

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інститут харчових технологій**  
**Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства**

«До захисту в ЕК»

Директорка ННІХТ

\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО  
(підпис)

«   » червня 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ Анатолій КУЦ  
(підпис)

«   » червня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 181 «Харчові технології»  
освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»  
на тему: «**Проект відділень приготування замісу та зброджування сусла з  
впровадженням енергозберігаючої технології спиртової бражки  
спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу**»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТБ-4-8

Камінчук Микита Павлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Кириленко Роман Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Я, як здобувач 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.

\_\_\_\_\_ Микита КАМІНЧУК  
(підпис)

**Київ – 2022 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступень – «бакалавр»

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Харчові технології та інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

біотехнології продуктів

бродіння та виноробства

\_\_\_\_\_Анатолій КУЦ

21 березня 2022 року

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

\_\_\_\_\_Камінчуку Микиті Павловичу\_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект відділень приготування замісу та зброджування суслу з впровадженням енергозберігаючої технології спиртової бражки спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу»

Керівник роботи Кириленко Роман Григорович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 березня 2022 року № 168-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 31 травня 2022  
р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи

1. Норми технологічного проектування.

2. Потужність спиртового заводу – 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу.

3. Передбачити впровадження енергозберігаючої технології спиртової бражки.

4. Зміст пояснювальної записки. Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (двома мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу. 3. Характеристика проекрованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та

його метрологічне забезпечення. 7. Охорона праці. Загальні висновки.  
Список використаної літератури.

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш (А3)

Демонстраційний плакат – 1 аркуш (А3)

**6.** Дата видачі завдання 21 березня 2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	11.04.22-08.05.22	Виконано
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	10.05.22-14.05.22	Виконано
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
	<b>1-а атестація</b>	<b>15.05.22</b>	Виконано
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.05.22-21.05.22	Виконано
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	22.05.22-24.05.22	Виконано
9.	Охорона праці	25.05.22-27.05.22	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	28.05.22-30.05.22	Виконано
	<b>2-а атестація</b>	<b>31.05.22</b>	
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.22-08.06.22	Виконано
12.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		Виконано
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	09.06.22-20.06.22	Виконано
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

**Здобувач**

**Микита КАМІНЧУК**

**Керівник роботи, к.т.н., доцент**

**Роман КИРИЛЕНКО**

## АНОТАЦІЯ

Даним кваліфікаційною роботою передбачено використанням сучасних концентрованих ферментних препаратів для оцукрення крохмалю сировини та високопродуктивної раси дріжджів.

Пропонується впровадження таких заходів:

- подрібнення кукурудзи здійснювати на дезінтеграторі для отримання часток помелу розміром не більше ніж 250 мкм, що є необхідною умовою для впровадження низькотемпературної термоферментативної обробки замісу;
- під час приготування замісу 25 % води замінити на фільтрат барди; термоферментативну обробку замісу проводити за температур 85...95 °С з використанням контактної головки та двох апаратів термоферментативної обробки; на стадії приготування замісу застосовувати розріджуючий ферментний препарат Termamyl 120L, а для оцукрення розрідженої маси – Diazyme SSF2.

Також були проведені усі необхідні розрахунки продуктів, обладнання. Розроблено апаратурно-технологічну схему, описано питання охорони праці та санітарно-мікробіологічного контролю.

Кваліфікаційна робота складається з 57 аркушів формату А4, графічна частина А3 – 2 аркуші.

**Ключові слова:** кукурудза, низькотемпературна термоферментативна обробка, сучасні розріджуючі та оцукрюючі ферментні препарати, дозріла бражка, спирт.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ANNOTATION

This qualification work provides for the use of modern concentrated enzyme preparations for saccharification of raw starch and highly productive yeast race.

It is proposed to implement the following measures:

- grinding of corn to be carried out on a disintegrator to obtain grinding particles with a size of not more than 250  $\mu\text{m}$ , which is a necessary condition for the introduction of low-temperature thermo-enzymatic treatment of the mixture;
- during the preparation of the mixture, replace 25% of the water with the bard filtrate; thermoenzymatic treatment of the mixture to be carried out at temperatures of 85... 95 °C with using a contact head and two devices of thermoenzymatic processing; at the stage of preparation of the mixture to use the diluting enzyme preparation Termamyl 120L, and for saccharification of the diluted mass - Diazyme SSF2.

Also all necessary calculations of products, the equipment were carried out. The equipment-technological scheme is developed, the questions of labor protection and sanitary-microbiological control are described.

The qualification work consists of 57 A4 sheets, A3 graphic part – 2 sheets.

**Key words:** corn, low-temperature thermo-enzymatic treatment, modern diluting and saccharifying enzyme preparations, ripe brew, spirit.

									4
2..	1..	№ 200000	П.И.И.И.	П.И.					4

## ЗМІСТ

АННОТАЦІЯ .....	3
ANNOTATION .....	4
ВСТУП .....	6
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ .....	8
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ТЕРМОФЕРМЕНТАТИВНОЇ ОБРОБКИ ЗАМІСУ .....	10
2.1 Асортимент та обсяг проекрованої продукції .....	10
2.2 Принципова технологічна схема .....	11
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів термоферментативної обробки замісу .....	12
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми .....	21
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	23
3.1 Характеристика проекрованої продукції .....	23
3.2 Характеристика сировини .....	27
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів .....	30
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ .....	35
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	35
4.2 Продуктові розрахунки.....	35
4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів.....	38
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	45
6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТЕРЕОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	49
7 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	56

					Проект відділень приготування замісу та зброджування сусла з впровадженням енергозберігаючої технології спиртової бражки спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу			
Змн.	Лист	Прізвище	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Камінчук М.П.					5	57
Консул.						НУХТ ННІХТ ТБ-4-8		
Керівн.		Кириленко Р.Г.						
Зав. каф.		Куц А.М.						



утворення побічних продуктів бродіння та підвищити вихід спирту.

Суміщення процесів оцукрення і бродіння в бродильному апараті із використанням осмофільних та термофільних дріжджів сприяє підвищенню ефективності процесу за рахунок більш повного зброджування цукрів сусле та зменшення витрат води на підтримання оптимальної температури бродіння.

					ВСТУП	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

Основним структурним підрозділом спиртового заводу є спиртовий цех з такими відділеннями:

Для отримання спирту етилового ректифікованого із крохмалевмісної сировини задіяні такі відділення:

- відділення приготування харчової сировини;
- відділення теплової обробки замісу;
- дріжджове відділення;
- бродильне відділення;
- відділення перегонки та ректифікації спирту.

До допоміжних виробництв відносяться:

- котельня;
- механічний цех;
- транспортний цех;
- електроцех.

Проектуванню підлягають відділення приготування замісу, його термоферментативної обробки та дріжджебродильне.

## *Режими роботи заводу*

Відповідно до КЗпП та колективного договору, підписаного керівництвом підприємства та профспілковим комітетом, норма робочого часу працівників не може перевищувати 40 годин на тиждень. Для непродуктивних працівників встановлено п'ятиденний робочий тиждень з двома вихідними.

Для працівників виробничої сфери складається графік змін, щоб тривалість робочого часу не перевищувала дозволених норми. Тривалість зміни визначається правилами внутрішнього розпорядку або графіком зміни, що затверджуються власником або уповноваженим ним органом після погодження з обраним органом первинної профспілкової організації (профспілковим представником) підприємства відповідно до встановленого трудового розпорядку на тиждень.

Робочий день починається з 8:00. Тривалість однієї зміни 12 годин. Максимальна кількість змін в день – 2. Робочий тиждень безперервний. Наведено режими роботи головних відділів у табл. 1.1.

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

*Таблиця 1.1 – Режими роботи відділень*

Назва відділення	Кількість змін на добу	Кількість робочих днів у місяці	Кількість робочих днів у році
Зерносклад	1-2	25	305
Відділення попередньої обробки	2	25	305
Відділення термоферментативної обробки	2	25	305
Дріжджебродильне відділення	2	25	305
Брагоректифікаційне відділення	2	25	305
Спиртосховище	2	25	305
Лабораторія	2	25	305

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ТЕРМОФЕРМЕНТАТИВНОЇ ОБРОБКИ ЗАМІСУ

### 2.1 Асортимент проекрованої продукції

В якості основного продукту спиртові заводи можуть виробляти спирт етиловий ректифікований або біоетанол. Біоетанол в основному використовується як добавка до моторного палива. При цьому всі леткі спиртові домішки, що утворюються в процесі бродіння, не видаляються при перегонці і залишаються в ній. Спирт етиловий ректифікований використовується в багатьох галузях народного господарства.

Під час ректифікації основну фракцію етилового спирту та сивушного масла або ефірно-сивушного концентрату відокремлюють від спирту-сирцю як окремі продукти [15-17].

Спирт етиловий ректифікований за ступенем очищення отримують за класами: «Пшенична сльоза», «Люкс», «Екстра» та «Вища очищення» [5]. Спирт етиловий ректифікований «Пшенична сльоза» фізико-хімічно краще сорту «Вища очищення», а саме за масовою концентрацією альдегідів, сивушної олії, вільних кислот і сухого залишку приблизно в 2 рази, масової концентрації ефірів та органічних речовин приблизно в 2,5 рази, масова частка метилового спирту приблизно в 6 разів, об'ємна частка спирту не менше 0,3 об. %; краще порівняно з сортами «Люкс» і «Екстра», а саме масова концентрація ефірів і органічних речовин приблизно в 1,5 ... 2 рази, масова концентрація метилового спирту приблизно в 2 ... 4 рази, масова концентрація сивуша олії (при перетворенні в суміш вищих спиртів) приблизно в 1,5 ... 2 рази.

Фракція головна етилового спирту – це побічний продукт спиртового виробництва, виділяють з епюраційної колони концентруванням головних домішок (етери і альдегіди). Фракція головна етилового спирту має об'ємну частку спирту не менше 92 % об., масову концентрацію альдегідів і етерів не більше відповідно 10 і 30 г/дм<sup>3</sup>. Склад і кількість домішок значною мірою залежить від якості сировини, умов її переробки та об'єму головної фракції, що відбирається [15, 17].

Сивушне масло – побічний продукт спиртового виробництва, це суміш вищих спиртів (ізоаміловий, ізобутиловий, н-пропіловий та ін.). Сивушне масло виділяють з сивушної фракції обробкою її водою. Відбір сивушної фракції звичайно складає 2...4 % від спирту, введеного до спиртової колони; вміст етилового спирту в ній – 88 % об. і сивушного масла – 10...45 % [15, 17].

Асортимент та обсяг проекрованої продукції у разі переробки кукурудзи протягом 305 діб наведено в табл. 2.1.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Асортимент і обсяг проекрованої продукції

Назва продукції	Відсоток від загальної кількості	Товарна продукція	
		за добу	за рік
Умовний спирт-сирець, у т.ч.:	100,0	3000	910500
Спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс»	92,0	2760	561 200
Головна фракція	6,1	122	37 120
Масло сивушне	0,3	6,0	1830
Спирт сивушний	1,0	20	6100
Втрати під час брагоректифікації	0,6	1,8	183
Барда	1000	30 000	9150000

## 2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема отримання дозрілої бражки у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини наведена на рис. 2.1 [15, 17].



Рис.2.1 — Принципова технологічна схема отримання дозрілої бражки у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів термоферментативної обробки замісу

Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини засноване на збродженні цукристого крохмалю селективними ферментними препаратами мікробного походження спиртовими породами дріжджів. З метою підвищення ефективності виробництва спирту в алкогольній промисловості України з початку ХХІ ст. запроваджено низькотемпературну переробку сировини при температурах 85...95 °С із застосуванням високоактивних концентрованих ферментних препаратів селективної дії та заміною частини води для приготування суміші фільтратом барди. Основними технологічними параметрами, що впливають на процеси спиртового затору, є вид і якість сировини, ступінь подрібнення, концентрація сухої речовини партії зерна, температура і тривалість її термоферментної обробки, рН, місце введення ферментних препаратів у процес, їх склад і витрати на одиницю продукції.

### Очищення зерна

У зерновій масі, крім зерна, є домішки. До механічних домішок належать сміття та зерно. Усі види зерна, що надходять у виробництво, очищають від пилу, землі, каміння, металевих предметів (шматків дроту, цвяхів, горіхів) тощо. Домішки засмічуються, викликають швидкий знос і навіть пошкодження обладнання, порушують нормальний перебіг технологічних процесів, тому їх видаляють. Для видалення механічних домішок використовуються різні механізми: повітряно-ситові та магнітні сепаратори, трієри тощо.

Домішки, що відрізняються від зерна цієї культури за товщиною чи шириною та аеродинамічними властивостями, відокремлюють на повітряно-ситовому сепараторі. Зерно, що надходить у сепаратор, спускається через аспіраційний канал, в якому маса зерна просочується потоком повітря, що створюється вентилятором, і очищається від легких домішок. Потім великі та дрібні механічні домішки розділяються на двох коливальних ситах. Очищене зерно з другого сита надходить в інший аспіраційний канал. Сита мають круглі отвори, діаметр яких залежить від культури зерна. Швидкість повітря в аспіраційних каналах не повинна перевищувати 7 м/с (при більших швидкостях можливе продування зерна). Вміст домішок в очищеному зерні не повинен перевищувати 1%.

Дрібні металеві домішки, які містяться у зерні після очистки у повітряно-ситових сепараторах, відокремлюють з допомогою магнітних сепараторів.

Домішки, які відрізняються від основної культури довжиною зерна, відділяють на машинах, що зветься *трієрами*. Робочий орган трієра — циліндр або диск з чашки, які відбирають із зернової маси дрібних частинок. Залежно від мети трієри бувають двох типів: маріонеткові збирачі - відокремлюють від основного врожаю половинки зерені сферичних домішок, наприклад, маріонеткового насіння; збирачі вівса - відбирають зерно основної культури із суміші його з довгими зернами вівса та вівса.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Циліндричні трієри поширені в алкогольній промисловості. У циліндричному трієрі на внутрішній поверхні штампують або висвердлюють чашки у формі півсфери або кишені. При відділенні лялечок, дикого гороху, вики і битого зерна відячменю діаметр чашок повинен бути 6,25 ... 6,5 мм, при відділенні вівса від жита - 8 ... 8,5, вівса від вівса - 11, 5 мм.

На практиці широко використовуються комбіновані сепаратори, в яких реалізовані всі методи очищення насіння. Такі сепаратори оснащені системою сит, яка включає: приймальне сито (для видалення найбільших домішок); просівне сито призначене для видалення домішок меншого розміру; розвантажувально- сортувальне сито використовується для поділу насіння на велику і дрібну фракції; посівне сито, на схід від якого знаходиться насіння, а прохід — найдрібніший сміття. До складу комбінованих сепараторів входить також аспіраційна камера, в якій зерно продувається повітрям і з нього видаляються найлегші домішки, що не видаляються на ситах. Крім того, в таких сепараторах насіння проходить крізь магнітне поле, де металеві домішки видаляються з насінної маси за допомогою постійних або електромагнітів [15, 17].

