

**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 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » лютого 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
із спеціальності 181 «Харчові технології»
(шифр та назва спеціальності)**

**на тему: «Дослідження впливу збільшення норм додавання α -амілази та
глюкоамілази на повноту зброджування крохмалевмісного сусла»**

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ЗТБ–2–1М

Харевич Яна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

_____ Роман КИРИЛЕНКО
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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.

_____ Яна ХАРЕВИЧ

(підпис)

Київ НУХТ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь — магістр

Спеціальність — 181 «Харчові технології»

Освітня програма — «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння і виноробства

_____ Анатолій КУЦ

31 серпня 2021 року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ** **Харевич Яні Миколаївні** (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження впливу збільшення норм додавання α -амілази та глюкоамілази на повноту зброджування крохмалевмісного сусла»

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 25 жовтня 2021 року № 838–КС

2. Строк подання роботи 01 лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити вплив збільшення норм додавання α -амілази та глюкоамілази на повноту зброджування крохмалевмісного сусла.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Мікробіологічні каталізатори та їх використання для гідролізу крохмалю у виробництві спирту (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методика та методи досліджень. 3. Дослідження внесення збільшених доз ферментних препаратів мікробного походження на повноту зброджування крохмалевмісного сусла (експериментальна частина). 5. Соціально-економічна ефективність роботи. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки

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

Таблиці з результатами досліджень — 11

Графіки з результатами досліджень—12

6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.21–29.10.21	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.21–4.11.21	
	1–а атестація	5.11.2021	
3.	Експериментальні дослідження впливу голок ялинки і сосни на показники якості пива	05.11.21–17.12.21	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.21–22.12.21	
	2–а атестація	23.12.21	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.21–30.12.21	
6.	Розробка рецептур нових сортів пива голок ялинки і сосни	31.12.21–06.01.22	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.22–13.01.22	
8.	Розрахунок соціально–економічної ефективності роботи	14.01.22–24.01.22	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.22–31.01.22	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.22–05.02.22	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	06.02.22–10.02.22	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	11.02.22–13.02.22	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Яна ХЕРЕВИЧ

Керівник роботи, доцент

Роман КИРИЛЕНКО

АНОТАЦІЯ

Харевич Яна Миколаївна «Дослідження впливу збільшення норм додавання α -амілази та глюкоамілази на повноту зброджування крохмалевмісного сусла». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», спеціалізація – «Технології продуктів бродіння і виноробства ». Національний університет харчових технологій, Київ, 2022.

Дослідження направлені на вдосконалення технології термоферментативної обробки крохмалевмісних замісів, що забезпечить збільшення виходу цільового продукту.

Метою дослідження даної роботи є удосконалення технології отримання етилового спирту з крохмалевмісного сусла з використанням ферментних препаратів α -амілази та глюкоамілази.

Наукова значимість кваліфікаційної роботи полягає у здійсненні порівняльного аналізу ефективності гідролізу крохмалевмісного сусла з кукурудзи при використанні різних норм внесення ферментних препаратів. Підібрано оптимальні норми внесення ферментних препаратів. Досліджено повноту гідролізу крохмалю при оптимальних дозуваннях α -амілази та глюкоамілази.

Кваліфікаційна робота викладена на 67 сторінках друкованого тексту; містить 11 таблиць і 12 рисунків.

Ключові слова: крохмалевмісне сусло, ферментні препарати, α -амілаза, глюкоамілаза, гідроліз.

АННОТАЦИЯ

Харевич Яна Николаевна «Исследование влияния увеличения норм добавления α -амилазы и глюкоамилазы на полноту сбраживания крахмалосодержащего сусла». Квалификационная работа на соискание степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии», специализация — «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2022.

Исследования направлены на усовершенствование технологии термоферментативной обработки крахмалосодержащих замесов, что обеспечит увеличение выхода целевого продукта.

Целью исследования данной работы является усовершенствование технологии получения этилового спирта из крахмалосодержащего сусла с использованием ферментных препаратов α -амилазы и глюкоамилазы.

Научная значимость квалификационной работы состоит в осуществлении сравнительного анализа эффективности гидролиза крахмалосодержащего сусла из кукурузы при использовании различных норм внесения ферментных препаратов. Подобраны оптимальные нормы внесения ферментных препаратов. Исследована полнота гидролиза крахмала при оптимальных дозировках α -амилазы и глюкоамилазы.

Квалификационная работа изложена на 67 страницах печатного текста; содержит 11 таблиц и 12 рисунков.

Ключевые слова: крахмалосодержащее сусло, ферментные препараты, α -амилаза, глюкоамилаза, гидролиз.

ANNOTATION

Kharevych Yana Mykolayivna “Study of the effect of increasing the addition of α -amylase and glucoamylase on the completeness of fermentation of starch-containing wort”. Qualification work for a master's degree in specialty 181 “Food Technology”, specialization — “Technology of fermentation and winemaking”. National University of Food Technologies, Kyiv, 2022.

The research is aimed at improving the technology of thermoenzymatic processing of starch-containing batches, which will increase the yield of the target product.

The aim of this study is to improve the technology of obtaining ethyl alcohol from starch-containing wort using enzyme preparations of α -amylase and glucoamylase.

The scientific significance of the qualification work lies in the comparative analysis of the efficiency of hydrolysis of starch-containing wort from corn using different rates of enzyme preparations. The optimal rates of enzyme preparations have been selected. The completeness of starch hydrolysis at optimal dosages of α -amylase and glucoamylase was studied.

Qualification work is presented on 67 pages of printed text; contains 11 tables and 12 figures.

Key words: starch-containing wort, enzyme preparations, α -amylase, glucoamylase, hydrolysis.

ЗМІСТ

	ВСТУП	9
1	МІКРОБІОЛОГІЧНІ КАТАЛІЗАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ГІДРОЛІЗУ КРОХМАЛЮ У ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ.....	11
1.1	Основи термоферментативної обробки замісів.....	11
1.2	Використання концентрованих ферментних препаратів для термоферментативної обробки.....	13
1.3	Теоретичні основи оцукрення розвареної маси.....	17
1.4	Характеристика ферментних препаратів, які використовуються в процесі термоферментативної обробки крохмалевмісного сусла.....	19
1.4.1	Загальна характеристика концентрованих ферментних препаратів.....	19
1.4.2	Характеристика α -амілази.....	26
1.4.3	Характеристика глюкоамілази.....	27
2	МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1	Матеріали досліджень.....	29
2.2	Методи досліджень.....	29
2.3	Методика досліджень.....	31
2.3.1	Визначення масової концентрації загальних незброджених вуглеводів.....	31
2.3.2	Визначення масової концентрації водорозчинних незброджених вуглеводів.....	32
2.3.3	Визначення масової концентрації спирторозчинних вуглеводів.....	33
2.3.4	Визначення масової концентрації декстринів.....	34
2.3.5	Визначення вмісту спирту ареометричним методом.....	34
2.3.6	Визначення вмісту екстрактивних речовин барди.....	35
3	ДОСЛІДЖЕННЯ ВНЕСЕННЯ ЗБІЛЬШЕНИХ ДОЗ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖЕННЯ КРОХМАЛЕВНІСНОГО СУСЛА.....	36
3.1	Періодичне збродження крохмалевмісного сусла за умов збільшення норм додавання α -амілази і глюкоамілази.....	36
3.2	Періодичне збродження кукурудзяного сусла з підвищенням	40

					ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ НОРМ ДОДАВАННЯ α-АМІЛАЗИ ТА ГЛЮКОАМІЛАЗИ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖУВАННЯ КРОХМАЛЕВМІСНОГО СУСЛА			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Харевич Я.М.				ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Кириленко Р.Г.						6	67
<i>Н.контроле</i>						НУХТ ННІХТ ТБ-2-7М		
<i>Затверд.</i>								

	його концентрації.....	
3.3	Періодичне зброджування кукурудзяного сусла з підвищенням його концентрації, збільшенням дози ферментних препаратів та збільшенням кількості дріжджів.....	43
3.4	Дослідження балансу вмісту цукрів після центрифугування крохмалевмісного сусла.....	45
3.5	Висновки.....	47
4	СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	48
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	49
6	ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	53
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
	ДОДАТКИ	61

Перелік умовних позначень

ФП — ферментні препарати

КФП — концентровані ферментні препарати

ТФО — термоферментативна обробка

СР — сухі речовини

ВСТУП

Етиловий спирт знаходить широке застосування. Харчова промисловість — його головний споживач: спирт використовують при виготовленні лікєро-горілочних та плодово-ягідних напоїв, для кріплення виноматеріалів і купажування виноградних вин, у виробництві оцту, харчових ароматизаторів і парфюмерно-косметичних виробів. У мікробіологічній і медичній промисловості спирт потрібний для осадження ферментних препаратів із культуральної рідини для одержання вітамінів та інших препаратів і ліків, також етиловий спирт використовується як дезинфікуючий засіб.

Таким чином, спиртова промисловість тісно зв'язана, з одного боку, з численними галузями народного господарства, для яких спирт є сировиною, основним і допоміжним матеріалами, з другого — із сільським господарством.

Значний ріст вироблення ректифікованого спирту останнім часом знову привертає увагу вчених і інженерів до питань оптимізації процесів приготування сусла, зброджування та в брагоректифікації.

Для підвищення повноти зброджування крохмалевмісного сусла, необхідно забезпечити найбільш повний гідроліз крохмальних зерен на стадії термоферментативної обробки замісів, тобто на етапі розрідження та оцукрення замісу. Актуальним є проведення досліджень процесів розрідження та оцукрення сусла підвищення повноти гідролізу крохмалю. Цього можна досягти за допомогою збільшення норм дозування ферментних препаратів α - та глюкоамілази.

Метою дослідження є удосконалення технології спирту етилового з крохмалевмісного сусла за рахунок збільшення норм задачі ферментних препаратів амілолітичної дії.

Відповідно до поставленої мети основними **завданнями роботи** є:

- теоретичні дослідження мікробних каталізаторів та їх вплив на гідроліз крохмальних зерен;
- охарактеризувати ферментні препарати α -амілази та глюкоамілази, які використовуються в спиртовій промисловості;
- обрати оптимальні норми внесення ферментних препаратів на стадії розрідження та оцукрення сусла;
- підвищити повноту гідролізу крохмалю;
- збільшити вміст спирту в дозрілій бражці;
- скоротити енерговитрати за рахунок скорочення тривалості технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є технологія спирту етилового з крохмалевмісної сировини.

Предмет досліджень — крохмалевмісне сусло з кукурудзи.

Методи досліджень загальноприйняті для спиртової промисловості фізико-хімічні, аналітичні.

Наукова новизна роботи полягає у дослідженні технології спирту з крохмалевмісної сировини, впливу різноманітних факторів на повноту гідролізу крохмальних зерен. Вибір оптимальних умов та норм внесення ферментних

препаратів α -амлази та глюкоамілази для підвищення повноти гідролізу крохмалю, і як результат цього збільшення виходу цільового продукту.

Публікації. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: Програма та тези матеріалів IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 09–10 листопада 2021 р., м. Київ. — К.: НУХТ, 2021 р. — 137–138 с.

Структура роботи. Робота складається з 6 розділів, висновків, списку використаної літератури, що налічує 33 найменування, додатків. Робота викладена на 68 сторінках друкованого тексту, містить 11 таблиць і 12 рисунків.

1 МІКРОБІОЛОГІЧНІ КАТАЛІЗАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ГІДРОЛІЗУ КРОХМАЛЮ У ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ (аналітичний огляд)

1.1 Основи термоферментативної обробки замісів

Основна мета водно-теплової обробки сировини в технології спирту — підготовка до оцукрювання крохмалю амілолітичними ферментами солоду або мікробними препаратами. Оцукрювання найбільш повно і швидко відбувається тоді, коли крохмаль доступний для дії ферментів (не захищений клітинними стінками), оклейстеризований і розчинений, що можливо досягнути наступними способами: розварюванням — тепловою обробкою суцільного зерна при підвищеному тиску; надтонким механічним подрібненням сировини на спеціалізованих машинах; механічним подрібненням сировини до певних розмірів частинок і подальшим розварюванням під тиском або без тиску [25].

Мета розварювання замісу крохмалевмісної сировини — вивільнити крохмаль з рослинних клітин та перевести його у розчинний стан. У процесі розварювання проходить також стерилізація замісів, що важливо в подальших технологічних процесах оцукрювання і зброджування.

Для термоферментативної обробки замісів найбільш поширеними є безперервно діючі установки. Типовими схемами установок для розварювання є:

- Ємкісна (Мічурінська);
- Трубчаста (Мироцька).

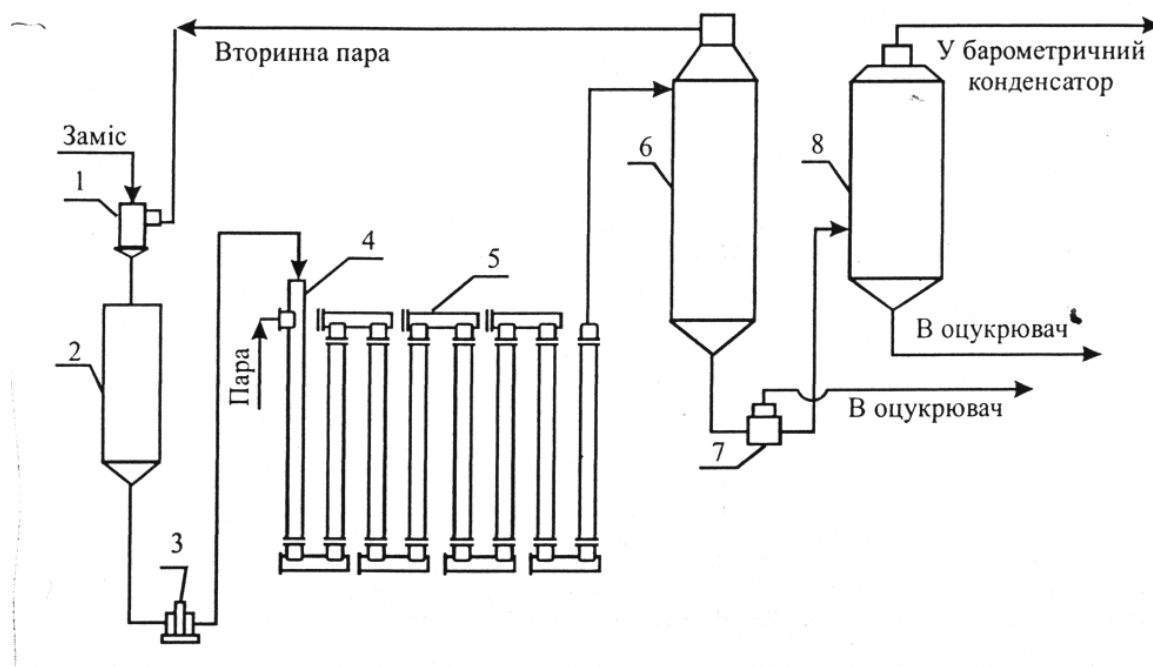


Рисунок 1.1. — Ємкісна схема розварювання замісу з крохмалевмісної сировини: 1 – підігрівач замісу; 2 – насос плунжерний; 3 – контактна головка; 4 – колектор; 5 – варильна колона I ступеня; 6 – варильна колона II ступеня; 7 – паросепаратор

Робота ємкісної (Мічурінської) установки (рис.1.1) здійснюється таким чином. Заміс плунжерним насосом подають в екстра-паровий підігрівач 1, де заміс помелу

зерна підігрівається вторинною парою до температури не вище 80–90°C. Картопляну кашку нагрівають до температури не вище 45°C. Потім масу плунжерним насосом 2 подають у контактну головку 3 для підігріву гострою парою всіх видів зерна, крім кукурудзи до температури 138–140°C, кукурудзи — до 144–150°C. З контактної головки заміс поступає у варильну колону 5 і з неї послідовно проходить через витримувачі 6 у витримувач-паросепаратор 7. Кількість витримувачів залежить від продуктивності заводу, дисперсності помелів зерна і виду сировини. Маса переміщується через витримувачі по переточним трубам за рахунок різниці рівнів у колонах при однакових тисках у парових просторах колон, що забезпечується урівнювальним трубопроводом [25].

Тривалість перебування маси у варильному апараті 40–60 хв. У витримувачі-паросепараторі підтримується тиск біля 0,05 МПа, що відповідає температурі 105°C. Розварена маса перебуває в ньому 20–45 хв.

Якість розвареної маси визначають за кольором маси, відібраної з пробних кранів, встановлених на видувній трубі варильного апарата і на трубі витримувача-паросепаратора. Колір маси із зерна повинен бути темно-жовтим із світло-коричневим відтінком, із картоплі — світло-коричневим із зеленуватим відтінком [11].

Трубчаста схема (рис.1.2) розроблена працівниками Українського науково-дослідного інституту спиртової промисловості і вперше введена на Мироцькому спиртовому заводі.

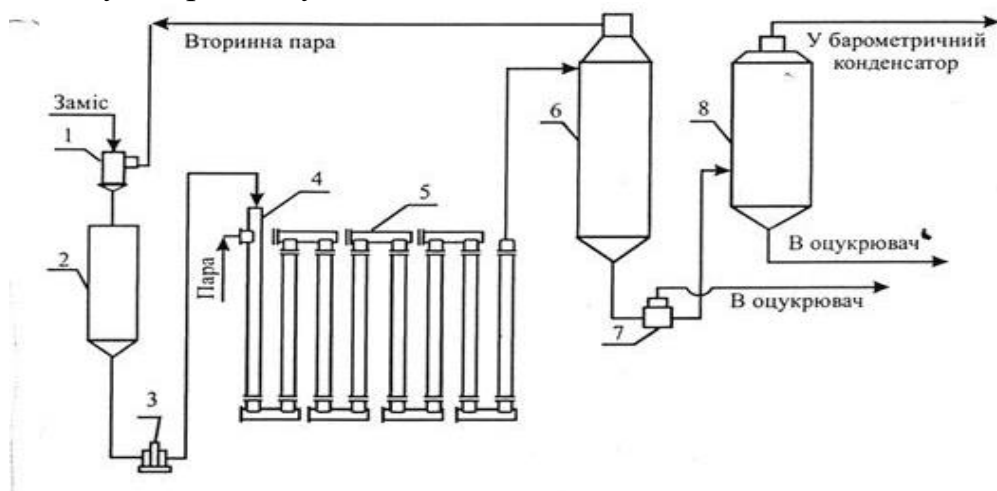


Рисунок 1.2 — Трубчаста схема розварювання замісу із крохмалевмісної сировини: 1 – екстрапарова контактна головка; 2 – розширювач; 3 – насос плунжерний; 4 – гостропарова контактна головка; 5 – діафрагмований трубчастий розварник; 6 – паросепаратор-витримувач; 7 – клапан мембранний; 8 – випарна камера

Трубчаста схема установки складається зі збірника замісу, екстрапарової контактної головки, гостропарової контактної головки, прямоточного діафрагмованого трубчастого розварника, витримувача-паросепаратора [25].

