

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

«До захисту в ГК»

Директор ННІХТ

БПБВ

\_\_\_\_\_ О.В. Кочубей-Литвиненко

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.М. Куц

«    » лютого 2021 р.

«    » лютого 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня «магістр»**

із спеціальності «181 Харчові технології»

на тему: **«Інтенсифікація технології дозрілої бражки в умовах ДП  
«Зірненський спиртовий завод»»**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗТБ-2-1М Ревуцький В.А.

Керівник

Бойко П.М.

\_\_\_\_\_

Рецензент

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що в цій магістерській  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань  
Здобувач \_\_\_\_\_

**Київ – 2021 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства  
Освітній ступінь - «магістр»  
Спеціальність - 181 «Харчові технології»  
Спеціалізація - «Технології продуктів бродіння і виноробства»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології  
продуктів бродіння і виноробства

\_\_\_\_\_ А.М. Куц

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

## ЗАВДАННЯ НА КВІЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

### Ревуцькому В'ячеславу Андрійовичу

1. Тема роботи: «Інтенсифікація технології дозрілої бражки в умовах ДП «Зірненський спиртовий завод»»

Керівник роботи Бойко Петро Миколайович, к.т.н., доцент  
затверджені наказом вищого навчального закладу від 28 жовтня 2020 року № 872-КС

2. Строк подання роботи 01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- \_\_\_\_\_ 1. Матеріали зібрані під час переддипломної практики
- \_\_\_\_\_ 2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт;
- \_\_\_\_\_ 3. Дослідження і визначення оптимальних концентрацій при зброджуванні сусла досліджуваною расою
- \_\_\_\_\_ 4. Дослідження та підбір оптимального комплексу та дозування ферментних препаратів для гідролізу складових зерна в умовах дріжджегенерації та зброджування сусла високих концентрацій
- \_\_\_\_\_ 5. Проаналізувати вплив дріжджів на накопичення легких домішок в бражних дистилатах залежно від умов зброджування

4. Зміст пояснювальної записки:

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Об'єкти, методи та методика досліджень. 3. Дослідження процесу біоконверсії сусла підвищеної концентрації із крохмалевмісної сировини використанням осмофільного та термотолерантного штаму дріжджів ДО – 16 (експериментальна частина). 4. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 5. Охорона праці. 6. Цивільний захист. Висновки та рекомендації. Список використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Таблиці з результатами досліджень -  
Графіки з результатами досліджень -  
 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посади консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.20 – 29.10.20	
2	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методики визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20 – 4.11.20	
	<b>1-а атестація</b>	5.11.2020	
3	Дослідження біоконверсії сула підвищеної концентрації із крохмалевмісної сировини використанням осмофільного та термотолерантного штаму дріжджів ДО – 16	5.11.20 – 17.12.20	
4	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.20 – 22.12.20	
	<b>2-а атестація</b>	23.12.2020	
5	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20 – 30.12.20	
6	Розрахунок соціально-економічної ефективності кваліфікаційної роботи	1.01.21 – 10.01.21	
7	Оформлення пояснювальної записки і презентація роботи та подання їх на кафедрі	11.01.21 – 31.01.21	
8	Попередній розгляд кваліфікаційної роботи на кафедрі	1.02.21 – 07.02.21	
9	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	8.02.21 – 10.02.21	
10	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач \_\_\_\_\_ В.А. Ревуцький

Керівник роботи, доцент \_\_\_\_\_ П.М. Бойко

## **Анотація**

Актуальність роботи. Виробництво етилового спирту у світі продовжує залишатися актуальним, як у аспекті використання його при приготуванні спиртних напоїв, а також в інших галузях харчової промисловості. Головною задачею є створення енерго- та ресурсозберігаючих технологій при виробництві етанолу з максимально повною використанням вуглеводів сировини. Дослідження направлені на удосконалення технології зброджування суслу високої концентрації, що забезпечить отримання високої концентрації спирту в дозрілих бражках і покращення його якості.

Мета досліджень – удосконалення технології отримання етилового спирту із зернового суслу високої концентрації з використанням осмофільних термотолерантних дріжджів раси ДО – 16, які здатні накопичувати до 16 % об спирту у бражці.

Наукова значущість магістерської роботи полягає в здійсненні порівняльного аналізу ефективності зброджування зернового суслу расою дріжджів ДО – 16 в умовах ДП «Зірненський спиртовий завод».

### Практична значущість роботи:

- збільшити виробництво готового продукту заводу;
- підвищити вміст спирту у дозрілій бражці;
- зменшити використання води на 1 дал спирту;
- знизити енерговитрати за рахунок використання концентрованих замісів при низькотемпературних режимах ТФО та зниження витрат тепла при перегонці бражки;
- підвищити рентабельність підприємства та знизити вартість кінцевого продукту – етилового спирту.

Ключові слова: дріжджі, ферментні препарати, кислотність,  $\alpha$ -амілаза, глюкоамілаза, протеаза, целюлаза, азотне живлення, карбамід.

Результати роботи. Теоретично обумовлена, удосконалена технологія отримання спирту етилового при висококонцентрованому зерновому суслі з

використанням осмофільної термотолерантної раси дріжджів ДО – 16, які здатні накопичувати до 16% об спирту в бражці.

Підібрано мультиензимний комплекс препаратів, а також їх концентрація в одиницях активності, до складу яких входять як амілолітичні, протеолітичні так і цитолітичні ферментні препарати і азотне живлення.

Використання даного комплексу ФП і азотного живлення дозволяє забезпечити високий рівень гідролізу складових зерна, покращити фізіологічну та регенеративну спроможність дріжджових клітин на 25...40 %, а вихід етанолу – на 1,5...1,8 %.

Розроблені оптимальні параметри зброджування суслу осмофільним термотолерантним штамом дріжджів ДО - 16.

Зміст роботи: Магістерська робота викладена на 86 сторінках друкованого тексту. Ілюстраційний матеріал включає 2 рисунка, 18 таблиць, 1 діаграму.

## Аннотация

Актуальность работы. Производство этилового спирта в мире продолжает оставаться актуальным, как в аспекте использования его при приготовлении спиртных напитков, а также в других отраслях пищевой промышленности. Главной задачей является создание энерго- и ресурсосберегающих технологий при производстве этанола с максимально полным использованием углеводов сырья. Исследования направлены на совершенствование технологии сбраживания суслу высокой концентрации, что обеспечит получение высокой концентрации спирта в зрелом бражке и улучшения его качества.

Цель исследований - совершенствование технологии получения этилового спирта из зернового суслу высокой концентрации с использованием осмофильных термотолерантных дрожжей расы К - 16, которые способны накапливать до 16% об спирта в бражке.

Научная значимость магистерской работы заключается в осуществлении сравнительного анализа эффективности сбраживания зернового суслу расой дрожжей К - 16 в условиях ГП «ЗИРНЕНСКИЙ спиртовой завод».

Практическая значимость работы:

- увеличить производство готового продукта завода;
- повысить содержание спирта в зрелом бражке;
- уменьшить использование воды на 1 дал спирта;
- снизить энергозатраты за счет использования концентрированных замесов при низкотемпературных режимах ТФО и снижение затрат тепла при перегонке бражки;
- повысить рентабельность предприятия и снизить стоимость конечного продукта - этилового спирта.

Ключевые слова: дрожжи, ферментные препараты, кислотность,  $\alpha$ -амилаза, глюкоамилаза, протеаза, целлюлаза, азотное питание, карбамид.

Результаты работы. Теоретически обусловлена, усовершенствованная технология получения спирта этилового при высококонцентрированных

зерновом сусле с использованием осмофильных термотолерантные расы дрожжей К - 16, которые способны накапливать до 16% об спирта в бражке.

Подобрано мультиэнзимный комплекс препаратов, а также их концентрация в единицах активности, в состав которых входят как амилолитического, протеолитические так и цитолитические ферментные препараты и азотное питание.

Использование данного комплекса ФП и азотного питания позволяет обеспечить высокий уровень гидролиза составляющих зерна, улучшить физиологическое и регенеративную способность дрожжевых клеток на 25 ... 40%, а выход этанола - на 1,5 ... 1,8%.

Разработанные оптимальные параметры сбраживания сусла осмофильных термотолерантные штаммом дрожжей ДО-16.

Содержание работы: Магистерская работа изложена на 86 страницах печатного текста. Иллюстрационный материал включает 2 рисунка, 18 таблиц, 1 диаграмму.

## **Annotation**

Relevance of work. The production of ethyl alcohol in the world continues to be relevant, both in terms of its use in the preparation of alcoholic beverages, as well as in other sectors of the food industry. The main task is to create energy and resource-saving technologies in the production of ethanol with the fullest use of carbohydrates. Research is aimed at improving the technology of fermentation of high-concentration wort, which will ensure a high concentration of alcohol in mature brews and improve its quality.

The purpose of the research is to improve the technology of obtaining ethyl alcohol from high concentration grain wort using osmophilic thermotolerant yeast of race DO - 16, which are able to accumulate up to 16% of alcohol in the brew.

The scientific significance of the master 's work lies in the comparative analysis of the efficiency of grain wort fermentation by the yeast race DO – 16.

Practical significance of the work:

- increase the production of the finished product of the plant;
- increase the alcohol content in mature mash;
- reduce water use by 1 dal of alcohol;
- to reduce energy consumption due to the use of concentrated batches at low temperatures of TFO and reduce heat consumption during distillation of the mash;
- increase the profitability of the enterprise and reduce the cost of the final product - ethyl alcohol.

Key words: yeast, enzyme preparations, acidity,  $\alpha$ -amylase, glucoamylase, protease, cellulase, nitrogen nutrition, urea.

Results of work. Theoretically determined, improved technology of ethyl alcohol production with highly concentrated grain wort using osmophilic thermotolerant race of yeast DO - 16, which are able to accumulate up to 16% of alcohol in the brew.

A multienzyme complex of drugs was selected, as well as their concentration in units of activity, which include both amylolytic, proteolytic and cytolytic enzyme preparations and nitrogen nutrition.

The use of this complex of AF and nitrogen nutrition allows to ensure a high level of hydrolysis of grain components, to improve the physiological and regenerative capacity of yeast cells by 25...40%, and the yield of ethanol - by 1.5...1.8%.

Optimal parameters of wort fermentation by osmophilic thermotolerant strain of yeast K - 16 have been developed.

Content of the work: The master's thesis is presented on 86 pages of printed text. Illustrative material includes 2 figures, 18 tables, 1 diagram.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	12
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	14
1.1 Раси дріжджів для збродження сусла із крохмалевмісної сировини.....	14
1.2 Способи вирощування виробничих дріжджів.....	16
1.3 Існуючі способи збродження сусла.....	18
1.4 Виділення та застосування термофільних мікроорганізмів в харчовій промисловості .....	21
1.5 Вплив температури та концентрації сусла на ріст і розмноження термофілів.....	23
1.6 Фізіологічні особливості осмофільних і термотолерантних дріжджів.....	25
1.7 Джерела додаткового живлення.....	25
2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1 Об'єкти досліджень.....	29
2.2 Методи досліджень.....	30
2.3 Методика проведення досліджень.....	30
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОКОНВЕРСІЇ СУСЛА ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ВИКОРИСТАННЯМ ОСМОФІЛЬНОГО ТА ТЕРМОТОЛЕРАНТНОГО ШТАМУ ДРІЖДЖІВ ДО – 16 (експериментальна частина) .....	33
3.1 Дослідження і визначення оптимальних концентрації при збродженні сусла досліджуваною расою .....	33

					Інтенсифікація технології дозрілої бражки в умовах ДП «Зірненський спиртовий завод»						
Змн.	Арк	№ документа.	Підпис	Дата	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА						
Виконав		Ревуцький В.А							Літера.	Арккуш.	Акрушів
Перевірив.		Бойко П.М.									10
Н.контр.									НУХТ, ННІХТ, БПБВ		
		Куч А.М.							ЗТБ-2-1М, 2021		

3.2 Дослідження та підбір оптимального комплексу та дозування ферментних препаратів для гідролізу складових зерна в умовах дріжджегенерування та зброджування сусла високих концентрацій.....	39
3.3 Оптимізація складу живильного середовища в процесі дріжджегенерування та його вплив на продуктивність популяції.....	41
3.4 Вплив сировини та живлення на процес культивування дріжджів...	44
3.5 Визначення впливу азотного живлення на зброджування сусла.....	46
3.6 Накопичення летких домішок в бражних дистилятах залежно від умов зброджування .....	50
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	56
5 РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ...	62
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	73
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	
ДОДАТОК А Робоча програма магістерської роботи .....	

## ВСТУП

Виробництво етилового спирту у світі продовжує залишатися актуальним, як у аспекті використання його при приготуванні спиртних напоїв, а також в інших галузях харчової промисловості. Головною задачею є створення енерго- та ресурсозберігаючих технологій при виробництві етанолу з максимально повною використанням вуглеводів сировини. Дослідження направлені на удосконалення технології зброджування суслу високої концентрації, що забезпечить отримання високої концентрації спирту в дозрілих бражках і покращення його якості.

Мета досліджень – удосконалення технології отримання етилового спирту із зернового суслу високої концентрації з використанням осмофільних термотолерантних дріжджів раси ДО – 16, які здатні накопичувати до 16 % об спирту у бражці.

Об'єкт дослідження – технологія спиртового виробництва.

Предметом дослідження – є удосконалення способів отримання спиртових бражок, за рахунок використання осмофільних, термотолерантних дріжджів раси ДО – 16.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в здійсненні порівняльного аналізу ефективності зброджування зернового суслу расою дріжджів ДО – 16 в умовах ДП «Зірненський спиртовий завод».

Відповідно до поставленої мети були визначені наступні задачі:

- збільшити виробництво готового продукту заводу;
- підвищити вміст спирту у дозрілій бражці;
- зменшити використання води на 1 дал спирту;
- знизити енерговитрати за рахунок використання концентрованих замісів при низькотемпературних режимах ТФО та зниження витрат тепла при перегонці бражки;
- підвищити рентабельність підприємства та знизити вартість кінцевого продукту – етилового спирту.

Ключові слова: дріжджі, ферментні препарати, кислотність,  $\alpha$ -амілаза, глюкоамілаза, протеаза, целюлаза, азотне живлення, карбамід.

Результати роботи. Теоретично обумовлена, удосконалена технологія отримання спирту етилового при висококонцентрованому зерновому суслі з використанням осмофільної термотолерантної раси дріжджів ДО – 16, які здатні накопичувати до 15% об спирту в бражці.

Підібрано мультиензимний комплекс препаратів, а також їх концентрація в одиницях активності, до складу яких входять як амілолітичні, протеолітичні так і цитолітичні ферментні препарати і азотне живлення.

Використання даного комплексу ФП і азотного живлення дозволяє забезпечити високий рівень гідролізу складових зерна, покращити фізіологічну та регенеративну спроможність дріжджових клітин на 25...40 %, а вихід етанолу – на 1,5...1,8 %.

Розроблені оптимальні параметри зброджування сусли осмофільним термотолерантним штамом дріжджів ДО - 16.

Зміст роботи: Магістерська робота викладена на \_\_ сторінках друкованого тексту. Ілюстраційний матеріал включає 2 рисунка, 14 таблиць.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Раси дріжджів для збродження сусла із крохмалевмісної сировини

Дріжджі, що використовують на спиртових підприємствах представляють собою одноклітинні рухомі мікроорганізми, які за морфологічними ознаками належать до найпростіших сумчастих грибів. Практичне значення має вид *S. cerevisiae*, різні раси якого застосовують в спиртовій, хлібопекарській та пивоварній промисловості [1,2].

Характерною фізіологічною і біохімічною характеристикою дріжджів є їх здатність зброжджувати вуглеводи і перетворювати їх до етанолу та діоксиду вуглецю.

При довгостроковому розвитку дріжджові клітини в умовах, що відрізняються від умов життя відповідного виду у цілому, організми набувають нові пристосування.

У дріжджових клітин кожного нового виду розвивалися лише ті нові ферментативні властивості, що призводили до асиміляції відповідних нових вуглеводнів у залежності від місця їх проживання. Решта ферментних властивостей успадкувалися клітинами від своїх попередніх поколінь і зберігалися навіть тоді, як в них не було потреби [3].

Еволюція дріжджів, зокрема роду *Saccharomyces cerevisiae*, відбувалася головним чином, у напрямку ускладнення ферментативного апарату в залежності від кількісного і якісного вуглеводного складу субстратів, в яких вони розповсюджувалися.

При дослідженні спроможності дріжджових клітин викликати бродиння декстринів встановлено - що верхові та низові дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, а також деякі *Schizosaccharomyces* зброжджують прості декстрини сусла пивного. Але визначення даної властивості якісною пробою неможливо, тому що дані дріжджі спроможні зброжджувати тільки ті прості декстрини, що розчинені у суслі, а не ті, що виготовляються промисловістю.

Дослідниками було помічено, що властивість зброджувати декстрини мали тільки ті дріжджі, які зброджували мальтозу. Якщо досліджувані дріжджі її не зброджували, то вони і не зброджували декстрини [4].

При дослідженні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, які знаходилися в субстраті із крохмалевмісної сировини було встановлено, що відмінною особливістю цих дріжджів є те, що вони зброджували не тільки мальтозу, але і прості декстрини сусла [4].

Пивні дріжджі *Sacch. carlsbergensis* logos зброджували ті ж цукри, що і дріжджі штаму *Saccharomyces cerevisiae*, а також прості декстрини солодового сусла [4].

