

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » лютого 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » лютого 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

із спеціальності **181 «Харчові технології»**

освітньо-професійної програми – Технології продуктів бродіння і виноробства

на тему: **«Дослідження та удосконалення способів виробництва біоетанолу»**

Виконала:

здобувачка 2 курсу,
групи ЗТБ-2-1М

_____ (підпис)

Андріана Михайлівна СТАСІВ

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

_____ (підпис)

Віталій Леонідович ПРИБИЛЬСЬКИЙ

(прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент

_____ (підпис)

Олена Володимирівна КУШНІР

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

_____ Андріана СТАСІВ
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння і
виноробства

_____Анатолій КУЦ

29 серпня 2023 року

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

Стасів Андріані Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження та удосконалення способів виробництва біоетанолу».

Керівник роботи Прибильський В.Л., д.т.н., професор

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

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

2. Строк подання роботи 01 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити сорти цукрового сорго для використання у технології біоетанолу та використання азотного та фосфорного живлення.

4. Запропонувати апаратурно-технологічну схему виробництва біоетанолу з використанням цукрового сорго.

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Перспективи виробництва біоетанолу із харчової сировини. 2. Матеріали, методи і методика досліджень. 3. Дослідження процесів використання сорго у технології біоетанолу.

6. Оптимізація технологічного процесу. 5. Соціально-економічна ефективність роботи. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки

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

Таблиці з результатами досліджень – 8

Графіки з результатами досліджень – 16

8. Консультанти розділів магістерської роботи

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

9. Дата видачі завдання 29 серпня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.23-29.10.23	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.23-4.11.23	
	1-а атестація	5.11.2023	
3.	Формування розділу 3	05.11.23-17.12.23	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.23-22.12.23	
	2-а атестація	23.12.23	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.23-30.12.23	
6.	Розроблення технологічної схеми за результатами експериментальних досліджень	31.12.23-06.01.24	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.24-13.01.24	
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.24-24.01.24	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.24-31.01.24	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.24-05.02.24	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	06.02.24-10.02.24	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	11.02.24-13.02.24	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувачка

Андріана СТАСІВ

Керівник роботи, д.т.н., професор

Віталій ПРИБИЛЬСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Стасів Андріана Михайлівна «Дослідження та удосконалення способів виробництва біоетанолу». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

В кваліфікаційній роботі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень щодо використання сорго у технології біоетанолу.

За результатами аналітичних досліджень визначено, що біоетанол із цукро-, крохмале- та целюлозовмісної сировини є перспективним альтернативним видом палива. Доведено, що для використання сорго у технології біоетанолу необхідно передбачити раціональне зберігання сировини із плануванням терміну висівання та збирання сировини з урахуванням вегетаційного періоду.

Для виробництва біоетанолу рекомендовано використання сорту сорго РМ 226. На стадії дріжджегенерації із використанням сухих дріжджів Deltaferm® AL-18 рекомендовано додавання карбаміду, що суттєво впливало на ріст біомаси дріжджів та зниження вмісту сухих речовин у суслі. Рекомендовим є внесення карбаміду у кількості 0,18 %. Внесення ортофосфорної кислоти на стадії дріжджегенерації суттєвого не впливало на накопичення дріжджових клітин, однак може бути доцільним на стадії зброджування сусла.

Рекомендовано використання сусла у технології біоетанолу на основі сорго концентрацією 20...25 %, що забезпечує нормативний вміст спирту у зрілій бражці.

Розроблено апаратурно-технологічну схему приготування зрілої бражки для виробництва біоетанолу із використанням сорго.

Ключові слова: біоетанол, сорго, сусло, бражка.

ABSTRACT

Andriana Mykhailivna Stasiv "Research and improvement of bioethanol production methods". Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 181 "Food technologies" of the educational and professional program "Technologies of fermentation products and winemaking". National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The qualification paper presents the results of theoretical and experimental research on the use of sorghum in bioethanol technology.

Based on the results of analytical studies, it was determined that bioethanol from sugar-, starch- and cellulose-containing raw materials is a promising alternative type of fuel. It has been proven that for the use of sorghum in bioethanol technology, it is necessary to provide for the rational storage of raw materials with the planning of the sowing and harvesting of raw materials taking into account the growing season.

For the production of bioethanol, it is recommended to use the sorghum variety RM 226. At the stage of yeast generation using Deltaferm® AL-18 dry yeast, the addition of urea was recommended, which had a significant effect on the growth of yeast biomass and a decrease in the content of dry substances in the wort. It is recommended to add urea in the amount of 0.18%. The introduction of orthophosphoric acid at the stage of yeast generation did not significantly affect the accumulation of yeast cells, however, it may be appropriate at the stage of wort fermentation.

It is recommended to use wort in bioethanol technology based on sorghum with a concentration of 20...25%, which ensures the standard alcohol content in mature brew.

An equipment and technological scheme for the preparation of mature wort for the production of bioethanol using sorghum has been developed.

Key words: bioethanol, sorghum, wort, brew.

ABSTRAKT

Andriana Mykhailivna Stasiv „Forschung und verbesserung von bioethanol-produktionsmethoden“. Qualifikationsarbeit zur erlangung eines masterabschlusses in der fachrichtung 181 „Lebensmitteltechnologien“ des bildungs- und berufsprogramms „Technologien der fermentationsprodukte und weinherstellung“. Nationale Universität für lebensmittel technologien, Kiew, 2024.

Die qualifi kationsarbeit präsentiert die ergebnisse theoretischer und experimenteller forschung zum einsatz von sorghum in der bioethanol technologie.

Basierend auf den Ergebnissen analytischer Untersuchungen wurde festgestellt, dass bioethanol aus zucker-, stärke- und zellulosehaltigen rohstoffen ein vielversprechender alternativer kraftstofftyp ist. Es ist erwiesen, dass für den einsatz von sorghum in der bioethanoltechnologie eine rationelle lagerung der rohstoffe sowie eine planung der aussaat und ernte der rohstoffe unter berücksichtigung der vegetationsperiode erforderlich ist.

Für die herstellung von bioethanol wird die verwendung der Sorghumsorte RM 226 empfohlen. Im stadium der hefeerzeugung mit der trockenhefe deltaferm® AL-18 wurde die zugabe von harnstoff empfohlen, was einen erheblichen einfluss auf das wachstum der hefebiomasse hatte und eine abnahme des trockensubstanzgehalts in der würze. Es wird empfohlen, harnstoff in einer menge von 0,18 % hinzuzufügen. Die einföhrung von orthophosphorsäure im stadium der hefebildung hatte keinen wesentlichen einfluss auf die ansammlung von hefezellen, könnte jedoch im stadium der würzegärung sinnvoll sein.

Es wird empfohlen, in der bioethanol-technologie würze auf sorghumbasis mit einer konzentration von 20...25 % zu verwenden, die den standardalkoholgehalt im reifen sud gewährleistet.

Es wurde eine ausrüstung und ein technologisches schema zur herstellung reifer würze für die herstellung von bioethanol unter verwendung von sorghum entwickelt.

Schlüsselwörter: bioethanol, sorghum, würze, bier.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ ІЗ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ (аналітичний огляд).....	10
1.1 Характеристика біоетанолу.....	10
1.2 Сучасний стан, перспективи та технологічне забезпечення виробництва біоетанолу в Україні.....	11
1.3 Характеристика цукрового сорго як сировини у виробництві біоетанолу.....	16
1.4 Висновки до розділу 1, мета і задачі досліджень	20
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1 Матеріали досліджень	21
2.2 Методи досліджень.....	21
2.3 Методика досліджень.....	21
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ СОРГО У ТЕХНОЛОГІЇ БІОЕТАНОЛУ (експериментальна частина)	23
3.1. Дослідження показників основної сировини	23
3.2. Дослідження процесу дріжджегенерування сусла.....	23
3.3 Визначення параметрів зброджування сусла із використанням цукрового сорго.....	27
3.4 Розроблення удосконаленої технологічної схеми приготування зрілої бражки із цукрового сорго.....	29
3.5 Висновки до розділу 3.....	32
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	33
5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	36
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	38
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52
ДОДАТКИ.....	55

ВСТУП

Актуальність теми. За існуючими прогнозами ресурси нафти, вугілля та інших видобувних джерел енергії можуть швидко вичерпатись [1], що зумовлює необхідність пошуку альтернативних енергетичних ресурсів.

Найбільш прийнятним напрямом вирішення цієї проблеми є пошук і використання відновлюваних джерел енергії, серед яких широкого розвитку набуває виробництво енергоносіїв біологічного походження, зокрема біоетанол, біогаз.

На сьогодні використання відновлюваних джерел енергії є необхідністю, яка зумовлена як нестачею невідновлювальних видів палив, так і екологічними проблемами, спричиненими неконтрольованим їх використанням. За цих умов виробництво «чистих» видів палив, особливо для України, яка є залежною від імпорту нафтопродуктів, є актуальним питанням.

Дослідження в галузі виробництва і використання альтернативних видів палива широко проводяться в різних країнах світу. Основною метою досліджень є розширення сировинної бази виробництва, пошук енергоефективних технологій одержання моторних палив і способів їх раціонального використання, тобто створення необхідних технічних і економічних передумов для часткової заміни палива, яке виробляється переважно з нафтової сировини.

Україна, маючи один з найбільших потенціалів в Європі в аграрній сфері, не використовує в повній мірі поновлювальні джерела енергії з рослинної сировини [1, 2]. Вирощування сільськогосподарських культур та отримання продуктів з доданою вартістю стимулюватиме розвиток територій. Найбільшу економічну вигоду мають виробництва з безвідходним або маловідходним циклом. Перспективною рослиною може бути цукрове сорго, яке має найбільший вихід легкозасвоюваних цукрів з одиниці посівної площі серед культур, що вирощуються в Україні, невибаглива до ґрунтів, посухостійка.

Основною сировиною для виробництва біоетанолу в Україні є цукрові буряки та зернові культури, зокрема кукурудза. Для виробництва біоетанолу визначним чинником є вартість вуглеводів (цукрів або крохмалю) у сировині, оскільки в структурі собівартості її частка складає близько 70 % [3]. Розрахункова вартість 1 тонни вуглеводів з кукурудзяного зерна становить близько 230 дол. США.

Актуальність досліджуваної теми полягає ще і в тому, що виробництво біопалива має стати загальнодержавно важливою справою шляхом створення сприятливих умов для учасників ринку на основі державної програми розвитку виробництва й використання біологічних палив, що в кінцевому підсумку вирішить проблему енергетичної незалежності України.

Вирішення цієї проблеми здійснюють Міністерство палива та енергетики України, Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України, Національний університет біоресурсів та природокористування України, Національний університет харчових технологій, Міжнародне енергетичне агентство, Всеукраїнська асоціація "Укрбіоенерго", Науково-технічний центр "Біомаса" та інші установи.

Метою кваліфікаційної роботи було дослідження та удосконалення технології біоетанолу із цукрового сорго як поновлювального джерела енергетичних ресурсів.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- визначити сучасний стан, перспективи та технологічне забезпечення виробництва біоетанолу в Україні;
- визначити можливість використання сорго у технології біоетанолу;
- вибрати сорт сорго, який відповідає технологічним вимогам для виробництва біоетанолу;
- дослідити процеси дріжджегенерації суслу на основі сорго;
- визначити доцільність використання азотного та фосфорного живлення у технології біоетанолу із сорго;
- визначити параметри зброджування суслу із використанням сорго;
- розробити технологічну схему приготування зрілої бражки із сорго за удосконаленою технологією;
- розробити математичну модель виробництва біоетанолу за удосконаленою технологією;
- визначити соціально-економічну ефективність виробництва біоетанолу на основі сорго;
- рекомендувати заходи щодо охорони праці та цивільного захисту.

Об'єкт досліджень: технологія біоетанолу.

Предмет досліджень: технологія спиртової бражки із сорго.

Методи досліджень: фізико-хімічні методи досліджень сировини, напівфабрикатів та готового продукту, математично-статистичні методи оброблення експериментальних даних з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи: результати кваліфікаційної роботи доповідались на 89-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"

Публікації: А. Стасів, О. Дулька, В. Прибильський. Використання цукрового сорго, як перспективної сировини для отримання біопалива: Матеріали 89-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, квітень 2023 р. К.: НУХТ, 2023 р. Ч.1. С. 221.

Наукова новизна: удосконалено технологію біоетанолу із використанням сорго.

Практичне значення: за результатами експериментальних досліджень розроблено технологічну схему виробництва біоетанолу із використанням сорго за удосконаленою технологією.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 30 найменувань, додатків. Робота викладена на 58 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць і 16 рисунків.

1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ ІЗ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ (аналітичний огляд)

1.1 Характеристика біоетанолу

Біоетанол є спиртом етиловим зневодненим, виготовленим із вихідної сировини або спирту етилового-сирцю для використання як палива [4]. Біоетанол віддає 66 % енергії спалювання відповідного об'єму бензину і характеризується вищим октановим числом, показником ентальпії випаровування та більшою ламінарною швидкістю горіння (39 см/с для етанолу проти 33см/с для бензину за 100 кПа та температури 325 °К) [5]. Висока теплота пароутворення визначає, що об'ємна ефективність етанолу вище, ніж ефективність бензину, що підвищує вихідну потужність. Водночас цей показник є причиною ускладнень холодного запуску двигуна. Електропровідність біоетанолу вища, ніж у бензину, що знижує небезпеку накопичення статичної електрики під час руху палива, у тому числі і в паливній системі. Біоетанол містить 34,37 % кисню, що призводить до більш високої ефективності його спалювання у порівнянні з бензином [2, 6]. Однак висока електропровідність та вміст кисню є причиною більш швидкої корозії елементів паливної системи. За збільшення вмісту біоетанолу в паливі більше 10...15 % необхідною є модифікація двигуна.

Біоетанол використовується переважно в Бразилії та Сполучених Штатах. Ці країни забезпечують до 90 % світового виробництва цього палива. Більшість двигунів автомобілів країн Північної Америки працюють на суміші 10...25 % біоетанолу та бензину. Біоетанол у Бразилії виробляється переважно з цукрової тростини, а в США — з кукурудзи. За різними прогнозами частка біоетанолу у ринку палива до 2030 року припадатиме до 7 % [7].

Біоетанол, на відміну від нафти, є однією з форм використання поновлюваних джерел енергії і отримується із сільськогосподарської сировини. Його можна отримувати з різної вуглеводовмісної сировини. Проте дискусійним є питання користі заміни бензину біоетанолом. Занепокоєння з приводу його виробництва й використання викликає велика кількість орних земель, необхідних для сільськогосподарських культур, а також витрат енергії та забруднення довкілля. [7]

Витрати етанолу в живленні двигуна на 51% більші, за витрати бензину, тому що енергія з одиниці об'єму етанолу на 34% нижча, ніж бензину. Однак, етанол має інші переваги — високий показник октанового числа, що збільшує ефективність двигуна за рахунок підвищення ступеня стиснення. Ступінь стиснення на етанольних двигунах, може зробити двигун більш потужним і більш економічним щодо витрат палива. У деяких автомобілів двигуни можуть отримати таку ж вихідну потужність при використанні бензину або етанолу. Витрати пального на двигунах транспортних засобів з високим ступенем стиснення, що працюють на чистому етанолі, нині на 20...30 % вищий від витрат бензину в порівнянні з бензиною версією [5,7].

Можна виокремити такі переваги застосування біоетанолу у порівнянні із традиційним паливом: наявність відновлюваних ресурсів для його переробки,

зниження екологічного навантаження на довкілля, безпечність застосування у порівнянні з іншими видами палива, можливість організації безвідходного виробництва.

1.2 Сучасний стан, перспективи та технологічне забезпечення виробництва біоетанолу в Україні

Світова економіка значною мірою залежить від видобувних енергоресурсів, споживання яких постійно збільшується, через що перед країнами всього світу постала проблема гарантування енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля. Багато фахівців вихід із зазначеної проблеми вбачають у використанні альтернативних джерел енергії, які мають важливе значення для сталого розвитку та здатні допомогти у забезпеченні добробуту майбутніх поколінь.

Всесвітній саміт ООН із стійкого розвитку, який відбувся в Йоганнесбурзі, ще раз підтвердив, що екологічно чиста альтернативна енергетика є головним питанням стабільного розвитку суспільства. Згідно із Законом України "Про альтернативні джерела енергії" [2] поняття "альтернативні джерела енергії" охоплює відновлювані джерела енергії і вторинні енергетичні ресурси.

Прогнози щодо невичерпності природних ресурсів енергоносіїв стимулюють розвиток їхнього споживання у геометричній прогресії. Запаси традиційних енергоносіїв (нафта, газ, вугілля), внаслідок стрімкого зростання їхнього видобутку поступово вичерпуються. Всього за одне століття людство витратило головну частину найціннішої вуглеводневої сировини, яка створювалась у надрах Землі протягом сотень мільйонів років [3].

