла та його зброджування.

Сьогодні великий інтерес викликає електрохімічна активація (ЕХА) води та водних розчинів, а також можливість її застосування у харчових технологіях. За рахунок своєї біологічної дії активована шляхом електролізу вода може бути як антисептиком, так і стимулятором росту мікроорганізмів.

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження впливу електрохімічно активованої води (ЕХА-води) на хіміко-технологічні показники спиртової бражки та сусла, контамінантну мікрофлору сировини спиртового виробництва, генеративну та бродильну активності дріжджів, активність ферментних препаратів (ФП) на стадії приготування сусла.

Розроблення та впровадження у технологію спирту низькотемпературної водно-теплової обробки крохмалевмісної сировини дає змогу знизити енерговитрати, проте така технологія не забезпечує мікробіологічної чистоти напівпродуктів виробництва, насамперед, при використанні зернових культур з підвищеним вмістом сторонніх мікроорганізмів. Тому для усунення мікрофлори використовують, в основному, стерилізацію сусла або антисептичні препарати. Так, постає питання ефективного перероблення сировини та зменшення її контамінантної мікрофлори, що забезпечує зниження втрат під час технологічного процесу та підвищення виходу цільового продукту — етанолу.

Отже, дослідження технології спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води є актуальним і перспективним науково-технічним завданням.

**Мета дослідження:** удосконалення технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини з використанням електрохімічно активованої води для покращення хіміко-технологічних показників замісу та сусла.

Відповідно до поставленої мети основними **задачами дослідження** є:

- визначити вплив електрохімічно активованої води на процеси приготування сусла та бражки з крохмалевмісної сировини;

- обґрунтувати доцільність використання електрохімічно активованої води на стадії приготування замісу його оцукрювання та зброджування з пшениці;
- удосконалити технологічну схему одержання спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води.

**Об'єкт дослідження** — технологія спиртової бражки з крохмалевмісної сировини.

**Предмет дослідження** — приготування замісу, сусла та бражки на основі електрохімічно активованої води.

**Методи дослідження** — органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи визначення якості сировини, напівпродуктів та готової продукції; методи планування експерименту і математичного оброблення експериментальних результатів, загальноприйняті та спеціальні з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

**Наукова новизна** роботи полягає у тому що:

- удосконалено технологію та науково обґрунтовано доцільність використання електрохімічно активованої води у технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини, що забезпечить ефективну біоконверсію вуглеводів в етиловий спирт;
- показано вплив католіту та аноліту на показники сусла та бражки, одержаних зі спельти як сировини у виробництві етилового спирту із зерна, та встановлено, що внесення аноліту під час приготування замісу у поєднанні з низькотемпературною водно-тепловою обробкою сприяє зменшенню мікробіоти зернового сусла у технології спиртової бражки;
- експериментально доведено, що використання електрохімічно активованої води на стадії приготування замісу із зернової сировини, для активації амілолітичних ферментних препаратів і засівних дріжджів забезпечує збільшення вмісту спирту у бражці.

**Практичне значення одержаних результатів.** Встановлено раціональні параметри застосування електрохімічно активованої води у технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини.

Запропоновано та експериментально доведено можливість використання спельти для розширення сировинної бази у виробництві етилового спирту із зерна. Обґрунтовано раціональні технологічні параметри одержання спиртової бражки зі спельти.

Встановлено можливість зменшення дозування ферментних препаратів  $\alpha$ -амілази та глюкоамілази шляхом їх оброблення католітом.

**Структура роботи.** Робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури, що налічує 70 найменувань та додатку. Робота викладена на 75 сторінках друкованого тексту, містить 9 таблиць і 11 рисунків.

# 1 АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ (аналітичний огляд)

## 1.1 Аналіз ринку сировини для одержання спирту

Виробництво відновлювальних видів палива, насамперед біоетанолу, — важливе стратегічне завдання кожної країни, оскільки світові резерви корисних копалин є вичерпними, обсяг їх споживання збільшується, а запаси нафти та газу скорочуються [1-3].

У цьому контексті поєднують зусилля фахівці різних галузей, зокрема спиртової та сільськогосподарської [4].

Основною сировиною для виробництва спирту є крохмале- та цукровмісна: кукурудза, ячмінь, цукровий буряк, цукрове сорго, тритікале, меляса тощо [5].

Основним завданням спиртового виробництва є розроблення і впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, які зможуть забезпечити більш глибоке і комплексне перероблення сировини [6]. Такі технології слід застосовувати на кожному етапі виробництва — під час підготовки сировини, термоферментативного оброблення зерна, зброджування суслу та подальшої брагоректифікації бражки [7].

Мінімізація виробничих втрат є основним напрямком ресурсозбереження. Удосконалення технологічних операцій з метою максимального скорочення втрат сировини, а саме невикористаних зброджуваних вуглеводів, напівпродуктів та продуктів на всіх етапах виробництва є ефективним заходом збереження ресурсів [8].

Основні статті витрат під час виробництва біоетанолу з крохмалевмісної сировини припадають на стадію водно-теплового оброблення сировини, на біоконверсію вуглеводів до зброджуваних цукрів, а також на брагоректифікацію спиртової бражки [9].

Для зниження собівартості спирту необхідно ефективно та комплексно використовувати сировину; знизити втрати крохмалю під час водно-теплового оброблення сировини шляхом зменшення температури з використанням високоефективних ферментних препаратів амілолітичної, протеолітичної та целюлолітичної дії; знизити витрати теплової енергії завдяки зброджуванню суслу підвищеної концентрації.

Пошук нових і найбільш повне використання існуючих видів сировини є важливим завданням перспективних технологій спирту з крохмалевмісної сировини. Використання спельти (*Triticum spelta* L.) для одержання спирту може вирішити проблему розширення джерел зернової сировини. Адже вона є невибагливою до умов вирощування, стійкою до зміни агрокліматичних умов, зерно спельти володіє посухо- та холодостійкістю й швидко дозріває [10].

Водночас набуває розвитку в Україні новий напрям у харчовій промисловості — виробництво борошняних продуктів для здорового харчування з нетрадиційних злакових культур — полби та спельти. Вибір цих культур зумовлений тим, що вони стійкі до польових шкідників, різких змін кліматичних умов, під час вирощування не вимагають використання

отрутохімікатів, а належать до низькозатратного органічного землеробства. Тому спостерігається зацікавленість до культури спельти як «екологічно збалансованої» [11].

Також розроблено технологію виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці спельти [12]. У роботі [13] досліджено круп'яні властивості зерна пшениці спельти, які змінюються залежно від сорту та лінії, адже вона може бути з плівками (сорт Зоря України, лінія НАК 22/12), без плівок (сорт Швецька 1, лінії LPP 3117, Р 3, LPP 1221), та напівплівковою. Вміст плівок змінюється залежно від сорту та лінії в діапазоні від 30,4 до 64,8%.

Суцільно змелене борошно зі спельти містить більше на 28% білків, на 60% жирів, на 14% харчових волокон, на 22% золи та на 5–49% вітамінів порівняно з пшеничним борошном [14].

Останніми роками значна увага приділяється селекції нових сортів спельти у країнах Європи (Німеччині, Австрії, Швейцарії), Австралії та Канаді [15].

На сьогодні в Україні також займаються питанням виведення нових форм пшениці спельти, зокрема такі дослідження проводять: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла, Всеукраїнський науковий інститут селекції (ВНІС) та Уманський національний університет садівництва (УНУС) [16]. Науковцями встановлено, що найбільш придатними за еколого-кліматичними умовами для вирощування виду *T. Spelta* є північні частини Хмельницької, Тернопільської, Львівської областей та південні частини Рівненської та Волинської областей, у цих регіонах можна отримати максимальну продуктивність спельти [17]. Багато досліджень присвячено вивченню селекційної цінності [18], якості зерна та врожайності спельти [19].

Виведення нових сортів спельти дасть змогу підвищити її врожайність та покращити ті чи інші показники, наприклад крохмалистості, з метою ефективного використання у технології виробництва спирту.

На території України вирощують три сорти спельти: Зоря України, Європа та Альберта (рис. 1.1) [20]. Дані сорти придатні для органічного землеробства, що є великою перевагою перед іншими зерновими культурами, оскільки отрутохімікати, які використовують під час вирощування, накопичуються у сировині, і, як наслідок, можуть переходити у готовий продукт, тим самим впливаючи на його органолептичні та хіміко-технологічні показники.



а)



б)



в)

**Рисунок 1.1 – Сорти спельти: а) «Зоря України»; б) «Європа»;  
в) «Альберта»**

Спельта показує високу урожайність при застосуванні інтенсивної технології вирощування. Згідно з даними Всеукраїнського наукового інституту селекції [20] середня врожайність даних сортів за роки випробування 55–68 ц/га, потенціал врожайності 62–95 ц/га.

Отже, необхідне розроблення нових технологій з метою енерго- та ресурсозберігання, а також інтенсифікації технологічного процесу.

## **1.2 Контамінантна мікрофлора сировини та способи боротьби з нею**

За якість зернової сировини спиртового виробництва відповідають не лише технологічні, а й мікробіологічні показники. Впровадження у технологію спирту низькотемпературної схеми розріджування крохмалевмісної сировини дозволяє зменшити витрату енергоресурсів, проте це забезпечує лише

пастеризацію середовища, що в подальшому може спричинити наростання кислотності через розвиток контамінантної мікрофлори, особливо при використанні некондиційної та нетрадиційної сировини [21]. Втрати спирту у разі підвищення кислотності в результаті діяльності мікроорганізмів у бражці на 0,1 градус становлять 0,1%.

Під час перероблення крохмалевмісної сировини найбільш небезпечними в спиртовому виробництві є такі групи мікроорганізмів: кислотоутворювальні бактерії, спорогенні анаеробні бактерії, спорогенні нітридоутворювальні бактерії, аспорогенні протеолітичні бактерії та плісняві гриби [22].

Контамінантна мікрофлора зернової сировини спиртового виробництва представлена аспорогенними паличкоподібними бактеріями роду *Pseudomonas* (*P. herbicola*, *P. fluorescens*), молочнокислими бактеріями *Leuconostoc* (*L. mesenteroides*), аеробними та анаеробними спорогенними бактеріями (*Bacillus mesentericus*, *B. subtilis*) та пліснявими грибами родів *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*.

Ці мікроорганізми перетворюють вуглеводи зерна до органічних кислот, які підвищують кислотність сусла, знижують його поживну цінність для подальшого зброджування дріжджами, а також інактивують амілолітичні ферменти. Такі явища відображаються на процесі бродіння сусла, технологічних показниках спиртової бражки, і, як наслідок, на виході кінцевого продукту — етанолу.

Значне зростання кількості мікроорганізмів відбувається на стадії приготування замісу, що в результаті негативно відображається на технологічних показниках сусла та роботі бактеріальних термостабільних  $\alpha$ -амілаз [8].

Для зменшення небажаної мікрофлори напівпродуктів у технології спирту використовують антисептичні засоби, які додають на стадії культивування дріжджів та бродіння сула [23]. Вони володіють широким спектром антимікробної дії. Найпоширенішими серед них є «Дівозан Форте», «Вазин», «Сульфенол» та «Полідез», дія яких детально вивчена у роботі [24].

До ефективних способів зниження контамінантної мікрофлори зерна належить використання плазмового середовища, створеного електромагнітним полем НВЧ-діапазону, крізь яке пропускають сировину. Проте установки для дезінфекції зерна таким способом доволі дорогі і в серійному виробництві ще не освоєні.

Зменшенню мікробіологічної забрудненості зерна кукурудзи в процесі виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини сприяє поєднання ІЧ-оброблення разом з низькотемпературною водно-тепловою обробкою [25].

Також для зменшення контамінантної мікрофлори сировини спиртового виробництва використовують антибіотики, які додають до напівпродуктів спиртового виробництва [26] та хімічні сполуки. Проте вони мають ряд недоліків, таких як висока вартість, поява антибіотикостійких мікроорганізмів та їхній пригнічувальний вплив на життєдіяльність дріжджів.

Екобезпечним та ефективним способом оброблення зерна від контамінантної мікрофлори є використання електрохімічно активованих водних

розчинів, які не накопичують токсичних речовин і є нешкідливими для людей, на відміну від хімічних способів оброблення зерна [27].

### **1.3 Підвищення ефективності гідроферментативного оброблення крохмалевмісної сировини**

Стадія приготування замісу є наступною після підготовки сировини у технологічному процесі одержання спирту.

Основним завданням на етапі приготування замісу є одержання однорідного та високодисперсного середовища, що дасть можливість зменшити технологічні втрати. Якість подрібненого зерна визначається його прохідністю крізь сито з діаметром отворів 1 мм.

Від ступеня подрібнення сировини залежить такий параметр, як гідромодуль, тобто співвідношення зерна та води. Зі зменшенням гідромодуля підвищується концентрація суслу та збільшується його в'язкість, що ускладнює проведення технологічного процесу, через зниження текучості та великого навантаження на перекачуючі присторої. У такому випадку для розрідження замісу використовують ферментні препарати [8].

Стрімкий розвиток науки дає можливість впроваджувати у промисловість, зокрема харчову, нові технології, які дозволяють заощаджувати енергоресурси, сировину, підвищувати вихід та якість цільового продукту.

Сьогодні науковцями зроблено багато досліджень у напрямку інтенсифікації технологічних процесів одержання спирту та зниження собівартості продукції, проте дана задача залишається перспективною для подальшого розв'язання.

Розроблення та впровадження у технологію спирту низькотемпературної схеми розріджування крохмалю сировини вимагає використання тонких помелів [28].

Якість одержаного суслу залежить від ступеня подрібнення сировини. Підвищення ступеня її дисперсності механічною деструкцією забезпечує швидший хід технологічних процесів за рахунок збільшення розміру поверхні частинок. Використання високодисперсних помелів, одержаних на дезінтеграторах, дозволяє знизити температуру розріджування сировини, а також збільшити коефіцієнт використання сировини [8].

З метою інтенсифікації технологічного процесу застосовують фізичні чинники впливу на напівпродукти спиртового виробництва. Так, встановлено [29], що попереднє ультразвукове оброблення замісів помелів крохмалевмісної сировини зі 100%-вою кількістю частинок розміром до 0,05 мм і гідромодулем  $1 \div 3$  протягом 30 хвилин частотою 44 кГц та інтенсивністю  $1,2 \text{ Вт/см}^2$  забезпечує глибше протікання гідролізу крохмалю до цукрів на 40,4%.

Запропоновано удосконалену технологію приготування суслу з крохмалевмісної сировини із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті [30]. Розроблена технологія дозволяє отримати однорідну суспензію з розміром частинок менше 250 мкм, за рахунок чого можна зменшити енерговитрати на 30% під час розріджування, скоротити тривалість процесу в два рази, зменшити втрати зброджуваних

речовин до 2–4% та збільшити вихід спирту з одиниці сировини на 1,5–3,0%.

На сьогодні розроблено «м'який» режим водно-теплової обробки сировини при температурах (<100°C) з використанням концентрованих ферментних препаратів, який характеризується кращими показниками ефективності порівняно з високотемпературними схемами.

#### **1.4 Порівняння промислових штамів дріжджів — збудників спиртового бродіння**

Наступним етапом виробництва етанолу є зброджування оцукреного суслу. Дисиміляція цукру в дріжджовій клітині може відбуватися або аеробним (дихання), або анаеробним (бродіння) шляхом.

Аеробне розщеплення цукрів відбувається по циклу Кребса. Утворена при цьому щавелевооцтова кислота може реагувати з аміаком, перетворюючись на аспарагінову кислоту, що є основою білкової структури клітини.

При анаеробному розпаді вуглеводів пірвіноградна кислота шляхом декарбоксілювання перетворюється в оцтовий альдегід, який відновлюється до спирту.

Зброджування суслу здійснюють за участю спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. За допомогою методів селекції можна забезпечити промисловість високопродуктивними штамми мікроорганізмів. Для ефективності спиртового виробництва використовують різні штами дріжджів, які характеризуються різною стійкістю до тих чи інших умов. Осмофільні дріжджі здатні витримувати високі концентрації субстратів (22–31%), термотолерантні — використовують для зброджування крохмалевмісної сировини при підвищених температурах (35–36°C), спиртостійкі — добре переносять високі концентрації спирту у бражці (12–16 об.%).

Науковці Національного університету харчових технологій селекціонували за ознаками осмофільності штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11, який при концентрації сухих речовин 22–30% може синтезувати 12–16 об.% етилового спирту [31]. Такими ж ознаками характеризуються штами ДТ-05-М, ДС-02-Е, проте на підприємствах спиртової промисловості в більшості випадків використовують сухі дріжджі іноземних виробників [32].

Науковцями Інституту продовольчих ресурсів НААН України встановлено, що у порівнянні з комерційними сухими дріжджами сахароміцети штаму ДС-02-Е української селекції накопичують спирту на 0,66 дал/т сировини більше, мають набуті осмофільні властивості і зброджують цукри з високою швидкістю навіть за меншої величини засіву [32], а також менше накопичують гліцеролу за підвищених концентрацій живильного середовища [33].

Так, застосування спеціально селекціонованих штамів у технології спирту підвищує концентрацію спирту у бражці, в результаті чого можна збільшувати потужність виробництва, та знижувати витрати теплової енергії на виділення спирту з бражки та води на її охолодження. У роботі вченої Хакімової запропоновано зброджування суслу після відділення дробини, що дає можливість пришвидшити процес бродіння та покращити якість спирту.

## 1.5 Вплив чинників на активність дріжджів

Відомо, що підвищення концентрації сусла та осмотичного тиску спричиняють стресовий вплив на дріжджову клітину, що відображається біологічним відгуком у вигляді утворення гліцеролу та збільшення тривалості гліцero-піровиноградного бродіння. Для того, щоб зменшити утворення гліцеролу, і, відповідно, збільшити вміст спирту у бражці, необхідно зменшити ступінь інгібування сахароміцетів надлишком субстрату [34].

Розроблено багато способів підвищення біохімічної енергії клітин, які б в подальшому ефективніше зброджували сусло. Встановлено, що додавання наночастинок металів марганцю, заліза, міді та цинку концентрацією 1,2 мкг/см<sup>3</sup> на стадії термоферментативного оброблення замісу позитивно відображається на процесах дріжджогенерування та гідролізу вуглеводів кукурудзяного сусла [35]. Внесення марганцю забезпечує кращі показники бражки порівняно з іншими металами, про що свідчить підвищення вмісту спирту в бражці на 1,2–1,5%. Наночастинки металів активують та стабілізують ферментні препарати, знижуючи вміст у бражці зброджуваних вуглеводів на 12–15%, нерозчиненого крохмалю на 10–35% порівняно з контролем.

Відомо різні фізичні способи оброблення сахароміцетів з метою їх активації чи одержання лізатів. До таких методів належить вплив на дріжджові клітини ультразвуку [36], електромагнітного випромінювання [37], магнітного поля [38], [106], [107], [108], [109].

Так, оброблення дріжджової суспензії ультразвуком впродовж 4 хв дозволяє підвищити вихід біомаси при дріжджогенеруванні на 35% та підвищити бродильну активність на 28% порівняно з контролем.

Під впливом електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону (частота 40,68 МГц, потужність 15 та 30 Вт) збільшується питома швидкість росту *Saccharomyces cerevisiae* на 15–20%, що супроводжується змінами у тривалості ростових фаз та фаз клітинного циклу [39].

Отже, за допомогою різних чинників впливу можна керувати процесами життєдіяльності дріжджів та підвищувати їх активність.

