

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)

« » лютого 2023 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ

(підпис)

« » лютого 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

із спеціальності 181 «Харчові технології»

(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»

на тему: «Проект відділень термоферментативної обробки замісу та
зброджування суслу спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-
сирцю на добу із застосуванням концентрованих ферментних препаратів»

Виконала: здобувачка 3 курсу,
групи ЗТБ-3-1ск

Тимчишин Соломія Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Куц Анатолій Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

_____ Соломія ТИМЧИШИН

(підпис)

Київ НУХТ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства
Освітній ступінь – «бакалавр»
Спеціальність – 181 «Харчові технології»
Освітня програма – «Харчові технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння та виноробства

_____ Анатолій КУЦ

28 жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ

Тимчишин Соломії Михайлівні

1. Тема роботи Проект відділень термоферментативної обробки замісу та зброджування суслу спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу із застосуванням концентрованих ферментних препаратів

Керівник роботи Куц Анатолій Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 жовтня 2023 року № 776-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 31 січня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Норми технологічного проектування. 2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики. 3. Потужність спиртового заводу – 3000 дал умовного спирту-сирцю спирту на добу. 4. Виробляється спирт етиловий ректифікований сорту Люкс міцністю 96, 3 % об. із кукурудзи з вмістом крохмалю 62,0 % і вологістю 13,0 %. 5. Продуктові розрахунки виконують на 100 дал спирта, добову та на річну потужність.

4. Зміст пояснювальної записки: Титульна сторінка. Завдання на проектування. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів і режимів виробництва спирту з використанням концентрованих ферментних препаратів. 3. Характеристика проектованої 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:

1. Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш.

2. Демонстраційний плакат – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання – 22 червня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	10.10.22-15.11.22	Виконано
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів виробництва спирту з використанням концентрованих ферментних препаратів.		Виконано
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		Виконано
4.	Технологічні розрахунки	16.11.22-06.12.22	Виконано
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		Виконано
	1-а атестація	07.12.22	
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	07.12.22-30.12.22	Виконано
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		Виконано
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	31.12.22-06.01.23	Виконано
9.	Охорона праці	07.01.23-15.01.23	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	16.01.23-30.01.23	Виконано
	2-а атестація	31.01.23	
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	31.01.23-03.02.23	Виконано
12.	Попередній розгляд роботи на кафедрі		Виконано
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	04.02.23-07.02.23	Виконано
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувачка

Соломія ТИМЧИШИН

Керівник роботи, доцент

Анатолій КУЦ

ANNOTATION

The qualification work is devoted to the well-founded technology of ripened grain mash with the use of modern concentrated enzyme preparations of selective action for the saccharification of raw starch and a highly productive strain of yeast for wort fermentation. In particular, the implementation of such measures is proposed.

1. At the stage of preparation of raw materials for fermentation:

to obtain highly dispersed corn grinding with a particle size of no more than 250 μm , use a disintegrator;

when preparing the dough, replace 25% of the process water with bard filtrate and hot dephlegmatory water, which will reduce the consumption of drinking water, reduce the viscosity of the dough and wort, improve the biological activity of the yeast, and return part of the unfermented carbohydrates to the technological process;

to apply low-temperature thermo-fermentative treatment of the dough at a temperature of 85-95 $^{\circ}\text{C}$ by using a contact head, two thermo-fermentative treatment devices, two spiral heat exchangers, thanks to which the steam consumption and the consumption of fermentable carbohydrates can be reduced by 2.5 times for the formation of fewer caramels and melanoidins;

to dilute the dough during its preparation, use the thermostable α -amylase of the Termamyl 120L enzyme preparation, and use the glucoamylase of the Diazyme SSF2 enzyme preparation for saccharification of the cooled diluted mass;

use spiral heat exchangers to reduce the consumption of steam for heating the mass and water for cooling it.

2. Combine the processes of saccharification of the diluted mass and fermentation of the wort in the fermenter.

3. Fermentation of the wort should be carried out in a semi-continuous way with recirculation of the wort and use thermotolerant and osmophilic yeast of the DO-16 race, which will help to increase the concentration of alcohol in the matured wort, reduce the consumption of water for cooling the fermentation apparatus and steam for the distillation of the wort.

4. Install an alcohol trap of the film-condensation type to reduce the loss of alcohol with fermentation gases, and use Polydez antiseptic to prevent the development of industrial infection.

Product calculations were performed, on the basis of which technological and auxiliary equipment was calculated and selected. The scheme of technochemical and microbiological control of the production of ripened wort and its metrological support is given, and the measures for labor protection during the production process are developed.

Key words: corn, disintegrator, thermo-enzymatic low-temperature treatment, thermostable α -amylase, glucoamylase, semi-continuous fermentation method, thermo- and osmophilic yeast race, matured mash

					ANNOTATION	Арк.
						5
				Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	10
1.1 Структура підприємства	10
1.2 Режими роботи	10
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРОВАНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ	12
2.1 Обґрунтування асортименту проекрованої продукції	12
2.2 Принципова технологічна схема	12
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва спирту з використанням концентрованих ферментних препаратів	14
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми	24
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	26
3.1 Характеристика проекрованої продукції	26
3.2 Характеристика сировини	29
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів	33
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	42
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків	42
4.2 Продуктові розрахунки	42
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	48
6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	52
7 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65

					Проект відділень термоферментативної обробки замісу та збродження суслу спиртового заводу потужністю 3000 дал умовного спирту-сирцю на добу із застосуванням концентрованих ферментних препаратів			
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата				
Розроб.		Тимчишин С.М.			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Перев.		Куц А.М.						
Н. контр.								
Затв.		Куц А.М.						
					Літера	Аркуш	Аркушів	
					КвР	7	66	
					Кафедра БПБВ, 2023			

Застосувати низькотемпературну термоферментативну обробку замісу за температури 85...95 °С шляхом використання двох апаратів термоферментативної обробки, двох спіральних теплообмінників, а для розрідження замісу під час його приготування використати термостабільну α -амілозу ферментного препарату Termamyl 120L, а глюкоамілазу ферментного препарату Diazyme SSF2. Зброджування суслу проводити термотолерантною та осмофільною расою дріжджів ДО-16 безперервним способом з рециркуляцією бражки із суміщенням в бродильному апараті процесів оцукрення розрідженої маси та зброджування суслу.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки (текст) на 66 сторінках друкованого тексту формату А4 та графічної частини на 2 аркушах формату А3, на яких подані апаратурно-технологічної схема та демонстраційний плакат.

					ВСТУП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			9

1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

1.1 Структура спиртового заводу

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

- приймальне відділення;
- відділення приготування замісу;
- відділення термоферментативної обробки замісу;
- дріжджебродильне 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.

1.2 Режими роботи заводу

Робочі години, години відпочинку працівників підприємства регулюються положенням чинного законодавства та колективного договору, а також правилами внутрішнього розпорядку:

- для працівників з п'ятиденним робочим тижнем робочий день з 8.00 до 17.00 години. Перерва обідня з 12.00 до 13.00 години. Субота і неділя – вихідні.
- для робітників працюючих по змінах: денна зміна з 8.00 до 20.00, нічна з 20.00 до 8.00 години.

Норма тривалості роботи не може перевищувати 40 годин на тиждень, що встановлено законодавством. Праця в понад робочий час сплачується у подвійному розмірі відповідно ст.106 КЗпП, а праця у святкові і неробочі дні сплачується у подвійному розмірі відповідно ст.107 КЗпП.

Робочий тиждень безперервний. В табл. табл. 1.1. наведено режими роботи головних виробничих підрозділів заводу.

					Структура підприємства та режими його роботи	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			10

Таблиця 1.1 – Режими роботи відділень

Назва відділення	Кількість змін на добу	Кількість робочих днів у місяці	Кількість робочих днів у році
Зерносклад з приймальними пристроями для зерна із автотранспорту і залізниці	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 ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРОВАНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ

2.1 Обґрунтування асортименту проекрованої продукції

Спирт етиловий ректифікований виробляють із різних видів зерна, картоплі, цукрового буряка, цукру-сирцю, меляси та іншої цукро- і крохмалевмісної харчової сировини (за винятком плодово-ягідної), та одержують його у процесі брагоректифікації спиртової бражки або ректифікації спирту етилового-сирцю, а також фракції головної етилового спирту, яку одержують під час виробництва спирту з харчової сировини.

Залежно від ступеня очистки спирт етиловий ректифікований виготовляють сортів «Пшенична сльоза»; «Люкс»; «Екстра»; «Вищої очистки». Окрім нього, отримують також головну фракцію етилового спирту, масло сивушне, спирт сивушний, барду, скраплений діоксид вуглецю [5, 13, 16-18].

У разі виробництва спирту із кукурудзи, що обумовлено завданням на проектування, найкращим за якістю є спирт сорту «Люкс».

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

Таблиця 2.1 – Асортимент та обсяг проекрованої продукції

Назва продукції	Відсоток від загальної кількості	Товарна продукція, дал	
		за добу	за рік
Умовний спирт-сирець, у т.ч. :	100	2000	610000
Спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс»	92,0	1840	561 200
Головна фракція етилового спирту	6,1	122	37 210
Масло сивушне	0,3	6	1830
Спирт сивушний	1,0	20	6100
Барда	100	20 000	6100000

2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема отримання дозрілої бражки у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини наведена на рис. 2.1 [16, 18].

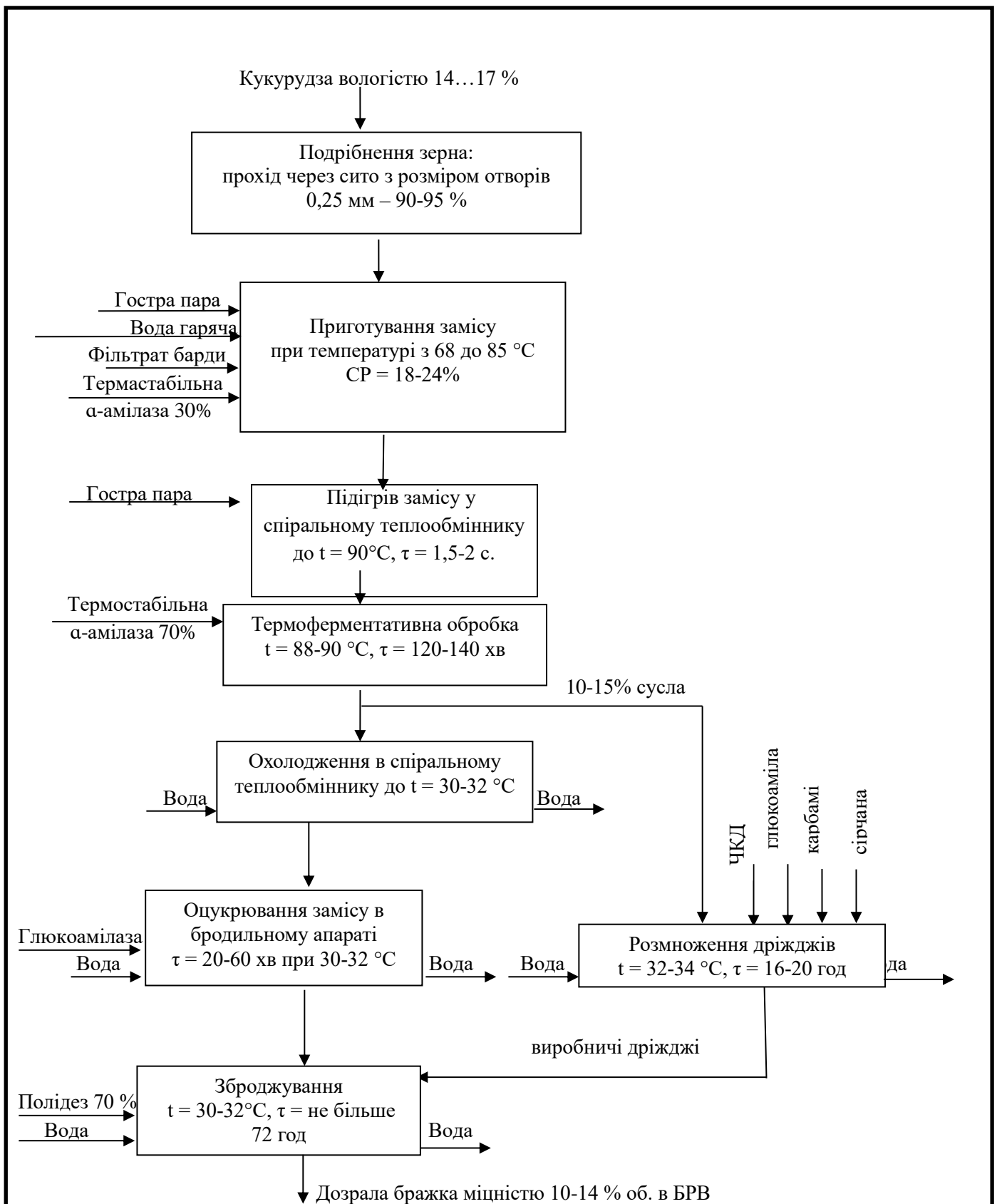


Рис 2.1 — Принципова технологічна схема отримання дозрілої бражки у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини

2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва спирту з використанням концентрованих ферментних препаратів

Виробництво етилового спирту із крохмалевмісної сировини базується на оцукрюванні крохмалю амілолітичними ферментами, внаслідок дії яких він перетворюється у зброджуванні дріжджами глюкозу, мальтозу, низькомолекулярні декстрини. Задля забезпечення економічності виробництва спирту на спиртових заводах України впроваджена низькотемпературна термоферментативна обробка зернових замісів. .