За оцінками Міжнародного енергетичного агентства, споживання енергії у світі впродовж останніх 30 років зростало зі швидкістю понад 3 % на рік. Приріст народонаселення (до 2 % на рік) і темпи економічного розвитку в XXI ст. зумовлять збільшення обсягів світового виробництва різних видів продукції у 3...5 разів до 2050 року і в 10...15 разів до 2100 року. Однак, це потребуватиме нарощення енергозабезпечення у 3...5 разів [5].

Необхідність використання енергії відновлюваних джерел в економіці розвинених країн зумовлюється не лише обмеженими запасами викопних палив та постійним збільшенням споживання енергії, але й вимогами щодо зменшення викидів у атмосферу парникових газів, насамперед діоксиду вуглецю. Розширення споживання відновлювальних джерел енергії з урахуванням того, що використання майже кожного з цих джерел не супроводжується емісією CO₂, дасть змогу не тільки глобально знизити масштаби викидів діоксиду вуглецю, але і не обмежувати в майбутньому виробництво енергії, оскільки використання відновлюваних джерел як первинних не дає додаткового енергетичного внеску в тепловий баланс планети.

Відновлювана енергетика України має високий потенціал до розвитку. За даними International Renewable Energy Agency використання відновлюваної енергії до 2030 року може зрости вдесятеро у порівнянні з 2009 роком – з 87 ПДж до 870 ПДж [4].

Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року використання відновлюваних джерел енергії є важливим для поліпшення енергетичної безпеки, скорочення негативного впливу енергетики на стан навколишнього середовища. Враховуючи потенціальні можливості та наявні ресурси для розвитку відновлюваної енергетики в країні спрогнозовано зростання частки відновлюваних ресурсів в структурі загального постачання первинної енергії України до 2035 року в 6,25 рази, зокрема й істотне зростання використання енергоносіїв на основі біомаси.

Відповідно до даних Державного агентства з енергоефективності та енергопостачання (ДАЕЕ) України, найбільш використовуваною та економічно обґрунтованою є деревина. Використання рідких та газоподібних біопалив становить біля 4,5% від щорічного споживання деревини. Однак виробництво рідких біопалив (біоетанолу та біодизелю) має високий економічний потенціал [2].

На рис. 1.1 та 1.2 наведено характеристику найбільш поширених виробників біопалива у світі, зокрема у країнах Європи.



Рисунок 1.1 – Характеристика виробників біоетанолу у світі



Рисунок 1.2 – Виробництво біоетанолу у країнах Європи

З енергетичної точки зору етиловий та інші спирти складають конкуренцію водню, який, маючи теплотворну здатність вищу за інші види палива (142 кДж/г) та кращу екологічну безпечність, за наявних технологій має вищі витрати на очищення, зберігання та транспортування [3].

Отже, біоетанол залишається одним з найбільш перспективних альтернативних видів палив, незалежно від типу використовуваної сировини (цукро-, крохмале-, целюлозовмісної).

Основним видом крохмалевмісної сировини в Україні є зернові культури, зокрема кукурудза, пшениця, жито, ячмінь та ін. Для виробництва біоетанолу придатним є як кондиційне зерно, так і непридатне для харчових та кормових цілей. Однак, враховуючи високу вартість кукурудзи та її частки у собівартості

продукції, біоетанол, вироблений з неї, є малоконкурентоздатним як на світовому, так і на вітчизняному ринку [7].

Перспективною сировиною для виробництва біоетанолу в Україні є лігніноцелюозна сировина, що зумовлено наявністю достатньої кількості сільськогосподарських площ, сприятливого клімату, який дозволяє отримувати велику кількість біомаси. Такий напрям є перспективним і активно розвивається в багатьох країнах світу, зокрема такі підприємства успішно працюють у Франції, Італії, Бразилії, США та інших країнах[5]. Однак, незважаючи на сировинний потенціал, швидкий розвиток виробництва біоетанолу на основі лігніноцелюозної біомаси в Україні є малоімовірним з причини низького рівня технологічної бази та новітніх вітчизняних наукових розробок.

Більш доступною для виробництва біоетанолу є цукровмісна сировина, зокрема цукрові буряки та продукти переробки цукрової промисловості, цукрове сорго тощо (рис. 1.3). Основною перевагою є простота обробки такої сировини, оскільки у виробничому процесі відсутня стадія розщеплення полісахаридів до цукрів, доступних для ферментації мікроорганізмами. Навіть з урахуванням зростання вартості меляси як сировини для біоетанолу в сезоні 2019-2020 років виробництво паливного етилового спирту з неї є більш економічно вигідним. Такі висновки підтверджуються із даними щодо енергетичного балансу виробництва біоетанолу з кукурудзи та меляси цукробурякової [9].

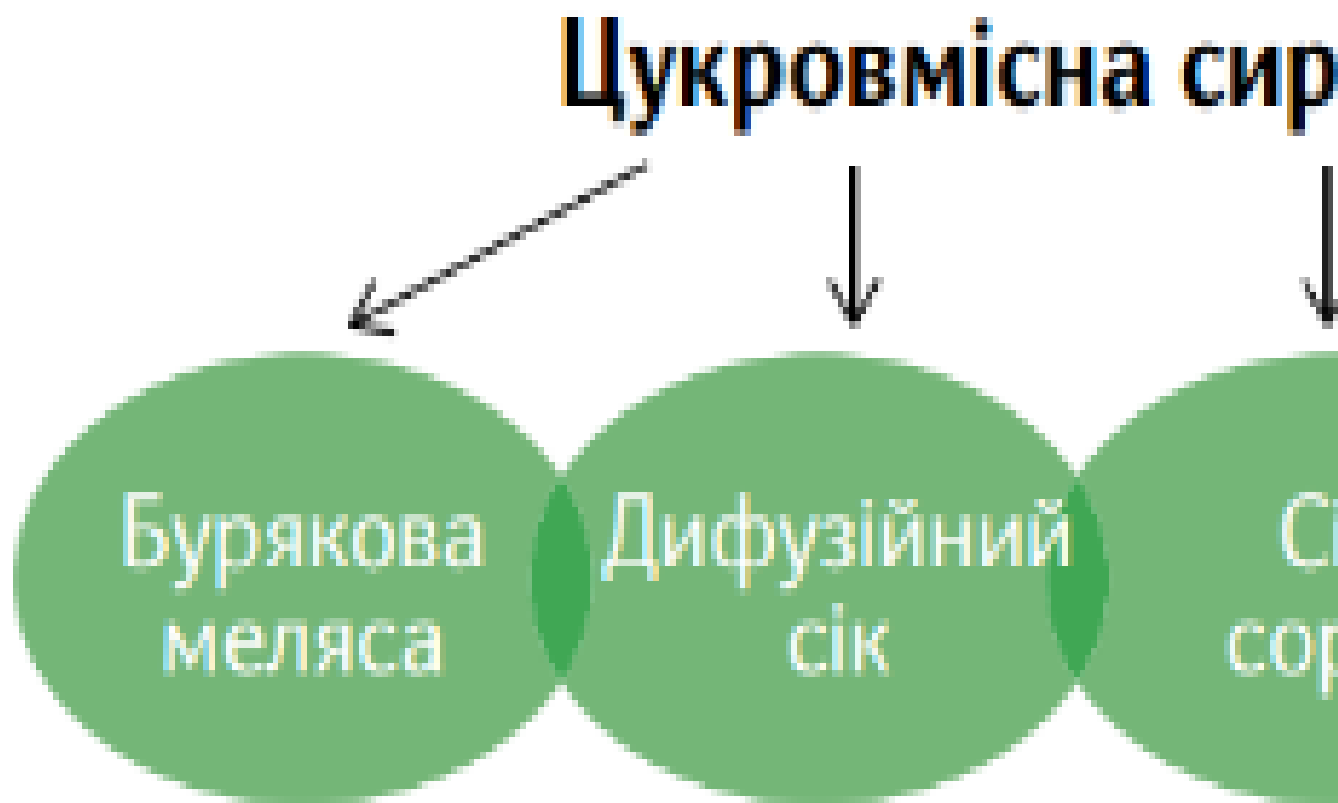


Рисунок 1.3 – Цукровмісна сировина для виробництва біоетанолу

Виробництво біоетанолу в Україні здійснюють більше десяти підприємств, загальна потужність яких перевищує 140 тис. т на рік. П'ять комплексів використовували як сировину мелясу цукробурякову, решта – зернові культури

Обсяги виробництва продукції на основі біоетанолу становлять біля 80...85 тис. т [10].. Зростанню виробництва біоетанолу сприяла постанова КМУ №319 та Закону України № 1638-VII, згідно до яких виробництво біоетанолу може здійснюватися не тільки спиртовими заводами, а й будь-якими підприємствами, що отримали ліцензію на його виробництво. Це дозволило спростити дозвільну систему здійснення господарської діяльності у сфері виробництва біоетанолу та стимулювати розвиток ринку альтернативних видів палива в Україні.

Однією із значних перепон для нарощування виробництва біоетанолу є недосконалість законодавства щодо акцизного податку та стрімкий спад власного виробництва бензину моторного в Україні в останні роки.

Скорочення вітчизняного виробництва бензину негативно відзначилось на динаміці його використання в загальному обсязі пального. Питома вага

виробленого в Україні бензину в обсязі використаного виду пального знизилась (Лучечко, 2018) [11].

У разі збереження такої тенденції виробництво біоетанолу на даному рівні повністю забезпечує потреби. За умови ж зростання частки вітчизняного бензину в загальному обсязі використання та здійсненні заходів щодо виконання Директив Європейського Парламенту у частині сприяння використанню біопалива, можливим є залучення всієї потенційної потужності вже існуючих виробництв, здатних виробляти біоетанол, яка складає, за різними літературними даними, 140 000...188 000 тис.т на рік.[9].

Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики [12]. об'єм виробництва біоетанолу в Україні повинен постійно збільшуватись і перевищити 300 тис. т нафтового еквіваленту. Тому розвиток даної галузі має подальші перспективи.

Застосування незадіяних потужностей підприємств спиртової галузі є одним з шляхів збільшення виробництва біоетанолу. За умови зростаючого світового попиту на відновлювані види палив для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного біоетанолу на міжнародних ринках доцільним є зниження собівартості біоетанолу у рахунок зниження вартості сировини, яка складає не менше 60% собівартості виробництва етилового спирту.

На разі вартість кукурудзи як основної сировини в Україні для виробництва етилового спирту є високою і має тенденцію до зростання, становить біля 5700-6000 грн. [13]. За таких умов на визначальними стають підприємства, які використовують для виробництва етилового спирту відходи цукрового виробництва. Тому підприємства з переробки цукрових буряків можуть бути виробниками біоетанолу.

Як відомо, більш економічно вигідними є виробничі комплекси, орієнтовані на максимально повну переробку сировини з широким спектром кінцевих продуктів. Так, на даний час Bazancourt-Pomacle Biorefinery (Франція) (Рис.1.4) є успішним підприємством, що переробляє цукрові буряки (Cristal Union – цукровий завод та Cristanol – виробництво біоетанолу), пшеницю (Chamtor – виробництво крохмалю та глюкози) целюлозовмісну сировину (Futuro1 – біоетанолу

високотемпературний
Bioambio
Wheatol
Bazancourt

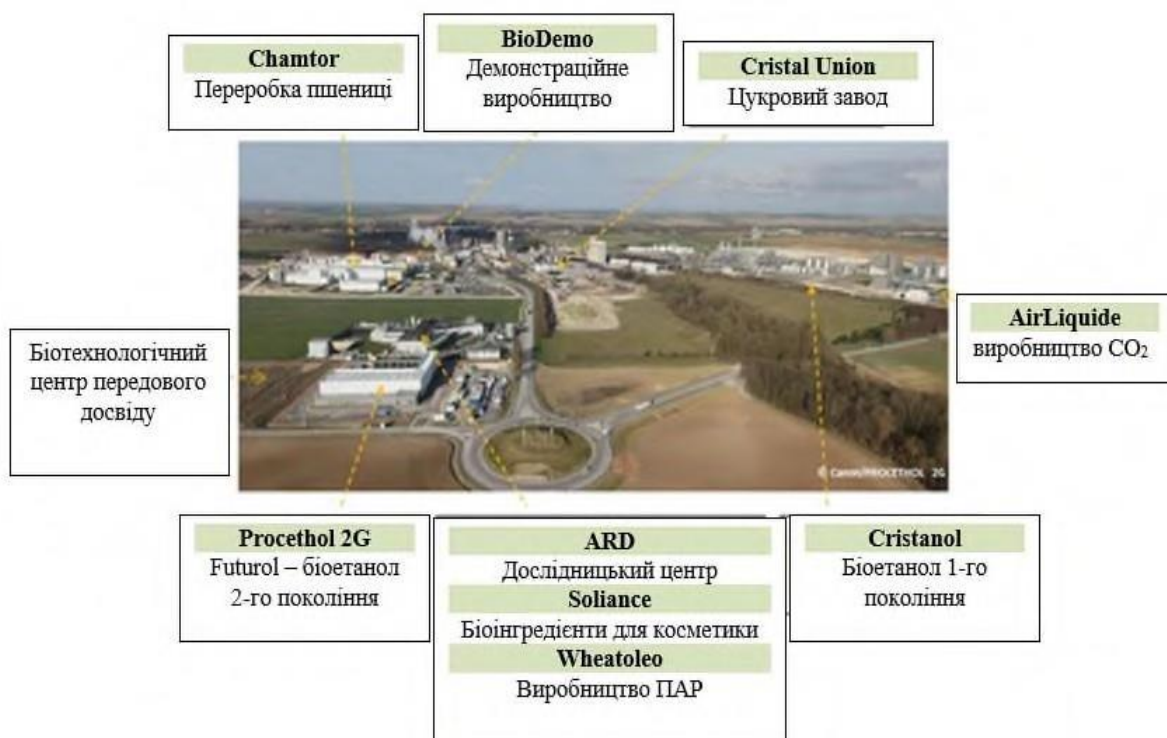


Рисунок. 1.4 – Комплексна переробка біосировини компанією Bazancourt-Romacle Biorefinery (Франція) [12].

Слід зауважити, що період становлення компанії становив 70 років і потребував значної підтримки з боку місцевої влади та фермерських господарств.

Враховуючи рівень зацікавленості державної влади та приватних підприємців у проектах, що потребують довгострокових капітальних вкладень, одним з перших кроків може бути інтеграція виробництва біоетанолу у існуючі потужності з переробки цукрових буряків. Такий підхід знижує як витрати на встановлення обладнання, так і на транспортування сировини, що знижує собівартість кінцевого продукту.

Слід відзначити, що цукрові і спиртові виробництва характеризуються утворенням забруднених стічних вод, що доцільно з огляду на використання як сировини для біогазу метанізації [14]. Умови для цього є сприятливими – відходи і вторинні джерела теплової енергії дозволяють значно знизити витрати отриманого палива на підігрів середовищ у метантенках. При цьому з 1 т мелясної барди можна отримати до 40 см³ біогазу з вмістом метану 70-72 %.

Слід, також зазначити, що кінцевим продуктом метангенеруючої обробки барди є крім біогазу, ще й екологічно чисте органічне добриво.

Таким чином, виробництво біоетанолу є перспективним напрямом у технологіях виробництва енергетичних складових сучасного світу. Пошук найбільш перспективної сировини є необхідною умовою розробки ефективних технологій поновлювальних джерел енергії.

1.3 Характеристика цукрового сорго як сировини у виробництві біоетанолу

Основною сировиною для рентабельного виробництва паливного біоетанолу в світі є крохмалевмісні або цукровмісні (цукрова тростина, цукровий буряк) сільськогосподарські культури [14]. Для їх обробки необхідні відповідні земельні ресурси і кліматичні умови. На території України культивуються як традиційні крохмало- і цукровмісні культури (кукурудза, пшениця, ячмінь, цукровий буряк) так і альтернативні, зокрема цукрове сорго, топінамбур, цикорій [15]. Найбільш дешевий біоетанол виробляється із цукрової тростини. Ця культура дає найбільший вихід цукрів з одиниці площі посівів – 10,5 т/га, а при комплексному внесенні добрив вихід може досягати 18 т/га і вище. Його вуглеводи не вимагають гідролізу перед спиртовим бродінням, а отримання теплової енергії для забезпечення технологічних процесів досягається шляхом спалювання цукровотростинної біомаси.