У процесі виробництва спирту утворюються відходи, які негативно впливають на навколишнє середовище та забруднюють його. Тому актуальним питанням є розроблення мало- та безвідходних технологій виробництва біоетанолу, які базуються на розширенні нетрадиційної сировинної бази, використанні некондиційного зерна, на максимальному використанні вторинних та побічних продуктів. За рахунок таких технологій можна отримати додаткове збільшення етанолу, кормів і добрив.

Відомо, що основними відходами під час одержання спирту є барда (0,12–0,14 м<sup>3</sup> на 1 дал спирту), вуглекислий газ (7,35 кг на 1 дал спирту) та відпрацьовані дріжджі (2,7 кг на 1 дал спирту). Для зменшення кількості барди та удосконалення технології використовують фільтрат барди для часткової чи повної заміни води на стадії приготування замісу [40] або для розведення концентрованого оцукреного сусла; також розробляють технології, що дозволяють зброджувати висококонцентроване сусло [8].

Рекомендовано вносити фільтрат барди під час приготування замісу із зерна пшениці в кількості 30–40% від загальної кількості води, оскільки при цьому вихід утвореного спирту збільшується на 1,9–2,4% порівняно з контролем, проти 0,4–0,8% у зразках, де фільтрат барди додавали у кількості 40–50% на стадії зброджування [41]. Відмічено, що при використанні фільтрату барди на стадії приготування замісу кислотність зрілої бражки змінюється незначно, оскільки за умов низькотемпературного режиму відбувається пастеризація сусла, за рахунок чого частково пригнічується стороння мікрофлора сусла.

Автори роботи [42] підтверджують доцільність внесення фільтрату барди на стадії приготування замісу з крохмалевмісної сировини та рекомендують використовувати її не більше 5 циклів при заміні 50–100% води.

Спельта є цінним джерелом вітамінів Е та В, вміст яких є вищим у порівнянні з пшеницею [43], а також білка, якого на 12–21% більше [44].

У роботі вченого Подпрятова Г.І. розраховано кормову цінність очищеного та неочищеного зерна спельти, яка становить 1,38 та 1,28 кормових одиниць відповідно. Для порівняння цей показник для зерна м'якої пшениці рівний в середньому 1,18 кормових одиниць. Таким чином, спельтова післяспиртова барда може стати цінним кормом для відгодівлі худоби.

## **1.6 Електрохімічна активація води**

Вода використовується практично у всіх галузях господарства. Для використання її в технології вона повинна мати певний мінеральний склад, рН та інші параметри, які відповідають вимогам виробництва. З цією метою застосовують різні способи її оброблення.

На сьогодні існує багато методів оброблення води для її очищення, пом'якшення, активації, з метою використання у технологічних процесах, зокрема, для їх інтенсифікації. Активацією води називають сукупність ефектів, явищ або нових властивостей, які виникають за рахунок застосування технічних прийомів управління її реакційною здатністю без зміни елементного хімічного складу.

Особливої уваги заслуговують фізичні методи активації води [45], оскільки вони дозволяють не лише економити кошти на дорогі реагенти, але й здійснювати активацію води.

Фізичні безреагентні способи активації води та водних розчинів, такі як дія магнітного поля та механічне оброблення [46-47], ультразвук, термічне оброблення води (нагрівання, охолодження, заморожування з подальшим відтаненням) та електрохімічна активація (ЕХА) [48-50], використовуються у багатьох галузях промисловості. Активована такими способами вода набуває нових властивостей, які впливають на кінетику реакцій, що проходять в ній, зміну розчинності речовин, біологічну та лікувальну активності.

### *1.6.1 Процеси, що відбуваються під час електрохімічної активації води*

Електрохімічна активація води відбувається в електролізері — приладі, який складається з ємності та двох електродів. В ємності, яка розділена напівпроникною мембраною, по обидві сторони знаходяться електроди (катод та анод). Через них під дією електричного поля в об'ємі води проходить електричний струм, за рахунок якого в електроліті створюється різниця потенціалів та відбувається перенесення іонів та електронів через мембрану [51]. До негативно зарядженого електроду — катода — рухаються позитивно заряджені іони та відбуваються реакції відновлення, тоді як до позитивно зарядженого електроду — аноду — рухаються іони з негативним зарядом та відбувається реакції окислення.

При проходженні крізь воду постійного електричного струму відбувається надходження електронів у воду біля катода і видалення електронів з води біля анода. Це супроводжується цілою серією електрохімічних реакцій на їх поверхні (табл. 1.1). У результаті цих хімічних перетворень утворюються нові речовини, змінюється вся система міжмолекулярних взаємодій, в тому числі і структура води як розчинника.

При електролізі утворюються розчинні продукти, а також газова і тверда фази. Утворення рідкої фази відбувається рідко і лише в певних умовах.

Розчинні продукти електролізу змінюють протолітичні і окисно-відновні властивості розчину, газова і тверда фази забезпечують таку зміну в значно меншій мірі.

У результаті ЕХА у катодній камері отримують католіт, в анодній — аноліт. На основі численних досліджень виділено групи чинників, які зумовлюють фізико-хімічну активність католіту та аноліту:

- 1) стабільні кислоти, луки та продукти електрохімічних реакцій;
- 2) нестійкі продукти електрохімічних реакцій високої активності (у тому числі вільні радикали);
- 3) квазістійкі структури, що сформовані в області об'ємного заряду біля поверхні електродів, як у вигляді вільних, так і гідратованих оболонки іонів, молекул, радикалів, атомів.

Чинники першої групи визначають в основному кислотні та лужні властивості електрохімічно активованих середовищ. Чинники другої групи посилюють окисні (електроноакцепторні) властивості аноліту, а також відновлювальні (електронодонорні, протиокиснювальні) властивості католіту, що зумовлюють аномальні характеристики окисно-відновного потенціалу (ОВП). Чинники третьої групи надають ЕХА-середовищам каталітичні властивості.

Чинники 2-ї і 3-ї груп можуть бути отримані тільки в унікальних умовах електрохімічного синтезу. Імітація їх іншим шляхом неможлива. Квазістійкі структури в ЕХА-середовищах виникають біля поверхні електродів в електричному полі напруженістю до декількох мільйонів Вольт на сантиметр. Вони викликають модифікацію енергетичних бар'єрів між атомно-молекулярними компонентами, що взаємодіють, здійснюючи таким чином

активацію електрохімічно обробленої води за показниками каталітичної активності.

**Таблиця 1.1 – Деякі можливі хімічні реакції, що протікають при катоді та аноді, під час електрохімічного оброблення води**

Анодні реакції (окислення)	Катодні реакції (відновлення)
$2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
$2\text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2$	$\text{O}_2 + e \rightarrow \text{O}_2^-$
$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow \text{O}_3 + 2\text{H}^+$	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$
$\text{OH}^- - e \rightarrow \text{HO}^\bullet$	$\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e \rightarrow \text{HO}^\bullet + 2\text{OH}^-$
$3\text{H}_2\text{O} - 6e \rightarrow \text{O}_3 + 6\text{H}^+$	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
$\text{O}_2 + 2\text{OH}^- - 3e \rightarrow \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$e_{\text{cathode}} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow e_{\text{aq}}$
$\text{H}_2\text{O} - e \rightarrow \text{HO}^\bullet + \text{H}^+$	$\text{H}^+ + e_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}^\bullet$
$\text{H}_2\text{O}_2 - e \rightarrow \text{HO}_2 + \text{H}^+$	$\text{H}_2\text{O} + e_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{OH}^-$
$3\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$
$\text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{O}^\bullet$	$\text{CO}_3^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{H}_2\text{O} - e \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{OH}^\bullet$	$2\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
$3\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
$2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2$	$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{HCOOH}$
$\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow \text{HClO} + \text{H}^+$	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{HCO}_2^- + 3\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 4\text{H}^+$	$2\text{SO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} + 8e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 10\text{OH}^-$
$\text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O} - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 5\text{H}^+$	$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{Cl}^- + 4\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{ClO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 4\text{OH}^- - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O} + 6e \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} + 7\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{HClO}_2 + 3\text{H}^+$	$2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$
$2\text{SO}_4^{2-} - 2e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	$\text{N}_2 + 5\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{N}_2\text{H}_5^+$
$2\text{H}_2\text{CO}_3^{2-} - 2e \rightarrow \text{C}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+$	$\text{Fe}^{3+} + 3e \rightarrow \text{Fe}$
	$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}$

Зміна рН зумовлена в основному розрядом молекул води на електродах, ОВП — розрядом іонів, присутніх у воді або за рахунок продуктів розчинення анодів. Відмінна особливість і перевага електрохімічних процесів при зміні рН і окисно-відновного потенціалу — можливість здійснення цих процесів як на межі розчин-електрод (катод і анод), так і в об'ємі електроліту за рахунок утворених продуктів електролізу. При цьому можна досягти високої вибіркової процесу поділом продуктів електродних реакцій або об'ємів оброблюваної води [52].

Католіт насичується відновниками, за рахунок чого під час електролізу випадають в осад нерозчинні оксиди металів, знижуючи його токсичність. Окисно-відновний потенціал католіту набуває від'ємного значення і може досягати (-800 мВ), при цьому рН середовища стає лужним. Аноліт є сильним

окисником, має високі значення ОВП та низькі значення рН. Під час електролізу у приелектродній зоні відбувається виділення розчинних у воді газів, таких як: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> [53].

Значення рН католіту та аноліту змінюються залежно від мінерального складу вихідної води та величини електричного струму, що проходить через електроди: чим ці значення є вищими, тим більшою буде концентрація кислот в аноліті та лугів в католіті.

Для забезпечення найкращих результатів у застосуванні техніки і технології електрохімічної активації слід оптимально поєднати три умови: раціональну конструкцію електрохімічного реактора, технологічну схему його використання і оптимальну технологію застосування електрохімічно активованого розчину або води.

### **1.6.2 Біологічна активність електрохімічно активованої води**

Багатьма вченими помічено біологічну активність ЕХА-води [54]. Встановлено, що католіт проявляє антиоксидантні властивості, тобто гальмує процеси окислювального фосфорилування і дихання тканин. Важливою характеристикою ЕХА-води є її ОВП. Клітини живих організмів мають від'ємний ОВП, і коли його значення стає нижче норми, то виникають зміни. Досліджено, що електрохімічно активована вода з від'ємним ОВП легко засвоюється та відновлює втрачений клітинами заряд та енергію, при цьому запобігаючи змінам [55]. Відомо, що католіт зупиняє розвиток ракових пухлин [56]. Аноліт може спричиняти загибель бактерій за рахунок зміни білкового складу або повного чи частково розкладу білків внаслідок окисного стресу [57].

Метою післязбиральної оброблення фруктів є зниження ферментативної активності та усунення проблеми гниття. Хімічні способи оброблення садовини є ефективними в зниженні числа патогенів гниття, що проявляються під час зберігання сировини [58]. Проте, більшість хімічних речовин, що використовують для оброблення можуть накопичувати шкідливі речовини у фруктах [59].

Альтернативним методом дезінфекції фруктів та овочів є використання аноліту для їх оброблення. Було показано, що аноліт гальмував розвиток та розмноження мікроорганізмів під час зберігання моркви [150].

У роботі [60] зразки свіжого салату-латук, засіяного чистими культурами бактерій *Salmonella typhimurium* (ATCC 14029), *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 43888) та *Listeria monocytogenes* (FDA 10143) занурювали у електрохімічно активовану воду зі значенням рН від 4 до 9 при температурі 30°C на 5 хв. Оброблення при рН 4 і 8 призвело до найбільш ефективної інактивації *Escherichia coli* O157:H7, але ефект від рН не був значущим для *S. typhimurium* і *L. monocytogenes*. Запропоновано для оброблення салату ЕХА-водою значення рН 7, так як при цьому значенні досягнуто найбільше зниження кількості *Escherichia coli* O157:H7 і збереглася краща візуальна якість салату [60].

Авторами встановлено, що для підсилення бактерицидного ефекту краще використовувати комбінацію католіту та аноліту, тобто послідовне оброблення

лужною та кислою електрохімічно активованою водою [61].

Електрохімічно активовані водні розчини згубно діють навіть на такий небезпечний бактеріальний токсин як *Staphylococcus enterotoxin-A* [62], який викликає харчові отруєння та характеризується високою термостабільністю, а також стійкістю до хімічних кислот та лугів

За допомогою трансмісійного електронного мікроскопа досліджено клітинну структуру *Staphylococcus saprophyticus* після оброблення кислою електролізованою водою [63]. Спостерігався легкий слід цитоплазми, у якої не було гранул рибосом чи волокнистої структури ДНК, і внутрішній шар клітинної стінки був відділений від зовнішнього шару. За допомогою скануючого електронного мікроскопа встановлено, що структура поверхневого шару клітинної стінки зморшкувата, а цитоплазматичні структури вимиваються з клітин, оброблених кислою електрохімічно активованою водою, через пори, утворені в клітинній стінці. У бактерій *Micrococcus luteus* руйнування рибосомних гранул і ДНК волокон було схожим як і у *Staphylococcus saprophyticus*. Отже, на підставі зазначених вище результатів, встановлено, що кисла вода руйнує клітинну структуру бактерій.

У роботі [64] описано бактерицидний ефект нейтральної електрохімічно активованої води зі значенням рН 6 на різні групи мікроорганізмів. З 18 досліджуваних мікроорганізмів бактерицидна дія нейтрального аноліту проявилася на 10, а саме: *Staphylococcus aureus*, *MRSE*, *Streptococcus sanguis*, *Peptococcus niger*, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rogosae*, *Actinomyces israelii*, *Porphyromonas endodontalis*, *Eubacterium lentum*, *Porphyromonas endodontalis*, *Fusobacterium nucleatum*. Вижили 6 штамів: *Streptococcus intermedia*, *Veillonella parvula*, *Propionibacterium acnes*, *Prevotella melanigenica*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans*. Як показують дослідження електроактивована вода має неоднаковий вплив на різні види мікроорганізмів у межах одного роду.

Перспективним напрямом застосування католіту є виробництво комбікормів за рахунок підвищення кормової цінності кормів, наявності певного терапевтичного імуностимулюючого ефекту, а також своїх емульгуючих властивостей.

Електроактивовані водні розчини можна використовувати як стимулятори росту при пророщуванні зерен ячменю та пшениці.

Аналіз наукових робіт по використанню електрохімічно активованої води показав, що на сьогоднішній день потребують глибшого дослідження впливу католіту та аноліту на біологічні об'єкти, зокрема мікроорганізми.

### **Висновки та формулювання задач**

У результаті проведеного огляду наукової літератури можна зробити такі висновки:

- 1) Залишається актуальним пошук альтернативних джерел сировини та ефективне перероблення існуючих для одержання етилового спирту з максимальним використанням їхніх цінних компонентів;
- 2) Удосконалення технології спирту шляхом мінімізації енерго- та ресурсозатрат, є також забезпечення збереження активності ФП у процесах

перетворення біополімерів є основним завданням науковців спиртової галузі;

3) Одним із перспективних напрямів удосконалення технології спиртової бражки є використання електрохімічно активованої води, яке дозволить вирішити ряд актуальних проблем даного виробництва, а також перевагами якого є:

- забезпечення мікробіологічної чистоти сировини та напівпродуктів у технології спиртової бражки без використання дорогих та дефіцитних антисептиків;
- забезпечення екологічної безпеки сировини, напівпродуктів та продуктів, а також збереження технологічних властивостей сировини після оброблення електрохімічно активованою водою.
- створення оптимальних умов для ведення технологічних процесів.

## 2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали досліджень

Об'єктом дослідження магістерської роботи є технологія гідролізу крохмалю з використанням концентрованих ферментних препаратів.

Дослідження проводили у лабораторних умовах на базі лабораторії відділу технології продуктів бродіння ІПР НААН.

Як об'єкти досліджень використовували ферментні препарати  $\alpha$ -амілази Tegamyl ВАНL та Tegamyl ВАН2L і глюкоамілази Tegamyl АG130L (фірма «Tegaferm Holding GmbH», Австрія).

Також використовували ферментні препарати  $\alpha$ -амілази Tegamyl MB300L та глюкоамілази Tegamyl GA400L (фірма «Tegaferm Holding GmbH», Австрія).

Ферментні препарати Tegamyl ВАНL та Tegamyl ВАН2L — ФП бактеріальної термостабільної  $\alpha$ -амілази, одержують глибинним культивуванням штаму бактерій *Bacillus licheniformis*. Ці ФП гідролізують внутрішні  $\alpha$ -1,4-глюкозидні зв'язки крохмалю, глікогену, продуктів їх послідовного розщеплення, що призводить до швидкого зниження в'язкості клейстеризованих розчинів крохмалю на стадії розрідження, забезпечуючи підготовку сусла до дії глюкоамілази. Кінцевими продуктами дії  $\alpha$ -амілази на крохмаль є декстрини різної молекулярної маси. Основні характеристики ФП Tegamyl ВАНL та Tegamyl ВАН2L представлена в табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 – Основні характеристики ФП Tegamyl ВАНL та Tegamyl ВАН2L**

Найменування показника	Характеристика	
	Tegamyl ВАНL	Tegamyl ВАН2L
Зовнішній вигляд	Рідина	Рідина
Колір	Коричневий	Коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,18–1,20	1,15–1,20
pH, од.	5,4–6,0	4,0–7,0
Амілолітична активність, од./см <sup>3</sup> при 30°C при 90°C	600±50 4000	1000±50 8000
Оптимальні умови pH, од. температура, °C	5,0–8,5 80–110	5,0–8,5 80–110

Ферментний препарат Tegamyl MB300L — очищений і стандартизований ферментний препарат мезофільної  $\alpha$ -амілази, призначений для розрідження сусла на основі картоплі або зернових. Ефективність дії Tegamyl MB300L проявляється за значень pH середовища 5,2–7,5 і при температурі 60–85°C. Оптимальні умови дії при значеннях pH 6,0–6,5 і температурі 70–75°C.

Ферментний препарат Tegamyl АG130L — ферментний препарат глюкоамілази, отримують шляхом глибинного культивування штаму плісеневих грибів *Aspergillus niger*. Цей ферментний препарат гідролізує  $\alpha$ -1,4- і  $\alpha$ -1,6-

глюкозидні зв'язки крохмалю, декстринів, олігосахаридів, відщеплюючи при цьому залишки молекули глюкози від нередукованих кінців ланцюгів з утворенням глюкози. Характеристика ФП Tegamyl AG130L представлена в таблиці 2.2.

**Таблиця 2.2 – Основна характеристика ФП Tegamyl AG130L**

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Рідина
Колір	Коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,12–1,15
pH, од.	3,0 – 5,0
Глюкоамілазна активність, од./см <sup>3</sup>	22000±200
Амілолітична активність, од./см <sup>3</sup>	120
Оптимальні умови	
pH, од.	3.0–5.8
температура, °C	30–70

Ферментний препарат Tegamyl GA400L — концентрований ферментний препарат глюкоамілази, призначений для оцукрювання суслу на основі картоплі, зернових та інших матеріалів, які містять крохмаль. Оптимальні умови дії при значеннях pH 3,6–5,5 і температурі 55–60°C.

Ферментний препарат Laminex BG2 — одержують глибинним культивуванням штаму *Trichoderma reesei*. Laminex BG2 містить комплекс ферментів, що гідролізують некрохмальні полісахариди зерна. Цей препарат проявляє β-глюканазну, ксиланазну та целюлазну активності.