Тому для очищення зерна необхідно використовувати повітряно-ситовий сепаратор, в якому просіюванням через сита відокремлюються домішки більші або менші за основне зерно, а також аерація зерна відокремлює пил і легкі домішки, і магнітний сепаратор, що відокремлює металеві домішки. Це забезпечує швидке очищення зерна від домішок для його подальшого використання на технологічних етапах.

### **Подрібнення зерна**

Подрібнення зерна в технології спирту передбачає підготовку його до відварювання.

Завданням подрібнення є зменшення геометричних розмірів насіння з руйнуванням його комірчастої структури, збільшення контактної поверхні сировини під час тепломасообмінних процесів. Якість подрібнення зерна оцінюють за ступенем проходження через сито з отворами діаметром 1 мм. Ступінь подрібнення в сукупності з гідромодулем, температура і тривалість термічної обробки впливає на основний показник виробництва - вихід спирту.

Метою подрібнення є руйнування клітинної структури сировини. Це досягається шляхом його подрібнення на дробарках і спеціальних машинах. Високодисперсні подрібнювачі зерна, отримані за допомогою дезінтеграторів, кульових дробарок, реактивних та інших машин, мають не тільки порушену структуру зерна, осередків і крохмальних зерен, але й механічно руйнують полімери

- крохмаль, білки тощо, що дозволяє їх нагрівати водою. обробка при температурі не вище 100 °С.

Завдяки використанню високодисперсних подрібнювачів зерна зменшуються втрати зброджуваних речовин при термічній обробці та знижуються витрати на пару. При виробництві спирту подрібнюють з використанням дезінтегранту. Машина побудована так: в циліндричному корпусі є два рухомих диска, кожен з яких має індивідуальний привід, диски

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

рухаються назустріч один одному. Робочими органами є елементи зі зносостійкого металу, вбудовані в диски, частіше це пальці круглої або іншої форми. У дезінтеграторах подрібнення речовин відбувається в результаті удару їх частинок з ударними елементами роторів, які обертаються в протилежному напрямку. Швидкість зіткнень частинок досягає 270 м/с, тривалість подрібнення - 10...30 с і залежить від швидкості обертання і розмірів роторів. За цей час розмір частинок може зменшитися з 1...0,5 мм до 1 мкм, тобто одна частина подрібнюється більш ніж на 10<sup>6</sup> частинок.

Дезінтегратори схожі на млини, так звані розчленовувачі. Вони відрізняються від перших тим, що їх зовнішній диск фіксований. Щоб отримати дрібно подрібнений подрібнювач, рухомий диск повинен обертатися з високою швидкістю (до 3800 об/хв). Різновидом розчленовувачів є кулачні фрези, які розрізняються за типом і розташуванням ударних виступів.

Для отримання більш високодисперсного і рівномірного подрібнення використовують метод подрібнення зерна в два етапи. На першому етапі зерно подрібнюється на молотковій дробарці, отримане подрібнення пневмотранспортом або системою механічних транспортерів направляється на розподільник з ситами для отримання двох фракцій подрібнення з різним розміром частинок.

На другому етапі фракція грубого помелу подається на повторне подрібнення на прокатних машинах. Застосування двостадійного способу подрібнення зерна дозволяє знизити температуру і тривалість кипіння сировини і зменшити втрати зброджуваних речовин.

Підвищення ступеня дисперсності зерна до 100% проходження через сито з отворами діаметром 250 мкм дозволяє скоротити тривалість бродіння суслу до 55 год [15, 17].

Тому, в кваліфікаційній роботі використовується подрібнення зерна на дезінтегранті, що забезпечує високодрібний помел з розміром частинок зерна не більше 250 мкм, що повністю відповідає вимогам щодо низькотемпературної термоферментної обробки шихти.

### ***Приготування замісу***

Для приготування суміші помел кукурудзи змішують з водою, яку частково замінюють фільтратом барди (25%) у співвідношенні 1:2,5, а також ферментним препаратом Термамил 120L.

Кількість води змінюється залежно від вмісту крохмалю та вологості зерна, враховуючи, що концентрація сухої речовини в суслі становила 26-30% і таким чином забезпечувалася концентрація спирту в зрілому заторі 13...15% об.

При приготуванні суміші з зерна кукурудзи дрібного помелу температура водиповинна бути в межах 60...65 °С [12-15, 17]. В останні роки для зниження витрати води при підготовці замісу використовують фільтрат барди в кількості 20...30% до об'єму води для змішування.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зниження витрат пари на приготування суміші використовують гарячу воду, що надходить від дефлегматора брагоректифікаційної установки. При необхідності суміш нагрівають до задовільної температури вторинною або гарячою парою. Для зниження в'язкості суміші в якості джерела термостабільної  $\alpha$ -амілази використовується ферментний препарат Термаміл 120L в кількості 0,8...0,9 од. амілолітична активність на 1 г крохмалю або 0,8...0,9 дм<sup>3</sup> на 1 т крохмалю.

Використання такого ферментного препарату призводить до розрідження замісів, не викликає значного накопичення простих цукрів і не впливає на втрати зброджуваних речовин під час розварювання.

Для кращого дозування та контакту з замісом концентровані ферментні препарати розбавляють питною водою у співвідношенні 1:5...1:10.

Для забезпечення гомогенізації замісу його перемішують пропелерною мішалкою або ротаційно-пульсаційним апаратом [12-15, 17].

#### *Додаткова обробка замісу*

При приготуванні зернових сумішей з високим ступенем помелу зерна та використанням гарячої води утворюються борошняні грудочки. Більшою мірою це відбувається при приготуванні партій з високим вмістом сухої речовини при гідравлічному модулі 1:2,5...1:3,0. При утворенні грудок погіршуються умови водної термічної обробки сировини, збільшуються втрати крохмалю.

На стадії ферментативного гідролізу ускладнюється доступ ферментів до біополімерів сировини, сповільнюється спиртове бродіння, підвищується кислотність браги, підвищується концентрація летючого органічного спирту, знижується концентрація спирту, що, у свою чергу, вимагає збільшення витрат теплової пари для ректифікації спирту.

Для забезпечення однорідності суміші та запобігання утворенню грудочок необхідно перед тим, як потрапити в змішувач, забезпечити гомогенізацію крупи та гарячої води. Для цього використовують насос-міксер, який іноді називають

«дисемператором» або дизельним емульгатором, але з огляду на процес, що в ньому відбувається, правильнішою назвою цього пристрою є гомогенізатор, який у більшості випадків є насосом з відкритими трубами.

Однак такі пристрої не завжди мають глибоку дисперсію подрібненого зерна і води. Значною мірою це завдання вирішується використанням технологічних схем

«мокрого» подрібнення. Як основний технологічний елемент, що здійснює механокавітаційний вплив на навколишнє середовище, використовуються різні типи диспергаторів потоку, в тому числі ротаційні пульсаційні пристрої (РПА), різні кавітаційні пристрої та віброкавітаційні млини, що забезпечують подрібнення, гомогенізацію та перекачування. Явище гідродинамічної кавітації супроводжується утворенням в рідині

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

порожнин (порожнеч, заповнених рідиною і газом).

Каверни розкладаються на кавітаційні бульбашки, які створюють місцевий тиск при руйнуванні. Це викликає кумулятивні струменя і ударні хвилі, в результаті чого виникає турбулентний режим на рівні 140 000...280 000 Re, що сприяє додатковому більш тонкому подрібненню сировини, форсування компонентів середовища і поліпшенню контакту ферментів з субстратом (крохмалем).

За рахунок виділення енергії, отриманої кавітацією, температура середовища, що обробляється, в кавітаційному апараті (з двигуном 3000 хв-1) підвищилася на 5...12 °С, а концентрація розчиненої сухої речовини — майже в 2 рази. Промисловими випробуваннями доведено ефективність використання кавітаційних апаратів в технології низькотемпературного розварювання крохмалевмісної сировини, яка полягає в доподрібненні складових частин помелу зерна, створенні умов для повного розріджування і оцукрювання крохмалю, яке здійснюється протягом 30 хв. Розрахунком витрат енергетичних ресурсів встановлено, що використання установки кавітаційного оброблення крохмалевмісної сировини дає

змогу заощадити до 3000 м<sup>3</sup> природного газу за добу в порівнянні з високотемпературною схемою розварювання [17].

Отже, додаткова обробка замісу підвищує вихід спирту, скорочує тривалість переробки продукту, забезпечує можливість регулювання режиму обробки продукту у ручному або автоматичному режимі, скорочує об'єми післяспиртової барди.

### ***Термоферментативна обробка замісу***

Основною метою термоферментної обробки є підготовка до оцукрювання крохмалю, коли він доступний для дії амілолітичних ферментів, тобто руйнування оболонки, що оточують крохмальні зерна. При термічній обробці при температурах вище 140 °С також має місце стерилізація партій, що важливо в подальших технологічних процесах оцукрювання та бродіння.

На вітчизняних спиртзаводах використовуються безперервні установки. Основними вимогами до них є підготовка крохмалевмісної сировини до оцукрювання з мінімальними витратами теплової та електричної енергії. Установки повинні бути простими в обслуговуванні та безпечними в експлуатації.

Нині в Україні для термоферментної обробки використовуються лише низькотемпературні установки з використанням термостабільних мікробних ферментних препаратів, тому в кваліфікаційній роботі розглядається термоферментна обробка сировини при низьких температурах. Ця схема забезпечує найбільший вихід спирту з 1 т крохмалю порівняно з іншими схемами [12-15, 17].

Особливістю низькотемпературної схеми є те, що процес здійснюється за допомогою термостабільних ферментних препаратів. Процес проводять при температурі 85...95 °С. Тривалість процесу 90...120 хвилин.

Переваги такої обробки полягають у тому, що: знижуються витрати на пару; знижується температура термічної обробки, що уповільнює реакцію

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

карамелоутворення; відпадає необхідність використання обладнання, що працює під тиском. Нагріту партію направляють в апарат термоферментної обробки, де її витримують при температурі 93...95 °С при постійному механічному перемішуванні. Тривалість замісу в апараті термоферментної обробки при оптимальній в ньому температурі залежить від виду сировини та технологічних особливостей подальших операцій приготування спиртового затору.

Співвідношення тривалості та температури обробки повинно забезпечувати ефективну пастеризацію партії та її мікробіологічну чистоту. В апараті під дією температури, механічного перемішування і розведення ферменту в основному закінчується клейстеризація і розведення крохмалю.

Особливо слід акцентувати увагу на перспективах використання термостабільної  $\alpha$ -амілази, яка має оптимальний ефект при температурах, близьких до 90 °С. При цьому внаслідок уповільнення термічної деструкції вуглеводів збільшується в середньому на 0,4 % вихід спирту. А для більш ефективного перемішування маси та руйнування клітинної оболонки сировини під час розріджування застосовують ротаційно-пульсаційний апарат.

Після закінчення термоферментативної обробки заміс поступає в спіральний теплообмінник на охолодження до температури 33...35 °С [15, 17].

### ***Приготування виробничих дріжджів із чистої культури***

Для зброджування сусла використовується штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-16 [10].

Чисту культуру дріжджів вирощують у пробірках на агаровому суслі або желатиновому суслі. Пробірки стерильно закривають ватними пробками і заповнюють воском або парафіном. Крім чистих культуральних пробірок додається герметична ампула зі стерильним суслим, призначена для змивання дріжджів з поверхні сусло-агару. Термін зберігання чистих дріжджових культур становить в середньому два місяці за умов зберігання пробірок у сухому прохолодному місці при температурі 8...10 °С.

Розводити чисту дріжджову культуру необхідно в окремому чистому приміщенні із зачиненими дверима та вікнами. При відсутності такого приміщення ці операції можна виконувати в переносному настільному боксі. Перед початком роботи стіл (ящик), руки, ніж, ампулу зі склом і пробірку з чистою дріжджовою культурою слід протерти 60% розчином спирту.

Стерильне солодове сусло переливають з ампули в пробірку з чистою культурою дріжджів біля полум'я газу або спиртової горілки. Пробірку поміщають в термостат на 2 ... 3 год при температурі 30 °С. Коли сусло диспергується, дріжджі з поверхні агару змивають легкими поворотами пробірки між долонями.

Після цього дріжджове сусло біля полум'я горілки переливають з пробірки в колбу об'ємом 0,5 дм<sup>3</sup> зі стерильним суслим концентрацією 8 ... 10% сухої речовини пукрометром. Колбу закривають ватною пробкою.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

попередньо обпаленою в полум'ї горілки. Через 20 ... 24 год дріжджове сусло переливають у колбу ємністю 5 дм<sup>3</sup> зі стерильним суслим, концентрацією 10 ... 12%, підкисленим сірчаною кислотою до кислотності 0,5 см<sup>3</sup> розчином NaOH з концентрацією 1 моль на дм<sup>3</sup> сусла або браги.

Колбу з суслим поміщають в термостат при температурі 30 °С і через 20 ... 24 год її вміст переливають у пляшку ємністю 20 дм<sup>3</sup> зі стерильним підкисленим суслим. Після зброджування сусла протягом 20 ... 24 год дріжджі в стерильних умовах переносять в апарат чистої культури (АКА) з попередньо підготовленим стерильним підкисленим суслим. Через 24 год дріжджі з АСА переносять на дріжджі в підготовлений пастеризований і підкислений до кислотності 0,55...0,655 см<sup>3</sup> розчин NaOH з концентрацією 1 моль на дм<sup>3</sup> сусла. Концентрація сусла 12 ... 15%. За відсутності АСА рослини готують чисту культуру в 3 ... 4 пляшках місткістю 20 дм<sup>3</sup> на дріжджі. У дріжджах накопичення виробничих дріжджів закінчується через 14 ... 24 години в залежності від використовуваної породи дріжджів.

Виробничі дріжджі готові до бродіння сусла, коли концентрація сухих речовин у дріжджах зменшиться на 2/3 від початкової концентрації сусла. Кількість виробничих дріжджів має становити 8 ... 10% від обсягу ферментера.

Для розведення чистої дріжджової культури з пробірки в пляшку використовують сусло, яке готують в лабораторії. Це сусло готується з подрібненого зерна, яке змішується з водою в пропорції 1:3. Суміш піддають термічній обробці, розбавляють і оцукрюють ферментами. Кінець оцукрювання встановлюється розщепленням йоду. У сусло в якості живильного речовини додають сечовину з розрахунку 0,3 ... 0,5 г на дм<sup>3</sup> сусла. Готове сусло проціджують через щільну тканину, концентрація фільтрату повинна бути 8 ... 10% по цукрометру. Стерилізують сусло в автоклаві при 0,5 МПа протягом 30 хв. При відсутності автоклаву стерилізацію сусла можливо проводити на відкритому вогні чи електроплитці. В цьому випадку сусло, яке знаходиться в колбі кип'ятять 20 хв. Кип'ятіння повторюють через добу. Готовестерильне сусло охолоджують до кімнатної температури і засівають дріжджі в стерильних умовах.