Сорго містить вуглеводи, білки, амінокислоти (лізин, метіонін, триптофан, лейцин, гістидин, цистеїн і ін.), каротин, мінеральні і дубильні речовини, провітамін А, вітаміни групи В, рибофлавін, фосфор, калій, магній тощо. Ідентифіковано 19 амінокислот із яких сім є незамінними. Хімічний склад зеленої маси сорго добре збалансований. В цукровому сорго в сухій речовині міститься 6-9 % білка, 20-23,5 % водорозчинних цукрів, 3-4 % жирів, 40-60 мг/кг каротину і до 22-24 % сирової клітковини [16].

Сорго містить таке розподілення складових: стебло до 75 %, листя 10-15 %; зерно до 7 %, корені близько 10 %. Розподілення цукрів у рослині не однакове. Більшість цукрів розташовано однорідно в стеблі і становить в середньому 11 % і дещо змінюється за довжиною стебла [17].

Сорго містить відносно рівні кількості розчинних і нерозчинних вуглеводів.

Цукрова тростина є теплолюбивою культурою, яку неможливо культивувати вище за 30-ту паралель. По врожайності і технологічним властивостям до нього наближається цукрове сорго, яке можна вирощувати в помірному кліматі до 55-ої паралелі. У табл. 1.1 наведено порівняльну характеристику цукрового сорго і цукрової тростини за основними технологічними показниками [10].

Цукрове сорго не є новою культурою для України, його здавна вирощували в посушливих регіонах як кормову культуру [14–17]. Наразі ведуться роботи по виведенню нових високоцукристих і скоростиглих сортів цукрового сорго, придатних для вирощування на всій території України та визначаються можливість використання та переробки цукрів сорго. Із внесених до державного реєстру сортів рослин України високими виходами цукрів з одиниці площі характеризуються сорти Ювілейний, гібрид Медовий, Некратний, Силосне 42 та інші [19]. Очищені цукровмісні сиропи, отримані із соку цукрового сорго, можуть використовуватися в харчовій промисловості для отримання солодких напоїв, підсолоджувачів кондитерських і хлібобулочних виробів і т.і. [20].

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика цукрового сорго і цукрової тростини за технологічними показниками

Показник	Цукрова тростина	Цукрове сорго
Потреба в добривах, %	100	35 – 40
Продуктивність біомаси, т на 1 га	65 – 80	42 – 55 (один урожай на рік) 84 – 110 (два урожаї на рік)
Концентрація зброджуваних цукрів в стеблі, % мас.	10,0 – 14,0	9,2 – 12,0
Вихід зброджуваних цукрів, т на 1 га за сезон	6,0 – 10,5	3,6 – 6,2 (один урожай на рік) 7,2 – 12,4 (два урожаї на рік)
Біомаса вологістю 50 %, т на 1 га за сезон	19 – 24 (30 % від маси стебла)	0 – 14 (один урожай на рік, 25 % від маси стебла) 20 – 28 (два урожаї на рік)

Порівняння потенціалу різних видів сировини для виробництва біоетанолу представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння потенціалів деяких рослин як сировини для отримання біоетанолу

Вид рослини	Вуглеводи сировини	Необхідність гідролізу	Рід мікроорганізмів	Потенціал виробництва біоетанолу, м ³ з 1 га на рік
Цукровий буряк	Сахароза	немає	<i>Saccharomyces</i>	4,1 – 5,0

Пшениця	Крохмаль	так	<i>Saccharomyces</i>	1,75 – 2,00
Кукурудза	Крохмаль	так	<i>Saccharomyces</i>	2,0 – 2,5
Картопля	Крохмаль	так	<i>Saccharomyces</i>	3 – 5
Топінамбур	Інулін	так/ні	<i>Kluyveromyces</i> <i>Saccharomyces</i>	2,5 – 3,0
Цукрова тростина	Сахароза	немає	<i>Saccharomyces</i>	5,3
Цукрове сорго	Сахароза, глюкоза, фруктоза	немає	<i>Saccharomyces</i>	6

Використання крохмале- та цукровмісної сировини для виробництва паливного етанолу обмежується високою потребою цих культур на харчові цілі та значними витратами на внесення добрив і обробку посівних площ. Тому виробництво рідких біопалив із цих культур викликає обґрунтований опір в суспільстві, викликаний побоюванням конкуренції між потребами у продовольством і паливом. Таким чином, доцільним є впровадження зернових культур, які б не загрожували продовольчій безпеці і могли швидко розвиватися при відносно низькому споживанні води із продукуванням значної кількості вуглеводів [9].

Цукрове сорго може культивуватись на різних, зокрема засолених ґрунтах, добре адаптоване до напівпосушливих регіонів і використовує воду ефективніше у порівнянні із кукурудзою (310 кг води на 1 кг сухого матеріалу проти 370 кг) [18]. Споживання води цукровим буряком майже не відрізняється від сорго (табл. 1.3).

При засухах цукрове сорго переходить в стан анабіозу і з поновленням розвитку дозволяє отримати урожай 40-60 т фітомаси з 1 га. Кукурудза ж в умовах засухи зупиняє свій ріст і вихід знижується до 11-15 т з 1 га. У табл. 1.3 наведено ступінь використання води різними рослинними культурами [19]

Таблиця 1.3 – Використання води сільськогосподарськими рослинами

Культура	Використання води, % на суху речовину
Цукрове сорго	310
Кукурудза	370
Цукровий буряк	~ 325
Пшениця	513

Сорго є економнішим з огляду на витрати води на ріст біомаси та утворення цукрів в стеблі, є більш посухостійкою культурою. Головною перевагою сорго у технології біоетанолу є можливість отримання майже в 3 рази більше готового продукту з одиниці посівної площі, ніж з використанням кукурудзи.

Потенціал цукрового буряка, як сировини для виробництва біоетанолу, близький до цукрового сорго (табл. 1.2). Врожайність і технологічні показники

цукрового буряка значно залежать від культури землеробства, кліматичних умов, застосування селекційних сортів і істотно відрізняються в різних країнах (рис. 1.5). Високі урожаї вимагають значних витрат праці і внесення добрив [10].



Рисунок 1.5 – Характеристика врожайності цукрового буряка в країнах Європи (т/га)

Україна є сприятливою для культивування цукрового буряка і у середньому складає біля 36,5 т/га за цукристості 15,7 % [21]. З одиниці площі вихід цукрів складає в середньому 5,73 т. З цукрового сорго в умовах України можна отримати до 6 м³ етанолу з 1 га (табл. 1.2).

В Україні посівні площі під цукровий буряк в період 1990-2011 років знизилися на 1070 тис. га (66,6 %) і складала біля 537 тис. га. Також зросли витрати праці як на 1 га так і на 1 т коренеплодів – з 1996 р. до 1990 р. витрати праці зросли, відповідно, в 1,12 і 1,86 разів [12]. До того ж скорочується кількість доступної меляси (рис. 1.2).

Тому, доцільним є пошук більш ефективної сировини для виробництва біоетанолу.

Цукрове сорго має переваги над цукровим буряком як джерела сировини для виробництва біоетанолу. До того ж при переробці стебел цукрового сорго отримана багаса може використовуватися як паливо для самозабезпечення енергетичних потреб підприємства, а у разі переробки цукрового буряка така можливість відсутня.

У структурі собівартості біоетанолу близько 70 % займає сировина, а 20 % – енергоносії [3]. Тому, враховуючи можливість енергетичного самозабезпечення підприємства, цукрове сорго економічно істотно привабливіше за цукровий буряк і кукурудзу для вирішення проблем виробництва альтернативного палива і збільшення зайнятості в сільському господарстві [13].

До недоліків цукрового сорго як цукровмісної сировини можна віднести обмеженість термінів зберігання стебел. Заморожування і розморожування зелених стебел цукрового сорго призводить до швидкого розкладання цукрів. Теж саме спостерігається і при зберіганні зрізаних стебел без заморожування. При нетривалому зберіганні зрізаних стебел сорго протягом 2-х діб втрат цукрів не спостерігалось [19]. В той же час є дані, що очищені стебла, при правильному укладанні і укритті зберігаються протягом 4...5 місяців без значної втрати цукристості.

Для економії коштів та енергії при транспортуванні сорго-сировини на завод і для інтенсифікації процесу збирання врожаю з поля можливе використання пересувних вальцевих пресів і випарників або гвинтових пресів, які працюють безпосередньо біля плантації сорго. У роботі [19] вказується про позитивний результат зброджування сухими дріжджами сусла з сорго, що вносились безпосередньо до вихідного сусла цукрового сорго. Досягнута концентрація етанолу $79,6 \text{ г/дм}^3$ за 120 год. Ступінь перетворення цукрів при цьому склав $90 \dots 95,6 \%$ від теоретичного виходу.

Також розробляються способи так званої твердофазної ферментації стебел цукрового сорго, які дозволяють ферментувати подрібнені вологі стебла або висушивши стебла до стану сіна, пакувати їх і зберігати протягом тривалого часу. Для переробки в етанол сухі стебла зволожують, подрібнюють, вносять необхідні солі, дріжджі і проводять анаеробну ферментацію (бродіння). Після завершення процесу бродіння стебла віджимаються на пресах, віджата зріла культуральна рідина спрямовується на перегонку і дистиляцію [19]. Однак, цей спосіб є енергозатратним і потребує значних капітальних витрат.

До недоліків використання стебел сорго як сировини для одержання моторних палив відноситься розпорошеність її запасів і необхідність підтримки екологічної доцільності. Внаслідок розпорошеності і високої вологості біомаси, витрати на її збір і транспортування можуть складати більше 50% від вартості кінцевого продукту [3, 12]. Тому вдосконалення технології переробки біомаси не завжди в змозі значно знизити собівартість палива. Тому необхідні заходи з інтенсифікації та здешевлення вирощування, збору та переробки сорго.

Отже, для організації виробництва біоетанолу із сорго протягом тривалого виробничого сезону необхідно організувати раціональне зберігання сировини цукрового сорго. Для цього доцільно: 1) на початковому етапі планувати виробництво на термін збиральних робіт стебел сорго; 2) висівати сорго в різні періоди або вирощувати сорти сорго з різним вегетаційним періодом дозрівання.

1.4 Висновки до аналітичного огляду літератури, мета і задачі досліджень

За результатами аналітичного огляду джерел літератури можна зробити такі висновки.

1. Біоетанол є одним із найбільш перспективних альтернативних видів палива і передбачає використання цукро-, крохмале- та целюлозовмісної сировини.

2. Для організації виробництва біоетанолу із сорго необхідно передбачити організувати раціональне зберігання сировини, що повинно передбачати планування терміну висівання та збирання сорго в різні періоди або вирощування з різним вегетаційним періодом дозрівання.

Метою кваліфікаційної роботи було дослідження та удосконалення технології біоетанолу із цукрового сорго як поновлювального джерела енергетичних ресурсів.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- визначити сучасний стан, перспективи та технологічне забезпечення виробництва біоетанолу в Україні;
- визначити можливість використання сорго у технології біоетанолу;
- вибрати сорт сорго, який відповідає технологічним вимогам для виробництва біоетанолу;
- дослідити процеси дріжджегенерації суслу на основі сорго;
- визначити доцільність використання азотного та фосфорного живлення у технології біоетанолу із сорго;
- визначити параметри зброджування суслу із використанням сорго;
- розробити технологічну схему приготування зрілої бражки із сорго за удосконаленою технологією;
- розробити математичну модель виробництва біоетанолу за удосконаленою технологією;
- визначити соціально-економічну ефективність виробництва біоетанолу на основі сорго;
- рекомендувати заходи щодо охорони праці та цивільного захисту.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

У кваліфікаційній роботі об'єктом дослідження є технологія біоетанолу з використанням цукрового сорго, як основної сировини.

Дослідження проводили у лабораторних умовах на базі виробничого підприємства Угерського спиртового заводу.

В якості об'єктів досліджень використовували сорго, дріжджі, карбамід та ортофосфору кислоту згідно з нормативною документації.

2.2 Методи досліджень

Використовували – теоретичні, загальноприйняті фізико-хімічні, органолептичні методи досліджень, які прийняті у спиртовому виробництві. Експериментальні дослідження передбачали: визначення хімічного складу досліджуваної сировини, підбір живлення для дріжджів, виготовлення експериментальних зразків; визначення фізико-хімічних та мікробіологічних показників; розроблення технологічної схеми виготовлення біоетанолу з використанням сорго.

Концентрацію сухих речовин визначали на рефрактометрі харчових лабораторій типу РПЛ – 3 [23]. В залежності від забарвлення проби сухі речовини розчину визначають в проходящому або відбитому світлі. Вміст аміного азоту визначали йодометричним методом (по Пову і Стівенсу) в основу методу покладена можливість амінокислот утворювати розчинні сполуки з міді, кількість яких визначають йодометричним титруванням. В зрілій бражці рН та активну кислотність визначали електрометричним методом. Вміст етанолу – рефрактометричним методом, за допомогою погрузного рефрактометра, так як показник заломлення світла водно-спиртового розчину залежить від його концентрації по цій залежності є побудовані графіки і виведені таблиці, в яких показник заломлення виражений як функція концентрації водно-спиртових розчинів. Кількість розчинних вуглеводів, нерозчинного крохмалю, спирторозчинних вуглеводів та декстринів – фотоелектроколориметричним методом з антроновим реактивом [23] який оснований на вимірюванні оптичної густини розчину, отриманого після реакції вуглеводів з реактивом, утворюючи забарвлення. Оптична густина прямо пропорційна концентрації розчину. Кількість мертвих і живих дріжджових клітин визначали за допомогою мікроскопу і камери Горяєва, при цьому в розчин додавали металеву синь. Всі визначення показників якості визначали у трьохкратній повторюваності з подальшим статистичним аналізом отриманих результатів.

2.3 Методика досліджень

Загальну схему проведення досліджень відповідно до поставленої мети і завдань наведено на рис. 2.1. Розроблено план аналітичних та експериментальних досліджень із дослідження та удосконалення способів виробництва біоетанолу.

Для забезпечення послідовності робіт розробили загальний план їх виконання, який включає теоретичний етап досліджень, вивчення, аналіз та узагальнення інформаційних джерел, а саме: аналіз ринку біоетанолу в Україні та світі, перспективи його розвитку та проведено аналіз сировини та її хімічний складу та перспективи її використання для переробки на біоетанол.

Експериментальні дослідження передбачали: визначити показники сорго, як основної сировини та обгрунтовано підбір дріжджів, проаналізовано співвідношення живлення для дріжджів, визначено параметри зброджування суслу для отримання біоетанолу; розробити технологічну схему виробництва біоетанолу з використанням цукрового сорго.