Заміс безперервно подають плунжерним насосом із збірника замісу в екстрапарову контактну головку 1, де він миттєво підігрівається вторинною парою з 40–45°C до 85–95°C. Підігрітий заміс поступає в розширювач, де автоматично

підтримується рівень таким, щоб він був на висоті 15–30 см від низу циліндричної частини.

Розширювач встановлюють на висоті 2,5–3 м над плунжерним насосом 3 для забезпечення його нормальної роботи.

Із розширювача заміс плунжерним насосом відкачують у гостропарову контактну головку 4, в якій він перед входом в діафрагмований трубчастий розварник 5 нагрівається гострою парою: заміс всіх видів зерна, крім кукурудзи, до 165–170°C, кукурудзи до 175–180°C, картопляної кашки до 165–166°C. Тривалість перебування маси в трубчастому апараті 2–3 хв [25].

Трубчастий розварник складається з вертикально і горизонтально розміщених труб. Число вертикальних труб заввишки 7–8 м або 10–20 м в залежності від потужності заводу. На фланцевих з'єднаннях, які скріплюють вертикальні і горизонтальні труби (рис. 5.3), встановлені діафрагми з отворами, діаметр яких по ходу маси збільшується з 35 до 55 мм. При дроселюванні через діафрагми частина рідини перетворюється в пару. Тиск перед діафрагмами більший тиску після діафрагм. У результаті миттєвого випаровування всередині клітин після діафрагми проходить доподрібнення сировини. Діаметр труб трубчастого розварника для заводу потужністю 1000 дал спирту за добу 150 мм, для заводу потужністю 3000 дал — 219 мм.

При проходженні маси по апарату утворена пара займає об'єм біля 80% усього об'єму апарата. Швидкість маси в першій трубі апарата 0,10–0,12 м/с, в останній — 1,3–1,5 м/с. Швидкість паро-рідинної емульсії через першу діафрагму 1,6 м/с, через останню 20,5 м/с. У результаті перепаду тисків температура маси із пшениці на виході із трубчастого розварника 142–145°C, із кукурудзи — 165–167°C, картопляної кашки — 145–152°C. Якщо дисперсність помелу зерна покращується, то температура розварювання зменшується. Наприклад, при ступені подрібнення пшениці (прохід через сито з діаметром отворів 1 мм) 96–100% температура після гостропарової контактної головки 152–155°C, на виході із апарата — не нижче 132–135°C.

Використовують також комбіновану (Немирівську) схему розварювання. Вона складається із укороченого трубчастого апарата і колон-витримувачів за Мічурінською схемою розварювання. Розварюють заміс при температурі в трубчатці 140–145°C, на виході з колон-витримувачів другої ступені — 130–135°C. Тривалість розварювання можна регулювати шляхом підключення в роботу необхідної кількості колон-витримувачів від однієї до чотирьох [25].

Температуру на вході в трубчастий розварник і тиск на виході із апарата підтримують автоматичними приладами. Розварену масу видувають у витримувач-паросепаратор, де вона перебуває при температурі 104–108°C протягом 25–60 хв.

1.2 Використання концентрованих ферментних препаратів для термоферментативної обробки

Значний крок на шляху ресурсо- та енергозощадження під час підготовки сировини до зброджування та приготування спиртових бражок в останні роки був зроблений завдяки прогресу в мікробіологічній промисловості. На ринку ферментних препаратів з'явилися такі, що роблять використання солоду в якості оцукрюючого матеріалу не доцільним ні з економічної, ні з експлуатаційної точки зору [11].

Вирішальним фактором в заміні солоду на концентровані ферментні препарати (КФП) виявились наступні їх переваги:

- висока концентрація і активність, рідкий стан, відсутність завислих частинок, легкість дозування;
- висока ступінь мікробіологічної чистоти;
- тривалий термін зберігання без витрати активності в широкому інтервалі температур;
- незначні питомі витрати на одиницю крохмалю, та невеликі транспортні витрати;
- термостабільність та можливість використання в різних варіантах технологічного процесу;
- можливість об'єднати розварювання сировини та розрідження крохмалю.

У зв'язку з тим, що при використанні концентрованих ферментних препаратів виключається додавання солодового молока в дріжджанки необхідно вирішити питання наявності в достатній кількості азотного живлення при приготуванні виробничих дріжджів.

Концентровані ферментні препарати відрізняються від солоду оптимумом дії ферментів, які входять до їх складу. Тому використання КФП потребує коректування технологічного режиму в кожному конкретному випадку в залежності від особливостей технології та обладнання підприємства [25].

На рис.1.3 приведена апаратурно–технологічна схема виробництва спиртової бражки з використанням КФП селективної дії та оцукренням сусла в бродильному апараті, яка була впроваджена на Червонослобідському спиртзаводі. Згідно цієї схемою замість разом зі всією кількістю термостабільної α -амілази нагрівають при інтенсивному перемішуванні до температури клейстеризації крохмалю даного виду сировини. Із змішувача частково розріджена маса перекачується спочатку в апарат термоферментативної обробки першого ступеня, де він нагрівається до 80–82°C за рахунок теплоти замісу, який відходить з апарата термоферментативної обробки другого ступеня. Нагрів замісу до температури 90–95°C здійснюється в гостропаровій голівці, яка встановлена на комунікації замісу між апаратами термоферментативної обробки першого і другого ступеня. Розріджена маса, яка виходить з апарата першого ступеня ділиться на два потоки. Перший — у кількості 10–20% з температурою 85–87°C поступає на приготування виробничих дріжджів, а

другий подається в бродильний апарат, куди задається розрахункова кількість оцукрюючого ферменту. Після охолодження розрідженої маси у дріжджанці до температури 58–60°C до неї задається оцукрюючий фермент 10–20% від його загальної кількості. Залишкова кількість оцукрюючого ферменту задається в бродильний апарат. Зброджування суслу ведуть при температурі 35–37°C, для чого використовують, термотолерантні раси дріжджів [25].

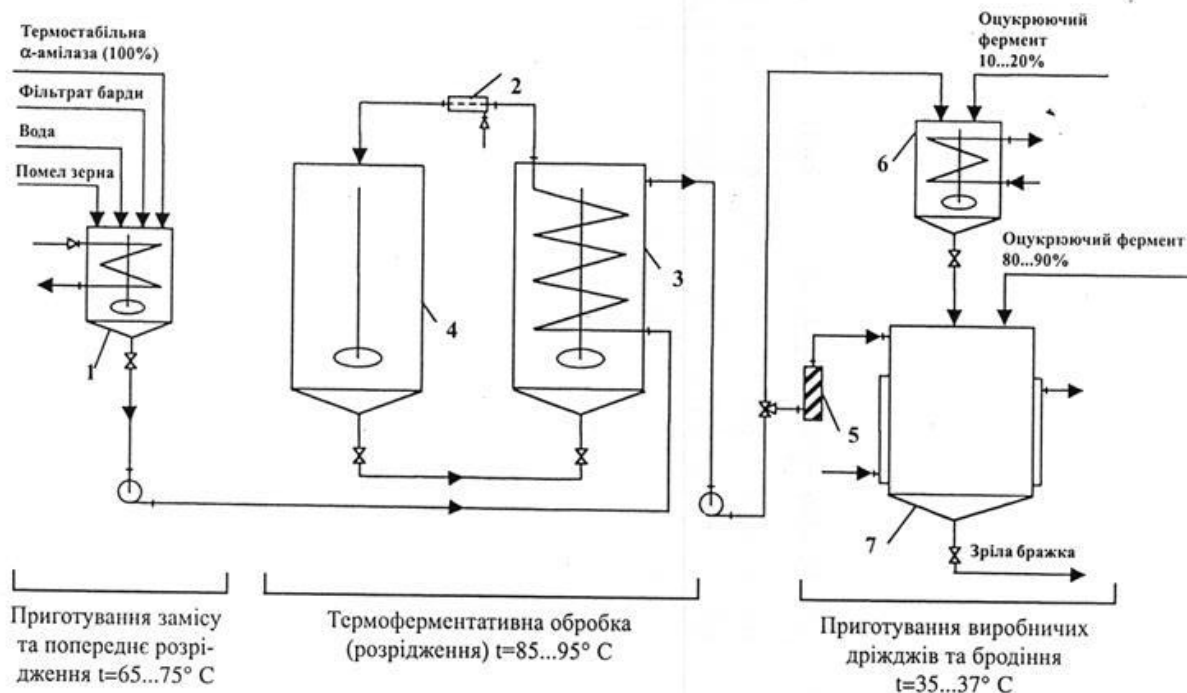


Рисунок 1.3. — Апаратурно–технологічна схема виробництва спиртової бражки з використанням КФП селективної дії та оцукренням суслу в бродильному апараті: 1 – змішувач; 2 – головка гострої пари; 3 – апарат ТФО–1; 4 – апарат ТФО–2; 5 – холодильник суслу; 6 – дріжджанка

На рис. 1.4 наведена апаратурно–технологічна схема приготування спиртової бражки з додаванням КФП в зони їх найбільш ефективної дії. Подрібнена крохмалевмісна сировина змішується з водою при температурі клейстеризації крохмалю сировини — 65–80°C з одночасною її обробкою термостабільною α – амілазою, яка задається в кількості 70–80% від розрахункового об'єму. Розріджування здійснюється в апараті ферментативної обробки при температурі 82–95°C в залежності від виду сировини та ступеню її подрібнення. До цієї температури заміс нагрівається в гостропаровій головці.

Для більш ефективного перемішування маси та руйнування клітинної оболонки сировини під час розріджування застосовують ротаційно-пульсаційний апарат.

Остаточне розріджування крохмалю здійснюється в оцукрювачі одночасно з оцукренням розрідженої маси, для чого в оцукрювач разом з розрахунковою кількістю глюкоамілази задається 20–30% більш дешевої нетермостабільної α – амілази. Температура в оцукрювачі підтримується в межах 58–60°C.

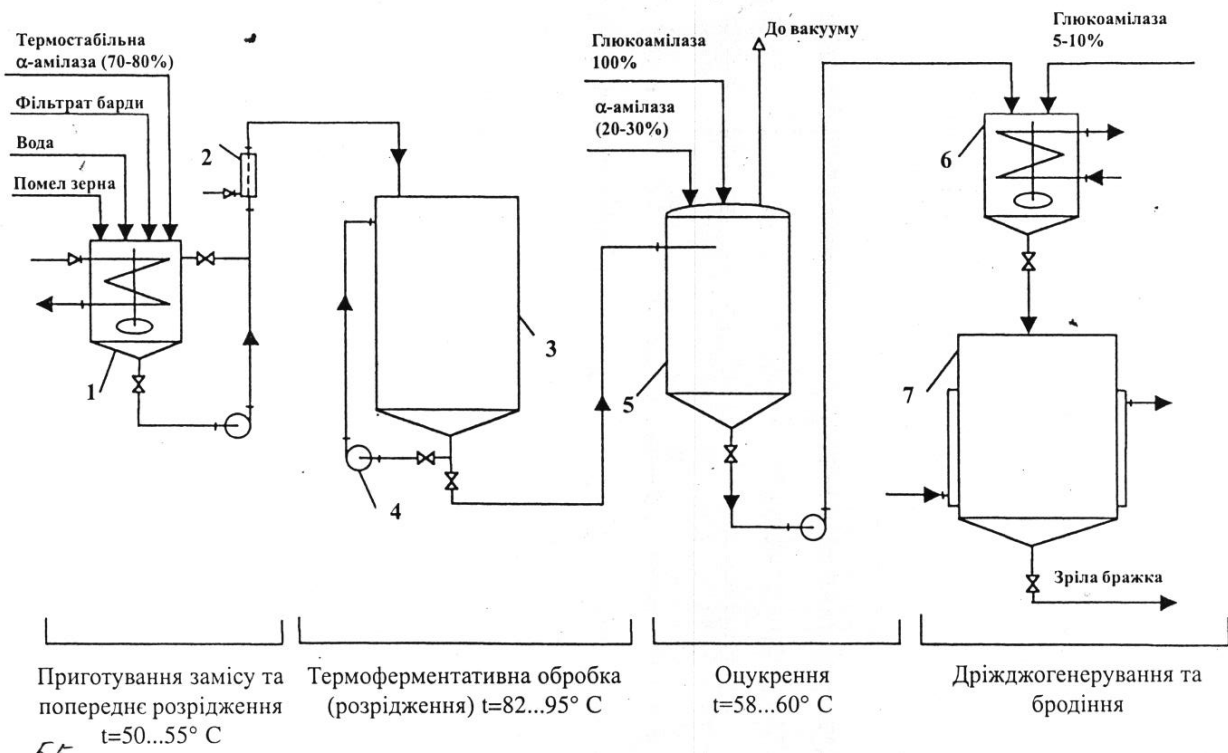


Рисунок 1.4 — Апаратурно-технологічна схема виробництва спиртової бражки з заданням КФП в зоні їх найбільш ефективної дії: 1– змішувач; 2 – головка гострої пари; 3 – апарат ТФО; 4 – роторно-пульсаційний апарат; 5 – вакуум-оцукрювач; 6 – дріжджанка; 7 – бродильний апарат

1.3 Теоретичні основи оцукрення розвареної маси

Мета оцукрювання розвареної маси крохмалевмісної сировини — гідроліз крохмалю і білків охолодженої розвареної маси ферментами оцукрюючих матеріалів — солоду або ферментних препаратів мікробного походження.

Процес оцукрювання складається з таких стадій: охолодження розвареної маси до заданої температури оцукрювання; змішування розвареної маси з оцукрюючим матеріалом; оцукрювання крохмалю; охолодження суслу до початкової температури зброджування сусла (температури «складки»). Ці технологічні стадії здійснюють в окремих апаратах, послідовно з'єднаних, або в одному апараті. Оцукрювання проводять безперервним способом з вакуум-охолодженням розвареної маси [11].

Оцукрювання з виносним вакуум-охолодженням проводять в оцукрювачі після охолодження розвареної маси у окремо змонтованій вакуум-випарній камері (рис. 1.5). Розрідження в ній підтримують 80–82 кПа, температура маси миттєво знижується від 104–07°C до 60–62°C. Після змішування з оцукрюючим матеріалом в оцукрювачі температура маси знижується до оптимальної величини — 57–58°C.

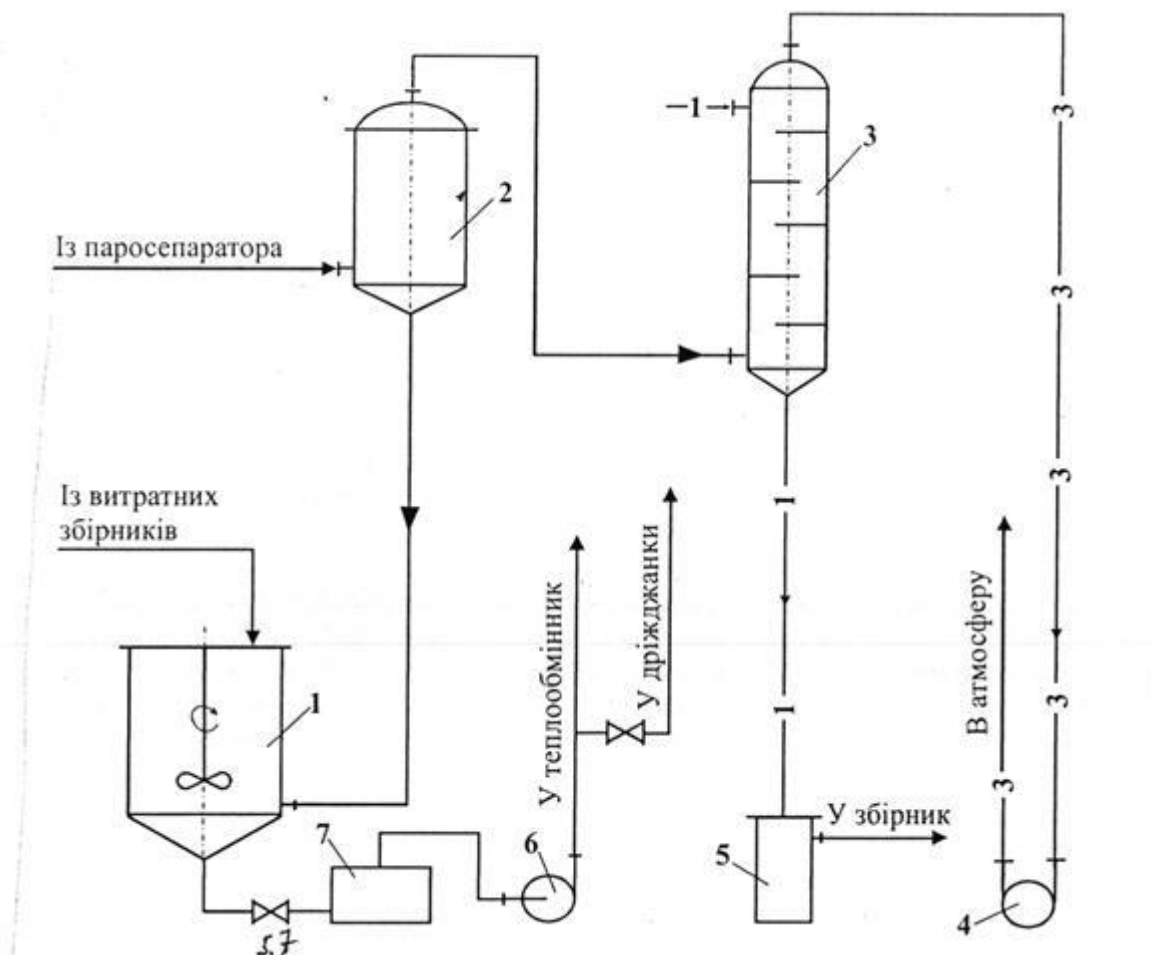


Рисунок 1.5 — Оцукрювання з виносним вакуум-охолодженням у вакуум-випарній камері: 1 – оцукрювач; 2 – вакуум-випарна камера; 3 – поличковий конденсатор; 4 – вакуум-насос; 5 – збірник оцукреного сусла; 6 – відцентровий насос; 7 – уловлювач

Розварена маса із паросепаратора–витримувача поступає у вакуум–випарну камеру 2, встановлену на висоті не менше 9 м від рівня сусла в оцукрювачі, в якій підтримується розрідження 80–82 кПа. Розрідження створюється внаслідок самовипаровування води в камері 2 і конденсації пари в поличковому (або кожухотрубному) конденсаторі 3. Із 1 м³ розвареної маси випаровуються біля 60 кг води. Неконденсуючі гази разом з невеликою кількістю води та конденсатом відкачуються вакуум–насосом типу РМК (або іншого типу) 4.