Основні технологічні параметри, що впливають на процеси одержання спиртової бражки, є вид і якість сировини, ступінь її подрібнення, концентрація сухих речовин зернового замісу, температура та експозиція його термоферментативної обробки, рН, місце введення ферментних препаратів у технологічний процес, їх композиція та питомі витрати. Тому в кваліфікаційній роботі потрібно розробити оптимальну технологію спиртових бражок із крохмалевмісної сировини з використанням високоактивних концентрованих ферментних препаратів селективної дії.

Підготовка крохмалевмісної сировини до зброджування в етиловий спирт складається із таких технологічних стадій: подрібнення сировини з одержанням високодисперсного помелу, змішування помелу з водою (приготування замісу), попередній підігрів замісу, низькотемпературна термоферментативна обробка замісу, охолодження та оцукрювання розрідженої маси з подальшим зброджуванням отриманого суслу в спирт [13, 14, 16, 18].

2.3.1 Подрібнення зерна

Для низькотемпературної обробки зерно необхідно тонко подрібнювати, оскільки якість і рівномірність помелу, в значній мірі, обумовлює температуру та термін термоферментативної обробки сировини і рівень втрат вуглеводів, що зброджуються. Прохід через сито з діаметром отворів 0,25 мм повинен становити 90...95 % [13, 14, 16, 18].

Руйнування клітинної структури зерна досягають подрібненням його на дробарках і спеціальних машинах з наступною термоферментативною обробкою замісів. Високодисперсні помели зерна, одержані з використанням дезінтеграторів, шарових дробарок, корундових, струменевих та інших машин, мають не тільки порушену структуру зерна, клітин і крохмальних зерен, а і механодеструктуровані полімери — крохмаль, білки та ін. А це дозволяє проводити їх термоферментативну обробку за температур нижчих ніж 100 °С. У разі використання високодисперсних помелів зерна зменшуються втрати зброджуваних речовин під час термічної обробки і витрати теплової енергії [16, 18].

Перспективним для спиртової промисловості є створення прогресивних технологій спирту з використанням дезінтеграторних, вібраційних, електромагнітних та інших подрібнювачів з метою більш ефективного використання сировини та оцукрюючих матеріалів, а також зменшення витрат теплової енергії.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						14
Змн.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата		

На всіх спиртових заводах України, що переробляють крохмалевмісну сировину, встановлені безперервно діючі апарати для подрібнення, термоферментативної обробки та оцукрювання розвареної маси.

Зернові культури подрібнюють механічним способом з використанням молоткових дробарок різних конструкцій або валкових станків. Найбільш поширені молоткові дробарки типу ДМ, ДДМ, А1-ДДМ або валкові станки типу ЗМ, ЕМ-200-100 [16, 18].

При використанні таких подрібнювачів дисперсність помелів характеризується неоднорідністю за розміром частинок від 0,25 до 1 мм. Дрібні частинки піддаються надмірній тепловій обробці з утворенням значної кількості продуктів оксиметилфурфурольного розкладу цукрів і меланоїдинової реакції, а крохмаль великих частинок не повністю переходить у розчинний стан, внаслідок цього збільшуються втрати зброджуваних речовин.

Витрати пари на розварювання досить значні — близько 15 кг на 1 дал виробленого спирту (приблизно 50 % по масі сировини). Використання високодисперсного помелу дозволяє проводити теплову обробку замісів сировини за температури не вище 100 °С, зменшити витрати пари на розварювання замісів на 50...70 % порівняно з розварюванням замісів із крупного помелу зерна і збільшити вихід спирту на 2,5...3 % [16, 18].

Високодисперсні помели зерна не потребують розварювання під тиском, вищим від атмосферного, збільшується коефіцієнт використання складових речовин сировини. Тому умови інтенсифікації процесів, які призводять до збільшення питомої поверхні сировини, мають велике практичне значення в спиртовій промисловості.

Властивості високодисперсних матеріалів залежать не тільки від їх питомої поверхні, а й від типу диспергатора. Для одержання високої активації матеріалу, який подрібнюють, необхідне здійснення швидкодіючих послідовних зустрічних ударів при зростаючій відносній швидкості. Машини ударної дії активують матеріали більш інтенсивного, ніж шарові та вібраційні [26].

При виборі машин і апаратів для одержання високодисперсних помелів зерна потрібно враховувати такі фактори: розмір і вид зерна; допустиму забрудненість помелу зерна продуктами зносу помольного агрегату; економічність і тривалість процесу; допустиму температуру нагріву помелу зерна; простоту конструкції і надійність роботи подрібнювачів.

У зв'язку з різноманітністю вимог до подрібнюючих машин і апаратів створено значну кількість їх конструкцій, які відрізняються принципом дії і конструкцією.

Для диспергування сухих матеріалів використовують такі подрібнювачі: шарові, вібраційні, струменеві, корундові, роликово-маятникові, дезінтегратори, планетарні та ін. Більшість із них випробувані для подрібнення зерна для спиртового виробництва.

Шарові дробарки прості за конструкцією, надійні в експлуатації. Але вони дуже громіздкі та енергомісткі, тривалість тонкого подрібнення матеріалів у них складає декілька годин. Вібраційні дробарки значно ефективніші шарових, але також енергомісткі [16, 18].

Шарові дробарки подвійної дії реактивні значно ефективніші інших типів шарових машин: мають менші габаритні розміри і питомі витрати енергії, невелику

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						15
Змн.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата		

тривалість подрібнення. Такі млини досліджені для подрібнення зерна в спиртовому виробництві і доведена їх висока ефективність.

Для одержання високодисперсного помелу зерна сконструйовано дезінтегратор, який складається з корпусу, всередині якого розміщені два ротори, виконані у вигляді дисків з мелючими елементами, що обертаються в протилежні боки. Для більш ефективної роботи ротори з'єднують з двигуном за допомогою проміжного валу, що зменшує навантаження на передній підшипник електродвигуна. На найбільшому за діаметром роторі встановлені вентиляційні лопаті. Продуктивність дезінтегратора до 5 т за годину помелу зерна з розміром частинок менше 250 мкм. Більші за розміром частинки помелу відділяються в сепараційній камері і повертаються на повторне подрібнення в дезінтегратор. Витрати електроенергії на одержання 1 т високодисперсного помелу становлять 18...20 кВт/год. Сконструйована і впроваджена на спиртових заводах установка для одержання високодисперсного помелу зерна і приготування замісів (рис. 2.2) [18].

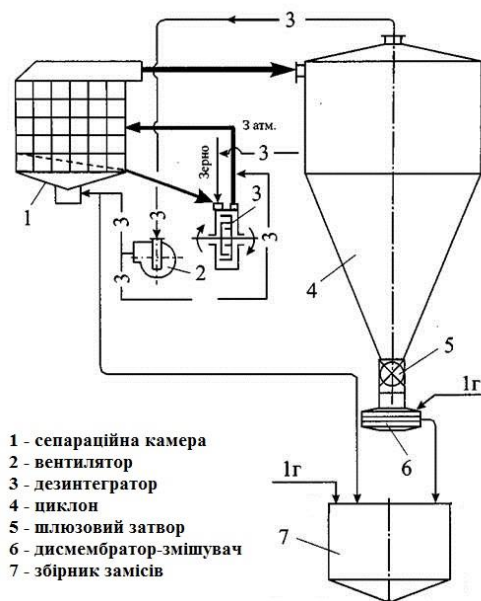


Рис. 2.2 — Схема установки для одержання високодисперсного помелу зерна

Зерно із витратного бункера дозуючим шнеком подають у дезінтегратор. Помел зерна під дією відцентрованої сили та повітряного потоку від вентилятора по трубопроводу надходить у середню частину сепараційної камери. Повітря, що подається вентилятором в нижню частину сепараційної камери виносить з собою помел зерна з розміром частинок менше 250 мкм в циклон, з якого помел через шлюзовий затвор подається в змішувач (дисмембратор) для утворення однорідної консистенції води і борошна (замісу). Заміс надходить у збірник замісу. Повітря, яке виходить з циклону, спрямовують у вентилятор для повторного використання. Для забезпечення обміну повітря в системі установки частина повітря всмоктується в дезінтегратор з атмосфери [18].

2.3.2 Приготування замісу

Для приготування суміші помел кукурудзи змішують з водою, яку частково замінюють фільтратом барди (25...60 %) у співвідношенні 1:2,5 з використанням бактеріальних ферментних препаратів, що містять термостабільну α -амілазу.

Кількість води змінюється залежно від вмісту крохмалю та вологості зерна,

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						16
Змн.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата		

враховуючи, що концентрація сухої речовини в суслі становила 26...30 % і таким чином забезпечувалася концентрація спирту в дозрілій бражці 13...15% об.

При приготуванні суміші з зерна кукурудзи тонкодисперсного помелу температура води повинна бути в межах 60...65 °С [13, 14, 16, 18]. В останні роки для зниження витрати води при підготовці замісу використовують фільтрат барди в кількості 20...60 % до об'єму води для змішування.

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 α -амілази використовується ферментний препарат Термамил 120L в кількості 0,8...0,9 од. амیلолітична активність на 1 г крохмалю або 0,8...0,9 дм³ 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 термоферментативної обробки.

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 [16, 18].

2.3.3.1. Гомогенізація замісу

При приготуванні зернових сумішей з високим ступенем помелу зерна та використанням гарячої води утворюються борошняні грудочки. Більшою мірою це відбувається під приготуванні замісів з високим вмістом сухих речовин за гідравлічного модулю 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 порожнин (порожнеч, заповнених рідиною і газом).

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						17
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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 м³ природного газу за добу в порівнянні з високотемпературною схемою розварювання [16, 18].

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.

2.3.4 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 за низьких температур. Така схема забезпечує найбільший вихід спирту з 1 т крохмалю порівняно з іншими схемами [16, 18].

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

Переваги такої обробки полягають у тому, що: знижуються витрати на пару; знижується температура термічної обробки, що уповільнює реакцію карамелоутворення; відпадає необхідність використання обладнання, що працює під тиском. Нагрітий заміс направляють в апарат термоферментної обробки, де його витримують при температурі 93...95 °С при постійному механічному перемішуванні. Тривалість перебування замісу в апараті термоферментної обробки за оптимальної залежить від виду сировини та технологічних особливостей подальших операцій приготування сусла.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						18
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Співвідношення тривалості та температури обробки повинно забезпечувати ефективну пастеризацію замісу та мікробіологічну чистоту його. В апараті під дією температури, механічного перемішування і дії α -амілази в основному закінчується клейстеризація і розчинення крохмалю.