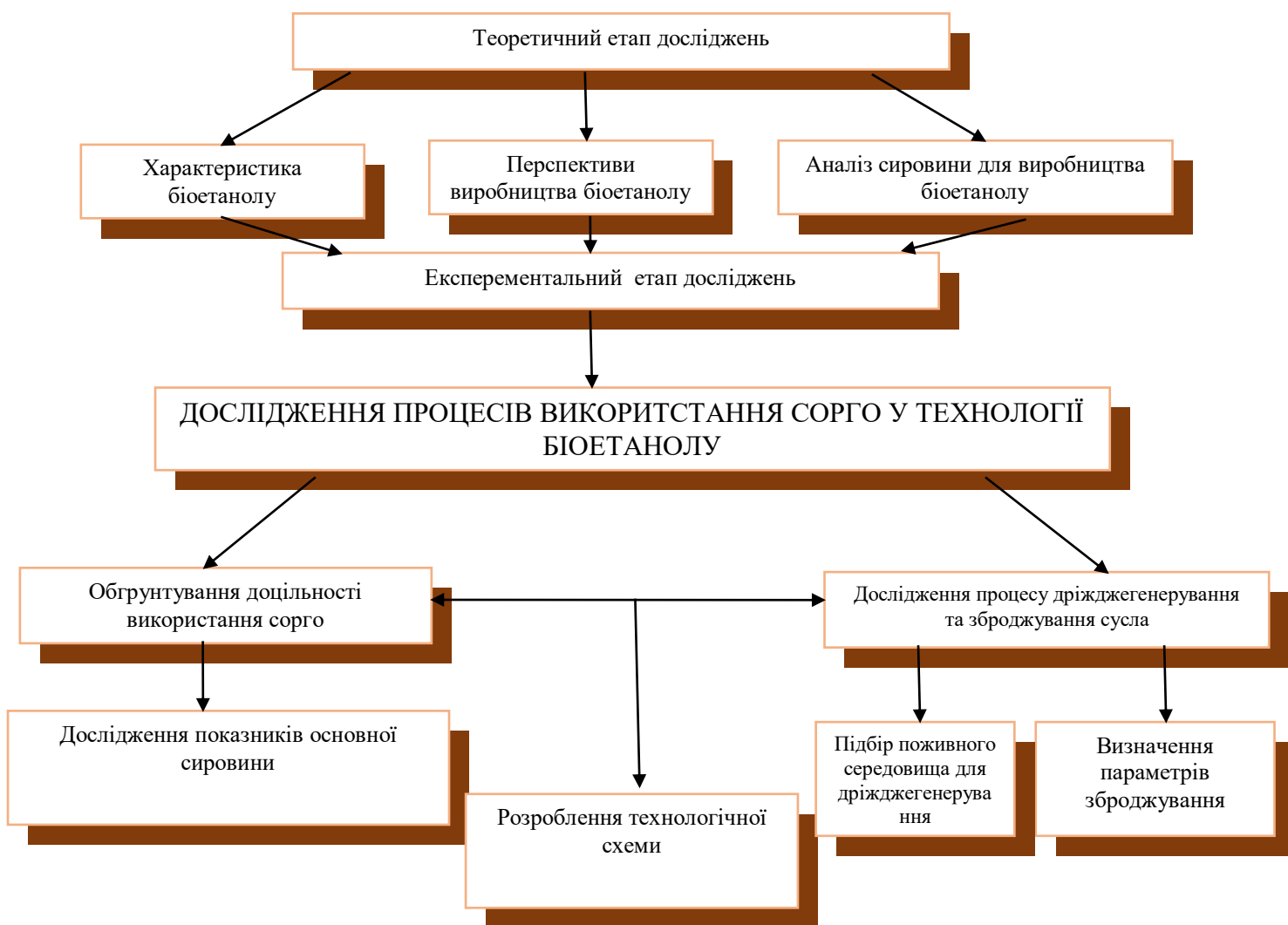


Рисунок 2.1 – Схема проведення досліджень

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ СОРГО У ТЕХНОЛОГІЇ БІОЕТАНОЛУ (експериментальна частина)

3.1. Дослідження показників основної сировини

Хімічний склад і властивості цукрового сорго, що вирощується в різних регіонах світу різняться за хімічним складом [12]. Для оцінки можливості використання цукрового сорго як джерела сировини для виробництва біоетанолу досліджували цукрове сорго різних сортів, зокрема РМ 214, 222 та 226. Отримані такі середні показники: врожайність зеленої маси 104 т/га; вологість стебел 70 %; цукристість стебел – 8,1 %; вихід соку 40 %.

Відомо, що виділення соку з очищених стебел цукрового сорго на вальцевих пресах є найбільш прийнятним [10]. Для досліджень використовували вальцевий прес. Отриманий сік є сприятливим для розвитку сторонньої мікрофлори, тому його зберігали за нормальних умов не більше 10...16 годин. Для подовження терміну зберігання соку необхідне його консервування.

Для дослідження використовували сік з очищених стебел, який мав характерний смак та світло-зелений колір, що свідчило про відсутність ознак присутності сторонньої мікрофлори.

У таблиці 3.1 наведено показники соку різних сортів сорго.

Таблиця 3.1 – Хімічні показники соку цукрового сорго

Показник	Сорт		
	РМ 214	РМ 226	РМ 222
Вміст сухих речовин, %	12,7	16,2	14,5
рН,од	5,75	4,85	5,2
Кислотність, град.	0,1	0,4	0,2
Вміст цукрів, %	7,2	11,9	10,7

За наведеними показниками доцільним у технології спирту є використання сорту сорго РМ 226, оскільки сушло із цього зразка мало найбільший вміст сухих речовин та цукрів із прийнятним значенням активної та титрованої кислотності.

Таким чином, з урахуванням викладеного для подальших досліджень вибрано сорт сорго РМ 226.

3.2. Дослідження процесу дріжджегенерування суслу

У виробництві біоетанолу на підприємствах України використовуються головним чином сухі спиртові дріжджі. За умови використання сировини належної якості простота введення таких дріжджів та відсутність додаткових витрат на вирощування біомаси в апаратах чистої культури сприяють зниженню собівартості кінцевого продукту.

Вибір культури жріжджів є визначальним у технології спирту. Від ефективності використання дріжджів залежать показники зрілої бражки і кінцевого продукту.

В роботі вибрано штам дріжджів Deltaferm® AL-18, який здатен ефективно зброджувати сусло різних концентрацій за різних температур.

За умов використання цукровмісної сировини низької якості для отримання сусла високої концентрації у виробництві біоетанолу необхідним є встановлення здатності продуцентів ефективно функціонувати за різного складу поживного середовища.

Одним з важливих факторів ефективного збродження сусла є необхідний і достатній рівень основних складових живлення дріжджових клітин, зокрема азоту та фосфору.

Кількість додаткового азотного і фосфорного живлення, яке необхідно внести в середовище, розраховуються залежно від його вмісту в основній сировині та раціональної кількості біомаси у зрілій бражці. Швидкість росту культури та збродження сусла є одним з показників бродильної активності дріжджів, яка залежить від наявності в середовищі цих складових живлення.

Для збродження сусла із цукрового сорго використовували сухі дріжджі Deltaferm® AL-18. Для інтенсифікації процесу дріжджегенерування та бродіння підбирали необхідну кількість азотного та фосфорного живлення.

Як джерело азоту використовували карбамід. Вплив карбаміду у кількості до 0,35 % на процес дріжджегенерування наведено на рис. 3.1.

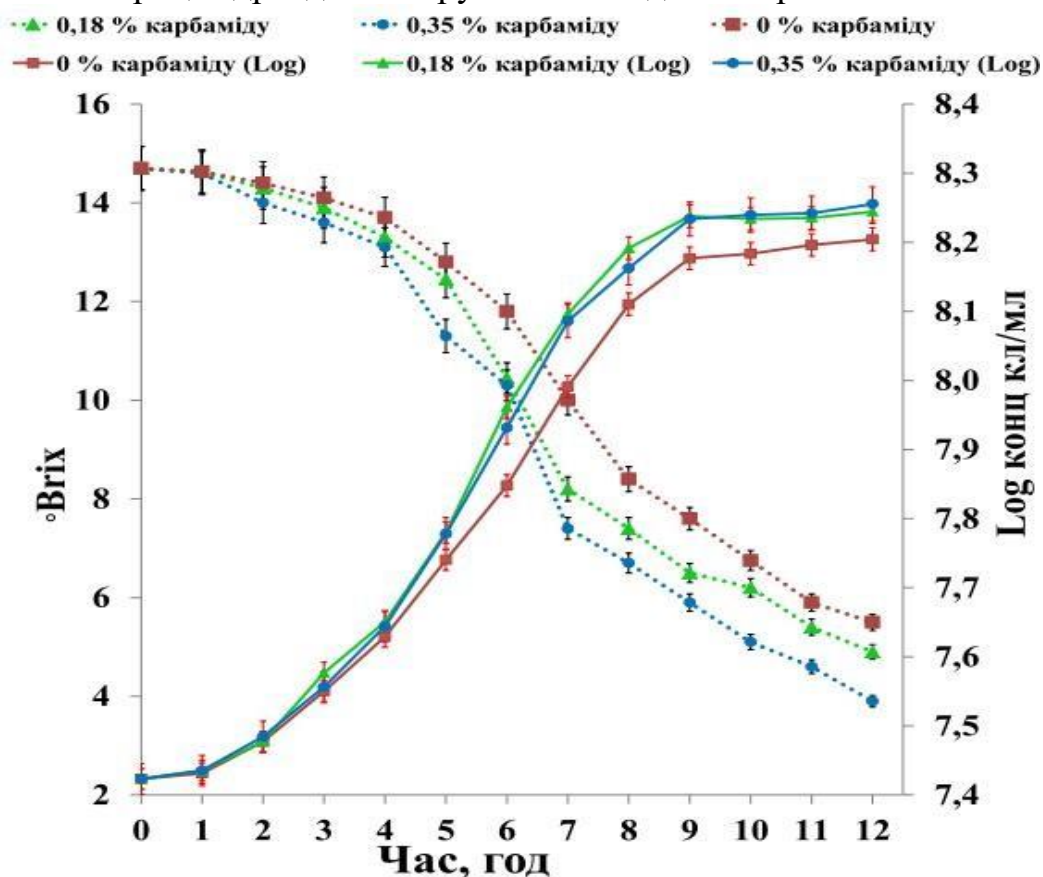


Рисунок 3.1. – Вплив вмісту карбаміду у суслі на процес дріжджегенерування

Встановлено, що додавання карбаміду суттєво впливало на зниження вмісту сухих речовин середовища та кількість дріжджових клітин з 5-ї години дріжджегенерування. У зразку без використання карбаміду зниження вмісту сухих речовин було співрозмірним із зразками з його використанням до 4-ї доби. У подальшому присутність карбаміду у суслі було відчутним, особливо після 5-ї доби. Збільшення вмісту карбаміду зумовлювало більш інтенсивне зниження вмісту сухих речовин, однак не збільшувало вміст дріжджових клітин у виробничих дріжджах.

Показники максимальної швидкості росту дріжджів при різному вмісті карбаміду та зниження вмісту сухих речовин наведено у табл. 4.1.

Таблиця 3.2 - Питома швидкість росту дріжджів та зниження вмісту сухих речовин за різних концентрацій карбаміду у суслі

Концентрація карбаміду у суслі, %	Максимальна питома швидкість росту, год ⁻¹	Максимальна питома швидкість зниження вмісту сухих речовин, год ⁻¹
0	0,29	1,74
0,18	0,33	2,04
0,35	0,32	2,02

Таким чином, прийнятним на стадії дріжджегенерування сусла із сорго можна вважати внесення карбаміду у кількості 0,18%.

З метою визначення впливу фосфорного живлення на процес дріжджегенерування сусла із сорго використовували ортофосфорну кислоту. Готували п'ять зразків із внесенням 70 %-ної ортофосфорної кислоти з її вмістом від 0,10 до 0,45 %.

На рис. 3.3 наведено залежність зміни вмісту сухих речовин при дріжджегенеруванні сусла залежно від вмісту ортофосфорної кислоти.

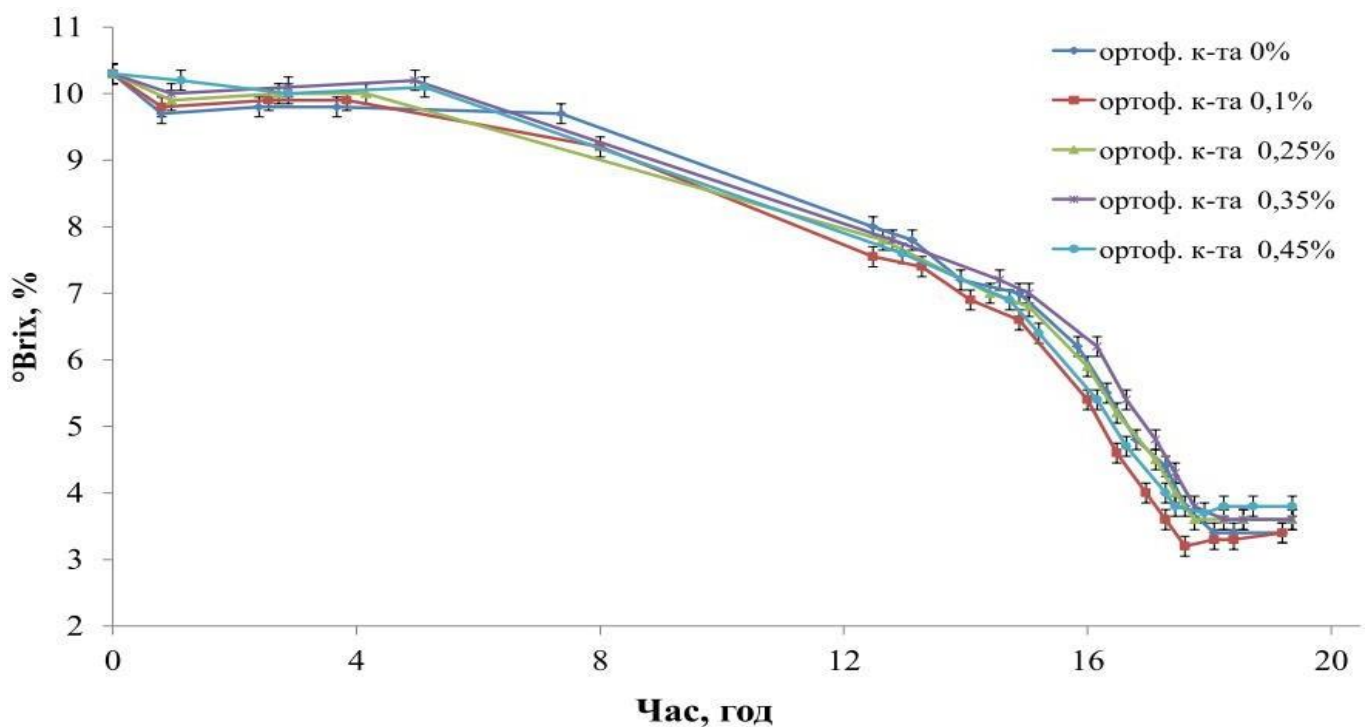


Рисунок 3.3 – Вплив фосфорного живлення на вміст сухих речовин сусла у процесі дріжджегенерування

Встановлено, що додавання ортофосфорної кислоти суттєво не впливало на процес зброджування сусла. Проте, оскільки додаткові джерела фосфорного та азотного живлення вносились на стадії дріжджегенерування, то їх вплив, зокрема ортофосфорної кислоти на стадії бродіння може впливати на вихід спирту.

У табл. 3.3 наведено показники виробничих дріжджів, які використовували для зброджування сусла із сорго із використанням азотного та фосфорного живлення.

Таблиця 3.3 – Показники виробничих дріжджів

Показник	Характеристика	
	Вихідні дріжджі	Зрілі дріжджі
Кількість дріжджових клітин, кл./см ³	$0,3 \times 10^8 \pm 7,5 \times 10^5$	$1,6 \times 10^8 \pm 1,5 \times 10^7$
Концентрація етилового спирту, % об.	0,8	3,2
Вміст сухих речовин, %	10,2	6,4
pH, од	4,20	4,06
Кислотність, град	0,9	0,9

Встановлено, що культури сухих дріжджів Deltaferm® AL-18 із використанням азотного та фосфорного живлення відповідали вимогам до виробничих дріжджів.

3.3. Визначення параметрів збродження сусла із використанням цукрового сорго.

Визначали динаміку вмісту сухих речовин, спирту та ріст дріжджів у процесі збродження сусла із сорго.

На рис. 3.4 наведено динаміку вмісту сухих речовин та накопичення клітин дріжджів у процесі збродження сусла за температури 30 °С.

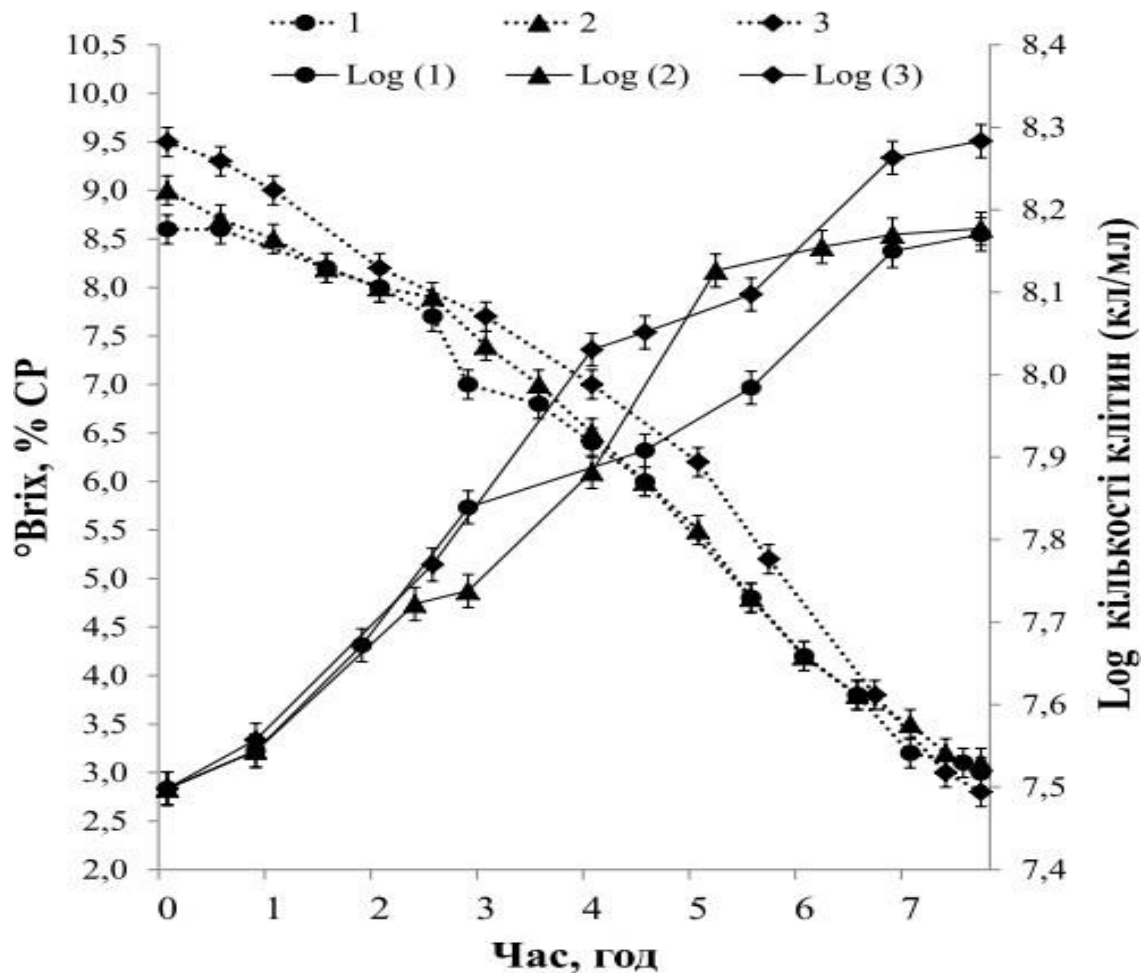


Рисунок 3.4– Динаміка вмісту сухих речовин та накопичення дріжджових клітин у процесі збродження сусла

Встановлено, що зниження вмісту сухих речовин у суслі корелював із зростанням кількості дріжджових клітин.