Застосування ферментного препарату Laminex BG2 сприяє гідролізу β-глюканів, ксиланів та целюлози ячменю і пшениці, покращує реологічні показники суслу. Характеристика ФП Laminex BG2 представлена в табл. 2.3.

**Таблиця 2.3 – Основна характеристика ФП Laminex BG2**

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Рідина
Колір	Бурштиновий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,05–1,15
pH, од.	4,6–5,0
β-Глюканазна активність, од./см <sup>3</sup>	
при 50 °C	1300±200
при 60 °C	1800
при 80 °C	1600
Ксиланазна активність, од./см <sup>3</sup>	1000
Целюлазна активність, од./см <sup>3</sup>	5000
Оптимальні умови	
pH, од.	4.0–6.0
температура, °C	60–70

Норма витрати ФП, рекомендована фірмою-виробником, становить: для Tegamyl BAH1— 0,25 дм<sup>3</sup>/ т крохмалю, Tegamyl BAH2L — 0,5 дм<sup>3</sup>/ т крохмалю, Tegamyl AG130L — 0,6 дм<sup>3</sup>/ т крохмалю, Tegamyl MB300L – 0,6 дм<sup>3</sup>/ т крохмалю, Tegamyl GA400L – 0,6 дм<sup>3</sup>/ т крохмалю, Laminex BG2 – 0,2 кг/ т зерна.

Для досліджень використовували зерно пшениці сорту «Шестопалівка», вирощену у Вінницькій області. Даний сорт універсального типу використання та придатний для вирощування у всіх екологічних регіонах України.

Зерно пшениці характеризувалося такими показниками: колір і запах — властиві нормальному зерну пшениці, вологість 10,0%, зараженість шкідниками — не заражене, засміченість зерновими домішками становить <1,5% та сміттєвими — 1,0%. Крохмалистість — 57%. Ступінь дисперсності помелу — прохід крізь сито з отворами діаметром 1 мм, становила 94%.

Для досліджень використовували зерно спельти озимої *Triticum spelta* L. сорту «Зоря України», що одержали з Всеукраїнського наукового інституту селекції. Даний сорт з півками, вирощений в АР Крим.

Зерно спельти характеризувалося такими показниками: колір і запах - властиві нормальному зерну спельти, вологість 9,4–10,0%, зараженість шкідниками — не заражене, засміченість зерновими домішками становить <1,5% та сміттєвими — 1,0%. Крохмалистість — 36,6–37,5%. Прохідність помелу крізь сито з отворами діаметром 1 мм становила 80,0–84,0%.

Для зброджування крохмалевмісної сировини використовували сухі спиртові дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* «Deltaferm AL-18» (Німеччина), характеристика яких наведена у табл. 2.4.

**Таблиця 2.4 – Характеристика дріжджів «Deltaferm AL-18»**

Показник	Опис
Вид	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> spp.
Характеристика	спеціально селекціоновані для спиртової галузі; хороша продуктивність спирту; стійкі до високого вмісту спирту. Зовнішній вигляд — гранули; колір — тілесний; вологість <6%;
Дозування	15–25 г/100 л

Електрохімічно активовану воду одержували в електролізері Ековод ЕАВ-3К (м. Київ) шляхом оброблення води з міського водогону. Вихідна вода характеризувалася такими показниками рН 7,5±0,3 од. Значення рН католіту, аноліту та їх суміші, яку отримували шляхом змішування католіту та аноліту у співвідношенні 1÷1 наведено у табл. 2.5.

**Таблиця 2.5 – Значення рН католіту, аноліту та їх суміші**

Показник	Католіт	Аноліт	Католіт + аноліт
рН, од.	10,8±0,3	3,0±0,3	6,6±0,3

Зернове сусло одержували у процесі гідроферментативного оброблення замісу з помелу зерна та води за різних гідромодулів.

## 2.2 Методи досліджень

Загальний вигляд теоретичних та експериментальних досліджень поданий на рис.2.1.



Рисунок 2.1. – Схема проведення досліджень

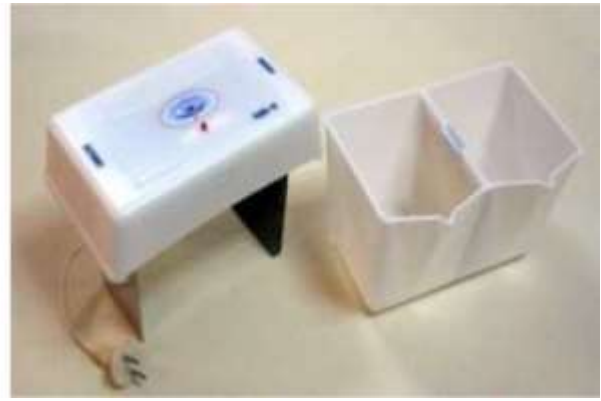
### 2.2.1 Електрохімічна активація води

В електролізер (рис. 2.2) Ековод ЕАВ-3К (Київ) наливали водопровідну воду, прилад накривали кришкою з електродами і вмикали в мережу змінного струму 220 В, в результаті чого загорялась червона лампочка, яка свідчила про готовність приладу і початок процесу електроактивації. Весь процес електрохімічної активації відбувався в автоматичному режимі. Завершення процесу супроводжувалося звуковим сигналом, після чого апарат вимикали з електричної мережі.

Після цього католіт та аноліт зливали через зливні носици в скляні ємності та визначали рН католіту та аноліту за допомогою приладу рН-301.

У результаті електролізу температура води у камерах становила 45–50°C.

Електролізер ЕАВ-3К (рис. 2.2) складається із корпусу, блоку живлення та управління, кришки з електродами. Внутрішня частина корпусу електролізера розділена іонообмінною мембраною на дві камери.



**Рисунок 2.2 – Електролізер Ековод ЕАВ-3К (Київ)**

Основна технічна характеристика електролізера наведена у табл. 2.6.

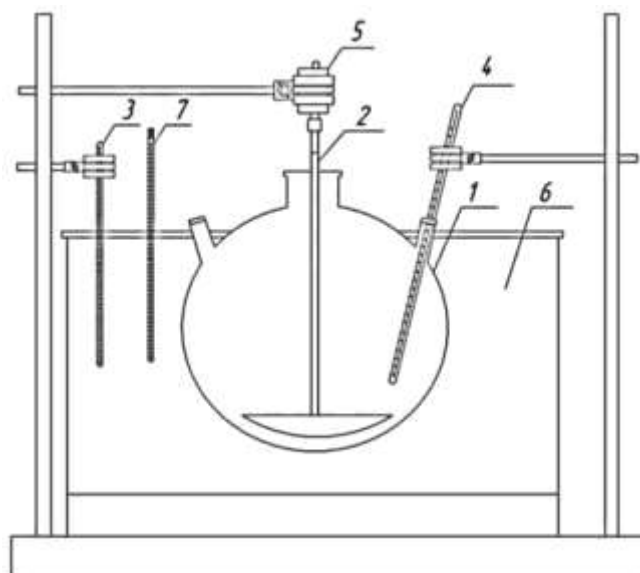
**Таблиця 2.6 – Основна технічна характеристика електролізера**

Назва показника	Характеристика
Об'єм корпусу, дм <sup>3</sup>	3
Ресурс роботи, дм <sup>3</sup>	до 5000
Кількість камер, шт.	2
Об'єм камер, дм <sup>3</sup>	1,5±0,2
Ступінь очистки від солей твердості, %	до 70
Ступінь очистки, не менше, від:	
заліза, цинку, свинцю, %	до 70
нітратів (католіт), %	до 70
нітритів, %	98
мікроорганізмів, %	100
Значення рН аноліту, од.	до 3
Значення рН католіту, од.	до 11
Редокс-потенціал аноліт/католіт, мВ	до +1000/ до -800
Напруга живлення/потужність споживання, В/кВт	220/0,4
Максимальна сила струму, А	2,7
Габаритні розміри, не більше, см	24×16×20
Маса, не більше, кг	2,0

Кожна камера оснащена зливними носиками. Блок живлення містить електронну схему живлення, управління, звукову сигналізацію і автоматику безпеки. До блоку живлення та управління під'єднані електроди: графітовий, металевий катод і датчик якості води.

### ***2.2.2 Проведення розріджування та оцукрювання крохмалевмісної сировини***

Розріджування та оцукрювання зернового замісу на основі зерна здійснювали на лабораторній установці, схема якої представлена на рис. 2.3.



**Рисунок 2.3 – Лабораторна установка для розріджування та оцукрювання сусла із крохмалевмісної сировини:**

1 — круглодонна колба; 2 — мішалка; 3 — термометр бані; 4 — термометр; 5 — привід мішалки; 6 — водяний термостат; 7 — терморегулятор

На початку зважували помел зерна, круглодонну колбу з мішалкою та воду. Наважку помелу зерна засипали у воду малими порціями за ввімкненої мішалки. Температура приготування замісу становить 45–50°C, гідромодуль 3,2; 3,5 та 4. Вносили розрахований об'єм робочого розчину розріджуючого ФП та продовжували нагрівання. Далі продовжували нагрівати заміс до 86–89°C та здійснювали термоферментативне оброблення замісу за цієї температури протягом 1,5–3,0 год при постійному перемішуванні. Тоді під'єднували змійовик і охолоджували розріджену масу зі швидкістю 1,5–2,0°C/хв. до 55–60°C. Вносили робочий розчин оцукрюючого ФП та здійснювали оцукрювання за цієї температури протягом 30 хв. Надалі оцукрену масу охолоджували до температури бродіння 33°C.

Доводили масу сусла водою до початкової маси замісу. Робили аналіз одержаного сусла. За відповідними методиками визначали в'язкість грубо-фільтрованого сусла, рН, кислотність, вміст сухих речовин у тонкому фільтраті.

### **2.2.3 Зброджування сусла**

Одержане оцукрене сусло вносили у колби для бродіння. Додавали в сусло необхідну кількість суспензії дріжджів і 10 %-го розчину карбаміду. Колби ретельно перемішували, закривали гідрозатворами з 6 см<sup>3</sup> 1,3%-вим розчином сульфатної кислоти та зважували. Бродіння тривало 68–72 год за температури 33 °C. Зважування повторювали через певні інтервали часу.

По завершенні бродіння аналізували бражку, визначаючи її основні показники. З першої колби відливали 25 г нефільтрованої бражки для визначення загального вмісту вуглеводів і невелику кількість нефільтрованої бражки для визначення рН.

Решту бражки подавали на фільтрування спочатку через 1 шар марлі, а тоді через 4-5 шарів і відбирали 10 см<sup>3</sup> фільтрату для визначення титрованої кислотності. Решту фільтрату пропускали через фільтрувальний папір. У фільтраті визначали вміст сухих речовин, зброджуваних і спирторозчинних цукрів.

Бражку з другої колби нейтралізували розчином NaOH і переганяли. Дистилят доводили дистильованою водою до початкової маси бражки і визначали у ньому вміст спирту пікнометричним методом.

## 2.3 Методика досліджень

### 2.3.1 Визначення в'язкості сусла

Дослідження проводили на капілярному скляному віскозиметрі ВПЖ-4 з діаметром капіляра 1,47 мм.

Чистий віскозиметр заповнювали дистильованою водою так, щоб вона не доходила до капіляра. За допомогою гумової трубки, приєднаної до вузького коліна віскозиметра, всмоктували воду у його розширення з мітками так, щоб її верхній меніск встановився вище від верхньої мітки віскозиметра. За допомогою затискача на трубці фіксували це положення. Віскозиметр занурювали у прозору водяну баню і термостатували 15–20 хв за температури 20°C. Відкривали затискач і за допомогою секундоміра визначали тривалість витікання води з обмеженого мітками об'єму віскозиметра. Віскозиметр промивали суслим і аналогічно встановлювали тривалість його витікання. За вмістом сухих речовин сусла визначали його відносну густину.

Динамічної в'язкості сусла розраховували за формулою (2.1):

$$\eta = \eta_0 \frac{\tau_2 \cdot d_{20}^{20}}{\tau_1}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (2.1)$$

де  $\eta_0$  – динамічна в'язкість води, що становить при 20°C  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с;  $\tau_1$  – тривалість витікання води, с;  $\tau_2$  – тривалість витікання сусла, с;  $d_{20}^{20}$  – відносна густина.

### 2.3.2 Ферментативний гідроліз крохмалю

Субстрати для проведення ферментативного гідролізу готували на основі крохмалю (2%), фосфатного буферного розчину (рН 6,0) та води (католіту, аноліту, їх суміші (1÷1), дистильованої води, розчинів HCl або NaOH, з такими ж значеннями рН як аноліту та католіту).

Для приготування розчину ферментного препарату Tegamyl ВАНЛ використовували дистильовану воду.

Ферментативний гідроліз крохмалю проводили таким чином. У конічні колби наливали розчин субстрату об'ємом 20 см<sup>3</sup>, нагрівали у термостаті до 90°C та вносили 10 см<sup>3</sup> розчину ферментного препарату. Суміш швидко перемішували і витримували за цієї температури 90 хв, при цьому відбирали проби по 0,5 см<sup>3</sup> на 10, 20, 40, 60 та 90 хв. Кількість прогідролізованого крохмалю визначали за оптичною густиною розчину, отриманого в результаті

йод-крохмальної реакції.

Контролем була проба, де і субстрат, і розчин ФП готували на основі дистильованої води.

У зерні визначали:

- вологість — основним (стандартним) методом висушування згідно [67];
- засміченість [68];
- дисперсність помелу зерна — прохід крізь сито з отворами діаметром 1 мм;
- крохмалистість — поляриметричним методом з використанням соляної кислоти [69].

У воді, субстратах та напівпродуктах спиртового виробництва активну кислотність (рН) визначали потенціометрично за допомогою рН метра марки рН-301.

Для зернового суслу визначали:

- видимий вміст сухих речовин рефрактометрично;
- титровану кислотність з використанням індикатора бромтимолового синього.

Під час зброджування суслу визначали кількість виділеного  $\text{CO}_2$  ваговим методом.

У зрілій зерновій бражці визначали такі показники:

- активну кислотність (рН) за допомогою рН метра марки рН-301;
- титровану кислотність з використанням індикатора бромтимолового синього;
- видимий вміст сухих речовин — рефрактометрично за допомогою рефрактометра УРЛ–1 та пікнометра;
- загальний вміст цукрів, вміст водорозчинних і спирторозчинних цукрів, вміст нерозчиненого крохмалю та декстринів у бражці, одержаній з крохмалевмісної сировини, визначали фотоелектроколориметричним методом з антроновим реактивом;
- концентрацію дріжджових клітин визначали методом прямого підрахунку клітин у камері Горяєва за допомогою мікроскопа XS-5510 (Optics&Electronics);
- вміст етилового спирту в дистилаті визначали пікнометричним методом.

Аналіз контамінантної мікрофлори зерна спельти та спельтового суслу визначали висівами відповідних розведень за стандартними методиками. Якісний склад мікрофлори визначали мікроскопуванням фіксованих препаратів, приготованих з ізольованих колоній, що виростили на щільних середовищах.

Фізіологічний стан дріжджів визначали за кількістю клітин з бруньками — підрахунком клітин у 10 полях зору мікроскопа, за кількістю мертвих клітин — мікроскопуванням препаратів, забарвлених розчином метиленовим

синім.

### ***2.3.3 Оброблення експериментальних даних***

Статистичну обробку результатів досліджень, побудову графіків і діаграм проводили за допомогою стандартного пакету, який міститься в програмі Microsoft Office Excel 2010.

### **3 ОДЕРЖАННЯ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ**

Останнім часом в Україні все більше уваги приділяється використанню спельти у харчових технологіях. Чимала зацікавленість до спельти таких країн як Німеччина, Бельгія, Швейцарія, Франція та Іспанія зумовлена через ряд особливостей хімічного складу зерна та умов вирощування.

Спельта — вид пшениці, який характеризується високою холодо- та посухостійкістю, стійкістю до уражень шкідниками, а також має вищу порівняно з м'якою пшеницею енергетичну цінність, більший вміст жирів, білків, харчових волокон та поживних речовин.

Технологія спиртової бражки з крохмалевмісної сировини передбачає такі стадії:

- 1) приймання, зберігання та підготовка сировини і допоміжних матеріалів;
- 2) приготування замісу та його термоферментативне оброблення;
- 2) генерування засівних дріжджів;
- 3) зброджування суслу дріжджами до бражки з утворенням етилового спирту та вуглекислого газу.

Враховуючи тенденції розвитку харчової галузі, актуальним є комплексне перероблення рослинної сировини, а саме спельти, як для одержання продуктів лікувально-профілактичного призначення, так і для виробництва етилового спирту. Тому запропоновано використовувати спельту для розширення сировинної бази у виробництві спирту із зерна.

Проблема ефективного перероблення до етанолу різних видів зернової сировини залишається актуальною і має велике техніко-економічне значення.

#### **3.1 Вплив електрохімічно активованої води на процеси приготування суслу та бражки з крохмалевмісної сировини**

Важливим завданням спиртової промисловості є інтенсифікація процесу одержання етанолу. Цього можна досягти за рахунок глибшого перероблення всіх компонентів зернової сировини, що забезпечить зниження втрат зброджуваних вуглеводів у виробництві спирту.

Підвищення активності та забезпечення стабільності ферментних препаратів у процесі розрідження крохмалевмісної сировини також дає можливість ефективного термоферментативного оброблення зернового замісу і, як наслідок, підвищення виходу цільового продукту.

У спиртовому виробництві вода використовується для технічних та технологічних цілей. В технологічних процесах виробництва етанолу з крохмалевмісної сировини воду застосовують для приготування замісу та миття обладнання. Технологічна вода входить до складу напівпродуктів виробництва спирту, а тому її склад має суттєвий вплив на протікання технологічних процесів та якість продукції.

Вода, що використовується для технологічних потреб повинна відповідати вимогам питної води: прозора, без кольору і сторонніх запахів, твердість —

менше 7 ммоль/дм<sup>3</sup>, окиснюваність — не більше 5 мг О/дм<sup>3</sup>, відсутність важких металів ртуті, барію та інших. Якщо вода не відповідає цим вимогам її додатково обробляють.

Відомо, що зброджування вуглеводів за умови низьких значеннях рН веде до утворення етилового спирту, тоді як за значень рН вище 7 од. — до гліцерину та оцтової кислоти. Тому, твердість води, що використовується для перероблення зерна, не повинна перевищувати 7 ммоль/дм<sup>3</sup>.

Праці науковців свідчать, що актуальним способом оброблення води для подальшого її використання у харчових технологіях є електрохімічна активація. Даний спосіб є безреагентним, він дозволяє забезпечити дезинфекцію води та водних розчинів, видалити іони важких металів, розчинених органічних речовин та надлишок солей жорсткості. Установки, для одержання ЕХА-води оснащують фільтрами для її очищення від осаду, що випадає під час процесу електролізу. Картриджі фільтрів періодично змінюють.

У результаті аналізу літературних джерел, враховуючи властивості електрохімічно активованої води, запропоновано використання католіту та аноліту на стадії гідроферментативного оброблення замісів з пшениці та спельти у технології спирту з крохмалевмісної сировини для ефективного використання зерна.

Досліджено ефективність використання електрохімічно активованої води для приготування замісу з крохмалевмісної сировини — пшениці та спельти. Здійснено дві серії експериментів, де у першій серії католіт та аноліт змішували з помелом пшениці у масовому співвідношенні 1÷2,5, а в другій — спельти та різних зразків ЕХА-води за аналогічного співвідношення. Як контроль використано водопровідну воду, з якої одержано ЕХА-воду. Запропоновано такий режим ТФО: температура приготування замісу 47±2°C, тривалість розріджування 1,5–2,5 год за температури 86±2°C, оцукрювання — 30 хв за температури 58±2°C, а також ферментні препарати ФП Tegamyl ВАНЛ і Tegamyl АG130L, а для спельти ще додатковий Laminex ВG2 як джерело целюлази. Характеристики ферментних препаратів наведено у п. 2.1.

