

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

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

Оксана КОЧУБЕЙ-  
ЛИТВИНЕНКО

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

Анатолій КУЦ

«   » грудня 2025 р.

«   » грудня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

із спеціальності **181 «Харчові технології»**  
(шифр та назва спеціальності)

на тему: «Дослідження та удосконалення технології спирту із  
крохмалевмісної сировини із застосуванням сучасних  
ферментних препаратів та дріжджів»

Виконала: здобувачка 2 курсу групи ЗТБ-2-1М

Бутко Ольга Петрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Куц Анатолій Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент СУПРУН-КРЕСТОВА Олена Юріївна

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

\_\_\_\_\_ Ольга БУТКО

(підпис)

**Київ НУХТ – 2025 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства

Освітній ступінь — магістр

Спеціальність — 181 «Харчові технології»

Освітня програма — «Технології продуктів бродіння і виноробства»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри біотехнології  
продуктів бродіння і виноробства

Анатолій КУЦ

28 серпня 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Бутко Ользі Петрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 
1. Тема роботи **«Дослідження та удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини із застосуванням сучасних ферментних препаратів та дріжджів»**
- Керівник роботи Куц Анатолій Михайлович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу від 10 жовтня 2025 року № 333-КС
2. Строк подання роботи 01 грудня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи
- Матеріали, зібрані під час переддипломної практики
  - Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт.
  - Сучасні гідролітичні ферментні препарати та спиртові раси дріжджів
  - Газохроматографічні методи аналізу бражних дистилятів та спирту етилового ректифікованого
- 
4. Зміст пояснювальної записки Титульна сторінка. Завдання на кваліфікаційну роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Сучасні технології сидру в Україні і світі (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методика і методи досліджень. 3. Дослідження та удосконалення технології сидру ігристого із застосуванням технологічного прийому «Кевінг» (експериментальна частина). 4. Математичне моделювання процесів гелеутворення під час застосування технологічного прийому «Кевінг». 5. Соціально-економічна ефективність роботи. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури.
-

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

1. Таблиці, рисунки та фото з результатами досліджень – 10

2. Графіки – 2

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 червня 2025 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.25-18.10.25	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	19.10.25-21.10.25	
	<b>1-а атестація</b>	<b>21.10.2025</b>	
3.	Зброджування сусла дріжджами раси XII-T та аналіз отриманих результатів	22.10.25-24.10.25	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	25.10.25-27.10.25	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	28.10.25-29.10.25	
	<b>2-а атестація</b>	<b>29.10.25</b>	
6.	Зброджування сусла дріжджами раси Innova Delta та аналіз отриманих результатів	30.10.25-04.11.25	
7.	Розрахунок економічної ефективності роботи	05.11.25-07.11.25	
8.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	08.11.25-20.11.25	
9.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	21.11.25-14.11.25	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	25.11.25-29.11.25	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	30.11.25-10.12.25	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Ольга БУТКО

Керівник роботи, доцент

Анатолій КУЦ

## АНОТАЦІЯ

**Бутко Ольга Петрівна «Дослідження та удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини із застосуванням сучасних ферментних препаратів та дріжджів».** Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» за освітньою програмою «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2025.

Конкурентні умови ринку спирту етилового ректифікованого та біоетанолу передбачають розробку нових і удосконалення існуючих способів їх виробництва з пошуком нових інноваційних ферментних препаратів, високоефективних рас дріжджів та антисептиків.

Метою роботи було дослідження новітніх ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, расу дріжджів нового покоління Innova Delta ADY та засіб дезінфікуючий «БАКТРІЛОН-А».

В кваліфікаційній роботі доведено, що використання досліджуваних ферментних препаратів в заявлених дозах забезпечує швидкий і більш глибокий гідроліз крохмалю та білків сусла, завдяки чому зростає швидкість бродіння і підвищується вихід спирту порівняно із контролем, в якому застосовували дріжджі раси XII-T. За складом летких домішок спирту особливих відмінностей не зафіксовано. Спирт етиловий ректифікований за своїми органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідав вимогам до сорту «Люкс».

**Ключові слова:** гідроліз крохмалю та білків сусла, інноваційні ферментні препарати, дріжджі раси Innova Delta ADY, засіб дезінфікуючий «БАКТРІЛОН-А», швидкість бродіння

## ABSTRACT

**Butko Olga Petrovna «Research and improvement of alcohol technology from starch-containing raw materials using modern enzyme preparations and yeast».** Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 181 «Food Technologies» under the educational program «Fermentation and Winemaking Technologies».

The competitive conditions of the market for rectified ethyl alcohol and bioethanol involve the development of new and improvement of existing methods of their production with the search for new innovative enzyme preparations, highly effective yeast strains and antiseptics. The aim of the work was to study the latest enzyme preparations Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, the new generation yeast strain Innova Delta ADY and the disinfectant "BACTRILON-A". The qualification work proved that the use of the studied enzyme prelates in the declared doses provides a faster and deeper hydrolysis of starch and wort proteins, due to which the fermentation rate increases and the alcohol yield increases compared to the control, in which yeast of the XII-T strain was used. No special differences were recorded in the composition of volatile alcohol impurities. Rectified ethyl alcohol, according to its organoleptic and physicochemical indicators, met the requirements for the "Lux" variety.