У розділі 1 виначалось, що початкова концентрація сухих речовин в суслі має вирішальне значення з точки зору ефективності та собівартості виробництва етанолу.

За результатами пошукових досліджень встановлено, що при збродженні сусла із сорго з додаванням цукровмісної сировини (меляса) із вмістом сухих речовин від 24 до 28 % питома швидкість росту становила $0,36 \text{ год}^{-1}$ за початкової концентрації дріжджів $1,45 \times 10^6 \text{ кл./см}^3$.

Встановлено, що рН суміші при бродінні певний час залишався у межах 4,2...4,3, а за 20 годин знижувався нижче 4,0. Швидкість накопичення етанолу

збільшувалась пропорційно зменшенню вмісту сухих речовин. При цьому спостерігали подовження тривалості бродіння за початкової концентрації сухих речовин у суслі 25...30 % у порівнянні з 20 %-ним. Біомаса дріжджів 160 млн/см³ була отримана за зниження місту сухих речовин 5,0 %. Тривалість дріжджогенерування становила 6...7 годин.

На рис. 3.5 зображено динаміку накопичення етанолу у суслі на основі цукрового сорго за початкового вмісту сухих речовин 5...30 % із використанням виробничих дріжджів за визначеними параметрами і початкового вмісту дріжджових клітин у виробничих дріжджах 150 млн/см³ і концентрації спирту 3 % об.

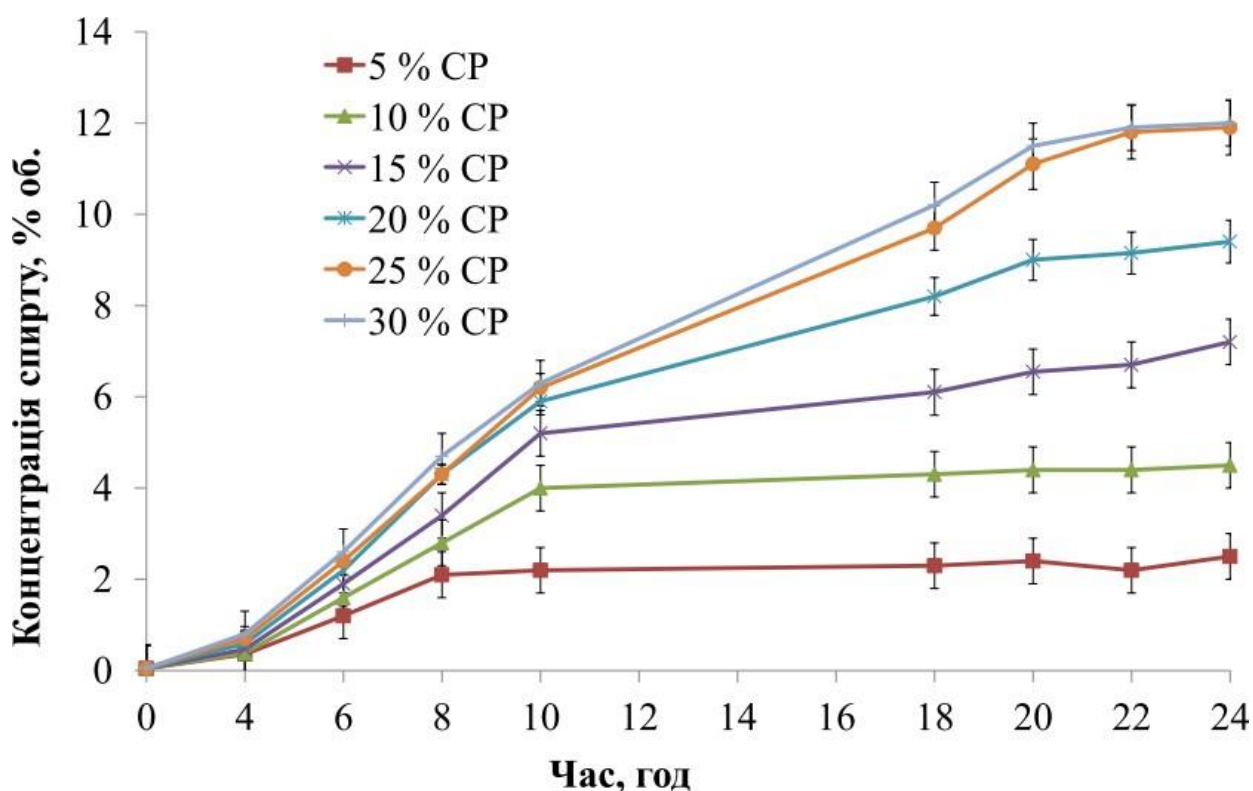


Рисунок 3.5 – Динаміка вмісту спирту при зброджуванні сусла

Спостерігали збільшення вмісту етанолу у процесі бродіння. У суслі концентрацією 5 % СР вміст спирту за 24 годин був найменшим, а за концентрації 25 та 30 % найбільшим. Вміст спирту у зразках зрілої бражки із сусликом концентрацією 20, 15 та 10 % мали відповідну тенденцію до збільшення.

Таким чином, оптимальним вмістом сухих речовин у початковому соргоцукровому суслі із використанням дріжджів Deltaferm® AL-18 слід вважати 20...25 %.

Необхідно зазначити, що за низьких концентрацій сухих речовин ймовірно мало місце переважно накопичення біомаси дріжджів, ніж накопичення біоетанолу, особливо на початку зброджування сусла, що посилюється підвищеною концентрацією дріжджів та відсутністю у сорго інгібіторів росту.

Ці висновки підтверджуються досвідом виробництва біоетанолу у Бразилії. У цій країні 70...80 % спиртових заводів, що виробляють біоетанол з цукрової тростини використовують сусло з високою концентрацією дріжджових клітин за температури бродіння більше 30 °С протягом 6...10 годин із концентрацією етанолу у зрілій бражці біля 11 % об. [19].

Відомо, що перегонка зрілої бражки концентрацією спирту менше 7,5 % є неприйнятною, оскільки суттєво знижується продуктивність ректифікаційних установок, збільшуються витрати пари та втрати спирту. Тому сусло повинно мати вміст сухих речовин не менше 20 %. Результати наших досліджень відповідають цим вимогам і передбачають концентрацію сусла 25 % СР.

Показники зрілої бражки, отриманої із використанням сусла із сорго сорту РМ 226 концентрацією 25 %, виробничих дріжджів Deltaferm® AL-18 із використанням азотного та фосфорного живлення наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники зрілої бражки

Показник	Вміст
Незброджені цукри, г/100 см ³	1,03
Титрована кислотність, град.	1,1
рН, од.	4,5
Вміст спирту, % об.	10,6

Встановлено, що вміст спирту у зрілій бражці відповідав нормативним вимогам. Однак, висока кислотність свідчить про необхідність удосконалення технології оброблення сировини для забезпечення зменшення вмісту незброджених цукрів або організації виробництва кормових продуктів на основі відходів.

3.4. Розроблення удосконаленої технологічної схеми приготування зрілої бражки із цукрового сорго

Апаратурно-технологічна схема переробки стебел цукрового сорго окремо та в суміші з мелясою бурякоцукровою зображена на рис. 3.6. Розроблена схема передбачає надходження на підприємство очищених від волоті та листя стебел цукрового сорго автотранспортом 1. Стебла вивантажують на вальцевий багатокорпусний прес 3 із вбудованим подрібнювачем стебел 2 перед вальцями. Стебла можуть надходити на завод і вже подрібненими. Вичавлений сік через фільтр грубої очистки потрапляє самопливом у приймальні збірники 4 та 5, далі насосом 6 перекачується у приймальні збірники для нативного соку 7. На наступній стадії сік сорго для температурної коагуляції надходить до підігрівачів 8, де нагрівається гострою парою до температури кипіння. У подальшому для охолодження сік надходить до теплообмінника 9 і перекачується на стадію декантації в апарати відстоювання 10.

Відстояні верхні шари соку можуть направлятися безпосередньо на дріжджогенерування в апарати чистої культури дріжджів (після стерилізації) або в дріжджанки чи на головну ферментаційну батарею. Для зберігання соку інша його частина може потрапляти на трикорпусну вакуум-випарну установку 12, де сік випаровується до потрібного вмісту сухих речовин, надходить у збірник для зберігання 14 та використовується після розведення як головне сушло підвищеної концентрації. Для того щоб, у теплий період не доводилося концентрувати соргоцукровий сік для підвищення густини середовища, що зброджується, завод може мати відповідний запас бурякоцукрової меляси та використовувати її для підвищення вмісту сухих речовин у суслі до нормативного значення. На апаратурно-технологічній схемі лінія переробки меляси інтегрована із соргоцукровою.

Осад, який утворюється у декантаторах 10, може надходити на центрифугу 15, де відокремлюється від соку. Сік надходить у збірник для очищеного соку 11 та на переробку, а осад на корм худобі чи як добриво. Також осад із декантаторів можна спрямовувати зворотно до вальцевого пресу 3 та повторно відтискати сік.

Враховуючи високу швидкість осідання осаду соку цукрового сорго після температурної коагуляції є можливість використання декантаторів у циклічному періодичному режимі – заповнюється повністю один декантатор, витримується 30 хвилин, нижній шар осаду зливається через нижній трубопровід на центрифугу, а решта соку зливається (перекачується) таким же чином у збірник очищеного соку 11.

Для забезпечення тривалого зберігання соку пропонується його упарювання на трикорпусній вакуум-випарній установці, що забезпечує збільшення вмісту сухих речовин і попереджає розвиток сторонньої мікрофлори

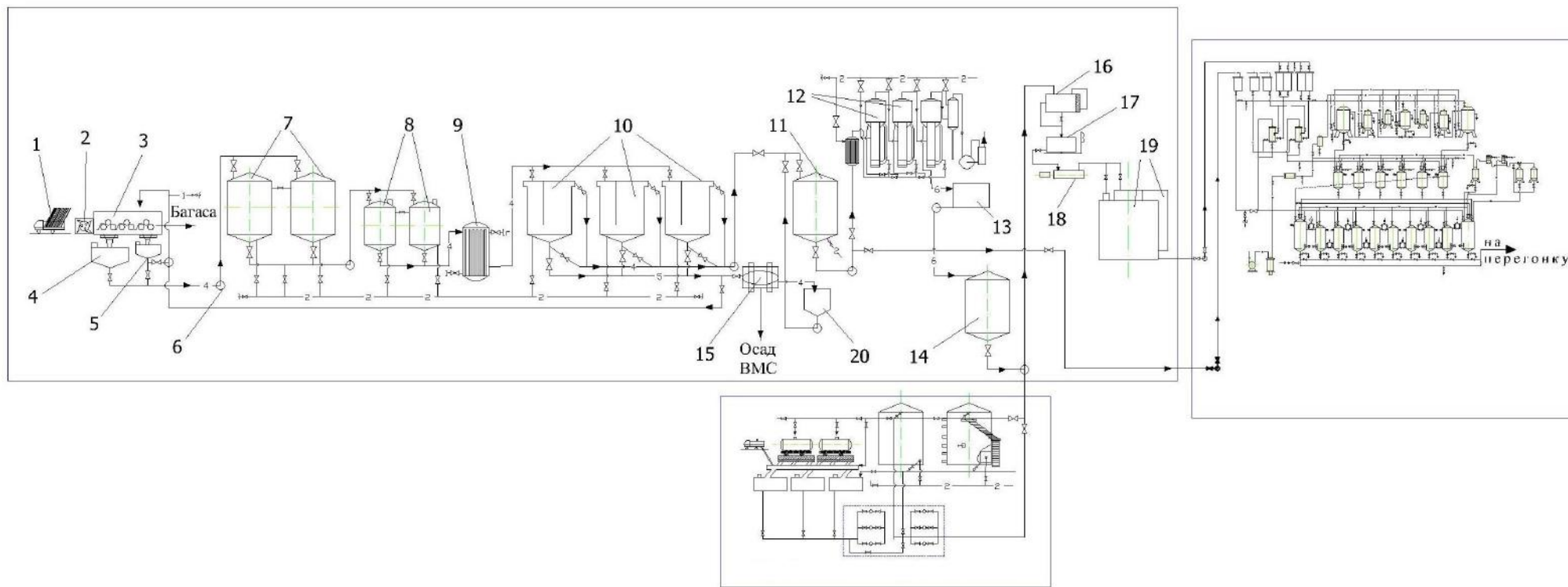


Рисунок 3.6 – Апаратно-технологічна схема переробки стебел цукрового сорго та зброджування суслу із використанням меляси бурякоцукрової

3.5 Висновки до розділу 3

1. Для використання у виробництві біоетанолу рекомендовано сорт сорго РМ 226.
2. Додавання карбаміду суттєво впливає на зниження вмісту сухих речовин у суслі та збільшення кількості дріжджових клітин у процесі дріжджегенерування. Рекомендовано внесення карбаміду у кількості 0,18 %.
3. Внесення ортофосфорної кислоти не має суттєвого впливу при дріжджегенеруванні, однак може бути доцільним на стадії зброджування сусла.
4. Рекомендовано використання сусла на основі сорго концентрацією 20...25 %, що забезпечує нормативний вміст спирту у зрілій бражці.
5. У технології біоетанолу на основі сорго ефективними є використання сухих дріжджів Deltaferm® AL-18.
6. За результатами проведених досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему приготування зрілої бражки для виробництва біоетанолу із використанням сорго.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Підбір сировини, її підготовка та приготування сусла є визначальними у технології біоетанолу. Важливим є процес зброджування сусла, що передбачає біотрансформацію вуглеводів у етиловий спирт та побічні і вторинні продукти бродіння, зокрема вищі спирти. Вміст вищих спиртів у бражці є важливим з огляду характеристики біоетанолу як палива.

Визначали вплив температури ферментування вуглеводів цукрового сорго на процес накопичення вищих спиртів.

Із вторинних продуктів у зрілій бражці переважають вищі спирти. За кількістю їх вмісту досліджували вплив температури від 24 до 36 °С. Для математичного моделювання та побудови функції поліному 2-го порядку задавали отримані експериментальні величини у вигляді матриці – табл. 4.1. Тривимірне зображення функції зображено на рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вплив температури на накопичення вищих спиртів

Температура, °С (X1)	24	26	28	30	32	34	36
Час культивування, год (X2)	44	38	35	24	22	22,0	21
Вміст вищих спиртів, мг/л (Y)	618	705	681	639	524	441	309

Для математичного моделювання використали лінійний регресійний аналіз із 6-ма незалежними змінними. Регресійний аналіз лінійного рівняння можна представити у вигляді послідовності наступних операцій:

- 1) складаємо X-матрицю умов дослідів та Y-матрицею спостережень;
- 2) будуємо матрицю X*, транспоновану до X-матриці;
- 3) обчислюємо матрицю множення X*×X;
- 4) знаходимо матрицю (X*×X)⁻¹, зворотній матриці X*×X;
- 5) обчислюємо матрицю множення X*×Y;
- 6) визначаємо коефіцієнти рівняння регресії. Оцінка рівняння регресії

має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2$$

Вводимо наступні позначення: $x_0=1$; $x_3=x_1 \cdot x_2$; $x_4=x_1^2$; $x_5=x_2^2$. З

урахуванням введених нами позначень рівняння приймає наступний вигляд

$$y = b_0 \cdot x_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5$$

Створена матриця на основі табл. 4.1 та математичних перетворень зображена на рис. 4.1. Розрахунки проводили в програмі Mathcad 14M035.