Суміш для пляшок готують з подрібнення зерна і води з розрахунку 1:4 при температурі 30 ... 35 °С. У партію встановлюють розчинник ферментного препарату, нагрівають до температури 85 ... 90 °С і витримують протягом двох годин. Розведенесусло охолоджують до 58 ... 60 °С, після чого додають оцукрюючий фермент. Процес оцукрювання відбувається протягом години. У сусло в якості живильного речовини додають сечовину з розрахунку 300 ... 600 г / м<sup>3</sup> сусла. Сусло стерилізують 30 ... 40 хв, охолоджують до 50 ... 55 °С і підкислюють сірчаною кислотою до кислотності 0,55 ... 0,65 см<sup>3</sup> розчину NaOH в концентрації 1 моль на дм<sup>3</sup> сусла. У процесі розведення дріжджів підвищення кислотності не передбачається, а кількість загиблих клітин не повинна перевищувати 3% [12-15, 17].

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

### **Охолодження розвареної маси до температури бродіння**

У зв'язку з використанням термотолерантних дріжджів поширюється спосіб оцукрення охолодженої до 33...35 °С розвареної маси безпосередньо в бродильних апаратах. Для цього проводять охолодження замісу у спіральному теплообміннику, використовуючи як холодильний агент воду зі ставка, що знаходиться поблизу заводу.

### **Оцукрення та зброджування сусла**

Охолоджена розведена партія надходить у ферментер. При цьому в ферментер встановлюють передбачувану кількість розведеного водою у співвідношенні 1:10 цукрового ферментного препарату Діазим SSF. Після заповнення конічної частини бродильного апарату затверджують виробничі дріжджі. Допускається встановлювати ферментний препарат для оцукрювання в дріжджах безпосередньо перед переведенням виробничих дріжджів у бродильний апарат. Для бродіння доцільно використовувати термотолерантні та осмофільні породи дріжджів і підтримувати температуру бродіння 34 ... 36 °С для кращого оцукрювання суміші [12-15, 17]. У спиртовому виробництві відомі такі способи бродіння: періодичний, проточно- рециркуляційний, циклічний, безперервний. На лікєро-горілчаных заводах України для отримання спиртової браги з крохмалевмісної сировини використовується періодичний метод бродіння сусла, згідно з яким усі операції від початку бродіння до отримання стиглого сусла проводяться в одному апараті, що включає виробництво (посів) дріжджів. в кількості 8 ... 10% від обсягу сусла, що бродить. Стандартна тривалість бродіння становить 72 години. Періодична ферментація дозволяє уникнути бродіння затору, але вимагає великих обсягів ферментаційних машин і використовується на підприємствах низької та середньої потужності (3000...5000 далспирту на добу).

Відомий проточно-рециркуляційний спосіб бродіння сусла з крохмалевмісної сировини з рециркуляцією затору з другого або третього апарату в перший апарат батареї, що знижує потужність як першого апарату, так і ферментаційної батареї як ціле. Крім того, при рециркуляції в головний бродильний апарат разом із бражкою повертаються сторнні мікроорганізми, що викликає закисання бражки і припинення бродіння.

У курсовому проекті обирається безперервний (безперервно-проточний) спосіб одержання спиртових бражок.

Суть цього методу полягає в безперервному надходженні сусла і додаванні дріжджів в основний бродильний апарат бродильної батареї з кількох поступово з'єднаних апаратів і відтік зрілого солоду з останнього бродильного апарату для перегонки. Зі збільшенням числа обертів і порядкового номера приладу в акумуляторі збільшується тривалість затримки «старого» сусла, а разом з ним і розвиток чужорідних мікроорганізмів, переважно молочнокислих бактерій.

Періодичне бродіння сусла здійснюється в одному апараті, який після циклу стерилізується паром. При безперервному бродінні в кожному з пристроїв відбувається лише частина загального процесу, тривалість якого теоретично необмежена. Чистота безперервного бродіння в основному

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

підтримується такими технологічними прийомами: посівом і підкисленням затору в головному бродильному апараті сірчаною кислотою до рН 4,2...4,5 і профілактичною стилізацією бродильної батареї, трубопроводів і насосів.

При застосуванні безперервного бродіння сусла з крохмалевмісної сировини вихід спирту збільшується на 0,33 дал/т стандартного крохмалю порівняно з методом періодичного бродіння. Збільшує споживання алкоголю з 1 м<sup>3</sup> ферментера, тобто підвищує продуктивність бродильного відділення.

При необхідності гальмування бродіння у зв'язку з зупинкою брагоректифікаційної установки, бродіння охолоджують в кінці основного бродіння до температури 15 ... 20 °С. Під час бродіння бродильні пристрої підключаються до спиртової пастки для конденсації парів спирту, що здійснюються ферментаційними газами. Зріле сусло з ферментера перекачується безпосередньо або через проміжний резервуар насосом у відділення ректифікації.

Антисептик «Полідез» використовується для придушення інфекції, що виникає в батареї бродіння.

Основні показники бродіння та склад зрілої браги з різними способами бродіння наведено в табл. 2.2.

**Таблиця 2.2 - Характеристика різних способів бродіння**

Способи бродіння	Тривалість бродіння, год	Вміст спирту, дал/т	Спиртозйом, дал/(м <sup>3</sup> *добу)	Вміст спирту, %	Дійсні СР, %	Незброджені РР, г/100см <sup>3</sup>	Нерозчинний крохмаль., г/100 см <sup>3</sup>	рН	Міцність, % об.
Рециркулярно-проточний	51	65,6	4,1	0,2	3,1	0,17	0,05	4,5	8,5
Безперервно-проточний	56	65,4	3,0	0,1	3,3	0,23	0,08	4,5	8,4
Циклічний	66	64,9	2,3	0,2	3,4	0,35	0,1	4,3	8,2
Періодичний	72	64,7	2,1	0,35	3,6	0,45	0,12	4,5	8,0

Зі табл.2.2 видно, що бродіння закінчується швидше при рециркуляційно-поточному способі, ніж при безперервному, повільніше - циклічному і навіть повільніше, ніж при періодичному. Безперервні методи мають інші переваги: більший вихід спирту з 1 т крохмалю та його виробництво з 1 м<sup>3</sup> ферментера на добу.

Технологічні показники зрілого затору характеризують роботу не тільки ферментаційного відділення, а й попередніх. Похибки технології в попередніх відділеннях виявляються в показниках зрілої браги. Найважливіші з цих показників: вміст редуруючих речовин і фактична концентрація сухих речовин, уявна концентрація сухих речовин, кислотність і міцність браги. Тому при використанні безперервного бродіння сусла з крохмалевмісної сировини вихід спирту збільшується на 0,33 дал/т стандартного крохмалю порівняно з методом періодичного бродіння. Збільшення виробництва спирту з 1 м<sup>3</sup> бродильних машин - 2,3 дал / (м<sup>3</sup> × добу) порівняно з 2,0 дал / (м<sup>3</sup> × добу) при періодичному бродінні, тобто підвищується продуктивність

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

ферментаційного відділення.

Так, у кваліфікаційній роботі за результатами аналізу передбачено:

1. Використання дезінтегранту для отримання з кукурудзи високодисперсного помелу з розміром частинок не більше 250 мкм, що є одним з основних факторів для впровадження низькотемпературної обробки при 88...90 оС, що дозволяє знизити витрати пари на при кип'ятінні партій вихід спирту збільшується на 2,5...3% порівняно зі звичайними технологіями.

2. Використання бардового фільтрату та зворотної води зменшує витрату питноїводи на приготування суміші приблизно в 1,5 рази та зменшує технологічні втрати за рахунок часткового повернення непереброджених вуглеводів.

3. Використання сучасних ферментних препаратів Термаміл 120L та DiazymeSSF2 дозволяє збільшити вихід спирту на 0,3...0,4 дал з 1 т звичайного крохмалю за рахунок їх кислотостійкості та низького рН, що знижує поточні витрати.

4. Використання термотолерантного штаму дріжджів К-16 дозволяє знизити витрату води на 30% для охолодження браги та збільшити вихід спирту на 0,5-0,7 дал на 1 т стандартного крохмалю за рахунок більш повного бродіння вуглеводів і меншого накопичення гліцерину та альдегіди.

5. Процеси оцукрювання крохмалю сусла і бродіння поєднуються в бродильному апараті.

#### 2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Зерно, що надходить на спиртовий завод автотранспортом, за допомогою автомобілерозвантажувача **1**, подається в проміжний бункер **2**, після чого за допомогою норії **3** в силос **4**, після чого – у виробничий бункер – **5**. Далі зерно подається на дезінтегратор **12**.

Подрібнення зерна під дією відцентрової сили і потоку повітря від вентилятора **9** по трубопроводу надходить у середню частину сепараційної камери **7**. Повітря, що подається вентилятором **9** в нижню частину сепараційної камери **7**, несе з собою подрібнення зерна з розміром частинок менше 250 мкм у циклоні **10**.

Повітря, що виходить з циклону **10**, направляється на вентилятор **9** для повторного використання. Для забезпечення повітрообміну в системі установки частина повітря засмоктується в дезінтегрант з атмосфери. Кількість повітря, що подається вентилятором **9** до сепараційної камери **7**, регулюється таким чином, щоб утворився псевдозріджений шар грубих подрібнених частинок, який постійно підтримувався рівномірно по всій площині сепараційної камери і не утворювалися «завали» в окремих її частинах. місця.

Частинки подрібнення розміром більше 250 мкм із сита повертаються в дезінтегрант для повторного подрібнення. У дисмемблері відбувається ефективно змішування зерна для помелу та зворотної води. Подрібнення зерна, розбавляючий ферментний препарат Термаміл 120 л (30%) із збірника

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

**16**, фільтрат барди із збору та антисептик (30%) подають чанок замісу **13**. Остаточне перемішування отриманої суспензії проводять для 25...30 хв з постановкою розріджувача ферменту. Таке змішування запобігає утворенню грудочок і забезпечує вільний доступ ферменту до зерен крохмалю, що, в свою чергу, збільшує кількість ферментованих зброджених цукрів і питомий вихід спирту з одиниці сировини.

Після термоферментної обробки партії одна частина партії 10...15% розведеної маси насосом **18** подається безпосередньо в дріжджанку **26** для приготування промислових дріжджів, який подають ферментний препарат DiazymeSSF2 для оцукрювання крохмалю із збірника **16**, дріжджової культури чистої та кислоти сірчаної із збірника **14**.

Потім виробничі дріжджі подають у бродильний апарат **24**, який подає 70 % антисептика із збору **29**. Друга частина сусла перекачується в спіральний теплообмінник **22**, де охолоджується в спіральному теплообміннику **22** до температури 30-32 °С. Потім його подають у бродильний апарат **24**.

Бродіння сусла проводять при температурі 30...32 °С, для чого використовують термотолерантні породи дріжджів. Ферментація триває 68...72 години. Газ, що виділяється під час бродіння, надходить у спиртовловлювач **31**, звідки виділяється CO<sub>2</sub> і надходить у цех вуглекислого газу, а водно-спиртова суміш надходить у збірник **32**. Після бродіння зрілий затор перекачується у відділення брагоректифікації.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів термоферментативної обробки замісу	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

#### 3.1 Характеристика проекрованої продукції

Спиртовий завод виготовляє спирт сорту «Люкс», який за органолептичними та фізико-хімічними показниками спирт етиловий ректифікований повинен відповідати вимогам ДСТУ 4221-2003 [5], зазначеним в табл. 3.1 і 3.2.

**Таблиця 3.1. – Органолептичні показники спирту етилового ректифікованого спирту-сирцю**

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх часточок	ДСТУ 4181-2003
Колір	Безбарвна рідина	ДСТУ 4181-2003
Смак і запах	Характерний для кожного сорту етилового спирту, виробленого з відповідної сировини, без присмаку і запаху сторонніх речовин	ДСТУ 4181-2003

**Таблиця 3.2. - Органолептичні показники спирту етилового головної фракції**

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх часточок	ТУ-10-0334797-10-91
Колір	З жовтуватим або зеленуватим відтінком	ТУ-10-0334797-10-91
Смак і запах	Характерний для ефірів та альдегідів	ТУ-10-0334797-10-91

Згідно з ДСТУ 4221-2003 [5] гранично допустимий вміст токсичних елементів та радіонуклідів у спирті етиловому ректифікованому повинен відповідати вимогам, наведеним у табл. 3.3.

**Таблиця 3.3 — Гранично допустимі концентрації вмісту важких металів, радіонуклідів і миш'яку у спирті етиловому ректифікованому**

Найменування показника	Допустимий рівень, мг/кг, не більше ніж	Метод контролю
Свинець	0,300	згідно з чинною НД
Кадмій	0,030	згідно з чинною НД
Ртуть	0,005	згідно з чинною НД
Цинк	4,000	згідно з чинною НД
Миш'як	0,200	згідно з чинною НД
Цезій 137, БК/кг	600,0	згідно з чинною НД
Стронцій 90, БК/кг	200,0	згідно з чинною НД

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Сивушне масло

Сивушне масло – побічний продукт спиртового виробництва, це суміш спиртів (мас. %): 45...65 амілового, 15...25 ізобутилового, 0,5...2 н-бутилового, 2...15 н-пропілового, 3...15 етилового. Крім того, в товарному сивушному маслі міститься 8...15 мас. % води й 0,5...4,0 мас. % інших органічних сполук (кислот, альдегідів, амінів та ін). Сивушне масло виділяють з сивушної фракції обробкою її водою, при цьому одержують дві рідкі розшаровані фази: сивушне масло (рафінат) і екстракт, що складається з екстрагента (води) з вилученим з вихідної суміші етиловим спиртом.

Сивушне масло згідно з ДСТУ 7940:2015 [7] за зовнішнім виглядом – прозора рідина, що при збовтуванні не мутніє, колір від світло-жовтого до червоно-бурого, запах, властивий сивушному маслу без сторонніх запахів (табл. 3.4).

**Таблиця 3.4. – Органолептичні показники сивушного масла**

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без механічних домішок та помутніння	ГОСТ 17071-91
Колір	Від світло-жовтого до світло-коричневого	ГОСТ 17071-91
Температурна границя перегонки при тиску 101,325 кПа (760 мм.рт.ст), °С	Не менше 120,0	ГОСТ 17071-91
Об'ємна частка сивушного масла, %	Не менше 50,0	ГОСТ 17071-91
Густина при 20°С, г/см <sup>3</sup>	Не більше 0,837	ГОСТ 17071-91

Відбір сивушної фракції звичайно складає 2...4 об.% від спирту, введеного до спиртової колони, вміст етилового спирту в ній 5...40 % об. і сивушного масла 10...45 об.%. Вихід сивушного масла на зернових заводах звичайно складає 0,3...0,45 % від кількості спирту. Сивушне масло використовують в основному як сировину для одержання чистих вищих спиртів (амілового, бутилового, пропілового), які застосовують в органічному синтезі, при виготовленні медичних препаратів і ароматичних речовин.