**Keywords:** hydrolysis of starch and wort proteins, innovative enzyme preparations, yeast of the Innova Delta ADY race, disinfectant "BACTRILON-A", fermentation rate

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КОНЦЕНТРОВАНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО СОРТУ «ЛЮКС» (аналітичний огляд)</b> .....	10
1.1 Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини .....	10
1.1.1 Характеристика оцукруючих матеріалів .....	11
1.1.2 Характеристика ферментних препаратів .....	12
1.1.3 Механізм дії ферментів.....	14
1.1.4 Кінетика ферментативних реакцій.....	15
1.1.5 Температура дії ферментів .....	15
1.1.6 Величина рН середовища .....	16
1.1.7 Активатори та інгібітори ферментів .....	17
1.1.8 Активність ферментів .....	18
1.2 Характеристика ферментів .....	18
1.2.1 Характеристика $\alpha$ -амілази .....	22
1.2.2 Характеристика глюкоамілази .....	24
<b>2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	32
2.1 Матеріали досліджень.....	32
2.2 Методика проведення досліджень.....	35
2.3 Методи досліджень.....	42
<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТУ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)</b> .....	42
3.1 Зброджування сусла дріжджами раси XII-T .....	42
3.2 Зброджування сусла дріжджами раси Innova Delta .....	46
3.3 Висновки.....	51
<b>4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ</b> .....	53
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	55
<b>6 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ</b> .....	63
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	64
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	65

					Дослідження та удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини із застосуванням сучасних
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата	
Розроб.		Бутко О.П.			<b>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>
Перев.		Квц А.М.			Літера Аркуш Аркушів
Н. контр.					КВ Р 6 68
Затв.		Квц А.М.			6 НУХТ ННІХТ ТБ-2-8М

## ВСТУП

Наразі в Україні спирт етиловий ректифікований та біоетанол виготовляють шляхом зброджування крохмаловмісної сировини, що вимагає перетворення її високомолекулярних сполук (крохмалю, білків, ліпідів та ін.), що не засвоюються дріжджами у низькомолекулярні (моно-і дисахариди, амінокислоти, пептиди, органічні кислоти тощо).

В кваліфікаційній роботі наведено результати досліджень щодо новітніх ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, раси дріжджів нового покоління Innova Delta ADY та засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А».

**Актуальність теми.** Виробництво спирту етилового ректифікованого і біоетанолу передбачає застосування мікробних ферментних препаратів переважно гідролітичної дії, які прийшли на заміну солоду. Нині в світі є достатньо велика кількість компаній, які займаються розробкою таких препаратів, частина яких надходить в Україну і впроваджується у виробництво. Тому дослідження їх властивостей та оптимізація виробничих процесів є актуальною проблемою сьогодення.

**Мета досліджень.** Дослідити застосування інноваційних ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, раси дріжджів Innova Delta ADY та засобу дезінфікуючого «БАКТРИЛОН-А» та визначити їх переваги перед тими ферментними препаратами, дріжджами і антисептиками, що застосовуються в сучасних умовах

### **Завдання досліджень:**

1. Дослідити ефективність застосування ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 в дозах, які рекомендують фірми-виробники.
2. Дослідити швидкість зброджування зернового сусла дріжджами раси Innova Delta ADY, утворення спирту, вторинних і побічних продуктів бродіння.
3. Дослідити антисептичну дію засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А».
4. Визначити якісний і кількісний склад летких домішок бражного дистиляту і спирту етилового ректифікованого.

**Об'єкт досліджень** — технологія спирту етилового ректифікованого із крохмаловмісної сировини.

**Матеріали досліджень** — ферментні препарати Амілаза НТ 4000 N, Конверзим АМГ N, Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, LpHera, DIAZYM, AMYLEX; чиста культура дріжджів раси XII-T, активні сухі дріжджі раси Innova Delta ADY; засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А».

**Наукова новизна роботи.** В кваліфікаційній роботі обґрунтована можливість використання новітніх ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, активних сухих дріжджів раси Innova Delta ADY, засобу дезінфікуючого «БАКТРИЛОН-А» у виробництві спирту із крохмаловмісної сировини

**Практичне значення роботи.** Доведена можливість використання технологічного новітніх препаратів, раси дріжджів та засобу антисептичного для виробництва спирту із зернової сировини.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота представлена у вигляді пояснювальної записки на друкованих аркушах формату А4 – 68 аркушів, складається зі вступу, 7 розділів, загальних висновків. Список використаної літератури включає 39 найменування, у тому числі 8 – закордонних авторів. Робота містить 3 таблиць, 7 рисунків та 3 фото.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи.** Основні результати роботи доповідались на 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті».

**Публікації:** Бутко Ольга, Куц Анатолій. Застосування новітніх концентрованих ферментних препаратів у виробництві спирту із крохмалевмісної сировини. *Матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 7–11 квітня 2025 р. Київ: НУХТ, 2025. Ч.1. С. 158.*

# 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КОНЦЕНТРОВАНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ ЕТИЛОВОГО РЕКТИФІКОВАНОГО СОРТУ «ЛЮКС»

## 1.1. Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини

Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини Україна як індустріальна держава потребує великої кількості технічного етилового спирту. Зараз в Україні технічний спирт може використовуватися як первинна сировина майже у 160 виробництвах.