У технології спирту значення рН субстрату є важливим чинником, який впливає на напрям метаболізму мікроорганізмів та утворення етанолу.

У результаті експериментальних досліджень спостерігали, що за умови змішування помелу пшениці з електрохімічно активованою водою, зокрема, католітом (рН 10,8±0,3 од.) та анолітом (рН 3,0±0,3 од.) значення активної кислотності замісів становило 6,0–6,2 од. (табл. 3.1).

Приготовані на основі електрохімічно активованої води спельтові заміси мали значення рН, що наведені у табл. 3.1. Як видно з табл. 3.1, незалежно від значення рН води, використовуваної для приготування замісу, його активна кислотність знаходиться в межах 5,8–6,0 од.

**Таблиця 3.1 – Значення активної кислотності замісів, приготованих з пшениці, спельти та електрохімічно активованої води**

Вода для приготування замісу	рН сусла				Титрована кислотність сусла, град			
	Пшениця		Спельта		Пшениця		Спельта	
	Гідромодуль				Гідромодуль			
	3,5	4	3,5	3,2	3,5	4	3,5	3,2
Вода з водогону	6,5	5,9	5,9	5,8	0,4	0,4	0,5	0,6
Католіт	6,4	5,9	5,8	5,8	0,4	0,4	0,6	0,6
Аноліт	6,2	5,7	5,8	5,7	0,4	0,4	0,6	0,6

У зерні знаходяться кальцій, магній і калій, які утворюють з органічними кислотами і фосфорною кислотою солі, що володіють буферними властивостями. Очевидно, буферні речовини зерна вирівнюють показник рН і підтримують його практично на однаковому рівні як у контрольному, так і у дослідних зразках, де використовували ЕХА-воду.

Значення рН пшеничного сусла у контролі становило 6,5, тоді як у суслі, приготованому на основі католіту та аноліту даний показник був на 0,1 та 0,3 од. меншим (табл. 3.2). Титрована кислотність пшеничного сусла в усіх зразках становила 0,4 град. Варто зазначити, що зі зменшенням гідромодуля титрована кислотність сусла зі спельти підвищувалася, а значення рН залишалось майже однаковим (табл. 3.2).

Після проведення термоферментативного оброблення замісів з пшениці, одержували сусло з майже однаковою концентрацією — 22,8–22,9% СР (табл. 3.3).

**Таблиця 3.2 – Значення активної та титрованої кислотності сусла, одержаного з пшениці, спельти та електрохімічно активованої води**

Вода для приготування замісу	рН сусла				Титрована кислотність сусла, град			
	Пшениця		Спельта		Пшениця		Спельта	
	Гідромодуль				Гідромодуль			
	3,5	4	3,5	3,2	3,5	4	3,5	3,2
Вода з водогону	6,5	5,9	5,9	5,8	0,4	0,4	0,5	0,6
Католіт	6,4	5,9	5,8	5,8	0,4	0,4	0,6	0,6
Аноліт	6,2	5,7	5,8	5,7	0,4	0,4	0,6	0,6

Вміст сухих речовин у суслі зі спельти (табл. 3.3), приготованому на католіті та аноліті за умови різних гідромодулів був вищим, ніж у контрольному зразку. Так, за умови використання електрохімічно активованої води, зокрема католіту та аноліту, концентрація сухих речовин у випадку гідромодуля 4 збільшилась на 0,5–0,6%, у випадку гідромодуля 3,5 на 0,5–0,6%, у випадку гідромодуля 3,2 на 0,4–0,6% порівняно з контролями.

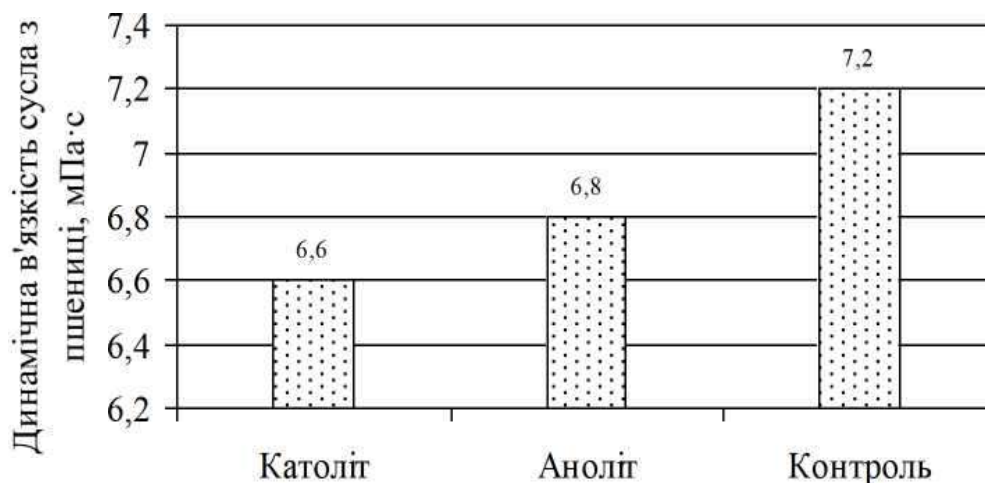
**Таблиця 3.3 – Концентрація сусла, одержаного з пшениці, спельти та електрохімічно активованої води**

Вода для приготування замісу	Концентрація сусла, % СР			
	Пшениця	Спельта		
		Гідромодуль		
		3,5	4	3,5
Вода з водогону	22,8	14,0	16,2	18,8
Католіт	22,9	14,5	16,7	19,4
Аноліт	22,8	14,6	16,8	19,2

ЕХА-вода характеризується меншими розмірами молекулярних кластерів на структурному рівні, що свідчить про її високу розчинну здатність [134]. Тому, можна припустити, що саме за рахунок такої структури води відбувається краще розчинення сполук зерна у католіті та аноліті.

У технології спирту важливим чинником, який лімітує приготування сусла в режимі високих концентрацій, є підвищення його текучості та в'язкості, що зумовлює велике навантаження на перемішувальні та перекачувальні пристрої, поганий масо- і теплообмін середовища [5].

У результаті досліджень встановлено, що за умови використання електрохімічно активованої води для приготування замісу з пшениці, динамічна в'язкість сусла знижується з 7,2 мПа·с до 6,6 мПа·с (рис. 3.1).



**Рисунок 3.1 – Динамічна в'язкість пшеничного сусла, приготованого на основі католіту, аноліту та водопровідної води (контроль)**

У результаті термоферментативного оброблення спельти встановлено, що за умови зменшення гідромодуля від 4 до 3,2 динамічна в'язкість сусла зростає у 1,8 раза (рис. 3.2).

За однакового гідромодуля динамічна в'язкість сусла, одержаного на основі католіту та аноліту була нижчою порівняно з контролем (рис. 3.2).

Одержані результати можна пояснити тим, що електрохімічно активована вода впливає на ефективність гідролізу крохмалю, забезпечуючи більш повне

руйнування його молекул та утворення декстринів з малою молекулярною масою, в результаті чого в'язкість сусла знижується.



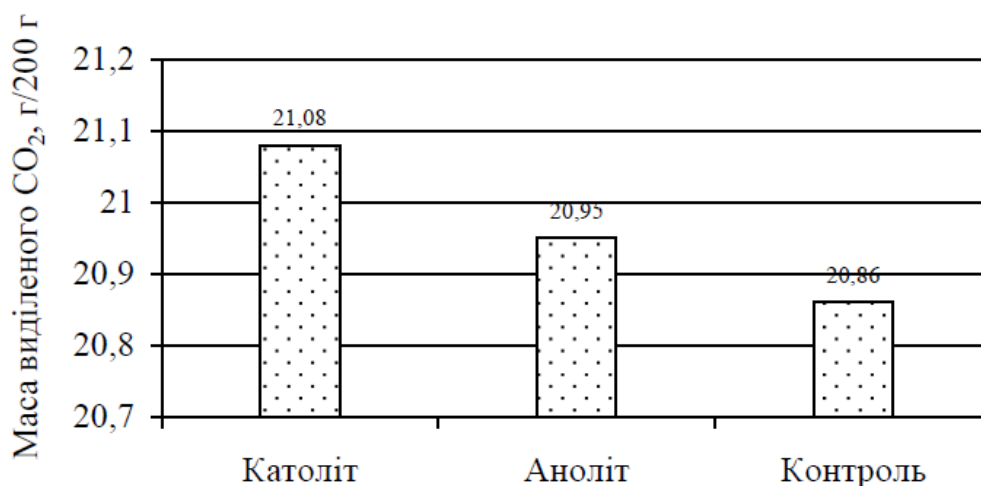
**Рисунок 3.2 – Динамічна в'язкість спельтового сусла, приготованого на основі католіту, аноліту та водопровідної води (контроль)**

Отже, можна зробити висновок, що використання електрохімічно активованої води у процесах приготування сусла з крохмалевмісної сировини є доцільним, оскільки такий технологічний прийом забезпечує кращі реологічні показники сусла відносно контролю.

Надалі одержане пшеничне сусло підкислювали до рН  $5,1 \pm 0,2$  од. та зброджували дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* методом «бродильної проби». Сусло зі спельти не підкислювали. Контроль за процесом здійснювали за масою виділеного  $\text{CO}_2$ , а по завершенні бродіння здійснювали аналіз бражки.

Динаміка бродіння показала, що на 72 год найбільша маса виділеного  $\text{CO}_2$  була у зразку з католітом, що на  $0,22$  г/200 г сусла більше, ніж у контролі (рис. 3.3). У зразку з анолітом кількість  $\text{CO}_2$ , що виділилась в процесі бродіння, була також вищою, порівняно з контролем, на  $0,08$  г/200 г сусла.

Значення показника рН пшеничної бражки у контролі становило  $4,6$  од., у бражках з католітом та анолітом рН становило  $4,5$  та  $4,3$  од. (табл. 3.4). Наростання титрованої кислотності бражки у всіх зразках не перевищувало  $0,2$  град (рис. 3.3).



**Рисунок 3.3 – Маса виділеного CO<sub>2</sub> під час збродження пшеничного сусла, приготованого на основі католіту, аноліту та водопровідної води (контроль)**

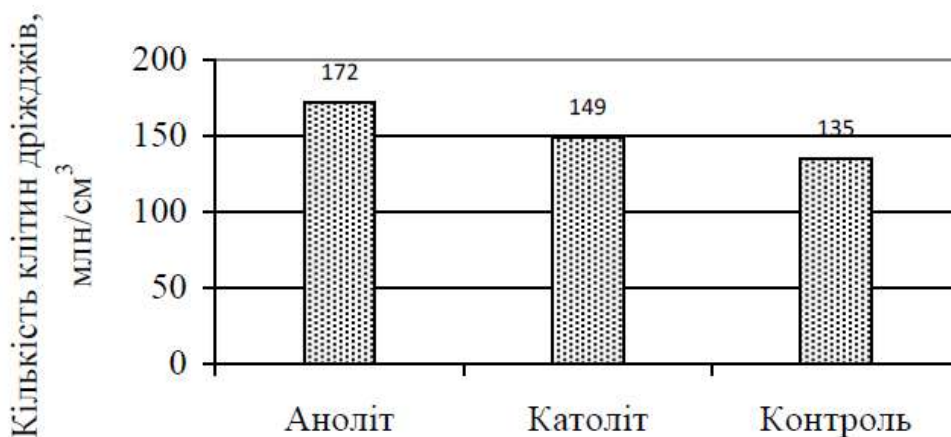
**Таблиця 3.4 – Залежність хіміко-технологічних показників зрілої пшеничної бражки від зразка води, що використовували для приготування сусла**

Показники зрілої бражки	Зразок води, що використовували для приготування сусла		
	Водопровідна вода (контроль)	Католіт	Аноліт
рН, од.	4,6	4,5	4,3
Титрована кислотність, град	0,5	0,6	0,6
Вміст спирту, % об.	10,90	11,01	10,94
Вміст вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> :			
загальні	0,432	0,284	0,301
водорозчинні	0,332	0,200	0,208
спирторозчинні	0,197	0,137	0,165
декстрини	0,122	0,056	0,038
нерозчинений крохмаль	0,090	0,076	0,084

Встановлено, що використання католіту для приготування пшеничного замісу сприяло збільшенню вмісту спирту у бражці на 0,11 об.% відносно контролю (табл. 3.4). Спостерігалось зниження вмісту незброджених вуглеводів у зрілій пшеничній бражці, одержаній на основі католіту, на 34,3%, водорозчинних — на 39,9%, спирторозчинних — на 30,5%, декстринів — на 53,7%, а також нерозчиненого крохмалю на 15,6 % порівняно з контролем (табл. 3.4). Зниження вмісту вуглеводів у бражці в дослідних зразках порівняно з контролем можна пояснити тим, що електрохімічно активована вода сприяє кращому вилученню крохмалю та переходу продуктів його гідролізу у сусло, яке надалі зброджуються дріжджами, в результаті чого утворюється більше спирту.

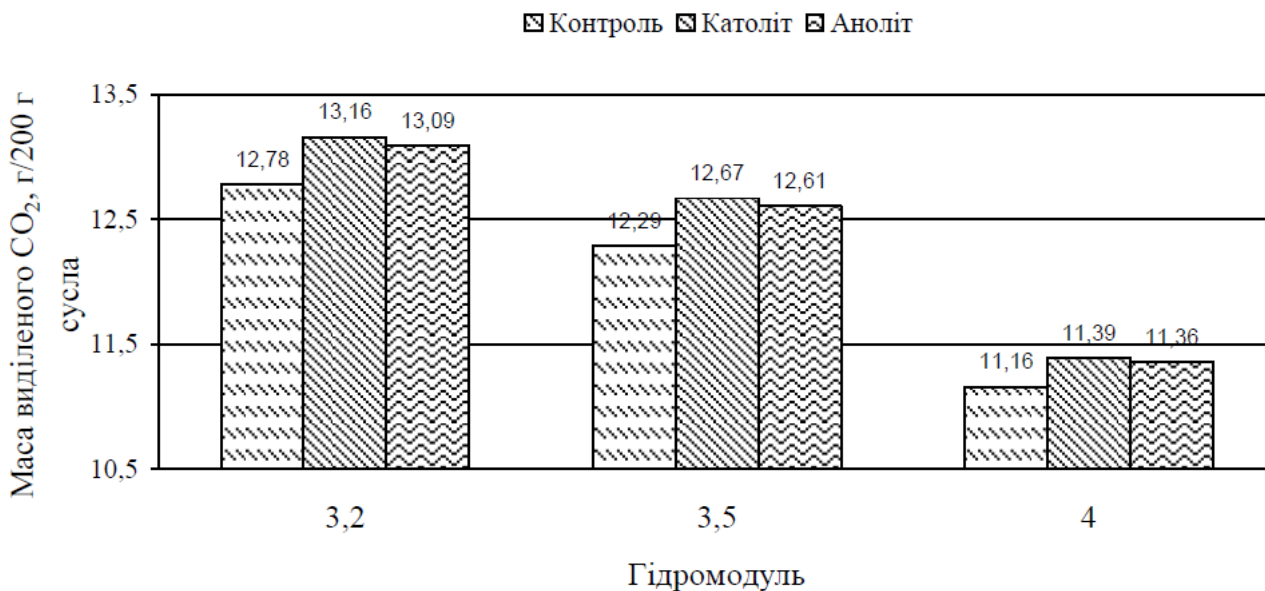
За результатами підрахунку дріжджів у пшеничних бражках за умови їхньої початкової концентрації 25 млн/см<sup>3</sup>, кількість клітин на кінець бродиння у дослідах з електрохімічно активованою водою зростала до 149–172 млн/см<sup>3</sup>

бражки, тоді як у контрольному зразку даний показник становив 135 млн/см<sup>3</sup> (рис. 3.4).



**Рисунок 3.4 – Кількість клітин дріжджів у зрілій пшеничній бражці**

У результаті зброджування спельтового суслу з гідромодулем 4 маса виділеного CO<sub>2</sub> у зразках з католітом та анолітом була вищою та відрізнялася від контролю на 0,23 та 0,20 г/200 г суслу відповідно (рис. 3.5). У зразках з електрохімічно активованою водою у випадку гідромодуля 3,5 кількість виділеного вуглекислого газу була на 0,32 – 0,38 г/200 г суслу більшою відносно контролю. У разі гідромодуля 3,2 (рис. 3.13) маса виділеного CO<sub>2</sub> у зразках з католітом та анолітом була більшою порівняно з контролем на 0,38 та 0,31 г/200 г суслу відповідно.



**Рисунок 3.5 – Маса виділеного CO<sub>2</sub> під час зброджування суслу зі спельти за різних значень гідромодуля замісу**

Концентрація етанолу в бражці зі спельти та електрохімічно активованою водою у випадку всіх гідромодулів була вищою відносно контролю (табл. 3.5). Так, у разі гідромодуля 4 у зразках, де використовували електрохімічно активовану воду, вміст етилового спирту був вищим на 0,11–0,12 об.%, у разі

гідромодуля 3,5 на 0,21 об.% у зразку з католітом та 0,19 об.% з анолітом. У висококонцентрованому суслі (гідромодуль 3,2) концентрація спирту у дослідній бражці була вищою порівняно з контролем також на 0,19–0,21 об.%.

У випадку різних концентрацій сусла за умови використання електрохімічно активованої води для приготування замісу зменшується вміст незброджених цукрів порівняно з контролем (табл. 3.5). Так, за умови використання католіту та аноліту для приготування зернового замісу у випадку гідромодуля 4 після зброджування сусла вміст залишкових цукрів порівняно з контролем зменшується на 7,8% та 7,0%. У середньо- та висококонцентрованих оцукрених суслах за умови використання католіту для їхнього приготування вміст незброджених вуглеводів зменшується на 14,7% та 7%, а аноліту — на 8,8% та 9,2 % відповідно, відносно контролю.

**Таблиця 3.5 – Хіміко-технологічні показники зрілої бражки зі спельти**

Показник	Заміс приготований на основі								
	Контроль	Католіт	Аноліт	Контроль	Католіт	Аноліт	Контроль	Католіт	Аноліт
	Гідромодуль 4			Гідромодуль 3,5			Гідромодуль 3,2		
Маса виділеного CO <sub>2</sub> , г/200 г	11,16	11,39	11,36	12,29	12,67	12,61	12,78	13,16	13,09
Вміст спирту, об.%	6,15	6,27	6,26	6,77	6,98	6,96	7,04	7,25	7,23
Вміст вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup> :									
загальні	0,258	0,238	0,240	0,307	0,262	0,280	0,436	0,394	0,405
водорозчинні	0,226	0,223	0,218	0,265	0,254	0,255	0,401	0,373	0,378
спирторозч.	0,190	0,172	0,181	0,161	0,150	0,158	0,250	0,224	0,230
декстрини	0,032	0,046	0,033	0,094	0,094	0,087	0,136	0,134	0,133
нерозч. кр.	0,029	0,014	0,020	0,038	0,007	0,023	0,032	0,019	0,024
Кількість клітин дріжджів, млн/см <sup>3</sup>	158	179	171	143	165	163	141	157	153

Збільшення бродильної активності дріжджів під час зброджування спельтового сусла, приготованого на ЕХА-води пов'язане, очевидно, з підвищенням і збереженням активності ферментного препарату глюкоамілази, який містить і протеазу.