В таблиці 3.5 наведені фізико-хімічні показники етилового спирту, які відповідають ДСТУ 4181-2003. Фізико-хімічні показники сивушного спирту та сивушного масла наведені в табл. 3.6.

Фізико-хімічні показники сивушного масла наведено в табл.3.5 [5].

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 3.5 – Фізико-хімічні показники сивушного масла**

Найменування показника	Нормативне значення
Об'ємна частка етилового спирту, %, не менше	92
Масова концентрація альдегідів, в перерахунку на оцтовий альдегід, г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	10
Масова концентрація кислот, в перерахунку на оцтову кислоту, г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	1,0
Масова концентрація ефірів в перерахунку на оцтово-етиловий ефір, г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	30
Масова концентрація вищих спиртів (сивушного масла), г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	2,0
Об'ємна частка метилового спирту, %, не більше	1,5

#### *Сивушний спирт*

Сивушний спирт – безбарвна або трохи жовтувата рідина без сторонніх включень з явно вираженим фруктовим запахом, зумовленим присутністю в ньому оцтовоізоамілового ефіру.

Сивушний спирт відбирають у кількості 0,8...2,5 % від спирту, введеного в колону, при температурі на 18-й тарілці (рахуючи знизу) біля 80 0С. У його складі містилося 5...20 % пропанолу й ізобутанолу, 0,3...0,8 % об. ефірів та невелика кількість азотистих речовин, кислот. До останнього часу сивушний спирт як побічний продукт з установки на більшості заводів не виводився і тільки в зв'язку з підвищенням вимог до якості спирту його стали відбирати. [1]

#### **Головна фракція етилового спирту**

Головна фракція є побічним продуктом спиртового виробництва і являє собою суміш етилового спирту з його головними домішками, що відбирається з його головними домішками, що відбирається з верхніх тарілок епюраційної колони. Головна фракція містить естери, насичені та ненасичені вуглеводи, діацетил, метанол, азотисті та сірковмісні сполуки.

Фракція головна має відповідати вимогам ДСТУ 7402:2013 [8].

У табл.3.6 наведенні узагальнені дані по кількісному складу домішок у головній фракції етилового спирту із зерна [8].

**Таблиця 3.6. – Фізико-хімічні показники етилового спирту**

Назва показника	«Пшенична сльоза»	«Люкс»	«Екстра»	«Вищої очистки»	Метод контролю
Об'ємна частка етилового спирту, за t+20°С, не менше	96,3	96,3	96,3	96,0	Згідно з ДСТУ 4181:2003
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	витримує	витримує	витримує	витримує	--/--
Проба на окислюваність за t+20°С, хв, не менше	23	22	20	15	--/--

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масова концентрація альдегідів у перераху-нку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	2,0	2,0	2,0	4,0	Згідно з ДСТУ 4181:2003 та ДСТУ 4222:2003
Масова концентрація сивушного масла, пропілового, ізопропілового, бутилового, ізобутило-вий та ізоамілового спиртів (3:1:1) в без-водному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	3,0	4,0	7,0	10,0	--/--
Масова концентрація сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	2,0	2,0	3,0	4,0	--/--
Масова концентрація естерів, у перерахунку на оцтової естер в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,5	2,0	3,0	5,0	--/--
Об'ємна частка метилового спирту, в перерахунку на безводний спирт,%, не більше	0,005	0,01	0,02	0,03	--/--
Масова концентрація вільних кислот (без CO <sub>2</sub> ), в перерахунку на оцтову кислоту, в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	8,0	8,0	12,0	15,0	Згідно з ДСТУ 4181:2003
Масова концентрація органічних речовин, що омилюються, в перерахунку на оцтовий естер в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	12,0	18,0	25,0	30,0	--/--
Проба на фурфурол	витримує	витримує	витримує	витримує	--/--
Масова концентрація сухого залишку, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5,0	5,0	5,0	10,0	--/--

**Таблиця 3.7 – Фізико-хімічні показники сивушного спирту та сивушного масла**

Найменування продуктів	Назва показника	Норма
Сивушний спирт, ГОСТ 3639, та ДСТУ 4181	Об'ємна частка етилового спирту, видима, %	60-80
	Масова частка вищих спиртів, г/дм <sup>3</sup> , не більше	150
	Колір	Безбарвний
Сивушне масло, ГОСТ 17071 та ДСТУ 4181	Температурні межі перегонки при тиску 101,325 мПа, °С, не менше (після відгонки від вихідного об'єму сивушного масла, %)	120 50

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

	Густина при 20°C, г/см <sup>3</sup> , не більше	0,837
	Показник заломлення ( $n_D^{20}$ ), не менше	1,395

### 3.2 Характеристика сировини

Сировина, що використовується для виробництва спирту, повинна щорічно відтворюватися в кількості, достатній для промислової переробки, містити високу концентрацію крохмалю або цукру і добре зберігатися, що забезпечить економічну життєздатність виробництва. Це картопля, крупи, цукровий буряк і очерет, різні видипатоки. Будь-яке зерно переробляється на спирт, у тому числі непридатне для харчових і кормових цілей [12, 15, 17].

Проектне завдання передбачає використання кукурудзи. Кукурудза. Із зернових найкращою сировиною для виробництва спирту є кукурудза [17]. Він містить відносно більше крохмалю, менше клітковини, більше жиру (що підвищує харчову цінність барди). Урожайність у 2 ... 3 рази перевищує врожайність інших зернових. Стебло у кукурудзи - міцне, пряме, високе, потужне, шорстке, круглої соломи, розділене на вузли, заповнене пухким паренхімою. В південних регіонах України рослина сягає 2,5 ... 3 м у висоту. Його висота залежно від біологічних особливостей сорту чи гібрида та факторів врожайності коливається від 60...100 см у ранніх формі до 5...6 м у пізніх форм. Товщина - 2 ... 7 см. Кількість міжвузлів на стеблі у ранньої кукурудзи досягає 8 ... 12, у дуже пізньої - до 30 ... 40 і більше.

Листя лінійно-ланцетні, великі, довжина листової пластинки 70 ... 110 см, ширина 6 ... 12 див. більше. Лист опушений, має невеликий язичок і немає вух. Листя розміщують на стеблі по черзі, не затіняючи один одного. Краї їх ростуть швидше середини, а тому хвилясті, що збільшує загальну листову поверхню рослини. Кількість листків на стеблі відповідає кількості вузлів стебла.

Залежно від форми зерна і ступеня розвитку ендосперму кукурудзу поділяють на 7 ботанічних груп: крем'янисті, пупкові, крохмалисті, воскові, цукрові, лущені. Для виробництва алкоголю доцільно використовувати крохмальну та пуповину, які легко розварюються. Вологість зерна залежить не тільки від його гігроскопічних властивостей, а й від зрілості та інших умов.

Розрізняють чотири стани товарного зерна: сухе, середньосухе, вологе та сире. У дефектному і вологому зерні вологість може досягати близько 30% і більше. Волога, що відповідає сухому стану, колоїдно-зв'язна, життєві процеси зведені до мінімуму, при середній сухості залишається невелика кількість вільної води, і зерно можна пробудити до життя. Вологість, яка відповідає такому стану зерна, називається критичною.

**Суха речовина.** Кукурудза містить в середньому 84% органічних і 2% мінеральних речовин, у тому числі%: крохмалю - 52, цукрів - 3, клітковини - 6, пентозанів і пектину - 9, азоту - 11, жиру - 3. Вміст крохмалю в:

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

крохмалистої кукурудзяної 61 ... 70, пуповині - 58 ... 64, кремністої - 54 ... 71. Кількість крохмалю в дефектному зерні зменшується. Цукрів у здоровій кукурудзі зазвичай від 0,6 до 7,0%. Вони складаються переважно з сахарози та невеликої кількості три- і тетрасахаридів. У незрілому, замороженому і пророслому зерні більше цукрів, вони складаються переважно з редуруючих цукрів (інвертний цукор, мальтоза). У табл. 3.8 вимоги до якості кукурудзяного крохмалю за ДСТУ 4525:2006 [6].

**Таблиця 3.8 – Показники якості кукурудзи крохмалистої**

Найменування показника	Значення
Колір	Жовтий-червоно-жовтий
Запах	Характерний для здорового зерна
Вологість, %, не більше	15,0
Натура, г/дм <sup>3</sup> , не менше	780
Засміченість, %, не більше	5,0
Зернова домішка, %, не більше	15,0
Зараженість	Кліщ 1ст.

### **Вода питна та вода технічного призначення**

У виробництві спирту, а також на стадії приготування дріжджів, зернового суслу, розчинів ферментних препаратів і для виробництва гострої пари використовується вода питної якості (ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]).

Воду за призначенням поділяють на технологічну і технічну.

До води технологічного призначення відноситься вода, котра є незамінною сировиною і входить до складу багатьох харчових продуктів і напоїв, а також вода, яка безпосередньо контактує з харчовою сировиною і напівпродуктами в технологічному процесі (табл. 3.9).

До води технічного призначення відноситься вода, що використовується для забезпечення технологічного процесу на всіх стадіях виробництва харчових продуктів і функціонування підприємства в цілому. Така вода не має безпосереднього контакту з сировиною, напівпродуктами і готовою продукцією, а використовується головним чином для охолодження напівфабрикатів та продуктів, миття виробничих й інших приміщень тощо.

**Таблиця 3.9 – Органолептичні та фізико-хімічні показники води питної**

Найменування показника	Нормативне значення
Запах за температури 20 °С і при нагріванні води до температури 60 °С, бали, не більше	2
Присмак при температурі 20 °С, бали, не більше	2
Колірність, градуси, не більше	20
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,0

					Характеристика сировини	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна твердість, ммоль/дм <sup>3</sup> , не більше	7,0
Окислюваність, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> , не більше	2,0
Вміст, мг/дм <sup>3</sup> , не більше:	
- хлоридів	250
- сульфатів	250
- заліза	0,2
- марганцю	0,05
- міді	1,0
- цинку	5,0
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1000
Мікробіологічна чистота, в 1 см <sup>3</sup> не більше колоній	300

Природну воду, яка не відповідає цим вимогам, піддають виправленню: фільтруванню крізь кварцевий пісок, інколи з коагуляцією колоїдних домішок, обеззараженню хлором, а при необхідності і пом'якшенню содово-вапняним або іонітним способом.

Оскільки вода приймає безпосередньо участь у технологічних процесах та входить до складу напівпродуктів і спирту, вона повинна бути мікробіологічно чистою. Показниками бактеріальної чистоти води є колі-титр і колі-індекс.

Колі-титр дорівнює найменшій кількості досліджуваного матеріалу в мл, у якому міститься 1 кишкова паличка (для води це 300 мл).

Колі-індекс – це кількість кишкових паличок, які містяться в одиниці об'єму досліджуваного матеріалу ( для води – 3 кишкові палички в 1 дм<sup>3</sup> води).

В табл. 3.10 наведені основні вимоги до якості технічної води.

*Таблиця 3.10 – Основні вимоги до якості технічної води*

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Величина показника
Значення рН, не менше	Од.	5,0
Жорсткість, моль/м <sup>3</sup> , не більше		12
Вміст аміаку, мг/дм <sup>3</sup> , не більше		200
Зважених речовин, не більше	мг/дм <sup>3</sup>	100-150
Відсутність корозійної активності, солей важких металів (ртуті, свинцю, барію,		

					Характеристика сировини	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

та ін.)		
Сульфідів, хлоридів, не більше, двовуглекислих солей, не більше	мг/дм <sup>3</sup>	300-400

### *Фільтрат барди*

За органолептичними показниками продукти перероблення барди повинні відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 3.11.

**Таблиця 3.11 - Органолептичні показники продуктів перероблення барди**

Назва показника	Вологий концентрат	Збагачувач кормовий сухий	Фугат упарений	Барда зернова суха
Зовнішній вигляд	Волога розсипчата маса	Сипучий порошок	Густа непрозора рідина	Сипучий порошок
Колір	Від світло-жовтого до темно-коричневого			
Запах	Хлібно-дріжджовий, притаманий зерновій сировині та дріжджам, без стороннього запаху			

## 3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

### *Характеристика основних матеріалів*

#### *Оцукрюючі матеріали*

Цукрові матеріали використовують у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини, яка зазвичай містить комплекс ферментів для гідролізу полімерів сировини: крохмалю, білків, пектину, пентозанів, целюлози та ін. Як підсолонувачі можуть використовуватися солод, ферментні препарати мікробного походження та їх суміші. Ще наприкінці ХХ ст. алкогольна промисловість України повністю відмовилася від використання солоду на користь концентрованих селективних ферментних препаратів [9, 10, 13].

Концентровані ферментні препарати (сиropи) характеризуються тривалим терміном зберігання, стандартизованою активністю, мікробіологічною чистотою та термічною стабільністю. Використання таких ферментних препаратів дозволяє рослинам перейти на низькотемпературну термоферментну обробку зернових сумішей зі зниженням температури термічної обробки від 140 ... 160 до 85 ... 95 ° С. Завдяки мікробіологічній чистоті концентрованих ферментних препаратів стерилізація суслу для приготування промислових дріжджів скорочується або повністю виключається.

Використання термостабільної амілази дозволяє значно скоротити технологіюспиртового затору та значно знизити питомі енерговитрати.

					Характеристика сировини	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протеази гідролізують білки до амінокислот, які необхідні для життєдіяльності дріжджів, а також пригнічують утворення білкових відкладень на пластинах ферментаційних колон.

Амілолітичні ферменти використовуються як розріджувач за рахунок наявності  $\alpha$ -амілази, і оцукрювач за рахунок наявності глюकोамілази, що зменшує період бродіння

Целюлолітичні ферменти розщеплюють некрохмальні полісахариди сировини, сприяють зниженню в'язкості сумішей та підвищенню виходу спирту [15,17].

Найважливішими для виробництва спирту є амілолітичні ферментні препарати, які повністю гідролізують крохмаль і декстрини до глюкози. Існує багатоферментних препаратів, які належать до цієї групи. Кожен ферментний препарат розводять питною водою у співвідношенні 1:10 в окремому збірнику виходячи з вартості зміни. Для запобігання інактивації ферментів їх дозують окремо.

Термаміл 120L (ключовий фермент –  $\alpha$ -амілаза) – ферментний препарат термостабільної  $\alpha$ -амілази. Застосовується у виробництві спирту на стадії термоферментної обробки зернових сумішей для розведення крохмалю. Амілолітична активність при температурі 30 °C становить  $1000 \pm 50$  од./см<sup>3</sup>. Оптимальні умови експлуатації: рН 5,7 ... 6,0; температура 70 ... 80 ° C; дозування 0,7 ... 0,8 дм<sup>3</sup> / т звичайного крохмалю.

Термостабільна  $\alpha$ -амілаза має ряд переваг: зберігає активність при високих температурах, що перешкоджає розвитку мезофільної мікрофлори, має високу специфічність, швидко гідролізує крохмаль до середньо- та низькомолекулярних декстринів при високих температурах. Відповідно, це скорочує тривалість процесу і знижує собівартість продукції. Ці особливості важливі на етапі термоферментної переробки зернової сировини при виробництві спирту.