№ досл.	X0	X1	X2	X3	X4	X5	Y
	"=1	"=Температрi	"=Час культ.	"=X1·X2	"=X1·X1	"=X2·X2	"=Вмiс спирт.
1	1	24	44	1056	576	1936	618
2	1	26	38	988	676	1444	705
3	1	28	35	980	784	1225	681
4	1	30	24	720	900	576	639
5	1	32	22	704	1024	484	524
6	1	34	22	748	1156	484	441
7	1	36	21	756	1296	441	309

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 24 & 44 & 1056 & 576 & 1936 \\ 1 & 26 & 38 & 988 & 676 & 1444 \\ 1 & 28 & 35 & 980 & 784 & 1225 \\ 1 & 30 & 24 & 720 & 900 & 576 \\ 1 & 32 & 22 & 704 & 1024 & 484 \\ 1 & 34 & 22 & 748 & 1156 & 484 \\ 1 & 36 & 21 & 756 & 1296 & 441 \end{pmatrix}$$

$$Y := \begin{pmatrix} 618 \\ 705 \\ 681 \\ 639 \\ 524 \\ 441 \\ 309 \end{pmatrix}$$

Рис. 4.1 – Матриця результатiв експериментiв та планування.

Стадiї отримання регресiї 2, 3 та 5 зображенi на рис. 4.2. Стадiї 4 та 6 зображенi на рис. 4.3.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 24 & 26 & 28 & 30 & 32 & 34 & 36 \\ 44 & 38 & 35 & 24 & 22 & 22 & 21 \\ 1.056 \times 10^3 & 988 & 980 & 720 & 704 & 748 & 756 \\ 576 & 676 & 784 & 900 & 1.024 \times 10^3 & 1.156 \times 10^3 & 1.296 \times 10^3 \\ 1.936 \times 10^3 & 1.444 \times 10^3 & 1.225 \times 10^3 & 576 & 484 & 484 & 441 \end{pmatrix}$$

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 7 & 210 & 206 & 5.952 \times 10^3 & 6.412 \times 10^3 & 6.59 \times 10^3 \\ 210 & 6.412 \times 10^3 & 5.952 \times 10^3 & 1.752 \times 10^5 & 1.991 \times 10^5 & 1.834 \times 10^5 \\ 206 & 5.952 \times 10^3 & 6.59 \times 10^3 & 1.834 \times 10^5 & 1.752 \times 10^5 & 2.273 \times 10^5 \\ 5.952 \times 10^3 & 1.752 \times 10^5 & 1.834 \times 10^5 & 5.197 \times 10^6 & 5.258 \times 10^6 & 6.122 \times 10^6 \\ 6.412 \times 10^3 & 1.991 \times 10^5 & 1.752 \times 10^5 & 5.258 \times 10^6 & 6.278 \times 10^6 & 5.197 \times 10^6 \\ 6.59 \times 10^3 & 1.834 \times 10^5 & 2.273 \times 10^5 & 6.122 \times 10^6 & 5.197 \times 10^6 & 8.329 \times 10^6 \end{pmatrix}$$

$$X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 3.917 \times 10^3 \\ 1.143 \times 10^5 \\ 1.209 \times 10^5 \\ 3.409 \times 10^6 \\ 3.388 \times 10^6 \\ 4.02 \times 10^6 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4.2 – Етапи розрахункiв: А – транспонована матриця X^T ; Б та В – перемноження транспонованої матрицi на вiдповiдно вихiднi матрицi умов (X) та спостережень (Y).

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 2.354 \times 10^5 & -1.028 \times 10^4 & -5.928 \times 10^3 & 132.631 & 110.61 & 35.312 \\ -1.028 \times 10^4 & 453.958 & 251.374 & -5.672 & -4.952 & -1.467 \\ -5.928 \times 10^3 & 251.374 & 159.868 & -3.514 & -2.613 & -0.995 \\ 132.631 & -5.672 & -3.514 & 0.078 & 0.06 & 0.022 \\ 110.61 & -4.952 & -2.613 & 0.06 & 0.055 & 0.015 \\ 35.312 & -1.467 & -0.995 & 0.022 & 0.015 & 6.367 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

$$(X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) = \begin{pmatrix} -1.801 \times 10^3 \\ 111.821 \\ 101.941 \\ -1.109 \\ -2.06 \\ -1.236 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4.3 – Етапи розрахункiв: А – обернена матриця; Б – розрахунок коефiцiєнтiв рiвняння регресiї.

Отримавши коефiцiєнти рiвняння набуває вигляду полiному 2-го порядку. Функцiя залежностi кiлькостi утворених вищих спиртiв вiд температури та

тривалості культивування набуває вигляду, а поверхня функції зображена на рис. 4.4.

$$f(t, \tau) := -1.801 \cdot 10^3 + 111.821 \cdot t + 101.941 \cdot \tau - 1.109 \cdot t \cdot \tau - 2.06 \cdot t^2 - 1.236 \cdot \tau^2$$

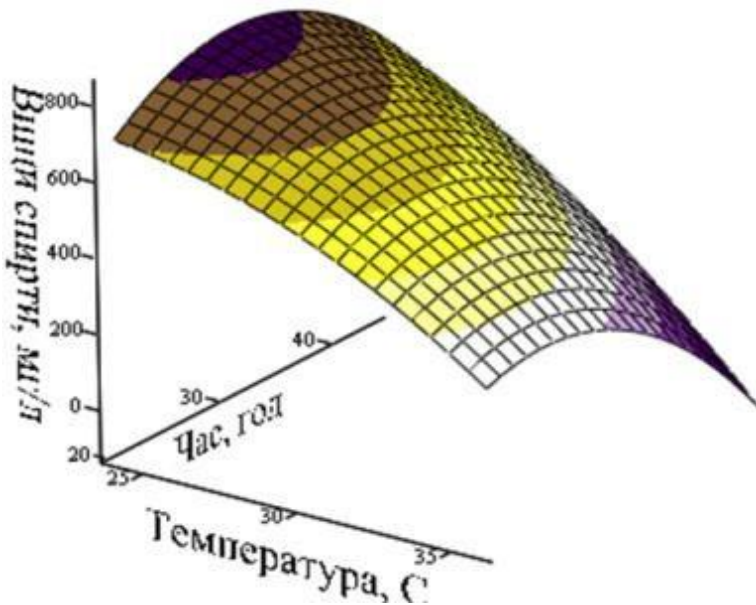


Рисунок 4.4 – Поверхня функції $f(t, \tau)$. Функція $f(t, \tau)$ в заданому діапазоні з точністю 0,7 %.

Аналіз результатів табл. 4.1 та рис. 4.4 показує, що максимальна кількість вищих спиртів утворюється при температурах близьких до 25 °С, проте це може гальмувати загальну швидкість бродіння та призведе до необґрунтованого охолодження бродильного апарату. Кількість спиртів в діапазоні температур 30...31 °С може задовольнити даний процес. Більш швидке зменшення кількості вищих спиртів спостерігалось за температур 34 °С і вище.

Таким чином, для найбільшого накопичення вищих спиртів слід вважати температуру 25...31 °С.

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Виробництво біоетанолу передбачає використання відновлювальної високоенергетичної сировини. В останні роки спостерігається стійка тенденція нарощування обсягів виробництва біопалива в Європі та інших країнах.

Україна має достатньо запасів такої сировини. Серед біоенергетичних культур науковці виділяють цукровмісну та крохмалевмісну сировину. Переробка цієї сировини можлива на спиртових заводах України.

В Україні є 78 спиртових заводів, річна сумарна потужність яких становить біля 60 млн дал на рік. Потреба внутрішнього споживання спирту етилового становить 23 млн дал. Експортується біля 7,5 млн дал. Завантаженість потужностей спиртових заводів України становить близько 50 %.

Україна не має чіткої стратегії та політики щодо забезпеченості відновлювальними джерелами енергії і не враховує безпеку України на ринку нафтопродуктів.

В Україні діють нормативно-законодавчі акти з виробництва біоетанолу: Закон України "Про альтернативні види палива" № 1391-XIV, від 14.01.2000 р.; Закон України "Про охорону атмосферного повітря" № 2707-XII, 16.10.1992 р.; Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо оподаткування, виробництва та обігу підакцизних товарів" № 195-IV від 24.10.2002 р.; Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання виробництва бензинів моторних сумішевих" № 3502-IV від 23.02.2006 р.; Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива" № 1391-VI від 21.05.2009 р.; Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження програми "Етанол" № 1044 від 04.07.2000 р.; Наказ Мінагрополітики "Про затвердження Програми розвитку спиртової галузі на 2007-2011 роки" № 738 від 16.10.2007 р.; Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження переліків підприємств з усіма стадіями технологічного процесу з виготовлення нафтопродуктів, що мають право виробляти бензини моторні сумішеві із вмістом етил-трет-бутилового ефіру або з добавками на основі біоетанолу, та державних спиртових заводів, що мають право на виробництво біоетанолу" № 1375 від 05.12.2007 р.; Постанова Кабінету Міністрів України "Про утворення Державного підприємства спиртової та лікєро-горілчаної промисловості" № 672 від 28.07.2010 р.; Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про затвердження плану заходів щодо виконання зобов'язань в рамках Договору про заснування Енергетичного Співтовариства" № 733-р від 03.08.2011 р.; Податковий кодекс України № 2755-VI від 02.12.2010 р.; Указ Президента України "Про організацію виробництва бензинів моторних сумішевих" № 688/99 від 22.06.1999 р. та інші нормативні документи.

Проте, їх виконання стримується неналежним фінансуванням та відсутністю Державної цільової програми, яка б забезпечувала концептуальні підходи та практичні рішення у досягненні наміченого.

Важливим є приватизація спиртових підприємств, що забезпечує можливість залучення інвестицій у існуючу матеріально-технічну базу та зумовлює збільшення випуску готової продукції. При цьому розроблення технологій біоетанолу із зісних джерел поновлювальної сировини має важливе значення. Найбільш перспективними є використання цукрових буряків та злакових культур. Використання сорго у технології біоетанолу є проблемним питанням, оскільки нативний сік сорго містить невелику кількість зброджуваних речовин. Однак слід зазначити, що у поєднанні із іншими цукровмісними відходами або додатково внесеною цукровмісною сировиною сок сорго може використовуватись як сировина для виробництва біоетанолу.

Соціально-економічна спрямованість роботи забезпечується можливістю впровадження безвідходної технології перероблення сорго із виробництвом поновлювального джерела енергії – біоетанолу.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. (Закон України “Про охорону праці” від 14.10.1992 №2694-12.) Закон України “Про охорону праці” від 14.10.1992 №2694-12 визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [28].

Чинне законодавство передбачає систему гарантій щодо охорони здоров'я працівників на виробництві. Згідно зі ст. 43 Конституції України кожен має право на належні, безпечні й здорові умови праці. Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється.

Відповідно до ст. 13 закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;

- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень, умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та

за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі – акти підприємства), та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткування та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відносно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;

- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

Згідно зі ст. 153 КЗпП працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для оточуючих його людей і навколишнього середовища. Факт наявності такої ситуації підтверджується фахівцями з охорони праці підприємства за участю представника профспілки й уповноваженого трудового колективу, а за період простою з цих причин не з вини працівника за ним зберігається середній заробіток [28].

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії.

Санітарні умови

На умови праці значний вплив справляють санітарно-гігієнічні умови. До цієї групи факторів належать: температура повітря, його вологість, швидкість руху, забрудненість різними домішками та бактеріями, загазованість, освітлення, виробничий шум і вібрації.

Основними чинниками шкідливості є шум, який створюють рідини, що рухаються по трубопроводах, а також шкідливі гази, що виділяються із спиртовловлювача; підвищена вологість повітря-85% (дріжджове відділення) підвищена загазованість повітря робочої зони вуглекислим газом, що перевищує ГДК (0,5 % об.), пари кислот, що використовуються для підкислення живильних середовищ; пари спирту, що виділяються з дріжджо-генераторів, бродильних апаратів.

Сірчана кислота надзвичайно токсична речовина. Її пари уражають дихальні шляхи, шкіру, слизові оболонки, викликають утруднення дихання . Гранично допустима концентрація парів сірчаної кислоти в повітрі робочої зони виробничих приміщень – 1 мг/м³.

Для спирту ГДК становить 1000 мг/м³. ГДК карбаміду (джерело живлення дріжджів) 10 мг/м³.

Мікроклімат виробничих приміщень

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють сукупність фізичних факторів виробничого середовища (температура, вологість, рухомість повітря і теплове випромінювання від навколишніх поверхонь обладнання і відкритих джерел), що впливають на тепловий стан організму. На стан виробничого мікроклімату можуть впливати: характер технологічного процесу, умови повітрообміну у приміщення, метеорологічні зовнішньої атмосфери, період року, доби.

Основою профілактики несприятливої дії виробничого фактору на організм працюючих є його гігієнічне нормування, використання засобів індивідуального та колективного засобів захисту, проведення періодичних медичних оглядів.

Мікроклімат нормується за допустимими нормами, тому що в даному відділенні спостерігається тепловиділення при дріжджогенеруванні та бродінні (температура дріжджогенераторів і бродильних апаратів 28...30°C).

Для працівників даних відділень передбачено такі оптимальні мікрокліматичні умови:

Для апаратників що виконують процеси приготування дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини категорія робіт – Па.

- оптимальна температура повітря 18...20°C, допустима: на постійних робочих місцях – 17...23°C, на непостійних робочих місцях – 15...24°C, оптимальна відносна вологість повітря 40...60% (допустима – не більше 75%), оптимальна швидкість руху повітря 0,2 м/с (допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше 0,3 м/с) в холодну пору року;

- оптимальна температура повітря 21...23°C, допустима: на постійних робочих місцях – 27...30°C, на непостійних робочих місцях – 29...31°C, оптимальна відносна вологість повітря 40...60% (допустима – не більше 75%), оптимальна швидкість руху повітря 0,3 м/с (допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше 0,4 м/с) в теплу пору року.

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату у відділеннях приготування виробничих дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини передбачена штучна – загально-обмінна, припливно-витяжна вентиляція. Опалення не передбачене в зв'язку з великим тепловиділенням.

Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує норми. До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих належать:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т. ін.;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами, за яких можливий безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;

- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції;
- нормальне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очищення викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Основними небезпечними чинниками на робочому місці працівника відділення приготування дріжджів, є підвищена концентрація вуглекислого газу, що виділяється в процесі бродіння дріжджів і, має питому вагу більше кисню, накопичується в низьких місцях, траншеях, приямках. При контакті працівника з цими зонами, відсутність кисню (який не можна визначити на запах, смак або колір) призводить до кисневого голодування, миттєвої втрати свідомості і при відсутності своєчасної допомоги, смерті.

Приміщення дріжджового відділення відноситься до газонебезпечного. Повітряне середовище виробничого приміщення дріжджового відділення перевіряється не рідше 1 разу на місяць на утримання CO₂, при наявності якого в повітрі робочої зони більш 0, 5 %, а оксиду вуглецю – 20 мг/м³ необхідно вжити заходів по підвищенню ефективності роботи припливно-витяжної вентиляції і провітрити приміщення. Відтік газу повинний виконуватися вентиляцією з нижніх точок приміщення.

Вуглекислий газ, що виділяється в результаті бродіння, уловлюється спирто-уловлювачем і потім як правило використовується для насичення напоїв.

Шум, вібрація

Дія шуму на організм працівника пов'язана головним чином із застосуванням високопродуктивного обладнання, механізацією трудових процесів, у тому числі переходом на великі швидкості при експлуатації різних агрегатів. Джерелами шуму в цьому випадку можуть бути двигуни, насоси, компресори, пневматичні та електричні інструменти, бункери та інші установки, що мають рухомі деталі.

Шум є одним із найбільш розповсюджених шкідливих факторів виробничого середовища. Під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці.

Встановлені допустимі норми шуму для відділень приготування дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини. Згідно з ГОСТ 12.1.003-83 шум не повинен перевищувати 80 дБ.

Для зменшення шуму на виробництві, використовують звукоізоляцію, екранування і глушники шуму, індивідуальні засоби захисту від шуму. Застосування ЗІЗ дозволяє попередити розлад не тільки органів слуху, а й нервової системи від дії надмірного подразника.