Для збродження сусла, приготовленого із крохмалевмісної сировини використовують дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси XII, XII-T та 985-T, але частіше використовують термотолерантний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* K-81 [1, 5, 6, 7, 8]. Це — дріжджі поверхневого бродіння, пилоподібні, не утворюють пластівців. Клітини цієї раси овальної чи яйцеподібної форми розміром 4,5...6,5 на 4,5...7,7 мкм. Приготування виробничих дріжджів закінчується через 16...24 год. У завислій краплі із однієї клітини утворюється 60 нових. Дріжджі раси K-81 зброджують глюкозу, мальтозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, на 1/3 рафінозу частково декстрини сусла та можуть накопичувати у середовищі до 13 % об. спирту [8].

Досліджені дріжджі *Schizosaccharomyces pombe*, використовуються дуже рідко при збродженні сусла із крохмалевмісної сировини. Дані дріжджі за рядом ознак значно поступаються расі XII, проте вони зброджують сусло з крохмалевмісної сировини краще, ніж раса XII за рахунок часткового збродження декстринів [9].

Дріжджі даного виду були виявлені у тропічних країнах, напевно, вони здавна культивувалися місцевим населенням в оцукрюючих грибами субстратах. Ці дріжджі застосовувалися при приготуванні просяного пива та рисового аррака. Немає сумніву, що при постійному перебуванні у

оцукрених крохмалистих субстратах при боротьбі з іншими мікроорганізмами - конкурентами дані дріжджові клітини набули здібність переробляти мальтозу чи декстрини та викликати повне зброджування даних субстратів, ніж дріжджі *S. cerevisiae* [10].

Інститутом гігієни методом віддаленої гібридизації у результаті копуляції проростаючих спор дріжджових клітин штамів *Saccharomyces cerevisiae* (XII) та *Schizosaccharomyces pombe* було отримано гібрид 69 [11]. Шляхом злиття вегетативних клітин - диплоїдної *Saccharomyces cerevisiae* (XII) з гаплоїдною *Schizosaccharomyces pombe* (штам 975<sup>+</sup>) отримали гібрид 92. Даний гібрид 92 за рядом ознак подібний до гібриду 69 [11, 12].

## **1.2 Способи вирощування виробничих дріжджів**

При зброджуванні сусла із крохмалевмісної сировини застосовують природно-чисту культуру дріжджів, що вирощують в умовах мінімального потрапляння сторонніх мікроорганізмів.

Розвиток інфекції пригнічується за допомогою підкислення сусла молочною чи сірчаною кислотою до рН 3,8...4,0. Це значення рН менш сприятливе до розмноження дріжджів, ніж рН 4,7...5,0, проте воно забезпечує отримання достатньо чистої мікробіологічної культури. [1,2]

Приготування виробничих дріжджів ведуть за допомогою періодичного, напівбезперервного і безперервного способу. [2,11]

Сутність періодичного способу - всі операції по підготовці, а також культивуванню дріжджових клітин здійснюються в одному дріжджогенераторі [2]. При періодичному культивуванні дріжджів у середовищі розвивається не менше 100...120 млн/см<sup>3</sup> клітин. Даний спосіб отримав найбільше поширення у спиртовій промисловості.

Напівбезперервне культивування виробничих дріжджів було розроблено Є.П. Скалкіною та полягає в тому, що операції по приготуванню дріжджової розводуи проводять в окремому апараті-пастеризаторі, що знаходиться перед двома дріжджегенераторами. Пастеризатор має таку ж

будову, що і дріжджегенератор, тільки розмір його на 1/3 менший [2]. В даному способі не передбачалося профілактичної пастеризації устаткування, тому він не набув широкого розповсюдження.

Для приготування дріжджів із високою ферментативною активністю був розроблений напівааеробний спосіб їх культивування [2, 15]. Сутність даного методу - сусло для дріжджів вводиться стерильне повітря в кількості 1/8 до об'єму на 1 об'єм сусла. За даним способом кількість дріжджових клітин після 16 годин розвитку за температури 36 °С досягає 400...500 млн/см<sup>3</sup>. Однак культивування дріжджів при даному способі приводить до збільшення втрат зброджуваних речовин і може призводити до інфікування бражки.

Сьогодні створення сучасних технологій для інтенсифікації процесу зброджування задає необхідність виділення і селекції фізіологічно активних рас дріжджів. Але у нашій промисловості цьому питанню приділялося недостатньо часу.

Враховуючи специфіку роботи спиртових підприємств, де періодично стикаються із зупинками чи пуском виробничих відділень, нестачею охолоджуючої води чи інфікуванням середовища, відсутністю умов при розведенні та підтриманні чистої культури дріжджів, зарубіжні компанії "Енде Індустріал Корпорейшн", " Янке ", " Ербельо " чи інші пропонують активні сухі спиртові дріжджі Ферміпан, Ферміол, Спіріферм СП та інші. Що являють собою мікрогранульовані сухі дріжджі, але вони витримують не більше 5...10 генерацій.

Найефективнішим та перспективним є спосіб безперервного культивування дріжджів. Коли дріжджові клітини ростуть у періодичному режимі, та їх ріст припиняється, як тільки живильні речовини вичерпуються з субстрату. При безперервному способі культивування дріжджові клітини можуть рости безперервно та з постійною швидкістю протягом довгого часу.

Сутність даного способу полягає у тому, що культивування дріжджів проходить у потоці в одному чи декількох послідовно з'єднаних між собою

апаратах. Головним недоліком якого є велика вірогідність інфікування середовища.

При процесі приготування виробничих дріжджів, незалежно від способу вирощування, концентрація сусла знижується на 2/3 від початкової, а вміст спирту зростає до 3,5...4,5 % об. Кислотність сусла від початку до кінця культивування повинна залишатися без зміни. Готова культура має високий вміст глікогену, 3...4 % брунькуючих та не більше 1 % мертвих клітин при відсутності сторонніх мікроорганізмів.

Якщо в відібраній культурі виявлено 1...2 палички сторонньої мікрофлори, її обробляють сірчаною кислотою за рН 2,5...2,8 протягом 40...60 хв., кількість засівних дріжджів збільшується до 15...20 %, а температуру культивування збільшують на 3...4°C [15, 16].

### **1.3 Існуючі способи зброджування сусла**

На вітчизняних спиртових заводах знайшли використання циклічний, безперервно-поточний і періодичний способи зброджування сусла [2].

Автором та першим дослідником безперервного спиртового бродіння був С.В. Лебедев [2].

При зброджуванні зерно-картопляного сусла безперервний спосіб у промисловому масштабі не вдавалося впровадити через наявність сторонньої мікрофлори, яка викликала значне наростання кислотності, інактивацію ферментних препаратів і втрат спирту.

Проблема безперервної схеми зброджування сусла була успішно вирішена В.Л. Яровенко із співробітниками. Безперервно-поточний метод на сьогодні впроваджений на багатьох заводах [2, 17].

Яровенко В.Л. з Ледньовим В.П. була розроблена технологія зброджування сусла із рециркуляцією дріжджів. Перевагами даного способу над безперервно-поточним - завдяки меншому наростанню кислотності у процесі бродіння можливо збільшити міжстерилізаційний період із двох до трьох діб, підвищити потужність бродильної батареї на 40 %, повторно

застосувати дріжджі та знизити витрату вуглеводів на синтез біомаси дріжджів [2, 18].

За кордоном біоконверсія із крохмалевмісної сировини і меляси, в більшості, проводять періодичним способом. Найвідомішими фірмами, що займаються розробками техпроцесу і обладнання для зброджування крохмалевмісної і цукровмісної сировини є "Voyel - busch" (Австрія), "Alfa - Laval" (Швеція), "VEB Chemi Kanlagenkombinat Leipzig - Greimma" та ін. [19]

Для інтенсифікації процесу бродіння сусла розроблено двостадійний спосіб зброджування сусла з крохмалевмісної сировини двома расами дріжджів *S. cerevisiae* K-81 та *Schizosaccharomyces pombe* - 80, застосування яких дозволило збільшити вихід етилового спирту за рахунок більш глибокого зброджування декстринів сусла.

Для подальшої інтенсифікації процесу зброджування ведуться розробки виробничих технологій по застосуванню іммобілізованих дріжджових клітин чи з застосуванням бактерій для зброджування сусла [21].

Велику перевагу може дати застосування термотолерантних мікроорганізмів, що спроможні зброджувати сусло за температури 45 °C і вище, їх застосування дозволить підвищити тиск в бродильному апараті. Теплота бродіння може бути застосована при відгонці спирту, що дасть змогу заощадити необхідну при цьому енергію [21].

В закордонній літературі описані діалістичні методи бродіння. В простій діалістичній системі безперервного типу культуру дріжджів підтримують у обмеженій зоні посудини. Субстрат поступає у зону шляхом дифузії через мембрану із зони середовища, звідки його відбирають разом з готовим продуктом. Зону бродіння дріжджові клітини покинути не можуть, завдяки чому досягається високий їх вміст у біомасі. Діалістичні процеси дають високу продуктивність, протк механічно складні, термін бродіння обмежений дифузією субстрату через мембрану. А також можливе засмічення чи механічне пошкодження мембрани [22].

На разі для зброджування середовища досліджуються різні види бактерій, а саме, *Lymomonas mobilis* [23].

Зброджування середовища при допомозі бактерій дає можливість отримати кращий коефіцієнт виходу спирту (0,47 проти 0,44). Дослідженнями встановлено, вихід спирту на 30 % вище для *Lym. mobilis*, ніж для *Saccharomyces cerevisiae*.

Також за температури 37 °С бактеріальні штами накопичують більше спирту, ніж дріжджі. Збільшення температури до 40°С знижує вихід спирту на 50...60 %. Оптимальний рівень рН 4,5...6,0 та вид вуглеводів також впливає на продуктивність процесу.

Одним із недоліків застосування бактерій *Lymomonas mobilis* є надто вузький спектр вуглеводів, що можливо застосовувати в якості субстрату. Фруктозу, глюкозу всі види зброджують добре, а от сахарозу - тільки деякі. Арабінозу, ксилозу, галактозу та лактозу - не сприймають до зброджування.

Декілька років назад значно зріс інтерес до виробництва спирту із застосуванням іммобілізованих дріжджів. Американські дослідники провели безперервне спиртове бродіння у реакторі в шарі іммобілізованих клітин у матриці із альгіната натрія, а в якості носія для іммобілізації застосовували ірландський мох [21].

Польські вчені ведуть пошуки високопродуктивних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* і *Sacc. diastaticus*, штами яких відрізняються інтенсивністю бродіння сусла та підвищеним вмістом біомаси [24].

Отже, пошук можливих шляхів підвищення ефективності зброджування у сучасній науці відбувається в наступних межах:

- удосконалення технологічних режимів та апаратури;
- підбір продуктивніших штамів дріжджів чи бактерій.

Під час бродіння на вихід та якість етилового спирту має вплив багато факторів: концентрація сухих речовин, рН сусла і кислотність, температура бродіння, якість зерна, що переробляють у спирт, раса дріжджів, спосіб зброджування та інші.

Раси дріжджів, які застосовуються сьогодні на спиртових підприємствах не завжди забезпечують достатній ступінь зброджування сусла із крохмалевмісної сировини особливо у весняно-літній період, коли температура бражки у бродильних апаратах піднімається до 36...39°C через недостатню кількість охолоджуючої води низької температури. Висока вартість енергоносіїв дає поштовх для пошуку шляхів інтенсифікації процесу зброджування за рахунок впровадження термоферментативної обробки сировини при застосуванні концентрованих ферментних препаратів і підвищення концентрації сусла. Для зниження інфікування виробничих дріжджів і бражок необхідно знайти та селекціонувати штами дріжджів, що витримують низьку кислотність сусла і зберігали високу генеративну спроможність.

Для вирішення даної проблеми необхідно селекціонувати чи виділити нові раси дріжджів при зброджуванні сусла із крохмалевмісної сировини.

#### **1.4 Виділення та застосування термофільних мікроорганізмів в харчовій промисловості**

Термофільні мікроорганізми широко розповсюджені у природі. Їх можливо виділити із компосту, ґрунту, повітря, води чи інших субстратів.

В.А.Рабінович, П.В.Циклінська та інші вчені вважають - термофільні мікроорганізми виникли у результаті адаптації мезофілів до підвищеної температури. Проту деякі вчені вважають, що термофільні мікроорганізми поширені, головним чином, у географічних зонах із жарким кліматом, звідки вони заносяться в країни із помірним кліматом [25,26].

Згідно дослідженням, проведених по отриманню термофільних форм з мезофілів, можна стверджувати, їх виникнення у природі проходило безпосередньою адаптацією до зміни температури середовища життя, в якому вони знаходилися [26].

При виділення термофільних форм з ґрунту різних кліматичних зон встановлено особливий вплив на їх поширення має склад ґрунту. В

окультурених ґрунтах вдається виявити термофіли та навіть, у великій кількості, в неокультурених ґрунтах майже завжди відсутні [27].

Максимальна температура росту даних дріжджів 38...45°C. Імшеницький А.А. виділяв із різних субстратів дріжджі, що могли б зброджувати вуглеводи за температури 60 °С, але дані досліді поки не надали позитивних результатів.

Логіновою Л.Г. за допомогою методу адаптації дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* раси XII до підвищеної температури було отримано термотолерантну расу дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* раси XII. Далі були вивчені морфологічні особливості даних дріжджів, а також спроможність застосовувати їх у спиртовій промисловості [28].

Співробітниками КТІХП було виділено термотолерантний штам дріжджів *Schizosaccharomyces pombe*-80 виділений із закислого рому в 1980 році, а також із ґрунту штам *Saccharomyces cerevisiae* К-81, що широко застосовується на спиртових заводах при збродженні сусла із крохмалевмісної сировини [29, 30].

В різних південних виноробних районах із зброженого сусла також були виділені термостійкі дріжджі, що розмножуються за температури 42 °С і зброджують сусло при 37 °С.

Крім застосування у виноробстві дані штами можливо застосовувати в якості вектору термостійких плазмід у генно-інженерних роботах [31].

Також є дані про застосування термотолерантних штамів у хлібопекарській і молочній промисловості.

Широке застосування у спиртовій промисловості ферментних препаратів дозволяє досягти не тільки повного гідролізу декстринів, а також уникнути інактивації амілолітичних ферментів мікробного походження за підвищених температурах бродіння (37...38°C). Це дасть можливість застосовувати для бродіння термотолерантні штами дріжджів.

## 1.5 Вплив температури та концентрації сусла на ріст і розмноження термофілів

Дріжджі живуть та розмножуються у обмежених температурних межах, а для нормальної життєдіяльності необхідна температура 29...30 °С. При дуже високій чи дуже низькій температурі життєдіяльність дріжджів ослаблюється чи зовсім припиняється. Максимальна температура при розвитку дріжджів – 38 °С, мінімальна – 5 °С, за температури 50 °С дріжджі гинуть.

Межі оптимальною температури при розвитку і досягненні максимальної бродильної активності не завжди співпадають. Дріжджі, вирощені за температури, наприклад, 17...22 °С, мають значну бродильну енергію. Сусло з крохмалевмісної сировини зброджують за 28...32 °С.

При підвищенні температури дикі дріжджі та бактерії розмножуються швидше цукроміцетів. Якщо за температури 32 °С коефіцієнт розмноження диких дріжджів у 2...3 рази більший коефіцієнта, то за 38 °С він уже в 6...8 разів більший. У результаті пришвидшеного розвитку бактерій підвищується кислотність бражки, зменшується вихід спирту.

Дослідження, що присвячені вивченню поширення у природі групи термофільних мікроорганізмів, демонструють, що їх відмінною ознакою є прискорення всіх фізіологічних процесів при підвищенні температури, що підпорядковуються у визначених температурних межах правилу Вант-Гоффа [2].

У процесі культивування дріжджів за різних температурах чітко відмічалось три зони впливу: зона субоптимальних температур, в якій збільшення температури культивування призводило до збільшення швидкості росту; вузька зона температур, в якій швидкість росту досягала максимального значення, і зона, в якій подальше збільшення температури культивування призводило до зниження швидкості росту [32, 33]. Дж. Уайт визначив, що коефіцієнт швидкості розмноження дріжджів був  $0,311 \text{ год}^{-1}$  за температури 36 °С. При вищих температурах величина коефіцієнту швидко зменшувалася

і за 40 °С дорівнювала 0,2 год<sup>-1</sup>, за температури 20 °С коефіцієнт дорівнював 0,149 год<sup>-1</sup> [34].

При підвищенні температури культивування, як було показано раніше, питома швидкість росту збільшується до певної температури. Проте накопичення максимальної кількості біомаси не співпадає із максимальною швидкістю росту [1, 35].

При визначенні динаміки розвитку дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* К-81 за температур 30 і 36 °С було встановлено, що швидкість росту досягає кращого значення за температури 36 °С, ніж при 30 °С. Протя кількість накопиченої біомаси за 30 °С була вищою, ніж за 36 °С [36].

Під час зброджування мелясного суслу за високих температур були отримані тіж результати [37].

Встановлено, що швидкість ферментативних процесів під час підвищення температури на 10 °С підвищується майже в 2 рази. Швидкість ферментативної реакції, що каталізується збільшенням температури від 10 до 20 °С зростає у 1,7, а від 30 до 40 °С - у 1,6 рази. Аналогічно зростає швидкість спиртового бродіння за зміни температури від 10 до 40 °С [38].