Харчова промисловість - його головний споживач: спирт використовують при виготовленні лікерогорілчаних та плодово-ягідних напоїв, для кріплення виноматеріалів і купажування виноградних вин, у виробництві оцету, харчових ароматизаторів і парфюмерно-косметичних виробів. У мікробіологічній і медичній промисловості спирт потрібний для осадження ферментних препаратів із культуральної рідини або екстракту із твердофазної культури, для одержання вітамінів та інших препаратів і ліків. Також етиловий спирт використовується як дезінфікуючий засіб і як речовина, яка запобігає псуванню лікувальних екстрактів. Невелика кількість спирту використовується у хімічній, машинобудівній, автомобільній та інших галузях промисловості, а також у ветеринарії і фармакопеї [1].

Технологія спирту включає у себе такі процеси: підготовка сировини до розварювання; розварювання зерна з водою для руйнування клітинної структури і розчинення крохмалю; охолодження розвареної маси і оцукрення крохмалю ферментами; зброджування цукрів дріжджами у спирт; виділення спирту із бражки і його ректифікацію, а також виведення та розмноження засівних дріжджів. На вихід та якість етилового спирту впливає багато факторів: інтенсивність аерування зброджувального суслу, концентрація в ньому цукрів, кислотність та рН суслу, температура бродіння, раса дріжджів, спосіб зброджування.

Спиртове бродіння - біохімічний процес ферментації, при якому цукри, такі як глюкоза та фруктоза, розкладаються під дією ферментів з виділенням енергії та утворенням етилового спирту та вуглекислого газу. Дозволяє отримати два моль АТФ на моль глюкози в анаеробних умовах. Загальне рівняння спиртового бродіння.



Для прискорення бродіння та збільшення виходу спирту додають ферменти.

Ферменти – це каталізатори білкового походження, які утворюються і функціонують в усіх живих організмах. За сучасною класифікацією всі ферменти поділяють на шість основних класів: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази, синтетази. Важливе виробниче значення мають гідролази, а саме амілази, які каталізують гідроліз крохмалю. Ці гідролази ще називають глікозидазами, бо вони беруть участь у розщепленні глікозидних зв'язків поліцукридів [41].

У відповідності із сучасними науковими пізнаннями ферментний комплекс спиртового бродіння в дріжджах містить такі найважливіші ферменти: фос-11 форилаза, яка забезпечує перегрупування і передачу фосфорної кислоти при фосфорилюючих процесах; альдолаза каталізує зворотню реакцію розкладу дифосфату гексози в суміш фосфодіоксиацетону і фосфогліцеринового альдегіду; альдегіддегідратаза каталізує реакцію утворення із двох молекул фосфогліцеринового альдегіду фосфогліцеринової кислоти і гліцеринфосфату; фосфогліцеромутаза сприяє утворенню рівноваги між 3-фосфогліцериновою і 2-фосфогліцериновою кислотами; енолаза спричиняє перегрупування фосфогліцеринової кислоти в 2-фосфопіровиноградну кислоту; карбоксилаза із піровиноградної кислоти утворює ацетальдегід і діоксид вуглецю [1].

### **1.1.1. Характеристика оцукруючих матеріалів**

У виробництві спирту із крохмалевмісної сировини використовують оцукруючі матеріали, які містять, як правило, комплекс ферментів для гідролізу полімерів: крохмалю, білків, пектинових речовин, пентозанів, целюлози. Як оцукруючі матеріали використовують солод, ферментні препарати мікробного походження або їх суміш.

Вуглеводовмісні полімери (крохмаль, целюлоза) використовуються як джерела вуглецю для мікробіологічного утворення етанолу і утворення біомаси дріжджів. Але вони можуть бути використані мікроорганізмами тільки після гідролізу їх до моно- і дицукридів.

Кислотний гідроліз їх у виробництві спирту для харчових цілей неприйнятний, бо в результаті його утворюються небажані речовини, які переходять у "гідролізний спирт" і негативно впливають на організм людини. Крім того, кислотний гідроліз полімерів дорогий. Тому етиловий ректифікований спирт для харчових цілей одержують тільки з використанням ферментного гідролізу полімерів сировини.

Азотисті речовини потрібні для життєдіяльності дріжджів, тому необхідний ферментативний гідроліз білків до амінокислот, які є джерелом не тільки азоту

для дріжджів, а і вуглецю. При їх наявності у суслі на утворення біомаси дріжджів витрачається менше цукрів, а значить, і збільшується вихід спирту.

У спиртовому виробництві із крохмалевмісної сировини потрібні гідролітичні ферменти, які каталізують гідроліз крохмалю, целюлози, азотистих і пектинових речовин.