Особливо слід акцентувати увагу на перспективах використання термостабільної α -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 [16, 18].

2.3.5 Охолодження розвареної маси до температури бродіння та оцукрення її

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

Мета оцукрювання розвареної маси крохмалевмісної сировини – гідроліз крохмалю і білків охолодженої розрідженої маси ферментами ферментних препаратів мікробного походження.

Як оцукрюючий матеріал на сьогодні використовують ферментні препарати мікробного походження різного ступеня концентрування [16, 18].

Сусло спиртового виробництва – це охолоджена розріджена маса, оброблена ферментами оцукрюючих матеріалів.

Оцукрення складається з таких операцій: охолодження розвареної маси до заданої температури оцукрювання; змішування розвареної маси з оцукрюючим матеріалом; оцукрення крохмалю; охолодження сусла до початкової температури зброджування сусла [16, 18].

Розріджена маса поступає в бродильний апарат, де за температури 30...32 °С змішується з оцукрюючим ферментним препаратом Діазим SSF. Тривалість оцукрення становить 20...60 хв.

В бродильному апараті завершується розчинення залишків клейстеризованого крохмалю та проходить його оцукрення до зброджуваних вуглеводів.

Глюкоамілаза препарату активно гідролізує декстрини різної молекулярної маси, що утворилися рід час термічної обробки, до цукрів, що зброджуються. Повноту оцукрення крохмалю контролюють кожну годину пробою на йод [16, 18].

У фільтраті сусла визначають: концентрацію сухих речовин – цукроміром, кислотність – титруванням, повноту оцукрення – візуально. Процес оцукрення закінчується в бродильному апараті під дією цього ж ферменту.

Для вирощування виробничих дріжджів використовують сусло, яке при потребі відбирають до його охолодження в теплообміннику. Частина сусла, що залишилася, перекачують насосом з оцукрювала в спіральний теплообмінник і далі

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						19
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

в бродильний апарат. В теплообміннику сусло охолоджують до температури «складки» [16, 18].

З метою забезпечення мікробіологічної чистоти середовища в бродильний апарат при потребі вводять розчин антисептику.

Фільтрат сусла з розчином йоду перед зброджуванням (проба на йод) має колір від червоно-коричневого до синьо-фіолетового.

Отже, на даній технологічній стадії передбачається оцукрення крохмалю у бродильному апараті. Охолоджена до температури 30...32 °С розріджена маса надходить в апарат і одночасно в нього задається розчин ФП Діазим SSF, який містить глюкоамілазу, під дією якої крохмаль гідролізується до глюкози [16, 18].

2.3.6 Приготування виробничих дріжджів із чистої культури

Для зброджування сусла використовується штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-16 [11].

Чисту культуру дріжджів вирощують у пробірках на суслі-агарі або суслі-желатині. Пробірки стерильно закривають ватними пробками і заливають сургучем або парафіном. Додатково до пробірок із чистою культурою додається запаяна ампула із стерильним суслим, яке призначене для змивання дріжджів з поверхні сусли-агару.

Тривалість зберігання чистих культур дріжджів становить в середньому два місяці за умов зберігання пробірок у сухому прохолодному місці за температури 8...10 °С.

Розмножувати чисту культуру дріжджів необхідно в окремому чистому приміщенні при закритих дверях і вікнах. При відсутності такого приміщення ці операції можливо проводити у переносному настільному боксі.

Перед початком роботи стіл (бокс), руки, ніж, ампулу зі склом і пробірку із чистою культурою дріжджів необхідно протирати 60 %-м розчином спирту.

В пробірку із чистою культурою дріжджів поблизу полум'я газової чи спиртової горілки вливають із ампули стерильне солодове сусло. Пробірку вміщують в термостат на 2...3 год за температури 30 °С. Коли сусло розбродиться, то дріжджі з поверхні агару змивають легкими обертами пробірки між долонями. Після цього сусло із дріжджами поблизу полум'я горілки переливають з пробірки в колбу ємністю 0,5 дм³ із стерильним суслим концентрацією 8...10 %. Колбу закривають ватною пробкою попередньо обпаленою в полум'ї горілки.

Через 20...24 год дріжджове сусло переливають в колбу ємністю 5 дм³ із стерильним суслим, концентрацією 10...12 %, підкисленого сірчаною кислотою до кислотності 0,5 см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль на дм³ сусла або бражки. Колбу із суслим поміщають в термостат за температури 30 °С і через 20...24 год переливають її вміст в бутиль ємністю 20 дм³ із стерильним підкисленим суслим.

Після зброджування сусла протягом 20...24 год дріжджі в стерильних умовах переводять в апарат чистої культури (АЧК) з попередньо підготовленим стерильним підкисленим суслим.

Через 24 год дріжджі із АЧК переносять в дріжджанку в підготовлене пастеризоване і підкислене до кислотності 0,55...0,65 см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль на дм³ сусла. Концентрація сусла становить 12...15 %.

За відсутності АЧК на заводах готують чисту культуру в 3...4 бутлях ємністю 20 дм³ на одну дріжджанку.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						20
Змн.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата		

В дріжджанці накопичення виробничих дріжджів закінчується за 14...24 год залежно від використаної раси дріжджів.

Виробничі дріжджі готові до зброджування суслу, коли концентрація сухих речовин в дріжджанці зменшується на 2/3 від початкової концентрації суслу. Кількість виробничих дріжджів повинна становити 8...10 % від об'єму бродильного апарату.

2.3.7 Зброджування суслу

Для зброджування доцільно використовувати термотолерантні і осмофільні раси дріжджів і підтримувати температуру бродіння 34...36 °С для кращого оцукрення замісу [16, 18].

У спиртовому виробництві відомі такі способи зброджування: періодичний, проточно-рециркуляційний, циклічний, безперервно-проточний.

Основні показники бродіння і склад дозрілої бражки при різних способах бродіння наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика різних способів бродіння

Способи бродіння	Тривалість бродіння год	Вихід спирту-ту, дал/т	Спиртозйом, дал/(м ³ *доу)	Видимі СР, %	Дійсні СР, %	Незброджені РР, г/100 см ³	Нерозчинний крохмаль., г/100 см ³	рН	Міцність, % об
Рециркуляційно-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	2,0	0,35	3,6	0,45	0,12	4,5	8,0

Періодичний спосіб зброджування суслу поділяється на такі етапи:

- 1) розброджування (розмноження дріжджів в дріжджанках);
- 2) головне бродіння (оцукрювання і зброджування дріжджами глюкози, в наслідок чого утворюється спирт і виділяються гази бродіння);
- 3) доброджування (декстрини під дією глюкоамілази гідролізуються до мальтози і глюкози, які в подальшому зброджується дріжджами).

Тривалість наповнення одного бродильного апарату не повинна перевищувати 8 год. Нормативна тривалість бродіння 72 год, але у разі не достатнього об'єму бродильних апаратів дозволено скорочувати тривалість бродіння до 48 год [26].

Початкова температура суслу («складки») залежить від тривалості бродіння: чим вона більша, тим нижча температура (18...20 °С при 72 год). За 48-годинному бродінні початкова температура суслу 24...25 °С.

Під час головного бродіння підтримують температуру 29...30 °С, під час зброджування – 27...28 °С. При нестачі цукру дріжджі погано бродять. Крім того, за більш низької температури зменшується небезпека закисання бражки [26].

Бродіння вважають закінченим, коли вміст незброджуваних цукрів (редуючи речовин – РВ) у бражці досягає 0,2...0,3 г/100 см³, а видимий та дійсний

вміст сухих речовин не змінюється протягом останніх 2...3 год. Якщо відсутня йодкрохмальна реакція дозрілої бражки, відбулося повне оцукрювання розчиненого крохмалю. Після кип'ятіння нефільтрована бражка з йодом за наявності крохмалю дає синє забарвлення, що свідчить про недостатню активність глюкоамілази ферментного препарату [26].

Якщо необхідно загальмувати бродіння в зв'язку з зупинкою брагоректифікаційної установки, бражку охолоджують у кінці головного бродіння до 15...20 °С. Під час бродіння бродильні апарати з'єднують із спиртовловлювачем для конденсації спиртових парів, які виносяться газами бродіння. Зрілу бражку з бродильного апарата прямо або через проміжний збірник насосом перекачують у брагоректифікаційне відділення.

Після випорожнення бродильний апарат миють водою, оббризкують у середині розчином хлорного вапна, витримують 15...20 хв, після чого хлорне вапно змивають водою і пропарюють при температурі 100 °С. Витрати пари – 10...12 кг на 1 м³ об'єму апарата. Для миття бродильних апаратів зручно використовувати спеціальні механічні пристрої, які приводяться в рух рідиною, що подається у них насосом під тиском до 0,4 МПа. Робоча рідина – змішана з антисептиком перегріта вода розбризкується у середині бродильного апарата [26].

Періодичне бродіння дозволяє уникнути закисання бражки, але потребує великих об'ємів бродильних апаратів і використовується на заводах малої і середньої потужності (3000...5000 дал спирту на добу).

Безперервно-проточний спосіб. Розвиток техніки бродильних виробництв ще наприкінці ХІХ сторіччя поставив на чергу вирішення проблеми безперервного спиртового бродіння. У 1899 р. був запропонований спосіб безперервного оцукрювання і зброджування сусл а за допомогою мукорових грибів (спосіб Аміло), а у 1903 р. французькі фірми Гільом, Егро і Гранже пропонуються безперервний й спосіб зброджування дифузійних соків цукрового буряка. У 1909 р. професор Томського технологічного інституту С.В. Лебедев висунув проблему безперервного спиртового бродіння і у наступних працях дав теоретичне обґрунтування способу безперервного бродіння. Продовжили ці дослідження з безперервного зброджуванню м'ясного сусла Д.М. Калиновський, І.Ф. Гладких.

Неодноразові спроби ряду авторів здійснити безперервне спиртове бродіння у виробництві спирту з крохмалевмісної сировини закінчувалися невдачами. Аналіз причин цих невдач показав, що вирішальне значення при цьому має наростання кислотності, яке викликане тим, що із свіжопророслим солодом вноситься велика кількість кислотоутворюючих бактерій, які швидко адаптуються до умов середовища. Підвищенням кислотності бражки супроводжується частковими інактивуванням ферментів, погіршенням зброджування цукрів і відповідно зниженням виходу спирту із 1 т переробленого крохмалю. Успішне вирішення проблеми безперервного зброджування крохмалевмісної сировини може бути лише за умови пригнічення біологічної інфекції, яка виникає у бродильній батареї [16, 18].

Рециркуляційно-проточний спосіб. Досконалим, гнучким і мобільним шляхом інтенсифікації безперервного бродіння є рециркуляція біомаси дріжджів. Збільшення дріжджової популяції з самого початку процесу включає пусковий момент, який збільшує небезпеку розвитку інфекції і закисання бражки.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						22
Змн.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата		

Але під час рециркуляції відсепарованої біомаси дріжджів продукти бродіння інфікуються сторонніми мікроорганізмами. Розроблений спосіб безперервного зброджування сусла із крохмалевмісної сировини з рециркуляцією бражки з другого або третього апаратів у перший апарат батареї, тобто рециркуляція дріжджів без попереднього концентрування у центрифугі. Таким чином і з перших бродильних апаратів утворюється рециркуляційний контур, у якому можна збільшити швидкість розбавлення середовища у 1,5...2 рази і відповідно підвищити питому швидкість розмноження дріжджів при стабілізації цих показників у решті батареї. Об'єм рециркульованого середовища становить 100 % від припливу сусла у батарею, що дає можливість додатково включити приплив сусла у кількості 40 % від основного.

При цьому відбувається не тільки рециркуляція дріжджів, а і ферментів, що містяться в бражці, які багаторазово беруть участь у розщепленні вуглеводів і білків на стадії головного бродіння і доброджування. Також зменшуються втрати цукру на біосинтез дріжджів, що супроводжується підвищенням виходу спирту на 0,1 дал/т крохмалю. Підвищенням швидкості розведення бражки у першому бродильному апараті сприяє мікробіологічній чистоті бродіння, внаслідок чого міжстерилізаційний період збільшується до трьох діб. Завдяки меншому наростанню кислотності під час бродіння вихід спирту збільшується при тривалості бродіння 60 год на 0,8 дал/т крохмалю, а при 48 год – на 1,2 дал/т. Але крім дріжджів і ферментів разом з бражкою у головний бродильний апарат повертаються сторонні мікроорганізми, кількість яких зростає із збільшенням порядкового номера бродильного апарата у контурі [16, 18].