Норми вібрації встановленні ДСН 3.3.6-039-99.

Освітлення

У відділеннях приготування виробничих дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини, використовується природне та штучне освітлення. Вимоги щодо освітлення виробничих приміщень встановлені [ДБН В.2.5-28-2006](#)

У відділенні повинні бути вжиті заходи щодо максимального використання природного освітлення. Світові отвори не повинні загромаджуватись виробничим обладнанням тарою, як усередині, так і зовні, атакож забороняється заміна скла фанерою, картоном.

Штучне освітлення здійснюється за допомогою світильників. Крім робочого штучного освітлення є аварійне освітлення, яке дозволяє при відключенні робочого освітлення продовжувати обслуговування окремих видів обладнання і безпечно його експлуатацію, а також безпечно евакуацію людей.

Для апаратників що виконують роботи у відділеннях приготування виробничих дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини, характеристики зорової роботи: груба (дуже малої точності) – VI.

Освітленість, лк (при комбінованому та загальному освітленні газорозрядними лампами) та при лампах розжарювання – 150/75 Лк відповідно.

Контроль освітленості у приміщеннях та на робочих місцях повинен виконуватись не рідше одного разу на 12 місяців та після реконструкції освітлювальних установок.

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

До загальних і спеціальних побутових улаштувань належать гардеробні, душові, умивальники, кімнати особистої гігієни жінки, пункти харчування, місця для паління, приміщення для прання, хімічної чистки і сушки, ремонту робочого одягу і взуття, приміщення для обігріву працюючих.

Згідно санітарних норм ([ДБН В.2.5-28-2006](#)) щодо забезпечення працівників відділень приготування дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини санітарно-побутовими приміщеннями, рекомендовано розміщувати: 6 жінок / 7 чоловіків – на одну душову сітку; 10 чоловік – на один кран; роздільні душові, по одному відділенню кожна, оскільки у відділеннях проводяться процеси, що потребують особливих умов до додержання чистоти.

Гардеробні повинні бути обладнані лавами 0,3 м. завширшки. Умивальники розміщують у гардеробних або суміжних з ними приміщеннях. Крани в умивальниках встановлюють із розрахунку один кран на 7...20 чол. Для чоловіків та жінок умивальники влаштовують у різних приміщеннях. Кожен індивідуальний умивальник повинен бути обладнаний змішувачем з підключенням гарячої та холодної води. Душові обладнують у приміщення, суміжних з гардеробними.

Забороняється використання побутових приміщень не за призначенням. Усі побутові приміщення на видному місці повинні мати укомплектовані аптечки. Дезинфекцію побутових приміщень необхідно робити не рідше 1 разу на місяць.

Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки передбачені: заземлення, захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин, захисні пристрої блокування, застережна сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати. Також в

проекті передбачено захист обладнання від короткого замикання та перевантаження, виконаний автоматичними вимикачами.

До основних та додаткових засобів індивідуального захисту на підприємстві відносяться:

- ізолювальні кліщі;
- діелектричні рукавички;
- діелектричне взуття.

Оскільки дані відділення мають підвищену вологість, велика кількість заземленого устаткування, воно ставиться до категорії особливо небезпечних ізоляції на корпусах електродвигунів, технологічного устаткування, електропроводці ; при улученні вологи на пускову апаратуру, при торканні до відкритих струмоведучих частин або електропроводів під напругою.

Електронебезпека виробничих приміщень даного відділення відноситься до третьої групи. У відповідності з цим встановлена безпечна напруга 12В, промислова частота 50 Гц, струм – постійний. Проводка виконана ізолюваними кабелями. Електродвигуни і пускові пристрої до них в відділенні зброджування крохмалевмісної сировини, встановлюються в закритому виконанні. Електроустаткування у відділення приготування виробничих дріжджів встановлюється тільки із вологозахистом.

Для попередження прямих грозових ударів, відділення приготування виробничих дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини забезпечується блискавкозахистом. Захист від прямих ударів блискавки здійснюється установкою стержневих блискавковідводів, які складаються з блискавкоприймача, заземлювача і струмовідводу.

Вимоги техніки безпеки

Передбачено неможливість виконання робіт на несправному обладнанні, при несправності контрольно-вимірювальних приладів, захисних огорожень, блокувань пристроїв, електроустаткування, пускової апаратури, кнопок і важелів керування автоматичного блокування роботи обладнання.

Люди, що працюють з токсичними кислотами забезпечуються спецодягом та засобами особистого захисту.

Для попередження падіння з висоти передбачені огороження площадок і містків, спеціальні підставки для обслуговування ємностей, машин і іншого устаткування відділення приготування виробничих дріжджів та зброджування крохмалевмісної сировини.

Перед початком роботи, працівник повинен:

- перевірити справність пускової апаратури, заварювальної машини, насосів на холостому ході, справність блокування кришки заварювальної машини шляхом її відкриття. При спрацьовуванні блокування пуск двигуна після закриття кришки повинний бути передбачений тільки пускачем. Вмикання його блокуванням не допускається;

- візуально переконатися в наявності, справності і надійності огорожень обертових частин, передач і небезпечних зон устаткування, цілісності і надійності кріплення провідників заземлення. Переконатися в наявності написів на пускачах;

- ввімкнути і переконатися в ефективності роботи припливно-витяжної вентиляції, піднеси паперову стрічку до усмоктувального повітропроводу і справності світильників;

- перевірити справність сходиць, огорожень, площадок, відсутність сторонніх предметів, розливів рідин і інших речовин на шляхах переміщення.

- при виявленні несправностей устаткування, не приступаючи до роботи, повідомити майстра або начальника зміни. Робити самостійно ремонт, налаштування устаткування забороняється.

- перед вмиканням у роботу устаткування необхідно переконатися, що при його пуску не виникне небезпека для інших робітників, що можуть виявитися в небезпечних зонах.

Пожежна безпека

Метою пожежної безпеки будь-якого об'єкта є запобігання пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а в разі виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Заходи з пожежної безпеки передбачають наступне:

- системи вентиляції та кондиціонування повітря, що відповідає протипожежним вимогам;

- на території розміщені стенди із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, а також знаки місць розташування первинних заходів пожежогасіння.

Обов'язковим є оснащення виробничих приміщень первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, пожежним інвентарем (покривалами з негорючого теплоізоляційного полотна, ящиками з піском, лопатами); пожежним інструментом (гаки, ломи, сокири, тощо). Необхідно встановити на території підприємства пожежні щити. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому слід включити: вогнегасники – 4, ящик з піском – 1, покривало – 1, гаки – 4, лопати – 3, сокири – 2, ломи – 2. Є в наявності пожежний водопровід з гідрантами і пожежними викидними рукавами.

Задані проектом виробничі приміщення відносяться до категорії Д. Вогнестійкість споруди – І. Технологічне устаткування за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а апарати даного відділення повинні бути герметичними, тому що спирт, який виділяється при зброджуванні – легкозаймистий ($t_{\text{спал спирту}}=12^{\circ}\text{C}$).

Для приготування виробничих дріжджів передбачено хімічно-пінні вогнегасники ВП-14, ВП-9ММ; для відділення зброджування сусла – порошкові-ВП-1, ВПС-6, ВПС-10.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Відповідно до Закону України «Про Кодекс цивільного захисту України» визначаються організаційні і правові основи захисту громадян України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, природного середовища від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Основним завданням цивільного захисту при виникненні надзвичайних ситуацій є захист населення. Захист населення — це створення необхідних умов для збереження життя і здоров'я людей у надзвичайних ситуаціях. Головна мета захисних заходів – уникнути або максимально знизити ураження населення.

7.1 Розроблення заходів для захисту персоналу при надзвичайних ситуаціях

До системи захисту населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать: інформація та оповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, екологічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самодопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях.

Біологічний захист передбачає своєчасне виявлення біологічного зараження, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів. Біологічний захист передбачає проведення колективних та індивідуальних заходів захисту; запровадження карантину та обсервації; знезаражування осередку уражених людей, своєчасну локалізацію зони біологічного ураження; проведення екстреної та специфічної профілактики; запровадження та дотримання проти епідеміологічного режиму роботи підприємства [30].

Радіаційний та хімічний захист передбачає виявлення та оцінювання радіаційної та хімічної обстановки, організацію та проведення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію і проведення знезаражування.

Головним і невід'ємним елементом всієї системи захисту населення і територій в надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру є інформація та оповіщення. Зміст інформації має містити відомості про надзвичайні ситуації, що прогнозуються або вже виникли, з визначенням їхньої класифікації, меж поширення і наслідків, а також заходи реагування [5]. Відповідальним за організацію оповіщення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації і постійне інформування населення про становище є органи управління захисту підприємства. Укриття населення в захисних спорудах — це комплекс заходів із завчасним будівництвом захисних споруд, а також пристосуванням наявних приміщень для захисту населення та підтримання їх у готовності до використання.

До захисних споруд належать:

- сховища,
- протирадіаційні укриття (ПРУ),

- швидко споруджувані сховища і найпростіші укриття у вигляді відкритих і перекритих щілин, траншей.

Сховища – це підземні спеціально збудовані захисні споруди з герметичних конструкцій, з міцними стінами, перекриттями, герметичними дверима і обладнані всім необхідним для життєзабезпечення людей.

Сховища призначені для захисту людей від усіх уражаючих факторів ядерної та звичайної зброї; радіоактивних речовин (РР), хімічних отруйних речовин (ХОР), сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) і бактеріальних засобів; обвалів і ураження уламками будівель, що руйнуються; дії високих температур і отруєння продуктами горіння у разі масових пожеж; дії водяних потоків у зонах катастрофічного затоплення (спеціальні сховища). Відповідно до вимог «Норм проектування ІТЗЗ» усі захисні споруди повинні використовуватися в мирний час для потреб народного господарства й обслуговування населення, що істотно підвищує ефективність капітальних вкладень. Вони можуть використовуватися під приміщення: культурного і санітарно-побутового обслуговування населення (навчальні кабінети, гардероби, душові); виробничі — у тих випадках, якщо технологічні процеси не супроводжуються виділенням шкідливих для людей парів і газів і не вимагають природного освітлення; торгівлі і суспільного харчування; об'єктів спортивного призначення; складів різного призначення; гаражів для автомобілів тощо.

За місткістю (кількість людей, що можуть переховуватися) сховища поділяються на малі — від 150 до 600 чоловік, середні — від 600 до 2000 чоловік, і великі — більше 2000 (до 5000) чоловік.

За місцем розташування сховища можуть бути вбудовані (в підвальних приміщеннях будівель) і окремо побудовані. Приміщення сховищ поділяються на основні (приміщення для укриття людей, для пункту управління, медпункту) й допоміжні (приміщення для фільтровентиляційної установки і дизельних електростанцій, санвузла, зберігання харчових продуктів, тамбур-шлюзи, тамбури та ін.).

Система каналізації дає можливість відводити фекальні води в будинкову та дворову каналізацію. Санвузол обладнується окремо для чоловіків і жінок з розрахунку один унітаз на 75 жінок, один унітаз і один пісуар на 150 чоловіків.

Система опалення здійснюється системою опалювальних радіаторів чи гладких труб. Температурний режим вважається нормальним, у межах 0...30° С. У мирний час підтримується температура не вище +10° С. У сховищах, заповнених людьми, опалення вимикається.

Система електропостачання здійснюється від міської (об'єктової) електромережі, в аварійних випадках — від захищеної дизельної електростанції, розміщеної у сховищі.

Протирадіаційні укриття (ПРУ) — це герметичні захисні споруди, які забезпечують захист людей від зовнішнього іонізуючого випромінювання у разі радіоактивного зараження місцевості, світлового випромінювання, дії проникаючої радіації, крапельно-рідинних ХОР, частково — від хімічних та біологічних аерозолів [30].

Швидко споруджувані сховища будують для повного забезпечення населення міст захисними спорудами у разі виникнення надзвичайних ситуацій. За своїми захисними властивостями вони майже не поступаються ПРУ. Найпростіші укриття будують на 10-40 чол. До них належать відкриті та перекриті щілини (траншеї). Перекрита щілина з товщиною захисного шару 60 см послаблює дозу радіації в 50 разів.

Евакуація є найефективнішим, але складним організаційно і недешевим способом захисту людей у надзвичайних ситуаціях. Евакуація – це комплекс заходів для організованого вивезення (виведення) людей із районів (місць) та зон можливого впливу наслідків надзвичайних ситуацій, що загрожують життю і здоров'ю людей, та розміщення їх у безпечних районах (містах). Враховуючи обстановку, що склалась на час надзвичайної ситуації, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або незворотного характеру. Для планування, підготовки та проведення евакуації, приймання і розміщення населення створюються евакуаційні комісії, збірні евакуаційні пункти, проміжні пункти евакуації та приймальні евакуаційні пункти [5].

Збірні евакуаційні пункти (ЗЕП) призначені для збору і реєстрації населення, яке підлягає евакуації, для формування піших і транспортних колон та ешелонів, а також забезпечення відправлення їх на пункти посадки на транспортні засоби. Кожний ЗЕП має свій номер і за кожним з них закріплюється певна кількість об'єктів. Збірні, проміжні та приймальні евакуаційні пункти забезпечуються зв'язком з районними, міськими, районними у містах, сільськими, селищними об'єктовими евакуаційними комісіями, пунктами посадки на транспортні засоби, вихідними пунктами руху пішки з медичними і транспортними службами.

Сховища – це підземні спеціально збудовані захисні споруди з герметичних конструкцій, з міцними стінами, перекриттями, герметичними дверима і обладнані всім необхідним для життєзабезпечення людей.

Сховища призначені для захисту людей від усіх уражаючих факторів ядерної та звичайної зброї; радіоактивних речовин (РР), хімічних отруйних речовин (ХОР), сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) і бактеріальних засобів; обвалів і ураження уламками будівель, що руйнуються; дії високих температур і отруєння продуктами горіння у разі масових пожеж; дії водяних потоків у зонах катастрофічного затоплення (спеціальні сховища).

Відповідно до вимог «Норм проектування ІТЗЗ» усі захисні споруди повинні використовуватися в мирний час для потреб народного господарства й обслуговування населення, що істотно підвищує ефективність капітальних вкладень. Вони можуть використовуватися під приміщення: культурного і санітарно-побутового обслуговування населення (навчальні кабінети, гардероби, душові); виробничі — у тих випадках, якщо технологічні процеси не супроводжуються виділенням шкідливих для людей парів і газів і не вимагають природного освітлення; торгівлі і суспільного харчування; об'єктів спортивного призначення; складів різного призначення; гаражів для автомобілів тощо. За захисними властивостями від дії надлишкового тиску та коефіцієнтом ослаблення сховища класифікують на чотири класи.

До складу ЗЕП входять начальник ЗЕП, заступник начальника ЗЕП, медпункт, робочі групи реєстрації і обліку, формування ешелонів (колон), охорони громадського порядку, стіл довідок, кімната матері і дитини, комендант. Для зустрічі евакуйованих у приміську зону людей, обліку і відправлення їх у кінцеві пункти розміщення в сільських районах утворюються приймальні евакокомісії і приймальні евакопункти.

Проміжні евакуаційні пункти розгортаються на межах зон радіоактивного забруднення або хімічного зараження, а також у разі значної протяжності маршруту (до 100 км). Приймальні евакуаційні пункти розгортаються в пунктах висадки евакуйованого населення і призначаються для його зустрічі і відправлення до районів (пунктів) розміщення. В них здійснюється дозиметричний контроль, спеціальна обробка населення та знезараження одягу і транспортних засобів.

Приймальні евакопункти (ПЕП) розташовуються поблизу станцій (пристаней) висадки. До робочого апарату ПЕП входять групи зустрічі і тимчасового розміщення населення, обліку прибулих, відправки і супроводження, чергові по кімнаті матері і дитини, пост охорони громадського порядку, медпункт. Індивідуальний спосіб захисту передбачає застосування індивідуальних засобів захисту органів дихання, шкіри, а також медичних засобів захисту. До засобів захисту органів дихання належать протигази (ізолюючі, фільтруючі, цивільні, загальновійськові, дитячі), протигази та камери захисні дитячі, респіратори та найпростіші засоби (протипилова марлева маска, ватно-марлева пов'язка).

До засобів захисту шкіри відноситься захисний одяг (ізолюючі, фільтруючі) та повсякденний одяг. Засоби медичного захисту поділяються на радіозахисні засоби (радіопротектори, комплекси, адсорбенти); антидоти, синильної кислоти; протибактеріальні засоби; засоби часткової санітарної обробки; перев'язочні пакети, бинти і проти опікові пов'язки.