Охолоджена розварена маса по барометричній трубі стікає в оцукрювач 1, в який безперервно подають оцукрюючий матеріал. Тривалість оцукрювання 10–20 хв.

Рівень маси в оцукрювачі підтримують автоматично поплавковим регулятором. Сусло із оцукрювача через уловлювач 7 відкачують у теплообмінник типу «труба в трубі», де воно охолоджується до температури 18–20°C. Сусло для дріжджів подають із оцукрювача в дріжджанки без охолодження [25].

У процесі оцукрювання розвареної маси 75–80% крохмалю гідролізується до мальтози ферментами солоду або до глюкози і мальтози ферментами мікробного походження, залишаються 20–25% граничних декстринів, які дооцукрюються в процесі зброджування сусла.

У залежності від довжини ланцюга декстрини дають з розчином йоду різне забарвлення. Декстрини, які мають 4 – 6 залишків глюкози (ахродекстрини) не забарвлюються йодом, ті, що мають 8–12 глюкозних залишків (еритродекстрини) забарвлюються йодом у червоний колір, а декстрини із 30–35 залишків глюкози (амілодекстрини) забарвлюються йодом у синій колір.

Із загального крохмалю, внесеного у виробництво з сировиною у дозрілій бражці залишається нерозчинним 1–3,5%, що складає більше 1/3 всіх втрат при максимальному значенні. Для зменшення втрат крохмалю та інтесифікації процесів оцукрювання і зброджування сусла краще використовувати комплекс КФП [9].

Білкові речовини під дією протеолітичних ферментів розщеплюються до амінокислот та пептидів, які при бродінні використовуються у якості додаткового живлення для дріжджів. Вміст амінного азоту при цьому збільшується у 3–4 рази в порівнянні з оцукреним суслом.

1.4 Характеристика ферментних препаратів, які використовуються в процесі термоферментативної обробки крохмалевмісного сусла

1.4.1 Загальна характеристика концентрованих ферментних препаратів

Біосинтез спирту базується на ферментативній дисиміляції вуглеводів дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*, які є одноклітинними мікроорганізмами класу аскоміцетів.

Ферментативні процеси мікробіологічного синтезу здійснюються в клітинах за рахунок транспорту низькомолекулярних компонентів із середовища з відносно невеликим розміром молекули. Тому такі високомолекулярні сполуки як крохмаль не можуть проникати в дріжджову клітину без попереднього гідролізу. Такий гідроліз відбувається під дією екзоферментів мікроорганізмів, до яких, в першу чергу, відносять гідролази, зокрема α -амілазу та глюкоамілазу [17].

Ферменти відрізняються характерними властивостями від неорганічних каталізаторів. Вони надзвичайно ефективні і проявляють високу каталітичну активність в умовах помірної температури, нормального тиску і невисокої кислотності середовища.

Ферменти мають високу специфічність дії по відношенню до природи субстрату і типу хімічної реакції тобто кожний фермент каталізує, в основному, тільки одну хімічну реакцію. Суттєвою особливістю ферментів є і те, що їх активність у клітинах строго контролюється як на генетичному рівні, так і за допомогою низькомолекулярних сполук: субстратів і продуктів реакцій, які відбуваються за присутності цих самих ферментів. Кожний фермент сприяє певним змінам у структурі молекули даної речовини після чого діє наступний фермент [18].

В основу всіх відомих уявлень щодо механізму дії ферментів є загальна думка про те, що при з'єднанні молекули субстрату з ферментом проходить її активування внаслідок поляризації, зміщення електронів або деформації зв'язків які беруть участь у реакції. Визначальну роль у механізмі ферментативного каталізу відіграє утворення фермент-субстратних комплексів.

У процесі утворення ферментного комплексу і на подальших фазах ферментативного каталізу проходять неодноразові зміни третинної структури ферменту, що призводить до послідовного зближення із субстратом і орієнтування в просторі тих активних груп, які взаємодіють одна з одною на різних етапах перетворення субстрату.

В залежності від композиційного складу гідролаз ферментних препаратів технологічний процес гідролізу може здійснюватися вибірково з одержанням різних проміжних і кінцевих продуктів. Наприклад, гідроліз крохмалевмісного субстрату до мальтози і амілодекстринів здійснюється успішно за допомогою β -амілази. Стеричною перепорою для подальшого гідролізу являється з одного боку, редукуючий кінець молекули декстринів, а з другого α -1,6-глюкозидний зв'язок. Тому подальша послідовність процесу гідролізу до глюкози можлива при умові розриву α -амілазою α -1,4-глікозидних зв'язків в структурі крохмалю. При наявності в амілазному комплексі глюкоамілази, яка розриває α -1,4- і α -1,6- зв'язки, процес гідролізу до глюкози може успішно здійснюватися незалежно від наявності в

комплексі α -амілази. В цьому випадку інтенсивність гідролізу може бути більшою, але це не вплине на глибину гідролізу [19].

Сучасні погляди щодо механізму розщеплення глікозидних зв'язків дають підставу стверджувати, що в цьому процесі важливу роль відіграє протонодонорно-нуклеофільна система карбоксил-імідазол, яка протікає за типовим кислотно-лужним каталізом. Утворення глюкози при гідролізі високомолекулярних сполук характеризується найменшим терміном процесу релаксації. Тобто відрізок часу протягом якого утворюються моно- і димери, завжди буде меншим, ніж для інших гідролізатів, з більшим значенням ступеню полімеризації. Це означає, що наявність у реакційній суміші глюкози і мальтози в початковому періоді гідролітичного процесу за високої активності глюкоамілази, може бути однією з причин утворення непродуктивних фермент-субстратних комплексів в гідролітичних процесах полісахаридів некрохмальної природи.

Реалізація технологічного процесу біотрансформації фітополіоз взагалі, і трансформації крохмалю при виробництві спирту зокрема, неможливе без визначення кінетико-термодинамічних показників глікозидаз. Під ферментативною кінетикою розуміють залежність швидкості реакції від хімічної природи субстрату і ферменту й умов їх взаємодії. Наприклад, різні за будовою складові крохмалю – амілоза і амілопектин з різною швидкістю гідролізуються амілазами і до того ж потребують набору різних амілолітичних ферментів [22].

Кінетика гідролізу крохмалю залежить не тільки від природи ферменту, а й від його активності та концентрації, температури та значення рН середовища. Використання в гідролітичних біотехнологічних процесах безпосередньо продуцентів ферментних систем, то вони становлять найбільший інтерес для використання в біотрансформації полісахаридів і зокрема крохмалю при виробництві спирту.

Основні біотехнологічні процеси спиртового виробництва складаються з таких стадій:

- розрідження та декстринізація крохмалю — гідродинамічне та ферментативне оброблення помелу зерна з метою трансформації крохмалю в розчинний стан з утворенням декстринів та олігосахаридів;
- оцукрювання — гідроліз декстринів до глюкози та мальтози;
- біотрансформація білкових речовин та некрохмальних полісахаридів зерна;
- спиртове бродіння — біоконверсія простих цукрів в спирт при життєдіяльності дріжджів.

Ці стадії перероблення крохмалевмісної сировини взаємозв'язані за параметрами та технічними рішеннями і суттєво впливають на ефективність виробництва, оскільки кожна з них має свій вплив на повноту використання крохмалю, біосинтез спирту та втрати з незбродженими цукрами [9].

Для біотрансформації широко використовуються ферменти гідролітичної дії. Основними джерелами ферментів у технології спирту є зерновий солод і ферментні препарати мікробного походження. Комплекс ферментів, що міститься в зерновому солоді забезпечує гідроліз крохмалю до зброджуваних цукрів, здійснюють часткову деструкцію його клітинних перегородок та білкових речовин з утворенням

амінокислот, які є ефективним джерелом азотного живлення для дріжд-жів. Активність солоду не дає змоги досягти високої швидкості оцукрювання та протеолізу складових частин зерна, що лімітує процес бродіння. Недоліки що мають місце при використанні солоду усуваються шляхом його заміни ферментними препаратами мікробного походження.

Всі ферментні препарати, призначені для спиртової промисловості, можна підрозділити на три основні групи за специфічністю їх впливу на різні високомолекулярні полімери зернової сировини.

Досить широко представлені ферментні препарати амілолітичної дії, що сприяють гідролізу крохмалю. До них відносяться ферменти розріджуючого, декстринууючого і оцукрювального впливу на крохмаль. Ці ферменти можна умовно поділити на три класи.

Ферменти амілолітичної дії:

- Бактеріальна α -амілаза, що утворює при гідролізі крохмалю декстрини з різним ступенем полімеризації. Джерелами бактеріальної α -амілази є ферментні препарати: амілосубтилін, БАН та інші з оптимальною температурою дії 60–70°C та рН 5,5–7,0, що синтезуються *Bacillus subtilis*. Найбільш цікавими та перспективними перпаратами є ферментні препарати термостабільної α -амілази, які отримують методом глибинного культивування бактерій *Bacillus Licheniformis*. Оптимальна температура дії цих ферментних препаратів 85–95°C, рН 6,0–7,0.
- Грибна α -амілаза, що володіє ендоемілазною здатністю до гідролізу крохмалю з утворенням розчинних декстринів, олігосахаридів та мальтози, з оптимумом дії 45–55°C і рН 4,8–5,5. Джерела: амілоризин, амілопротооризин, фунгаміл тощо; продуцентом є *Aspergillus oryzae*.
- Глюкоамілаза, призначена для оцукрювання частково розщеплених полімерів крохмалю з утворенням глюкози. Джерела: глюкавоморин, Сан-супер, БНЗ та інші; продуценти: *Aspergillus awamori* або *Aspergillus niger*.

До другої групи відносяться ферменти протеолітичної дії, що гідролізують білкові полімери зерна, які також поділяються на класи [20].

- Бактеріальні протеїнази, що продукуються *Bacillus subtilis* або *Bacillus licheniformis* (протосубтилін, протолихетерм, нейтраза). Препарати містять одну або дві протеїнази, як правило, нейтральну і лужну, Ці ферменти знижують ймовірність білкового осадження, але не забезпечують високий вміст легкозасвоюваного амінного азоту для дріжджових клітин.
- Грибні протеази, наприклад, амілопротооризин, протооризин містять комплекс протеїназ та пептидаз (більше 5 протеолітичних ферментів), які гідролізують білки до коротких пептидів та вільних амінокислот, що асимілюються дріжджовою клітиною. Застосування цих ферментів дозволяє не тільки зняти колоїдно-білкові утворення, але й забезпечити дріжджі легкозасвоюваним азотним живленням. В результаті підвищення бродильної активності дріжджів (на 20–25%) інтенсифікується процес спиртового бродіння (на 30–40%), збільшується вихід спирту.

До третьої групи належать ферменти целюлолітичної дії, що гідролізують некрохмальні полісахариди зерна (целоверідин, віскозим, ультрафло, зимафілт). Ці препарати знижують в'язкість сусла, підвищують доступність крохмалю до дії амілолітичних ферментів, сприяючи збільшенню виходу спирту. Препарати цієї групи переважно призначені для підвищення ефективності зброджування сусла з таких видів зерна, як жито і ячмінь.

Найчастіше в спиртовому виробництві, в тому числі й при оцукрюванні крохмалю зустрічаються ферменти, наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика ферментів гідролітичного розщеплення крохмалю

Стадії підготовки крохмалевмісної сировини	Ферменти		
	Основні	Допоміжні	Небажані
Розрідження замісу на стадії водно-теплого оброблення	α -амілаза	Геміцелюлаза Целюлаза	Глюкоамілаза
			Протеаза
			β -амілаза
			Пуллуланаза
			Фосфатаза
			Трансглікозілаза
Оцукрювання розвареного замісу	Глюкоамілаза	Геміцелюлаза	Трансглікозілаза
	α -амілаза	Целюлаза	
	Оліго–1,6–глюкозидаза	Пуллуланаза	
	Протеїназа	Фосфатаза	
		β -амілаза	

Ферментні препарати стали засобом трансформації практично будь-яких продуктів. Їх застосування дозволяє значно підвищити глибину переробки харчової сировини за рахунок часткової модифікації, що приводить до модифікації периферійних частин зерна [22].

Ферменти являють собою специфічні каталізатори білкової природи. Як і неорганічні каталізатори, вони збільшують швидкість тільки тих хімічних реакцій, мимовільне протікання яких термодинамічно можливе, тобто реакцій із зменшенням вільної енергії. Впливаючи на швидкість, ферменти не входять до складу кінцевих продуктів реакції.

Продуцентами ферментів можуть бути бактерії, гриби, дріжджі і актиноміцети. Для промислового отримання ферментних препаратів використовують як природні штами мікроорганізмів, виділені з природних середовищ, так і селекціоновані, внаслідок впливу на природні штами фізичних і хімічних мутагенів [1].

У спиртовому виробництві використовуються наступні групи ферментів:

– ферменти амілолітичної дії (пришвидшують гідроліз крохмалю: α -амілаза, глюкоамілаза (гідроліз до моносахаридів) і пуллуланаза, гідролізуюча ди-1,6-зв'язки в декстринах).

– ферменти целюлітичної дії (гідроліз некрохмальних полісахаридів, які входять до складу клітинних стінок і оболонок зерна — це целюлази, геміцелюлази, бета-глюканази, ксиланази та інші)

– ферменти протеолітичної дії (гідроліз пептидних зв'язків білка).

Всі ці ферменти відносяться до класу гідролаз, тобто для їх дії необхідна вода [6].

Амілолітичні ферменти містяться в багатьох вищих рослинах, але найбільш багате ними пророщені в певних умовах злакові (солод). Здатність солоду оцукрювати крохмаль відома з давніх часів. Також давно відома властивість мікроскопічних грибів оцукрювати крохмаль. Головним критерієм оцінки будь-якого амілолітичного препарату, рекомендованого для застосування в технології спиртового виробництва, служить здатність комплексу швидко і повно гідролізувати крохмаль до зброджуваних вуглеводів. Важлива роль в цьому процесі відводиться таким амілолітичним ферментам, як β -амілаза і глюкоамілаза.

Роль β -амілази в спиртовому виробництві полягає в швидкому розрідженні крохмалю на стадії водно-теплової обробки сировини, а також на першій стадії оцукрювання, декстринизації і накопичення цукру, що робить сусло більш жвавим і підготовленим до дії інших ферментів, зокрема глюкоамілази [2].

До складу сухих речовин зерна злакових культур, які використовуються в технології спирту, нарівні з крохмалем входять полісахариди іншої природи — це β -глюкани, целюлоза, геміцелюлоза і інші вуглеводи, які отримали назву некрохмалисті полісахариди.

Целюлоза зерна являє собою складний полімер глюкози, що робить дозволяє розглядати її як важливе джерело отримання додаткової кількості вуглеводів, які зброджуються спиртовими дріжджами. У основі будови геміцелюлоз лежать лінійні ланцюги з глюкози, до яких примикають бічні ланцюжки β -глюкана, ксилози і арабінози. Від розчинних гуммі- речовин, геміцелюлоза відрізняється нерозчинністю у воді і величиною молекули.

Ферментні препарати (ендоглюканази, целобіогідролази, β -глюкозидази, β -глюканази і ксиланази) необхідні для гідроліза некрохмалистих полісахаридів, таких як целюлоза, що дозволить отримати додаткове джерело зброджуваних вуглеводів, а впливаючи на розчинну фракцію геміцелюлоз – знизити густину замісів. Ферменти, які гідролізують некрохмальні полісахариди, грають значну роль у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини, оскільки вони здатні інтенсифікувати процес його розщеплення. Вони здійснюють гідроліз клітинних стінок і оболонок сировини, що поліпшує доступ амілолітичних ферментів до крохмалю і підвищує міру його використання. Загалом такі ферменти відносяться до класу карбогідраз [22].

Для підвищення вмісту амінного азоту в суслі на стадії оцукрювання вносять нейтральну протеазу. Збагачення сусла компонентами азотистого живлення, що легко асимілюються дозволяє дріжджам розмножуватися інтенсивніше. При цьому підвищується активність. Це пов'язано із збагаченням сусла компонентами азотистого живлення, що легко асимілюються, які використовуються дріжджами безпосередньо для побудови біомаси. Пряма асиміляція амінокислот не тільки

забезпечує інтенсифікацію синтезу білка, але і активує ферменти, що містяться в дріжджовій клітині, що зумовлює інтенсифікацію розвитку і розмноження дріжджів.

Культури мікроскопічних грибів або ферментні препарати застосовують в спиртовій і інших галузях промисловості більшості зарубіжних країн [21].

Ферментні препарати, вживані в спиртовій промисловості, являють собою нативні неочищені глибинні або висушені поверхневі культури мікроорганізмів, або неочищені концентровані препарати. Можливість використання неочищених препаратів пояснюється тим, що в кінцевий продукт — спирт — не попадають зважені високомолекулярні і нелеткі домішки, присутні в культурах мікроорганізмів. Всі складові частини практично залишаються в барді [19].

Культури мікроскопічних грибів мають ряд переваг в порівнянні з солодом. Їх вирощують на пшеничних висівках або в складі живлячої середовища використовують звичайну кукурудзяну муку, в той час як для приготування солоду витрачається 14–20% кондиційних (96% пророщуваності) зерна з розрахунку на масу крохмалю сировини. При солодоращенні втрачається 16–18% крохмалю, частина крохмалю солоду в процесі виробництва цільового продукту залишається неоцукреною і, отже, не зброджується. Крім того з солодом вносять сторонні мікроорганізми, внаслідок чого в більшій мірі протікають і інші види бродіння, що негативно відбиваються на виході спирту [21].