В кваліфікаційній роботі обирається безперервний спосіб зброджування з рециркуляцією бражки, завдяки чому тривалість бродіння зменшується від 72 до 62...65 год з одночасним збільшенням виходу спирту на 0,33 дал із 1 т умовного крохмалю.

Таким, у кваліфікаційній роботі за результатами техніко-економічного аналізу наявних способів і режимів отримання дозрілої бражки передбачено:

1. Використання дезінтегратора установки для отримання з кукурудзи високодисперсного помелу з розміром частинок не більше 250 мкм, що є одним з основних факторів для здійснення низькотемпературної обробки замісу за температури 88...90 °С, що дозволяє знизити витрати пари на видалення спирту із дозрілої та збільшити вихід спирту збільшується на 2,5...3 % порівняно зі традиційними технологіями.

2. Використання фільтрату барди і дефлегматорної дозволяє зменшити потребу в технологічній воді приблизно у 1,5 рази, скоротити технологічні втрати за рахунок часткового повернення у технологічний процес незброджених вуглеводів.

3. Використання сучасних концентрованих ферментних препаратів Термаміл 120L та DiazymeSSF2 дозволяє збільшити вихід спирту на 0,3...0,4 дал з 1 т умовного крохмалю за рахунок їх високої активності та кислотостійкості.

4. Використання термотолерантного осмофільного штаму дріжджів ДО-16 дозволяє знизити витрату води на 30 % для охолодження бродильних апаратів та збільшити вихід спирту на 0,5...0,7 дал на 1 т умовного крохмалю за рахунок більш повного зброджування вуглеводів сусла і меншого накопичення гліцерину та альдегідів.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						23
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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

6. Сусло зброджується безперервним способом з рециркуляцією бражки, завдяки чому тривалість бродіння зменшується від 72 до 62...65 год з одночасним збільшенням виходу спирту на 0,33 дал із 1 т умовного крохмалю.

2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Зерно на переробку знаходиться в автомобілях-самоскидах 1. Його обов'язково зважують і подають на спеціально облаштований майданчик для розвантаження автомобілів з під'ємним пристроєм у проміжний бункер 2, з якого зерно самопливом поступає в норію 3 для переміщення у силос 4 та у виробничий бункер 5. З виробничого бункера зерно самопливом надходить у розсів-бурат 6, в якому відбувається розсів. Зерно із розсів-бурату 6 шнеком 8 транспортується у дезінтегратор 12. Помел зерна під дією відцентрової сили та повітряного потоку вентилятора 9 трубопроводом надходить у середню частин у сепараційної камери 7.

Повітря, що подається вентилятором 9 в нижню частин у сепараційної камери 7, виносить з собою помел зерна з розміром частинок менше 250...450 мкм в циклон 10, з якого шлюзовим затвором помел подається в дезмембратор 11 і змішується з гарячою водою. Утворений заміс надходить у збірник замісу 13.

Приготування замісу проходить в збірнику замісу 13, в який із збірника 16 подається 30 % від розрахованої кількості розріджуючого ферментного препарату Термаміл 120L. Потім заміс через кавітатор 15 та вловлювач 17 подається насосом 18 у спіральний теплообмінник 19, в якому він підігрівається бардою до температури 68...70 °С. Після цього заміс надходить в апарат термоферментативної обробки (АТФ) АТФО-1 і нагрівається гострою парою, яка надходить через барботер, до температури 85...90 °С. В АТФО-1 вносять ще 70 % розріджуючого ферментного препарату. Нагрітий заміс послідовно перетікає із АТФО-1 в АТФО-2. Із АТФО-2 21 10 % розрідженого замісу насосом перекачують 18 у дріжджанки 24 для розмноження чистої культури дріжджів та задля отримання виробничих дріжджів. Із збірника ферментних препаратів 26 у маточник 25 та дріжджанки 24 подають розчин ферментного препарату DiazymeSSF2, який містить глюकोамілазу. Також в них задають із збірника 27 розбавлену у співвідношенні 1 до 5 сірчану кислоту для підкислення сусла до кислотності 0,5° та карбамід, який задають вручну. Решта розрідженого замісу надходить на охолодження у спіральний теплообмінник 22, в якому охолоджується до температури 30...32 °С, і подається у перший бродильний апарат 23 бродильної батареї.

Після заповнення першого бродильного апарату сусло, що зброджується, надходить самопливом через переливний рукав 14 у 2-й бродильний апарат. Таким чином заповнюється вся бродильна батарея. Для рециркуляції бражки її з 2-го апарату насосом 18 повертають у 1-й апарат. При цьому об'єм сусла в 2-му апараті не зменшується тому, що така ж кількість бражки із 1-го апарату повертається через переливний рукав і, крім того, безперервно поступає свіже сусло. Контролюється рециркуляція через світловий ліхтар.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						24
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Виділені під час бродіння газу надходять до спиртовловлювача 28, де виділяється діоксид вуглецю, який надходить у вуглекислотний цех, а отриманий водно-спиртовий розчин стікає у збірник 29. Дозріла бражка і з спарених бродильних апаратів 23 надходить у брагоректифікаційне відділення для виділення із неї спирту.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів ...	Арк.
						25
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Масло сивушне

Масло сивушне — отримують в ректифікаційній колоні в кількості 2...4 % від спирту, введеного до спиртової колони. До його складу входять вищі спирти, %, аміловий – 45...65, ізобутиловий – 15...25, н-бутиловий – 0,5-2, н-пропіловий – 2...15, етиловий – 3...15. Вміст етилового спирту — 35... 40 об. % і сивушного масла — 10...45 об. %.. Крім того, в товарному сивушному маслі міститься 8...15 % води та 0,5...4,0 % інших органічних сполук (кислот, альдегідів, амінів та ін.). Сивушне масло виділяють з сивушної фракції обробкою її водою з отриманням двох рідких розшарованих фази: сивушного масла (рафінату) і екстракту, до складу якого входять екстрагент (вода) з вилученим із вихідної суміші етиловим спиртом.

Характеристика масла сивушного масла за вимогами ДСТУ 7940-2015 [7] наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4—Органолептичні і фізико-хімічні показники масла сивушного

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	прозора рідина без механічних домішок та помутніння
Колір	від світло-жовтого до світло-коричневого
Температурна границя перегонки при тиску 101,325 кПа (760 мм рт. ст), °С	не менше 120,0
Об'ємна частка сивушного масла, %	не менше 50,0
Показник заломлення $n_{D_{20}}$	не менше 1,395
Густина за температури 20 °С, г/см ³	не більше 1,0

Спирт сивушний

Спирт сивушний — безбарвна або трохи жовтувата рідина без сторонніх включень з явно вираженим фруктовим запахом, зумовленим присутністю в ньому оцтово-ізоамілового етеру.

Спирт сивушний відбирають в кількості 0,8...2,5 % від спирту, введеного в колону, на 18-й тарілці (рахуючи знизу) при температурі біля 80 °С. У його складі звичайно міститься 5...20 % пропанолу та ізобутанолу, 0,3...0,8 % об. етерів та невелика кількість азотистих речовин, альдегідів та кислот. До останнього часу сивушний спирт як побічний продукт з установки на більшості заводах не виводився. І тільки в зв'язку з підвищенням вимог до якості спирту його стали відбирати [16, 18].

Фракція головна етилового спирту

Головна фракція має бути прозорою, безбарвною, трохи жовтуватою або зеленуватою, з видимою концентрацією більше 92 об. %. Допускається такий склад її, г/дм³: кислот – менше 1, етерів– менше 30, альдегідів при переробці крохмалевмісної сировини – менше 10, при переробці меляси менше – 35. Вміст метанолу,% об.: при переробці меляси – менше 0,05, зерна – менше 1,5, картоплі

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Адк.
						28

рослина сягає 2,5...3 м у висоту. Висота залежно від біологічних особливостей сорту чи гібрида та факторів врожайності коливається від 60...100 см у ранніх формах до 5...6 м у пізніх форм. Товщина – 2 ... 7 см. Кількість міжвузлів на стеблі у ранньостиглих форм і до 5...6 м у пізньостиглих.

Листки лінійно-ланцетні, великі, довжина листкової пластинки 70-110 см, ширина 6-12 см і більше. Листок зверху опушений, має невеликий язичок і не має вушок. Розміщуються листки на стеблі почергово, не затінюючи один одного. Краї їхні ростуть швидше, ніж середина, а тому є хвилястими, що збільшує загальну листову поверхню рослини. Кількість листків на стеблі адекватна кількості стеблових вузлів.

Залежно від форми зерна та ступеню розвитку ендосперму, кукурудзу поділяють на 7 ботанічних груп: кременисту, пуповидну, крохмалевмісну, восковидну, цукрову, лущату. Для виробництва спирту доцільніше використовувати крохмалисту і пуповидну кукурудзу, які легко розварюються. Вологість зерна залежить не тільки від його гігроскопічних властивостей, але і від зрілості та інших умов.

Розрізняють чотири стани товарного зерна: сухе, середньої сухості, вологе і сире. У дефектному та у мокрому зерні вологість може досягати близько 30 % і більше. Волога, яка відповідає сухому стану, є колоїдно-зв'язною, життєві процеси зведені до мінімуму, при середній сухості з'являється невелика кількість вільної води, і зерно може пробуджуватися до життя. Вологість, яка відповідає цьому стану зерна, називається критичною.

Суха речовина. У кукурудзі міститься в середньому 84 % органічних та 2 % мінеральних речовин, а саме (%): крохмалю—52, цукрів — 3, клітковини – 6, пентозанів і пектинових речовин — 9, азотистих речовин —11, жиру — 3.

Вміст крохмалю у: кукурудзи крохмалистої 61-70, пуповидної – 58-64, кременистої – 54-71. У дефектному зерні кількість крохмалю знижується.

Цукрів у здоровій кукурудзі звичайно від 0,6 до 7,0 %. Вони складаються в основному із сахарози і невеликих кількостей три- і тетрацукридів. У недозрілому, мерзлому і пророслому зерні цукрів більше, вони складаються головним чином з редуруючих цукрів (інвертного цукру, мальтози).

У таблиці. 3.6 вимоги до якості кукурудзяного крохмалю за ДСТУ 4525:2006 [6].

Таблиця 3.6 – Вимоги до якості кукурудзи крохмалистої

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

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На спирт дозволяється переробляти зерно будь-якої якості.

Вода

Вода, що використовується для технологічних цілей, входить до складу напівпродуктів спиртового виробництва, і тому її хімічний склад суттєво впливає на протікання технологічних процесів та якість продукції. Для технологічних потреб використовують артезіанську воду, для технічних — воду з відкритих джерел водопостачання (річок, ставків). Вода для технологічних потреб повинна відповідати таким самим вимогам, що й до питної води. Із солей у воді містяться бікарбонати і сульфати калію і магнію, що надають воді жорсткості, яка не повинна перевищувати 7 ммоль/дм³, бути прозорою, без кольору і неприємних запахів. Не допускається присутність важких металів — ртуті, барію та інших.

Окислюваність не повинна перевищувати 2 см³ 0,01 н розчину перманганату калію. Густий осад не повинен бути більше 1000 мг/дм³. природну воду, яка не відповідає цим вимогам, піддають виправленню: фільтруванню крізь кварцовий пісок, інколи із коагуляцією колоїдних домішок, обеззараженню хлором, а при необхідності і пом'якшенню содово-вапняним або іонічним способом.