Відомо [10], що у спельті вміст білка порівняно з пшеницею більший на 28%, жирів — в 1,6 разів більше, мінеральних речовин (золи) — на 22%. Згідно з результатами досліджень науковців [10], у зерні спельти переважають розчинні фракції харчових волокон, багатший вітамінний і мінеральний склад. Так,

наприклад, скор амінокислот спельтового борошна за лізином становить 58%, треоніном — 86%, тоді як пшеничного — відповідно 52% і 70%.

Оскільки спельта у своєму складі має підвищений вміст білків порівняно з іншими зерновими культурами, зокрема пшеницею, то активація протеази може забезпечувати додаткове джерело живлення для дріжджів шляхом гідролізу білкових сполук.

З підвищенням концентрації спельтового суслу кількість дріжджів у бражках знижувалась, що можна пояснити збільшенням осмотичного тиску зовнішнього середовища та збільшенням концентрації спирту у бражці. Концентрація дріжджових клітин у дослідах з використанням католіту та аноліту була дещо вищою порівняно з контролем, що підтверджує вищий вміст етанолу в цих зразках.

Можна припустити, що електрохімічно активована вода сприяє кращому переведенню у розчинний стан крохмалю, який швидше гідролізує за рахунок збереження активності ферментів.

На наш погляд, кращому розчиненню крохмалю сприяє окислювальна деструкція білкової матриці, в якій знаходяться крохмальні гранули і яка перешкоджає клейстеризації крохмалю.

Таким чином, доцільно готувати заміси зі спельти на основі електрохімічно активованої води, оскільки за рахунок використання католіту та аноліту для приготування суслу з гідромодулями 3,2, 3,5 та 4 можна збільшити вміст спирту у бражці на 0,11–0,21 об.%. Також доцільно використовувати електрохімічно активовану воду для приготування суслу з підвищеною концентрацією сухих речовин.

Експериментальними дослідженнями встановлено ефективність використання ЕХА-води на стадії ТФО, оскільки найкращі показники бражки спостерігали, коли заміси з пшениці та спельти готували на основі католіту, що може свідчити про підвищення та стабілізацію активності амілолітичних ферментних препаратів під час ТФО і підтверджує одержані результати щодо впливу католіту на ензиматичну активність.

Таким чином, можна стверджувати, що за умови приготування замісу на основі крохмалевмісної сировини, такої як пшениця і спельта, та електрохімічно активованої води покращуються хіміко-технологічні показники суслу та бражки.

Так, сусло, одержане на основі католіту та аноліту, характеризується нижчою динамічною в'язкістю, що, на наш погляд, є наслідком глибшого гідролізу високомолекулярних сполук зерна пшениці та спельти.

У пшеничній бражці у разі використання католіту для приготування суслу зменшується вміст незброджених вуглеводів на 34,3%, а також нерозчиненого крохмалю на 15,6%, а вміст спирту збільшується на 0,11 об.% порівняно з контролем.

Обираючи оптимальну концентрацію суслу зі спельти враховували його реологічні властивості, динаміку бродіння, а також хіміко-технологічні показники бражки: вміст незброджених цукрів, вміст нерозчиненого крохмалю та вміст спирту. Тому, проаналізувавши одержані результати, можна зробити

висновок, що оптимальним гідромодулем для приготування спельтового сусла на основі електрохімічно активованої води є 3,5, що забезпечує концентрацію сухих речовин сусла в межах 16,7–16,8%, концентрацію нерозчиненого крохмалю 0,007–0,023 г/100 см<sup>3</sup> і вміст спирту у бражці — 6,96–6,98 об. %.

Низький вміст спирту у бражці зі спельти зумовлений тим, що для приготування замісу використовували зерно з плівками, вміст крохмалю у якому є нижчим, ніж в обмолоченому зерні, яке сьогодні використовується для одержання харчових продуктів.

### **3.2 Вплив дозування ферментних препаратів, приготованих на основі католіту, на показники пшеничного сусла та бражки**

Літературні джерела свідчать, що католіт позитивно впливає на активність ферментів. З попередніх досліджень (п. 3.1) встановлено, що найкращі показники бражки спостерігали, коли заміс з крохмалевмісної сировини готували на основі католіту, що може свідчити про підвищення та стабілізацію активності амілолітичних ферментних препаратів під час термоферментативного оброблення замісів.

Тому для підтвердження даного припущення наступна стадія досліджень передбачала різне дозування розчинів ферментних препаратів, приготованих на основі католіту, під час термоферментативного оброблення замісу з пшениці. У контрольному досліді розчини ФП Tegamyl ВАНЛ та Tegamyl АG130L готували на основі дистильованої води.

Варіанти експериментальних досліджень наведено у табл. 3.6.

**Таблиця 3.6– Варіанти експериментальних досліджень**

Варіант	Розчин ФП приготований на основі			
	Tegamyl ВАНЛ		Tegamyl AG130L	
	дист. вода	католіт	дист. вода	католіт
	Дозування ФП, од. акт. (% від норми)			
Контроль	0,3 од. АЗ/1 г ум.кр. (100 %)	-	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)	-
Серія дослідів №1	-	0,3 од. АЗ/1 г ум.кр. (100 %)	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)	-
	-	0,15 од. АЗ/1 г ум.кр. (50 %)	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)	-
	-	0,09 од. АЗ/1 г ум.кр. (30 %)	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)	-
	-	0,06 од. АЗ/1 г ум.кр. (20 %)	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)	-
Серія дослідів №2	0,3 од. АЗ/1 г ум.кр. (100 %)	-	-	5,2 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (100 %)
	0,3 од. АЗ/1 г ум.кр. (100 %)	-	-	3,4 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (65 %)
	0,3 од. АЗ/1 г ум.кр. (100 %)	-	-	2,6 од. ГлЗ/1 г ум. кр. (50 %)

Як видно з табл. 3.7 у разі зменшення дозування ФП Tegamyl ВАНЛ, що готували на основі католіту, з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю (серія дослідів 1) видимий вміст сухих речовин у суслі зріс на 1,6%, тоді як за умови внесення цього ж ФП у кількості 0,06 од. АЗ/1 г крохмалю спостерігали вміст сухих речовин сусла на рівні контрольного зразка.

За умови зменшення дозування ФП Tegamyl AG130L, приготованого на католіті, з 5,2 до 2,6 од. ГлЗ/1 г умовного крохмалю (серія дослідів 2) спостерігали зменшення концентрації сусла на 0,4% відносно контрольного зразка (табл. 3.7).

Активна кислотність у всіх дослідях знаходилася в межах 6,2-6,5 од. (табл. 3.7). У серіях дослідів 1 та 2 за умови зменшення кількості внесеної  $\alpha$ -амілази та глюकोамілази титрована кислотність збільшилась на 0,1 град відносно контролю (табл. 3.7).

**Таблиця 3.7 – Хіміко-технологічні показники сусла**

Варіанти досліджень		Концентрація сусла, %	pH, од.	Титрована кислотність, град	В'язкість, мПа·с
Контроль	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на дист.воді, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на дист.воді	22,8	6,5	0,4	7,1
Серія дослідів №1	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на дист.воді	22,4	6,2	0,5	6,2
	0,15 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на дист.воді	23,2	6,2	0,5	6,7
	0,09 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на дист.воді	24,0	6,2	0,5	7,4
	0,06 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на дист.воді	22,8	6,2	0,5	7,9
Серія дослідів №2	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на дист.воді, 5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на католіті	22,8	6,4	0,5	6,0
	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на дист.воді, 3,4 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на католіті	22,6	6,4	0,5	6,0
	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/ 1 г крохмалю на дист.воді, 2,6 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/ 1 г крохмалю на католіті	22,4	6,4	0,5	6,0

Експериментальні дослідження свідчили (табл. 3.6), що у випадку зменшення кількості внесеного ФП Tegamyl ВАНЛ, приготованого на католіті, з 0,3 до 0,06 од. АЗ/1 г крохмалю (серія дослідів 1) динамічна в'язкість зростала з 6,2 до 7,9 мПа·с. У випадку зменшення дозування ферментного препарату Tegamyl AG130L, приготованого на основі католіту, з 5,2 до 2,6 од. ГлЗ/1 г крохмалю (серія дослідів 2) даний показник залишався незмінним і становив 6,0 мПа·с.

Наростання у дослідних зразках порівняно з контролем титрованої кислотності пояснюється тим, що ферментні препарати, приготовані на основі католіту, сприяють розщепленню біополімерів зерна до мономерів, які містять

більшу кількість карбоксильних груп.

Для наступних досліджень одержане сушло підкислювали до рН 5,1±0,2 од. та зброджували спиртовими дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* («Deltaferm AL-18») методом «бродильної проби». Бражку аналізували за хіміко-технологічними показниками, які наведено у табл. 3.8.

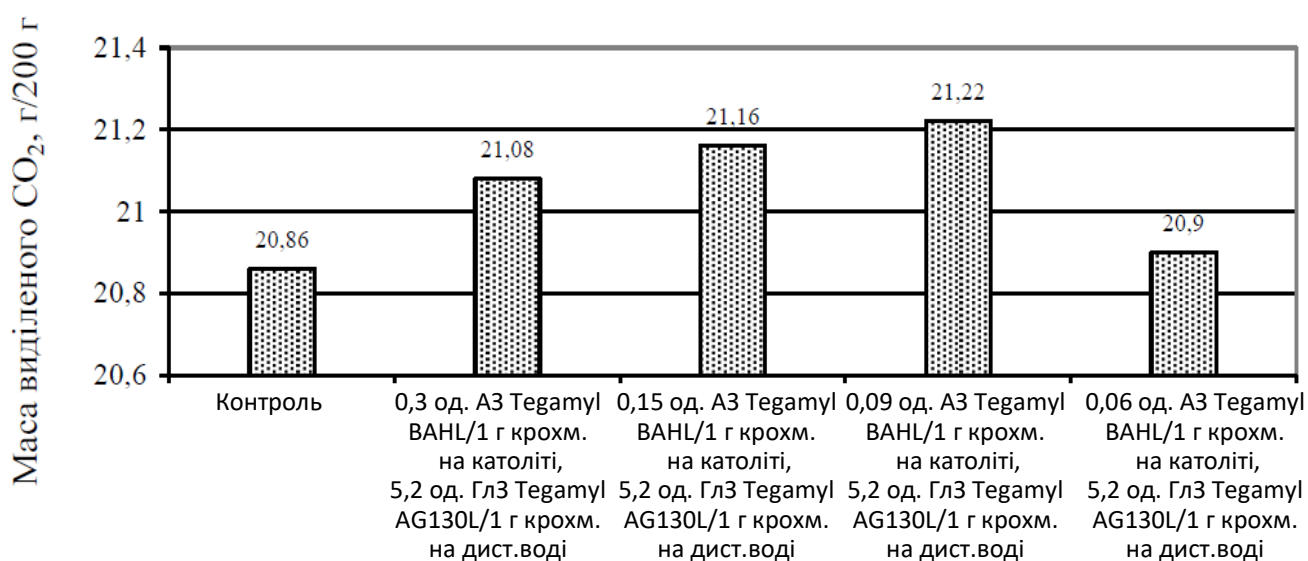
**Таблиця 3.8– Хіміко-технологічні показники зрілої пшеничної бражки**

Варіанти досліджень		Видимий вміст сухих речовин, %	рН, од	Титрована кислотність, град
Контроль	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на дист.воді,	8,9	4,6	0,5
	5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на дист.воді			
Серія дослідів 1	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на католіті,	7,5	4,5	0,6
	5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на дист.воді			
	0,15 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на католіті,	7,7	4,4	0,6
	5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на дист.воді			
0,09 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на католіті,	7,8	4,4	0,6	
5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на дист.воді				
	0,06 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на католіті,	8,9	4,4	0,6
Серія дослідів 2	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на дист.воді,	8,4	4,5	0,7
	5,2 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на католіті			
	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на дист.воді,	8,3	4,4	0,6
3,4 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на католіті				
	0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г крохмалю на дист.воді,	8,0	4,4	0,6
	2,6 од. ГлЗ Tegamyl AG130L/1 г крохмалю на католіті			

Як видно з результатів досліджень, у разі збільшення витрати а-амілази, приготованої на основі католіту, з 0,09 до 0,3 од. АЗ/ 1 г крохмалю (серія дослідів 1) видимий вміст сухих речовин у бражках зменшувався на 1,1–1,4% відносно контролю, а у випадку дозування 0,06 од. АЗ/1 г крохмалю даний показник залишився на рівні контрольного зразка. У разі зменшення витрати глюकोамілази (серія дослідів 2) видимий вміст сухих речовин у бражках зменшувався на 0,5–0,9% (табл. 3.8).

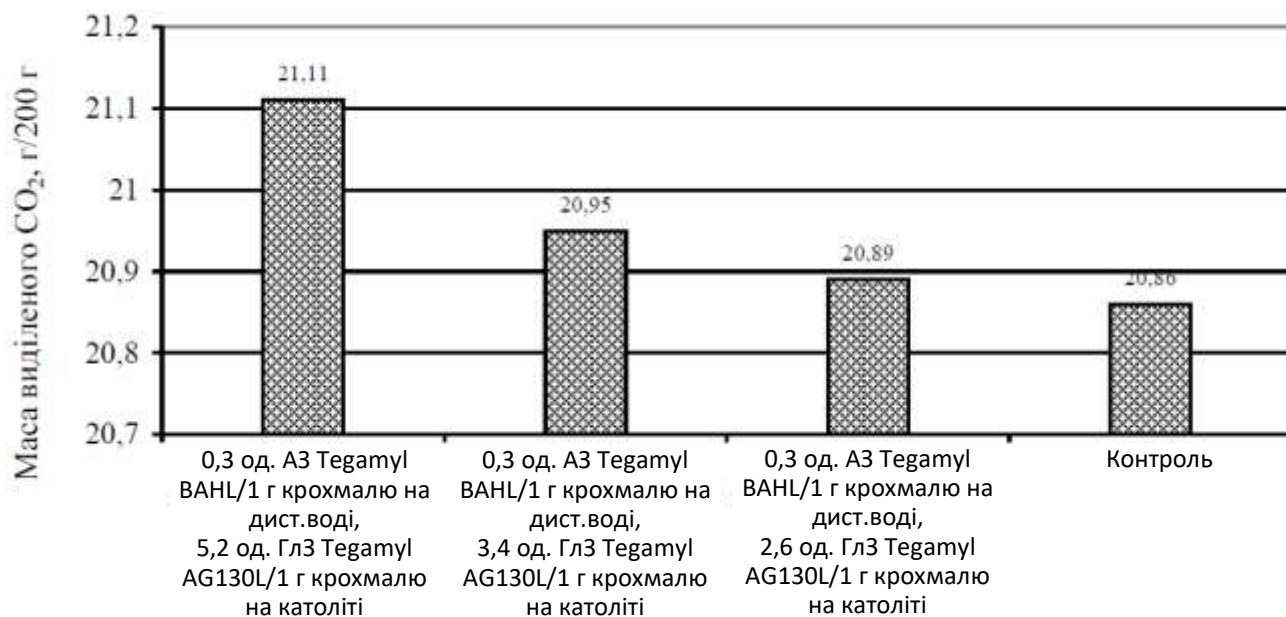
Значення показника рН бражки у серії дослідів 1 та 2 було на 0,1–0,2 од. нижчим відносно контролю (табл. 3.8). Наростання титрованої кислотності бражок у всіх дослідях не перевищувало 0,2 град.

У разі зменшення витрати  $\alpha$ -амілази (серія дослідів 1), приготованої на основі католіту, з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю маса виділеного вуглекислого газу була вищою відносно контролю на 0,22–0,36 г/200 г. За умови подальшого зменшення дозування Tegamyl ВАНЛ до 0,06 од. АЗ/1 г крохмалю даний показник залишився на рівні контролю. Варто зазначити, що найбільша маса  $\text{CO}_2$  виділилась за умови внесення ФП Tegamyl ВАНЛ у кількості 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю (21,22 г/200 г), а найменша — у випадку дозування 0,3 од. АЗ Tegamyl ВАНЛ/1 г (21,08 г/200 г) (рис. 3.6).



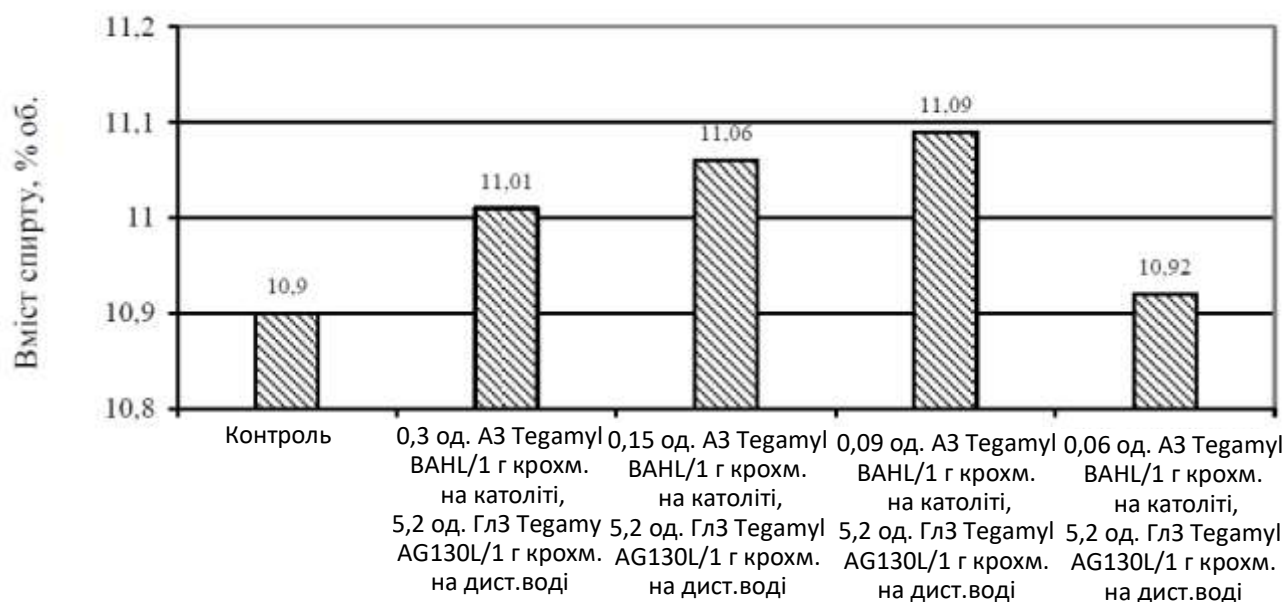
**Рисунок 3.6 – Залежність маси виділеного  $\text{CO}_2$  у результаті зброджування пшеничного сусла від дозування ФП Tegamyl ВАНЛ (серія дослідів 1)**

У результаті зменшення дозування ФП глюкоамілази (серія дослідів 2) маса виділеного  $\text{CO}_2$  була вищою відносно контролю. Причому найбільша маса вуглекислого газу виділилась у разі внесення ФП Tegamyl АГ130Лу кількості 5,2 од. ГлЗ / 1 г крохмалю (21,19 г/200 г) (рис. 3.7).



**Рисунок 3.7 – Залежність маси виділеного CO<sub>2</sub> у результаті зброджуванні пшеничного сусла від дозування ФП TEGAMYL AG130L (серія дослідів 2)**

У серії дослідів 1, де змінювали дозування  $\alpha$ -амілази приготованої на основу католіту, найвища концентрація спирту 11,09 об.% була у бражці з дозуванням ФП TEGAMYL VANL у кількості 0,09 од. А3/1 г крохмалю, що на 0,19 об.% більше відносно контролю (рис. 3.8).