Отже, збільшення температури до визначеної температурної межі інтенсифікує різні функції клітини мікроорганізмів. Вище даної межі порушується обмін речовин, а також відбувається дегенерація клітинного протопласту [39].

Клітини дріжджів, що довгий час розвиваються за високих температур не тільки мають менші розміри, а також набувають округлішу форму [39].

У процесі адаптації до високих температур для термофільних дріжджів характерна невелика кількість колоній. Ця ознака передається потомству дріжджів навіть при подальшому культивуванні за температури 30 °С [26].

При підвищенні температури бродильна активність дріжджів зростає та корелюється з перебудовою клітинних ядер, органів та хромосом [40].

Підвищений осмос сула створює негативний вплив при розвитку дріжджів: знижується відсоток брунькуючих клітин, погіршуються показники бродіння, підвищується зернистість клітин, вміст мертвих клітин.

### **1.6 Фізіологічні особливості осмофільних та термотолерантних дріжджів**

За своїм хімічним складом оболонки клітини термофілів та мезофілів не відрізняються. При вивченні вмісту у клітинах С, Н та N в мезофільних і термофільних мікроорганізмів не було виявлено значних відмінностей. Не виявлено і різниці в амінокислотному складі клітини.

Вміст загальної і зв'язаної води у клітинах термофілів є однією із основних відмінностей. Загальний вміст води в їх клітинах значно менший, ніж в мезофільних форм це служить захисним пристосуванням при дії високої температури.

Термостабільність в обумовлена специфічністю кліткових протеїнів. Термостабільні протеїни стійкіші до дії ацетальдегіду, сечовини чи інших хімічних речовин, що здатні зруйнувати водневі зв'язки.

Ферментні системи, а також окремі ферменти термофілів не однаково відносяться при дії високої температури. Менш стійкими до підвищення температури виявились ферменти дихання, особливо ферменти бродіння. Більш стійкі це гідролітичні ферменти, значно більша термостійкість протеолітичних ферментів в термофілів.

В процесі адаптації до високих температур ферменти бродіння стають терморезистентними. Так активність зимазного та мальтазного ферментних комплексів, адаптованих до 40 °С дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* XII раси, були значно більшою.

### **1.7 Джерела додаткового живлення**

Дріжджі засвоюють живильні речовини шляхом абсорбції на поверхні клітин та наступною дифузією в середину. Оболонка та периферійний шар

протоплазми грає в даному випадку роль напівпроникної перегородки, що регулює надходження у клітину живильних речовин та відведення продуктів життєдіяльності. Під час потрапляння в клітину живильні речовини мають бути низькомолекулярними та розчинними в воді. Частина даних речовин перетворюється у клітині в високомолекулярні сполуки жири, вуглеводи, білки.

До живильного середовища дріжджів входять такі основні вимоги: живильні речовини мають бути у асимільованому дріжджами вигляді, асимілюючі речовини мають відповідати необхідному при виробництві типу обміну речовин дріжджової клітини.

Перелік речовин, потрібних для живлення дріжджів, можна із достатньою точністю знайти в їх хімічному складі [8, 22, 26-28]. Сухі речовини складаються і близько 2 % золи та 23 % органічних речовин. Основна частина золи складається з фосфорнокислого калію менше магнію, а долю решти елементів приходиться близько 0,1 % біомаси пресованих дріжджів 75 % вологи. Органічні речовини складаються з 13,5 % білка N 6,25, 7 % глікогену, 2 % клітковини та 0,5 % ліпідів. Із даного можна зробити висновок, що при вирощуванні засівних дріжджів необхідно фосфор, водень, вуглець, азот, кисень, калій та інші елементи. Джерелом кисню та водню це вода, без якої неможливий процес проходження живлення, а джерелом вуглецю є різноманітні цукри. Дріжджі не мають протеолітичних екзоферментів, тому не споживають білки середовища на асимілюючі елементи та живляться готовими органічними та неорганічними продуктами, що мають азот амонійні солі чи амінокислоти, пептиди чи поліпептиди, причому при засвоєнні амінокислот необхідна присутність у живильному середовищі вітамінів піридоксину, біотину, тіаміну, пантотенату та ін. .

Значний вплив на життєдіяльність дріжджів мають мінеральні речовини впершу чергу, фосфор, що входить до складу нуклео-протеїдів, поліфосфатів, більшості ферментів, продуктів спиртового бродіння та утворює багаті на енергію зв'язки. Для дріжджів потрібні також у мікродозах магній та

марганець, що беруть участь в багатьох проміжних реакціях спиртового бродіння, наприклад, у реакціях, що каталізуються фосфоферазами, зближуючи фермент та субстрат, а також залізо, що входить до складу багатьох ферментів дихання. У своєму складі дріжджі мають також калій, сірку та інші елементи, роль яких ще неповністю в'ясна. Слід сказати, що зернові виробничі середовища містять в собі близько 15...16 % вуглеводів, 0,2 % азоту, фосфорні органічні сполуки та багатий набір мінеральних солей, мікроелементів. Дані натуральні середовища, крохмаль та азотні речовини що зазнали дії ферментів, достатньо повноцінні за своїм складом та за кількісним вмістом живильних речовин [8].

Живильне середовище для культивування дріжджів готують із сировини, що зазнала дії високих температур, не можна гарантувати, що в даному середовищі є достатня для дріжджів кількість вітамінів та інших біологічно активних речовин. Майже усі вітаміни, що внесені у розварену масу з солодом, при пастеризації дріжджового затору за 80...90 °C руйнуються, тому у дріжджове сушло додають нерозварені матеріали, такі як солод, мука чи інші [28]. При цьому збільшується концентрація сухих речовин на 1...2 %, що також добре впливає на якість дріжджів, вони набувають толерантні властивості, що дає можливість переносити високу концентрацію розчинних речовин, зокрема спирту в середовищі. З даного можна зробити висновок, що від живильного середовища в значній мірі має залежність якість та цільові властивості одержаних засівних дріжджів.

## **Висновки**

Даний аналітичний огляд літератури дає змогу зробити наступні висновки:

1. Необхідність проведення дослідження по селекції високопродуктивних термотолерантних штамів дріжджів при зброджуванні сушла з крохмалевмісної сировини.

2. Необхідність проведення дослідження по зброджуванню висококонцентрованого суслу з крохмалевмісної сировини при підвищених температурах в умовах технологічного процесу.
3. Необхідність проведення дослідження процесу накопичення летких домішок при виробництві спирту за підвищених температур.

## 2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Об'єкти досліджень

Об'єкт досліджень – технологія бродильного виробництва в умовах ДП «Зірненський спиртовий завод»

Предмет досліджень – технологія спирту при використанні осмофільного термотолерантного штаму дріжджів ДО – 16.

Дослідження проводили у лабораторних і виробничих умовах. В якості об'єкту досліджень використовували культуру дріжджів раси *Saccharomyces cerevisiae* ДО- 16.

Для приготування виробничих дріжджів і зброджування використовували сушло концентрацією 10...15 % СР і 17...30 % СР. В процесі дріжджегенерування і зброджування сушла високих концентрацій застосовували азотне живлення в розрахунку 0,02, 0,04, 0,08 %. При дослідженні використовували помели зерна: кукурудзи, пшениці.

При цьому дисперсність помелу вказаної сировини становила 100 % прохід через сито з отворами діаметром отворів 1 мм.

Як контрольний зразок використано дозрілу бражку та бражний дистилят без додавання антисептику.

Розріджування та оцукрювання замісів проводили концентрованими ферментними препаратами:

- AMYLEX 5T за розрахунку 0,5 од. АЗ/г крохмалю;
- DIAZYME TGA за розрахунку 6 од. ГЛЗ/г крохмалю.

Селекціоновану расу депоновано в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Раса дріжджів *S. cerevisiae* ДО–16 дає змогу зброджувати сушло концентрацією сухих речовин (СР) до 32 % за рН від 3,0 до 6,0 та підвищених температур.

## 2.2 Методи досліджень

Крохмалистість досліджуваних зернових визначали за допомогою методу Еверса.

Засміченість зернових визначали за методикою, прийнятою технологічним регламентом спиртової промисловості.

Вміст вологи зернових визначали за допомогою методу Чижової та способу підсушування до постійної маси.

Гранулометричний склад помелу зернових визначали за допомогою методу розсіву на металевому або капроновому ситі.

Концентрацію сухих речовин сусла визначали цукроміром.

pH дозрілої бражки визначали електрометричним методом, титровану кислотність фільтрату бражки визначали за допомогою титрування 1 N NaOH  $\text{см}^3/20 \text{ см}^3$  фільтрату бражки, концентрацію етанолу – пікнометричним методом, вміст у дозрілій бражці розчинних вуглеводів, нерозчинного крохмалю, спирторозчинних вуглеводів і декстринів – фотоелектроколориметричним методом за допомогою антронового реактиву.

Концентрацію кислот, естерів, альдегідів та вищих спиртів, у бражному дистиляті, визначали за методиками, прийнятими регламентом спиртової промисловості.

Склад легкої частини домішок етилового спирту в бражних дистилятах визначали газохроматографічним методом за допомогою газового аналізатора Кристал -2000М.

## 2.3 Методика проведення досліджень

У лабораторних умовах чисті культури досліджуваних дріжджів з косяку пересівали у пробірку із стерильним суслем концентрацією 9...10 % СР та зброджували протягом 24 годин за температури 30 °С. Після цього вміст пробірки переносили у колбу, що містить 200  $\text{см}^3$  стерильного

сусла і зброджували протягом 24 годин, після бражку центрифугували, осад промивали фіз-розчином і застосовували для збродження сусла.

Загальна кількість дріжджових клітин в  $1 \text{ см}^3$  середовища визначали методом прямого підрахунку в камері Горяєва [43, 46].

У виробничих умовах засівні дріжджі готували: у пробірки з чистою культурою переливали стерильне сусло із ампули. Потім пробірку із дріжджами ставили на 2...3 години в термостат за  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коли сусло збродило, дріжджі змивали із поверхні агару в колбу з  $0,5 \text{ дм}^3$  стерильного сусла. Через 20...22 години  $0,5 \text{ дм}^3$  засівних дріжджів переносили, дотримуючись правил стерильності, в бутель з  $5 \text{ дм}^3$  стерильного сусла концентрацією 12...15 % СР за цукроміром.

Після 24 годин бродіння за  $30 \text{ }^\circ\text{C}$   $5 \text{ дм}^3$  засівних дріжджів переводили до маточника з  $5 \text{ м}^3$  сусла з крохмалевмісної сировини концентрацією 16...18 % і кислотністю 0,65...0,7 град, при застосування сірчанокислих дріжджів.

Після доведення об'єму засівних дріжджів в виробничу ємкість температура бродіння для дріжджів складала 28...30  $^\circ\text{C}$ . На стадії дріжджогенерування температура бродіння 30...33 $^\circ\text{C}$ . Кількість засівних дріжджів складала 8...10 та 15...20 % від корисного об'єму дріжджогенератора. Тривалість приготування виробничих дріжджів 12...18 год.

Кількість клітин в  $1 \text{ см}^3$  виробничих дріжджів коливається від 120 до 320 млн./ $\text{см}^3$  в залежно від підкислення і штаму дріжджів [43, 45].

До сусла спиртового виробництва засівні дріжджі задавали із розрахунку від 10 до 20 млн. дріжджових клітин на  $1 \text{ см}^3$  збродженого середовища [46].

В лабораторних умовах сусло зброджували методом "бродильної проби" у конічних колбах із сірчанокислотними затворами в термостаті за різних температур [47]. Динаміку виділення двоокису вуглецю контролювали за

допомогою ваговогнo методу [47]. У виробничих умовах сусло із крохмалевмісної сировини зброджували періодичним способом [47,48].

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОКОНВЕРСІЇ СУСЛА ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ВИКОРИСТАННЯМ ОСМОФІЛЬНОГО ТА ТЕРМОТОЛЕРАНТНОГО ШТАМУ ДРІЖДЖІВ ДО – 16**

(експериментальна частина)

#### **3.1 Дослідження та визначення оптимальних концентрацій при збродженні суслу досліджуваною расою**

Дріжджі, що використовуються у виробництві спирту, мають задовольняти наступним вимогам: швидко та повністю зброджувати сусло, бути стійкими до підвищеної температури та високих концентрацій суслу, продуктів метаболізму дріжджів, а також до зміни складу середовища культивування.

Одним з важливих чинників, які впливають на метаболізм дріжджів і економіку виробництва, є концентрація суслу і температура їх культивування.

Дріжджі, що вирощені при низькій концентрації суслу та за температури нижчій за оптимальну, мають більшу бродильну енергію, проте проведення процесу збродження при низьких температурах пов'язано з великими витратами води на охолодження. Використання суслу низьких концентрацій при культивуванні дріжджів та антисептуванні дріжджового суслу штучним підкисленням сірчаною кислотою викликає зниження фізіологічної активності дріжджів.

Для досліджень у процесі приготування суслу застосовувалося зерно з кукурудзи крохмалистістю 63,8 %. Під час збродження готували сусло з допустимою концентрацією в технологічному процесі 17...30% СР.

Із наведених в таблиці 3.1 даних видно, що при збродження суслу концентрацією 17, 20 та 26 % СР основні показники дозрілих бражок були на рівні регламентованих. З підвищенням концентрації суслу до 28 та 30 % СР показники зростають. Вміст зброджуваних вуглеводів зріс з 0,454 до 0,69 г/100

см<sup>3</sup>, а нерозчинного крохмалю – з 0,12 до 0,24 г/100 см<sup>3</sup> бражки відповідно, а концентрація спирту підвищилась з 14,3 до 15,02 % об. (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вплив концентрації сусла із кукурудзи (СР) на показники дозрілої бражки при зброджуванні осмофільним штамом дріжджів

Показники	Концентрація сухих речовин, %				
	17	20	26	28	30
Величина рН	4,8	4,95	4,95	5,0	4,95
Кислотність, град	0,49	0,5	0,5	0,5	0,49
Концентрація спирту, % об.	8,6	10,65	13,45	14,3	15,02
Вміст незброджених вуглеводів, г/100 мл	0,12	0,229	0,32	0,454	0,69
Вміст нерозчинного крохмалю, г/100 мл	0,08	0,09	0,10	0,12	0,24

Проте за концентрації 28 % СР втрати із незброджених цукром не перевищують 2,85 % по відношенню до введеного на зброджування і не зменшують нормованого виходу спирту. Більш значне збільшення кількості зброджуваних вуглеводів і втрат по виходу спирту спостерігається при концентрації 30 % СР.

При виробництві етилового спирту застосовувалися різні крохмалевмісні зернові культури (такі як пшениця, жито, кукурудза, сорго та ін.), які значно відрізняються за хімічним складом. Тому необхідно було визначитися в максимально можливій концентрації сусла для отримання спирту залежно від культури сировини.

Для досліджень в процесі приготування сусла використовувалося зерно пшениці крохмалистістю 57,3 %. При зброджуванні готували сусло із допустимою концентрацією в технологічному процесі: пшениці – 19,5...26,0 % СР.

За даними таблиці 3.2 максимальна кількість спирту в бражних дистилатах з нормативним виходом його з тони умовного крохмалю для пшениці складало 12,95 % об, а в той час як із кукурудзи (табл.3.1.)14,3 % об.

Таблиця 3.2 – Хіміко-технологічні показники бражки при зброджуванні пшеничного сусла високих концентрацій

№ п/п	Умови досліджу Вміст СР,%	СО <sup>2</sup>	рН	Вміст незброджуваних вуглеводів, г/100мл			Вміст спир-ту, об %	Накопиченн я дріжджів, млн/см <sup>3</sup>	% мерт-вих клі-тин	Вихід спирту з 1т умов-ного крох-малю,%
				Роз-чинні	Зага-льні	Нероз-чинний крохмаль,%				
1	19,8	15,38	4,27	0,3	0,38	0,07	10,03	296	3,4	66,8
2	23,5	18,75	4,38	0,313	0,420	0,09	11,98	271	10	66,5
3	25,2	19,90	4,46	0,429	0,664	0,1	12,95	258	22	66,4
4	26,4	20,33	4,51	0,673	0,864	0,38	13,9	313	20,4	66,0

Ефективність застосування осмофільних дріжджів при зброджуванні крохмалевмісної сировини вивчали в порівнянні з дріжджами раси ДТ-05 та сухими дріжджами з Голландії, що застосовують на окремих підприємствах галузі.

Показники зброджування сусла різними культурами дріжджів наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Вплив концентрації сусла на метаболізм різних культур дріжджів

Показники	ВМІСТ СУХИХ РЕЧОВИН В СУСЛІ, %														
	Раса ДТ-05					Раса ДО – 16					Сухі спиртові дріжджі (Голландія)				
	17	20	26	28	30	17	20	26	28	30	17	20	26	28	30
Величина рН	4,7	4,65	4,65	4,85	4,85	4,76	4,9	4,8	4,9	4,76	5,1	4,9	4,7	5,0	5,6
Кислотність, град	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,48	0,49	0,5	0,5	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46
Концентрація спирту, % об.	8,54	10,4	12,7	12,3	11,7	8,55	10,66	13,55	14,5	14,9	8,4	10,35	12,6	12,5	11,1
Вміст розчинних вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup>	0,16	0,35	0,46	0,91	1,81	0,11	0,28	0,29	0,43	0,65	0,155	0,330	0,60	1,15	1,95
Вміст нерозчинного крохмалю, г/100 см <sup>3</sup>	0,09	0,11	0,13	0,35	0,55	0,07	0,08	0,10	0,13	0,25	0,08	0,095	0,13	0,41	0,56

Наведені у таблиці дані свідчать, що всі досліджені культури за концентрації сусла 17...20 % СР синтезують спирт практично на одному рівні 8,5...8,6 та 10,4...10,66 % об. відповідно. Із підвищенням концентрації сусла до 26 % СР кількість спирту, синтезованого культурами дріжджів ДТ-05 та сухими з Голландії знижується відповідно з 13,1 до 12,7 та з 13,1 до 12,6 % об. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО – 16 забезпечує найкращу здатність до збродження сусла високої концентрації і при цьому накопичує до 14,0...15,0 % об. спирту (табл. 3.1).