Дуже небажана для виробництва вода з великою жорсткістю. Для проведення усіх технологічних процесів потрібна слабкокісла реакція середовища (рН 4,5...5,5). Так, крохмалевмісна сировина розварюється тим швидше і повніше, чим нижче рН. При рН 4,5...5,5 крохмаль швидше оцукрюється, рН 5,0...5,5 найбільш сприятливе для спиртового бродіння. Нейтральна або слаболужна реакція сприяють розвитку кислотоутворюючих бактерій. У лужному середовищі при бродінні утворюється більше гліцерину.

Якість води технологічної регламентується ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [4]. Основні вимоги до фізико-хімічних показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води та мікробіологічних показників технологічної води наведено у табл. 3.7-3.8

Таблиця 3.7 — Фізико-хімічні показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
1	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,5...7,0
2	Загальна лужність	ммоль/ дм ³	0,5...6,5
3	Йод	мкг/ дм ³	20...30
4	Калій	мг/ дм ³	2...20
5	Кальцій	мг/ дм ³	25...75
6	Магній	мг/ дм ³	10...50
7	Натрій	мг/ дм ³	2...20
8	Сухий залишок	мг/ дм ³	200...500
9	Фториди	мг/ дм ³	0,7...1,2

Таблиця 3.8 — Гранично-допустимі значення мікробіологічних показників технологічної води

№ п/п	Назва показника	Оптимальні значення показника	Методика визначення
1	Загальна кількість бактерій в 1 см ³ води, не більше	100	Методичні вказівки. МВ 10.2.1-113-2005.
2	Бактерії групи кишкової палички: Загальні коліформи, КУО/100 см ³	відсутність	Методичні вказівки. МВ 10.2.1-113-2005.
	<i>E.coli</i> , КУО/100 см ³	відсутність	Методичні вказівки. МВ 10.2.1-113-2005.

На технічні потреби вода використовується для охолодження напівпродуктів та продуктів, живлення парових котлів. У технологічних процесах вода використовується для приготування замісу, мелясного сусла, розчинів допоміжних матеріалів, миття технологічного обладнання тощо. Основні вимоги до якості води технологічного призначення для виробництва спирту наведено у табл. 3.9 [16, 18].

Таблиця 3.9 — Основні вимоги до води технічного призначення для виробництва спирту

Назва матеріалів	Назва та позначення нормативного документа на сировину та матеріали	Назва показника	Номінальне значення показника
Вода технічна	«Інструкція по технохімічному контролю спиртового виробництва»	Лужність, ммоль/дм ³	Не більше 6,0
		Жорсткість, ммоль/дм ³	Не більше 12

Таблиця 3.10 — Гранично допустима концентрація хімічних речовин, що містяться у воді

Найменування хімічної речовини	Норматив	Метод визначення
Нікель, мг/дм ³ , не більше	0,02	ДСТУ ISO 11885-2005
Хлориди, мг/дм ³	80,0	Згідно ДСТУ 4089
Амоній, мг/дм ³ , не більше	0,5	ДСТУ ISO 6778-2003
Кадмій, мг/дм ³ , не більше	0,001	ДСТУ ISO 11885-2005
Кобальт, мг/дм ³ , не більше	0,1	ДСТУ ISO 11885-2005
Діоксид хлору, мг/дм ³ , не більше	0,1	ДСТУ ISO 10301-2004
Ціаніди, мг/дм ³ , не більше	0,050	ДСТУ ISO 6703-1:2007

3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Окрім основної сировини у виробництві спирту етилового ректифікованого застосовують різні види основних і допоміжних матеріалів. До них, зокрема, відносять ферментні препарати для розрідження та оцукрення крохмалю, антисептики, мінеральні кислоти, джерела азотистого і фосфорного живлення. У зв'язку з тим, що головним вуглеводом кукурудзи є крохмаль, його треба оцукрити, тобто провести гідроліз.

3.3.1 Характеристика основних матеріалів

Ферментні препарати

У виробництві спирту із крохмалевмісної сировини використовують *оцукрюючі матеріали*, які містять, як правило, комплекс ферментів для гідролізу полімерів: крохмалю, білків, пектинових речовин, пентозанів, целюлози та ін. Як оцукрюючі матеріали можна використовувати солод, ферментні препарати мікробного походження та їх суміші. Сьогодні спиртова галузь повністю відмовилась від використання солоду на користь ферментних препаратів. На деяких підприємствах частину оцукрюючого матеріалу вносять у вигляді солодового молока, а іншу — у вигляді розчинів концентрованих ферментних препаратів. Нині в Україні в спиртовому виробництві використовують виключно концентровані ферментні препарати [13, 14, 16, 18].

Концентровані ферментні препарати (сиropи) характеризуються тривалим терміном зберігання, стандартизованою активністю, мікробіологічною чистотою та термостабільністю. Використання цих ферментних препаратів дає змогу заводам перейти на низькотемпературну термоферментативну обробку зернових замісів. При цьому температура теплової обробки знижується від 140...160 до 85... 95 °С.

Завдяки мікробіологічній чистоті концентрованих ферментних препаратів скорочується або зовсім виключається пастеризація сусла для приготування виробничих дріжджів.

Використання термостабільних амілаз дозволяє значно скоротити технологію спиртових бражок та суттєво скоротити питомі витрати енергоносіїв.

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протеази сприяють гідролізу білків до амінокислот, які необхідні для життєдіяльності дріжджів, а також заважають утворенню білкового осаду на тарілках бражних колон.

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

Мальтогенні амілази використовуються як розріджуючий та одночасно оцукрюючий засіб, що сприяє скороченню терміну бродіння.

Целюлолітичні ферменти розщеплюють некрохмальні поліцукриди, сприяють зменшення в'язкості замісів та підвищують вихід спирту [16, 18].

Найбільш важливими для спиртового виробництва є амілолітичні ферментні препарати, які гідролізують крохмаль і декстрини повністю до глюкози. Є багато ферментних препаратів, які відносяться до цієї групи.

Кожен ферментний препарат розводять питною водою в співвідношенні 1:10 в окремому збірнику з розрахунку витрат на зміну. Для запобігання інактивації ферментів їх дозують окремо.

Термаміл 120L (ключовий фермент – α -амілаза) – ферментний препарат термостабільної α -амілази. Він використовується у спиртовому виробництві на стадії гідроферментативного оброблення зернових замісів з метою розріджування крохмалю. Амілолітична активність за температури 30 °C складає 1000 ± 50 од/см³. Оптимальні умови дії: рН 5,7...6,0; температура 70...80 °C; дозування 0,7...0,8 дм³/т умовного крохмалю.

Термостабільна α -амілаза має ряд переваг: зберігає активність при високих температурах, чим унеможливує розвиток мезофільної мікрофлори, володіє широкою специфічністю, пришвидшує перебіг реакцій завдяки термофільії. Відповідно, скорочує тривалість процесу і зменшує собівартість продукції. Ці особливості є важливими на стадії гідротермоферментативного оброблення зернової сировини у виробництві спирту.

Діазим ССФ2 (ключовий фермент – глюкоамілаза) – оцукрюючий ферментний препарат з активністю 6870 ± 10 од/см³. Оптимальні параметри дії: рН – 3,0...5,0; температура – 30...65 °C; дозування – 0,9...1,0 дм³/т умовного крохмалю.

Дозування ФП здійснюють за одиницями активності, оскільки у разі тривалого або неправильного зберігання у них може зменшуватись активність.

Дріжджі

Вимоги до дріжджів, які використовують у виробництві спирту: висока бродильна енергія (дріжджі повинні швидко і повністю зброджувати цукри), анаеробний тип дихання, стійкість до продуктів свого обміну та продуктів обміну сторонніх мікроорганізмів, а також до змін складу середовища, здатність переносити велику концентрацію солей та сухих речовин сусла, мати високу регенеративну здатність. Цукри сусла зброджують у спирт дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*, які є одноклітинними мікроорганізмами класу аскоміцетів (сумчастих грибів). За звичайних умов розмножуються брунькуванням і дуже рідко спороутворенням.

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

У виробництві спи рту із крохмалевмісної сировини донедавна найбільш поширеними були дріжджі XII раси, які мають оптимум близько 30° С. В останні роки знаходять більш широке застосування термотолерантні дріжджі з температурним оптимумом 37...38 °С — *Shizosaccharomyces pombe* 80, *Saccharomyces cerevisiae* K-81, XII-T, ДТ та ін. [16, 18].

Дріжджі *Shizosaccharomyces pombe* 80 мають паличкоподібну форму. З підвищенням температури культивування від 30 до 33° С розміри їх клітин збільшуються: діаметр з 3,5 до 4,5 мкм, довжина з 8,4 до 9,2 мкм і площа клітин збільшується на 50-55 %. Дріжджі *Saccharomyces pombe* 80 по ряду властивостей поступаються расі XII. Вони зброджують сусло з крохмалевмісної сировини більш глибоко за рахунок зброджування декстринів сусла, а також температурного оптимуму цих дріжджів, що складає 30...33 °С.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* XII-T мають круглу форму колоній з радіальними рисками, плоскими хвилеподібними краями і припіднятим, гладеньким центром.

Дріжджі раси XII які зброджують глюкозу, фруктозу, галактозу, цукрозу, мальтозу та на 1/3 рафінозу, можуть накопичувати в середовищі до 13 % об. спирту.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси ДТ K-81 — це верхові дріжджі, порохоподібні, не утворюють пластівців Клітини цієї раси круглі або яйцеподібні розміром 5...6,2×5...8 мкм. Приготування виробничих дріжджів закінчується за 18...24 год. З однієї дріжджової клітини за 18...24 год. утворюється 55 нових. У зрілій бражці, одержаній з використанням цих дріжджів, концентрація декстринів в 10 разів менша, ніж у бражці, одержаній з використанням дріжджів раси XII [16, 18].

У кваліфікаційній роботі запропоновано використання для бродіння сусла дріжджів сімейства *Saccharomyces cerevisiae* раси ДО-16 [11].

Високоосмофільна раса ДО-16 для мікробіологічного синтезу спирту етилового з крохмалевмісної сировини спроможний зброджувати сусло з концентрацією сухих речовин 22...30 % з накопиченням спирту в дозрілій бражці 12...16 % об.

Раса дріжджів ДО-16 має такі морфологічні та фізіологічні ознаки.

Культурально-морфологічні ознаки. Форма дріжджової клітини овальна, вегетативне розмноження брунькуванням. Розмір клітин добової культури на солодовому суслі 10 % СР (4,4...5,8)×(5,1...6,1) мкм. В період інтенсивного розмноження дріжджі можуть утворювати скупчення по 3-4 клітини. На ацетатному середовищі при температурі 25 °С на протязі доби утворюють спори. На солодовому суслі-агарі колонії через 96 год росту при температурі 30 °С круглі, плоскі із заглибленням в центрі. По краю колонії ледь помітні хвильки. Забарвлення колонії матове. При пропусканні світла вони напівпрозорі. На солодовому суслі концентрацією 10 % СР дріжджі утворюють щільний осад.

Фізіолого-біохімічні ознаки – факультативні анаероби. Температурний оптимум росту 34...38 °С, желатин не розріджує.

Відношення до цукрів. Зброджує глюкозу, галактозу, сахарозу, 1/3 рафінози, 1/2 граничних декстринів, мальтозу, занозу, інулін, ксилолу, арабінозу.

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
						35
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Відношення до органічних кислот. Засвоює оцтову та молочну кислоти, не засвоює бурштинну, яблучну, винну, лимонну кислоти.

Біотехнологічна характеристика. Зброджує сусло із крохмалевмісної сировини з нормативним виходом спирту і накопиченням спирту в бражці 10...16 % об. [11].

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.

3.3.2 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°C — 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 % у перерахунку 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 (%): 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 [16-18].

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Адк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		36

Антисептики

Для забезпечення стабільності процесу зброджування крохмалевмісної сировини застосовується антибактеріальний препарат Фріконт. Безпечний антимікробний засіб спрямований на знищення інфікуючої мікрофлори спиртового виробництва.