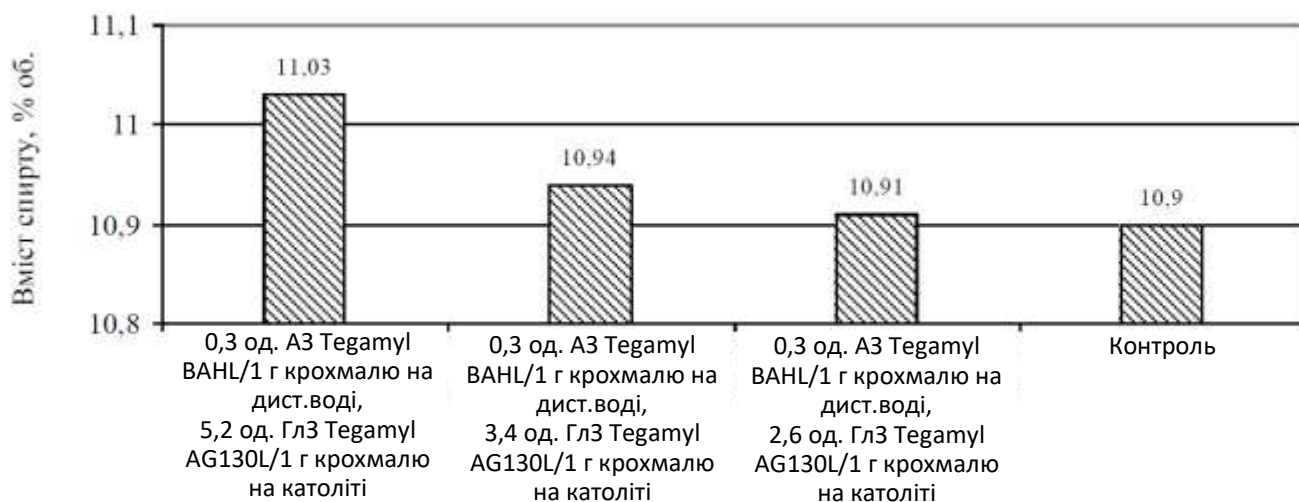


**Рисунок 3.8 – Залежність вмісту спирту від дозування ФП TEGAMYL VANL (серія дослідів 1)**

Подальше зменшення витрати ФП TEGAMYL VANL не впливає на вміст спирту у пшеничній бражці порівняно з контролем. За умови внесення ферменту у кількості 0,3 од. А3 TEGAMYL VANL вміст спирту становив 11,01 об.%, що на

0,11 об.% більше відносно контролю (рис. 3.8).

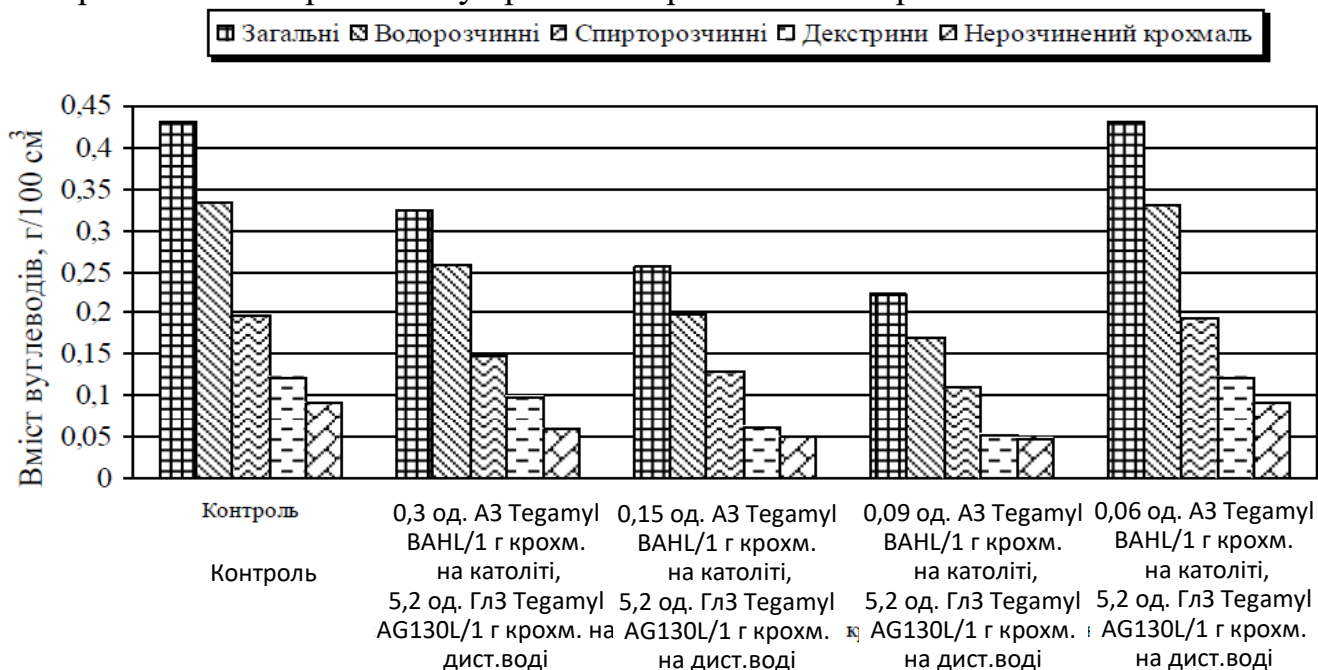
У разі максимального дозування ФП Tegamyl AG130L (серія дослідів 2) вміст спирту у бражках був майже на рівні контролю, а у випадку мінімального — більшим на 0,13 об.% порівняно з контролем (рис. 3.9).



**Рисунок 3.9 – Залежність вмісту спирту від дозування ФП Tegamyl AG130L (серія дослідів 2)**

Аналіз бражок показав, що у контролі вміст незброджених вуглеводів та нерозчиненого крохмалю відповідав нормам [205] і становив 0,432 г/100 см<sup>3</sup> та 0,090 г/100 см<sup>3</sup> відповідно (рис. 3.10-3.11). За умови найменшого дозування ФП  $\alpha$ -амілази у кількості 0,06 од. АЗ/1 г крохмалю вміст вуглеводів у бражці знаходився на рівні контрольного зразка (рис. 3.10).

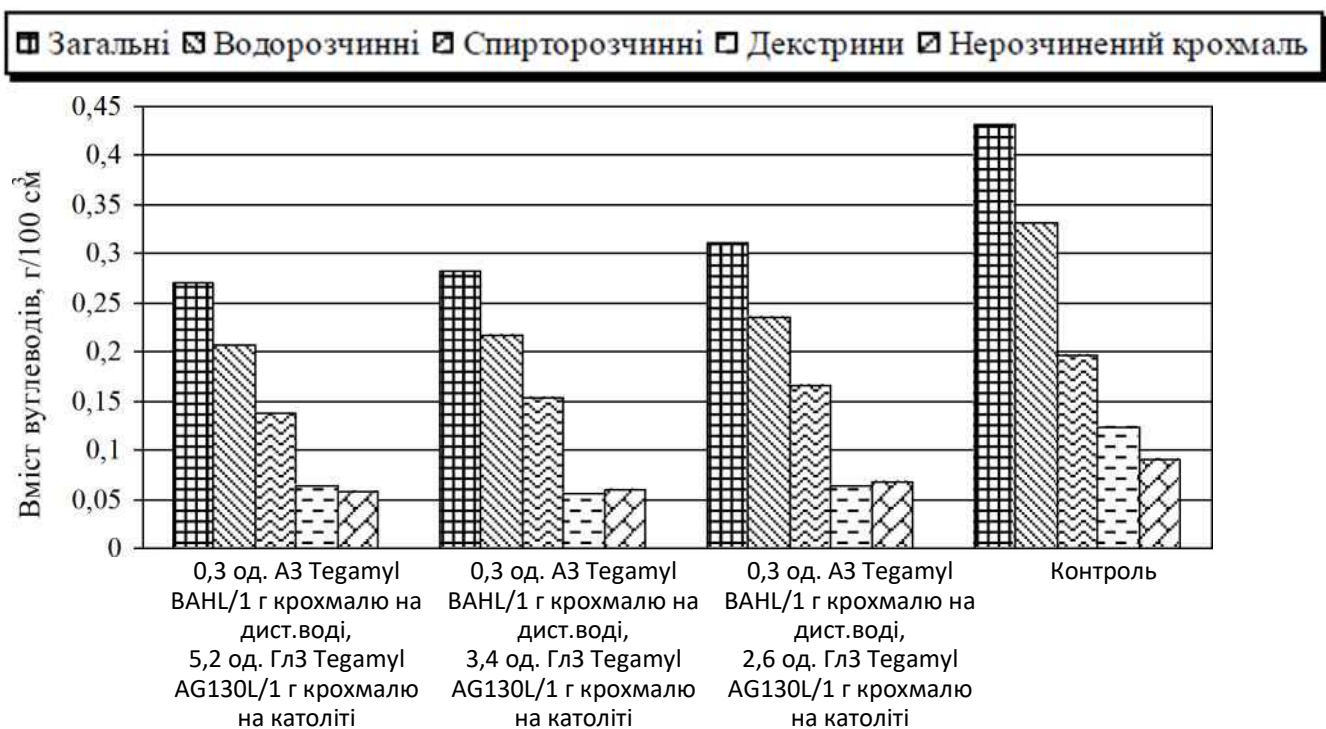
За умови внесення зменшеної кількості ферментних препаратів як  $\alpha$ -амілази (з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю), так і глюкоамілази (5,2 до 2,6 од. ГлЗ/1 г крохмалю) спостерігали меншу кількість незброджених вуглеводів та нерозчиненого крохмалю у бражках порівняно з контролем.



**Рисунок 3.10 – Залежність вмісту вуглеводів у зрілій пшеничній бражці від дозування ФП Tegamyl ВАНЛ (серія дослідів №1)**

Зменшення дозування  $\alpha$ -амілази (з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю) (серія дослідів 1) приводило до зменшення вмісту як незброджених вуглеводів, так і нерозчиненого крохмалю у бражках на 25,0–48,6% та 34,4–47,8%, відповідно, відносно контролю (рис. 3.10). Вміст водорозчинних, спирторозчинних вуглеводів та декстринів у дослідних зразках коливався в межах 0,170–0,258 г/100 см<sup>3</sup>, 0,111–0,148 г/100 см<sup>3</sup> та 0,053–0,099 г/100 см<sup>3</sup> бражки відповідно.

Як видно з рис. 3.11, у разі зменшення дозування глюкоамілази (серія дослідів 2) вміст вуглеводів у бражках збільшувався, проте залишався нижчим відносно контролю на 28,2–37,5% для незброджених вуглеводів та на 25,6–36,7% для нерозчиненого крохмалю. Концентрація водорозчинних вуглеводів становила 0,207–0,236 г/100 см<sup>3</sup>, спирторозчинних — 0,137–0,165 г/100 см<sup>3</sup> та декстринів — 0,056–0,064 г/100 см<sup>3</sup> бражки.



**Рисунок 3.11 – Залежність вмісту вуглеводів у зрілій пшеничній бражці від дозування ФП Tegamyl AG130L (серія дослідів 2)**

Узагальнення експериментальних даних щодо використання католіту для приготування розчинів ФП дало змогу довести, що за умови зменшення дозування  $\alpha$ -амілази з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю у заміс під час його термоферментативного оброблення ефективність гідролізу вуглеводів є кращою, ніж за умови зменшення кількості глюкоамілази з 5,2 до 2,6 од. ГлЗ/1 г крохмалю, про що свідчить вища концентрація спирту у бражці та нижчий вміст у ній вуглеводів (рис. 3.10-3.11).

Це пояснюється впливом католіту на активність ФП Tegamyl ВАНЛ. Відомо, що Ca<sup>2+</sup>-вмісні ферментні препарати можуть знижувати активність у присутності інших катіонів через їх конкурентну взаємодію між зв'язаними з протеїновими молекулами іонами [73]. Оскільки під час електрохімічної активації води іони більшості металів, які можуть міститися у вихідній воді,

крім лужних і лужноземельних, відновлюються на катоді і не переходять у католіт, то відсутній ефекторний вплив іонів двовалентних металів на активність досліджуваної  $\alpha$ -амілази [74]. Це узгоджується з відомостями про хімічний склад католіту щодо іонів металів у ньому [75].

Початкова кількість дріжджових клітин у суслі становила 25 млн. кл. /см<sup>3</sup>. З табл. 3.9 видно, що кількість дріжджів у бражці з серії дослідів 1 та 2 була більшою відносно контролю, лише за умови дозування ФП Tegamyl ВАНL у кількості 0,06 од. АЗ/1 г умовного крохмалю кількість дріжджів у бражці залишилася на рівні контролю.

**Таблиця 3.9 – Вплив дозування ФП на кількість дріжджів у зрілій пшеничній бражці**

Варіанти досліджень		Кількість клітин дріжджів, млн/см <sup>3</sup>
Конт- роль	0,3 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на дист.воді, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на дист.воді	136
Серія дослідів 1	0,3 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на дист.воді	143
	0,15 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на дист.воді	149
	0,09 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на дист.воді	162
	0,06 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на католіті, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на дист.воді	138
	0,3 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на дист.воді, 5,2 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на католіті	141
Серія дослідів 2	0,3 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на дист.воді, 3,4 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на католіті	150
	0,3 од. АЗ Amylex 3Т/ 1 г крохмалю на дист.воді, 2,6 од. ГЛЗ Diazyme SSF/ 1 г крохмалю на католіті	163

Залежність впливу дозування глюкоамілази та  $\alpha$ -амілази, приготованих на основі католіту, на масу виділеного СО<sub>2</sub>, вміст вуглеводів та спирту є неоднаковою відносно контролю. Це пояснюється впливом католіту на активність ФП Tegamyl ВАНL та Tegamyl AG130L. З одержаних результатів можна припустити, що католіт іонізує активні центри ензимів, проявляючи більший вплив на  $\alpha$ -амілазу, ніж на глюкоамілазу.

Ферментний препарат  $\alpha$ -амілази під час термоферментативного оброблення замісу вступає в дію першим і розщеплює крохмаль на декстрини різної молекулярної маси, тим самим готуючи сусло до дії глюкоамілази. Відповідно, чим більше  $\alpha$ -амілаза прогідролізує крохмаль на стадії розрідження, тим більше глюкоамілаза, вступивши у дію, утворить глюкози, яка зброджується дріжджами.

Зменшення витрати ФП призводить до покращення хіміко-технологічних показників сусла та бражки відносно контролю за рахунок підвищення ферментативної активності та сумісної дії  $\alpha$ -амілази та глюкоамілази.

Таким чином, досліджено вплив дозування ферментних препаратів,

приготованих на основі католіту, на показники пшеничного суслу та бражки. Так, за умови використання католіту для приготування розчину ФП Tegamyl ВАНЛ можна зменшити його дозування з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю під час термоферментативного оброблення пшениці, збільшити вміст спирту у бражці до 11,09 об.%, зменшити концентрацію загальних вуглеводів на 48,6% та нерозчиненого крохмалю на 47,8% відносно контролю, а також збільшити кількість дріжджових клітин у бражці.

Приготування розчину ФП Tegamyl AG130L на католіті дозволяє зменшити його витрату з 5,2 од. до 2,6 ГлЗ/1 г крохмалю, збільшити вміст спирту у бражці до 11,03 об.%, зменшити вміст загальних вуглеводів у бражці на 37,5% та нерозчиненого крохмалю на 36,7% відносно контролю, а також збільшити кількість клітин дріжджів.

### 3.3 Висновки

На основі експериментальних досліджень серед ферментних композицій вибрано ФП Tegamyl ВАНЛ (джерело  $\alpha$ -амілази), Tegamyl AG130L (джерело глюкоамілази) та Laminex BG2 (джерело целюлази) для розщеплення некрохмальних полісахаридів, які містяться у плівчастій частині зерна спельти.

Встановлено, що зі збільшенням концентрації спельтового суслу від 14,1% до 18,8% відбувається підвищення його в'язкості у 1,7 рази, концентрація спирту у бражці збільшується з 6,17 до 7,06 об.%, а загальний вміст незброджених вуглеводів підвищується до 0,442 г/100 см<sup>3</sup>. Доведено доцільність використання католіту та аноліту для приготування замісу зі спельти у разі різних гідромодулів помелу та води (від 3,2 до 4), оскільки відбувається збільшення вмісту спирту у бражках на 0,11–0,21 об.%. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що електрохімічно активована вода, а саме католіт, у складі замісу з пшениці дозволяє знизити динамічну в'язкість суслу на 8,3%, зменшити вміст загальних вуглеводів на 34,3% та нерозчиненого крохмалю на 15,6% у бражці, а також підвищити концентрацію спирту на 0,11% (відносних) відносно контролю. Обрано оптимальне значення гідромодуля замісу зі спельти, а саме 3,5, яке забезпечує низький вміст незброджених вуглеводів (0,262–0,280 г/100 см<sup>3</sup> бражки) та високу концентрацію етанолу (6,96–6,98 об.%) відносно контролю за умови використання електрохімічно активованої води для приготування замісу.

Доведено, що під час термоферментативного оброблення пшеничного замісу ефективність гідролізу вуглеводів в більшій мірі залежить від  $\alpha$ -амілази, робочий розчин якої приготовано на католіті, ніж від глюкоамілази, приготованої на основі католіту. Встановлено, що використання католіту для приготування розчинів ферментних препаратів  $\alpha$ - та глюкоамілази дає змогу зменшити їхнє дозування для термоферментативного оброблення та оцукрювання зернових замісів з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю для ФП Tegamyl ВАНЛ та з 5,2 од. до 2,6 ГлЗ/1 г крохмалю для Tegamyl AG130L. Доведено можливість приготування замісу зі спельти на основі католіту та аноліту, що дає змогу зменшити дозування ФП Tegamyl ВАНЛ на 70%, а ФП Tegamyl AG130L на 50% та збільшити концентрацію спирту у зрілій бражці на 0,12–0,14 об.%.

#### 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Запропоновано математичну модель на основі планування повнофакторного експерименту (ПФЕ) для визначення оптимальних умов проведення процесу одержання спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води для активації ФП, а також для оптимізації проведення досліджень. На основі математичної моделі можна описати процес ТФО зернової сировини.

Для здійснення ПФЕ потрібно виконати  $q^k$  дослідів. Найчастіше фактори у експериментах варіюють на двох рівнях — верхньому і нижньому, тобто  $q = 2$ . Це експерименти типу  $2^k$ .

Аналізуючи комбінацію виконаних досліджень, будували матрицю ПФЕ 23. Фактори впливу на систему:

$X_1$  – дозування  $\alpha$ -амілази (ФП Tegamyl ВАНЛ) ( $D_{A3}$ ), од. АЗ/1 г ум. крохмалю;

$X_2$  – дозування глюкоамілази (ФП Tegamyl AG130L) ( $D_{ГЛЗ}$ ), од. ГЛЗ/1 г ум. крохмалю.

В якості функцій відгуку вибрано: вміст спирту у бражці ( $B_{сп}$ ), % об.

Кодовані значення вихідних змінних (параметрів оптимізації):

$Y_1$  – вміст спирту у бражці ( $B_{сп}$ ), % об.