Діазим SSF2 (ключовий фермент - глюкоамілаза) - оцукрюючий ферментний препарат з активністю  $6870 \pm 10$  од./см<sup>3</sup>. Оптимальні параметри дії: рН - 3,0 ... 5,0; температура - 30 ... 65 ° C; дозування - 0,9 ... 1,0 дм<sup>3</sup> / т стандартного крохмалю. Дозування ФП здійснюється за одиницями активності, оскільки при тривалому або неправильному зберіганні їх активність може знижуватися.

### *Дріжджі*

Основні вимоги до спиртових дріжджів: висока енергія бродіння (дріжджі повинні швидко і повністю зброджувати цукру), анаеробне дихання, стійкість до продуктів обміну речовин і продуктів обміну чужорідних мікроорганізмів, а також до змін складу середовища, здатність до переносити високі концентрації солей і сухих речовин сусла, мають високу генеруючу здатність [12, 15, 17].

Цукор сусла зброджується в спирт дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*, які є одноклітинними мікроорганізмами класу аскоміцетів (сумчасті гриби). У звичайних умовах вони розмножуються брунькуванням і дуже рідко

					Характеристика сировини	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спороутворенням. До недавнього часу найпоширенішими дріжджами у виробництві крохмалевмісної сировини були дріжджі дванадцятої раси, що мають оптимум близько 30°C. Останніми роками ширше використовуються термотолерантні дріжджі з температурним оптимумом 37...38 оС - *Shizosaccharomyces pombe*80, *Saccharomyces cerevisiae* K-81, XII-Т, ДТ та ін. [12, 15, 17].

*Shizosaccharomyces pombe*80 має паличкоподібну форму. З підвищенням температури культури від 30 до 33 °С розмір їх клітин збільшується: діаметр від 3,5 до 4,5 мкм, довжина від 8,4 до 9,2 мкм і площа клітини збільшується на 50...55%. Дріжджі *Saccharomyces pombe* 80 за рядом властивостей поступаються расі XII.

Вони більш глибоко зброджують сусло з крохмалистої сировини за рахунок бродіння декстринів сусла, а також температурного оптимуму цих дріжджів, який становить 30...33 °С.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* XII-Т мають круглу форму колоній з радіальними смугами, плоскими хвилястими краями та піднятим гладким центром. Дріжджі XII раси ферментують глюкозу, фруктозу, галактозу, сахарозу, мальтозу і 1/3 рафінози, можуть накопичуватися в навколишньому середовищі до 13% об. алкоголь.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси ДТ К-81 — стиглі дріжджі, порошкоподібні, без пластівців. Клітини цієї раси круглі або яйцеподібні розміром 5...6,2 × 5...8 мкм.

Приготування промислових дріжджів закінчується через 18...24 години. З однієї дріжджової клітини за 18...24 години. Утворено 55 нових. У зрілих варах, отриманих з використанням цих дріжджів, концентрація декстринів у 10 разів нижча, ніж у варках, отриманих з використанням дріжджів XII раси [12, 15, 17].

У курсовому проекті запропоновано використання для бродіння сусла дріжджів сімейства *Saccharomyces cerevisiae* раси ДО-16. Високоосмофільна раса ДО-16 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалистої сировини здатна зброджувати сусло з концентрацією сухої речовини 22-30% з накопиченням спирту в зрілому солоді 12-16% об. [10].

Дріжджова раса ДО-16 має такі морфологічні та фізіологічні характеристики.

*Культурно-морфологічні особливості.* Форма клітини дріжджів овальна, вегетативно розмножується брунькуванням. Розмір клітин добової культури на солодовому суслі 10% CF (4,4-5,8) × (5,1-6,1) мкм. У період інтенсивного розмноження дріжджі можуть утворювати скупчення по 3-4 клітини. Спори утворюються на ацетатному середовищі при температурі 25 °С протягом доби. На солоді Сусло-агарові колонії через 96 год росту при температурі 30 °С круглі, плоскі з поглибленням у центрі. Уздовж краю колонії ледь помітні хвилі. Колір колонії матовий. Коли світло пропускається, вони напівпрозорі. На солодовому суслі з концентрацією

					Характеристика сировини	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

10% СФ дріжджі утворюють щільний осад.

*Фізіолого-біохімічні особливості* - факультативні анаероби. Температурний оптимум зростання 34-38 °С, желатин не розбавляється.

*Ставлення до цукру.* Ферментує глюкозу, галактозу, сахарозу, 1/3 рафінози, 1/2 крайових декстринів, мальтозу, осколки, інулін, ксилол, арабінозу.

*Відношення до спиртів.* Засвоює етиловий спирт, гліцерин, не вбирає маніт, сорбіт і дульцин.

*Ставлення до органічних кислот.* Засвоює оцтову та молочну кислоти, не засвоює бурштинову, яблучну, винну, лимонну кислоти.

*Біотехнологічна характеристика.* Зброджує сусло із крохмалевмісної сировини з нормативним виходом спирту і накопиченням спирту в бражці 10-16% об.[10].

Таким чином, застосування раси ДО-16 у виробництві спирту із крохмалевмісної сировини дозволяє підвищити концентрацію спирту в зрілих бражках до 12,0-16,0 % об., зменшити витрату води на охолодження бражки та теплової енергії на її перегонку.

Використання термотолерантних дріжджів дозволяє на 30 % зменшити витрати води на охолодження бражки і підвищити вихід спирту внаслідок більш повного виброджування вуглеводів і меншого накопичення альдегідів (на 20...25 %) і гліцерину (на 40...45 %) в порівнянні з расою XII.

### ***Характеристика допоміжних матеріалів***

Для пригнічення розвитку сторонніх мікроорганізмів сусло підкислюють сірчаною кислотою до рН 3,8...4,0. Сірчана кислота акумуляторна або технічна контактна покращена містить 92...94 % моногідрату ( $H_2SO_4$ ). Неприпустима наявність азоту, миш'яку та свинцю. Колір — від безбарвного до світло-коричневого. Враховується і дозується за моногідратом ( $H_2SO_4$ ) [12-15, 17].

### **Джерела азотистого і фосфорного живлення**

Основним джерелом азотистого живлення є карбамід або сечовина — амід карбамінової кислоти або повний амід вугільної кислоти. Виробляється у кристалічному і гранульованому вигляді з вмістом азоту не менше 46 %. Карбамід одержують шляхом синтезу із аміаку і діоксиду вуглецю. Відносна густина 1,335, добре розчиняється у воді: розчинність при 50°С — 67,23 %.

Технічна ортофосфорна кислота є джерелом фосфорного живлення. Це малопрозора рідина, безкольорна або слабо-жовтого кольору. Відносна густина 1,630. Вміст ортофосфорної кислоти у термічній кислоті біля 70 % (50,7 % уперерахунку на  $P_2O_5$ ) і не більше 0,0003 % миш'яку.

В якості комплексного живлення використовується діамонійфосфат (джерело азотного і фосфорного живлення). Діамонійфосфат — технічний для харчової промисловості представляє собою білу сіль яка містить (%) :

					Характеристика сировини	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

азоту – 21 %; фосфорної кислоти – 74;  $P_2O_5$  – 53,5; миш'яку – не більше 0,005 і фтору – не більше 0,3. Розчинність при 50 °C — 89,2 г на 100 г води [12-15, 17].

### Антисептики

Для забезпечення стабільності процесу бродіння крохмалевмісної сировини використовується антибактеріальний препарат Френт. Безпечний протимікробний засіб спрямований на придушення інфекційної мікрофлори виробництва алкоголю.

Основною діючою речовиною препарату «Фрикопт» є речовина антибіотика, яка при брагоректифікації повністю розкладається і залишкових кількостей її в барді не виявляється. «Фрикопт» має виражену бактерицидну дію щодо грампозитивних мікроорганізмів, до яких належать молочнокислі бактерії як основний представник інфекційної мікрофлора алкогольної продукції.

Препарат не пригнічує активність дріжджової клітини. Freent випускається у формі порошку. Необхідна кількість препарату з розрахунку 1...2 г/м<sup>3</sup> обробленої рідини. Вводиться як розчин 0,5:1 дм<sup>3</sup> води [12, 15, 17].

Антидепик Полідез, розроблений на основі безпечних для людини і навколишнього середовища біоцидних полімерних сполук. Має пролонговану дію та характеризується високою протимікробною активністю щодо грампозитивних, грамнегативних, аеробних та анаеробних мікроорганізмів, спорових форм грибів та дріжджів. Не має запаху, не летючий і не потрапляє в повітря після дезінфекції, не агресивний до будь-яких матеріалів, не викликає корозії після дезінфекції, добре змивається водою.

Полідез випускається у вигляді концентрованого розчину з вмістом діючої речовини 20%. Полідез – це полімерний препарат на основі високомолекулярних солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). Перевагою таких препаратів є широкий спектр антимікробної дії на грамнегативні та грампозитивні бактерії, віруси, дріжджі, дерматофіти тощо. [17].

					Характеристика сировини	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Вихідні дані для розрахунків

Спиртовий завод потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю/добу виробляє спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс».

Сировина для виробництва спирту: кукурудза з крохмалистістю – 62,0 %; вологістю – 13,0 %. Виробництво спирту здійснюють за безперервною схемою виробництва з кукурудзи, заміс із помелу якої готують із заміною 30 % води фільтратом барди та обробляють за низькотемпературною термоферментативною обробкою.

У виробництві для розрідження замісу та оцукрення застосовують концентровані ферментні препарати Termamyl 120L і Diazum SSF2.

ФП Termamyl 120L містить 48 % сухих речовин (СР), активність  $\alpha$ -амілази 1600 од/см<sup>3</sup>. ФП Diazum SSF2 містить 59-60 % СР, глюкоамілазна активність складає 3000 од/см<sup>3</sup>.

Додаткове живлення для дріжджів: ортофосфорна кислота – 1,3 кг/100 дал спирту, карбамід – 0,8 кг/100 дал спирту.

Для запобігання розвитку інфекції під час розмноження дріжджів ібродин застосовується антисептик Полідез, витрати 20 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> суслу.

Ступінь подрібнення зерна — 100 % прохід помелу через сито з діаметром отворів 0,25 мм.

Технологічні розрахунки виконують на 100 дал умовного спирту-сирцю [16].

### 4.2 Продуктові розрахунки

#### Вихід спирту

Вихід спирту в дал з 1 т умовного крохмалю кукурудзи

$$V_{x_{c.пл}} = 65,7 + 0,7 + 0,05 = 66,45 \text{ дал/т,}$$

де 65,7 – вихід спирту етилового з 1 т умовного крохмалю кукурудзи, дал/т, при роботі за безперервною схемою виробництва; 0,7 – збільшення норми виходу спирту з 1 т умовного крохмалю при повній заміні солоду ферментними препаратами, дал/т; 0,05 — збільшення норми виходу спирту за рахунок використання целюлолітичних ферментних препаратів.

Плановий вихід спирту з 1 т кукурудзи

$$V_{x_{c.плш}} = (54,6 \cdot (65,7 + 0,7 + 0,05)) / 100 = 36,30 \text{ дал/т.}$$

#### Витрати зерна для отримання 100 дал спирту

Кількість крохмалю сировини, яка потрібна для одержання 100 дал спирту:

$$100 \cdot 1000 / 66,45 = 1506,0 \text{ кг.}$$

Витрати зерна кукурудзи для отримання 100 дал спирту:

$$1506,0 \cdot 100 / 62,0 = 2758,2 \text{ кг,}$$

де 62,0 - крохмалистість кукурудзи, %.

У цій кількості кукурудзи міститься:

- води:

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$2758,2 \cdot 13,0 / 100 = 388,9 \text{ кг};$$

- сухих речовин:

$$2758,2 - 388,9 = 2369,3 \text{ кг},$$

із них зброджуваних:

$$2758,2 \cdot 0,546 = 1505,98 \text{ кг};$$

незброджуваних:

$$2369,3 - 1505,98 = 863,3 \text{ кг}.$$

Узагальнений склад використаної для отримання спирту кукурудзи наведено у табл. 4.1.

*Таблиця 4.1 – Узагальнений склад кукурудзи*

Показник	Вміст, %	Кількість, кг/100 дал
Сухі речовини:		
Зброджувані	56,0	1505,98
Незброджувані	31,0	863,3
Усього сухих речовин	86,0	2369,3
Вода	13,0	388,9
Разом	100,0	2758,18

### Витрати ферментних препаратів

Витрати **Termamyl 120L** складатиме:

$$1505,98 \cdot 0,6 = 0,9 \text{ дм}^3.$$

Перед введенням ферментного препарату в збірник замісу і в термоферментатор його розводять водою 1:10. Об'єм води для розведення ферментного препарату:

$$0,9 \cdot 10 = 9,0 \text{ дм}^3.$$

При густині ферментного препарату 1,2 кг/дм<sup>3</sup> маса ферментного препарату:

$$0,9 \cdot 1,2 = 1,08 \text{ кг}.$$

Загальна маса розчину ферментного препарату Termamyl 120L:

$$1,08 + 9,0 = 10,08 \text{ кг}.$$

Маса розчину ферментного препарату, що вводиться в заміс:

$$10,08 \cdot 0,3 = 3,02 \text{ кг},$$

де 0,3 – 30 % від об'єму ферментного препарату, який задають у збірник для приготування замісу.

#### Приготування замісу

Кількість води і фільтрату барди, яка потрібна для приготування замісу:

$$2758,2 \cdot 3,0 = 8274,6 \text{ кг},$$

де 3,0 - витрати води і фільтрату барди, кг на 1 кг помелу зерна. Із цієї кількості витрати складатимуть:

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- фільтрату барди:

$$8274,6 \cdot 0,3 = 2482,4 \text{ кг};$$

- теплої дефлегматорної води:

$$8274,6 \cdot 0,7 = 5792,2 \text{ кг}.$$

Загальна маса замісу складає:

$$2758,2 + 8247,6 + 3,02 = 11008,8 \text{ кг}.$$

У замісі міститься води:

$$8274,6 + 388,9 + 3,02 = 8666,52 \text{ кг}.$$

Сухих речовин у замісі така ж сама кількість, що і в кукурудзи, тобто 1505,98кг. Процентний вміст сухих речовин у замісі:

$$(1505,98 \cdot 100) / 11008,8 = 13,68 \text{ \%}.$$

*Температура замісу*

В заміс внесено тепла з:

помелом масою 2758,2 кг, температурою 20 °С теплоємністю  $c_{п} = 1,423 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{град)}$ ; дефлегматорною водою масою 5792,2 кг, температурою 65 °С і теплоємністю  $c_{д.в} = 4,204 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{град)}$ ; фільтратом барди масою 2482,4 кг, температурою 100 °С і теплоємністю  $c_{ф.б} = 4,169 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{град)}$ ; ферментним препаратом Termamyl 120L масою 10,08 кг, температурою 25 °С і теплоємністю  $c_{ф.п} = 4,185 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{град)}$ . Кількість тепла замісу:

$$2758,2 \cdot 1,423 \cdot 20 + 5792,2 \cdot 4,204 \cdot 65 + 2482,4 \cdot 4,169 \cdot 100 + 10,08 \cdot 4,185 \cdot 25 = 2697242,12 \text{ кДж}.$$

Теплоємність замісу:

$$1,74 \cdot 0,207 + 4,22 \cdot 0,793 = 3,673, \text{ кДж / (кг} \cdot \text{град)}.$$

Температура замісу в збірнику:

$$2697242,12 / (11008,8 \cdot 3,68) = 66,58 \text{ °С}$$

### **Термоферментативна обробка замісу**

У контактній головці перед надходженням безпосередньо в апарат термоферментативної обробки заміс підігрівають до температури 95 °С парою з тиском 130 кПа. Витрати пари складають:

$$(11008,8 \cdot 3,68 \cdot (95 - 66,58) \cdot 1,02) / (2687 - 449,19) = 524,8 \text{ кг}$$

де 2687 - ентальпія пари (тиск 130 кПа), кДж/кг; 449,19 - ентальпія конденсату пари, кДж/кг; 1,02 - коефіцієнт, що враховує втрати пари в навколишнє середовище.