Ферментні препарати в порівнянні із солодом мають ряд переваг, які зумовлюють їх широке використання: для їх виробництва застосовують більш дешеву сировину (зерно кукурудзи, пшениці, відходи спиртового, цукрового і мукомельного виробництв); вони мають більш широкий комплекс гідролітичних ферментів, у тому числі целюлолітичних і протеолітичних, повніше гідролізується крохмаль, що дозволяє збільшити вихід спирту на 1-2%; у більшості випадків вони стерильні, що сприяє створенню умов для мікробіологічної чистоти спиртового бродіння; концентровані ферментні препарати (сиропоподібні або у вигляді сухого порошку) мають високу питому активність і зберігаються тривалий період часу; використання комплексу ферментів мікробного походження в підвищених концентраціях до субстрату дозволить значно прискорити процеси оцукрювання сировини і зброджування сусла.

Ферменти мікроорганізмів більш стійкі до фізико-хімічних умов середовища. Це дозволяє використовувати їх при високих температурах (до 105°C) під час ферментативно-теплової обробки замісів сировини і значно зменшити витрати теплової енергії та втрати зброджуваних речовин у процесі розварювання, а також проводити зброджування при порівняно низьких рН бражки, що забезпечує мікробіологічну чистоту бродіння. Використання ферментних препаратів дозволяє виготовляти сусло з високим вмістом сухих речовин (до 20-21%) і накопичувати у дозрілій бражці до 11 об.% спирту, що сприяє збільшенню потужності відповідного обладнання і зменшенню питомих енергозатрат [1].

### **1.1.2 Характеристика ферментних препаратів**

Ферменти або ензими, - це каталізатори білкового походження, які утворюються і функціонують в усіх живих організмах.

Ферменти знижують енергію активації, яка потрібна для здійснення хімічних реакцій, направляючи їх через проміжні реакції, які потребують значно меншої енергії. Ферменти прискорюють швидкість реакції, не витрачаються і не входять у склад кінцевих продуктів реакції.

Ферменти відрізняються характерними властивостями від неорганічних каталізаторів. Вони надзвичайно ефективні і проявляють високу каталітичну

активність в умовах помірної температури, нормального тиску і невисокої (близької до нейтральної) кислотності середовища.

Ферменти мають високу специфічність дії по відношенню до природи субстрату і типу хімічної реакції, тобто кожний фермент каталізує в основному тільки одну хімічну реакцію. Суттєвою особливістю ферментів є і те, що їх активність у клітинах строго контролюється як на генетичному рівні, так і за допомогою низькомолекулярних сполук: субстратів і продуктів реакцій, які відбуваються за присутності цих самих ферментів.

Кожний фермент сприяє певним змінам у структурі молекули даної речовини, після чого діє наступний фермент. Це забезпечує упорядкований обмін речовин у живому організмі, без чого він не міг би існувати.

За будовою ферменти можуть бути протеїнами (простими білками), а також дво- і багатокомпонентними ферментами, в склад яких входять специфічні речовини (додаткова група небілкового походження, присутність якої необхідна для того, щоб ці ферменти мали активність).

Додаткова група дуже мала, наприклад, складає біля 1% від білкової частини. До таких груп належать органічні молекули, іони металів (заліза, цинку, міді, марганцю та ін.) або їх комбінації.

Небілкову частину ферменту називають коферментом або простетичною (тобто активною) групою.

Білкову частину складного ферменту - апоферментом або білковим компонентом, фероном (носієм). Ні білкова клітина складного ферменту, ні його додаткова група окремо не мають каталітичної реакції.

У ферментах субстратний центр може співпадати або перекриватися активним центром, а зміна третичної структури білкової молекули може наступити в момент приєднання субстрату.

Ферменти мають різну просторову структуру, тому можуть бути їх ізомери (ізозоми), які відрізняються за активністю, фізичним властивостям і навіть специфічністю [1].

### 1.1.3. Механізм дії ферментів

Головною проблемою ферментології (ензимології) є з'ясування механізму дії ферментів. Незважаючи на те, що до цього часу немає єдиної теорії, яка пояснює цей механізм, розгляд її основи допоможе подальшим науковим розробкам і більш раціональному використанню ферментів.

В основі всіх відомих уявлень щодо дії ферментів є загальна думка про те, що при з'єднанні молекули субстрату з ферментом проходить її активування внаслідок поляризації, зміщення електронів або деформації зв'язків, які беруть участь у реакції. Це призводить до підвищення реакційної здатності частини субстрату в результаті напруги, розтягнення або поляризації зв'язків, або ініціювання ланцюгових процесів утворення вільних радикалів.

Послідовність процесів ферментативних реакцій описують такою схемою:



де E - фермент; S - субстрат; S<sup>1</sup> - активний субстрат; P - продукт реакції.

На першій фазі ферментативного каталізу між субстратом і ферментом утворюється сполука, в якій вони зв'язані поміж собою ковалентним або другого типу зв'язком. Друга фаза - субстрат під дією приєднаного до нього ферменту змінюється так, що він є більш доступним для відповідної хімічної реакції. На третій фазі проходить сама хімічна реакція на поверхні ферменту, і на четвертій фазі утворені продукти реакції звільнюються із фермент-субстратного комплексу.

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

Унікальна структура і взаємодія активного, субстратного й алостеричного центрів ферменту забезпечує кооперативність здійснення багатоступневих процесів. Саме впорядкованість реакцій у просторі і часі, їх кооперативність і відрізняють дії біокаталізаторів, забезпечуючи високу специфічність і швидкість процесу в цілому.