Оскільки фактори  $\epsilon$ , переважно, неоднорідними і можуть мати різні одиниці вимірювання, то їх слід звести до єдиної системи числення шляхом переходу від дійсних значень факторів до кодованих за формулами (4.1–4.3):

$$x_{i_{осн.}} = \frac{x_{i_{max}} + x_{i_{min}}}{2} \quad (4.1)$$

$$X_i = \frac{x_i - x_{i_{осн.}}}{\Delta x_i} \quad (4.2)$$

$$\Delta x_i = \frac{x_{i_{max}} - x_{i_{min}}}{2} \quad (4.3)$$

де  $i$  – номер фактора;

$x_i$  – значення  $i$ -го фактора в натуральних одиницях;

$X_i$  – кодоване значення  $i$ -го фактора;

$x_{i_{осн.}}$  – основний рівень  $i$ -го фактора;

$x_{i_{max}}$  – верхній рівень  $i$ -го фактора;

$x_{i_{min}}$  – нижній рівень  $i$ -го фактора;

$\Delta x_i$  – інтервал зміни  $i$ -го фактора.

Вводимо умовні позначення верхнього, нижнього та основного рівнів факторів – відповідно +1, -1, 0 (табл. 4.1) [64].

**Таблиця 4.1 – Основні характеристики ПФЕ 22**

Інтервал варіювання, рівнів факторів		
Назва фактора	Дозування $\alpha$ -амілази (ФП Amylex 3T) (Д <sub>A3</sub> ), од. АЗ /1 г умовного крохмалю	Дозування глюкоамілази (ФП Diazyme SSF) (Д <sub>ГЛЗ</sub> ), од. ГЛЗ /1 г умовного крохмалю
Кодоване значення	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Основний рівень, X <sub>i,осн</sub>	0,195	3,9
Інтервал варіювання $\Delta x_i$	0,105	1,3
Нижній рівень X <sub>imin</sub>	0,09	2,6
Верхній рівень X <sub>imax</sub>	0,3	5,2

За результатами розрахунків для плану ПФЕ 22 одержали такі лінійні рівняння регресії (4.4):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2, \quad (4.4)$$

або нелінійне рівняння регресії (4.5):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2, \quad (4.5)$$

План-матрицю і результати дослідів наведено в табл. 4.2

**Таблиця 4.2 – Повна план-матриця ПФЕ 2<sup>2</sup>**

№ дослідів	Значення факторів			Комбінація добуток факторів	Середні значення вихідної змінної (параметра оптимізації)
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>
1.	1	-1	-1	1	11,09
2.	1	1	-1	-1	11,06
3.	1	-1	1	-1	11,07
4.	1	1	1	1	11,04

Середні значення показника параметра оптимізації визначали за формулою (4.6):

$$Y_u = \frac{\sum_{j=1}^m Y_{uj}}{m} \quad (4.6)$$

де Y<sub>u</sub> – середнє арифметичне m паралельних вимірювань у рядку з номером u;

Y<sub>uj</sub> – j-е значення параметра Y при вимірюваннях у рядку плану з номером u.

Обчислюємо рядкові дисперсії S<sub>u</sub><sup>2</sup>, враховуючи результати m паралельних вимірювань у кожному рядку плану-матриці за формулою (4.7):

$$S_u^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_u - Y_{uj})^2}{m - 1}. \quad (4.7)$$

Знаходимо максимальну дисперсію  $S_{u_{\max}}^2$  серед рядкових дисперсій, а всі рядкові дисперсії сумують, тобто визначаємо  $\sum S_{u_{\max}}^2$

Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій і відтворюваності дослідів за однакового числа  $m$  вимірювань у кожному рядку плану користуємося критерієм Кохрена  $G$ , який є відношенням максимальної дисперсії до суми всіх рядкових дисперсій (4.8):

$$G = \frac{S_{u_{\max}}^2}{\sum S_u^2}. \quad (4.8)$$

Задавши рівень значущості ( $\alpha = 5\%$ ), знаходимо табличне значення критерію Кохрена  $G_{\text{табл.}\alpha, f_1, f_2}$  при числах степенів свободи  $f_1 = 2-1 = 1$ ;  $f_2 = 4$ . Розраховані і табличні значення критерію Кохрена для параметрів оптимізації наведено в табл. 4.3.

**Таблиця 4.3 – Значення критерію Кохрена для відповідних параметрів оптимізації**

№ п/п	Табличне значення критерію Кохрена $G_{\text{табл.}5\%,1,4}$	Розраховане значення критерію Кохрена $G_{\text{розрах.}u}$
1	0,907	0,250

Розрахункове значення  $G$  є меншим від табличного, отже гіпотеза про однорідність дисперсій та відтворюваності результатів вимірювань приймається.

Обчислюємо дисперсію відтворюваності і дисперсію дослідів за формулою (4.9):

$$S_0^2 = S_y^2 = \frac{\sum S_u^2}{N}. \quad (4.9)$$

Оскільки експеримент відтворюваний, то можна виконати обчислення коефіцієнтів рівняння регресії за формулою (4.10):

$$b_i = \frac{\sum X_{iu} Y_u}{N}, \quad (4.10)$$

де  $b_i$  – коефіцієнти регресії з індексами  $i = 0, 1, 2, \dots, k$ ;

$X_{iu}$  – рядкові значення фактора в  $i$ -му стовпці плану-матриці;

$Y_u$  – середнє арифметичне з результатів  $m$  паралельних дослідів у  $u$ -ому рядку плану-матриці;

Розраховані значення коефіцієнтів регресії  $b_i$  для кожного з параметрів оптимізації подано в табл. 4.4.

**Таблиця 4.4 – Розраховані значення коефіцієнтів регресії**

Параметр оптимізації	Коефіцієнти регресії			
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_{12}$
$Y_1$	11,07	-0,02	-0,01	0

Значущість коефіцієнтів регресії оцінюють за допомогою критерію Стьюдента (4.11), табл. 4.5:

$$\Delta b_i = t_{t,0,05;4} \sqrt{S_y^2 / N}. \quad (4.11)$$

**Таблиця 4.5 – Перевірка значущості коефіцієнтів регресії**

Параметр оптимізації	Дисперсія відтворюваності $S_y^2$	Критерій Стьюдента, табличне значення $t_{t,0,05;4}$	Розраховане значення, $\Delta b_i$
$Y_1$	0,0002	2,78	0,020

Усі коефіцієнти регресії, які по абсолютній величині перевищують  $\Delta b$  можуть бути статистично значимими. Підставляємо значення  $b_i$  у рівняння регресії (4.12), одержуємо:

$$Y_1 = 11,07 - 0,02X_1 \quad (4.12)$$

Отримане рівняння перевіряємо на адекватність. Необхідно обчислити  $S_u$ , розраховане значення функції відгуку, підставивши кодовані значення факторів із плану-матриці.

Надалі проводимо обчислення дисперсії адекватності за формулою (4.13):

$$S_{ad}^2 = \frac{m \cdot \sum (Y_u - \hat{Y})^2}{N - l}; \quad (4.13)$$

в якій  $m$  – кількість паралельних вимірювань,  $N$  – кількість проведених дослідів,  $l$  – кількість статистично значимих коефіцієнтів у рівнянні. Адекватність моделі перевіряємо за критерієм Фішера  $F$  (4.14):

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \quad (4.14)$$

Для перевірки гіпотези про адекватність моделі слід визначити числа степенів свободи  $f_1$  (для дисперсії адекватності  $S_{ad}^2$ ) і  $f_2$  (для дисперсії відтворюваності), знайти табличне значення критерію Фішера  $F_{табл. \alpha, f_1, f_2}^2$ , при відповідних степенях свободи та вибраному рівні значущості  $\alpha$ . Дані з обрахунків наведено в табл. 4.6.

Оскільки виконується умова  $F_{\text{розрах.}} < F_{\text{табл.}a, f_1, f_2}^2$ , то модель є адекватною експериментальним даним.

**Таблиця 4.6 – Оцінка адекватності моделі**

Параметр оптимізації	Дисперсія адекватності $S_{ад}^2$	Критерій Фішера, табличне значення $F_{\text{табл.}0,05;1;4}$	Критерій Фішера, розраховане значення, $F_{\text{розрах.}}$
$Y_1$	0,0008	7,71	4,00

Перехід від кодованих до фізичних змінних у рівняннях регресії здійснюють, використовуючи основні рівняння та межі змін факторів, наведених в табл. 4.1. Формули переходу від кодованих змінних до фізичних мають вигляд:

$$X_1 = (D_{АЗ} - 0,195)/0,105; \quad (4.15)$$

$$X_2 = (D_{ГЛЗ} - 3,9)/1,3. \quad (4.16)$$

В результаті отримаємо рівняння вмісту спирту:

$$V_{сп} = 11,07 - 0,02 D_{АЗ} \quad (4.17)$$

Отже, з одержаного шляхом математичного моделювання рівняння впливає, що домінуюча роль у процесі ТФО замісу з крохмалевмісної сировини належить  $\alpha$ -амілазі, активованій католітом. Дозування глюкоамілази, обробленій католітом, має значно менший вплив на вміст спирту у бражці порівняно з  $\alpha$ -амілазою.

## 5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Нами здійснено розрахунок економічного ефекту від впровадження удосконаленої технології спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води для активації ферментних препаратів.

Щодобово підприємство продуктивністю 2000 дал спирту повинно переробити крохмалю:

$$2000/66,4=30,12 \text{ т}$$

де 66,4 – вихід спирту з тонни крохмалю пшениці.

Економія за рахунок зниження витрати ФП. Для декстринізації 1 т крохмалю витрата ферментного препарату Tegamyl ВАНЛ становить 0,5 дм<sup>3</sup>, тоді витрата ФП на добу продуктивність підприємства дорівнює:

$$0,5 \cdot 30,12 = 15,06 \text{ дм}^3$$

За умови зменшення витрати Tegamyl ВАНЛ вартістю 89 грн/дм<sup>3</sup> на 70 % економія становить:

$$15,06 \cdot 0,7 \cdot 89 = 938,24 \text{ грн на 2000 дал спирту}$$

Тоді економія ФП  $\alpha$ -амілази на 1 дал спирту:

$$938,24/2000 = 0,47 \text{ грн}$$

Для оцукрювання 1 т крохмалю витрата ферментного препарату Tegamyl AG130L становить 0,9 дм<sup>3</sup>. Витрата ФП на добу продуктивність підприємства дорівнює:

$$0,9 \cdot 30,12 = 27,11 \text{ дм}^3$$

За умови зменшення витрати Tegamyl AG130L вартістю 104 грн/дм<sup>3</sup> на 35% економія становить:

$$27,11 \cdot 0,35 \cdot 104 = 986,80 \text{ грн на 2000 дал спирту}$$

Тоді економія за рахунок зменшення витрати глюкоамілази на 1 дал спирту становить:

$$986,80/2000 = 0,49 \text{ грн}$$

Витрата католіту та електроенергії на його приготування. Добова потреба у католіті для приготування робочих розчинів ФП з врахуванням розведення 1:10 становить:

$$15,06 \cdot 10 + 27,11 \cdot 10 = 421,7 \text{ дм}^3$$

Час, необхідний для приготування добової витрати католіту в електролізері продуктивністю 150 дм<sup>3</sup>/год становить:

$$421,7/150 = 2,81 \text{ год}$$

Потужність електролізера становить 230 Вт. Витрата електроенергії для приготування добової норми католіту

$$2,81 \cdot 0,23 = 0,65 \text{ кВт-год}$$

Вартість 1 кВт-год електроенергії становить 1,68 грн. Тоді вартість необхідної кількості електроенергії для приготування добової норми католіту становить:

$$0,65 \cdot 1,68 = 1,09 \text{ грн на 2000 дал спирту.}$$

Витрата електроенергії на одиницю продукції

$$1,09/2000 = 0,0005 \text{ грн}$$

Таким чином зниження витрат по статті «ферментні препарати» становить:

$$0,47 + 0,49 - 0,0005 = 0,96 \text{ грн/дал спирту}$$

Внаслідок реконструкції спиртового підприємства собівартість 1 дал спирту знижується на 0,96 грн, що за рік  $0,96 \cdot 2000 \cdot 315/1000 = 604,8$  тис. грн.

Вартість електролізера продуктивністю 120–180 дм<sup>3</sup>/год становить 26000 грн.

Економічний ефект від впровадження удосконаленої технологічної схеми одержання спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води становить 0,96 грн/дал спирту.

Варто зауважити, що аноліт можна використовувати для миття обладнання, що дає змогу зменшити витрати на мийні та антисептичні засоби.

Більш повноцінно описати соціально-економічний ефект від використання електрохімічно активованої води у технології одержання спиртової бражки та розрахунок вартості впровадження цієї технології можливо при подальших дослідженнях.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

В Україні від 22 листопада 2002 р. діє нова редакція Закону «Про охорону праці» зі змінами та доповненнями. Цей закон, а також «Кодекс законів про працю України» є основною законодавчою базою охорони праці, їх доповнюють нормативні акти про охорону праці — це стандарти, правила, норми та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Закон України про охорону праці визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 наукові та навчальні лабораторії відносяться до категорії В — пожежонебезпечне виробництво. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), приміщення таких лабораторій відносяться до класу В-1б.

Виробнича лабораторія повинна бути сухою світлою, з хорошою вентиляцією, мати доступ до природного газу та води, пристрій для її відведення.

В приміщенні лабораторії двічі на день потрібно проводити вологе прибирання. Підлогу, стіни і меблі періодично обробляють пилососом і протирають дезінфікуючими розчинами: 2–3% розчином соди, 0,5–3% розчином хлораміна.

Шкідливим фактором називають дію оточуючого середовища на людину, яка призводить до професійного захворювання. Для працюючих встановлені норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони, узгоджені Міністерством охорони здоров'я України 23.09.93 №5.05.07.

Запиленість повітря робочої зони

Запиленість не нормується для хімічної лабораторії, тому що немає обладнання, яке б виділяло пил.

Одним із найбільших розповсюджених факторів, які впливають на людину, є шум.

Засоби захисту від шуму:

- Використання засобів індивідуального захисту;
- Дистанційне управління, що виключає передачу шуму на робочі місця;
- Приміщення в якому розміщене обладнання з підвищеним шумом, повинні бути ізольовані і обладнаними засобами шумоізоляцією.

Освітлення на робочих місцях регламентується ДБН В. 2.5-28:2018. За видом джерела світла, що використовується, освітлення може бути природним (сонячним), штучним (лампи розжарювання або газорозрядні) та суміщеним, тобто коли у світлі години доби використовують обидва джерела світла одночасно.

*Природне освітлення*

Природне освітлення поділяється на :

- бічне одностороннє та двостороннє;
- верхнє, коли ліхтарі та світлові прорізи знаходяться в покритті або в стінах під ним;
- комбіноване, коли сполучається бічне і верхнє освітлення.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення — (КПО) або  $e, \%$ .

$$\text{КПО} = e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{зовн}}} \cdot 100,$$

де  $E_{\text{вн}}$  — внутрішнє природне освітлення у приміщенні в місці, що розглядається, лк;  $E_{\text{зовн}}$  — зовнішня природна освітленість рівномірним світлом всього небосхилу, замірена одночасно з  $E_{\text{вн}}$ , лк.

Нормоване значення КПО залежить від характеру зорової роботи та особливостей світлового клімату в районі розташування будівлі на території, тому враховують коефіцієнти  $m$  і  $s$  відповідно до світлового клімату, %

#### *Штучне освітлення*

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Розрізняють такі системи штучного освітлення:

- загальну;
- місцеву;
- комбіновану.

Система загального освітлення призначається для освітлення всього приміщення, вона може бути рівномірною та локалізованою.

Місцеве освітлення призначається для освітлення тільки робочих поверхонь, воно може бути стаціонарним та переносним.

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його передбачають для робіт I–VIII розрядів точності та зоровими параметрами.

У хімічній лабораторії існує тільки теплове випромінювання, воно виникає в наслідок нагрівання при проведенні дослідів. В теплий період року додається ще й теплота сонячного випромінювання.

В хімічній лабораторії дозволяється працювати тільки при наявності справжньої приточно-витяжної вентиляції, обладнаних витяжних шаф, спецодягу, засобів індивідуального захисту, пожежогасіння і аптечки першої допомоги.

Щоб запобігти захист працюючих від її електричного струму треба застосовувати засоби та способи захисту, які передбачені «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) та «Правила техніки безпеки електроустановок споживачів».

Згідно з ПУЕ хімічну лабораторію можна віднести до категорії приміщень з підвищеною небезпекою . Засоби захисту:

- захисне заземлення;
- подвійна ізоляція;
- напруга не вище 12 В;
- біля щитків на землі знаходяться гумові килими, а коробки щитка закриті на ключ.

Електромережа розміщується так, щоб вона не підлягала механічним пошкодженням, перегрів, впливу агресивних середовищ і не створювала незручностей в роботі обслуговуючого персоналу.

Леткі речовини і розчинники, які застосовуються в лабораторіях (спирт, етиловий ефір 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 загорілись, тому що цим можна викликати ще більше розповсюдження пожежі. Вогнище пожежі, що утворилося, ліквідують накриттям палаючої поверхні щільною тканиною, вологою ганчіркою або засипають його піском. Якщо вогонь розповсюдився на велику площу, то треба користуватись вогнегасником (густо пінним або порошковим), збиваючи полум'я з боку не пошкодженої ним ділянки.

Запас спирту та інших летких рідин в лабораторії повинен бути невеликим, тільки для щоденної роботи. Зберігати ці рідини треба в ізольованому відсіку шафи, який відділений від джерела вогню дверима, що щільно закриваються. Зсередини шафа повинна бути покрита азбестом і оббита покривним металом.

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

1. Кожна лабораторія має бути забезпечена необхідними засобами тушіння пожежі: вогнегасниками, ящиком з піском (з лопатою або совком), шматком волока або кошми.
2. При займанні одягу треба накрити потерпілого кошмою або облили водою.
3. При розливі вогненебезпечної рідини необхідно відключити всі пальники і електронагрівальні прилади, а потім прибрати рідину.
4. При виявленні запаху газу заборонено запалювати вогонь і користуватись електронагрівальними приладами.
5. При займанні олійної бані необхідно перш за все загасити пальник, а далі швидко накрити полум'я складеною вдвоє, або вчетверо вологою ганчіркою.
- 6.4. Техніка безпеки при роботі в хімічній лабораторії

*Щоб запобігти нещасним випадкам при роботі з хімічними реактивами необхідно керуватися такими правилами:*

1. Токсичні рідини забороняється набирати в піпетку ротом. В цьому випадку треба використовувати гумову грушу.
2. Заборонено приливати концентровані кислоти ДО концентрованих лугів (або навпаки); їх треба розводити водою до проведення нейтралізації.
3. При розведенні розчинів гідроксидів лужних металів треба приливати їх тонким струменем в холодну воду при одночасному перемішуванні.
4. Для приготування розчинів лугу необхідно його попередньо дрібно роздробити, щоб не розбити посуд великими кусками. Дробити луг треба на чистому металевому листі в захисних окулярах, щільно застібнутому халаті і в гумових рукавичках. Кусочки лугу беруть порцеляновим або металевим шпателем.
5. Нагрівання пробірок та іншого скляного посуду треба проводити поступово, направляючи їх отворами від працюючого.
6. Не можна змішувати киплячі розчини або додавати в них сухі реагенти на нагрівальних приладах.
7. Перед нагріванням води в промивалці з останньої виймають пробку.
8. Всі процеси, пов'язані з виділенням токсичних газів, пари та диму, проводять у витяжній шафі. З токсичними речовинами працюють в рукавичках.
9. Використані розчини, які містять в собі токсичні речовини, виливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину старанно миють.