В даний час на спиртових заводах широко використовують для ферментативної обробки крохмалевмісної сировини концентровані ферментні препарати амілолітичної дії. Незважаючи на високу якість ферментних препаратів і зручність їх застосування, у ряді випадків є складнощі по правильному їх використанню в технологічному виробництві.

При виділенні та очищенні ферментів складно досягти повного збереження ферментативного комплексу в концентрованому препараті. Це підтверджується біохімічними показниками імпортованих високоактивних ферментних препаратів, які є переважно препаратами одного ферменту з певним оптимумом дії і специфічністю, рідко — двох і більше. Тому застосування концентрованих ферментних препаратів вимагає точного дотримання технологій їх застосування, що розробляється на основі біохімічних та технологічних характеристик препарату у кожному конкретному випадку. При використанні концентрованих ферментних препаратів у виробничих умовах необхідно враховувати фізико-хімічні показники виробництва (рН та мінеральний склад води, рН і температура замісу та сусла, тривалість стадій ферментативної обробки крохмалевмісної сировини).

Одним з перспективних препаратів, що широко застосовуються на заводах, що працюють за механіко-ферментативною схемою підготовки сировини, є препарат бактеріальної термостабільної α -амілази. Препарат гідролізує внутрішні α -1,4-гідролізні зв'язки крохмалю та продуктів його послідовного розщеплення, що призводить до швидкого зниження в'язкості клейстеризованого крохмалю, тим самим забезпечуючи підготовку сусла до дії глюкоамілази. Кінцевими продуктами дії є декстрини та олігосахариди. Максимальна ефективність їх дії знаходиться в інтервалі температур 80–95°C та значення рН 5,0–8,0. Препарати мають високу термостабільність: термостатування при температурі 95°C протягом 1 години

призводить до втрати 40% від вихідної активності, температура повної інактивації – вище 105–110°C.

Висока термостабільність та оптимум дії цих ФП сприяють зниженню витрати препаратів для розрідження крохмалю зернової сировини у спиртовому виробництві. Норми витрати термостабільних препаратів за амілолітичною активністю відповідають 0,2–0,3 од. АЗ/1 г крохмалю, проти 1,0–1,5 од. АЗ/1 г для мезофільних амілаз. Рівень активності визначається за ГОСТ при 30°C [22].

Так, наприклад, на деяких спиртових заводах переробка крохмалистої сировини здійснюється за схемою так званого м'якого розварювання, коли основна гідродинамічна та ферментативна обробка відбувається за температури 80–95°C, що є оптимальною температурою для дії термостабільної амілази. У цій зоні температур фактичний вміст амілолітичної активності при розрідженні крохмалю затору зростає у термостабільних амілаз у 4–9 разів і становить від 1,2 до 2,9 од АЗ/1 г крохмалю, тоді як у мезофільних амілаз (у зв'язку з їх термолабільністю) цей показник падає і становить лише 0,4 од. АЗ/1 г крохмалю при 80°C, а при 90–95°C фермент повністю інактивується. Тому ця схема найбільш ефективна при використанні ФП термостабільної α -амілази (амілоліхотерм, термамил, зимаджунт та ін.) Важливим є не тільки температурний режим гідродинамічної обробки, але й рН замісу, при якому відбувається розрідження та клейстеризація крохмалю. Зазвичай він знаходиться в інтервалі 5,5–6,5 і відповідає оптимальним межах дії цих ферментів. В результаті крохмаль добре декстринізується, в'язкість знижується, сусло розріджується і відрізняється гарною рухливістю. В даний час з'явилися нові ферментні препарати, що витримують і нижчі значення рН [1,2].

Ферментні препарати, які застосовують в спиртовому виробництві в неочищеному вигляді, часто бувають комплексними, тобто містять більше одного ферменту. Застосування такого препарату для здійснення специфічного процесу, який каталізується одним ферментом, неминуче супроводжується дією інших супутніх ферментів. Комплексність неочищених ферментних препаратів пояснюється тим, що мікроорганізми-продуценти часто синтезують не один, а декілька ферментів.

Широкий інтерес представляють термостабільні ферментні препарати, так як, вони здатні вести гідроліз крохмалевмісної сировини при високих температурах (90–105°C). При цьому поєднуються 2 процеси — клейстеризація крохмалю та його гідроліз. Значно знижується вартість процесу за рахунок зменшення дозування ферменту і тривалості процесу гідролізу крохмалю. Забезпечується висока міра розщеплення крохмалю, і як наслідок цього збільшення виходу цільового продукту [14].

Таким чином, за допомогою ферментних препаратів можна впливати на всі технологічні параметри термоферментативної обробки замісів: знижувати температуру і тривалість обробки, а також знижувати гідромодуль замісів.

1.4.2 Характеристика α -амілази

Фермент мікробного походження α -амілаза (α -1,4-глюкан-4-глюканогідролаза, КФ 3.2.1.1) є ендоамілазою, яка викликає гідролітичне розчеплення α -1,4-глікозидних зв'язків усередині високополімеризованого субстрату. Це водорозчинний білок з властивостями глобуліну молекулярна маса якого складає 45000–60000. Але є відомості, що деякі α -амілази мають іншу молекулярну масу. Всі α -амілази відносяться до металоензимів; вміст в них, наприклад, кальцію коливається від 1 до 30 г атомів на 1 моль ферменту, причому повне видалення кальцію приводить до інактивації ферменту, а повторне введення кальцію наприклад кількості $5\text{--}10^{-3}$ моля в середовище може частково відновити його активність. Окрім кальцію в деяких α -амілазах зустрічаються й інші метали (цинк, натрій тощо). α -амілази стійкі до дії протеаз, багаті тирозином і триптофаном, а глутамінова і аспарагінова кислота складають 25% від маси білків. Слід підкреслити, що присутність саме цих двох кислот в α -амілазі пов'язують з її оцукрюючою властивістю. Відносно мало, або зовсім відсутні α -амілазах сірковмісні амінокислоти. Деякі α -амілази грибного походження мають вуглеводний фрагмент, до складу якого входить маноза, ксилоза, гексоза. В залежності від виду мікроорганізмів властивості α -амілаз значно відрізняються не тільки механізмом дії на субстрат та утворення продуктів розпаду, але й за оптимальними умовами що забезпечують максимальну їх активність.

α -амілази пліснявих грибів і бактерій не атакують 1,6 зв'язки субстратів і тому при гідролізі амілопектину утворюють розгалужені α -граничні декстрини. Початковими продуктами розщеплення амілопектину α -амілазою є декстрини з довшим ланцюгом, а кінцевими продуктами — глюкоза, мальтоза і сахариди з розгалуженим ланцюгом.

β -амілаза (α -1,4-глюканмальтогідролаза КФ 3.2.1.2) — активний білок з властивостями альбуміну. Каталітичний центр ферменту вміщує сульфгідрильні і карбоксильні групи та імідазольний залишок гістидину. β -амілаза є екзоферментом кінцевої дії, який виявляє спорідненість до передостаннього α -1,4-зв'язку нередукованого кінця лінійної ділянки амілози і амілопектину, практично не гідролізує сирий крохмаль, гідролізує амілозу до мальтози. Гідроліз амілопектину йде в значно меншому ступені: β -амілаза розщеплює фрагмент із нередукуючого кінця ділянки від зовнішніх лінійних зв'язків, які мають 20–26 глюкозних залишків з утворенням 10–12 молекул мальтози. Гідроліз зупиняється на передостанньому α -1,4-зв'язку, що граничить з α -1,6-зв'язком. В гідролізаті накопичуються 54–58% мальтози, решту складають високомолекулярні декстрини [22].

β -амілаза проявляє високу стабільність у відсутності йонів кальцію. Молекулярна маса β -амілази — 50000–200000. Фермент має у своєму складі SH-групи і є чутливим до важких металів.

Для розрідження крохмалю доцільно застосовувати препарати термостабільної α -амілази, які виділяють із культури *Bac.licheniformis* («Термаміл», «Така-Терм», «Зімаджунт», «Амілоліхетерм»). Різні штами бактерії *B. licheniformis* продукують амілазу з оптимумом дії в інтервалі від 76 до 95°C. У середовищах з

високою концентрацією крохмалю, у присутності мікродобавок солі CaCl_2 , «Термаміль» стабільний протягом 3 години за температури 100°C . За допомогою термостабільних амілаз можна здійснювати безперервний процес розрідження замісів до температури, за якої відбувається повна желатинізація крохмальних зерен. Поєднання розрідження та розварювання істотно підвищує ефективність процесу.

Безперервний гідроліз крохмалю та перехід при цьому продуктів реакції в розчин, сприяють більш швидкому набухання крохмальних зерен у внутрішніх областях частинок сировини. За рахунок цього може бути скорочена тривалість процесу, а його максимальна температура знижена до $110\text{--}115^\circ\text{C}$ (температури повної желатинізації крохмальних гранул) [1].

Використання термостабільної амілази суттєво знижує витрати ферменту на одиницю сировини. При заміні «Амілосубтиліну ГЗх» на «Амілоліхетерм ГЗх» дозування амілази можна зменшити в 1,5 рази без зниження виходу спирту. Оптимальна доза «Амілоліхетерма» склала 1 од./г крохмалю: 0,3 — на стадії розрідження та 0,7 — на стадії оцукрювання (у поєднанні з 6 од./г глюкоамілази). Оптимальна доза «Амілосубтиліну» — 1,5 од./г крохмалю (відповідно за стадіями 0,5 та 1,0 од./г).

1.4.3 Характеристика глюкоамілази

Майже всі глюкоамілази є глікопротеїдами, містять від 5 до 35% вуглеводів (оліго-, ди- і моносахариди), які прикріплюються до білка через треонін та серин. Молекулярна маса — 48000–210000, а ізоелектрична точка знаходиться в межах рН 4,2–4,5.

Глюкоамілаза каталізує послідовно відщеплення кінцевих залишків $\alpha\text{-D-}$ глюкози з нередукуючих кінців субстрату. Більшість глюкоамілаз мають властивість швидко гідролізувати, як $\alpha\text{-1,4-}$ зв'язки, так і $\alpha\text{-1,6-}$ глюкозидні зв'язки, але тільки в тому випадку коли $\alpha\text{-1,6-}$ зв'язок наслідуює $\alpha\text{-1,4-}$ зв'язок. Характерною рисою глюкоамілаз є їхня властивість в десятки разів швидше гідролізувати високополімеризований субстрат в порівнянні з оліго- і дисахаридами, в той же час Глюкоамілази можуть гідролізувати ці зв'язки в низькомолекулярних олігосахаридах, зокрема в панозі і мальтозі.

Основні амілолітичні ферменти (α -амілаза, β -амілаза, глюкоамілаза), що зумовлюють процес декстринізації та оцукрювання у виробництві спирту по різному діють на крохмальний субстрат, але в результаті їхньої сумісної дії можна досягти основної мети оцукрювання — перетворити крохмаль в сполуки, які зброджуються дріжджами. Результат оцукрювання залежить від правильного визначення основних факторів [22].

Ферментативні зміни при оцукрювання крохмалевмісної сировини, яка пройшла водно-теплове оброблення, визначається оптимальним значенням основних параметрів, що забезпечують найефективніший прояв активності амілолітичних ферментів. Ці параметри, безперечно, повинні бути оптимальними, як для окремо взятих ферментів, так і при їх сумісному використанні. α -амілази мікробного походження за основними властивостями схожі з рослинними, але мають деякі

особливості. Специфічність деяких бактеріальних амілаз на відміну від амілаз пліснявих грибів полягає в тому, що вони найактивніші в нейтральному та слабнокислому в середовищі і мають оптимум рН в межах 6,5–7,0 і навпаки, в деяких культурах пліснявих грибів були знайдені кислотостійкі α -амілази, які зберігають активність за рН 2,5 протягом 30 хвилин. Для дії грибної α -амілази оптимум рН 4,5–4,8, для солодової — 5,3, для бактеріальної — 6,0–7,0. Повна інактивація солодової амілази настає за рН 3,6 і температури 0 °С протягом 15–30 хвилин, а повна інактивація α -амілази пліснявих грибів — за рН 2,5 протягом години. Оптимальна температурна межа активності багатьох бактеріальних амілаз, особливо термофільних, значно вище в порівнянні з іншими амілазами. Наприклад, ферменти житнього, ячмінного і пшеничного солоду мають оптимум дії за температури 49–55°C, α -амілази *Vac.stearo-thermophilus* і *Vac.diestaticus* зберігають активність тривалий час за 85°C і за більшою температури. Відмічається також стійкість α -амілази в умовах спиртового виробництва, а саме показано, що за температури 30°C та рН 5,5–6,5 активність α -амілази зберігається протягом трьох діб не менше ніж на 50%, а за більш низького значення рН активність ферменту рідко знижується, причому активність ферменту пліснявих грибів знижується швидше, ніж солодового. Таким чином, α -амілази пліснявих грибів, що використовується для декстринізації та оцукрювання крохмалю у виробництві спирту, майже повністю інактивується до кінця бродіння, оскільки рН бражки коливається в межах 4,2–5,2. Тому дооцукрювання декстринів проходить за рахунок дії інших ферментів, зокрема глюкоамілази, яка за цих значень рН залишається активною.

Ферментні препарати з відносно низькою оптимальною температурою дії доцільно використовувати на стадії оцукрювання. Це відноситься до препаратів з основною активністю α -амілази («Амілосубтилін», «Амілоризин», солод) та препаратів глюкоамілази. Амілолітичний комплекс солоду та грибна α -амілаза більш глибоко розщеплюють крохмаль, ніж бактеріальна α -амілаза, але повне оцукрювання досягається лише за допомогою глюкоамілази. Застосування мікробної глюкоамілази збільшує ступінь зброджування на 1,3–1,5% порівняно з варіантом оцукрювання солодом.

Як препарати глюкоамілази зазвичай застосовують «Впокаваморин Гх» або «Амілоглюкаваморин Гх» — культуральну рідину гриба *Asp.awamori*, що отримується у ферментних цехах спиртзаводів. Оптимум дії «Глюкаваморину» (рН 4,0–5,5) відповідає активній кислотності бражки (рН 4,2–5,2). Це важливо, оскільки на стадії оцукрювання сировини в закритій системі, де зі сфери реакції не виводиться глюкоза, процес гідролізу крохмалю проходить неповністю. Він триває у процесі бродіння, у міру споживання глюкози дріжджами, що зсуває рівновагу реакції гідролізу, що каталізується глюкоамілазою.

Загальна тривалість бродіння залежить від дозування глюкоамілази: при нормі задачі 6 од./1 г крохмалю сировини бродіння триває 72 години, при підвищенні дози до 15 од./г крохмалю процес закінчується за 48 год.

Застосування мікробної глюкоамілази дає можливість використовувати солод того ж виду зерна, що й у сировині (хоча це не допускається регламентом). Це показано у виробничих дослідах, проведених на двох спиртових заводах, де

оцукрювання ячмінного замісу проводили ячмінним солодом і «Глюкаваморином Гх» (7,5% солоду та 5 од./1 г крохмалю або 5% солоду та 4 од. глюкоамілази/г) . При оцукрювання зернових замісів поєднанням солоду та глюкоамілази, співвідношення цих компонентів впливає на органолептичні властивості кінцевого продукту.

При приготуванні суслу в апаратах гідродинамічної обробки заміси нагрівають лише до 75–95°C, що дозволяє зберегти в недеградованому стані моноцукри, амінокислоти, пептиди, органічні кислоти, вітаміни та деяку частину ферментативної активності. При низькотемпературній обробці замісу крохмаль не може бути повністю клейстеризований, частина його залишається «сирим». В таких умовах необхідно використовувати ферментативні комплекси, здатні впливати на сирий крохмаль.

Для більш повного використання складових крохмалевмісної сировини при виробництві етанолу науковці пропонують під час водно–теплової обробки та оцукрювання сировини використовувати разом з α -амілазою і глюкоамілазою також інші ферменти, а саме: целюлазу і геміцелюлазу, які частково гідролізують клітинні стінки рослинної сировини до зброджуваних цукрів. Внаслідок цього досягається кращий контакт амілолітичних ферментів з крохмалем та, як результат підвищення виходу етанолу.

Для повного і швидкого ферментативного гідролізу крохмалю до зброджуваних цукрів необхідно створити певні умови, які полягають в підготовці крохмалю до ферментативної атаки і в правильному виборі оцукрюючих матеріалів із необхідним комплексом ферментів, а також створити оптимальні умови для їх дії [2, 22].

В цьому зв'язку і визначаються певні вимоги до ферментних препаратів, які можуть використовуватися в спиртовому виробництві. Ці вимоги стосуються складу ферментативного комплексу, оптимальних умов їх дії для ферментних препаратів (рН, температура), ступеня очищення, величини активності, вмісту наповнювача, вартості та ряду інших факторів. Для підготовки крохмалю до гідролізу його необхідно не тільки клейстеризувати і розчинити, але й виключити можливість ретроградації при охолодженні затору до температури оцукрювання. Для досягнення цієї мети перспективним є використання термостійкої мікробної α -амілази, яка забезпечує достатню декстринізацію крохмалю За відносно високих температур (85–90°C). Найкращого ефекту оцукрювання досягають при використанні глюкоамілази в комбінації з α -амілазою.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

Об'єктом дослідження магістерської роботи є технологія спиртової бражки з крохмалевмісного сусла.

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

В якості об'єкту досліджень використовували кукурудзу з крохмалистістю 62,33% та концентровані ферментні препарати α -амілази і глюкоамілази відповідно:

- AMYLEX 5T активністю 1736 од./см³ ;
- DIAZYME TGA активністю 5018 од./см³ .

В процесі зброджування сусла застосовували антисептик Бактрилон–А, ферментний препарат протеази.

2.2 Методи досліджень

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



Рисунок 2.1. — Схема проведення досліджень

Повноту зброджування крохмалевмісного суслу визначали за допомогою трьох досліджень:

- визначення масової концентрації загальних незброджених вуглеводів антроновим методом;
- визначання масової концентрації водорозчинних незброджених вуглеводів
- визначання масової концентрації спирторозчинних вуглеводів.