#### **1.1.4. Кінетика ферментативних реакцій**

Під ферментативною кінетикою розуміють залежність швидкості реакції, яка прискорюється ферментом, від хімічної природи субстрату і ферменту й умов їх взаємодії (концентрації, температури, рН середовища, наявності активаторів та інгібіторів).

Швидкість ферментативної реакції в значній мірі залежить від хімічної природи і походження субстрату. Різні за природою складові крохмалю - амілоза і амілопектин з різною швидкістю гідролізуються амілазами і до того ж потребують неоднакового набору амілолітичних ферментів.

Зокрема, для гідролізу амілози достатньо  $\alpha$ -амілази, а для гідролізу амілопектину, крім  $\alpha$ -амілази необхідні і ферменти, які каталізують гідроліз  $\alpha$ -1, 6 - глюкозидних зв'язків, тобто глюкоамілаза або декстриназа. На швидкість і умови ферментативних реакцій впливає і походження ферменту.

Ферменти мікробного походження більш стійкі до низьких значень рН середовища. Це особливо важливо для створення у виробничих умовах асептичних умов за рахунок зниження рН живильних середовищ, що запобігає розвитку кислоутворюючих бактерій.

Швидкість більшості ферментативних реакцій пропорційна концентрації ферменту, особливо це справедливо на найбільш ранніх стадіях. Ця пропорційність є основою методів визначення концентрації ферменту.

#### **1.1.5. Температура дії ферментів**

Температура впливає на швидкість реакції утворення фермент-субстратного комплексу і на всі наступні етапи перетворення субстрату, що призводить до прискорення каталізу. При енергії активації  $48 \text{ кДж кмоль}^{-1}$  (для

ферментативного гідролізу крохмалю вона дорівнює  $45 \text{ кДж-кмоль}^{-1}$ ) швидкість реакції подвоюється при збільшенні температури від  $22$  до  $32^\circ\text{C}$ .

При значному підвищенні температури проходить теплова денатурація ферментативного білку, що призводить до поступової втрати ферментом каталітичних властивостей, проявляється теплова інактивація.

Тому при температурах, вищих  $50^\circ\text{C}$ , денатурація ферментативного білка різко посилюється, і хоч швидкість перетворення субстрату продовжує рости, активність ферменту, виражена кількістю перетвореного субстрату за одиницю часу, падає.

Температура, при якій каталітична активність ферменту максимальна, називається його температурним оптимумом. Температурний оптимум для різних ферментів неоднаковий.

#### **1.1.6. Величина рН середовища**

Зміни рН середовища значно впливають на активність ферментів. Вплив концентрації іонів водню на каталітичну активність ферментів полягає у впливі на їх активні центри.

При різних значеннях рН реакційного середовища активний центр може бути більше або менше екранований сусідніми з ним фрагментами поліпептидного ланцюга білкової частини ферменту, більш сильно або слабоіонізований.

Кислотні й основні групи ферментів здатні до іонізації. При зміні рН середовища внаслідок приєднання  $\text{H}^+$  або  $\text{OH}^-$  -іонів зменшується ступінь іонізації одних або других груп. У тому випадку, коли ці групи є активними центрами ферментів, іони  $\text{H}^+$  або  $\text{OH}^-$  відіграють роль конкурентних інгібіторів ферментів.

В інших випадках іони  $\text{H}^+$  або  $\text{OH}^-$  призводять до порушення конформації і комплементарності ферменту і субстрату, тобто виступають як реконкурентні інгібітори.

Крім того, рН середовища впливає на сутність іонізації субстрату, фермент-субстратного комплексу і продуктів реакції, має великий вплив на стан

ферментного білка, визначаючи співвідношення в ньому катіонних і аніонних центрів, що впливає на третичну структуру білкової молекули.

Певна третична структура білка-фермента необхідна для утворення фермент-субстратного комплексу.

Оптимальне значення рН дії ферменту залежить від природи ферменту і субстрату, його концентрації, від стабільності ферменту, температури середовища та тривалості каталітичної реакції.

### **1.1.7. Активатори та інгібітори ферментів**

До числа активаторів, що підвищують активність ферментів, посилюють їх дію, відносяться іони багатьох металів і деякі аніони. Найчастіше активаторами ферментів бувають іони магнію, марганцю, кальцію, калію, кобальту, цинку та ін.

В одних випадках іони металів (заліза, магнію, кобальту та ін.) входять у склад простетичної групи ферменту, по-друге - полегшують утворення фермент-субстратного комплексу, по-третє - сприяють приєднанню коферменту до апоферменту, по-четверте - забезпечують становлення четвертинної структури ферменту та ін. Значний вплив на активність ферментів мають алостеричні активатори, які приєднуються по алостеричному центру ферменту і змінюють третинну структуру білкової молекули. Внаслідок цього субстратний і каталітичний центри ферменту набувають найвигіднішої конфігурацію для ферментативних функцій.

Інгібітори гальмують дію ферментів. Усі ферменти інгібуються в результаті денатурації білка внаслідок нагрівання до високих температур, осаджування хімічними речовинами, гідролізу кислотами, лугами, протеїназами.