У захисті людини засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) мають винятково важливе значення, передусім, внаслідок можливості швидкого їхнього застосування при необхідності. Тому вони повинні бути у постійній готовності до застосування, а при виникненні надзвичайної ситуації (зараження атмосфери ОР, РР, БЗ, СДОР) використовуватися людиною негайно.

ЗІЗ є табельними, забезпечення ними передбачається табелями (нормами) оснащення залежно від організаційної структури формувань ЦО, і не табельні, як доповнення до табельних засобів або для зміни їх. За призначенням ЗІЗ поділяються на засоби захисту органів дихання, шкіри і медичні засоби. За принципом захисту вони бувають фільтрувальні та ізолювальні. До засобів захисту органів дихання належать протигази (фільтрувальні та ізолювальні), респіратори та найпростіші засоби захисту. До фільтрувальних ЗІЗ належать протигази, саморятувальники і респіратори. Крім цих засобів, використовуються і найпростіші засоби захисту — протипилова тканина, маска (ПТМ-1) та ватно-марлеві пов'язки (ВМП). Для дорослого населення призначені фільтрувальні протигази ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, для дітей — ДП-8, ДП-6М, ПДФ-Ш, ГДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД-4.

Респіратори використовуються для захисту органів дихання від радіоактивних речовин, ґрунтового пилу, бактеріальних засобів та різних шкідливих речовин і СДОР у вигляді парів і газів. До ізолювальні засоби захисту органів дихання належать автономні дихальні апарати, які забезпечують органи дихання людини дихальною сумішшю із балонів зі стиснутим повітрям чи киснем або за рахунок регенерації кисню за допомогою кисневмісних продуктів; шланговидихальні апарати, за допомогою яких чисте повітря подається до органів дихання по шлангу від повітродувок або від компресорних магістралей.

До ізолювальних протигазів з регенерацією кисню належать протигази ПП-4, ПП-46, ПП-5. До кисне ізолювальних належать кисне ізолювальні протигази КПП-8, ПП-4МК та інші. Крім того, до ізолювальних протигазів належать респіратори Р-30, «Урал-7» та ін., саморятувальники ШС-7М, ШС-20М та ін. Для захисту відкритих ділянок шкіри від потрапляння на них крапельнорідинних ХОР, збудників хвороб, радіоактивного пилу, а також частково від дії світлового випромінювання, використовуються фільтрувальні та ізолювальні засоби захисту [30].

До фільтрувальних засобів захисту шкіри належить комплект захисного фільтрувального одягу, а до ізолювальних легкий захисний костюм, загальновійськовий захисний комплект, загальновійськовий комплект.

Медичні засоби захисту – призначені для профілактики і надання допомоги населенню, запобігання ураженню або значного зниження його ступеня, підвищення стійкості організму до вражаючого впливу радіоактивних, отруйних речовин, СДОР і бактеріальних засобів. До медичних засобів захисту належать радіозахисні препарати, засоби захисту від впливу отруйних речовин (антидоти), протибактеріальні засоби — сульфаніламід, антибіотики, вакцини, виворотки. Означені засоби в основному входять в аптечки індивідуальні (АІ-2). Аптечка АІ-2 укомплектована засобами, призначеними для надання допомоги та взаємодопомоги при ураженнях, опіках, для зниження впливу небезпечних речовин та іонізуючого випромінювання.

У кожному гнізді аптечки розміщено певний засіб. Отже, на спиртзаводах повинні дотримуватися всі правила для уникнення надзвичайних ситуацій [5]. У разі виникнення надзвичайних ситуацій необхідно здійснити заходи щодо ліквідації негативних наслідків для збереження життя та здоров'я населення.

7.2 Оцінка інженерного захисту

Забезпечення надійного захисту робітників працюючої зміни в надзвичайних ситуаціях – один із основних шляхів підвищення стійкості роботи. В комплексі заходів по реалізації цього шляху важливе місце займають заходи по інженерному захисту робітників і службовців.

Інженерний захист робітників і службовців – це захист з використанням інженерних споруд: сховищ, ПРУ, простіших укриттів. Він досягається шляхом завчасного проведення інженерних заходів по будівництву і обладнанню захисних споруд з врахуванням умов розташування об'єкта і вимог будівельних норм і правил [5].

7.3 Висновки

Для надійного захисту робітників, службовців та членів їх сімей провадять такі заходи:

- завчасно будують захисні споруди на об'єкті (сховища) та в заміській зоні;
- створюють і підтримують у готовності системи сповіщення та зв'язку;
- забезпечують робітників та службовців засобами індивідуального захисту;
- проводять підготовку до евакуації у заміську зону;
- здійснюють навчання робітників, службовців та населення засобам захисту і діям за сигналами цивільної оборони.

Захисту в надзвичайних ситуаціях підлягає все населення з урахуванням чисельності і особливостей, що складають його основні категорії і групи людей на конкретних територіях.

Підготовку до дій для захисту населення в надзвичайних ситуаціях необхідно планувати і виконувати диференційовано за видами і ступенями можливої небезпеки на конкретних територіях і з урахуванням насиченості цих територій об'єктами промислового призначення, гідроспорудами і системами виробничої та соціальної інфраструктури, потужностей і розміщення потенційно небезпечних об'єктів, наявності захисних споруд, особливостей розселення жителів, кліматичних та інших місцевих факторів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами аналітичних досліджень визначено, що використання сорго у технології біоетанолу є перспективним напрямом розвитку спиртової галузі харчової промисловості. Застосування сорго у технології біоетанолу повинно передбачати раціональне зберігання сировини із плануванням термінів культивування.
2. Для виробництва біоетанолу рекомендовано використання сорту сорго РМ 226.
3. На стадії дріжджегенерації із використанням сухих дріжджів Deltaferm® AL-18 додавання карбаміду суттєво впливало на ріст біомаси дріжджів та зниження вмісту сухих речовин у суслі. Рекомендовано внесення карбаміду у кількості 0,18 %.
4. Внесення ортофосфорної кислоти на стадії дріжджегенерації не мало суттєвого впливу на накопичення дріжджових клітин, однак може бути доцільним на стадії зброджування сусла.
5. Рекомендовано використання сусла у технології біоетанолу на основі сорго концентрацією 20...25 %, що забезпечує нормативний вміст спирту у зрілій бражці.
6. Визначено доцільність упарювання соку із сорго для забезпечення його тривалого зберігання з подальшим приготуванням сусла необхідної концентрації, а також можливість використання сусла із нативного соку сорго та меляси бурякоцукрової.
7. За результатами проведених досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему переробки стебел цукрового сорго та зброджування сусла із використанням меляси бурякоцукрової.
8. Розроблено математичну модель виробництва біоетанолу за удосконаленою технологією.
9. Визначено соціально-економічну ефективність виробництва біоетанолу на основі сорго.
10. Розроблено рекомендації щодо охорони праці та цивільного захисту при переробці сорго для виробництва біоетанолу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пришляк В.М., Пришляк Н. В. Техніко-економічні та екологічні аспекти виробництва біоетанолу в Україні. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. №19. С. 219–226.
2. Долінський А.А., Ободович О.М. Реалії сьогодення та перспективи виробництва біоетанолу як компонента сумішевих палив. *Вісник Національної академії наук України*. 2019. № 11. С. 29–37. doi.org/10.15407/visn2019.11.029.
3. Jiang D., Hao M., Fu J., Liu K., Yan X. Potential bioethanol production from sweet sorghum on marginal land in China. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 220. P. 225–234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.294>.
4. ДСТУ 7166:2010 Біоетанол. Технічні умови [Чинний від жовтня 2003 р.]. Київ, 2010. 14 с. (Інформація та документація).
5. Федорченко Б. С. Виробнича собівартість енергетичних культур як основа формування ціни на біопальне. *Ефективна економіка*. 2013. № 8.
6. Mohapatra S., Ray C R., Ramachandran S. Bioethanol from biorenewable feedstocks: technology, economics, and challenges. Bioethanol production from food crops: Sustainable sources, interventions, and challenges. *Academic Press, Elsevier*. 2019. P. 3–27. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813766-6.00001-1>
7. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
8. Phowchinda O., Strehaiano P. Utilization of Mixed Sugars for Alcoholic Fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Thammasat International Journal of Science and Technology*. 2013. Vol. 4, No.2. P. 23–31.
9. Левандовський Л. В., Олійнічук С. Т., Ткаченко Л. В., Ткаченко А. Ф. Використання соку цукрового сорго для біосинтезу спирту. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 7. С. 63–65.
10. Григоренко Н.О. Удосконалення технології харчового сиропу із цукрового сорго.: дис....канд. техн. наук.: 05.18.05 / Національний університет харчових технологій. Київ, 2010. 149 с.
11. Самойленко А., Шевченко Т. Технологія вирощування сорго. *Agroexpert*. 2009. № 5. С. 14–16.
12. Laoraiboon L., Nuanpeng S., Srinophakun P., Klanrit P., Laoraiboon P. Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: Effects of carbon and nitrogen supplementations. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, No. 18. P. 4176–4182. doi: 10.1016/j.biortech.2009.03.046.
13. Князюк О.В., Шевчук О.А., Липовий В.Г. Продуктивність сумісних посівів кукурудзи з сорго цукровим на силос залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. №11. С. 106–113.
14. Володько О. І., Циганков С. П. Технологічні рішення з виділення, очищення та зберігання соку цукрового сорго для подальшої ферментації з метою отримання біоетанолу. *Актуальні проблеми енергетики та екології: Всеукраїнська науково-технічна конференція (Одеса, 29–30 вересня 2020 р.)*. Одеса, 2020. С. 241–245.
15. Nagodawithana T.W. Yeasts: Their role in modified cereal

fermentations. *Advances in Cereal Science and Technology*. 2011. Vol. 8. P.15–104.

16. Циганков С. П., Володько О. І., Ємець А. І., Лантух Г. В., Литвин Д. І., Лукашевич К. М., Новак А. Г., Ожередов С. П., Рахметов Д. Б., Співак С. І., Блюм Я. Б. Розробка та випробування технології комплексного трансформування вуглеводного складу рослинної сировини у біоетанол. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9 (4). С. 47–61.

17. Puligundla P., Smogrovicova D., Obulam VSR, Ko S. Very high gravity (VHG) ethanolic brewing and fermentation: a research update. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 2011. Vol. 38, No. 9. P. 1133–1144. <http://dx.doi.org/10.1007/s10295-011-0999-3>.

18. Kongkaew A, Tönjes J, Siemer M, Boontawan P, Rarey J, Boontawan A. Extractive fermentation of ethanol from sweet sorghum using vacuum fractionation technique: optimization and techno-economic assessment. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. 2018. <http://dx.doi.org/10.1515/ijcre-2017-0160>.

19. Володько О.І. Розробка технологічних основ отримання біоетанолу із цукрового сорго.: дис...канд. техн. наук.: 03.00.20 / Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України». Київ, 2021. 215 с.

20. Технологія спирту. В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер. /Під ред. проф. В.О.Маринченка. Вінниця: “Поділля-2000”, 2003. 496 с.

21. Deesuth O, Laopaiboon P, Laopaiboon L. High ethanol production under optimal aeration conditions and yeast composition in a very high gravity fermentation from sweet sorghum juice by *Saccharomyces cerevisiae*. *Ind Crops Prod*. 2016. Vol. 92, No. 15. P. 263–270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.042>.

22. Мелетьєв, А.Є. Технологія продуктів бродіння і напоїв: українсько-російський тлумачний словник. — Київ: НУХТ. 2011. 192 с.

23. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. Київ: Видавничий дім «Асканія», 2009. 424 с.

24. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс]: / уклад. А.М. Куц, В.Л. Прибильський, М.В. Білько. Київ: НУХТ, 2022. 66 с.

25. 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 / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ: НУХТ, 2014. 67 с.

26. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні: Зареєстровано в міністерстві в міністерстві юстиції України: 04.11.04 за №1410/10009.

27. НПАОП 0.00-1.27-09. Правила з безпечної експлуатації системвентиляції у хімічних виробництвах: Зареєстровано в міністерстві

юстиції України 27.10.09 за №988/17004

28. Основи охорони праці: підруч. / М.П. Купчик та ін. // під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. Київ: Основа, 2000. 416 с.

29. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях: Закон України від 25 вер. 2012р. №1648. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#n17> (дата звернення 25.01.2021)

30. Цивільна оборона [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту з цивільної оборони для студентів всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Хіврич, В. А. Заєць. Київ: НУХТ, 2009. 17 с. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/219--08A.pdf> (дата звернення 07.02.2021).

ДОДАТКИ

Додаток А. Робоча програма кваліфікаційної роботи

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродіння і виноробства НУХТ,
протокол № 1 від «29» серпня 2023 р.
Зав. кафедри _____ Анатолій КУЦ
29 серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА кваліфікаційної роботи на тему: «Дослідження та удосконалення способів виробництва біоетанолу»

ВСТУП

1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ ІЗ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ (аналітичний огляд)

1.1 Характеристика біоетанолу

1.2 Сучасний стан, перспективи та технологічне забезпечення виробництва біоетанолу в Україні

1.3 Характеристика цукрового сорго як сировини у виробництві біоетанолу

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.3 Методика досліджень

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ СОРГО У ТЕХНОЛОГІЇ БІОЕТАНОЛУ (експериментальна частина)

3.1. Дослідження показників основної сировини

3.2. Дослідження процесу дріжджегенерації суслу

3.3 Визначення параметрів зброджування суслу із використанням цукрового сорго

3.4 Розроблення удосконаленої технологічної схеми приготування зрілої бражки із цукрового сорго

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Здобувачка _____

Андріана СТАСІВ

Керівник, д.т.н, проф.. _____

Віталій ПРИБИЛЬСЬКИЙ

Додаток Б. Публікація Матеріалів 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», квітень-травень 2023 р. – Київ: НУХТ. – Ч.3

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

89

**Міжнародна наукова
конференція молодих учених,
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –
вирішенню проблем
харчування людства у ХХІ
столітті"**

3-7 квітня 2023 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2023

25. Використання цукрового сорго, як перспективної сировини для отримання біопалива

Андріана Стасів, Ольга Дулька, Віталій Прибильський
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Дослідження в галузі виробництва і використання альтернативних видів палива проводяться в різних країнах світу. Україна має один з найбільших потенціалів у Європі в аграрній сфері, що дозволяє отримувати біоетанол, як альтернативне джерело енергії і є актуальним в умовах сьогодення.

Результати. Перспективною рослиною для виробництва біоетанолу можна вважати цукрове сорго, яке дає найбільший вихід легкозасвоюваних цукрів з гектару посівної площі серед культур, що вирощуються в Україні, є невибагливим до ґрунтів, посухостійким.

Для виробництва біоетанолу визначним чинником є вартість кількості вуглеводів (цукрів або крохмалю) у сировині, оскільки в структурі собівартості її частка складає близько 70 %. Розрахункова вартість тонни вуглеводів з кукурудзяного зерна становить близько 230 дол. США, а для цукрового сорго – 135 дол. США. За останні роки в Україні для районування цієї культури та вивчення технологічних особливостей її використання приділяється значна увага, як найбільш дешевій вуглеводній сировині для виробництва біоетанолу.

Цукрове сорго можна вважати сировиною як першого (легкодоступні цукри соку) так і другого покоління (лігноцелюлоза в багаса – знецукрені стебла сорго). Для досліджень на стадії зброджування використовували соргово-цукровий сироп різної концентрації.

Характеристика процесу ферментації сусла з соргово-цукрового сиропу за температури 30 °С та різним початковим вмістом сухих речовин наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики процесу ферментації

Концентрація сусла соргово-цукрового сиропу, % СР	Вміст спирту в бражі, % об.	Загальна тривалість бродіння, год.	Продуктивність за спиртом, г/дм ³ ·год.	Вихід спирту від теоретичного, %
5	2,3±0,02	8	2,22±0,02	95±0,3
10	4,7±0,03	13	2,96±0,03	96±0,4
15	7,1±0,03	18	2,87±0,03	96±0,5
20	9,4±0,04	20	3,63±0,04	96±0,5
25	11,8±0,03	24	3,88±0,03	96±0,5

Спостерігали збільшення вмісту спирту у бражі та продуктивності пропорційно підвищенню концентрації сусла. Із збільшенням концентрації сухих речовин в суслі вище 25 % спостерігали подовження процесу бродіння, що пояснюється зниженням фізіологічної активності дріжджів внаслідок високого осмотичного тиску, а в кінці бродіння – їх етанольним інгібуванням. Найбільш ефективним визначено використання сусла з початковою концентрацією сухих речовин 25 %.

Висновки. Для ефективного зброджування соргово-цукрового сиропу за температури 30 °С рекомендовано використовувати сусло концентрацією 25 % та зброджувати протягом 24 годин.