Також в ході експерименту визначали об'ємний вміст спирту в бражці методом перегонки, вміст екстрактивних речовин барди рефрактометричним методом.

Вміст цукрози, глюкози та фруктози після процесів розрідження та оцукрення визначили на рідинному хроматографі.

2.3 Методика досліджень

2.3.1. Визначення масової концентрації загальних незброджених вуглеводів антроновим методом

Прилади, посуд і реактиви: ваги лабораторні загального призначення; колориметр фотоелектричний лабораторний (фотоелектроколориметр); секундомір; колби мірні місткістю 50, 100 і 200 см³ ; піпетки місткістю 2; 5 і 10 см³ ; склянки для зважування; пробірки місткістю 25 см³ з пришліфованими корками; електроплитка або газовий пальник; баня водяна; штатив для пробірок; вода дистильована; розчин антрону з масовою часткою 0,2%; кислота сірчана концентрована або особливої чистоти, яка витримує пробу Савая; розчин сульфату цинку з масовою часткою 30%; розчин жовтої кров'яної солі з масовою часткою 15%; папір фільтрувальний.

Техніка аналізу. У склянці зважують 25,00±0,01 г зрілої бражки і кількісно переносять наважку в мірну колбу місткістю 200 см³ за допомогою 75 см³ розчину сірчаної кислоти з масовою часткою 0,53%. Одержують 100 см³ аналізованого розчину, в якому концентрація сірчаної кислоти складає 0,4%.

Для гідролізу крохмалю колбу з аналізованим розчином занурюють у киплячу водяну баню і кип'ятять протягом 15 хв, потім — охолоджують до температури 20°C. Для осадження білків і освітлення розчину у колбу наливають 2 см³ розчину сірчаноокислого цинку з масовою часткою 30%, перемішують та додають 2 см³ розчину жовтої кров'яної солі з масовою часткою 15%.

Вміст колби знову перемішують, доводять об'єм розчину у колбі до мітки дистильованою водою за температури 20°C, фільтрують через паперовий фільтр у суху чисту колбу. Перші порції фільтрату виливають, а наступні використовують для аналізу. Фільтрат розводять дистильованою водою в 50–100 разів з таким розрахунком, щоб в розведеному фільтраті вміст вуглеводів становив від 4 до 10 мг/100 см³ .

В розведеному розчині визначають вміст загальних незброджених вуглеводів, використовуючи колориметричну реакцію з антроном. В пробірку наливають піпеткою 5 см³ розчину антрону в сірчаній кислоті з масовою часткою 0,2%,

обережно приливають 2,5 см³ розведеного фільтрату таким чином, щоб рідина не переміщу-валася, а утворювала два шари. Паралельно готують контрольний розчин, додаючи замість робочого розчину дистильовану воду.

Пробірки ретельно закривають корками, енергійно перемішують протягом 10 с і ставлять у киплячу водяну баню. Кипіння води у бані повинно знову відновитися за 0,5 хв з моменту занурювання пробірок. Пробірки в водяній бані витримують протягом 6 хв, а потім охолоджують у проточній воді до температури 20±0,5°C.

Інтенсивність забарвлення готових розчинів в пробірках вимірюють за допомогою фотоелектроколориметрів КФК–2 або КФК–3. Для вимірювання використовують кювети з шириною робочої грані 5 мм. Вимірювання проводять на двох світлофільтрах з довжиною хвилі 590 нм і 440 нм порівняно з контрольним розчином. В результаті вимірювань одержують відповідно два значення оптичної густини D₁ і D₂.

Масову концентрацію загальних незброджених вуглеводів C_{вуг.нзбр.заг.}, г/100 см³, для фотоелектроколориметру КФК–3 розраховують за формулою:

$$C_{\text{вуг.нзбр.заг.}} = \frac{21,33 \cdot D_1 - 16,48 \cdot D_2}{1000} * K_{\text{роз}} \quad (2.1)$$

де 21,33, 16,84 — постійні коефіцієнти для КФК–3, які одержано експериментально; D₁ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 590 нм; D₂ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 440 нм; K_{роз} — розведення фільтрату, яке враховує кількість зрілої бражки, що бере участь у реакції, мг/см³; 1000 — коефіцієнт перерахунку міліграмів у грами.

2.3.2 Визначання масової концентрації водорозчинних незброджених вуглеводів

Прилади, посуд і реактиви: ваги лабораторні загального призначення; колориметр фотоелектричний лабораторний (фотоелектроколориметр); секундомір; колби мірні місткістю 50, 100 і 200 см³; піпетки місткістю 2; 5 і 10 см³; склянки для зважування; пробірки місткістю 25 см³ з пришліфованими корками; електроплитка або газовий пальник; баня водяна; штатив для пробірок; вода дистильована; розчин антрону з масовою часткою 0,2%; кислота сірчана концентрована або особливої чистоти, яка витримує пробу Савалія; розчин сульфату цинку з масовою часткою 30%; розчин жовтої кров'яної солі з масовою часткою 15%; папір фільтрувальний.

Техніка аналізу. У склянку зважують 25,00±0,01 г зрілої бражки і кількісно переносять наважку в мірну колбу місткістю 200 см³ за допомогою 75 см³ дистильованої води.

З метою осаджування білків і освітлення розчину у колбу наливають 2 см³ розчину сірчаноокислого цинку з масовою часткою 30%, перемішують та додають 2 см³ розчину жовтої кров'яної солі з масовою часткою 15%. Вміст колби знову перемішують, доводять об'єм розчину у колбі до мітки дистильованою водою за

температури 20°C, фільтрують через паперовий фільтр у суху чисту колбу. Перші порції фільтрату виливають, а наступні використовують для досліджень.

Фільтрат розводять дистильованою водою в 50–100 разів з таким розрахунком, щоб в розведеному фільтраті вміст вуглеводів становив від 4 до 10 мг/100 см³. В розведеному розчині визначають вміст водорозчинних незброджених вуглеводів, використовуючи реакцію з розчином антрону в сірчаній кислоті з масовою концентрацією 2 г/дм³. В результаті вимірювань одержують два значення оптичної густини D₃ і D₄.

Масову концентрацію водорозчинних незброджених вуглеводів C_{вуг.нзбр.вод.}, г/100 см³, для фотоелектроколориментру КФК–3 розраховують за формулою:

$$C_{\text{вуг.нзбр.вод.}} = \frac{21,33 \cdot D_3 - 16,48 \cdot D_4}{1000} * K_{\text{роз}} \quad (2.2)$$

де 21,33, 16,84 — постійні коефіцієнти для КФК–3, які одержано експериментально; D₃ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 590 нм; D₄ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 440 нм; K_{роз} — розведення фільтрату, яке враховує кількість зрілої бражки, що бере участь у реакції, мг/см³; 1000 — коефіцієнт перерахунку міліграмів у грами.

2.3.3 Визначання масової концентрації спирторозчинних вуглеводів

Прилади, посуд і реактиви: ваги лабораторні загального призначення; колориметр фотоелектричний лабораторний (фотоелектроколориметр); секундомір; колби мірні місткістю 50, 100 і 200 см³; піпетки місткістю 2; 5 і 10 см³; склянки для зважування; пробірки місткістю 25 см³ з пришліфованими корками; електроплитка або газовий пальник; баня водяна; штатив для пробірок; вода дистильована; розчин антрону з масовою часткою 0,2%; кислота сірчана концентрована або особливої чистоти, яка витримує пробу Саваля; розчин сульфату цинку з масовою часткою 30%; розчин жовтої кров'яної солі з масовою часткою 15%; папір фільтрувальний.

Техніка аналізу. Зрілу бражку фільтрують через паперовий фільтр у суху чисту колбу. Прозорий фільтрат відбирають піпеткою в мірну колбу місткістю 50 см³ в кількості від 0,5 см³ до 2 см³ залежно від вмісту спирторозчинних вуглеводів у напівпродукті.

Якщо фільтрату було відібрано менше 2 см³, то об'єм фільтрату до 2 см³ доводять дистильованою водою. Це роблять для того, щоб при осадженні декстринів у спиртовому екстракті спирту завжди містилось 92,6% об. До розчину фільтрату в колбі приливають до мітки спирт етиловий ректифікований з об'ємною часткою 96,3%. При цьому декстрини випадають в осад.

Вміст колби ретельно перемішують і фільтрують через паперовий фільтр у суху чисту колбу. В одержаному спиртовому фільтраті визначають масову концентрацію спирторозчинних вуглеводів, використовуючи реакцію з розчином антрону в сірчаній кислоті з масовою часткою 0,2%.

При колориметруванні в якості контрольного використовують розчин, приготовлений шляхом приливання в мірну колбу місткістю 50 см³ до 2 см³ дистильованої води 48 см³ спирту етилового ректифікованого концентрацією 96,3% об. В результаті вимірювань отримують відповідно два значення оптичної густини D₅ і D₆.

Масову концентрацію спирторозчинних незброджених вуглеводів C_{вуг.нзбр.сп.}, г/100 см³, для фотоелектроколориментру КФК–3 розраховують за формулою:

$$C_{\text{вуг.нзбр.сп.}} = \frac{21,33 \cdot D_5 - 16,48 \cdot D_6}{1000} * K_{\text{роз}} \quad (2.3)$$

де 21,33, 16,84 — постійні коефіцієнти для КФК–3, які одержано експериментально; D₅ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 590 нм; D₆ — оптична густина, яку вимірюють за допомогою світлофільтру з довжиною хвилі 440 нм; K_{роз} — розведення фільтрату, яке враховує кількість зрілої бражки, що бере участь у реакції, мг/см³; 1000 — коефіцієнт перерахунку міліграмів у грами.

2.3.4. Визначення масової концентрації декстринів

Вміст декстринів у зрілій бражці C_{декс.}, г/100 см³, розраховують за формулою

$$C_{\text{декс.}} = 0,9 * (C_{\text{вуг.нзбр.заг.}} - C_{\text{вуг.нзбр.сп.}}) \quad (2.4)$$

де 0,9 — коефіцієнт перерахунку глюкози на декстрини.

2.3.5. Визначення вмісту спирту ареометричним методом

Метод ґрунтується на вимірюванні ареометром для спирту об'ємної частки етилового спирту у водно–спиртовому розчині, отриманому після попередньої перегонки горілки.

Прилади, посуд і реактиви: ареометри скляні для спирту типу АСП–2 або АСП–1, термометри рідинні скляні діапазоном вимірювання 0–55°С з ціною поділки 0,1 °С, крапельловлювач, колби мірні місткістю 250 см³, перегінна колба плоскодонна або круглодонна місткістю 500 см³, холодильник скляний лабораторний, циліндри місткістю 250 см³, вода дистильована, колбонагрівач (електроплитка).

Техніка аналізу. В перегінну колбу переводять вміст колби для бродіння. У приймальну колбу доливають 10–15 см³ дистильованої води і занурюють у неї трубку холодильника. Перегонку починають з постійною подачею холодної води до холодильника.

Перегонку завершують, коли приймальна колба заповниться дистилятом на 80–90% свого об'єму. Кінець трубки ополіскують 5 см³ дистильованої води, доводять об'єм до позначки дистильованою водою за температури 20°С і перемішують.

Вміст колби переливають у сухий циліндр для ареометрів і вимірюють об'ємну частку етилового спирту ареометром для спирту. Перед вимірюванням об'ємної частки спирту водно–спиртовий розчин ретельно перемішують.

Вимірювання об'ємної частки спирту проводять за відсутності бульбашок повітря у водно-спиртовому розчині.

Перед визначенням об'ємної частки спирту необхідно виміряти температуру водно-спиртового розчину. Потім у розчин занурюють ареометр таким чином, щоб він не торкався стінок циліндра. Відлік показань проводять по нижньому рівню меніска з точністю до 0,5 найменшої поділки.

2.3.6 Визначення вмісту екстрактивних речовин барди

Метод ґрунтується на визначанні масової концентрації екстрактивних речовин за шкалою рефрактометра за температури 20°C.

Прилади, посуд і реактиви: рефрактометр лабораторний, колби місткістю 200 (250; 500) см³, термометри рідинні скляні лабораторні з діапазоном вимірювання 0–50°C і ціною поділки 0,1°C та 0,5°C, палички скляні, вода дистильована .

Техніка аналізу. Щоб визначити вміст сухих речовин, використовують залишок, що міститься в перегінній колбі після відгонки спирту із зразка, який досліджується. Вміст перегінної колби переводять у конічну колбу і доводять до початкового об'єму дистильованою водою, перемішують і за допомогою рефрактометра визначають концентрацію сухих речовин, яка відповідає вмісту дійсних сухих речовин барди.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВНЕСЕННЯ ЗБІЛЬШЕНИХ ДОЗ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖЕННЯ КРОХМАЛЕВНІСНОГО СУСЛА

3.1 Періодичне зброджування крохмалевнісного сусла за умов збільшення норм додавання α -амілази і глюкоамілази

Для проведення першого досліду брали наважку кукурудзи масою 76,5 г з крохмалистістю 62,33% та водопровідну воду об'ємом 250 см³ α -амілазу та глюкоамілазу додавали за різними варіантами (табл. 3.1). Початкова концентрація сухих речовин сусла 28%. Активність α -амілази становить 1746 од.АЗ/см³; активність глюкоамілази — 5018 од.ГЗ/см³. Процес розрідження сусла тривав 3 год за температури 90°C. Оцукрення відбувалося 4 години за температури 50°C.

Таблиця 3.1 – Варіанти внесення α -амілази і глюкоамілази

№ зразку	α -амілаза, активність 1746 од.АЗ/см ³		глюкоамілаза, активність 5018 од.ГЗ/см ³	
	од. активн. на 1 г крохмалю	кількість ферменту (1:100) на колбу, см ³	од. активн. на 1 г крохмалю	кількість ферменту на колбу, см ³
1, 2	2	5,5	6	5,7
3, 4	3	7,6	7	6,7
5, 6	4	10,9	8	7,6
7, 8	5	13,7	9	8,5

Після процесів розрідження та оцукрення до вмісту бродильних проб додали по 1 см³ протеази, по 1 см³ антисептику Бактрилон–А та по 0,5 г сухих спиртових дріжджів Термосак, які попередньо розвели у 10 см³ води та поставили на бродіння при температурі 30°C на 3 доби. Через кожен добу колби з вмістом зважували для визначення маси СО₂ при бродінні (табл.3.2).

Для подальшого аналізу обрали колби, з активнішою динамікою зброджування, а саме зразки № 1, 3, 5, 7. Вміст спирту визначали ареометричним методом згідно п.2.3.5. Концентрацію сухих речовин барди визначали рефрактометричним методом п.2.3.6. Вміст загальних незброджених вуглеводів, водорозчинних незброджених вуглеводів визначають за методами наведеними в п.2.3.1 та п.2.3.2 відповідно. Вміст спирторозчинних незброджених вуглеводів визначають за методом, який наведений в п.2.3.3. Вміст декстринів розраховують відповідно п.2.3.4. Результати досліду наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.2 — Динаміка накопичення CO₂ в процесі бродіння

№ зразку	Початкова маса зразку, г	Години бродіння, год					
		24 год		36 год		72 год	
		Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г
1	585,62	573,06	12,56	569,05	16,57	560,61	25,01
3	536,59	524,67	11,92	520,56	16,03	510,91	25,68
5	571,25	559,50	11,75	555,62	15,63	546,07	25,18
7	531,54	520,30	11,24	516,32	15,22	505,67	25,87

Графічно динаміку накопичення CO₂ в процесі бродіння зображено на рисунку 3.1.

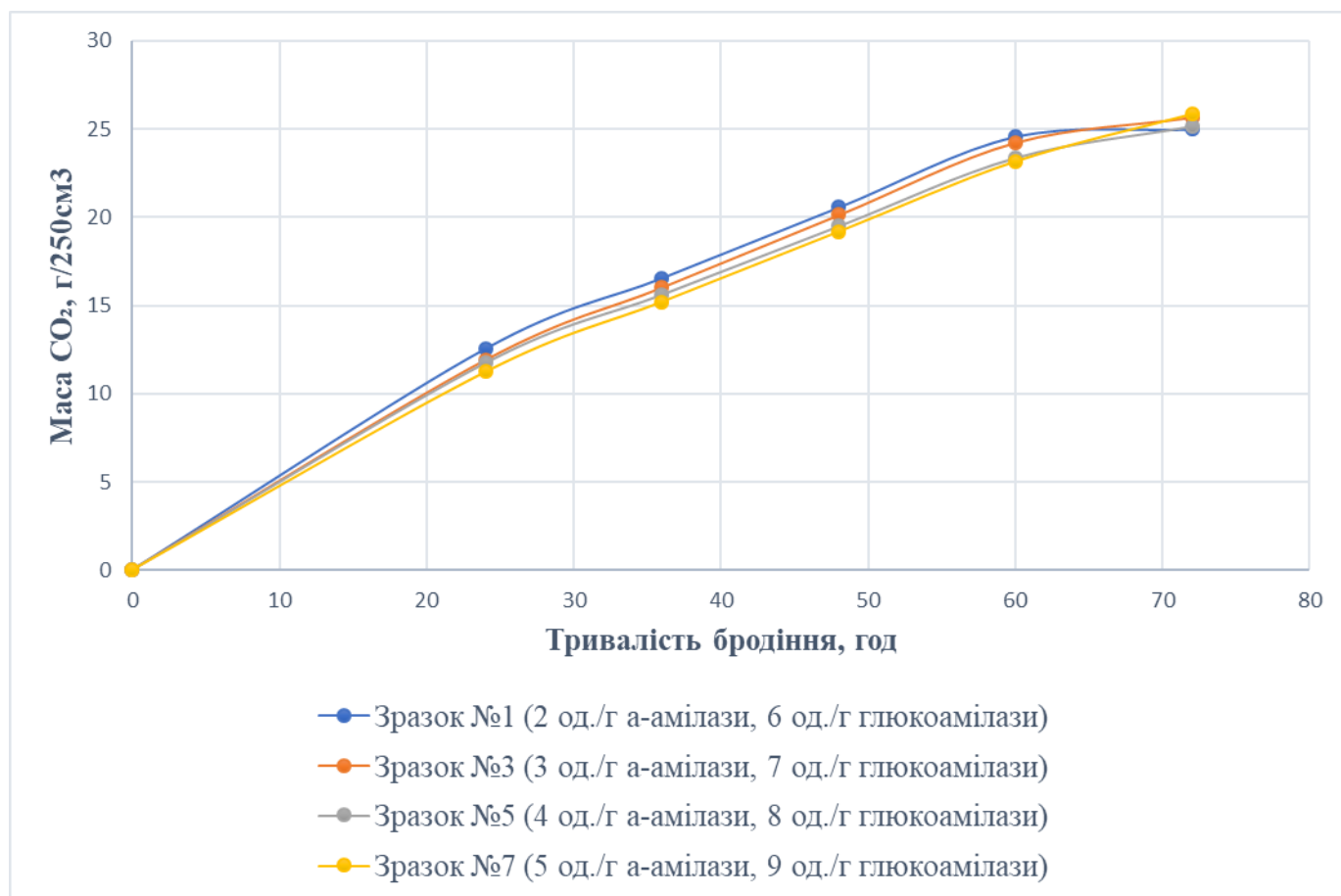


Рисунок 3.1. — Динаміка накопичення CO₂ при бродінні (дослід №1)