Побічним критерієм оцінки бродильної активності досліджених дріжджів може бути збільшення кислотності сусла, що збільшувалась зі зростанням концентрації сусла, особливо, за концентрації сусла 28 та 30 % СР. При зброджуванні сусла осмофільним штамом ДТ – 16 наростання кислотності було найменшим і складало 0,18 – 0,20 град. Отже, культивування дріжджів

при субоптимальних концентраціях методом клонування і спрямованого відбору отримано штам дріжджів, здатний ефективно зброджувати сусло концентрацією 26...30 % СР.

Результати лабораторних досліджень процесу збродження крохмалевмісної сировини осмофільним штамом дають підстави рекомендувати його для впровадження на підприємствах, що дозволить підвищити їх рентабельність.

### **Вплив кількості засівних дріжджів на збродження сусла**

Відомо, що швидкість бродіння сусла в певній мірі пропорційна кількості засівних дріжджів. Тому збільшення їх об'єму є одним з шляхів скорочення терміну бродіння сусла. В спиртовому виробництві при термо-ферментативній обробці і оцукрюванні сусла крохмаль не гідролізується повністю, цей процес триває при бродінні сусла. При цьому дооцукрення декстринів настає після того, як зброджено не менше 1/3 глюкози. Тож чим швидше буде зброджена глюкоза, тим скоріше наступить дооцукрення декстринів, яке призведе до зменшення тривалості процесу збродження. Враховуючи це можна припустити, що збільшення об'єму засівних дріжджів пришвидшить стадію головного бродіння та за рахунок цього зменшиться термін бродіння сусла.

В досліді зброджували сусло з кукурудзи концентрацією сухих речовин 26 %, дріжджі задавали в кількості 10, 15, 16, 18, 20 та 25 % до об'єму основного сусла. Показники дозрілої бражки, одержаної із застосуванням різної кількості засівних дріжджів наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вплив кількості засівних дріжджів на показники дозрілої бражки

Показники	Кількість засівних дріжджів, %					
	10	15	16	18	20	25
Кислотність, град	0,44	0,44	0,42	0,43	0,42	0,44
pH дозрілої бражки	4,2	4,1	4,2	4,2	4,1	4,1
Вміст незброджених вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup>	0,36	0,35	0,34	0,34	0,31	0,31
Вміст нерозчинного крохмалю, г/100 см <sup>3</sup>	0,089	0,084	0,087	0,079	0,074	0,061
Вміст спирторозчинних цукрів, г/100 см <sup>3</sup>	0,20	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14

Закінчення табл. 3.5

Концентрація спирту, % об.	12,48	12,88	13,08	13,12	13,18	13,20
Вміст декстринів, г/100 см <sup>3</sup>	0,05	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06
Вихід спирту, дал/т умовного крохмалю	66,5	66,6	66,7	66,7	66,75	66,75
Вміст гліцерину, г/100 см <sup>3</sup>	0,47	0,41	0,38	0,33	0,33	0,32

За даними таблиці видно, що кількість синтезованого спирту підвищується із збільшенням кількості засівних дріжджів. Частково це пояснюється тим, що разом із засівними дріжджами потрапляє певна кількість крохмалю, це було враховано під час розрахунку виходу спирту. Даний показник також зростає із підвищенням кількості засівних дріжджів, зв'язано з меншою асиміляцією вуглеводів при накопиченні дріжджових клітин. Вихід спирту із 1 т умовного крохмалю досяг максимального значення за 20 та 25 % засівних дріжджів. Як показали експерименти при подальшому збільшенні кількості засівних дріжджів не має позитивного впливу на вихід спирту. Слід сказати, при збільшенні кількості засівних дріжджів знизилася втрата зі спирторозчинними вуглеводами, що свідчить про ефективне зброджування цукру. Дослідження показали, що при близьких значеннях вмісту нерозчинного крохмалю і декстринів кількість спирторозчинних вуглеводів зменшилася з 0,21 у контролі до 0,15 г/100 см<sup>3</sup> дозрілої бражки.

В процесі спиртового бродіння поряд з етиловим спиртом утворюється ряд побічних продуктів, що зменшує його вихід. Найбільш вагомим за втратами цукру є утворення гліцерину, на 1 г якого витрачається 1,39 г цукру, тому зменшення утворення гліцерину є суттєвим резервом підвищення виходу спирту.

Таким чином, встановлено, що оптимальна кількість дріжджів для зброджування сусла складає 18...20 % до об'єму бродильного апарату.

### 3.2 Дослідження та підбір оптимального комплексу та дозування ферментних препаратів для гідролізу складових зерна в умовах дріжджегенерації та зброджування суслу високих концентрацій

Для досліджень застосовували ферментні препарати фірми «Danisco». В якості  $\alpha$ -амілази використовували Amylex 5T, глюкоамілази – Diazyme TGA. Ферментні препарати задавали по одиницях активності. Для досліджень використовували зерно кукурудзи крохмалистістю 65,6 %. Концентрація сухих речовин суслу складала 17, 20, 26 та 29,5 %. Зброджування суслу проводили за температури 32...35 °С. Зброджували сусло осмофільним штамом дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО – 16. Засівні дріжджі задавали із розрахунку 30 млн./см<sup>3</sup> бражки. Термоферментативну обробку крохмалевмісної сировини проводили за температури 80-85 °С терміном 4 год., оцукрювання розрідженого замісу – за температури 50 °С протягом 30 хв. Концентрація термостабільної  $\alpha$ -амілази складала 0,2, 0,35...0,60 од. АС/г крохмалю, глюкоамілази – 5,0, 7,5, 10 од. ГЛС/г крохмалю.

Таблиця 3.6 – Хіміко-технологічні показники бражок в залежності від кількісного складу амілолітичних ФП та концентрації суслу

№	Концентрація СР, %	Концентрація $\alpha$ -амілази, од. АС/г крохмалю	Концентрація глюкоамілази, од. ГЛС/г крохмалю	Маса CO <sub>2</sub> , г, через годин						Кислотність, град	Вміст зброджуваних вуглеводів, г/100 см <sup>3</sup>	Вміст нерозчинного крохмалю, г/100 см <sup>3</sup>	Вміст спирту % об.
				12	24	48	60	72	84				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	17	0,20	5,0	5,3	7,47	11,9	14,9	16,9	17,0	0,45	0,35	0,10	9,05
2	17	0,20	10,0	5,4	7,55	12,3	15,4	17,0	17,0	0,45	0,30	0,10	9,10
3	17	0,35	5,0	5,61	7,7	14,5	17,5	17,6	17,7	0,44	0,25	0,08	9,15
4	17	0,35	10,0	5,75	8,5	15,7	17,6	17,8	18,0	0,44	0,20	0,07	9,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	20	0,20	5,0	5,4	7,59	16,0	17,4	17,9	18,8	0,44	0,36	0,12	10,40
6	20	0,20	10,0	6,9	8,0	16,2	17,8	18,8	19,0	0,44	0,31	0,10	10,43
7	20	0,40	5,0	6,2	8,1	16,8	17,9	18,9	19,1	0,45	0,25	0,09	10,46
8	20	0,40	10,0	7,0	8,7	17,0	18,9	19,6	19,7	0,44	0,21	0,081	10,70
9	25	0,20	5,0	5,56	7,87	12,8 4	15,8 7	19,3	19,8 8	0,45	0,39	0,15	13,00
10	25	0,20	10,0	6,0	8,3	13,5	18,4	19,7	20,0	0,45	0,36	0,15	13,03
11	25	0,60	5,0	6,8	8,5	14,0	18,2	19,8 5	20,3	0,44	0,30	0,10	13,05
12	25	0,60	7,5	7,2	9,0	14,2	18,8	19,9	20,3	0,44	0,281	0,09	13,10
13	29,5	0,20	5,0	6,17	8,39	13,9	16,9	19,3	20,6 5	0,43	0,70	0,25	14,6
14	29,5	0,20	7,5	6,5	9,0	15,1	18,2	20,8	21,3	0,43	0,68	0,22	14,62
15	29,5	0,60	5,0	7,0	9,2	16,0	18,8	20,0	21,5	0,43	0,65	0,18	14,67
16	29,5	0,60	7,5	8,0	9,8	17,0	19,8	21,0	21,7	0,43	0,62	0,15	14,72

За даними таблиці 3.6 при концентрації  $\alpha$ -амілази 0,35 од. АС/г крохмалю і глюкоамілази 7,5 од. ГлС/г крохмалю незалежно концентрації сусла хіміко-технологічні показники бражки були найкращими. При концентрації сусла 17 % СР термін бродіння сусла складав 60 год. із відмінними показниками зброджування вуглеводів 0,20...0,25 г/100 см<sup>3</sup> бражки і нерозчинного крохмалю 0,08...0,07 г/100 см<sup>3</sup> бражки. З підвищенням концентрації сусла дані показники збільшувались і за концентрації сусла 26 % СР вміст зароджуваних вуглеводів зріс на 30 %, а вміст спирту в бражках складала 13,05...13,01 % об. За концентрації сухих речовин 29,5 % вміст зброджуваних вуглеводів у бражках значно збільшувався і складав 0,65...0,7 г/100 см<sup>3</sup> бражки. Вміст нерозчиненого крохмалю перевищував регламентовані показники на 10...20

%. Накопичення спирту в дозрілих бражках складало 14,67...14,72 % об. З підвищенням вмісту  $\alpha$ -амілази до 0,6 од. АС/г крохмалю і глюкоамілази до 10,0 ГлС/г крохмалю відсутніх змін технологічних показників бражок виявлено не було.

Для подальших досліджень використовували  $\alpha$ -амілазу концентрацією 0,35 од. АС/г крохмалю і глюкоамілазу концентрацією 7,5 од. ГлС/г крохмалю.

Переробка висококонцентрованого сусла спричиняє підвищення в'язкості сусла, тому для підвищення ступеню біоконверсії всіх складових зерна необхідно підібрати мультиензимні системи цільового призначення.

### **3.3 Оптимізація складу живильного середовища в процесі дріжджегенерації та його вплив на продуктивність популяції**

Відомо, що застосування комплексу ферментних препаратів дозволяє підвищити рівень гідролізу не тільки вуглеводів сировини, але й рослинного білку, що сприяє пришвидшенню процесу розмноження дріжджів. Тому можливо підвищити не тільки накопичення дріжджової популяції, але й продуктивність клітин, що й спостерігалось при зброджуванні сусла (розділ 3.2).

В зв'язку з цим було проведено дослідження по визначенню впливу протеолітичного ферментного препарату Нейтраза та целюлолітичного – Широлим та концентрацій на накопичення дріжджових клітин. Живлення у сусло для дріжджегенерації (карбамід і ортофосфорну кислоту) задавали згідно регламенту [33].

В таблиці 3.7 наведені дані, що характеризують динаміку накопичення дріжджових клітин. У досліджуваних зразках, незалежно від концентрації сусла, де застосовували ферментні препарати, спостерігалось пришвидшення росту та розмноження дріжджів.

Таблиця 3.7 – Динаміка накопичення дріжджових клітин залежно від складу ФП та концентрації сусла

№	Концентрація сусла, % СР	Концентрація $\alpha$ -амілази 0,35 од. АС/г крохмалю, Глюкоамілази 7,5 од. ГЛС/г крохмалю		Вміст дріжджових клітин, млн./см <sup>3</sup> через годин								
		Концентрація целюлази, од. ЦС/г сировини	Концентрація протеази, од. ПрС/г сировини	0	3	5	7	9	12	15	18	24
				5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	17	контроль		10	25	40	50	78	87	120	130	145
2	17	0,125		10	35	54	58	80	89	125	142	152
3	17	0,250		10	40	50	58	81	90	125	149	165
4	17	0,350		10	42	56	65	92	100	139	160	171
5	17		0,02	10	38	49	60	87	95	134	152	175
6	17		0,028	10	42	58	68	94	110	142	160	189
7	17		0,035	10	52	72	79	99	120	158	178	190
8	17	0,250	0,02	10	40	78	83	93	118	150	170	210
9	17	0,350	0,035	10	48	81	89	103	123	160	229	256
10	20	контроль		10	32	50	60	80	89	150	175	192
11	20	0,125		10	38	52	62	82	90	151	178	220
12	20	0,250		10	45	60	69	85	94	149	170	220
13	20	0,350		10	52	62	72	90	100	161	180	250
14	20		0,02	10	40	74	78	94	105	164	181	259
15	20		0,028	10	45	77	82	90	110	175	189	275
16	20		0,035	10	56	81	91	99	125	180	198	250
17	20	0,250	0,02	10	60	86	94	110	126	182	225	268
18	20	0,350	0,035	10	68	89	99	125	148	185	260	289
19	26	контроль		10	38	50	58	87	100	145	180	200
20	26	0,125		10	45	59	60	90	130	170	190	225
21	26	0,250		10	50	60	75	110	132	165	210	240
22	26	0,350		10	54	70	82	121	169	200	230	258
23	26		0,02	10	59	79	91	129	141	174	249	258
24	26		0,028	10	60	95	99	139	150	180	258	272
25	26		0,035	10	70	89	100	145	160	191	275	285
26	26	0,250	0,02	10	72	90	115	149	162	198	280	290

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	26	0,350	0,035	10	77	98	125	152	169	250	280	292
28	29,5	контроль		10	38	52	65	92	151	180	200	210
29	29,5	0,125		10	48	60	72	100	131	190	220	265
30	29,5	0,250		10	52	62	79	105	134	191	231	269
31	29,5	0,350		10	60	68	87	115	140	210	245	271
32	29,5		0,02	10	56	67	87	128	149	210	268	275
33	29,5		0,028	10	60	72	92	135	151	220	260	274
34	29,5		0,35	10	67	78	100	139	158	229	261	275
35	29,5	0,250	0,02	10	72	82	115	140	160	235	280	290
36	29,5	0,350	0,035	10	79	91	128	148	185	279	289	300

Згідно таблиці 3.7 через 15 годин культивування вміст клітин у зразках, де було застосовано найбільше дозування протеолітичного ферментного препарату зросло на 29 %, 38 %, 60 %, 30 % порівняно із контролем залежно від концентрації СР сусла. У зразках, де застосовували комплекс ферментних препаратів (цитолітичних і протеолітичних) накопичення дріжджових клітин зросло на 60...70 % порівняно із контрольними зразками залежно від концентрації СР сусла. Це пов'язано з наявністю у суслі підвищеного вмісту легко асимілюючих компонентів азотного живлення, що сприяє інтенсифікації росту і розмноження дріжджових клітин [20]. Термін дріжджегенерування скорочувався та становив 18...20 годин для сусла концентрацією 17 та 20 % СР. При концентрації сусла 26 та 29,5 % СР він скорочувався і становив 15...18 годин.

Отже, застосування протеолітичних ферментних препаратів під час культивуванні дріжджів в суслі високої концентрації сприяє підвищеній стійкості дріжджової клітини до осмосу у результаті деструкції білкових речовин у засвоювані дріжджами амінокислоти, покращенню її фізіологічного стану, інтенсифікації зброджування. Клітини дріжджів досліджуваної раси були угодованими, більш круглої форми та розмір складав 3...2,2 мкм, концентрація була більшою у 1,5...2 рази, мертві клітини були майже відсутні.

### 3.4 Вплив сировини та живлення на процес культивування дріжджів

Відомо, що склад живильного середовища залежить від культури, що використовується під час дріжджегенерування. Тому були проведені дослідження по впливу культури сировини і концентрації сусла на процес приготування засівних дріжджів. Для цього використовували сусло приготоване з пшениці та кукурудзи. Концентрація сухих речовин сусла складала: пшениця – 20, 23,1, 25, 27 % СР; кукурудза – 18, 22,6, 26,5, 29,5 % СР. Крохмалистість даної сировини складала: пшениці – 57,3 %, кукурудзи – 65,5 %. Живлення і підкислення сусла при приготуванні дріжджів додавали згідно регламенту.[52]

Підрахунок накопичення дріжджових клітин проводили прямим в камері Горяєва кожну годину.

Таблиця 3.8 – Динаміка накопичення дріжджових клітин залежно від умов культивування

№ п/п	Концентрація сусла, % СР	Термін культивування через, год				
		3	6	12	18	24
Пшениця						
1	20	46	60	121	185	246
2	23,1	47	67	120	190	250
3	25	45	72	125	189	265
4	27	60	85	160	200	270
Кукурудза						
1	18	66	86	110	182	217
2	22,6	67	90	125	200	230
3	26,5	60	92	134	210	237
4	29,5	85	120	142	225	255
Вміст азотного живлення 800 г/м <sup>3</sup>						
2	25 п	68	130	260	370	486
3	26,5 к	70	128	210	315	395

За даними таблиці 3.8 найбільше накопичення дріжджових клітин спостерігалось у суслі із пшениці при концентрації – при 27 % СР, а із кукурудзи – при 29,5 % СР .