Маса замісу, що виходить із контактної головки замісу в термоферментатор:

$$11008,8 + 524,8 = 11533,6 \text{ кг}.$$

Оскільки при знаходженні маси в апаратах ТФО мають місце втрати тепла для підтримання температури маси 95 °С необхідні додаткові витрати пари тиском 130кПа, в кількості:

$$11533,6 \cdot 3,68 \cdot (95 - 85) \cdot 1,04 / (2687 - 449,19) = 193,5 \text{ кг},$$

де 1,04 – коефіцієнт, що враховує додаткову витрату пари на підтримання під час

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість замісу, що виходить з апарату ТФО:  
 $11533,6+193,5=11727,1$  кг.

### Охолодження та оцукрювання розрідженого замісу

В даному розрахунку розріджену масу охолоджують в спіральному теплообміннику і оцукрюють безпосередньо в бродильному апараті.

Кількість вторинної пари, яка конденсується в випарній камері при перепаді температури середовища від 90 до 56 °С

$$(11727,1 \cdot 3,67 \cdot (90-56)) / (2368,1 - 3,812 \cdot 56) = 675,89 \text{ кг}$$

де 90 — початкова температура маси, °С; 56 — кінцева температура маси, °С; 2368,1 - теплота пароутворення при температурі 56 °С, кДж/(кг·град).

Витрата води на конденсатор

$$(675,89 \cdot (2602,4 - 4,22 \cdot 45)) / (4,22 \cdot (45-25)) = 17305,5 \text{ кг} = 17,3 \text{ м}^3$$

де 675,89 — кількість пари, що надходить до конденсатору, кг; 2604,2 — теплоємність пари при 56 °С, кДж/(кг·град); 45 і 25 — температура води, що входить і виходить з конденсатору, °С.

Кількість суслу, що перекачується на охолодження до температури бродіння:  $11727,1 \cdot 90 / 100 = 10554,4$  кг.

Із цієї кількості 10-12 % суслу відбирають для приготування виробничих дріжджів

$$10554,4 \cdot 0,1 = 1055,44 \text{ кг.}$$

Основне сусло, що надходить на охолодження до температури «складки» 20...30 °С

$$10554,4 - 1055,44 = 9498,96 \text{ кг.}$$

Кількість води, яка використовується для охолодження розрідженої маси при охолодженні її до температури 30 °С:

$10554,4 \cdot 3,68 \cdot (85-30) / (4,2 \cdot (45-20)) = 20344,8$  кг = 20,34 м<sup>3</sup>, де  $t_1$  і  $t_2$  - температура води на виході і вході в теплообмінник, °С. Кількість ФП Diazum SSF2, витрачається на оцукрення суслу:

$$1506 \cdot 6 / 3000 = 3,01 \text{ дм}^3.$$

Антисептик Полідез вносять із розрахунку 20 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> суслу

$$11008,8 \cdot 20 / 1000 / 1000 = 0,22 \text{ дм}^3.$$

Антисептик розбавляють водою у співвідношенні 1:10. Тоді, витрати розчину антисептику

$$0,22 \cdot 10 = 2,2 \text{ дм}^3.$$

### Приготування виробничих дріжджів

Витрати пари з тиском 400 кПа на підігрів суслу від 75 °С до температури пастеризації 90 °С

$$(1055,44 \cdot 3,67 \cdot (90-75) \cdot 1,04) / 2738,7 - 603 = 54,70 \text{ кг}$$

де 2738,7 — ентальпія сухої насиченої пари, кДж/кг; 603 — ентальпія конденсату при температурі 143 °С, кДж/кг; 1,04 — коефіцієнт, що враховує втрати пари в навколишнє середовище.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати води для охолодження сусла в дріжджанці до температури 23 °С:

$$1055,44 \cdot 3,68 (85-23)/4,22 \cdot (30-23) = 8,15 \text{ м}^3$$

де 30 і 23 – температура охолоджуючої води на вході і виході із поверхні охолодження, °С;

В дріжджанку вносять в розрахунку на 1 м<sup>3</sup> сусла 0,4 кг карбаміду, 0,13 кг ортофосфорної кислоти, 0,22 кг антисептика Полідез, тобто в розрахунку на 100 дал спирту вносять:

карбаміду  $1055,44 \cdot 0,4/1000 = 0,42$  кг, ортофосфорної кислоти  $1055,44 \cdot 0,13/1000 = 0,14$  кг, антисептика  $1055,44 \cdot 0,22/1000 = 0,23$  кг.

Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси під час вирощування виробничих дріжджів

$$1055,44 \cdot 1,1 \cdot (21,94-10)/100 = 138,6 \text{ кг.}$$

де 21,94 – початкова концентрація сухих речовин сусла, %; 10 – концентрація сухих речовин у виробничих дріжджах, %; 1,1 – коефіцієнт, що враховує збільшення маси в дріжджанці за рахунок внесення засівних дріжджів.

Під час вирощування дріжджів виділяється діоксиду вуглецю  $138,6 \cdot 66,5 \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554/100 = 62,83$  кг.

де 1,002 – коефіцієнт, що враховує втрати спиту під час перегонки бражки; 0,78927 – густина безводного спирту, кг/дм<sup>3</sup>; 0,9554 – вихід діоксиду вуглецю, кг/кг спирту.

Маса виробничих дріжджів

$$1055,4 \cdot 1,1 - 62,83 + 0,43 + 0,14 = 1154,7 \text{ кг.}$$

### **Зброджування сусла**

Всього в бродильне відділення надходить продуктів:  $9498,96 + 1154,7 + 9498,96 \cdot 0,5/100 + 1154,7 \cdot 2,5/100 = 10730,02$  кг,

де 0,5 - кількість води для замивання обладнання після звільнення його від сусла, % від кількості основного сусла; 2,5 - кількість води для замивання обладнання після його звільнення від дріжджів, % від кількості виробничих дріжджів.

Вихід діоксиду вуглецю з розрахунку на 100 дал утвореного спирту:

$$100 \cdot 10 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 = 754,1 \text{ кг.}$$

Вміст сухих речовин дозрілої бражки складається із незбродженого умовного крохмалю, кількість якого знаходиться в межах 0,25-0,45 % від введеного, та незброджуваних сухих речовин. Якщо в зрілій бражці залишається 0,25 % незброджених сухих речовин, то їх маса у зрілій бражці дорівнює

$$G_{\text{СР.бр.зр}} = G_{\text{зб}} \cdot 0,0025 + G_{\text{незб}} = 1505,98 \cdot 0,0025 + 863,3 = 867,06 \text{ кг,}$$

де 1505,98 і 863,3 – кількість умовного крохмалю і незброджуваних сухих речовин кукурудзи, кг (табл. 4.1). Сухі речовини ферментних препаратів та поживних речовин не враховують внаслідок їх малої кількості.

Маса дозрілої бражки становить

$$11727,1 - 754,1 = 10973 \text{ кг.}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб розрахувати справжнє зброджування, треба визначити масу бражки, в якій спирт замінено водою. За такої заміни її маса становитиме  $10730,02 - 754,1 + 1002,17 = 10978,09$  кг.

Справжнє зброджування бражки дорівнює

$$867,06 \cdot 100 / 10978,09 = 7,9 \text{ \% мас.},$$

тоді об'єм бражки (при заміні спирту водою) дорівнює

$$10978,09 / 1,2990 = 8451,19 \text{ дм}^3,$$

де 1,2990 – відносна густина бражки концентрацією 7,9 % мас. [16].

Вміст спирту в дозрілій бражці

$$1002,17 \cdot 100 / 8451,19 = 11,86 \text{ об. \%}.$$

До дозрілої бражки, що надходить на перегонку, добавляють водно-спиртову рідину із спиртовловлювача і воду, що витрачається на миття бродильних апаратів. Кількість водно-спиртового розчину, що надходить із спиртовловлювача у бражку, залежить від типу спиртовловлювача і знаходиться в межах від 2 до 5 % від об'єму бражки. Тоді, загальний об'єм і маса бражки, що надходить на перегонку,:

$$8451,19 + 8451,19 \cdot 4,5 / 100 + 8451,19 \cdot 0,5 / 100 = 8879,74 \text{ дм}^3,$$

$$10973 + 10973 \cdot 4,5 / 100 + 10973 \cdot 0,5 / 100 = 11521,66 \text{ кг},$$

де 4,5 – кількість водно-спиртової рідини із спиртовловлювача, % до об'єму бражки; 0,5 – кількість промивних вод при замиванні бродильних апаратів, % до об'єму бражки.

Вміст спирту в дозрілій бражці, що надходить на перегонку

$$1002,17 \cdot 100 / 8879,74 = 11,2 \text{ об. \%}.$$

### 4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів Спирт і продукти ректифікації

Розрахунки продуктів проведено на 100 дал умовного спирту-сирцю. В процесі перегонки і ректифікації на брагоректифікаційних апаратах мають місце втрати, які залежать від типу і продуктивності апаратів, а також періоду року. В середньому вони становлять під час виробництва зернового ректифікованого спирту 0,6 % від безводного спирту-сирцю, який поступив на ректифікацію.

Вихід окремих продуктів ректифікації спирту коливається в залежності від виду сировини, обраної технологічної схеми та інших причин у таких межах, %:

- головна фракція етилового спирту міцністю – 5,0;
- масло сивушне (88,0%) – 0,3...0,5 %;
- спирт сивушний, якщо його виводять із брагоректифікаційної установки -0,5...1,5 %.

Приймаємо для прикладу вихід головної фракції етилового спирту міцністю 96 об.% рівним 5,0 %, сивушного масла міцністю 88 об. % — 0,3 %, сивушного спирту міцністю 85 об.% — 1,0 %. Тоді вихід головної фракції етилового спирту буде:

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{гол.фр}} = 100 \cdot 5,0 \cdot 100 / 95 / 100 = 5,26 \text{ дал} = 52,6 \text{ дм}^3.$$

Маса головної фракції етилового спирту:

$$G_{\text{гол.фр}} = 52,6 \cdot 0,80748 = 42,47 \text{ кг},$$

де 0,80748 – густина водно-спиртового розчину міцністю 96,0 % [16].

Вихід сивушного масла при відборі 0,3

$$\% \text{ міцністю } 88 \%: V_{\text{сив.мас}} = 100 \cdot 0,3 \cdot 100 / 88 / 100 = 0,34 \text{ дал} = 3,4 \text{ дм}^3.$$

Маса сивушного масла:

$$M_{\text{сив.мас}} = 3,4 \cdot 0,8357 = 2,84 \text{ кг. де } 0,8357 \text{ —}$$

густина сивушного масла, кг/дм<sup>3</sup> [16].

Маса сивушного спирту:

$$11,8 \cdot 0,8449 = 9,97 \text{ кг},$$

де 0,8449 - густина сивушного спирту, кг/дм<sup>3</sup> [16].

Вихід ректифікованого спирту «Люкс» міцністю 96,3 об. %:

$$100 - 5,0 - 0,3 - 1,0 - 0,6 = 93,1 \%,$$

де 0,6 - втрати спирту при ректифікації, %.

З урахуванням цих даних визначаємо кількість ректифікованого спирту міцністю 96,3 об. %, яку можна одержати із 100 дал умовного спирту-сирцю:

$$100 \cdot 93,1 \cdot 100 / (96,0 \cdot 100) = 96,97 \text{ дал} = 969,7 \text{ дм}^3.$$

Його маса складає:

$$969,7 \cdot 0,8062 = 781,77 \text{ кг}.$$

### Барда

Приймаємо, що зрілу бражку переганяють на бражній колоні брагоректифікаційної установки непрямої дії. Маса барди дорівнюватиме масі бражки і пари, які надходять в колону, за виключенням маси водно-спиртової пари, яка залишає колону. Витрати пари на перегонку дорівнює 18 % від маси дозрілої бражки. Тоді, її буде потрібно

$$11521,66 \cdot 0,18 = 2073,90 \text{ кг}$$

Маса водно-спиртової пари, що залишає колону

$$790,9 \cdot 100 / 48,61 = 1627,03 \text{ кг}$$

де 790,9 — маса безводного спирту, що міститься в бражці, яка надходить на перегонку, кг; 48,61 — рівномасова концентрація водно-спиртової пари, що відповідає міцності бражки 11,2 % об. [11].

Маса отриманої барди

$$11521,66 + 2073,90 = 13595,56 \text{ кг}.$$

Вміст сухих речовин у барді такий же як і у зрілій бражці, тоді концентрація барди

$$867,06 \cdot 100 / 13595,56 = 6,38 \% \text{ мас}.$$

Об'єм барди

$$13595,56 / 1,0220 = 13302,90 \text{ дм}^3,$$

де 1,0220 — відносна густина барди при концентрації сухих

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин 6,38 % мас.[16].

Узагальнені результати продуктових розрахунків та їх перерахунок на добову і годинну потужності продуктів наведено у табл. 4.2.