Розрізняють два типи інгібування: конкурентне і неконкурентне. Під час конкурентного гальмування інгібітор, який подібний за структурою до субстрату (ізостерія), з'єднується з ферментом, замінюючи собою субстрат, конкурує з ним. Внаслідок того, що утворюється комплекс фермент-інгібітор, кількість комплексів фермент-субстрат зменшується.

Конкурентне інгібування може бути зворотним при підвищенні концентрації субстрату.

Дію  $\alpha$ -амілази інгібують спирти: метанол, ізопропанол, гліцерин, пропіленгліколь, етиленгліколь.

Інгібіторами ферментів є продукти оксиметилфурфурольного розкладу цукрів, меланоїдини і карамелі. У виробництві спирту із крохмалевмісної сировини вищеназвані продукти утворюються в основному в процесі розварювання замісів і їх тим більше, чим вища температура і більша тривалість розварювання.

Тому застосування технологій теплової обробки сировини при низьких температурах дозволяє зменшити не тільки втрати зброджувальних речовин, а й інактивацію ферментів [1].

### **1.1.8. Активність ферментів**

Оцукруюча активність характеризує здатність усіх амілолітичних ферментів каталізувати гідроліз крохмалю до редукуючих речовин. Активність оцукруючих матеріалів характеризують числом одиниць оцукруючих ферментів, що містяться в 1 г солоду, в 1 г ферментного препарату, або в 1 мл глибинної культури.

Глюкоамілазна активність характеризується кількістю одиниць активності в 1 г сухого ферментного препарату або в 100 мл глибинної культури. За одиницю глюкоамілазної активності приймають таку кількість ферменту, яка при температурі 30°C і рН 4,7 протягом 1 хв звільнює 1 мкмоль глюкози.

## **1.2. Характеристика ферментів**

Селективна дія концентрованих ферментних препаратів дає змогу здійснювати фракційне введення ферментів в ті зони технологічного процесу, де їх дія найбільш ефективна, а саме - на стадіях приготування замісу, водно-теплової обробки, оцукрення та бродіння.

Концентровані ферментні препарати характеризуються:

- високою концентрацією та активністю основного ферменту;
- випускаються у рідкому стані, що забезпечує зручність їх дозування;
- високою мікробіологічною чистотою;
- тривалим терміном зберігання без втрати активності в широкому інтервалі температур;
- незначними питомими витратами на одиницю крохмалю та невеликими транспортними витратами;
- термотолерантністю та спрямованою дією на визначену групу біополімерів, що дозволяє використовувати їх в зонах максимальної активності.

Ферментні препарати для спиртової промисловості поділяються на три основні групи за специфічністю їх дії на різні високомолекулярні полімери зернової сировини:

- ферментні препарати амілолітичної дії для гідролізу крохмалю;
- ферментні препарати протеолітичної дії, що гідролізують білкові полімери зерна;
- ферментні препарати целюлолітичної дії, що гідролізують некрохмальні полісахариди зерна.

Ферменти прискорюють хімічні реакції, при цьому вони не витрачаються і не входять до складу кінцевих продуктів реакцій. Вони надзвичайно ефективні і проявляють високу каталітичну активність в умовах помірних температур, нормального тиску, невисокої кислотності середовища.

Ферменти мають високу специфічність дії по відношенню до природи субстрату і типу хімічної реакції.

Оптимальні умови дії ферментів досягаються за параметрів, які гарантують найбільш високу їх активність, тобто максимальну швидкість реакції і високу стабільність ферменту. Стабільність - це здатність підтримання певної активності протягом визначеного часу. Оптимальні умови застосування ферменту не обов'язково повинні відповідати максимуму його активності - якщо стабільність у цих умовах більш низька, фермент більш швидко інактивується.

Найбільш важливі параметри, що зумовлюють активність і стабільність ферментів - температура й активна кислотність. Велике значення має концентрація сухих речовин (СР), вид і якість сировини, концентрація стабілізатора (іонів кальцію для  $\alpha$ -амілаз) і використовувана апаратура, що зумовлює дотримання відповідних параметрів процесу.

Швидкість ферментативної реакції в значній мірі залежить від хімічної природи і походження субстрату. Наприклад, різні за природою складові крохмалю - амілоза і амілопектин з різною швидкістю гідролізуються амілазами і потребують неоднакового набору амілолітичних ферментів.

Швидкість більшості ферментативних реакцій пропорційна концентрації ферменту, особливо на ранніх стадіях процесу.

Температура і рН також впливають на швидкість реакцій перетворення субстрату. Однак при значному підвищенні температури проходить теплова денатурація ферментного білка, поступова втрата ферментом каталітичних властивостей - інактивація.

Температурний оптимум дії для різних ферментних препаратів неоднаковий, він в значній мірі залежить від тривалості реакції.

Зміна рН середовища значно впливає на активність ферментних препаратів. Оптимальне значення рН залежить від природи ферменту і субстрату, стабільності ферменту та температури процесу, концентрації сухих речовин у середовищі.

Збільшення концентрації сухих речовин впливає на підвищення стабільності ферменту. Наприклад, для препарату грибової глюкоамілази при концентрації сухих речовин 35% оптимальною температурою є 60°C, а при концентрації 15...20% - 55°C. Термостабільна  $\alpha$ -амілаза ефективно розріджує заміс з вмістом сухих речовин 35% при температурах 95..105°C, а при концентрації сухих речовин до 20% ця температура зменшується до 80...90° С.