Це ймовірно пов'язано з густиною сусла і осмотичним тиском у ньому. Також встановлено, що при підвищенні концентрації сусла пшениці при культивуванні дріжджів терміном 24 години зернистість у дріжджовій клітині зростала на 10...15 %, а на суслі з кукурудзи навіть через 24 години дріжджегенерація у полі зору мікроскопу спостерігалася велика кількість брунькуючих клітин та складала 15...20 %.

Для процесу дооцукрення декстринів сусла і його бродіння необхідною умовою є підвищення концентрації засівних дріжджів до 20...30 млн/см<sup>3</sup> сусла. В зв'язку з цим, необхідною умовою є збільшення потужності дріжджового відділення.

Проте відомо, що при збільшенні концентрації СР сусла зростає вплив азотного живлення на процес розмноження дріжджів.

Тому нами було проведено дослідження по визначенню впливу кількості азотного живлення вчасності карбаміду на накопичення дріжджових клітин. Для цього у живильне середовище (сусло) при культивуванні дріжджів вносили карбамід із розрахунку 800 г/м<sup>3</sup>. Концентрація сусла склала для пшениці – 25 % СР, кукурудзи – 26,5% СР.

Встановлено, що при збільшенні азотного живлення у субстраті накопичення клітин зростало на суслі із пшениці на 52,6 %, кукурудзи на 40 %. При цьому, навіть через 24 години культивування зернистість у клітинах не спостерігалася. Також згідно розрахунків збільшення додавання азотного живлення є більш доцільним та дешевшим ніж застосування протеолітичних ФП. Середній розмір дріжджових клітин складав 3,0...2,5 мкм, а термін дріжджегенерації 15...18 годин.

### 3.5 Визначення впливу азотного живлення на зброджування сусла

Підвищення концентрації сусла та спирту в зрілих бражках приводить до сповільнення процесу дріжджегенерації та зброджування.

Таблиця 3.9 – Динаміка зброджування сусла високих концентрацій

№ п/п	Умови досліджу Вміст карбаміду в суслі, г/м <sup>3</sup>	СР, %	СО <sub>2</sub> , г через год							
			12	24	36	48	60	72	84	96
1	Контроль (55г)	20	6,19	7,92	10,1	13,16	14,37	17,87	18,03	18,03
2	800		10,28	12,54	15,2	17,62	17,98	18,08	18,09	18,2
3	400		9,25	11,75	14,72	16,76	17,91	18,14	18,22	18,22
4	200		7,93	9,37	8,13	15,06	16,14	18,04	18,15	18,17
5	100		7,48	9,39	8,21	14,25	15,48	17,97	18,07	18,1
6	Контроль (60г)	22,6	6,2	7,85	12,68	14,02	16,95	18	19,65	19,8
7	800		11,1	12,95	17,94	19,13	19,79	19,99	20,05	20,05
8	400		9	11	16,13	17,23	18,62	19,7	19,9	19,91
9	200		7,89	8,95	13,98	15,65	17,58	19,7	19,8	19,81
10	100		7,1	8,61	13,8	15,3	17,4	19,65	19,88	20
11	Контроль (65г)	26	6,36	8	10,2	12,93	14,06	17,03	20,21	20,43
12	800		11,13	13,31	16,4	18,62	19,97	21,23	21,45	21,5
13	400		9,47	11,15	15,8	16,36	18,44	20,59	21,05	21,29
14	200		8,08	9,93	12,9	14,87	17	19,09	20,89	21,15
15	100		7,4	9,16	12,2	14	15,17	17,59	20,05	21
16	Контроль (70г)	28,7	5,26	6,98	10,3	12,1	13,32	16,89	18,57	20,98
17	800		10,71	13,29	16,5	19,42	20,41	22,07	22,4	22,57
18	400		8,94	10,68	14,2	16,98	18,23	20,58	21,9	22,2
19	200		7,02	8,96	12,1	14,47	15,68	18,78	19,7	21,75
20	100		6,48	8,45	11,9	13,91	15,05	18,47	19,63	21,36
21	Контроль (80г)	30	5,2	6,88	9,2	11,9	13,95	16,7	18,9	20,6
22	800		10,98	13,84	16,2	19,33	19,65	20,03	20,07	21,5
23	400		8,33	10,83	14,2	16,26	19,44	19,36	19,65	21,05

Відомо, що обмін речовин у дріжджовій клітині прямо залежить від азотного живлення. При збільшенні концентрації зернового сусла збільшується вміст незброджуваних вуглеводів та зростає потреба дріжджів у легкоасимілюваному азоті .

Тому дослідили вплив додаткового джерела азоту під час зброджування кукурудзяного сусла із концентрацією сухих речовин (СР) 20, 22,6, 26, 28,7, 31 %. Для цього у оцукрене сусло вносили 0,01, 0,02, 0,04, 0,08 % карбаміду. (г/м<sup>3</sup>).

Отримані експериментальні дані подані у наступних таблицях. За даними таблиці 3.9 динаміка зброджування сусла у зразках з карбамідом зростала

незалежно від концентрації сусла та особливо у перші 1,5...2 доби вона була вищою ніж контроль в 1,2...2 рази. А термін бродіння сусла залежить як від концентрації карбаміду у суслі так й від сухих речовин у ньому.

При концентрації сусла 20...22,6 % СР термін бродіння становив: у контролі – 72 год, при вмісті карбаміду 0,08 % – 55...65 год, 0,04 % – 65...72 год, 0,02 % – 72 год, 0,01 % – 72 год.

А при концентрації сусла 26...28,7 % СР термін бродіння становив: у контролі – 84 год, при вмісті карбаміду у суслі 0,08 % – 72 год, 0,04% – 78 год, 0,02 % – 84 год, 0,01 % – 84 год.

При дослідженні результатів аналізів хіміко-технологічних показників бражки таблиця 3.10 видно, що за концентрації сусла 20...22,6 % СР зброджувані вуглеводи на рівні регламентованих та склали 0,22 ...0,42 г/100 см<sup>3</sup> бражки, нерозчинений крохмаль не перевищував 0,1 %, а також накопичення дріжджів становило 145...164 млн кл/см<sup>3</sup> бражки.

Вихід спирту з тони умовного крохмалю в контрольних зразках був на рівні регламентованого та складав 65,9 дал, у зразках з карбамідом він збільшувався на 1,44...0,5 % залежно від концентрації карбаміду.

Із збільшенням концентрації сусла до 26 % СР в зразках, де вміст карбаміду складав 0,04...0,08 % показники бражок були на рівні регламентованих та дорівнювали 0,39...0,42 г/100 см<sup>3</sup> бражки, а вихід спирту із тони умовного крохмалю зріс на 0,75...0,3 %, при накопиченні дріжджових клітин 156...177 млн/см<sup>3</sup>. Із зниженням концентрації карбаміду до 0,01...0,02 % незброджувані вуглеводи зростали та дорівнювали 0,521...0,685 г/100 см<sup>3</sup> бражки.

Із підвищенням концентрації сусла до 28,7 % СР при додаванні карбаміду 0,08 % незброжені цукри склали 0,625 г/100 см<sup>3</sup> бражки, міцність бражки була 14,95 % об та вихід спирту з тони умовного крохмалю склав 65,9 дал спирту, що відповідає регламентованому показнику, проте регламентовані показники по вмісту незброджуваних вуглеводів бражки були визначені як для

концентрації спирту в бражках 7...8 % об. У інших зразках він зменшувався, а вміст зброджуваних вуглеводів значно ріс.

При зброджуванні сусла з концентрацією 31 % СР накопичення спирту у бражках складало 14 % об і вміст зброджуваних вуглеводів був високим та дорівнював 1,15...1,72г/100 см<sup>3</sup> бражки, вміст декстринів 1,23...0,83 г/100 см<sup>3</sup> бражки

№ п/п	Умови досліджу Вміст карбаміду в суслі, г/100 мл	Вміст СР, %	СО <sub>2</sub>	рН	Вміст незброджуваних вуглеводів, г/100мл						Вміст спирту, об %	Накопи- чення дріжджів, млн/мл	% мертвих клітин	Вихід спирту з 1г умовного крохмалю, %
					Розчинні	Загальні	Нерозчин- ний крохмаль, %	Спирто- розчинні	Декстрини					
1	Контроль (55г)	20	18,03	4,8	0,28	0,375	0,095	0,1	0,09	11,75	160	18	65,9	
2	800		18,24	4,95	0,166	0,274	0,1	0,022	0,05	12,1	154	10	66,85	
3	400		18,2	4,9	0,221	0,32	0,091	0,04	0,058	11,88	159	12	66,55	
4	200		18,17	4,9	0,234	0,338	0,093	0,05	0,07	11,85	148	14	66,02	
5	100		18,1	4,85	0,277	0,385	0,097	0,09	0,12	11,78	145	16	65,9	
6	Контроль (60г)	22,6	19,63	4,8	0,319	0,442	0,12	0,127	0,122	12,85	149	25,6	65,34	
7	800		19,99	5	0,244	0,38	0,095	0,098	0,13	13	147	9	66,36	
8	400		19,96	4,95	0,287	0,41	0,1	0,146	0,189	12,96	164	22	66,15	
9	200		19,85	4,9	0,315	0,44	0,105	0,131	0,195	12,9	159	23,4	65,9	
10	100		19,7	4,81	0,318	0,415	0,11	0,141	0,21	12,84	163	25,6	65,7	
11	Контроль (65г)	26	20,43	4,9	0,88	0,993	0,101	0,25	0,34	13,6	160	26,6	65,4	
12	800		21,45	5	0,39	0,5	0,099	0,146	0,22	14,15	153	26,8	66,4	
13	400		21,29	4,98	0,424	0,546	0,105	0,151	0,245	14,12	171	27	66,1	
14	200		21,1	4,9	0,521	0,635	0,108	0,163	0,254	14,18	185	28,9	66,1	
15	100		20,89	4,9	0,689	0,799	0,106	0,165	0,258	14	200	29	63,7	
16	Контроль (70г)	28,7	20,9	4,81	1,23	1,52	0,26	0,17	0,271	14,5	181	30	65,12	
17	800		22,87	5	0,625	0,744	0,119	0,22	0,36	15	150	26	65,9	
18	400		22,2	4,98	0,702	0,915	0,189	0,3	0,49	14,8	195	28	65,6	
19	200		21,75	4,95	0,851	1,07	0,19	0,31	0,42	14,71	198	29,5	65,1	
20	100		21,36	4,91	0,918	1,15	0,208	0,328	0,431	14,65	202	29,5	64,25	
21	Контроль (80г)	31	20,97	4,8	1,72	1,95	0,207	0,352	1,23	13,5	215	30	50,7	
22	800		21,5	5	1,05	1,24	0,171	0,22	0,83	14	200	24	51,6	
23	400		21,03	4,96	1,06	1,26	0,18	0,25	0,93	13,8	193	32	51,8	

Активізація мікроорганізмів  
щоб активізувати

Як видно із таблиці 3,10 при концентрації сусла 28,7...31,0 % СР вміст декстринів у суслі значно зріс, що дає зрозуміти про недооцукрення декстринів сировини. Це може бути обумовлено інактивацією ферменту глюкоамілази високою концентрацією спирту.

Накопичення дріжджових клітин залежить від концентрації СР у суслі, а не від вмісту карбаміду. При задаванні карбаміду накопичення клітин із підвищенням його концентрації зменшувалося, що може можливо сталось через високу бродильну активність дріжджів та відповідно швидким накопиченням спирту у бражці.

Тому для інтенсифікації процесу бродіння сусла високої концентрації необхідною умовою є – підвищення кількості засівних дріжджів до 20...30 млн/см<sup>3</sup> або ж додавання азотного живлення з розрахунку 100...500 г/м<sup>3</sup>.

### **3.6 Накопичення летких домішок в бражних дистилятах залежно від умов зброджування**

Біосинтез побічних продуктів пов'язаний з регуляторними функціями дріжджової клітини.

Тому дослідження були спрямовані на визначення побічних вторинних продуктів у бражних дистилятах залежно від концентрації сухих речовин та азотного живлення у суслі при зброджуванні його селекціонованим осмофільним термотолерантним штамом дріжджів ДО – 16.

З метою зниження питомих тепло – енерговитрат і отримання етилового спирту високої якості необхідно отримати достовірні дані про якісний і кількісний склад леткого складу бражки.

Результати проведених досліджень показали, що при переробці замісів із високою концентрацією сухих речовин (СР) потрібно не тільки підвищення витрат амілолітичних ферментів, але і збільшення кількості виробничих дріжджів.

Із підвищенням початкової концентрації СР зернового суслу збільшується вміст незброджених вуглеводів і зростає потреба у азотному живленні при синтезі дріжджових клітин в процесі бродіння.

Із підвищенням концентрації сухих речовин суслу накопичення ацетальдегіду у бражних дистилятах було на рівні контролю (рис. 3.1, табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Накопичення летких органічних сумішей у зрілих бражках залежно від початкової концентрації сухих речовин у кукурудзяного суслу

№ п.п.	Компоненти бражних дистилятів, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрація СР, %			
		18	20	26	30
1	ацетальдегід	158,08	158,8	150,87	149,1
2	метилацетат	3,368	2,171	1,925	1,868
3	етилацетат	52,5	36,3	22,4	0,676
4	сума складних ефірів	55,9	39,22	21,63	10,85
5	н-бутанол	13,48	13,715	12,534	19,173
6	н-пропанол	571,618	512,98	513,542	850
7	ізобутиловий спирт	1843,96	1760,648	997,328	434,119
8	ізоаміловий спирт	2023,8	1659,58	1737,8	916,819
9	сума сивушних спиртів	4486,89	4498,16	3910,23	3240,14
10	кислоти	84,755	48,26	37,63	33,444
11	метиловий спирт, об. %	0,002	0,002	0,002	0,002

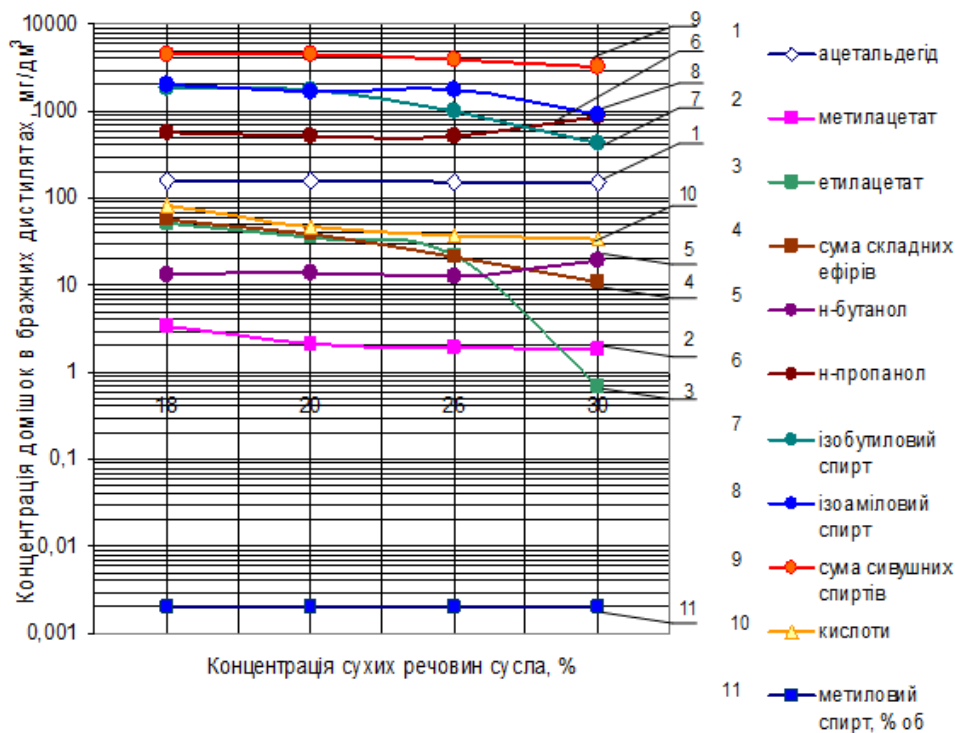


Рис.1. Накопичення летких органічних домішок у зрілих бражках в залежності від початкової концентрації сухих речовин в суслі

При додаванні карбаміду в сусло накопичення ацетальдегіду зменшувалось, а при додаванні його від 0,04 до 0,08 % вміст компоненту зменшувався в 3,7...4,5 рази (рис.3.2, табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Накопичення летких органічних сумішей у зрілих бражках залежно від концентрації карбаміду у кукурудзяному суслі

№ п.п.	Компоненти бражних дистилатів, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст карбаміду в суслі, %			
		Контроль	0,02	0,04	0,08
1	ацетальдегід	244,049	65,904	55,574	61,961
2	метилацетат	6,628	8,403	7,602	8,44
3	етилацетат	155,619	157,627	181,051	178,376
4	сума складних ефірів	162,445	166,03	184,656	186,816
5	н-пропанол	145,78	149,895	246,174	310,346
6	н-бутанол	9,481	7,677	10,194	11,206
7	ізобутиловий спирт	754,229	682,801	756,396	746,577
8	ізоаміловий спирт	3386,893	3426,573	3585,645	3452,063
9	сума сивушних спиртів	4319,24	4315,134	4629,777	4540,916
10	кислоти	282,644	158,08	121,378	77,269
11	метиловий спирт, об.%	0,004365	0,004	0,004	0,004