**Таблиця 4.2 — Зведена таблиця розрахунку продуктів виробництва спирту із кукурудзи**

Продукт	Кількість продукту					
	100 дал безводного спирту		Добову потужність (3000 дал)		Годинну потужність (145,8 дал)	
	кг	дм <sup>3</sup>	кг	дм <sup>3</sup>	кг	дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7
Перевідний коефіцієнт для розрахунку	1	1	30	30	1,45	1,45
<b>Сировина:</b> Очищена кукурудза для розварювання	2758,2		82746		3999,39	
<b>Заміс :</b> Надходять в збірник замісу помелу	2758,2		82746		3999,39	
вода сумарно, в .т.ч :	8274,6	2507,45	248238	75223,5	11998,1	3635,81
Фільтрат післяспиртової барди	2482,4		74472		3599,8	
Теплової дефлегматорної води	5792,2	2482,4	173766	74472	8398,69	3651,60
Витрата розчину ферментного препарату розріджуючої дії Termatyl 120 L	10,08	9,98	302,4	299,4	14,6	14,47
Всього замісу:	11008,8		330264		15962,76	
Концентрація сухих речовин замісу, % мас.	13,68		13,68		13,68	
<b>Термоферментативна обробка замісу</b>						
Витрата гострої пари	524,8		15744		790,96	
Всього маси надходить в апарат ТФО-1	11533,6		346008		16723,72	
Додаткова витрата гострої пари	193,5		5805		280,575	
Всього маси, що виходить з апарату ТФО-2	11727,1		3510813		17004,3	
<b>Оцукрювання</b>						

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ		Арк.
							42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Кількість пари, що конденсується в випарній камері	675,89		20366,7		980,04	
Витрата охолоджуючої води на конденсатор, м <sup>3</sup>	17341,4		520242		25145,03	
Кількість замісу, що підлягає оцукрюванні	11051,21		331536,3		16024,5	
Витрата розчину ферментного препарату DiazumSSF2, дм <sup>3</sup>	13,5	12,27	405	368,1	195,75	177,95
Витрата розчину антисептику Полідез		2,2		66		3,19
Всього отримано сусла спиртового виробництва	10554,4		316632		15303,88	
<b>Охолодження сусла до температури «складки»:</b> Кількість неохолодженого сусла, відібраного для вирощування дріжджів	1055,44		316632		15303,88	
Залишок сусла на охолодження до температури складки»	9498,96		284968,8		13773,5	
Витрати охолоджуючої води на теплообмінник, м <sup>3</sup>	20344,8		610344		29499,96	
<b>Приготування виробничихдріжджів :</b> Витрати гострої пари на підігрів сусла в пастеризаторі	54,70		1641		79,32	
Витрати охолоджуючої води на охолодження сусла	8154,3		244629		11823,74	
Карбамід	0,42		12,6		0,61	
Ортофосфорна кислота	0,14		4,2		0,2	
Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси дріжджів	136,8		4104		198,36	
Кількість утвореного діоксиду вуглецю	62,83		1884,9		91,10	
<b>Дозріла бражка:</b> Виділилось діоксиду вуглецю	754,1		22623		1093,45	
Кількість дозрілої бражки	10973	10757,84	329190	322735,2	15910,85	15753,32
Вміст спирту в дозрілій бражці, % об.	11,86		11,86		11,86	

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43

Бражка, що надходить до брагоректифікаційного відділення	11521,66	11407,58	345649,8	342227,4	16706,41	16540,99
Вміст спирту в бражці	11,2		11,2		11,2	
<b>Спирт і продукти ректифікації :</b> Спирт ректифікований сорту «Люкс»	781,77	977,21	23453,1	29316,3	1133,57	1416,96
Масло сивушне	2,84	3,40	85,2	102	4,12	5,15
Спирт сивушний	9,97	12,46	299,1	373,8	14,46	18,07
Головна фракція етилового спирту	42,47	53,09	1274,1	1592,7	62,58	76,98
Барда	13595,56	13328,98	407866,8	399869,4	19713,56	19327,02
Концентрація сухих речовин в барді, % мас.	6,38		6,38		6,38	

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			44

## 5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунки використання та підключення технологічного та допоміжного обладнання, за допомогою якого реалізується технологічний процес, використовуються для виробничої потужності, застосування технологічної схеми, результатів розрахунків продукції, матеріальних балансів та потужності серійного обладнання [15-17]. При виборі обладнання перевага віддається сучасному обладнанню, яке випускається серійно, максимально відповідає технологічним вимогам і відповідає за свою продукцію фактичної продуктивності.

### Розрахунок спіральних теплообмінників

#### Для нагрівання замісу

$100 \quad 55$   $\Delta t_6 = 100 - 82 = 18^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t_M = 65 - 55 = 10^\circ \text{C}$ ,  
 $82 \quad 65$   $t_{cp} = \Delta t_6 / \Delta t_M = 18 / 10 = 1,8^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t_{cp} =$   
 $(\Delta t_6 + \Delta t_M) / 2 = (18 + 10) / 2 = 14^\circ \text{C}$ .

1. Витрати тепла:  $Q = G \cdot C_3 \cdot (t_n - t_k) = 12496,825 \cdot 3,66 \cdot (82 - 65) = 777552,45$  кДж, де  $G$  – кількість замісу ( $9997,46 \cdot 1,25 = 12496,825$ ), кг;

$C_3$  - теплоємність замісу, кДж/(кг·К).

1. Площа поверхні теплообміну:  $F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}) = 777552,45 / (2000 \cdot 14) = 28 \text{ м}^2$ ,

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі для спірального теплообмінника (2000), кДж/м<sup>2</sup>·кг

#### для охолодження розрідженого замісу

$90 \quad 35$   $\Delta t_6 = 90 - 55 = 35^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t_M = 35 - 26 = 9^\circ \text{C}$ ,  
 $55 \quad 26$   $t_{cp} = \Delta t_6 / \Delta t_M = 35 / 9 = 3,9^\circ \text{C}$ .

$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 + \Delta t_M) / 2, 3 \ln(\Delta t_6 / \Delta t_M) = (35 + 9) / 2, 3 \ln(35 / 9) = 14^\circ \text{C}$ .

1. Витрати тепла:  $Q = G \cdot C_3 \cdot (t_n - t_k) = 12755,9 \cdot 3,66 \cdot (90 - 35) = 2567762,67$  кДж, де  $G$  – кількість замісу ( $10204,72 \cdot 1,25 = 12755,9$ ), кг;

$C_3$  - теплоємність замісу, кДж/(кг·К).

2. Площа поверхні теплообміну:  $F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}) = 2567762,67 / (2000 \cdot 14) = 92 \text{ м}^2$ ,

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі для спірального теплообмінника (2000), кДж/(м<sup>2</sup>·кг).

Поверхня теплообміну:  $F = 90 \text{ м}^2$

Розміри в мм: довжина – 3000, ширина – 1040, висота – 2500. Маса, кг: 7510

### 2. Розрахунок збірника замісу

1. Об'єм замісу  $G_3 = G / \rho = 12496,825 / 1180 = 10,59 \text{ м}^3$ ,

2. Робочий об'єм апарата  $V_p = G_3 \cdot \tau = 10,59 \cdot 0,4 = 4,23 \text{ м}^3$ , де 0,4 – час, за який використовується заміс, год.

Повний об'єм апарата  $V_{ap} = V_p / \varphi = 4,23 / 0,8 = 6 \text{ м}^3$ .

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк. 45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Геометричні розміри (висота циліндричної, конічної частин, діаметр апарата)  $H_{ц} = D$ ;  $H_{к} = 0,3D$ ;  $V_{а} = 1,1 \cdot \pi \cdot D^3/4$ ,  
 $D = \sqrt[3]{4 \cdot V_{а}/1,1 \cdot 3,14} = \sqrt[3]{4 \cdot 6/1,1 \cdot 3,14} = 1,93$  м,  
 Прийmemo  $D = 2$  м,  $H_{ц} = 2$  м,  $H_{к} = 0,3D = 0,6$  м.

### 3. Розрахунки збірників для води, ферментних препаратів та фільтрату барди

#### *Збірник для води*

1. Об'єм води  $G_3 = G/\rho = 6558/1000 = 6,56$  м<sup>3</sup>,  
 де  $G$  – кількість води, потрібна для приготування замісу (6558 дм<sup>3</sup>).

2. Робочий об'єм збірника  $V_p = G_3 \cdot \tau = 6,56 \cdot 2 = 13,12$  м<sup>3</sup>, де 2 – час, за який використовується вода, год.

3. Повний об'єм збірника  $V_{ап} = V_p/\varphi = 13,12/0,9 = 15$  м<sup>3</sup>. Приймаємо діаметр збірника для води 2,5 м.

Тоді висота буде:

$$H = 4 \cdot V / \pi D^2 = 4 \cdot 15 / 3,14 \cdot 2,5^2 = 2,9 \text{ м.}$$

#### *Збірник для ферментних препаратів (розріджуючий):*

На 1 т умовного крохмалю задають 0,5 дм<sup>3</sup> ферментного препарату Termamil120L, тому на 1,524 т потрібно:

$$1,524 \cdot 0,5/1 = 0,76 \text{ дм}^3/100 \text{ дал,}$$

де 1,524 – кількість крохмалю, яка потрібна на 100 дал спирту, т.

На годинну потужність об'єм ФП:

$$0,76 \cdot 1,25 = 0,95 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Робочий об'єм збірника

$$V_p = G_{фп} \cdot \tau = 0,95 \cdot 4 = 3,8 \text{ дм}^3.$$

Враховуючи розведення ферментного препарату водою в 10 разів, кількість розчину:

$$3,8 \cdot 10 = 38 \text{ дм}^3.$$

Повний об'єм збірника:

$$V_{ап} = V_p/\varphi = 38/0,9 = 42,2 \text{ дм}^3. \text{ де } \varphi \text{ – коефіцієнт заповнення збірника.}$$

Приймаємо об'єм збірника  $45 \text{ дм}^3 = 0,045 \text{ м}^3$ .

Приймаємо діаметр збірника 0,3 м. Тоді висота:

$$H = 4V/(\pi D^2) = 4 \cdot 0,045 / 3,14 \cdot 0,3^2 = 0,64 \text{ м.}$$

#### *Збірник фільтрату барди*

1. Об'єм фільтрату барди  $G_3 = G/\rho = 2810,09/1160 = 2,42$  м<sup>3</sup>, де 2810,09 – кількість фільтрату барди, кг.

2. Робочий об'єм збірника  $V_p = G_3 \cdot \tau = 2,42 \cdot 3 = 7,27$  м<sup>3</sup>,

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 3 – час, за який фільтрат барди перебуває у збірнику, год.

3. Повний об'єм збірника  $V_{\text{ап}} = V_p/\varphi = 7,27/0,9 = 8 \text{ м}^3$ . де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення збірника.

Приймаємо діаметр збірника 2 м, тоді висота буде:

$$H = 4 \cdot V / \pi D^2 = 4 \cdot 8 / (3,14 \cdot 2^2) = 2,5 \text{ м.}$$

#### 4. Розрахунок та підбір насосів

Насос для замісу (2): ЦНС 38-132 –  $Q = 38 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H$ , м вод. ст. – 132;  $n$ , об/хв = 2930. Потужність споживана насосом – 21,5 кВт,

Габаритні розміри, мм: довжина – 1123, ширина – 420, висота – 430.

Маса

Годинна потужність:

$$E = N \cdot \tau / \Pi = 21,5 \cdot 24 / 3000 = 0,172 \text{ кВт/год.}$$

#### Розрахунок термоферментаторів

1. Об'єм замісу  $G_3 = G/\rho = 12755,9/1160 = 11 \text{ м}^3$ ,

де  $G$  – кількість замісу, яка потрапляє в

термоферментатор,  $\rho$  – густина замісу,  $\text{кг/м}^3$ ,

Робочий об'єм апарата  $V_p = G_3 \cdot \tau = 11 \cdot 4 = 44 \text{ м}^3$ ,

де  $\tau$  – час, протягом якого маса перебуває в термоферментаторі, год.

2. Повний об'єм апарата  $V_{\text{ап}} = V_p/\varphi =$

$44/0,8 = 55 \text{ м}^3$  де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення

збірника.

Так як маса перебуває у двох термоферментаторах, то їх об'єм буде:

$$V_{\text{ап1}} = V_{\text{ап}}/2 = 55/2 = 27,5 \text{ м}^3.$$

Приймаємо діаметр циліндричної частини апарата 2,5 м.

Виходячи з формули визначення об'єму апарата ( $V = (\pi D^2/4) \cdot H$ ), визначаємо висоту циліндричної частини апарата:

$$H = 4 \cdot V / (\pi D^2) = 4 \cdot 27,5 / (3,14 \cdot 2,5^2) = 5,6 \text{ м.}$$

Діаметр конічної частини 2,5 м, висота 0,5 м.

$$V_{\text{кон}} = 1/3 \cdot (\pi D^2/4) \cdot h = 1/3 \cdot (3,14 \cdot 2,5^2/4) \cdot 0,5 = 0,8 \text{ м}^3.$$

Висота загальна апарату:  $5,6 + 0,5 + 0,5 = 6,6 \text{ м.}$

#### Дезінтегратор

Продуктивність – 5 т/год помелу зерна з розміром частинок менше 250 мкм.

На годину завод потужністю 3000 дал переробляє 3122,875 кг, отже один дезінтегратор забезпечує роботу, але встановлюємо ще один – резервний.

Витрати електроенергії на одержання 1 т помелу складає 18...20 кВт·год.

#### Гостропарова контактна головка

Технічна характеристика:

діаметр трубопроводу для вводу продукту, мм – 125; діаметр отвору діафрагми на виході продукту, мм – 70; внутрішній діаметр циліндричної

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубки, мм – 108; діаметр зовнішній внутрішньої трубки, мм – 128; внутрішній діаметр зовнішнього корпусу, мм – 200 ; діаметр штуцера для входу пари, мм – 125;

внутрішній діаметр трубопроводу для виходу продукту, мм – 200; висота контактної головки, мм – 500;

діаметр отворів, мм – 6;

кількість рядів і отворів, шт – 16×10; матеріал – вуглецева сталь.

Специфікація технологічного обладнання наведена в табл. 5.1.

**Таблиця 5.1 – Специфікація технологічного обладнання**

№ з/п	№ поз.	Найменування обладнання	К-сть	Технічна характеристика	Потужність електро-двигуна	Тривалість роботи двигуна
1	2	Вентилятор	1	ВЦ 4-76	30	10
2	3	Дезінтегратор	1	ДМК-7	18,5	20
3	4	Циклон	1	Габаритні розміри: V=7 м <sup>3</sup> , H=4м, Д=1,5м	-	-
4	6	Дисмембратор	1	ДМ-20	5,5	20
5	7	Збірник замісу	1	Габаритні розміри V=13 м <sup>3</sup> , H=2м, Д=1,5м	1,0	24
6	10	Насос відцентровий	4	КМ 50-32-125	2,2	24
7	11	Насос плунжерний	4	ЕВАРА 3М 40-200/7.5	3,5	24
8	14	АТФО I-ступеня	1	Габаритні розміри: V=35 м <sup>3</sup> , H=6м, Д=2,5м	-	-
9	15	АТФО II-ступеня	1	Габаритні розміри: V=35 м <sup>3</sup> , H=6м, Д=2,5м	-	-
10	16	Спіральний теплообмінник	1	F=33,5 м <sup>2</sup>	-	24
11	17	Бродильний апарат	8	Габаритні розміри: V=140 м <sup>3</sup> , H=6м, Д=3,4м	-	-
12	18	Дріжджанка	4	Габаритні розміри: V=14 м <sup>3</sup> , H=2,7м, Д=2,3м	-	-
13	24	Спиртовловлювач	1	Габаритні розміри: H=1,5м, Д=0,3м	-	-

## 6. ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технохімічний контроль є основним засобом моніторингу, контролю та регулювання технологічних процесів виробництва спирту, що забезпечує його відповідність вимогам стандарту та покращує його якість [12].