Легкозаймісті 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.

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 круглдонних 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.

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

Забороняється пити воду і приймати їжу. Після закінчення роботи необхідно привести в належний стан своє робоче місце, помити та прибрати посуд, поставити на місце хімічні реактиви, виключити електроприлади, воду, газ, стисле повітря та освітлення.

## 7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

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 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 постраждалих, як потребують медичної допомоги.

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.

Цивільний захист в Україні створюється і здійснюється з метою:

- реалізація державної політики, спрямована на забезпечення безпеки та захисту населення і території, матеріальних та культурних цінностей та докільля 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;
- 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 та території 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.

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.

Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним із 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 кількості 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 та 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 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 територій заводу у чистоті. Під'їзні шляхи, майданчики перед виробничими та складськими приміщеннями мають бути заасфальтовані з певним ухилом для збігання промивної та атмосферної води у бік від будівель;
- збереження відходів у бетонних або в щільних 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% розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна.

*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.

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.

Заходи, які спрямовані на забезпечення захисту запасів сировини, напівфабрикатів та готової продукції від зараження їх радіоактивними, сильнодіючими та отруйними речовинами і бактеріальними засобами:

- розробка планів підготовки до здійснення простої герметизації тих складських та інших приміщень, де немає повної герметизації;
- випуску 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 виробни 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.

Отже, щодо цивільного захисту на підприємстві можна підвести такі підсумки:

- захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним із основних завдань цивільного захисту для переробних підприємств;
- для захисту продуктів харчування повинні виконуватися такі заходи: організаційні, інженерно-технічні, санітарно-профілактичні;

- головним способом захисту продуктів є герметизація виробничих, складських приміщень;
- своєчасний контроль за радіаційною обстановкою навколишнього середовища сприяє проведенню ефективних заходів щодо захисту харчових продуктів сировини на харчових підприємствах.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті системного аналізу наукових джерел інформації, узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано такі висновки:

1. Вирішено важливе науково-прикладне завдання — одержано нові експериментальні дані, що дозволили удосконалити технологію спиртової бражки за рахунок використання електрохімічно активованої води.
2. Обґрунтовано доцільність використання електрохімічно активованої води на стадії приготування замісу з пшениці, оскільки такий технологічний прийом дає можливість знизити вміст у зрілій бражці загальних вуглеводів на 30,3–34,3% та нерозчиненого крохмалю на 6,7–15,6%, а вміст спирту збільшити на 0,11 об.%
3. Запропоновано спельту для розширення сировинної бази у технології спирту із зерна та встановлено раціональні умови її термоферментативного оброблення, а саме: температура приготування замісу 45–50°C, тривалість розріджування 2,5 год за температури 86–89°C, оцукрювання — 30 хв за температури 55–60°C. Встановлено ефективний комплекс ферментних препаратів для здійснення цього процесу: джерело  $\alpha$ -амілази — Tegamyl ВАНЛ, глюкоамілази - Tegamyl AG130L та целюлази - Laminex BG2.
4. За результатами експериментальних досліджень доведено, що використання електрохімічно активованої води для приготування замісу зі спельти дає змогу зменшити вміст незброджених вуглеводів у бражці, а вміст спирту збільшити на 0,11–0,21 об.% порівняно з контролем, де заміс готували на необробленій воді. Встановлено, що приготування замісу зі спельти на основі електрохімічно активованої води дає змогу зменшити витрату ФП Tegamyl ВАНЛ з 0,3 до 0,09 од. АЗ/1 г крохмалю та ФП Tegamyl AG130L з 5,2 до 3,4 од. ГлЗ/1 г крохмалю.
5. Побудовано математичну модель процесу одержання спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води для активації ферментних препаратів, що адекватно описує залежність вмісту спирту у бражці від дозування ферментних препаратів  $\alpha$ -амілази на стадії низькотемпературної термоферментативної обробки замісу з крохмалевмісної сировини.
6. Економічна ефективність виробництва спиртової бражки з використанням електрохімічно активованої води складає — 0,96 грн/дал спирту (за рахунок зменшення собівартості у статті калькуляції — витрати ферментних препаратів).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ларченко К.А., Ларченко К.А., Моргун Б.В. Біоетанол як альтернативне поновлюване джерело енергії. *Біотехнологія*. 2008. Т. 1, № 4. С. 18-28.
2. Bioethanol production from sugarcane: evaluation of distillation, thermal integration and cogeneration systems / M.O.S. Dias and other *Energy*. 2011. Vol. 36, issue 6. P. 3691-3703.
3. Сегеда С.А., Воронецька І.С., Пронько Л.М. Розвиток біоенергетики як запорука енергетичної безпеки України. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2010. Том 1, Вип. 42. С. 170-174.
4. Майданевич П. М. Виробництво біоетанолу - перспективний шлях розвитку підприємств спиртової галузі АПК. *Актуальні проблеми економіки*. 2010. № 1 (103). С. 88-92.
5. Олійнічук С.Т., Коткова Н.С. Спиртове виробництво та енергетична безпека України. *Економіка АПК*. 2014. № 4. С. 60-64.
6. Олійнічук С.Т., Коваль О.О. Перспективні напрями інноваційного розвитку спиртових заводів України. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності: тези доповідей VI Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2017 р.* Київ: НУХТ, 2017. С. 9.
7. Олійнічук С.Т., Сосницький В.В. Прогресивні технології біопалива з рослинної сировини. *Продовольчі ресурси*. 2014. № 2. С. 8-14.
8. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. Київ: Видавничий дім «Асканія», 2009. 424 с.
9. Ресурсо-енергозбереження при виробництві технічного і паливного біоетанолу / Домарецький В.А. та ін. / *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково технічний збірник*. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. № 4. С. 201-205.
10. Дробот В. І., Михонік Л. А., Семенова А. Б. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 4. С. 37-39.
11. Лапчинський В.В., Бордюк Р.І. Спельта. Зарубіжний досвід вирощування та використання культури. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: тези доповідей V Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, 29-30 вересня 2016 р.* Київ: НУХТ, 2016. С. 58-59.
12. Lacko-Bartosova M., Korczyk-Szabo J., Razny T. Triticum spelta – a specialty grain for ecological farming systems. *Research J. Agr. Sci.* 2010. 42, N 1. P. 143-147.
13. Круп'яні властивості зерна різних сортів і ліній пшениці спельти / Г.М. Господаренко, А.Т. Мартинюк, В.В. Любич, І.О. Полянецька. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. №1. С. 12-16.
14. Семенова А.Б. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки круп'яних культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» / НУХТ. Київ, 2014. 24 с.
15. Нінієва А.К. Успадкування ознак продуктивності колоса гібридами спельти ярої (*T. spelta* L.) із пшеницею м'якою ярою. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 4. С. 36-41.
16. Діордієва І.П., Єщенко О.В., Новак Ж.М. Урожайність та вміст клейковини в зерні сортів і гібридних популяцій пшениці спельти. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. Вип. 90. С. 173-179.

17. Лапчинський В.В. Аналіз еколого-географічних особливостей центрів походження *Triticum spelta* і перспективи поширення культури в Україні. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2016. №4/1(21). С. 34-38.
18. Нінієва А.К. Селекційна цінність спельти в умовах східної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 82. С. 159-166.
19. Діордієва І.П., Єщенко О.В., Новак Ж.М. Урожайність та вміст клейковини в зерні сортів і гібридних популяцій пшениці спельти. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. Вип. 90. С. 173-179.
20. Всеукраїнський науковий інститут селекції. URL: <http://vnis.com.ua> (дата звернення 08.02.2024).
21. Бондар М.В. Вплив антисептичних засобів на дріжджі у спиртовому виробництві, *Харчова наука і технологія*. 2011. № 3. С.33-35.
22. Руководство по микробиологическому контролю спирто-дрожжевого производства. УкрНИИспиртбиопрод. Київ: ВД «Харчова та переробна промисловість», 1995. 67с.
23. Спосіб антисептування напівпродуктів спиртового виробництва / М.В. Бондар, П. Л. Шиян, В. О. Маринченко, Т.О. Мудрак, А. М. Фіщенко: Патент №43008 Україна, МПК А 61L 2/16. № u 2009 02668; Національний університет харчових технологій. заявл. 24.03.09; опубл. 27.07.09. Бюл. № 14/2009.
24. Бондар М.В. Удосконалення способу антисептування сусла в технології етилового спирту із крохмалевмісної сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / НУХТ. Київ, 2010. 20 с.
25. Аналіз мікрофлори зернової сировини та способи її пригнічення у спиртовому виробництві / Д.О. Ткаченко, П.Л. Шиян, В.С. Зубченко, Р.Б. Косів. *Харчова промисловість: науковий журнал*. 2014. № 15. С. 17-22.
26. Use of virginiamycin to control the growth of lactic acid bacteria during alcohol fermentation / S.H. Hynes, D.M. Kjarsgaard, K.C. Thomas, W. M. Ingledew. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 1997. Vol. 18, Issue 4. P. 284-291.
27. Колесніченко С.Л. Поліпшення мікробіологічної чистоти зерна шляхом обробки електроактивованою водою. *Наукові праці ОНАХТ*. 2010. Вип. 38, Т. 1. С. 55-57.
28. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів. ТР У 00032744-812-2002, Київ: 2002. 92 с.
29. Маринченко В.О., Носенко В.Є., Маринченко Л.В. Удосконалений спосіб розріджування і оцукрювання замісів спиртового виробництва з використанням ультразвукового впливу. *Наукові праці НУХТ*. 2013. №53 С. 42-46.
30. Совершенствование технологии приготовления сусла из крахмалосодержащего сырья в спиртовом производстве с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии / А.Н. Ободович, Т.Л. Грабова, А.Р. Коба, О.А. Горячев. *Промышленная теплотехника*. 2007. Т. 29, № 4. С. 59-63.
31. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / С.В. Іванов, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, С.Т. Олійнічук, П.М. Бойко, Г.В. Єрмакова: Патент №72045 Україна: МПК С12N 15/00. № 201114490; заявл. 07.12.11 ; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
32. Сичевський М.П., Олійнічук С.Т., Данілова К.О. Біосинтез етилового спирту різними расами дріжджів в умовах підвищеної концентрації сусла. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і*

33. Oliynichuk S.T., Lysak T.I., Marynchenko V.O. Dependence of glycerol accumulation and starch hydrolyzates fermentation on wort concentration. *Biotechnologia aActa*. 2015.V. 8, № 4. P. 128-134.

34. Олійнічук С.Т., Лисак Т.І., Коваль О.О. Зброджування сусла підвищеної концентрації з крохмалевмісної сировини. *Продовольчі ресурси*. №7. 2016. С. 139-143.

35. Дослідження впливу додаткових джерел живлення на зброджування концентрованого сусла / С.С. Ковальчук, та ін. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р.* Київ: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 358-359.

36. Косів Р.Б. Розробка технології дріжджових лізатів у полі ультразвукових хвиль для інтенсифікації біотехнологічних процесів: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.07 «Технології продуктів бродіння» / НУХТ. Київ, 2002. 18 с.

37. Маринченко Л.В., Ніжельська О.І., Маринченко В.О. Стимуляція накопичення біомаси та бродильної активності культури дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* за допомогою надвисокочастотного електромагнітного випромінювання. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2011. Вип.3. С. 68-73.

38. The Influence of Treatment of *Saccharomyces cerevisiae* Inoculum with a Magnetic Field on Subsequent Grape Must Fermentation / M. Berlot, T. Rehar, D. Fefer, M. Berovic. *Chemical & Biochemical Engineering Quarterly*. 2013. Vol. 27, No.4. P. 423-429.

39. Войчук С.І. Вплив радіочастотного електромагнітного випромінювання на фізіолого-біохімічні особливості деяких дріжджів: автореф. дис. ... канд. біолог. наук: спец. 13.00.07 «Мікробіологія» / Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Київ, 2005. 26 с.

40. Левандовський Л.В., Михайлів А.П., Олійнічук С.Т. Екологізація виробництва спирту із зерна. *Наукові праці НУХТ*. 2005. № 16. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/525/1/2PDF.pdf>

41. Бліщ Р.О. Використання фільтрату барди під час одержання спиртових бражок. *Вісн. Нац. ун-ту «Львів. Політехніка»*. 2010. № 667. С. 164-166.

42. Боярчук Я.В., Кириленко Р.Г., Шиян П.Л. Використання фільтрату барди в технології підготовки крохмалевмісної сировини до зброджування. *Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 р.* Київ: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 363-364.

43. Kohajdova Z., Karovicova J. Nutritional value and baking applications of spelt wheat. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2008. Vol. 7, no. 3 P. 5-14.

44. Дробот В.І., Михонік Л.А., Семенова А.Б. Технологічні аспекти використання борошна спельти у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси: збірник наукових праць*. 2014. № 2. С. 15-17.

45. Книжка Т.С., Бондаренко Т.В. До питання аналізу існуючих методів активації води. *Наук. вісник нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип. 134, Ч. 2. С. 24-31.

46. Вплив механічної і магнітної обробки на фізико-хімічні показники води / В.В. Остапенко, В.Л. Прибильський, І.О. Костюк, О.М. Костюк. *Харчова промисловість*. 2007. Вип. 5. С. 45-47.

47. Остапенко В.В. Удосконалення технології бутильованих питних вод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння», НУХТ. Київ: 2008. 20 с.

48. Бордун І., Пташник В., Новосад П. Вплив електрохімічної активації води замішування на властивості будівельного гіпсу. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. Т. 6, № 5(66). С. 32-35.
49. Дядченко О.І., Биченко А.О., Маладика І.Г. Вплив зміни хімічної структури води на її вогнегасну ефективність. *Пожежна безпека: теорія і практика*. 2010. № 5. С. 27-32.
50. Старкова Е.Р. Вдосконалення біотехнології солених м'ясних виробів з використанням багатокомпонентних розсолів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 03.00.20 «Біотехнологія»; Нац. ун-т біоресурсів природокористування України. Київ: 2017. 23 с.
51. Делимарский Ю.К. Электролиз: теория и практика: монография. Київ: Техніка, 1982. 168 с.
52. Рогов В.М., Филипчук В. Л. Электрохимическая технология изменения свойств воды. Львов: Выща шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. 128 с.
53. Workneh T.S., Osthoff G., Steyn M.S. Influence of preharvest and postharvest treatments on stored tomato quality. *African Journal of Agricultural Research*. 2011. Vol. 6 (12). P. 2725-2736.
54. Kim C., Li Y. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic  $\beta$ -cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species*. *Cytotechnology*. 2002. № 40. P. 139-149.
55. Li Y. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water. *Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic  $\beta$ -cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species*. *Cytotechnology*. 2002. № 40. P. 125-138.
56. Inhibitory effect of electrolyzed reduced water on tumor angiogenesis / J. Ye, and other. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*. 2008. V. 31(1). P. 19-26.
57. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS-PAGE / T. E. Cloete and other. *Journal of Applied Microbiology*. 2009. Vol. 107. P. 379-384.
58. Postharvest chlorine treatments for the control of the persimmon black spot disease caused by *Alternaria alternata* // D. Prusky and other. *Posth. Biol. Technol.* 2001. Vol. 22(3). P. 271-277.
59. Johnson G.I., Sangchote S. Control of postharvest diseases of tropical fruits: challenges for the 21st century. In: *Postharvest Handling of Tropical Fruits. ACIAR Proceedings, 50*. 1994. P. 140-161.
60. Yang H., Swem B.L., Li Y. The Effect of pH on Inactivation of Pathogenic Bacteria on Fresh-cut Lettuce by Dipping Treatment with Electrolyzed Water. *Journal of Food Science*. 2003. Vol. 68, Issue 3. P. 1013-1017.
61. Ayebah B., Hung Y.C., Frank J.F. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel. *Journal of Food Protection*. 2005. V. 68. P. 1375-1380.
62. Inactivation of Staphylococcal Enterotoxin-A with an electrolyzed anodic solution / T. Suzuki and other. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. V. 50. P. 230-234.
63. Osafune Tetsuaki, Ehara Tomoko, Ito Takashi. Electron microscopic studies on bactericidal effects of electrolyzed acidic water on bacteria derived from Kendo protective equipment. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2006. Vol. 11(4). P. 206-214.
64. Bactericidal effect of electrolyzed neutral water on bacteria isolated from infected root canals / N. Horiba and other. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999. Vol. 87, No. 1. P. 83-87.
65. СОУ 15.9-37-241:2005. Препарати ферментні для спиртового виробництва. Методи визначення амілолітичної активності. Стандарт

організацій Мінагрополітики України. Украгрозстандартсертифікація, 2006. 26 с. (Стандарт організації України)

66. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. [Чинний від 2019-06-10]. Київ: Держспоживстандарт України, 2019. 14 с.

67. ГСТУ 46.045.2003 Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 24 с.

68. Thermophilic archaeal amylolytic enzymes / E. Levenque, S. Janecsek, B. Naeye, A. Belarbi. *Enzyme Microbiol. Technol.* 2000. V. 26, N1. P. 3-14.

69. Кубрак О.І., Лушак В.І. Одержання і властивості  $\alpha$ -амілази з *Bacillus sp.* VKL40. *Біотехнологія*. 2009. Т. 2, № 1. С. 69-79.

70. Базаянц Г.В., Николаев Ю.А. Изменение водородного показателя слабоактивированной водопроводной воды при ее длительном хранении. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Хімія і хімічна технологія»*. Випуск 95 - Донецьк: ТОВ «Лебідь», 2005. С. 151-156

## ДОДАТОК А

Затверджено на засіданні кафедри  
біотехнології продуктів бродіння і  
виноробства НУХТ,  
протокол № 1 від 30 серпня 2023р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ А. М. Куц  
31 серпня 2023 р.

### РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

**«Дослідження та удосконалення технології спиртової бражки із  
застосуванням електрохімічно активованої води»**

#### ЗМІСТ

#### **ВСТУП**

- 1 АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОЇ  
БРАЖКИ**
  - 1.1 Аналіз ринку сировини для одержання спирту
  - 1.2 Контамінантна мікрофлора сировини та способи боротьби з нею
  - 1.3 Підвищення ефективності гідроферментативного оброблення  
крохмалевмісної сировини
  - 1.4 Порівняння промислових штамів дріжджів — збудників спиртового  
бродіння
  - 1.5 Вплив чинників на активність дріжджів
  - 1.6 Електрохімічна активація води
    - 1.6.1 Процеси, що відбуваються під час електрохімічної активації води
    - 1.6.2 Біологічна активність електрохімічно активованої води
- 2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**
  - 2.1 Матеріали досліджень
  - 2.2 Методи досліджень
    - 2.2.1 Електрохімічна активація води
    - 2.2.2 Проведення розріджування та оцукрювання крохмалевмісної  
сировини
    - 2.2.3 Зброджування сусла
  - 2.3 Методика досліджень
    - 2.3.1 Визначення в'язкості сусла
    - 2.3.2 Ферментативний гідроліз крохмалю
    - 2.3.3 Оброблення експериментальних даних

- 3 ОДЕРЖАННЯ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ
- 3.1 Вплив електрохімічно активованої води на процеси приготування сусла та бражки з крохмалевмісної сировини
- 3.2 Вплив дозування ферментних препаратів, приготованих на основі католіту, на показники пшеничного сусла та бражки
- 3.3 Висновки
- 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
- 5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ
- 6 ОХОРОНА ПРАЦІ
- 7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ
- ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ
- СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ
- ДОДАТОК

Магістрант  
Керівник, доцент, к.т.н

А.Р. Черемис  
Р.Г. Кириленко