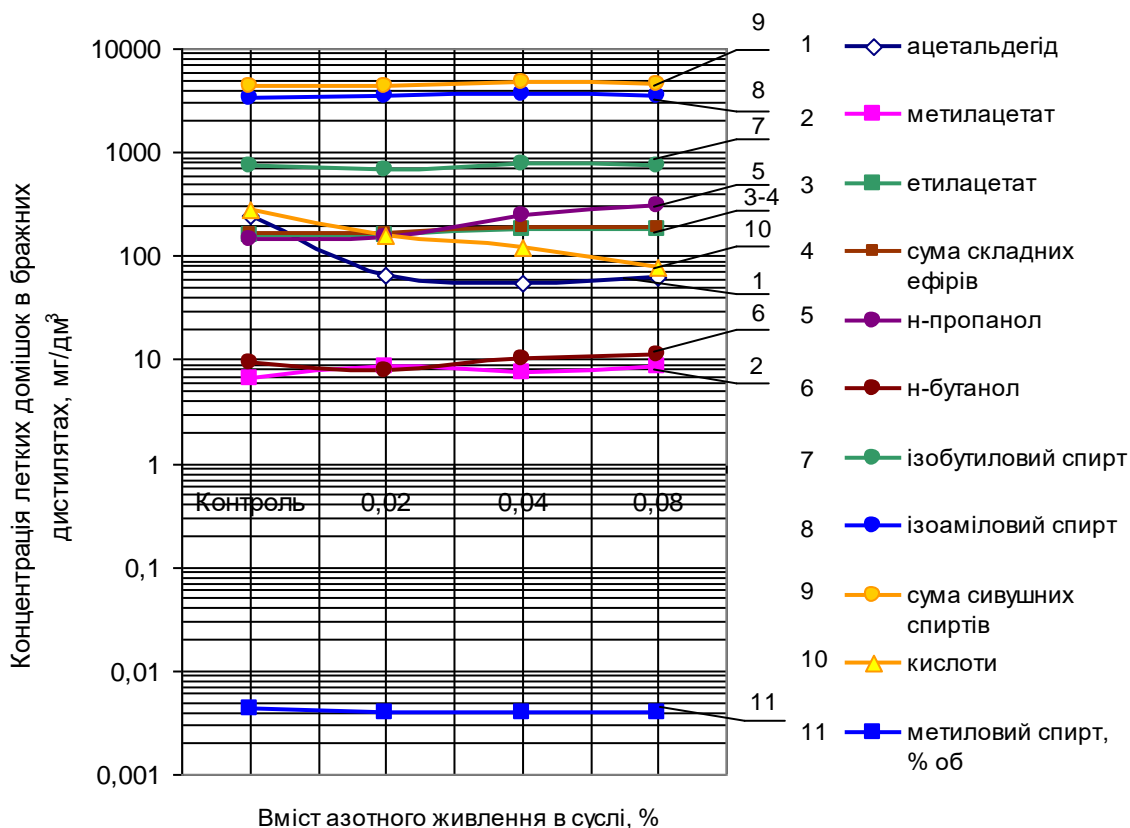


Рис. 2. Накопичення легких органічних домішок у зрілих бражках в залежності від концентрації азотного живлення в суслі

Збільшення азотного живлення прискорює не тільки біосинтез дріжджових клітин, а й підвищує зброджування сусла, що сприяє інтенсивному синтезу ацетальдегіду.

Складні ефіри в спирті синтезуються в результаті ферментативних процесів в дріжджовій клітині. Їхній вміст, із підвищенням концентрації сусла від 18 до 30 % СР, зменшився у 2,5...5 раз.

У зразках, де застосовували азотне живлення, при накопиченні складних ефірів спостерігалось незначне збільшення їх вмісту.

При аналізі складових вищих спиртів встановлено, що кількість н – пропанолу із підвищенням концентрації сусла від 18 до 26 % СР знижується в 2 рази, а за концентрації сусла 30 % СР різко збільшується і складає 850 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрація н-бутанолу зростала на 8...10 %. Кількість ізобутилового спирту збільшувалась в 2...4 рази, а ізоамілового в 1,2...2 рази. Загальний

вміст сивушних спиртів із збільшенням концентрації СР сусла зменжувався в середньому у 1,2...1,4 рази.

Концентрація вищих спиртів і зразках з азотним живленням несуттєво збільшувалась. За винятком н-пропанолу, де його вміст в бражних дистилятах при концентрації 0,08 % зростав в 2 рази.

На основі експериментів встановлено – біосинтез сивушних спиртів в дозрілих бражках залежить не тільки від накопичення біомаси дріжджів, а й через концентрацію СР сусла і джерела легкоасимільованого азоту.

Також були проведені дослідження по синтезу летких домішок в бражних дистилятах залежно від виду сировини – пшениці.

За даними таблиці 3.13 встановлено, що при зброджуванні сусла із пшениці синтез летких домішок з підвищенням концентрації сусла вміст ацетальдегіду і складних ефірів знижувався у 9...13 разів. У накопиченні н-пропанолу спостерігалася тенденція на його зменшення. Також залежність спостерігалась і в показнику суми сивушних спиртів. Вміст метилового спирту у бражних дистилятах з пшениці за концентрації сусла 26,4 % зростав в 11 разів в той час як за концентрації 23,5...25,2 % він знижувався в 3...9 разів.

Таблиця 3.13 – Накопичення летких органічних домішок у зрілих бражках в залежності від концентрації СР пшеничного сусла

№ п/п	Компоненти бражних дистилятів, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрація СР, %			
		20	23,5	25,2	26,4
1	ацетальдегід	268,984	30,028	25,05	24,4
2	метилацетат	48,519	10,152	8,917	7,950
3	етилацетат	621,25	76,38	55,006	50,421
4	сума складних ефірів	669,769	77,532	63,923	59,371
5	н -пропанол	1410,258	1322,140	1223,401	1369,66
6	н -бутанол	19,891	23,801	29,416	33,424
7	ізобутиловий спирт	2019,998	208,17	1208,681	1306,956
8	ізоаміловий спирт	6967,275	879,584	5509,517	6221,424
9	сума сивушних спиртів	10481,795	2436,887	7991,277	9165,451
10	метиловий спирт, об.%	0,009	0,001	0,006	0,104
11	кислоти	85,39	28,954	123,908	347,253

## ВИСНОВКИ

1. Досліджений нами осмофільний та термотолерантний штам дріжджів ДО – 16, перспективний для зброджування висококонцентрованого сусла (понад 30 % СР) та здатний накопичувати у зрілих бражках до 15 % об спирту.
2. На основі експериментальних даних під час приготування висококонцентрованого сусла встановлено оптимальну концентрацію ферментних препаратів:  $\alpha$ -амілази – 0,35...0,5 од. АС/г крохмалю; глюкоамілази – 7,5 од. ГлС/г крохмалю; целюлолітичного – 0,35 од. ЦС/г сировини; протеолітичного – 0,05 од. ПрС/г сировини, що зменшує термін дріжджогенерування на 25...40 %, а накопичення етанолу в бражці зростає на 0,5...0,8 % відносних.
3. З метою підвищення ступеня гідролізу складових сировини зброджування висококонцентрованого сусла даним штамом дріжджів потрібно проводити в дві стадії: перша (1,0...1,5 доби) – при 35 °С; друга – при 32 °С, що сприятиме інтенсифікації спиртового бродіння ті зниженню втрат зброджуваних вуглеводів на 20...30 %.
4. Збагачення сусла азотним живленням дозволяє підвищити бродильну активність дріжджів, зменшити термін бродіння сусла і збільшити вміст спирту у бражних дистилятах.
5. Під час зброджування сусла високих концентрацій осмофільним штамом дріжджів концентрація летких домішок в бражних дистилятах у значній мірі залежить від концентрації СР сусла, кількості азотного живлення усуслі і виду сировини.

#### 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для встановлення оптимальних параметрів процесу спиртового бродіння необхідно розробити математичну модель процесу, за допомогою повного факторного експерименту.

Детермінована залежність нам невідома, оскільки невідомі зв'язки між вхідними та вихідними параметрами.

##### 1. Постановка задачі

Побудова математико-статистичної моделі процесу зброджування висококонцентрованого сусла із крохмалевмісної сировини.

##### 2. Рівняння математичної моделі в загальному вигляді

$$C_{\text{сп}} = f(C_{\text{сус}}, C_{\text{др}}, T, \text{pH}, C_{\text{ферм}}, \tau, \text{Ферм} \dots)$$

$C_{\text{сп}}$  - концентрація спирту в бражці, %;

$C_{\text{сус}}$  – концентрація сухих речовин в суслі, %;

$C_{\text{др}}$  – концентрація дріжджів, млн/см<sup>3</sup>;

$T$  – температура зброджування, °С;

$\text{pH}$  – рН середовища, од. рН;

$C_{\text{ферм}}$  – концентрація ферментного препарату, %;

$\tau$  – час зброджування, год;

Ферм – ферментний препарат.

##### 3. Рівняння математичної моделі в робочому вигляді

На процес зброджування сусла із крохмалевмісної сировини найбільший вплив мають наступні параметри:

- концентрації сухих речовин в суслі, %;
- концентрація дріжджів, %;
- температура зброджування, °С.

Тому рівняння математичної моделі в робочому вигляді матиме наступний вигляд:

$$C_{\text{сп}} = f(C_{\text{сус}}, C_{\text{др}}, T)$$

4. Кількість дослідів повного факторного експерименту

$$N = 2^n = 2^3 = 8,$$

де  $n = 3$  – кількість вхідних факторів.

Спланована кількість дублюючих дослідів  $m = 2$ .

5. Складаємо рівняння регресії

$$y = B_0 + B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + B_3 \cdot x_3 + B_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + B_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + B_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + B_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

6. Рівні варіювання та крок варіювання факторів

Найменування рівнів варіювання	Позначення	$C_{\text{сус}}, \%$ ( $x_1$ )	$C_{\text{др}}, \text{млн/мл}$ ( $x_2$ )	$T, ^\circ\text{C}$ ( $x_3$ )
Верхній рівень	+	32	30	36
Нуль-рівень	0	30	25	34
Нижній рівень	–	28	20	32
Інтервал	$\Delta$	2	5	2

Кодуємо вхідні параметри:

$$y = B_0 + B_1 \cdot z_1 + B_2 \cdot z_2 + B_3 \cdot z_3 + B_{12} \cdot z_1 \cdot z_2 + B_{13} \cdot z_1 \cdot z_3 + B_{23} \cdot z_2 \cdot z_3 + B_{123} \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$$

7. Побудова матриці планування

№, п/п	№ пров.	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_1^* Z_2^*$	$Z_1^* Z_3^*$	$Z_2^* Z_3^*$	$Z_1^* Z_2^* Z_3^*$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_{\text{сер.}}$	$S^2_{\text{одн.}}$
1	7	+	+	+	+	+	+	+	+	13,1	13,15	13,125	0,00125
2	1	+	+	+	-	+	-	-	-	12,93	12,7	12,815	0,02645
3	5	+	+	-	+	-	+	-	-	12,81	13,1	12,955	0,04205
4	6	+	+	-	-	-	-	+	+	11,85	12,3	12,075	0,10125
5	2	+	-	+	+	-	-	+	-	13,25	12,8	13,025	0,10125
6	8	+	-	+	-	-	+	-	+	11,7	12,2	11,95	0,125
7	6	+	-	-	+	+	-	-	+	12,3	12,33	12,315	0,00045
8	3	+	-	-	-	+	+	+	-	11,8	11,6	11,7	0,02

8. Перевірка на однорідність дисперсії вихідної величини.

$$S_{однi}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m-2} (y_{ij} - \tilde{y}_i)^2}{m - 1}$$

$$S_{одн1}^2 = 0,00125$$

$$S_{одн2}^2 = 0,02645$$

$$S_{одн3}^2 = 0,04205$$

$$S_{одн4}^2 = 0,10125$$

$$S_{одн5}^2 = 0,10125$$

$$S_{одн6}^2 = 0,12500$$

$$S_{одн7}^2 = 0,00045$$

$$S_{одн8}^2 = 0,02000$$

$$S_{одн\ max}^2 = S_{одн6}^2 = 0,12500$$

$$\sum S_{одн\ i}^2 = 0,41770$$

9. Розрахунковий критерій Кохрена

$$G_p = \frac{S_{одн\ max}^2}{\sum_{i=1} S_{однi}^2}$$

$$G_p = 0,3$$

Табличний критерій Кохрена

$$G_T = 0,6798 (\alpha=0,05; f_1=N; f_2=m-1)$$

$G_p < G_T$  – дисперсія є однорідною, а значення відтворюваними.

10. Розраховуємо дисперсію відтворюваності

$$S_{від}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{однi}^2}{N}$$

$$S_{від}^2 = 0,05221$$

11. Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^N z_{xi} \cdot \tilde{y}_i}{N}$$

B <sub>0</sub>	12,495
B <sub>1</sub>	0,2475
B <sub>2</sub>	0,23
B <sub>3</sub>	0,36
B <sub>12</sub>	-0,01
B <sub>13</sub>	-0,06
B <sub>23</sub>	-0,01
B <sub>123</sub>	-0,13

## 12. Перевірка на значущість коефіцієнтів регресії

Коефіцієнт Стьюдента:

$$t_{bk} = \frac{|b_k|}{S_k}$$

$$S_k = \sqrt{S_k^2}$$

$$S_k^2 = \frac{S_{\text{відм}}^2}{N}$$

$$S_k^2 = 0,00652$$

$$S_k = 0,08078$$

t <sub>b0</sub>	154,67
t <sub>b1</sub>	3,06
t <sub>b2</sub>	2,89
t <sub>b3</sub>	4,46
t <sub>b12</sub>	0,08
t <sub>b13</sub>	0,77
t <sub>b23</sub>	0,17
t <sub>b123</sub>	1,59

Коефіцієнт Стьюдента табличний

$$t_t = 2,31 \quad (\alpha = 0,05; f = 8)$$

Коефіцієнти T<sub>b12</sub>, T<sub>b13</sub>, T<sub>b23</sub>, T<sub>b123</sub> є незначущими, тобто дорівнюють нулю, тому їх можна виключити з рівняння регресії.

13. Запишемо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії

$$Y = 12,495 + 0,24757 * z_1 + 0,237 * z_2 + 0,36 * z_3.$$

#### 14. Перевірка рівняння регресії на адекватність

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2}$$

$$S_{ад}^2 = S_{зал}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - \hat{Y}_i)^2}{N - 1}$$

Y <sub>1</sub>	13,34
Y <sub>2</sub>	12,62
Y <sub>3</sub>	12,87
Y <sub>4</sub>	12,15
Y <sub>5</sub>	12,84
Y <sub>6</sub>	12,12
Y <sub>7</sub>	12,37
Y <sub>8</sub>	11,65

$$S_{ад}^2 = 0,041421875$$

$$F_p = 0,793332535$$

$$F_{табл} = 3,84 \quad (\alpha = 0,05; k_1 = 4, k_2 = 8)$$

$F_p < F_{табл}$ , отже рівняння регресії є адекватним.

#### 15. Денормалізація рівняння

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x_i}$$

$$z_1 = \frac{C_{сус} - 30}{2}$$

$$z_2 = \frac{C_{др} - 25}{5}$$

$$z_3 = \frac{T - 34}{2}$$

$$\hat{C}_{сп} = 12,495 + 0,24757 * (C_{сус} - 30) / 2 + 0,237 * (C_{др} - 25) / 5 + 0,36 * (T - 34) / 2;$$

$$\hat{C}_{сп} = 1,50375 + 0,123785 * C_{сус} + 0,0474 * C_{др} + 0,18 * T$$

#### 16. Розв'язування прикладу

$$C_{сус} = 32 \text{ \%};$$

$$C_{др} = 30 \text{ млн/см}^3;$$

$$T = 36 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$C_{\text{сп}}$  - ?

$$C_{\text{сп}} = 1,50375 + 0,123785 * C_{\text{сус}} + 0,0474 * C_{\text{др}} + 0,18 * T$$

$$C_{\text{сп}} = 13,37 \text{ об.}\%$$

17. Визначення похибки математичної моделі

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|\hat{C}_{\text{сп}i} - \dot{C}_{\text{сп}i}|}{\dot{C}_{\text{сп}i}}}{N} * 100\%$$

$$\varepsilon = 2,875 \%$$

18. Висновок

Дана математична модель процесу зброджування сусла із крохмалевмісної сировини періодичним способом має похибку  $\varepsilon = 2,875 \%$  при тому, що максимальна межа похибки для математичних моделей, що описують процеси в галузі харчової промисловості не має перевищувати  $5 \%$ . Тому дана математична модель може бути застосована.

## 5 РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Вихідні дані для розрахунку :

1. Потужність виробництва – 3000 дал/добу.
2. Вихід спирту з 1 т умовного крохмалю кукурудзи – 65,9 дал.
3. Кількість переробленого крохмалю за добу – 46 т/добу.
4. Кількість пари, яка витрачається на перегонку бражки – 22 кг.

### Розрахунок спирту

1) Кількість спирту за добу:

$$46 \times 65,9 = 3031,4 \text{ тис дал/добу}$$

$$70 \times 65,9 = 4613 \text{ тис дал/добу}$$

2) Кількість спирту за рік:

$$3031,4 \times 300 = 909420 \text{ дал/рік}$$

$$4613 \times 300 = 1383900 \text{ дал/рік}$$

$$1383900 - 909420 = 474480 \text{ дал/рік}$$

Отже виконавши даний розрахунок можна зробити висновок про те, що на тому ж виробничому устаткуванні можна отримати на 474480 дал спирту на рік більше при концентрації СР в суслі 26 % ніж при концентрації СР в суслі 17 %, але при цьому необхідно збільшити потужність брагоректифікаційного відділення.