Основним діючим компонентом препарату «Фріконт» є субстанція антибіотика, який повністю розкладається в ході брагоректифікації та залишкових кількостей його в барді не виявляється. «Фріконт» має яскраво виражену бактерицидну дію відносно грампозитивних мікроорганізмів, до яких належать молочнокислі бактерії як основний представник інфікуючої мікрофлори спиртового виробництва. Препарат не пригнічує життєдіяльність дріжджової клітини. Фріконт постачається у вигляді порошку. Необхідна кількість препарату з розрахунку 1...2 г/м³ оброблюваної рідини. Вноситься у вигляді розчину 0,5:1 дм³ води.

Антисептик Полідез, розроблений на основі безпечних для людини і довкілля біоцидних полімерних сполук. Він має пролонговану дію і характеризується високою протимікробною активністю проти грам-позитивних, грам-негативних, аеробних і анаеробних мікроорганізмів, спорових форм пліснявих грибів та дріжджів. Він не має запаху, не леткий і не надходить у повітря після їх знезараження, не агресивний до будь-яких матеріалів, не викликає корозію після дезінфекції, добре змивається водою. Полідез поставляється у вигляді концентрованого розчину із вмістом діючої речовини 20 %.

Полідез є полімерним препаратом на основі високомолекулярних солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). Перевагою таких препаратів є широкий спектр антимікробної дії на грам-негативні та грам-позитивні бактерії, віруси, дріжджеподібні гриби, дерматофіти тощо [18].

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
						37
Зм.	Аркуш	№ 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 α -амілази 1600 од/см³. ФП Diazum SSF2 містить 59-60 % СР, глюкоамілазна активність складає 3000 од/см³.

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 і бродіння застосовується антисептик Полідез, витрати 20 см³ на 1 м³ суслу.

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

Технологічні розрахунки виконують на 100 дал умовного спирту-сирцю [12, 13, 14, 17].

4.2 Продуктові розрахунки

Вихід спирту

Вихід спирту в дал з 1 т умовного крохмалю кукурудзи

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

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

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

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, %.

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

У цій кількості кукурудзи міститься:

- води:

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

- 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	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/дм³ 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.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- 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 і 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 заісу 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 130 кПа, в кількості:

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

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

де 1,04 – коефіцієнт, що враховує додаткову витрату пари на підтримання під час термоферментативної обробки замісу (4 %).

Кількість замісу, що виходить з апарату ТФО:

$$11533,6+193,5= 11727,1 \text{ кг.}$$

Охолодження та оцукрювання розрідженої маси

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:

$$11727,1 \cdot 90 / 100 = 10554,4 \text{ кг.}$$

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:

$$10554,4 \cdot 3,68 \cdot (85 - 30) / (4,2 \cdot (45 - 20)) = 20344,8 \text{ кг} = 20,34 \text{ м}^3,$$

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 см³ на 1 м³ суслу

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

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

$$0,22 \cdot 10 = 2,2 \text{ дм}^3.$$

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

Приготування виробничих дріжджів

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

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

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.

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

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

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

В дріжджанку вносять в розрахунку на 1 м³ сусла 0,4 кг карбаміду, 0,13 кг ортофосфорної кислоти, 0,22 кг антисептика Полідез, тобто в розрахунку на 100 дал спирту вносять:

$$\begin{aligned} \text{карбаміду} & 1055,44 \cdot 0,4 / 1000 = 0,42 \text{ кг}, \\ \text{ортофосфорної кислоти} & 1055,44 \cdot 0,13 / 1000 = 0,14 \text{ кг}, \\ \text{антисептика} & 1055,44 \cdot 0,22 / 1000 = 0,23 \text{ кг}. \end{aligned}$$

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

$$138,6 \cdot 66,5 \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 / 100 = 62,83 \text{ кг}.$$

де 1,002 – коефіцієнт, що враховує втрати спиту під час перегонки бражки; 0,78927 – густина безводного спирту, кг/дм³; 0,9554 – вихід діоксиду вуглецю, кг/кг спирту.

Маса виробничих дріжджів

$$10554,4 \cdot 1,1 - 62,83 + 0,43 + 0,14 = 1154,7 \text{ кг}.$$

Зброджування сусла

Всього в бродильне відділення надходить продуктів:

$$9498,96 + 1154,7 + 9498,96 \cdot 0,5 / 100 + 1154,7 \cdot 2,5 / 100 = 10730,02 \text{ кг},$$

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.

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

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

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

Щоб розрахувати справжнє збродження, треба визначити масу бражки, в якій спирт замінено водою. За такої заміни її маса становитиме

$$10730,02 - 754,1 + 1002,17 = 10978,09 \text{ кг.}$$

Справжнє збродження 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

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

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;

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

- 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:

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

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 % 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 — густина сивушного масла, кг/дм³ [16].

Маса сивушного спирту:

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

де 0,8449 - густина сивушного спирту, кг/дм³ [17].

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. [12].

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

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

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

Об'єм барди

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

де 1,0220 — відносна густина барди при концентрації сухих речовин 6,38 % мас. [12].

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 продуктів на					
	100 дал безводного спирту		добову потужність (3000 дал)		годинну потужність (125 дал)	
	кг	дм ³	кг	дм ³	кг	дм ³
1	2	3	4	5	6	7
Перевідний коефіцієнт для розрахунку	1	1	30	30	1,25	1,25
Сировина: Очищена кукурудза на розварювання	2758,2		96537		3999,39	
Заміс : Надходять в збірник замісу помелу	2758,2		96537		3999,39	
вода сумарно, в .т.ч :	8274,6	2507,45	289611	87760,91	11998,1	3635,81
фільтрат післяспиртової барди	2482,4	2482,4	86884		3599,48	
теплої дефлегматорної води	5792,2	2482,4	202727	88142,2	8398,69	3651,60
Витрата розчину ферментного препарату розріджуючої дії Термапул 120 L	10,08	9,98	352,8	349,3	14,6	14,47
Всього замісу	11008,8		385308		15962,76	
Концентрація сухих речовин замісу, % мас.	13,68		13,68		13,68	
Термоферментативна обробка замісу:						
Витрати гострої пари	524,8		18368		760,96	
Всього маси надходить в апарат АТФО-1	11533,6		403676		16723,72	
Додаткова витрата гострої пари	193,5		6772,5		280,575	
Всього маси, що виходить з апарату АТФО-2	11727,1		410448,5		17004,3	

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Арк.

45

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Оцукрювання						
Кількість пари, що конденсується в випарній камері	675,89		23656,15		980,04	
Витрата охолоджуючої води на конденсатор, м ³	17341,4		606949		25145,03	
Кількість замісу, що підлягає цукрюванню	11051,21		386792,35		16024,25	
Витрата розчину ферментного препарату Diazum SSF2, дм ³	13,5	12,27	472,5	429,5	195,75	177,95
Витрата розчину антисептику Полідез		2,2		77	0,00	3,19
Всього отримано сусла спиртового виробництва	10554,4		369404		15303,88	
Охолодження сусла до температури «складки»: Кількість неохолодженого сусла, відбраного для вирішування дріжджів	1055,44		36940,4		1530,39	
Залишок сусла на охолодження до температури складки»	9498,96		332463,6		13773,5	
Витрати охолоджуючої води на теплообмінник, м ³	20344,8	20344,8	712068	712068	29499,96	
Приготування виробничих дріжджів : Витрати гострої пари на підігрів сусла в пастеризаторі	54,70		1914,5		79,32	
Карбамід	0,42		15,05		0,61	
Ортофосфорна кислота	0,14		4,9		0,20	
Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси дріжджів	136,8		4788		198,36	
Кількість утвореного діоксиду вуглецю	62,83		2199,05		91,10	
Дозріла бражка: Виділилось діоксиду вуглецю	754,1		26393,5		1093,45	
Кількість дозрілої бражки	10973	10757,84	384055	380252,48	15910,85	15753,32

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Арк.

46

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вміст спирту в дозрілій бражці, % об.	11,86		11,86		11,86	
Бражка, що надходить до брагоректифікаційного відділення	11521,66	11407,58	403258,1	399265,45	16706,41	16540,99
Вміст спирту в бражці	11,2		11,2		11,2	
Спирт і продукти ректифікації : Спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс»	781,77	977,21	27361,95	34202,44	1133,57	1416,96
Масло сивушне	2,84	3,40	99,4	124,2	4,12	5,15
Спирт сивушний	9,97	12,46	348,95	436,19	14,46	18,07
Головна фракція етилового спирту	42,47	53,09	1486,45	1858,06	62,58	76,98
Барда	13595,56	13328,98	475844,6	466514,31	19713,56	19327,02
Концентрація сухих речовин в барді, % мас.	6,38		6,38		6,38	

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [13-15, 17]. При виборі обладнання перевага віддається сучасному обладнанню, яке випускається серійно, максимально відповідає технологічним вимогам і відповідає за свою продукцію фактичної продуктивності.

1. Розрахунок спіральних теплообмінників

для нагрівання замісу

$$\begin{array}{l} 100 \longrightarrow 55 \\ 82 \longleftarrow 65 \end{array} \quad \begin{array}{l} \Delta t_6 = 100 - 82 = 18^\circ \text{C}, \quad \Delta t_m = 65 - 55 = 10^\circ \text{C}, \\ t_{cp} = \Delta t_6 / \Delta t_m = 18 / 10 = 1,8^\circ \text{C}, \\ \Delta t_{cp} = (\Delta t_6 + \Delta t_m) / 2 = (18 + 10) / 2 = 14^\circ \text{C}. \end{array}$$

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).

2. 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/м²·кг

для охолодження розвареної маси

$$\begin{array}{l} 90 \longrightarrow 35 \\ 55 \longleftarrow 26 \end{array} \quad \begin{array}{l} \Delta t_6 = 90 - 55 = 35^\circ \text{C}, \quad \Delta t_m = 35 - 26 = 9^\circ \text{C}, \\ t_{cp} = \Delta t_6 / \Delta t_m = 35 / 9 = 3,9^\circ \text{C}. \\ \Delta t_{cp} = (\Delta t_6 + \Delta t_m) / 2,3 \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m) = (35 + 9) / 2,3 \ln(35 / 9) = 14^\circ \text{C}. \end{array}$$

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/(м²·кг).

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

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

Маса, кг: 7510

2. Розрахунок змішувача

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.

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

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. Геометричні розміри (висота циліндричної, конічної частин, діаметр апарата)

$$H_{ц} = D; H_{к} = 0,3D; V_{а} = 1,1 \cdot \pi \cdot D^3/4,$$
$$D = \sqrt[3]{4 \cdot V_{а}/1,1 \cdot 3,14} = \sqrt[3]{4 \cdot 6/1,1 \cdot 3,14} = 1,93 \text{ м},$$

Прийmemo $D = 2 \text{ м}$, $H_{ц} = 2 \text{ м}$, $H_{к} = 0,3D = 0,6 \text{ м}$.

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

Збірник для води

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

2. Робочий об'єм збірника $V_p = G_3 \cdot \tau = 6,56 \cdot 2 = 13,12 \text{ м}^3$,
де 2 – час, за який використовується вода, год.

3. Повний об'єм збірника $V_{ап} = V_p/\phi = 13,12/0,9 = 15 \text{ м}^3$.

Приймаємо діаметр збірника для води $2,5 \text{ м}$.

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 $0,5 \text{ дм}^3$ ферментного препарату Termamil 120L, тому на $1,524 \text{ т}$ 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:

$$V_{ап} = V_p / \phi = 38 / 0,9 = 42,2 \text{ дм}^3.$$

де ϕ – коефіцієнт заповнення збірника.

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

Приймаємо діаметр збірника $0,3 \text{ м}$. 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 $G_3 = G/\rho = 2810,09/1160 = 2,42 \text{ м}^3$,
де $2810,09$ – кількість фільтрату барди, кг.

2. Робочий об'єм збірника $V_p = G_3 \cdot \tau = 2,42 \cdot 3 = 7,27 \text{ м}^3$,
де 3 – час, за який фільтрат барди перебуває у збірнику, год.

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

де ϕ – коефіцієнт заповнення збірника.

Приймаємо діаметр збірника 2 м , тоді висота буде:

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

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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 – 305 кг.

Годинна потужність:

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

5. 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,
 ρ – густина замісу, кг/м^3 ,

2. Робочий об'єм апарата $V_p = G_3 \cdot \tau = 11 \cdot 4 = 44 \text{ м}^3$,
де τ – час, протягом якого маса перебуває в термоферментаторі, год.