Активність ферментів може бути посилена або послаблена. До числа активаторів ферментів належать іони багатьох металів і деякі аніони. На активність  $\alpha$ -амілаз особливо впливають іони кальцію.

Концентровані ферментні препарати зберігають активність протягом тривалого терміну в широкому діапазоні температур.

Розчини концентрованих ферментних препаратів повинні бути використані протягом 8...12 год.

Змішування двох ферментних препаратів не передбачається, оскільки відбувається інактивація глюкоамілази. Ферментні препарати повинні дозуватися одночасно, але з різних ємностей.

Важливий вплив на активність ферментних препаратів має не тільки температурний режим гідродинамічної та ферментативної обробки сировини, але й рН замісу, при якому відбувається клейстеризація та розріджування крохмалю. Звичайно він знаходиться в інтервалі 5,5...6,5 та також відповідає оптимальним межам дії цих ферментів. В результаті крохмаль добре гідролізується до декстринів, в'язкість замісу знижується, він розріджується та має добру рухливість

Висока термотолерантність  $\alpha$ -амілази дозволяє об'єднати два технологічних процеси - водно-теплову обробку (розварювання) зернової сировини та ферментативний гідроліз розрідженого крохмалю до декстринів.

До ферментів амілолітичної дії також належить глюкоамілаза, яка здійснює гідроліз декстринів з утворенням глюкози. Глюкоамілаза - фермент з екзогенним механізмом дії на субстрат, каталізує послідовне відщеплення кінцевих залишків глюкози з нередукуючого кінця полімеру. Глюкоамілаза відрізняється здатністю до більш швидкого гідролізу високомолекулярних декстринів, ніж олігосахаридів, а також здатністю виявляти невелику трансферазну активність. Трансферазна дія ферменту починається при концентрації глюкози у реакційному середовищі вище 60...70%.

Використання концентрованих ферментних препаратів селективної дії дозволяє спрямувати технологічний процес у напрямку енерго - та ресурсозбереження.

Широке застосування концентрованих ферментних препаратів потребує суттєвих змін технологічних режимів підготовки сировини до зброджування,

заміни його теплової обробки під тиском постадійним гідролізом за температур, що не перевищують 95°C.

В останні роки проводиться системна послідовна робота по розробленню та удосконаленню енерго - та ресурсозберігаючих технологій водно-теплової та термоферментативної обробки зернової сировини.

Впровадження енерго - та ресурсозберігаючої технології спиртових бражок передбачає крохмалю під дією концентрованих ферментних препаратів селективної дії. Ця технологія забезпечує поєднання процесу розварювання замісу з гідролізом крохмалю під дією термостабільної  $\alpha$ -амілази до декстринів та подальший гідроліз останніх глюкоамілазою до зброджуваних цукрів на стадії оцукрювання та зброджування.

Велике за розміром і міцне по структурі зерно кукурудзи потребує перед розварюванням однорідного і тонкого подрібнення та подовженого терміну набрякання у порівнянні з іншими видами сировини.

Тому визначення оптимального ступеню подрібнення кукурудзи в умовах низькотемпературного розварювання є актуальним для забезпечення необхідного гідролізу крохмалю, регламентних показників бражки та нормативного виходу спирту з тони умовного крохмалю.

### **1.2.1. Характеристика $\alpha$ -амілази**

Фермент мікробного походження  $\alpha$ -амілаза ( $\alpha$ -1,4-глюкан-4-глюканогідролаза концентрованого ферментного препарату) є ендоамілазою, яка викликає гідролітичне розчеплення  $\alpha$ -1,4-глікозидних зв'язків усередині високополімеризованого субстрату. Це водорозчинний білок з властивостями глобуліну молекулярна маса якого складає 45000-60000. Але є відомості, що деякі  $\alpha$ -амілази мають іншу молекулярну масу. Всі  $\alpha$ -амілази відносяться до металоензимів; вміст в них, наприклад, кальцію коливається від 1 до 30 г атомів на 1 моль ферменту, причому повне видалення кальцію приводить до інактивації ферменту, а повторне введення кальцію наприклад кількості 5–10–3 моля в середовище може частково відновити його активність. Окрім кальцію в деяких  $\alpha$ -амілазах зустрічаються й інші метали (цинк, натрій тощо).  $\alpha$ -амілази стійкі до

дії протеаз, багаті тирозином і триптофаном, а глютамінова і аспарагінова кислота складають 25% від маси білків. Слід підкреслити, що присутність саме цих двох кислот в  $\alpha$ -амілазі пов'язують з її оцукрюючою властивістю. Відносно мало, або зовсім відсутні  $\alpha$ -амілазах сірковмісні амінокислоти.

Деякі  $\alpha$ -амілази грибного походження мають вуглеводний фрагмент, до складу якого входить маноза, ксилоза, гексоза. В залежності від виду мікроорганізмів властивості  $\alpha$ -амілаз значно відрізняються не тільки механізмом дії на субстрат та утворення продуктів розпаду, але й за оптимальними умовами що забезпечують максимальну їх активність.