### Витрати пари

При міцності бражки 8,5 % об. на її перегонку витрачається 22 кг пари, а при міцності бражки 13,5 % об. – 13...15 кг пари.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

На підприємства державної чи приватної власності поширюється Закон України «Про охорону праці» та зміни до нього від 21.11.2002 № 229 – IV. Даний Закон визначає, що під час укладання трудового договору робочий має бути інформований, із відповідним підписом, про умови трудової праці, перебування на робочому місці, де він повинен проводити трудову діяльність і наявність небезпечних, та також шкідливих виробничих факторів на дільниці, а також наслідки їх впливу на життя і здоров'я робітника його права, пільги на компенсації при роботі в даному приміщенні. Працівнику дається право відмовитися від дорученої для нього роботи, якщо на підприємстві сталась ситуація, що є небезпечною для його життя чм здоров'я.

### *Загальні питання Закону про охорону праці*

Закон України «Про охорону праці», прийнятий Верховною Радою України від 21 листопада 2002 року, затверджує:

— пріоритет здоров'я і життя робітників, повну відповідальність власника за створення необхідних, безпечних та здорових умов праці;[13]

— покращення рівня безпеки підприємства шляхом забезпечення всеосяжного технічного контролю за становищем підприємства, технології та продукції, а особливо сприяння підприємствам при створенні безпечних і нешкідливих умов праці;[13]

— комплексну систему розв'язань завдань охорони праці на основі загальнодержавних, галузевої та регіональних програм з даного питання та при урахуванні інших напрямів економічної та соціальної політики, досягнень в сфері науки і техніки, а особливо охорони довкілля;[13]

— соцзахист працівників, повне відшкодування шкоди особам, що потерпіли від нещасних випадків на підприємстві та професійних захворювань;[13]

— встановлення однакових вимог з питань охорони праці для усіх підприємств і суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форми власності, а також видів діяльності;[13]

— адаптацію трудової діяльності відповідно до можливості працівника із урахуванням його фізичного та психологічного стану здоров'я;[13]

— інформування населення про проведення навчань, професійної підготовки та підвищення кваліфікації робітників з питань охорони праці;[13]

— застосування світового досвіду організації трудового процесу щодо поліпшення умови, а також підвищення безпеки праці при міжнародному співробітництві.[13]

При створенні безпечних умов праці корпуси обладнання, що рухаються, обладнують сітчастим чи суцільним огородженням. Транспортери, огороження та машини повинні мати механічне і електричне блокування, мати сигналізацію і заземлення. При роботі в шкідливих чи небезпечних умовах працівникам видається спецодяг та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

### ***Умови праці у виробничій лабораторії***

Лабораторія має бути забезпеченою вентиляцією, сухою, світлою, обладнана газовими пальниками або електроплитою та водяними кранами з потрібною сантехнікою.

У виробничій лабораторії два рази в день, перед обідньою перервою і перед передачею зміни, необхідно проводити вологе прибирання. Підлогу, меблі, стіни періодично обробляють аилозбірником та протирають антибактеріальними розчинами: 0,4...3,1 % розчин хлораміна, 3...4 % розчин соди.

### ***Мікроклімат повітря робочої зони***

Дія оточуючого середовища також є шкідливим фактором на робочого, що може дати повід до розвинення професійних захворювань. Тому для лаборантів розроблені мікрокліматичні норми повітря, узгоджені із

Міністерством охорони здоров'я України ДСН 3.3.6.042-99, які наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у виробничій зоні приміщень.

Категорія робіт	Період року	Температура, °С на робочих місцях				Відносна вологість φ, %.	Швидкість руху повітря, м/с.
		Верхня межа		Нижня межа			
		пос-тійних	непос-тійних	пос-тійних	непос-тійних		
Легка Іб	Зимовий період року	24	25	20	17	75	≤ 0,2
	Літній період року	28	30	21	19	60	0,1...0,3

### ***Загазованість повітря робочої зони***

Загазованість повітря виробничої зони нормоване згідно з санітарними вимогами ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Виробнича лабораторія не повинна мати обладнання, що виділяє шкідливі гази в середовище.

### ***Запиленість повітря робочої зони***

Запиленість нормується відповідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Під час виконання даної роботи, не було проведено досліджень, які можуть викликати запиленість робочого середовища.

## ***Шум***

Норми загального технологічного шуму подано в ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Шум – це невідконтрольна сукупність звуків різної за сили і частоти, що перешкоджають сприйняттю сигналів та погано впливають на самопочуття людини.

Захист від шуму може бути:

- при дистанційному управлінні, що не дає змоги передачі шуму на робоче місце;
- при застосуванні засобів індивідуального захисту;
- при шумоізоляції приміщень у яких знаходиться обладнання із підвищеним рівнем шуму.

## ***Вібрації***

Норми загальної технологічної вібрації зазначені у ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», згідно яких нормуються відповідними показниками:

- віброприскорення,  $m/s^2$ ;
- інтенсивність, дБ;
- віброшвидкість, м/с.

Заходи зменшення дії вібрації на працюючих:

- застосування віброізоляції і вібропоглинання;
- дистанційне управління;
- використання засобів індивідуального захисту.

## ***Освітлення***

Освітлення робочих площадок регламентується у ДБН В.2.5.28 – 2006 «Природне та штучне освітлення».

За відомими джерела світла, що застосовується, освітлення може бути природним – сонячним, штучним – лампи розжарювання чи газорозрядні, а також суміщеним.

В виробничій лабораторії використаній нами є джерела природного освітлення (вікна), а також штучного (світлодіодні лампи).

### *Природне освітлення*

Природне освітлення:

- бічне одностороннє чи двостороннє;
- верхнє, ліхтарі та світлові прорізи знаходяться в покритті, стінах, комбіноване, сполучення верхнього та бічного освітлення.

Природне освітлення нормується при допомозі коефіцієнту природного освітлення — (КПО) або  $e$  %.

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

де  $E_{\text{вн}}$  – внутрішнє природне освітлення у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зовн}}$  – зовнішнє природне освітлення, рівномірне світло всього небосхилу, замірена одночасно із  $E_{\text{вн}}$ , лк.

Нормоване значення має залежить від характеристики зорової роботи і особливості світлового клімату у місці розміщення, тому враховують коефіцієнти  $m$  і  $c$  відповідно до світлового клімату, %

Для світлових поясів I, II, IV, V

$$e^{I, II, IV, V} = e^{III} \times m \times c,$$

$m$  і  $c$  – відповідно коефіцієнти світлового і сонячного клімату.

### *Штучне освітлення*

Штучне освітлення поділяється: робоче, евакуаційне, аварійне, охоронне.

Розрізняють дані системи штучного освітлення:

- комбіноване;
- загальне;
- місцеве.

*Система загального освітлення* застосовується під час освітлення усього приміщення, вона може бути рівномірною та локалізованою.

*Місьцеве освітлення* застосовується для освітлення тільки робочої поверхні – стаціонарне та переносне.

*Комбіноване освітлення* сума загального, а також місцевого. Його передбачають при роботі I...VIII розряду точності за зоровими параметрами.

### ***Випромінювання***

В даній виробничій лабораторії існує лише теплове випромінювання, воно виникає унаслідок теплової обробки при проведенні дослідів. В літній період додається теплота сонячного світла. Норми випромінювання наведені у ДСН 3.3.6.042-99.

В виробничій лабораторії дозволено проводити роботи тільки за наявності приточно – витяжної вентиляції, спецодягу, обладнаних витяжних шаф, засобів пожежогасіння та аптечки долікарської допомоги, ЗІЗ.

### ***Електробезпека***

Електробезпека виробничих приміщень спиртового підприємства відносяться до третьої групи. Тому встановлена безпечна напруга у 12 В, частота струму 50 Гц, струм – постійний. У відділенні БРА, бродильному або ж зливному відділеннях лампи встановлюються в вибухобезпечних світильниках.

При застереженні виникненню зарядів статичної електрики застосовуються такі заходи:

- заземлення трубопроводів, обладнання чи резервуарів;
- у приміщенні, де чає шанс утвориться заряд статичної електрики відносна вологість повітря не вище 70 %;
- швидкість руху спиртовмісних продуктів у трубопроводах не більше 5 м/с;

Захист від влучання блискавки за допомогою установки блискавковідводів.

Щоб отримати захистит від електростатичної індукції усе металеве обладнання з'єднується таким чином, щоб складало єдиний безперервний електричний ланцюг, що потрібно заземлити у декількох місцях.

Електробезпека регламентується за допомогою ДБН В.2.5-27-2006. Щоб запобігти впливу електричного струму робочим необхідно застосовувати засоби або ж способи захисту, які передбачені у «Правилах улаштування електроустановок» і «Правилах техніки безпеки електроустаткування споживачів».

Згідно з правилами вироблабораторію відносять до категорії приміщення із підвищеною небезпекою.

Засоби захисту в якій:

- двійна ізоляція;
- заземлення;
- напруга 12 В;
- під електрощитом на підлозі лежить гумовий килим, а щиток замкнутий.

Електромережа розміщується так, щоб їй могли завдати механічного пошкодження, впливу агресивних середовищ, чи не створювала незручностей у роботі обслуговуючого персоналу.

### ***Пожежонебезпека***

При захисті робітників та працюючих від пожежонебезпеки потрібно застосовувати засоби чи способи індивідуального захисту, які передбачені у «Правилах улаштування електроустановок», нормах технологічного проектування чи інших нормативних актах, виходячи із сфери діяльності, що регламентують вимоги пожежної безпеки. [13]

Леткі речовини чи розчинники, що застосовуються у лабораторіях (етиловий ефір, спирт та інші), це горючі речовини, що є небезпечним чинником. Пари котрих займаються, при найменшій концентрації парів у повітрі та може сформувати особливо небезпечну вибухову суміш. Тому при нагріванні чи кип'ятінні сумішей з леткими розчинниками не можна користуватись газовими чи іншими пальниками з відкритим вогнем.

При змішуванні агресивних речовин (вода та кислота, луг та вода) можливе самозаймання чи вибух.[13]

Дослідження пов'язані з вжитком вогне- або вибухонебезпечних речовин, проводяться тільки у витяжній шафі.

При гасінні летких розчинників не можна використовувати воду. Вогонь, що виник, ліквідують за допомогою щільного сукна, яким покривають поверхню займання, засипають його піском. При розповсюдженні вогню на велику площу, варто застосувати вогнегасники (пінний, порошковий, вуглекислотний), збиваючи полум'я із боку не зашкодженої ним ділянки. [13]

Спирт та інші вогненебезпечні леткі речовини у лабораторії повинні перебувати тільки для поточної роботи в невеликій кількості. Зберігати дані небезпечні речовини потрібно в ізольованій частині витяжної шафи. [13]

### ***Правила пожежної безпеки***

Забороняється залишати без нагляду будь які нагрівальні прилади. В разі виникнення пожежі потрібно виключити рубильники, перекрити газовий кран, а також полум'я засипати піском. [13]

1. В кожній хімлабораторії мають бути засобами пожежогасіння: вогнегасники, ящики з піском (з лопатою чи совком), шматком волока. [13]

2. При займанні одягу потерпілого необхідно накрити шматком волокна чи облити водою. [13]

3. При розливі вогненебезпечних рідин слід перекрити газ на всі пальники, а також вимкнути електронагрівальні прилади, а вже потім прибрати рідину. [13]

4. При вияві підозри на викид газу заборонено запалювати вогонь чи застосовувати електронагрівальні прилади. [13]

### ***Техніка безпеки при роботі у хімічній (виробничій) лабораторії***

Щоб не призвести до нещасного випадку при роботі з хімреактивами необхідно керуватися наступними правилами роботи:

1. Токсичні та небезпечні рідини забороняється набирати у піпетку за допомогою роту. В даному випадку застосовується гумова груша або спеціальний насос. [13]

2. Заборонено приливати до концентрованих лугів концентровані

кислоти або навпаки. Їх необхідно розводити водою до мінімальної концентрації і лише потім проводити нейтралізацію. [13]

3. При розведенні розчинів гідроксиду лужних металів слід приливати тонким струменем в холодну воду та обов'язково при одночасному перемішуванні. [13]

4. При приготуванні розчину лугу варто його дрібно роздробити. Дрібнення лугу треба проводити на чистому металевому листі та в захисних окулярах, особливо щільно застебнутому халаті та гумових рукавичках. Частинки лугу піднімаються керамічним чи металевим шпателем. [13]

5. Нагрівання пробірок чи будь якого іншого скляного посуду проводити слід поступово, направляючи їхні отвори від лаборанта. [13]

6. Не можна перемішувати киплячі розчини або вносити до них сухі реагенти на нагрівальних приладах. [13]

7. Усі процеси, пов'язані із виділенням токсичних газів, диму та пари, проводять тільки у витяжній шафі. А з токсичними речовинами працюють в гумових рукавичках. [13]

8. Використані розчини, що містять в своєму складі токсичні речовини, переливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину дбайливо миють миючими засобами. [13]

Перегонку чи нагрівання низькокиплячих вогнебезпечних речовин слід проводити у круглодонних колбах із тугоплавкого скла та на водяних банях. Посуд, в якому зберігались чи велись роботи із горючими речовинами, повинен бути одразу промитим. [13]

Відпрацьовані кислоти чи луги треба прибрати окремо в спецпосуд та після нейтралізації вилити у каналізацію чи інше спецвідведене для цієї процедури місце. [13]

Забороняється пиття води чи прийняття їжі. Після завершення робочого процесу потрібно привести у належний стан дане робоче місце, помити та прибрати використаний посуд, поставити на відповідне місце хімічні

реактиви, вимкнути електроприлади, газ, воду, стисле повітря, а також освітлення. [13]

*Висновок.* Виробнича лабораторія має необхідне обладнання, забезпечена санітарними s гігієнічними умовами, освітленням, засобами електро – й пожежобезпеки при нормальних умовах праці.

## 7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільний захист (ЦЗ) — державна орган управління, засобів та сил, що був створений для організації і забезпечення захисту населення від наслідків можливих надзвичайних ситуацій екологічного, техногенного, воєнного чи природного характеру [42].

Цивільний захист — галузева наука, що вивчає теоретичні, економічні, технологічні, науково-технічні, соціально-політичні, екологічні проблеми, що викликають порушення нормального життя і діяльності людей на певній території (акваторії) чи об'єктів, що знаходяться на ній (об'єктів на морі), катастроф, в наслідку аварій, небезпечного випадку або стихійного лиха, що призвели чи можуть призвести до неможливості життя населення на даній території або об'єкту, проведення господарчої діяльності, загибелі або значних матеріальних збитків для людей[42].

Надзвичайна ситуація — порушення умов нормального життя і діяльності людей на об'єкті або ж території, викликане катастрофою, аварією, стихійним лихом, епідемією, епіфітотією, епізоотією, застосуванням засобів ураження, великою пожежею, що призвели або можуть призвести до людських загибель, а також матеріальних втрат[42].

Стійкість роботи об'єкта — це здатність даного об'єкта у надзвичайних ситуаціях до випуску продукцію у планованому обсягу, відповідної якості і необхідної номенклатури, а при впливі на об'єкт уражуючих факторів, виробничих аварій та стихійних лих — у мінімальний термін відновити виробництво[42].

Основні фактори стійкості об'єкта:

— розміщення об'єкту відносно великого міста, об'єкта атомної енергетики, хімічної галузі, гідротехнічних споруд великих розмірів, військових об'єктів тощо;

—технології виробництва, природно-кліматичних умов;

—надійності захисту населення від впливу негативного фактору, працюючих, наслідків стихійних лих та катастроф, виробничих аварій;

—надійності системи забезпечення об'єкту необхідними матеріалами для виробництва продукції (мастилами, паливом, електроенергією, водою, газом, ветеринарними засобами, хімічними засобами захисту рослин, мінеральними добривами, технікою, запасними частинами та ін.);

—здатності інженерно-технічного комплексу до протистояння надзвичайним ситуаціям;

— стійкості до управління ЦЗ та виробництвом, підготовленості керівного складу, спеціалістів та населення до дій під час екстремальної ситуації;

—знань керівного складу ЦЗ об'єкту та населення щодо правильного виконання комплексу заходів цивільного захисту;

— ступеня уражуючої дії стихійного лиха та його масштабів, виробничої аварії, катастрофи та підготовленість об'єкту до проведення рятувальних чи інших невідкладних робіт при відновленні порушеного виробництва.

Ці фактори визначають основні вимоги до стійкості роботи об'єктів при надзвичайній ситуації та шляхи підвищення даної стійкості[42].

Підготовленими до стійкої роботи вважаються ті об'єкти, що реально оцінюють фактори несприятливого впливу на виробничий процес та розробляють необхідні заходи протидії. Завчасне проведення агрохімічних, організаційних, агротехнічних, ветеринарно-санітарних, інженерно-технічних, лісотехнічних, меліоративних, лісогосподарських та другорядних заходів максимально знижує можливий вплив уражаючих факторів мирного чи воєнного часу, а також створює сприятливі умови при швидкій ліквідації наслідків надзвичайної ситуації[42].