3. Повний об'єм апарата $V_{\text{ап}} = V_p / \varphi = 44 / 0,8 = 55 \text{ м}^3$
де φ – 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 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.

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Специфікація технологічного обладнання наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Специфікація технологічного обладнання

№ з/п	№ поз.	Найменування обладнання	К-сть	Технічна характеристика, габаритні розміри	Потужність електродвигуна	Тривалість роботи двигуна
1	6	Розсив-бурат	1	A1-БМС-6, 6т/г	-	-
2	7	Сепараційна камера	1	ДІ-13	-	-
3	8	Шнек	1			
4	9	Вентилятор	1	ВДД № 11	30	10
5	10	Циклон	1	Габаритні розміри: V=7 м ³ , H=4м Д=1,5м	-	-
6	11	Дисмембратор	1	ДМ-20	5,5	20
7	12	Дезінтегратор	2	Марка ДЗ-1, потужність 5000 кг/год		
8	13	Збірник замісу	1	Габаритні розміри V=13 м ³ , H=2м, Д=1,5м	1,0	24
9	19	Спіральний теплообмінник "заміс-барда"	1	F=33,5 м ²		
10	20	АТФО I-ступеня	1	Габаритні розміри: V=35 м ³ , H=6м, Д=2,5м	-	-
11	21	АТФО II-ступеня	1	Габаритні розміри: V=35 м ³ , H=6м, Д=2,5м	-	-
12	22	Спіральний теплообмінник "сусло-вода"	1		-	24
13	23	Бродильний апарат	10	V=90 м ³ Габаритні розміри: D=3,8 м, H=5,7 м		
14	24	Дріжджанка	4	V=14 м ³ , Габаритні розміри: H=2,7м, Д=2,3м	-	-
15	28	Спиртовловлювач	1	Габаритні розміри: H=1,5м, Д=0,3м	-	-

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Технохімічний контроль є основним засобом моніторингу, контролю та регулювання технологічних процесів виробництва спирту, що забезпечує його відповідність вимогам стандарту та покращує його якість [13, 14].

Основними завданнями технохімічного контролю є:

- 1) недопущення виробництва та виробництва підприємством продукції, що не відповідає 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;
- 4) контроль сировини, матеріалів та виходу готової продукції;
- 5) контроль реагентів, що використовуються для аналізу, мийних та дезінфікуючих засобів та приготування хімічних розчинів;
- 6) моніторинг стану засобів вимірювальної техніки; підготовка та проведення днів якості продукції тощо [13, 14].

Схема технохімічного та мікробіологічного контролю наведена в табл. 6.1.

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
						52
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	Розварена маса	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	19±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 ³	5...– 7	Поляриметрично, поляриметр	За потреби	Змінний хімік

Продовження 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	16...18	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	19±2,0 % СР 30-32 °С	—«»—
9	Бражка	Головний бродильний апарат	Через 1 год.	Видима густина	% СР, залежно від тривалості бродіння	—«»—

			Через 1 год.	Температура	30 – 32 °С	Змінний хімік
			Через 4 год.	Кислотність	Наростання не повинно перевищувати 0,2 град. за період бродіння	Те саме
10	Дозріла бражка	Кінцевий бродильний апарат	Через 4 год.	Видима густина	Від –0,2 до +1, 0 % СР	–«»–
			Через 4 год.	Вміст спирту	9 – 10, 5 % об.	–«»–
			Безперервно	Температура	29 – 30 °С	–«»–
			Через 4 год.	Кислотність	0, 5 – 0, 6 град	–«»–
			Через 8 год., а при згонці – з кожного апарату	Незброджені вуглеводи	Не більше 0,450 г/100 см ³	–«»–
			За потребою, але не рідше, ніж 1 раз за 3 дні	Нерозчинний крохмаль	Не більше 0,1 г/100 см ³	–«»–
			Через 8 год.	Інфікованість	Не більше 3 бактеріальних паличок у полі зору	–«»–

Засоби метрологічного забезпечення контролю технологічного процесу наведені в табл. 6.2 [13, 14].

Таблиця 6.2 – Метрологічне забезпечення контролю технологічного процесу

№ з/п	Стадії технологічних параметрів, що потребують контролю	Найменування засобів вимірювання, заводське устаткування (позначення, стандарт або технічні умови)	Межі вимірювання	Клас точності, допустимі похибки
1	Зважування зерна	Автомобільні ваги тензометричні типу УЕДВУ-3 згідно з ГОСТ 29329-92	0...40 т	± 0,5 %
2	Визначення вологості зерна	Сушильна шафа СЕШ-3М, ваги лабораторні загального призначення згідно з ГОСТ 24104-2001	0,01...200 г	2 клас точності
3	Визначення температури замісу	Електроконтактні термометри типу ТПК-3 згідно з ГОСТ 9871-75	0...100 °С	± 1 °С

Закінчення табл. 6.2

4	Визначення температури розвареної маси	Електроконтактні термометри типу ТПК-5 згідно з ГОСТ 9871-75	0...200 °C	± 2 °C
5	Визначення видимої густини суслу спиртового виробництва та суслу для дріжджів	Ареометр (цукромір) типу АСТ-2 згідно з ДСТУ ГОСТ 18481-2009, термометр ртутний згідно з ГОСТ 28498-90	0...40 % 0...100 °C	± 0,1 % ± 1 °C
6	Визначення температури суслу спиртового виробництва та суслу для дріжджів	Електроконтактні термометри типу ТПК-3 згідно з ГОСТ 9871-75	0...100 °C	± 1 °C
7	Визначення активної кислотності (рН) суслу	рН-метр лабораторний типу рН-150 МІ	0...14	± 0,05 %
8	Визначення видимої густини дозрілої бражки	Ареометр (цукромір) типу АСТ-1 згідно з ДСТУ ГОСТ 18481-2009, термометр ртутний згідно з ГОСТ 28498-90	0...30 % 0...100 °C	± 0,05 % ± 1 °C
9	Визначення вмісту спирту дозрілої бражки	Ареометр (спиртомір) типу АСП-1 згідно з ДСТУ ГОСТ 18481-2009, термометр ртутний згідно з ГОСТ 28498-90	0...40 % 0...100 °C	± 0,1 % ± 1 °C

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація служби охорони праці підприємства

Згідно з Законом України «Про охорону праці» [1] прийнятим Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року №2695-ХІІ зі змінами та доповненнями від 21 листопада 2002 року №229-IV служба охорони праці на спиртовому заводі створена для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням та аваріям у процесі праці і для загального поліпшення умов праці. Даний закон є основною законодавчою базою охорони праці, його доповнюють нормативні акти про охорону праці – стандарти, норми, правила та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами та працівниками України.

Службу охорони праці на підприємстві очолює інженер з охорони праці та техніки безпеки, який призначений директором підприємства. Служба техніки безпеки відповідно підпорядкована головному інженеру [1].

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівника служби охорони праці проводяться в установленому законодавством порядку під час прийняття на роботу та періодично один раз на три роки.

Працівник служби охорони праці підприємства в своїй діяльності керується законодавством України, нормативно-правовими актами з охорони праці, колективним договором, Статутом підприємства, та актами з охорони праці, що діють в межах підприємства [1].

Служба охорони праці на підприємстві здійснює постійний контроль за додержанням працівниками технологічних процесів, правил поведіння з машинами, механізмами та устаткуванням, виконанням робіт у відповідності до вимог щодо охорони праці.

В цехах та робочих місцях вивішені «Інструкції з техніки безпеки» [13, 14].

Фінансування заходів з охорони праці відділень

Відповідно до ст. 19 Закону України «Про охорону праці» [1] фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем.

Для підприємств, незалежно від форм власності, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 % від фонду оплати праці за попередній рік.

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 % від фонду оплати праці [1].

Суми витрат з охорони праці, що належать до витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначено постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку заходів і засобів з охорони праці, витрати на здійснення та придбання яких включаються до витрат» від 27 червня 2003 р. № 994.

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		57

Суми витрат, сплачених (нарахованих) у зв'язку з вжиттям заходів та придбанням засобів з охорони праці, які є складовою частиною підготовки, організації і ведення виробництва, а також суми заробітної плати виконавців робіт або інші витрати на заходи і засоби з охорони праці відповідно до переліку повинні враховувати у складі витрат лише один раз [1].

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

До основних технологічних операцій, що здійснюються у відділеннях підготовки зернової сировини та зброджування сусла відносяться: подрібнення, приготування замісу, перекачування маси (сусла) на різних технологічних стадіях, розрідження, оцукрювання, бродіння. Перекачування пов'язано з підвищеним рівнем небезпеки в зв'язку з експлуатацією насосного обладнання. При бродінні сусла виділяється високий вміст CO₂. Охолодження або підігрівання проводиться в спіральних теплообмінниках і пов'язане з випромінюванням холоду чи тепла в навколишнє середовище [1].

Робота в даних відділеннях передбачає встановлення площадок для обслуговування резервуарів на великій висоті, тому повинне бути забезпечене спеціальне огороження при роботі на таких майданчиках. Підвищені рівні шуму та вібрації створюються внаслідок роботи електродвигунів насосів, очищувальних, подрібнюючих та перемішуючих пристроїв [1].

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва необхідно проаналізувати роботу проектного обладнання.

Згідно санітарних вимог для кожного робочого місця нормуються: повітря робочої зони (мікроклімат, загазованість, запиленість); шум; вібрація; освітленість; випромінювання (іонізуюче, радіаційне, лазерне, магнітне, ультразвукове); забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями [1].

Мікроклімат

Мікроклімат на спиртовому заводі забезпечується відповідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Оптимальними мікрокліматичними умовами вважаються такі, поєднання яких при тривалій і систематичній дії на людину зберігають його тепловий стан без напруги і порушення механізмів терморегуляції. Вони створюють умови для відчуття теплового комфорту і забезпечують передумови для високого рівня працездатності [1].

Нормуються такі параметри мікроклімату, як: температура (t, °C), відносна вологість повітря (W, %), швидкість руху повітря (V, м/с), потужність теплового потоку (J, Вт/м²). Нормуються вони залежно від категорії робіт по складності і періоду року. При нормуванні мікроклімату календарний рік ділиться тільки на 2 періоди: холодний і теплий. Параметри мікроклімату в варильному та дріжджебродильному відділеннях в залежності від пори року дещо відрізняються [1].

Норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони наведені в табл. 7.1.

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 - Норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони

Найменування професії	Категорія роботи по важкості	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптимальна	фактична	оптимальна	Фактична	оптимальна	фактична
Варник харчової продукції	Холодний період						
	Па	19-21	18-20	40-60	75	0,2	0,3
	Теплий період						
	Па	27-29	29-31	40-60	75	0,3	0,4
Апаратник процесу бродіння	Холодний період						
	Па	19-21	18-20	40-60	75	0,2	0,3
	Теплий період						
	Па	27-29	29-31	40-60	75	0,3	0,1

Шум

Нормування шуму для промислових підприємств здійснюється згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [1].

Гранично допустимий рівень шуму (ГДР) на постійних робочих місцях та на території підприємства не повинен перевищувати 80 дБ. ГДР на робочих місцях треба знижувати в залежності від важкості та напруженості роботи. Не дозволяється перебування працюючих в зоні з рівнем звукового тиску понад 135 дБ в будь-якій октавній смузі. Шум виникає у варильному та бродильному відділеннях внаслідок роботи насосів, мішалок в АТФО і досягає рівня 75...80 дБ, що є в межах норми [1].

Для зменшення негативного впливу шуму на організм людини застосовують як загально-технічні методи зниження шуму, так й індивідуальні засоби захисту.

Щоб запобігти шуму передбачаються такі заходи:

- звукоізоляція за рахунок огороджуючих конструкцій чи спеціальних пристроїв;
- повітродувні машини та вентилятори високого тиску, встановлені в окремому звукоізолюваному приміщенні;
- віброізоляція використовується для зниження вібрації за рахунок сталених пружин, прокладок з пружинних матеріалів (резина, войлок);
- періодичне ретельне змащування і своєчасну заміну спрацьованих деталей;
- балансування деталей, які рухаються [1].