Таблиця 3.3 — Результати досліду №1

№ колби	Вміст спирту, % об.	Вміст дійсних СР, %	Вміст загальних незброджених вуглеводів, г/0,1 дм ³	Вміст водорозчинних незброджених вуглеводів, г/0,1 дм ³	Вміст спирторозчинних незброджених вуглеводів, г/0,1 дм ³	Вміст декстринів, г/0,1 дм ³
1	12,0	5,0	0,469	0,467	0,283	0,166
3	12,25	6,0	0,529	0,434	0,320	0,103
5	12,3	5,5	0,496	0,502	0,310	0,173
7	12,7	4,5	0,523	0,528	0,318	0,189

Графічно результати досліду №1 зображено на рисунку 3.2. та рис.3.3

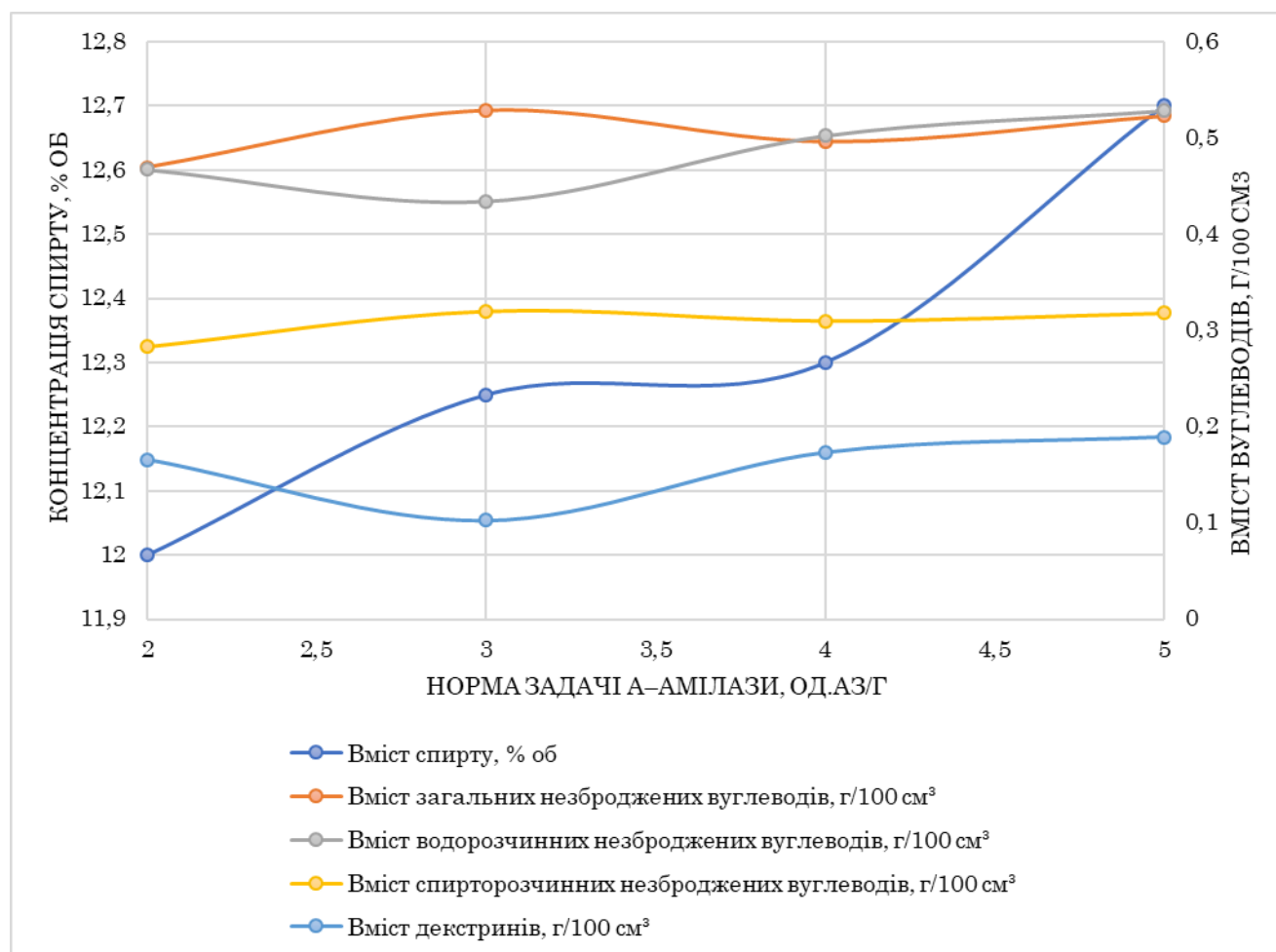


Рисунок 3.2 — Вплив збільшення норм задачі α-амілази на збродження сусла з кукурудзи

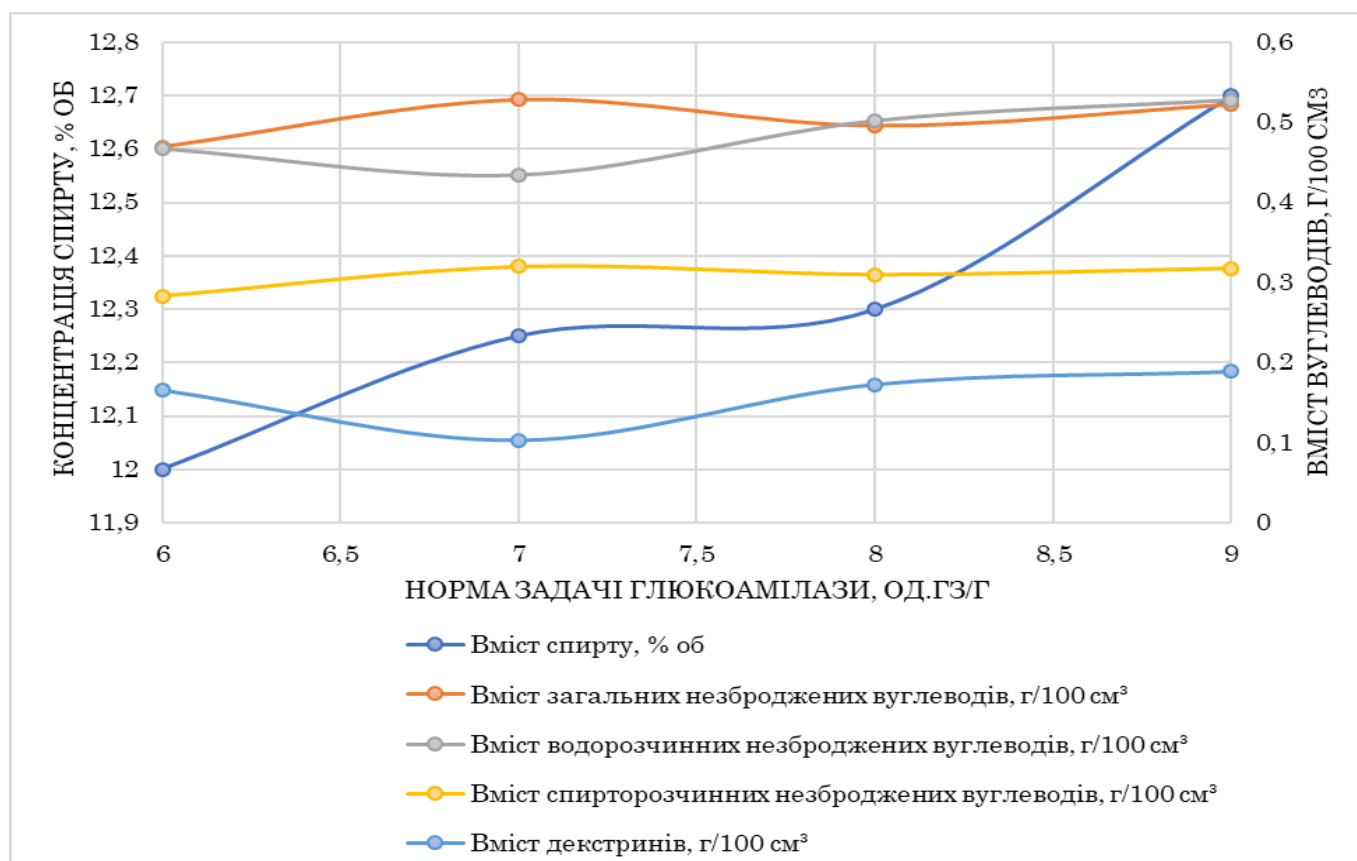


Рисунок 3.3 — Вплив збільшення норм задачі глюкоамілази на збродження сусла з кукурудзи

3.2 Періодичне збродження кукурудзяного сусла з підвищенням його концентрації

Варіанти бродильних проб для проведення другого дослідження наведені в табл. 3.4. α -амілазу додавали з розрахунку 2 од./г (активність 1746 од/см³), глюкоамілазу — 6 од./г (активність 5018 од/см³). Умови проведення експерименту та тривалість розрідження та оцукрення аналогічні п.3.1. Протеазу та антисептик задавали до бродильних проб аналогічно п.3.1.

Таблиця 3.4 — Варіанти бродильних проб для дослідження №2

№ зразків	Початкова концентрація СР сусла, %	Наважка помелу кукурудзи, г	Кількість ферменту α -амілази на колбу, см ³	Кількість ферменту глюкоамілази на колбу, см ³
1, 2	20	49,36	3,5	3,7
3, 4	24	60,34	4,3	4,5
5, 6	28	72,41	5,2	5,4
7, 8	32	84,48	6,0	6,3

Динаміка росту CO₂ наведена в табл.3.5. Графічно динаміка зброджування крохмалевмісного суслу з підвищенням концентрації сухих речовин наведена на рис.3.6.

Таблиця 3.5 – Динаміка накопичення CO₂ (дослід №2)

№ зразку	Початкова маса зразку, г	Тривалість бродіння, год					
		24		48		72	
		Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г
1	2	3	4	5	6	7	8
1	579,24	567,86	11,38	563,81	15,43	563,62	15,62
2	554,69	541,84	12,85	538,85	15,84	538,61	16,08
3	584,08	569,45	14,63	564,70	19,38	564,33	19,75
4	547,45	533,78	13,67	528,25	19,20	528,02	19,43
5	575,81	559,43	16,38	552,52	23,29	551,74	24,07
6	542,63	526,58	16,05	518,84	23,79	518,44	24,19
7	542,76	525,70	17,06	515,70	27,06	514,08	28,68
8	580,35	563,04	17,31	553,32	27,03	551,49	28,86

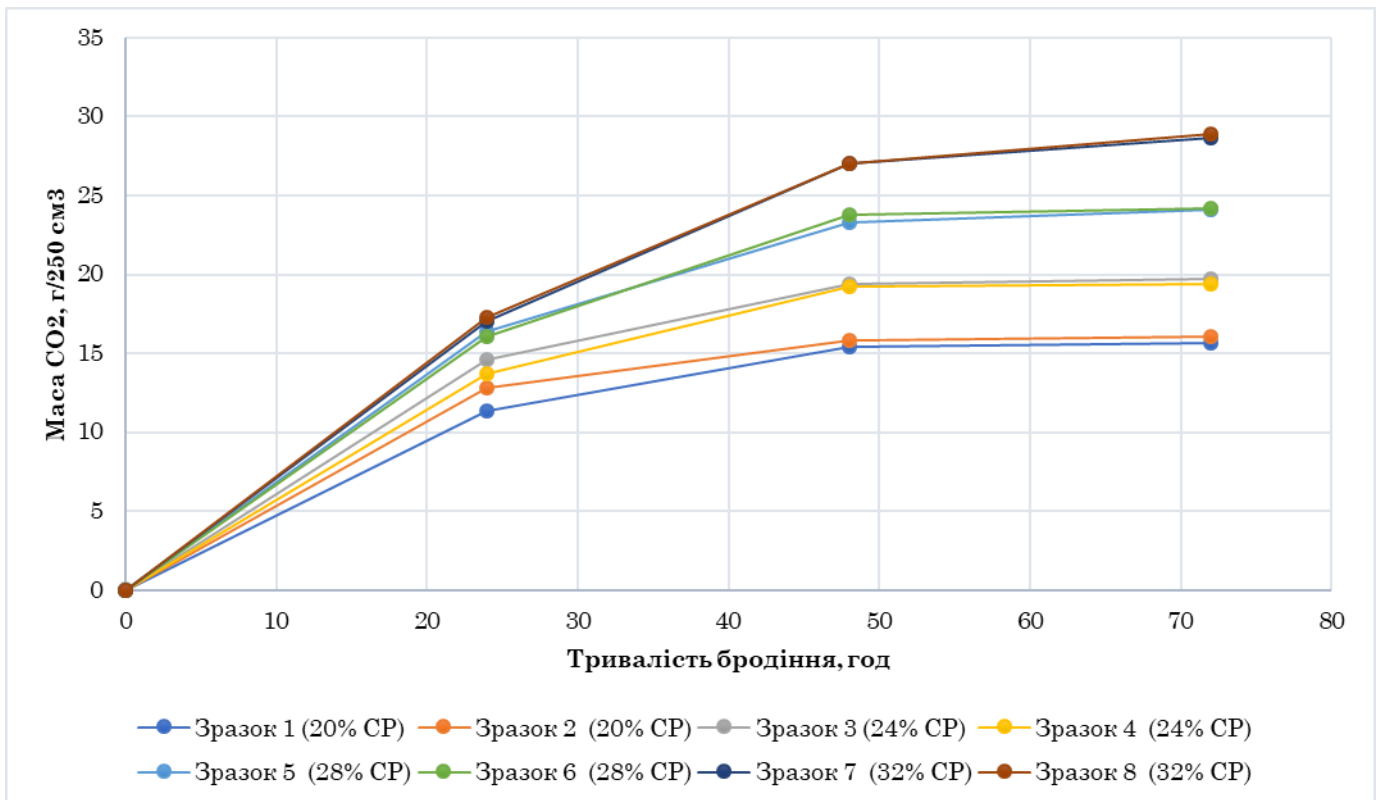


Рисунок 3.4 — Динаміка бродіння (дослід №2)

Для визначення об'ємного вмісту спирту було відібрано колби № 1, 3, 6, 8. Для визначення вмісту загальних незброджених, водорозчинних незброджених та спирторозчинних вуглеводів було відібрано колби № 2, 4, 5, 7. Результати дослідження наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 — Результати дослідження №2

№ зразку	Вміст спирту, % об.	Вміст дійсних СР, %	pH	Вміст загальних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст водорозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст спирторозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст декстринів, г/100 см ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	7,7	–	4,17	0,630	0,500	0,277	0,200
2	–	4,5	–	–	–	–	–
3	9,2	5,15	–	–	–	–	–
4	–	–	4,2	0,700	0,560	0,330	0,200
5	–	–	4,3	0,700	0,540	0,320	0,200
6	11,8	–	7,0	–	–	–	–
7	–	4,22	–	0,801	0,930	0,580	0,200
8	13,2	–	8,0	–	–	–	–

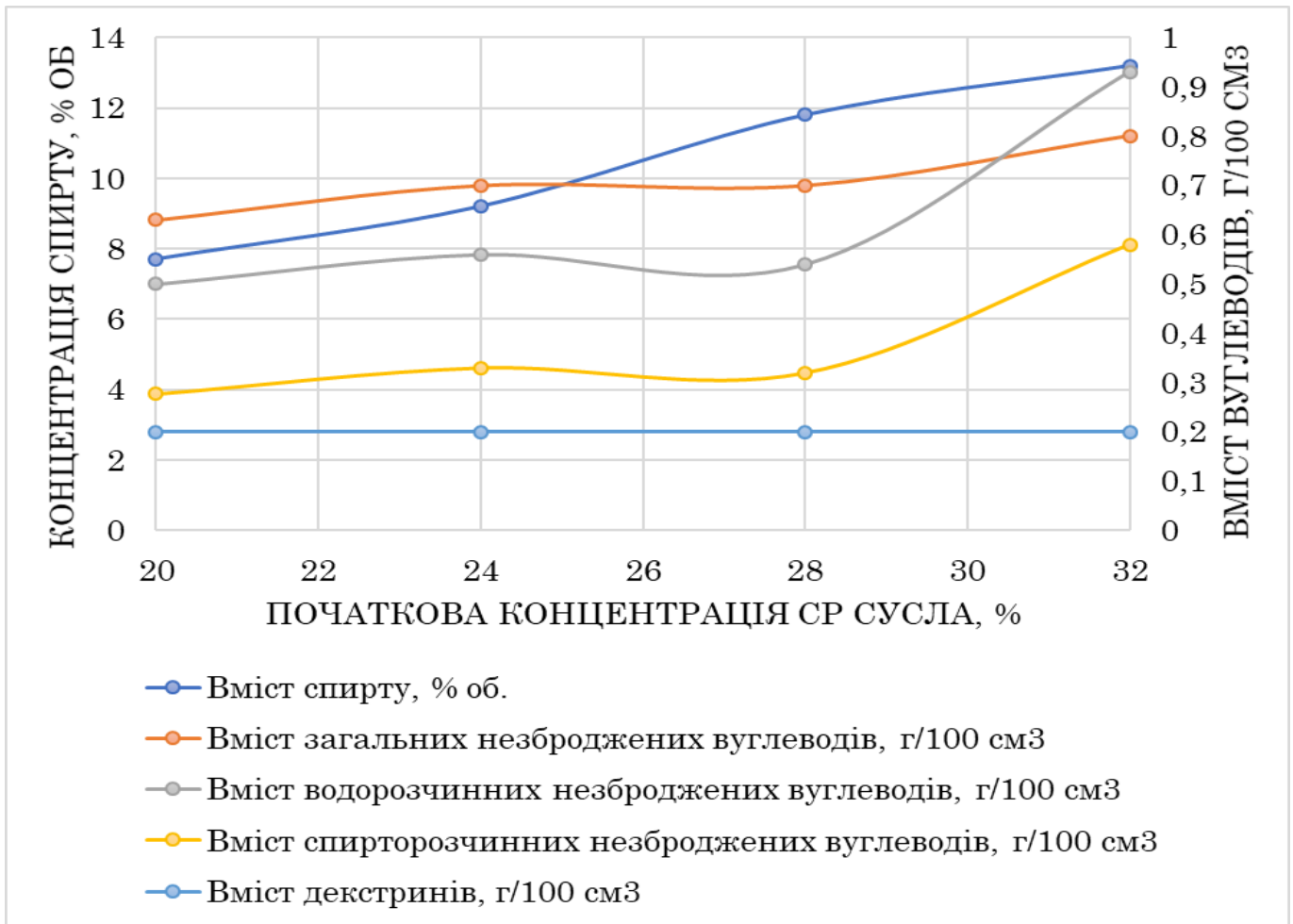


Рисунок 3.5 — Вплив концентрації початкових сухих речовин сусла на повноту зброджування крохмалевмісного сусла

3.3 Періодичне зброджування кукурудзяного сусла з підвищенням його концентрації, збільшенням дози ферментних препаратів та збільшенням кількості дріжджів

Варіанти бродильних проб для проведення третього дослідження наведені в табл. 3.7. α -амілазу додавали з розрахунку 2 од./г (активність 1746 од/см³), глюкоамілазу — 7 од./г (активність 5018 од/см³). Умови проведення та тривалість розрідження та оцукрення аналогічні дослідженню 1. Протеазу та антисептик задавали до бродильних проб аналогічно дослідженню 1. Дріжджі «Термосак» задавали за різними варіантами (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Варіанти бродильних проб

№ зразку	Початкова концентрація сухих речовин, %	Наважка помелу кукурудзи, г	Кількість ферменту α -амілази (1÷100) на колбу 250 см ³ , см ³	Кількість ферменту глюкоамілази (1÷100) на колбу 250 см ³ , см ³	Кількість дріжджів на колбу 250 см ³ , г
1, 2	28	72,41	12,9	8,1	0,5
3, 4					3,5
5, 6	32	84,48	15,1	9,4	0,5
7, 8					3,5

Динаміка накопичення CO₂ наведена в табл. 3.8 та зображена графічно на рис. 3.6.