Основними завданнями технохімічного контролю є:

- 1) недопущення виробництва та виробництва підприємством продукції, що невідповідає вимогам нормативних документів;
- 2) зміцнення технологічної дисципліни та підвищення відповідальності всіх рівнів виробництва за якість продукції;
- 3) здійснення заходів щодо раціонального використання матеріальних ресурсів, постійне збільшення на цій основі виробництва 1 т сировини при менших витратах матеріальних, трудових, фінансових та енергетичних ресурсів.

Функції технохімічного контролю:

- 1) контроль якості сировини, що надходить, тари, основних і допоміжних матеріалів;
- 2) контроль якості готової продукції, тари, упаковки, маркування та порядку відпуску продукції з підприємства;
- 3) контроль умов, режимів і термінів зберігання сировини та готової продукції на складах; контроль сировини, матеріалів та виходу готової продукції;
- 4) контроль реагентів, що використовуються для аналізу, мийних та дезінфікуючих засобів та приготування хімічних розчинів;
- 5) моніторинг стану засобів вимірювальної техніки; підготовка та проведення днів якості продукції тощо. [12].

Схема технохімічного та мікробіологічного контролю наведена в табл. 6.1.

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 6.1 – Схема технохімічного і мікробіологічного контролю**

№ п/п	Найменування стадії технологічного процесу, об'єкт контролю	Параметр, що контролюється	Норма параметра	Метод або засіб контролю	Періодичність контролю	Хто здійснює контроль
1	Зерно подрібнене	Якість подрібнення	Прохід через сито з діаметром отворів 1 мм не менше 90 %	Розсів з наступним зважуванням фракцій. Технічні ваги. Набір сит	2-3 рази за зміну. Після дробарки	Змінний хімік
2	Заміс	Співвідношення помелу і компонентів	Приблизно 1:2-3	По витратах	Постійно	Оператор
3	розріджений заміс	Якість розварювання: а) колір, запах, консистенція;	Світло-коричнева маса з приємним характерним для кожного виду зерна запахом, однорідна;	Візуально, нюханням;	2-3 рази у зміну;	Оператор
		б) залишковий крохмаль	Відсутній	Промивка на ситі з діаметром отворів 3 мм. Набір сит.	—	—
4	Сусло спиртового виробництва	а) видима густина, % СР	21±2	Цукромір	Не менше 6 разів за зміну у пробах із суслопрово-ду чи оцукрювача	—
		б) кислотність, град	0, 1...0,2	Титрування	—	—
		в) повнота оцукрення	Жовтий колір з йодом	Візуально по йодній пробі	—	—
		г) оцукрююча активність (ОЗ), од/100см <sup>3</sup>	5...– 7	Поляриметрично, поляриметр	За потреби	Змінний хімік

Закінчення табл.6.1

		д) величина рН	5, 5...6, 0	Потенціометрично, рН-метр	Те саме	Змінний хімік
5	Сусло для дріжджів	а) видима густина, % СР	21...23	Цукромір	Кожен апарат	Змінний хімік
		б) кислотність, град.	0, 7...0, 8	Титрування	Те саме	Те саме
		г) температура	30...32	Термометр	Систематично	—«»—
6	Дріжджі в період розмноження	а) видима густина, % СР	Залежно від тривалості росту	Цукромір	Систематично, не менше 2...3 разів за зміну	—«»—
		б) кислотність, град.	Така ж, як у дріжджовому суслі	Титрування	Те саме	—«»—
7	Виробничі дріжджі	а) видима густина, % СР	½...2/3 від початкової концентрації сусла	Цукромір	З кожної дріжджанки перед випуском її у бродильний апарат	—«»—
		б) кислотність, град.	Як і у дріжджовому суслі	Титрування	Те саме	—«»—
8	Оцукрене сусло	фізіологічний стан, інфікованість у потоці перед головним апаратом	Поглинання добре, не більше 3 б.к.	Мікроскоп	—	—«»—
			Через 1 год.	Повнота оцукрення, рН	Оцукрення повне 5,0 – 5,5	—«»—
			Через 1 год.	Видима густина, температура	21±2,0 % СР 30-32 °С	—«»—
9	Бражка	Головний бродильний апарат	Через 1 год.	Видима густина	% СР, залежно від тривалості бродіння	—«»—

Засоби метрологічного контролю технологічного контролю представлено в табл.6.2.

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 6.2 – Метрологічне забезпечення контролю технологічного процесу**

№	Стадії технологічних параметрів, що потребують контролю	Найменування засобів вимірювання, заводське устаткування (позначення, стандарт, або технічні умови)	Межі виірювання	Клас точності, допустимі похибки
1.	Зважування зерна	Автомобільні ваги тензOMETричні типу УЕДВУ-3	0..40 т	+0,5 %
2.	Визначення вологості зерна	Сушильна шафа СЕШ-3М, ваги лабораторні загального призначення	0,01 г..200 г	2 клас точності
3.	Визначення температури замісу	Електроконтактні термометри ТПК-3	0..100 °С	+ 1 °С
4.	Визначення температури розвареної маси	Електроконтактні термометри ТПК-3	0..100 °С	+ 1 °С
5.	Визначення видимої густини сусла спиртового виробництва та сусла для дріжджів	Аерометр АСТ-2, термометр ртутний	0...40 % 0...100 °С	+0,1 % + 1 °С
6.	Визначення температури сусла спиртового виробництва та сусла для дріжджів	Електроконтактні термометри ТПК-3	0..100 °С	+ 1 °С
7.	Визначення активної кислотності (рН) сусла	рН-лабораторний типу рН-150 МІ	0...14	+0,05 %

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

### Служба охорони праці підприємства

Для створення безпечних і нешкідливих умов праці в кожному структурному підрозділі та на кожному робочому місці керівник підприємства (власник) повинен створити систему управління охороною праці та забезпечити її ефективну роботу. Система управління безпекою та гігієною праці є невід'ємною частиною управління компанією, яка включає прогнозування та планування, організацію роботи, координацію та регулювання, активацію та просування, контроль, облік та аналіз.

Управління охороною праці — це підготовка, прийняття та реалізація рішень щодо здійснення організаційно-технічних, санітарно-профілактичних заходів щодо забезпечення безпеки, здоров'я та працездатності людини на виробництві [6].

Керівництво охороною праці на підприємстві здійснює його керівник (власник); в цехах, службах і місцях - керівники відповідних відділів і служб. Для цього підготовлено та затверджено Правила про систему управління охороною праці підприємстві.

Управління охороною праці дозволяє вирішувати такі основні завдання: забезпечення безпеки виробничого обладнання, виробничих процесів, а також будівель і споруд; навчання працівників в галузі охорони праці та популяризація досягнень в галузі охорони праці; нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці; забезпечення працівників засобами індивідуального захисту; забезпечення оптимальних умов праці та відпочинку працівників; організація оздоровчо-профілактичного та санітарного обслуговування працівників; професійний відбір працівників за певними спеціальностями.

Організаційно-методичну роботу управління охороною праці, підготовку управлінських рішень та контроль за їх виконанням здійснює служба охорони праці, яка безпосередньо підпорядковується керівнику підприємства. На підприємствах виробничої сфери з чисельністю працюючих до 50 осіб, невиробничої сфери - до 100 осіб функції цієї служби можуть виконувати особи з відповідною підготовкою за сумісництвом [4, 16].

Умови праці визначаються характером і тяжкістю виконуваної роботи, а також параметрами виробничого середовища. При плануванні робочого місця, виходячи з того, що працівник протягом зміни не знижує встановлену продуктивність праці, витрачаючи мінімум фізичних зусиль, був захищений від впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. На робоче середовище, самопочуття та здоров'я працівника суттєво впливає робоче середовище.

Виробниче середовище характеризується мікрокліматичними умовами, складом і ступенем запиленості повітря, рівнем шуму і вібрації, типом і якістю освітлення, наявністю та інтенсивністю теплового, електромагнітного випромінювання та деякими іншими факторами. Вважається оптимальним, якщо немає негативних впливів на працівника, і нормальним, якщо вони

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходяться в межах допустимих рівнів.

### **Аналіз шкідливих та небезпечних чинників на спиртовому заводі**

Відповідно до санітарних вимог для кожного робочого місця регламентуються: мікроклімат;  
кондиціонування робочої зони; шум;  
вібрація;  
підсвічування;  
промислова радіація.

#### ***Мікроклімат виробничого приміщення***

Стан повітря у виробничому приміщенні називають мікрокліматом, або метеорологічними умовами [2].

Мікроклімат або метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються такими параметрами:  
температура повітря в приміщенні, оС;  
відносна вологість, %;  
рухливість повітря, м/с;  
теплове випромінювання, Вт / м<sup>2</sup>.

Всі ці параметри як окремо, так і в комплексі впливають на фізіологічну функцію організму - його терморегуляцію і визначають самопочуття. Мікроклімат виробничих приміщень нормується залежно від теплових характеристик виробничих приміщень, категорії робіт за тяжкістю та періодом року.

Основними нормативними документами, де наводяться норми мікроклімату, є санітарні норми та норми безпеки праці, зокрема ДСН 3.36.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Оптимальні мікрокліматичні умови - це такі параметри мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують нормальний тепловий стан організму без тиску і порушення механізмів терморегуляції. Вони створюють відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня ефективності. Нормується залежно від категорії робіт за тяжкістю та періодом року [2].

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних факторів виробництва необхідно проаналізувати роботу обладнання цехів термоферментної обробки партій і зброджування крохмалевмісної сировини. Для людей, які працюють на виробництві, незалежно від виду діяльності, повинні бути створені оптимальні умови праці, які не завдають шкоди здоров'ю та є безпечними для людини.

Оптимальні параметри мікроклімату для відділень термоферментної обробки партій та зброджування крохмалевмісної сировини згідно з ДСН 3.36.042-99

«Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі обґрунтована технологія дозрілої бражки із кукурудзи з використанням концентрованих ферментних препаратів та для оцукрення крохмалю сировини та високопродуктивної раси дріжджів. Зокрема, пропонується впровадження таких заходів.

1. На етапі термоферментативної обробки сировини:
  - подрібнення кукурудзи здійснювати на дезінтеграторі для отримання часток помелу розміром не більше ніж 250 мкм, що є необхідною умовою для впровадження низькотемпературної термоферментативної обробки замісу;
  - під час приготування замісу використовувати фільтрат барди та дефлегматорну воду завдяки чому на 30 % зменшується витрата технологічної води, зменшується в'язкість замісу та сусла, покращується біологічна активність дріжджів, особливо в умовах дефіциту азотного живлення, викликаного використанням концентрованих ферментних препаратів, скорочуються технологічні втрати за рахунок часткового повернення незброджених вуглеводів;
  - термоферментативну обробку замісу проводити за температур 85...95 °С з використанням контактної головки та двох апаратів термоферментативної обробки, дозволяє зменшити у 2,5 рази витрату пари та втрати зброджуваних цукрів за рахунок утворення меншої кількості цукрів і меланоїдинів;
  - на стадії приготування замісу застосовувати розріджуючий ферментний препарат Termamyl 120L, а для оцукрення розрідженої маси – Diazyme SSF2.
2. Оцукрення розрідженої маси та збродження сусла сумістити та проводити безпосередньо в бродильному апараті.
3. Для збродження застосувати термотолерантні та осмофільні дріжджі раси ДО-16 дозволить підвищити концентрацію спирту в дозрілій бражці до 12,0...16,0 % об, зменшити витрати води на охолодження бражки та пари на її перегонку.
4. Для запобігання розвитку інфекцій передбачається використання антисептику Полідез, а для зменшення втрат спирту з газами бродіння застосувати спиртовловлювач плівчастоконденсаціного типу.

За результатами продуктивних розрахунків розраховане та підібране технологічне обладнання. Розроблена схема технохімічного та мікробіологічного контролю процесу виробництва дозрілої бражки, розроблені заходи щодо безпечних умов праці.

					ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуць В.С., Євтушенко О. В. Основи промислового будівництва та санітарної техніки [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів напрямів підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050604 «Енергомашинобудування» денної форми навчання. Київ : НУХТ, 2012. 120 с.
2. Гуць В.С., Євтушенко О.В., Сірик А.О. Основи охорони праці [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів денної форми навчання. Київ: НУХТ, 2016. 110 с.
3. ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді. Затверджені МОЗ України 03.05.2006 № 256 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 17.07.2006 за № 845/12719. (Державні гігієнічні нормативи).
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 42 с. (Державні санітарні норми та правила).
5. ДСТУ 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови. [Чинний від 2004-01-10]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
6. ДСТУ 4525:2006 Кукурудза. Технічні умови. [Чинний від 2007-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 21 с.
7. ДСТУ 7940-2015 Масло сивушне. Технічні вимоги. [Чинний від 2016-09-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с.
8. ДСТУ 7402-2013 Фракція головна етилового спирту. Технічні вимоги. [Чинний від 2013-12-11]. Київ : Держспоживстандарт України, 2013. 23 с.
9. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно-графічних зображень в апаратурно-графічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробство» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / уклад. П.Л. Шиян, В.Л. Прибильський, А.М. Куц та ін. Київ:НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)
10. Патент 72045 Україна, МПК С12N 15/00. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-16 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Іванов С.В., Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Олійчук С.Т., Бойко П.М., Єрмакова Г.В.; заявник і патентовласник НУХТ. – № 201114490; заявл.07.12.2011; опубл. 10.08.2012. Бюл. № 15. – 3 с.
11. Польша Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликёрово-водочного производства. Москва : Колос, 1999. 336 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

12. Технології продуктів спиртового бродіння. Модуль 2. Технологія спирту[Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсової роботи для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, В.П. Маринченко, С.І. Олійник та ін. Київ: НУХТ,2020. 92 с.

13. ТР У 18.8049-2000 Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини. Частина 1: Подрібнення сировини, розчинення і оцукрювання крохмалю та зброджування сусла. Затверджений заступником Голови Державного департаменту продовольства В.І. Христенком 25.10.2000. Київ: УкрНДІспиртбіопрод: Міністерство аграрної політики України, 2000. 143 с. (Нормативний документ державного департаменту продовольства України. Технологічний регламент).

14. ТР У 00032744–812–2002 Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів. Затверджений Головою Державного департаменту продовольства Мінагрополітики України Ю.В. Жихарєвим 16.12.2002. Київ. 2002. 92 с. (Нормативний документ Мінагрополітики України. Технологічний регламент).

15. Технологія спирту: підруч. / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін. // під ред. В.О. Маринченка. Вінниця: Поділля. 2000, 2003. 496 с.

16. 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. Маринченка. Київ: НУХТ, 2015. 354 с.

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

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		