Вібрація

Вібрація – це сукупність механічних рухів пружних тіл, машин, верстатів, механізмів і пристосувань, що повторюються через певні проміжки часу і що поширюються на будівельні конструкції через опори, перекриття і так далі. Вібрація характеризується амплітудою, швидкістю і прискоренням. Ці параметри визначають дію на людину, устаткування, будівельні конструкції.

Гігієнічне нормування вібрації передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкостей в м/с. Вібрація на робочих місцях не повинна перевищувати гранично допустимі рівні, що їх наведено у ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [1]. При роботі з вібруючим устаткуванням сумарний час контакту з вібруючими поверхнями не повинен перевищувати 75% тривалості робочого дня. Понаднормові роботи з вібруючим устаткуванням не допускаються [1].

У варильному та бродильному відділеннях вібрація виникає внаслідок роботи відцентрових насосів та мішалок.

Освітлення

Освітлення – один із найважливіших елементів умов праці. Основна задача освітлення у виробництві – створення сприятливих умов для ведення технологічного процесу і забезпечення максимальної продуктивності праці [1].

Освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам ДНБ В.2.5.-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Для запобігання негативних фізіологічних впливів на оператора джерел природного і штучного освітлення при проектуванні необхідно врахувати: раціональне розташування робочого місця відносно вікон проникнення крізь їх природного світла та джерел штучного освітлення, наявність рівномірного розподілу яскравості в полі зору, відсутність прямого світла та інші дискомфортні умови.

У вечірні та нічні години доби використовується штучне освітлення загальне, місцеве та аварійне [1].

Аварійне освітлення здійснюється від незалежного джерела живлення постійного струму.

У варильному та дріжджебродильному відділеннях освітленість робочих місць здійснюється природнім світлом в світлі години доби і штучним світлом в темні години. Штучне освітлення здійснюється за допомогою електричних джерел світла. Норми штучної освітленості робочих місць для даних професій наведені в галузевих нормах (табл. 7.2.) [1].

Таблиця 7.2 - Норми штучного освітлення робочих місць

Найменування професії	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк (при штучному освітленні)
				Загальна: газорозрядні лампи
Апаратник процесу бродіння	Малої точності	V	-	100
Варник харчової сировини	Малої точності	V	-	100

В темну пору дня застосовуються газорозрядні лампи типу ЛД-40, які створюють світловий потік площею 1960 лм. І так, як роботи в бродильному та варному відділеннях відносяться до V розряду малої точності, то потрібно забезпечити мінімальну освітленість в 100 лк.

Випромінювання

Тривала дія несприятливих метеорологічних умов на організм людини порушує терморегуляцію, різко погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці, призводить до захворювань. У виробничих приміщеннях передача теплоти здійснюється конвекцією та випромінюванням [1].

Основні методи захисту:

- теплоізоляція;
- застосування ізоляції;
- засоби індивідуального захисту;
- екранування (від випромінювання).

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» температура поверхні обладнання не повинна перевищувати 45 °С, а в приміщеннях з пожежо- і вибухонебезпечним середовищем – 35 °С [1].

У дріжджебродильному відділенні та відділенні розварювання сировини існує теплове випромінювання, воно виникає внаслідок нагрівання поверхні обладнання і паропроводів. Теплота виділяється при нагріванні парою затору в заторному апараті, при варінні сусла в апаратах термоферментативної обробки, в бродильних апаратах та в теплообмінниках. Це може привести до опіків при доторканні до цих поверхонь, тому потрібно бути уважним і обережним, для уникнення травмування [1].

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

На підприємствах у відповідності до діючих будівельних норм та правил існують загальні побутові приміщення та обладнання:

- роздягальня – площа не менше 3,0 м². Роздягальні для зберігання домашнього чи робочого одягу повинні бути обладнані лавками шириною 0,3 м.
- душові потрібно розміщувати в приміщеннях, суміжних з роздягальнями. Розміри відкритих душових кабін 0,9×0,9 м, а закритих 1,8×0,9 м. Ширина проходу між рядом душових кабін в плані приймають не менше 2,0 м.
- умивальні – розміщують в окремих приміщеннях суміжних з роздягальнями, чи в приміщеннях роздягалень; частину умивальників (до 20 % розрахункової кількості) розміщують на вільних ділянках виробничої площі – біля робочих місць. Відстань між кранами умивальників не менше – 0,6 м. Кількість кранів в умивальниках береться у розрахунковій кількості людей на один кран, які працюють в найбільш численній зміні, залежно від групи виробничих процесів.

Приміщення суспільного харчування – площа для харчування визначається з розрахунку 1,0 м² на одного відвідувача, але не менше 12 м² [19].

Медичні пункти повинні розміщуватися на першому поверсі. Відстань від робочих місць до пункту не далі 1000 м. Є IV категорії медичних пунктів.

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Керівник підприємства організовує спостереження і несе відповідальність за експлуатацію вказаних об'єктів [19].

Пожежна безпека

Пожежо- та вибухобезпека на підприємстві регламентується ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Пожежна небезпека на підприємствах різноманітна і залежить від того, які горючі речовини і матеріали переробляються на різних стадіях технологічного процесу або зберігаються в будівлях і спорудах. У зв'язку з цим особливого значення для розробки і здійснення заходів захисту від пожежі і забезпечення безпеки робітників набуває встановлення категорії приміщень за вибухо- і пожежонебезпекою [19].

Відповідно до норм технологічного проектування всі приміщення за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою підрозділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д; з них А, Б – вибухопожежонебезпечні; В, Г, Д – пожежонебезпечні.

Пожежа та вибух може статися при утворенні іскри механічного походження, теплового проявлення електричного струму, розрядів статичного електроструму.

Для запобігання виникнення небезпеки необхідно проводити інструктаж працюючих, пожежний нагляд [19].

Всі виробничі, складські і підсобні приміщення, зовнішні установки і будівлі забезпечені первинними засобами пожежогасіння і пожежним інвентарем, які завжди в робочому стані і на видному місці з безперешкодним доступом.

Варильне та бродильне відділення спиртового заводу належить за вибухопожежо-небезпекою до категорії Б – вибухопожежонебезпечні [19].

Електробезпека

Електробезпека досягається при дотриманні положень основних нормативних документів: Категорія приміщень згідно ПУЄ, способи та заходи з електробезпеки електрообладнання та персоналу; Статична електрика; Аналіз фактичного стану електробезпеки і пропозиції щодо його поліпшення; ДБН В.2.5.27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд»; норми зазначені в ДБН, ПУЄ, ПТБ, ПТЕ.

Виробничі приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЄ) діляться на:

- приміщення з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечні приміщення;
- приміщення без підвищеної небезпеки.

Небезпека ураження електричним струмом існує всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними [19].

Територія, де розміщені зовнішні електроустановки, відноситься до особливо небезпечних.

Щоб уникнути травматизму при експлуатації електричного обладнання, воно все заземляється. Для цього в усіх промислових приміщеннях прокладуть

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

заземлення, до якого приєднують корпус електричного обладнання, розподіляючих пристроїв, пускову аварійну апаратуру, металева основа, на яких встановлено обладнання.

Персонал, обслуговуючий дане обладнання забезпечене інструкціями безпеки. Для заземлення використовують різні заземлювачі: металічні стержні та кутову сталь. У приміщенні, де встановлені бункери для зберігання зерна, як заземлювачі використовуються спеціальні дроти. Допустимий опір заземлювачів не більше 4,0 Ом [19].

Відповідно призначень будівель і споруд необхідність виконання захисту від блискавки і вторинних її проявів та його категорія, а при використанні стержневих та тросових блискавковідводів – тип зони захисту повинні визначатись у відповідності з вимогами РД 34.21.122-87. Як заземлювачі захисту від блискавки всі рекомендовані ПУЄ заземлювачі електроустановок, за винятком нульових проводів повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кВ [19].

Пропозиції по покращенню умов праці

Для людей, що працюють у проєктованих відділеннях, незалежно від роду їх діяльності, повинні бути створені умови виробничого середовища, які не завдають шкоди їх здоров'ю.

Для цього повинно передбачатись:

- нормальний мікроклімат в робочих зонах на підприємстві за рахунок встановлення нових фільтрувально-вентиляційних установок;
- для зменшення шуму та вібрації мають бути обладнані спеціальні заходи (звукоізоляції, віброізолюючі прокладки тощо), власне обладнання повинно встановлюватись на попередньо підготовлену бетонну поверхню;
- встановлення сучасних видів вогнегасників типу ВП–4(3) закачний;
- безкоштовне видання працівникам спеціального одягу та взуття, засобів індивідуального захисту, миючих та знешкоджувальних засобів згідно встановлених норм;
- постійний жорсткий контроль за дотриманням електробезпеки у відділеннях, а також за станом вологості у виробничих приміщеннях.

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена обґрунтованою технології дозрілої бражки із зерна із застосуванням сучасних концентрованих ферментних препаратів селективної дії для оцукрення крохмалю сировини та високопродуктивної раси дріжджів для зброджування сусла. Зокрема, пропонується впровадження таких заходів.

1. На стадії підготовки сировини до зброджування:

для отримання високодисперсного помелу кукурудзи із розміром часток не більше ніж 250 мкм застосувати дезінтегратор;

при приготуванні замісу 25 % технологічної води замінити на фільтрат барди та гарячу дефлегматорну воду, що дозволить скоротити витрату питної води, зменшити в'язкість замісу та сусла, покращити біологічну активність дріжджів та повернути в технологічний процес частину незброджених вуглеводів;

застосувати низькотемпературну термоферментативну обробку замісу за температури 85...95 °С шляхом використання двох апаратів термоферментативної обробки, двох спіральних теплообмінників завдяки чому зменшити у 2,5 рази витрати пари та витрату зброджуваних вуглеводів на утворення меншої кількості карамелей і меланоїдинів;

для розрідження замісу під час його приготування використати термостабільну α -амілозу ферментного препарату Termamyl 120L, а глюкоамілазу ферментного препарату Diazyme SSF2 застосувати для оцукрення охолодженої розрідженої маси;

використати спіральні теплообмінники для зменшення витрат пари для нагріву маси та води задля охолодження її.

2. Сумістити в бродильному апараті процеси оцукрення розрідженої маси та зброджування сусла.

3. Зброджування сусла проводити безперервним способом з рециркуляцією бражки і застосувати термотолерантних та осмофільних дріжджів раси ДО-16, що сприятиме підвищенню концентрації спирту в дозрілій бражці, зменшенню витрат води на охолодження бродильних апаратів та пари на перегонку бражки.

4. Встановити спиртовловлювач плівчастоконденсаційного типу для зменшення втрат спирту з газами бродіння, а для попередження розвитку виробничої інфекції використати антисептик Полідез.

Виконані продуктові розрахунки, на підставі яких розраховано і підібрано технологічне та допоміжне обладнання. Наведена схема технохімічного і мікробіологічного контролю виробництва дозрілої бражки та її метрологічне забезпечення, розроблені заходи щодо охорони праці під час виробничого процесу.

					ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. ДГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}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).
3. Дипломне проектування: методичні вказівки до виконання і захисту дипломного проекту студентами денної та заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробства» напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, В.О. Маринченко та ін. Київ : НУХТ, 2010. 53 с.
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. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «бакалавр» усіх форм навчання / уклад. В.Г. Юрчак, В.М. Кошова, В.І. Бабенко та ін. Київ : НУХТ, 2017. 45 с.
11. 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., Олінйчук 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.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк..
						докум. 65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

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 сула. 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. Технологічне обладнання галузі [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 7.05050313, 8.05050313 «Обладнання м харчових і переробних виробництв» (спеціалізації «Обладнання м бродильних та спиртових виробництв») денної та заочної форм навчання / уклад. С.О. Удодов, Л.В. Марцинкевич. Київ: НУХТ, 2014. 24 с.

16. 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.

17. Технологія спирту, лікєро-горілочаних 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.

18. 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.
						66
Зм.	Аркуш	№ докум.№	Підпис	Дата		