#### *Заходи щодо організації роботи комунально – енергетичних споруд і систем*

Підвищення стійкості даної системи досягається проведенням загальноміських, а також об'єктових інженерно–технічних заходів. Створення дублюючих джерел газу, електроенергії, пари та води прокладанням декількох газо-, електро-, паро- і водопостачальних комунікацій та їх подальшого

під'єднання. Енергетичні та інженерні комунікації переносяться до підземних колекторів, а найбільш відповідальні пристрої (розподільні пункти, центральні диспетчерські) переносяться до підвальних приміщень будинків чи до спеціально побудованих міцних споруд. У місці де прокладання комунікацій у тунелях чи траншеях неможливе, здійснюється прикріплення трубопроводів до естакад, для уникнення їх зрушення або ж скидання; а самі естакади зміцнюються при установці розтяжок в місцях поворотів чи розгалужень[42].

Стійкість систем електропостачання об'єкту покращують, підключаючи його до різних джерел живлення, що віддалені одне від одного на значну відстань, яка виключає можливість їх одночасного ураження[42].

На об'єкті, що має теплову електростанцію, обладнують комунікації для роботи теплоелектроцентралі (ТЕЦ) з різними видами палива, запасують тверде та рідке паливо, їх укриття та реконструкцію конструкцій сховищ горючих речовин та матеріалів[42].

В мережах електропостачання переносять повітряні лінії електропередач під землю.

Водопостачання об'єкту більш надійне і стійке, коли живлення надходить від декількох систем незалежних джерел, віддалених одне від одного на потрібну відстань. Гарантоване водопостачання забезпечується тільки від надійних джерел з автономними, а також захищеними джерелами енергії (наприклад, артезіанські чи безнапірні свердловини, приєднані до загальних систем водопостачання об'єкту)[42].

Для стійкого та надійного постачання підприємству газу необхідно передбачити його подачу в мережі об'єктів з газорегуляторних пунктів, а на випадок виходу із ладу даних станцій влаштувати обвідні лінії — бойпаси. При будівництві нових, а також реконструкції газових мереж при можливості повинно бути створено за кільцьовані системи. Усі вузли чи лінії газопостачання мають розміщуватися під землею [42].

З метою зниження пожежонебезпечної (зниження ймовірності витікання газу) ситуації на газопроводах встановлюються автоматичні запірні чи

перемикаючі пристрої з дистанційним керуванням, що дозволить при розриві труб з диспетчерського пункту відключати дані мережі чи переключати потік газу на інші.

Підвищення стійкості системи теплопостачання можна досягти шляхом захисту джерел тепла та заглибленні комунікацій у ґрунт. Якщо на території об'єкту передбачається будівництво котельні, доцільно її розмістити в спецбудівлі, яка стоїть окремо від інших. Приміщення котельні повинне мати полегшене покрівне перекриття та полегшене стінове заповнення[42].

Якщо об'єкт одержує тепло від міських теплоцентралей потрібно провести заходи по забезпеченню роботостійкості трубопроводів, а також наявних розподільних пристроїв. Теплову мережу розбудовують, як правило, за кільцевою схемою. Труби систем прокладають у спеціально підготовлених каналах, запірні чи регулюючі пристрої розміщують в спеціальних оглядових колодязях та по можливості на території, що не буде завалена при руйнуванні[42].

Заходи по підвищенню стійкості систем каналізації розробляють окремо для промислових, зливових і господарських зливів. На території об'єкту обладнують не менше, як два виводи з підключенням до міської каналізаційної системи та додатково – виводи для аварійного скидання неочищених вод в прилеглі до об'єкту яри чи інші природні заглиблення[42].

Підняття стійкості об'єкту досягається за допомогою посилення найбільш уразливих елементів чи ділянок об'єкту. Для цього на кожному ОНГ завчасно за допомогою дослідження планують, а також проводять належні організаційні чи інженерно–технічні заходи.

Дослідження сфери науки та техніки дозволили реалізувати таке рішення, при якому підприємство буде стабільно стійке до впливу надлишкових тисків, однак це більш зв'язано із затратами засобів та матеріалів та потрібне тільки при захисті унікальних чи особливо важливих елементів об'єкта.

Заходи є економічно обґрунтовані, тільки якщо узгоджені із завданнями, що можуть бути вирішені в мирний час при забезпеченні безаварійної роботи,

поліпшення умов праці робітників, удосконалення техпроцесу. Особливу роль має розробка інженерно-технічних заходів при будівництві нових підприємств, бо в процесі створення генплану можна добитися логічного з'єднання загальних інженерних рішень та захисними заходами ЦЗ, що значно знизить витрати на їх реалізацію.

В процесі реконструкції чи здійсненні інших ремонтно-будівельних робіт доцільно проводити на існуючих об'єктах заходи щодо підняття стійкості.

Під час підвищення стійкості роботи промислових об'єктів необхідно передбачати:

- захист робітників, а також службовців при надзвичайних ситуаціях мирного чи воєнного часу;
- підвищення стійкості і міцності найважливіших конструкцій, а також удосконалювання технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного забезпечення;
- підвищення стійкості управління об'єкту;
- розробку заходів щодо запобігання ймовірності виникнення побічних факторів ураження чи збитків від них;
- підготовку до відновлення виробничого процесу після ураження об'єкта.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Досліджений нами осмофільний та термотолерантний штам дріжджів ДО – 16, перспективний для зброджування висококонцентрованого сусла (понад 30 % СР) та здатний накопичувати у зрілих бражках до 15 % об спирту.
2. На основі експериментальних даних під час приготування висококонцентрованого сусла встановлено оптимальну концентрацію ферментних препаратів:  $\alpha$ -амілази – 0,35...0,5 од. АС/г крохмалю; глюкоамілази – 7,5 од. ГлС/г крохмалю; целюлолітичного – 0,35 од. ЦС/г сировини; протеолітичного – 0,05 од. ПрС/г сировини, що зменшує термін дріжджогенерування на 25...40 %, а накопичення етанолу в бражці зростає на 0,5...0,8 % відносних.
3. З метою підвищення ступеня гідролізу складових сировини зброджування висококонцентрованого сусла даним штамом дріжджів потрібно проводити в дві стадії: перша (1,0...1,5 доби) – при 35 0С; друга – при 32 0С, що сприятиме інтенсифікації спиртового бродіння ті зниженню втрат зброджуваних вуглеводів на 20...30 %.
4. Збагачення сусла азотним живленням дозволяє підвищити бродильну активність дріжджів, зменшити термін бродіння сусла і збільшити вміст спирту у бражних дистилятах.
5. Під час зброджування сусла високих концентрацій осмофільним штамом дріжджів концентрація летких домішок в бражних дистилятах у значній мірі залежить від концентрації СР сусла, кількості азотного живлення у суслі і виду сировини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abreu-Cavalheiro A. Solving ethanol production problems with genetically modified yeast strains: Braz. J. Microbiol, 2013. P. 32 – 40.
2. Bokulich A. N. The Microbiology of Malting and Brewing: American Society for Microbiology Journals, 2013. P. 12 –60.
3. Drider D. The Continuing Story of class IIa bacteriocins: American Society for Microbiology Journals, 2006.P. 4 –10.
4. Honig V. Bioetanoljakoinspirance do budcna: Listy cukrovarnicke, 2008. P.102.
5. Ostegaard S. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*: American Society for Microbiology Journals, 2000. P. 34 – 50.
6. Біологічна хімія : Підруч. / Л. В. Левандовський та ін.// – Київ: НУХТ, 2012.363 с.
7. Бодров В.С. Математико-статистичні методи досліджень: курс лекцій для магістрантів спеціальностей напрямку 0917 «Харчова технологія та інженерія», напрямку 0902 «Інженерна механіка» та напрямку 0905 «Енергетика» денної і заочної форми навчання. Київ:НУХТ, 2007. 106 с.
8. Востриков С.В., Яковлев А-Н., Бушин М.А. Влияние сбалансированного состава зернового суслу на процесс биосинтеза дрожжевой биомассы: Производство спирта и ликероводочных изделий, 2006. №2. С.32 – 33.
9. ДСТУ 4181:2003 Спирт етиловий ректифікований і спирт етиловий – сирець. Правила приймання і методи випробовування.
10. ДСТУ 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови.
11. Гунько О.М., Шиян П.Л. Енергозберігаюча технологія брагоперегонки в спиртовому виробництві : Харч. і прероб. пром-сть, 2008. №10.С. 4 – 6.

12. Журба О.С. К вопросу о микробиологической чистоте производства при переработке зерна на спирт : Производство спирта и ликероводочных изделий, 2004. №4. С. 17 – 19.

13. Закон України «Про охорону праці»: (офіц. текст: за станом на 21 листопада 2002 р.) : Верховна Рада України, Київ: Парламентське вид-во, 2006. 668 с.

14. Гунько О.М., Боярчук А.В., Шиян П.Л. Інноваційна технологія ректифікації спирту: Харч. і перероб. пром.-сть, 2008. №11. С.5 – 7.

15. Інструкція із застосування засобів дезинфікуючих «Бактрілон-А». -К.: ТОВ «ТМА Трістан», 2016.

16. Інструкція із застосування засобів антисептичних «Бактрілон». -К.: ТОВ «ТМА Трістан», 2016.

17. Інструкція по використанню дезінфекційного засобу «Фріконт» для антисептування сировини і технологічних середовищ у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини. -К.: УкрНДІспиртбіопрод, 2006.

18. Оптимизация технологических процессов, обеспечивающих получение качественного этилового спирта при переработке зернового сырья. Тезы: «Микробные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК–М» / Э. Н. Колдин та ин. // Под ред. В.А. Полякова, Л.В. Римаревой, ВНИИПБТ, 2006.С. 149.

19. Левандовський Л.В. Дослідження впливу умов культивування дріжджів на результати спиртового зброджування сусла із зерна : Вісник аграрної науки, 2010.№ 9.С. 50–53.

20. Мелетьєв А.Є. Технологія продуктів бродіння і напоїв: Укр.-рос. тлумач. слов, Київ: НУХТ, 2011.192 с.

21. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спец. 8.05170106 «Технології продуктів бродіння і

виноробства» денної та заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, А. Є. Мелетьєв. Київ: НУХТ, 2015. 43 с.

22. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. – К.:НУХТ, 2014.67 с. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/55.17.pdf>

23. Оптимізація технології спиртової бражки з кукурудзи / А.І. Українець, та ін.: Харчова і переробна пром-сть, 2005.№ 6.

24. Пат. 35246 Україна, МКИ С12F3/00. Спосіб одержання спиртових бражок із крохмалевмісної сировини / І.С. Гулий, Ю.В. Жихарєв, І.Д. Жолнер, В.В. Сосницький, П.Л. Шиян, С.Т. Олійнічук та ін. – № 99095022; Заявл. 09.09.1999; Опубл. 16.06.2003, Бюл. №6.

25. Пат. № 64255 ВО1D3/14 (2003.04), Україна. Спосіб виробництва спирту ректифікованого підвищеної якості/ Жихарєв Ю.В., Жолнер І.Д., Сосницький В.В., Артюхов В.Я., Гулий І.С., Українець А.І., Шиян П.Л., Олійнічук С.Т., Міхненко С.О., Сизько В.Б.; заявник та власник патенту НВ ТОВ «Інтермаш». № заявки 2003043534; заявл. 18.04.2003; опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3.

26. Пат. № 72045, МПК51 С12N 15/00. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Іванов С.В., Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Олійнічук С.Т., Бойко П.М., Єрмакова Г.В.; заявник та власник патенту НУХТ. № заявки, u2011 14490; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.

27. Пат. №29299 С 12 F 7/0/ Україна. Спосіб зброджування суслу із крохмалевмісної сировини. Олійнічук С.Т., Сосницький В.В., Псалом П.Г., Бойко П.М. №98052341; Заявл.07051998; Опубл. 16.09.2002. Укр.

28. Пат. № 43008, МПК (2009) А61L 2/16 Україна. Спосіб антисептування напівпродуктів спиртового виробництва. Бондар М.В., Шиян П.Л., Маринченко В.О., Мудрак Т.О, Фіщенко А.М. № u200902668; Заявл.24.03.2009; Опубл. 27.07.2009. Укр.

29. Пат. №59213 С 12 F 7/06/ Україна. Спосіб переробки зерна в спирт і кормовий продукт. Олійнічук С.Т., Левандовський Л.В., Шевченко В.І., Шиян П.Л., Міхненко Е.О., Жолнер І.Д., Сосницький В.В., Олійнічук О.С., Гайдай Л.І. № 20021210098; Заявл.16.12.2002; Опубл. 15.08.2003. Укр.

30. Пат. №66062 С 12 F 3/10/ Україна. Спосіб перероблення зерна в спирт етиловий і кормовий продукт. Ліптус В.В., Олійнічук С.Т., Ткаченко Л.В., Говорова О.А. №200307788; Заявл. 18.07.2003; Опубл.15.04.2004. Укр.

31. Пат. України на винахід №67537, МПК51 С12F 3/00. Спосіб виробництва спиртових бражок з крохмалевмісної сировини. / Іванов С. В., , Сосницький В.В., Шиян П.Л., та ін. // № заявки, 201109419; заявл. 27.07.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4.

32. Барынцев В.О. Рабочая инструкция по эксплуатации газового хроматографа «Кристалл». Том 1: Москва: Нико, 2005. С.30.

33. Римарева, Л.В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей: Москва, ДеЛи принт, 2010.251 с.

34. Склад легкої частини спиртової бражки / А.І. Українець та шн. // Харч. і перероб. пром.-сть:2006. №2. С.18 – 20.

35. Спиртова галузь на шляху до інноваційного розвитку / А. Українець, Л. Хомічак, П. Шиян, С. Олійничук, Харчова і переробна промисловість, 2007. № 12. С. 16 – 19.

36. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії ТР У 00032744-812-2002, Київ: 2002. С. 92.

37. Технологічний регламент перегонки бражки з вуглеводовмісної сировини та ректифікації спирту на енерго- та ресурсозберігаючих брагоректифікаційних установках ТР У 00032744-1116-2003, Київ: 2003. 132 с.

38. Технологія спирту: підручник для студ. вищих навч. заклад. /В.О. Маринченко та ін. // За ред. В.О. Маринченка. – Київ: НУХТ, 2003.С. 496.

39. Українець А.Р. Спиртова галузь на шляху до інноваційного розвитку. Харчова і переробна промисловість: 2013.№ 7.С. 35 – 47.

40. Фурсова Т.И. Корнеева О.С., Востриков С.В. Исследование процесса брожения гидролизатов крахмала различного углеводного состава. Часть 2. Производство спирта и ликероводочных изделий: 2008.№1. С. 13 – 15.

41. Хлиманков Д.В., Тананайко Т.М., Пушкарь А.А. Изучение влияния дифференцированной переработки биополимеров зернового сырья и оптимизированных параметров процесса брожения на качественный и количественный состав микропримесей, образующихся при биосинтезе этилового спирта. Минск: Пищевая промышленность: наука и технологии, 2015.№4 (30).С. 71-81.

42. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. Київ: Центр навчальної літератури, 2006.438 с.

43. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія, Київ: Асканія, 2009.С.424.

44. Накопление побочных продуктов в процессе спиртового брожения / А.Н. Яковлев, С.Ф. Яковлева, Т.С. Ковалева, АА. Пешков // Весник Воронежского гос. унив-та инженерных технологий: 2013. № 3.С. 183-185.

45. Ямашев Т.А. Способ снижения микробной полупродуктов в спиртовом производстве. Производство спирта и ликероводочных изделий, 2007. № 3. С.10 – 13.

46. Ямашев Т.А. Способ снижения микробной обсемененности зернового сырья в биотехнологии спирта. Хранение и переработка сельхозсырья. 2006.№ 12. С.57 – 60.

## Додаток А. Робоча програма

Затверджено на засіданні кафедри  
біотехнології продуктів бродіння  
і виноробства НУХТ,  
протокол № 1 від «31» серпня 2020р.  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ А.М. Куц

### РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

#### **«ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОЗРІЛОЇ БРАЖКИ В УМОВАХ ДП «ЗІРНЕНСЬКИЙ СПИРТОВИЙ ЗАВОД»**

##### ВСТУП

##### 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

- 1.1 Раси дріжджів для зброджування сусла із крохмалевмісної сировини
- 1.2 Способи вирощування виробничих дріжджів
- 1.3 Існуючі способи зброджування сусла
- 1.4 Виділення та застосування термофільних мікроорганізмів в харчовій промисловості
- 1.5 Вплив температури та концентрації сусла на ріст і розмноження термофілів
- 1.6 Фізіологічні особливості осмофільних і термотолерантних дріжджів
- 1.7 Джерела додаткового живлення

##### 2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 2.1 Об'єкти досліджень
- 2.2 Методи досліджень
- 2.3 Методика проведення досліджень

##### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОКОНВЕРСІЇ СУСЛА ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ

## ВИКОРИСТАННЯМ ОСМОФІЛЬНОГО ТА ТЕРМОТОЛЕРАНТНОГО ШТАМУ ДРІЖДЖІВ ДО – 16 (експериментальна частина)

3.3 Дослідження і визначення оптимальних концентрації при зброджуванні сусла досліджуваною расою

3.2 Дослідження та підбір оптимального комплексу та дозування ферментних препаратів для гідролізу складових зерна в умовах дріжджегенерування та зброджування сусла високих концентрацій

3.4 Вплив сировини та живлення на процес культивування дріжджів

3.5 Визначення впливу азотного живлення на зброджування сусла

3.6 Накопичення летких домішок в бражних дистилятах залежно від умов зброджування

4 РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

6 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Здобувач

Ревуцький В.А.

Керівник, доцент, к.т.н.

Бойко П.М.