Таблиця 3.8 — Динаміка накопичення CO₂

№ зразку	Початкова маса зразку, г	Тривалість бродіння, год							
		24		48		72		96	
		Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г	Маса зразку, г	Маса CO ₂ , г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	516,27	503,31	12,96	493,65	22,62	492,77	25,50	492,62	23,65
2	580,02	568,35	11,67	557,70	22,32	556,25	23,77	—	—
3	611,22	588,32	22,9	587,59	23,63	587,39	23,83	—	—
4	554,95	531,12	23,83	530,32	24,63	530,07	24,88	—	—
5	552,24	537,98	12,26	527,27	24,97	524,38	27,86	524,02	28,22
6	654,76	642,88	11,88	630,39	24,37	626,73	28,03	—	—
7	550,24	525,17	25,07	522,50	27,74	522,80	28,04	—	—
8	601,64	575,79	28,85	573,18	28,46	573,45	28,73	—	—

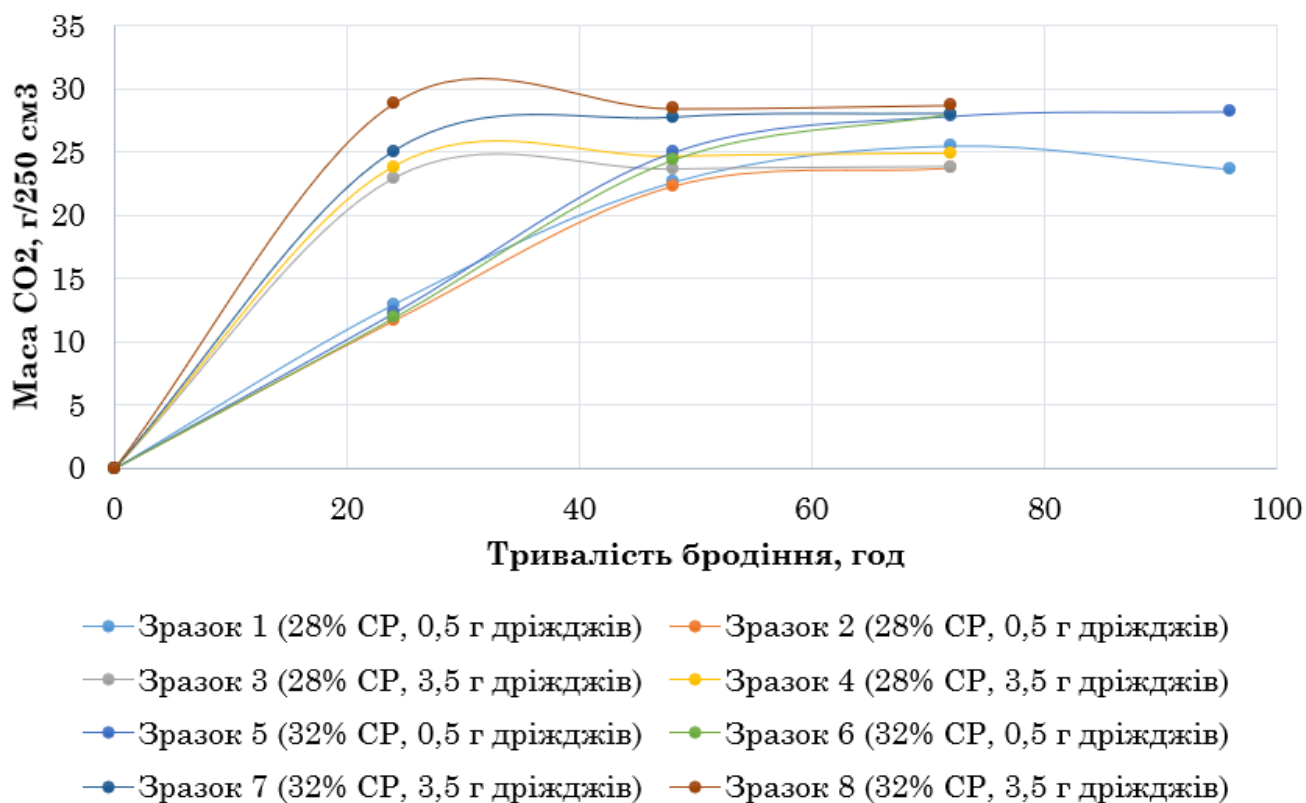


Рисунок 3.6 — Динаміка збродження суслу

Після бродіння для перегонки були відібрані колби № 2, 4, 6, 8, де виділилося найбільше CO₂, що свідчить про найвищий вміст спирту у бродильних пробах. Вміст загальних незброджених, водорозчинних та спирторозчинних вуглеводів, а також декстринів визначали у бражці у колбах № 1, 3, 5, 7. Результати дослідження наведені в табл.3.9.

Таблиця 3.9 – Результати дослідження №3

№ зразку	Вміст спирту, % об.	pH, од.	Вміст загальних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст водорозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст спирторозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст декстринів, г/100 см ³
1	2	3	4	5	6	7
1	–	4,22	0,816	0,631	0,439	0,124
2	11,8	–	–	–	–	–
3	–	–	0,882	0,634	0,493	0,176
4	11,7	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7
5	–	4,19	1,119	0,928	0,685	0,219
6	13,7	–	–	–	–	–
7	–	–	1,382	1,05	0,696	0,319
8	13,0	–	–	–	–	–

3.4 Дослідження балансу вмісту цукрів після центрифугування крохмалевмісного суслу

Колби 1 і 2. До наважки помелу кукурудзи з умовною крохмалистістю 62,33% масою 70,0 г додали 200 см³ води водопровідної, додали α -амілазу (активність 1746 од./см³, 2 од. активності на 1 г крохмалю) — 5,2 см³, провели розрідження впродовж 3 год за температури 90°C, додали глюкоамілазу (активність 5018 од./см³, 7 од. активності на 1 г крохмалю) — 7,2 см³ і провели оцукрення впродовж 4 год за температури 55°C. Кукурудзяне сусло відцентрифугували з розділенням на 2 фракції: фільтрат і осад. Осад довели водопровідною водою об'ємом отриманого фільтрату.

У водному розчині осаду та фільтраті визначили вміст моноцукрів (глюкоза, цукроза, фруктоза) після гідролізу хроматографічним методом (табл. 3.10)

Таблиця 3.10 – Результати визначення цукрів на рідинному хроматографі

Номер зразку	Фракція	Зброджувані цукри, г/100 см ³				Цукри у фільтраті і осаді разом, г/100 см ³	В перерахунку на ум. крохмаль ($\times 0,95$), г/100 см ³
		сахароза	глюкоза	фруктоза	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Фільтрат	0,963	16,84	0,054	17,857	33,319	31,653
	Осад	0,692	14,713	0,057	15,462		
2	Фільтрат	1,103	19,112	0,06	20,275	31,912	30,316
	Осад	0,822	10,778	0,037	11,637		

3.5 Висновки

1. Після проведення першого дослідю на основі отриманих експериментальних даних визначено оптимальні норми внесення α -амілази — 2 од.АЗ/1г крохмалю та глюкоамілази — 7 од.ГЗ/1 г крохмалю. При такому дозуванні ферментних препаратів α -амілази та глюкоамілази спостерігається найменший вміст декстринів у дозрілій бражці, також низький вміст спирторозчинних та загальних незброджених вуглеводів, що свідчить про високу повноту гідролізу крохмалевмісного сусла.

2. При проведенні другого дослідю визначали вплив обраних норм задачі ферментних препаратів α -амілази та глюкоамілази на повноту гідролізу крохмалевмісного сусла з різною концентрацією початкового вмісту сухих речовин (20, 24, 28 та 32%). Проаналізувавши отримані експериментальні дані визначили, що обрані дозування ферментних препаратів підходять для збродження сусла різних концентрацій.

3. При проведенні третього дослідю дослідили повноту збродження сусла різних концентрацій (28 і 32%) при різних нормах задачі дріжджів (0,5 г на 250 см³ та 3,5 г на 250 см³) на етапі бродіння сусла. Після аналізу динаміки збродження зробили висновок, що збільшення дозування дріжджів скорочує процес бродіння на 24 години. Але при цьому в дозрілій бражці залишається високий вміст загальних незброджених, водорозчинних та спирторозчинних вуглеводів, в порівнянні з стандартним дозуванням дріжджів (0,5 г 250 см³).

4 СОЦІАЛЬНО–ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Підвищення норм внесення α -амілази та глюкоамілази на етапі термоферментативної обробки замісів з крохмалевмісного сусла має позитивний ефект:

- загальна тривалість бродіння при підвищених дозування глюкоамілази скорочується. Так, при нормі задачі даного ферменту 6 од.ГЗ/1 г крохмалю сировини бродіння триває 72 години, при підвищенні дози до 15 од.ГЗ/г крохмалю тривалість процесу зменшується до 48 год;
- використання глюкоамілази мікробного походження збільшує ступінь зброджування сусла на 1,3–1,5% порівняно з варіантом оцукрювання солодом, який широко застосовувався на спиртових заводах раніше;
- використання термостабільних ферментних препаратів α -амілази та глюкоамілази дозволяє проводити гідроліз при високих температурах (90–105°C), що дозволяє поєднати процеси гідролізу та клейстеризації крохмалю;
- завдяки використанню α - та глюкоамілази бактеріального походження значно знижується вартість процесу термоферментивної обробки замісів за рахунок скорочення тривалості процесу;
- підвищене дозування даних ферментних препаратів дозволяє підвищити ступінь розщеплення крохмальних зерен і як наслідок цього збільшується вихід цільового продукту.

Більш повноцінно описати соціально-економічний ефект від підвищення норм внесення ферментних препаратів та розрахунок вартості впровадження цієї технології можливо при подальших дослідженнях.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

Відповідно до СНиП 11–90–81 наукові та навчальні лабораторії відносяться до категорії В — пожежонебезпечне виробництво. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), приміщення таких лабораторій відносяться до класу В–16.

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

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

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

Запиленість повітря робочої зони

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

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

Засоби захисту від шуму:

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

Освітлення на робочих місцях регламентується ДБН В.2.5.28–2006.

За видом джерела світла, що використовується, освітлення може бути природним (сонячним), штучним (лампи розжарювання або газорозрядні) та суміщеним, тобто коли у світлі години доби використовують обидва джерела світла одночасно.

Природне освітлення

Природне освітлення поділяється на :

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

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

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

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

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

Штучне освітлення

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

- загальну;
- місцеву;
- комбіновану.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Не можна користуватись водою для того, щоб гасити леткі розчинники, які загорілись, тому що цим можна викликати ще більше розповсюдження пожежі. Вогнище пожежі, що утворилося, ліквідують накриттям палаючої поверхні щільною тканиною, вологою ганчіркою або засипають його піском. Якщо вогонь розповсюдився на велику площу, то треба користуватись вогнегасником (густо пінним або порошковим), збиваючи полум'я з боку не пошкодженої ним ділянки.

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

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

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

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

1. Токсичні рідини забороняється набирати в піпетку ротом. В цьому випадку треба використовувати гумову грушу.
2. Заборонено приливати концентровані кислоти ДО концентрованих лугів (або навпаки); їх треба розводити водою до проведення нейтралізації.

3. При розведенні розчинів гідроксидів лужних металів треба приливати їх тонким струменем в холодну воду при одночасному перемішуванні.
4. Для приготування розчинів лугу необхідно його попередньо дрібно роздробити, щоб не розбити посуд великими кусками. Дробити луг треба на чистому металевому листі в захисних окулярах, щільно застебнутому халаті і в гумових рукавичках. Кусочки лугу беруть порцеляновим або металевим шпателем.
5. Нагрівання пробірок та іншого скляного посуду треба проводити поступово, направляючи їх отворами від працюючого.
6. Не можна змішувати киплячі розчини або додавати в них сухі реагенти на нагрівальних приладах.
7. Перед нагріванням води в промивалці з останньої виймають пробку.
8. Всі процеси, пов'язані з виділенням токсичних газів, пари та диму, проводять у витяжній шафі. З токсичними речовинами працюють в рукавичках.
9. Використані розчини, які містять в собі токсичні речовини, виливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину старанно миють.

Легкозаймісті горючі рідини (спирт, ефір, бензол, газ, піридинові основи та інші) зберігають в лабораторному приміщенні тільки в об'ємі, який не перевищує добовий запас, в товстостінних склянках (з товщиною стінок не менше 2 мм) з притертими пробками.

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

Перегонку і нагрівання низькокиплячих вогнебезпечних речовин необхідно проводити в круглодонних колбах з тугоплавкого скла і на водяних або олійних банях. Посуд, в якому зберігались або проводились роботи з горючими рідинами, має бути одразу ж промитим.

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

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

6 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

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

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

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

Цивільний захист в Україні створюється і здійснюється з метою:

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

Основними завданнями цивільного захисту є:

- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації;
- розроблення і виконання законодавчих та інших нормативно-правових актів, дотримання норм і стандартів у сфері цивільного захисту;
- створення, збереження і раціональне використання матеріальних ресурсів, необхідних для запобігання надзвичайним ситуаціям;
- оперативне оповіщення населення про виникнення або загрозу виникнення надзвичайної ситуації, своєчасне достовірне інформування про обстановку, яка складається, та заходи, що вживають для запобігання надзвичайним ситуаціям та подолання їх наслідків;
- організація захисту населення та території від надзвичайних ситуацій, надання невідкладної психологічної, медичної та іншої допомоги потерпілим;

- проведення невідкладних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- навчання населення способам захисту в разі виникнення надзвичайних, несприятливих побутових або нестандартних ситуацій та організація тренувань;
- міжнародне співробітництво у сфері цивільного захисту.

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

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

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

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

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

Організаційні заходи є загальними для харчових підприємств всіх галузей.

Основними із них є:

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

- контроль за всім комплексом заходів із захисту і підготовки до знезараження.

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

Інженерно-технічні заходи включають в себе:

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

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

До санітарно–профілактичних заходів відносять:

- суворе дотримання правил особистої гігієни;
- регулярний санітарно–гігієнічний контроль за якістю продукції, води та водо джерел;
- утримання в чистоті будівель, допоміжних приміщень, обладнання відповідно до санітарних правил харчових підприємств;
- утримання територій заводу у чистоті. Під'їзні шляхи, майданчики перед виробничими та складськими приміщеннями мають бути заасфальтовані з певним ухилом для збігання промивної та атмосферної води у бік від будівель;
- збереження відходів у бетонних або в щільних збитих просмолених (оббитих всередині жерстю) ящиках з кришками, що щільно прилягають.

Сміття та відходи слід вивозити кожний день, після чого ящики ретельно вичищати та дезінфікувати 20% розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна.

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

За даними радіаційного і хімічного контролю здійснюється:

- оцінка працездатності особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств і визначення порядку їх подальшого використання;
- первинна діагностика тяжкості гострих променевих і хімічних уражень;
- уточнення режимів радіаційного захисту людей;

- визначення необхідності і об'єму санітарної обробки людей, спеціальної обробки технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів;
- визначення можливості використання сировини, напівфабрикатів, готової продукції в умовах радіаційного і хімічного зараження.

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

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

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

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

- розробка планів підготовки до здійснення простої герметизації тих складських та інших приміщень, де немає повної герметизації;
- випуску продуктів та напівфабрикатів у герметичній тарі;
- утримання в справному стані герметизації герметизованих транспортних засобів для транспортування продуктів і товарів, для надійного захисту продуктів харчування, харчової сировини та інших продовольчих товарів і їх запасів можна використовувати гірські вироби й заглиблені порожнини.

У них будують складські приміщення, які внаслідок такого розміщення простіше захистити не тільки від зараження, а й від усіх інших вражаючих факторів.

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

- захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є одним із основних завдань цивільного захисту для переробних підприємств;
- для захисту продуктів харчування повинні виконуватися такі заходи: організаційні, інженерно-технічні, санітарно-профілактичні;
- головним способом захисту продуктів є герметизація виробничих, складських приміщень;
- своєчасний контроль за радіаційною обстановкою навколишнього середовища сприяє проведенню ефективних заходів щодо захисту харчових продуктів сировини на харчових підприємствах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дослідження збільшення норм внесення ферментних препаратів амілолітичної дії (α -амілази та глюкоамілази) проведено в лабораторії відділу технології продуктів бродіння Інституту продовольчих ресурсів Національна академія аграрних наук України.

2. В процесі роботи досліджено проблему покращення роботи відділення термоферментативної обробки замісів за рахунок використання ферментних препаратів амілолітичної дії. Також в процесі виконання роботи досліджено використання концентрованих ферментних препаратів різної дії та різного походження.

3. В лабораторних умовах експериментально визначено оптимальні норми дозування ферментних препаратів α -амілази та глюкоамілази для підвищення повноти гідролізу крохмалевмісного сусла. Оптимальна задача препарату α -амілази становить 2 од./1 г крохмалю, а глюкоамілази — 7 од./1 г крохмалю.

4. Досліджено вплив обраних норм внесення ферментних препаратів на повноту гідролізу крохмалевмісного сусла з різною концентрацією початкового вмісту сухих речовин, що дозволяє.

5. Досліджено повноту гідролізу сусла за допомогою хроматографії. Визначено, що після гідролізу сусла частина моноцукрів (цукроза, глюкоза, фруктоза) знаходиться в осаді, тобто не переходить у рідку фазу. Загалом виявлено, що вміст моноцукрів у бродильній пробі становить 31,9–33,3 г/100 см³, що в перерахунку на умовний крохмаль становить 30,3–31,6 г/100 см³.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеева, Н. И. Оптимизация водно-тепловой и ферментативной обработки для комплексной технологии переработки зерна на спирт и крахмал / Н. И. Алексеева, Е. Д. Фараджева // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2011. — № 2. — С. 27–29.
2. Ананьев, Г. Б. Ферментные препараты в производстве спирта / Г. Б. Ананьев // Пиво и напитки. — 2000. — № 2. — С. 56.
3. ДСТУ 4181:2003 Спирт етиловий ректифікований і спирт етиловий-сирець. Правила приймання і методи випробовування.
4. ДСТУ 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови.
5. Закон України «Про охорону праці»: (офіц. текст: за станом на 21 листопада 2002 р.): Верховна Рада України, Київ: Парламентське вид-во, 2006. 668 с.
6. Исследования концентрированных ферментных препаратов в спиртовой промышленности / Н. В. Цурикова, Н. Я. Васильева, Л. И. Нефедова и др. // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2001. — № 2. — С. 24–26.
7. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В.Іванов, В.А. Домарецький, В.П. Прибильський. — К.: НУХТ, 2012. — 487 с.
8. Інструкція із застосування засобів дезинфікуючих «Бактрілон-А». — К.: ТОВ «ТМА Трістан», 2016.
9. Інструкція із застосування засобів антисептичних «Бактрілон». — К.: ТОВ «ТМА Трістан», 2016.
10. Ковалевський, К.А. Технологія бродильних производств: учеб, пособ./ К.А.Ковалевский. — К.: ИОНИКС, 2004. — 340 с.
11. Куц А.М., Кошова В.М. Технологія бродильних виробництв: конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання напрям підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / А.М. Куц, В.М. Кошова. — К.:НУХТ, 2011. — 156 с.
12. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І.В.Тішаєв, В. К. Демидов. — Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. — 236 с.
13. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на 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.
14. Оптимизация технологических процессов, обеспечивающих получение качественного этилового спирта при переработке зернового сырья. Тезы: «Микробные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК-М» / Э. Н. Колдин та ин. // Под ред. В.А. Полякова, Л.В. Римаревой, ВНИИПБТ, 2006.С. 149.
15. Оптимізація режимів ферментативного гідролізу складових зерна у спиртовому виробництві / Л. В. Левандовський, Т. О. Мудрак, Т. С. Глускіна, П. Л. Шиян // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2008. — № 24. — С. 24–26.
16. Оптимізація технології спиртової бражки з кукурудзи / А.І. Українець, та ін.: Харчова і переробна промисловість, 2005. № 6

17. Поляков, В. А. Перспективные ферментные препараты и особенности их применения в спиртовой промышленности / В. А. Поляков, Л. В. Римарева // Пиво и напитки. — 2000. — № 2. — С. 52–55.

18. Поляков, В.А. О научном обеспечении биотехнологии ферментных препаратов для перерабатывающих отраслей АПК / В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 8. — С. 106–111.

19. Римарева, Л. В. Микробные ферментные препараты в спиртовом производстве / Л. В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2002. — № 4. — С. 27–31.

20. Солярек, Л. Технологические особенности применения новых ферментных препаратов Ново Нордиск А/С в спиртовом производстве / Л. Солярек // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2000. № 1. — С. 32–34.

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

22. Тананейко, Т.М. Оптимизация режимов механикоферментативной обработки ржаного суслу повышенных концентраций / Т.М. Тананейко, Л.Г. Сергеенко, В.Н. Анисеев // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы VIII Международной научнопрактической конференции. — Минск: ИВЦ Минфина, 2009. — С. 19–21.

23. Технологічна інструкція одержання бражок з крохмалевмісної сировини з використанням ферментних препаратів фірми «Даніско». — Затв. Мінагрополітики України 01.12.2011. — К.: Укрспиртбіопрод, 2011. — 38с. (Нормативний документ Мінагрополітики України. Технологічна інструкція).

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

25. 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.

26. Технологія спирту [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» денної і заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, Т.О. Мудрак, С.І. Олійник та ін. — К.: НУХТ, 2017. — 167 с.

27. Технологія спирту, лікєро–горілчаних напоїв та дріжджів у задачах і прикладах: Навч. посіб. / В.О. Маринченко, А.М. Куц, П.Л. Шиян та ін. // За ред. В.О. Маринченко. — К.: НУХТ, 2015. — 354 с.

28. Основи охорони праці. Підручн. Під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. К.: Основа, 2000. 409с.

29. Основи охорони праці: підруч. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, та ін.; за ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. — 2-ге вид., доп. та перероб. — К.: Основа, 2006. — 448 с.

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. — К.: НУХТ, 2009. — 30 с.
31. Цивільний захист на підприємствах харчової промисловості: навч. посіб.; за заг. ред. Б.Д. Харулова. — К.: «Центр учбової літератури», 2015.— 192 с.
32. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / П. Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К.: Асканія, 2009. — 424 с.
33. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. Київ: Центр навчальної літератури, 2006.438 с.
34. Alpha-amylase inactivation during corn starch hydrolysis process/ D. Apar, B. Ozbek// Journal Process biochemistry/-2004.- Vol.39, No.12.- p.1877-1892
35. Kinetics of Granular Starch Hydrolysis in Corn Dry-Grind Process/Bernardo Vidal, Kent Rausch, Mike E. Tumbleson, Vijay Singh//Starch-Starke/-2009.- Vol.61, No.8.- p.448-456.
36. Starch hydrolysis modeling: application to fuel ethanol production/Ganti s Murthy, David B Johnston, Kent d Rausch,MT Tumdleson,Vijay Singh//Bioprocess Biosyst Eng/-2011.- Vol.34, No.7.- p.87-90.
37. Starch hydrolysis under low water conditions: A conceptual process design /Van der Veen, S.Veelaert, Van der Goot, R.M. Boom// Journal of Food Engineering/-2006.- Vol.75, No.2.- p.178-186.

ДОДАТОК А

Затверджено на засіданні кафедри
біотехнології продуктів бродіння і
виноробства НУХТ,
протокол № 1 від 30 серпня 2021р.

Зав. кафедри _____ А. М. Куц

31 серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ НОРМ ДОДАВАННЯ α -АМІЛАЗИ
ТА ГЛЮКОАМІЛАЗИ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖУВАННЯ
КРОХМАЛЕВМІСНОГО СУСЛА»**

ЗМІСТ

ВСТУП

ВСТУП

1. МІКРОБІОЛОГІЧНІ КАТАЛІЗАТОРИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ГІДРОЛІЗУ КРОХМАЛЮ У ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ (аналітичний огляд)

1.1 Основи термоферментативної обробки замісів

1.2 Використання концентрованих ферментних препаратів для термоферментативної обробки

1.3 Теоретичні основи оцукрення розвареної маси

1.4 Характеристика ферментних препаратів, які використовуються в процесі термоферментативної обробки крохмалевмісного сусла

1.4.1 Загальна характеристика концентрованих ферментних препаратів

1.4.2 Характеристика α -амілази

1.4.3 Характеристика глюкоамілази

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.3 Методика досліджень

2.3.1 Визначення масової концентрації загальних незброджених вуглеводів

2.3.2 Визначання масової концентрації водорозчинних незброджених вуглеводів

2.3.3 Визначання масової концентрації спирторозчинних вуглеводів

2.3.4 Визначення масової концентрації декстринів

2.3.5 Визначення вмісту спирту ареометричним методом

2.3.6 Визначення вмісту екстрактивних речовин барди

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВНЕСЕННЯ ЗБІЛЬШЕНИХ ДОЗ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖЕННЯ КРОХМАЛЕВНІСНОГО СУСЛА (експериментальна частина)

3.1 Періодичне зброджування крохмалевмісного сусла за умов збільшення норм додавання α -амілази і глюкоамілази

3.2 Періодичне зброджування кукурудзяного сусла з підвищенням його концентрації

3.3 Періодичне зброджування кукурудзяного сусла з підвищенням його концентрації, збільшенням дози ферментних препаратів та збільшенням кількості дріжджів

3.4 Дослідження балансу вмісту цукрів після центрифугування крохмалевмісного сусла

3.5 Висновки

4 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

6 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Магістрант

Я.М. Харевич

Керівник, доцент, к.т.н

Р.Г. Кириленко

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України 24-та секція за фаховим напрямом
«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології»
Наукової ради Міністерства освіти і науки України НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Х МІЖНАРОДНА НАУКОВО–ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

“Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в
контексті Євроінтеграції”

ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ МАТЕРІАЛІВ

09–10 листопада 2021 р.

КИЇВ НУХТ 2021

Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: Програма та тези матеріалів ІХ-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 09–10 листопада 2021 р., м. Київ.
– К.: НУХТ, 2021 р. – 322 с.

ISBN 978–966–612–268–4

У даному виданні представлено програма та тези матеріалів доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» відповідно до тематичних напрямків секції №24 «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології» Наукової ради Міністерства освіти і науки України.

Проведення конференції направлене на розширене представлення наукових здобутків науковців та ознайомлення експертів харчової промисловості і промислової біотехнології, підвищення рівня проведення експертиз проектів, що подаються на конкурси і гранти для фінансування за кошти державного бюджету та направлені на розширення тематики наукових проектів за тематикою і паспортом секції №24 «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології» Наукової ради Міністерства освіти і науки України для можливості співпраці науковців в світовому науковому просторі.

Рекомендовано Вченою радою НУХТ
Протокол №3 від «28» жовтня 2021 р.

ISBN 978–966–612–268–4

© НУХТ, 2021

2	Н.А. Гусятинська¹, О.М. Ободович², В.В. Сидоренко², А.Ю. Лимар² Інтенсифікація процесу пом'якшення живильної води парових котлів	104
3	Н.О. Бублієнко Комплексна переробка жому цукрового буряка	106
4	О.В.Розумний, М.В.Пархомчук, С.М. Бабко, В.В. Олішевський Модернізація системи завантаження жому преса глибокого віджим	108
5	Ю. В. Большак, А. І. Маринін, В.В. Шпак, Д. В. Штепа Спосіб одержання оздоровчої питної водневої води методом гідролізумагнію	109
6	С.І. Літвинчук, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко Спосіб визначення приросту біомаси дріжджів при обробці в роторно–пульсаційному апараті	111
7	Н.А. Гусятинська, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко, Я.О. Барашовець Дослідження процесу видалення аміаку з конденсатів вторинних сокових парів у виробництві цукру	114
8	Ю.В. Булій, А.М. Куц, А.В. Форсюк, С.М. Чумаченко Підвищення ефективності масообміну між парою і рідиною в брагоректифікаційних установках	116
9	Д. В. Штепа, А.І. Маринін, Р.С. Святненко, В.В. Шпак Видалення солей жорсткості іонообмінною смолою	118
10	О.В. Булій, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко, А.Ю. Лимар Вплив температури на вихід лігніну при обробці соломи пшеничної в роторно–пульсаційному апараті	120
11	О.В. Подобій, В.В. Сидоренко Вплив концентрації твердої фази на в'язкість суспензії соломи пшеничної при отриманні біоетанолу	122
12	С.В. Горобець, Н.М. Романченко Перспективи виробництва біоетанолу з цукрових буряків в Україні	123
13	Ю.В. Булій, А.М. Куц, М.В. Бондар, Р.М. Мукоїд Підвищення якості ректифікованого етилового спирту	125
14	О.В. Булій, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко, А.Ю. Лимар Вплив температури на вихід лігніну при обробці соломи пшеничної в роторно–пульсаційному апараті	126
15	А.Л. Боярчук, І.В. Карпович, Н.М. Чернова Коригування складу водопровідної води для виготовлення безалкогольних напоїв	129
16	Ю.В. Булій, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко Способи сумісної розгонки головної та сивушних фракцій	131
17	О. С. Каленик, Н. О. Григоренко, Н.А. Гусятинська Визначення оптимального режиму вилучення цукристих речовин зі стебел сорго цукрового	133
18	Р.Г. Кириленко, Г.Р. Марущак, Ю.С. Грибніченко Вплив нової раси дріжджів на процес сумісного зброджування сусла із крохмалє– та цукровмісної сировини	135
19	С.Т. Олійнічук, Р.Г. Кириленко, Я.М. Харевич Вплив збільшення норм додавання α –амілази та глюकोамілази на повноту зброджування сусла із крохмалєвмісної сировини	137
20	В.Б.Костін, Н.М. Романченко Загальні підходи до процесу змішування	139

19. ВПЛИВ ЗБІЛЬШЕННЯ НОРМ ДОДАВАННЯ α -АМІЛАЗИ ТА ГЛЮКОАМІЛАЗИ НА ПОВНОТУ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ

Олійнічук С.Т.², Р.Г. Кириленко¹, Я.М. Харевич^{1,2,1} *Національний університет харчових технологій, Київ, Україна* ²*Інститут продовольчих ресурсів НААН України, Київ, Україна*

Для повного і швидкого ферментативного гідролізу крохмалю до зброджуваних цукрів необхідно створити певні умови, які полягають в підготовці крохмалю до ферментативної атаки і в правильному виборі оцукрюючих матеріалів із необхідним комплексом ферментів, а також створити оптимальні умови для їх дії.

У цьому зв'язку і визначаються певні вимоги до ферментних препаратів, які можуть використовуватися у спиртовому виробництві. Ці вимоги стосуються складу ферментативного комплексу, оптимальних умов їх дії для ферментних препаратів (рН, температура), ступеня очищення, величини активності, вмісту наповнювача, вартості та ряду інших факторів. Для підготовки крохмалю до гідролізу його необхідно не тільки клейстеризувати і розчинити, але й виключити можливість ретроградації при охолодженні затору до температури оцукрювання. Для досягнення цієї мети перспективним є використання термостійкої мікробної α -амілази, яка забезпечує достатню декстринізацію крохмалю за відносно високих температур (85–90°C). Найкращого ефекту оцукрювання досягають при використанні глюकोамілази в комбінації з α -амілазою.

Для проведення дослідів брали зерно кукурудзи крохмалистістю 62,33%. α -амілазу та глюкоамілазу додавали за різними варіантами (табл. 1). Активність α -амілази становить 1746 од./см³; активність глюкоамілази — 5018 од./см³. Процес розріджування сусла тривав 3 год за температури 90°C. Оцукрення відбувалося 4 години за температури 50°C.

Таблиця 1 — Дозування ферментних препаратів різної селективної дії

№ колб	α-амілаза, активність 1746 од./см ³		глюкоамілаза, активність 5018 од./см ³	
	одиниць активності на 1 г крохмалю	кількість ферменту (1:100) на колбу, см ³	одиниць активності на 1 г крохмалю	кількість ферменту на колбу, см ³
1	2	5,5	6	5,7
2	3	7,6	7	6,7
3	4	10,9	8	7,6
4	5	13,7	9	8,5

Для вивчення повноти зброджування суслу використовували загальноприйняті в спиртовій промисловості методи визначення вмісту загальних незброджених вуглеводів, вмісту водорозчинних та спирторозчинних вуглеводів, а також декстринів. Результати дослідження наведені в табл. 2.

Таблиця 2 — Технологічні показники зрілої бражки

№ колби	Вміст спирту, % об.	Вміст дійсних СР, %	Вміст загальних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст водорозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст спирторозчинних незброджених вуглеводів, г/100 см ³	Вміст декстринів, г/100 см ³
1	12,00	5,0	0,469	0,467	0,283	0,166
2	12,25	6,0	0,529	0,434	0,320	0,103
3	12,30	5,5	0,496	0,502	0,310	0,173
4	12,70	4,5	0,523	0,528	0,318	0,189

Проаналізувавши експериментальні дані було визначено, що оптимальна норма внесення α-амілази становить 2 од. АЗ/г крохмалю, а оптимальна норма внесення глюкоамілази — 7 од. АЗ/г крохмалю.

Список літератури

1. Технологічний регламент виробництва спирту із крохмалевмісної сировини. — Затв. Мінагрополітики України 01.12.2000. — К.: Укрспиртбіопрод, 2001. — 144с.
2. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / П. Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К.: Асканія, 2009. — 424 с.

Міністерство освіти і науки України
24–та секція за фаховим напрямом
«Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології»
Наукової ради Міністерства освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

—

ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ МАТЕРІАЛІВ

X МІЖНАРОДНА НАУКОВО–ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**“Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в
контексті Євроінтеграції”**

09–10 листопада 2021 р.

Відповідальний за випуск **В.М. Пасічний**

Підп. до друку 08.11.21 р. Обл.–вид. арк. 13,57. Наклад 100 пр. Зам. №
НУХТ. 01601 Київ–33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuft.edu.ua
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.