$\alpha$ -амілази пліснявих грибів і бактерій не атакують 1,6 зв'язки субстратів і тому при гідролізі амілопектину утворюють розгалужені  $\alpha$ -граничні декстрини. Початковими продуктами розщеплення амілопектину  $\alpha$ -амілазою є декстрини з довшим ланцюгом, а кінцевими продуктами - глюкоза, мальтоза і сахариди з розгалуженим ланцюгом.  $\beta$ -амілаза ( $\alpha$ -1,4-глюканмальтогідролаза концентрований фермент) - активний білок з властивостями альбуміну. Каталітичний центр ферменту вміщує сульфгідрильні і карбоксильні групи та імідазольний залишок гістидину.

$\beta$ -амілаза є екзоферментом кінцевої дії, який виявляє спорідненість до передостаннього  $\alpha$ 1,4-зв'язку нередукованого кінця лінійної ділянки амілози і амілопектину, практично не гідролізує сирий крохмаль, гідролізує амілозу до мальтози.

Гідроліз амілопектину йде в значно меншому ступені:  $\beta$ -амілаза розщеплює фрагмент із нередукуючого кінця ділянки від зовнішніх лінійних зв'язків, які мають 20–26 глюкозних залишків з утворенням 10-12 молекул мальтози. Гідроліз зупиняється на передостанньому  $\alpha$ -1,4-зв'язку, що граничить з  $\alpha$ -1,6- зв'язком. В гідролізаті накопичуються 54–58% мальтози, решту складають високомолекулярні декстрини.

$\beta$ -амілаза проявляє високу стабільність у відсутності йонів кальцію. Молекулярна маса  $\beta$ -амілази -50000-200000. Фермент має у своєму складі SH–

групи і є чутливим до важких металів. Для розрідження крохмалю доцільно застосовувати препарати термостабільної  $\alpha$ -амілази.

Різні штами бактерії продукують амілазу з оптимумом дії в інтервалі від 76 до 95°C. У середовищах з високою концентрацією крохмалю, у присутності мікродобавок солі  $\text{CaCl}_2$ . За допомогою термостабільних амілаз можна здійснювати безперервний процес розрідження замісів до температури, за якої відбувається повна желатинізація крохмальних зерен. Поєднання розрідження та розварювання істотно підвищує ефективність процесу. Безперервний гідроліз крохмалю та перехід при цьому продуктів реакції в розчин, сприяють більш швидкому набухання крохмальних зерен у внутрішніх областях частинок сировини. За рахунок цього може бути скорочена тривалість процесу, а його максимальна температура знижена до 110–115°C (температури повної желатинізації крохмальних гранул) [1]

### 1.2.2. Характеристика глюкоамілази

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

Глюкоамілаза каталізує послідовно відщеплення кінцевих залишків  $\alpha$ -D-глюкози з нередукуючих кінців субстрату. Більшість глюкоамілаз мають властивість швидко гідролізувати, як  $\alpha$ -1,4-зв'язки, так і  $\alpha$ -1,6-глюкозидні зв'язки, але тільки в тому випадку коли  $\alpha$ -1,6-зв'язок наслідуює  $\alpha$ -1,4-зв'язок.

Характерною рисою глюкоамілаз є їхня властивість в десятки разів швидше гідролізувати високополімеризований субстрат в порівнянні з оліго- і дисахаридами, в той же час Глюкоамілази можуть гідролізувати ці зв'язки в низькомолекулярних олігосахаридах, зокрема в манозі і мальтозі.

Основні амілолітичні ферменти ( $\alpha$ -амілаза,  $\beta$ -амілаза, глюкоамілаза), що зумовлюють процес декстринізації та оцукрювання у виробництві спирту по різному діють на крохмальний субстрат, але в результаті їхньої сумісної дії можна досягти основної мети оцукрювання — перетворити крохмаль в сполуки, які зброджуються дріжджами.

Результат оцукрювання залежить від правильного визначення основних факторів [22]. Ферментативні зміни при оцукрювання крохмалевмісної сировини, яка пройшла водно-теплове оброблення, визначається оптимальним

значенням основних параметрів, що забезпечують найефективніший прояв активності амілолітичних ферментів. Ці параметри, безперечно, повинні бути оптимальними, як для окремо взятих ферментів, так і при їх сумісному використанні.  $\alpha$ -амілази мікробного походження за основними властивостями схожі з рослинними, але мають деякі особливості.

Специфічність деяких бактеріальних амілаз на відміну від амілаз пліснявих грибів полягає в тому, що вони найактивніші в нейтральному та слабкокислому середовищі і мають оптимум рН в межах 6,5–7,0 і навпаки, в деяких культурах пліснявих грибів були знайдені кислотостійкі  $\alpha$ -амілази, які зберігають активність за рН 2,5 протягом 30 хвилин.

Ферментні препарати з відносно низькою оптимальною температурою дії доцільно використовувати на стадії оцукрювання. Це важливо, оскільки на стадії оцукрювання сировини в закритій системі, де зі сфери реакції не виводиться глюкоза, процес гідролізу крохмалю проходить неповністю. Він триває у процесі бродіння, у міру споживання глюкози дріжджами, що зсуває рівновагу реакції гідролізу, що каталізується глюкоамілазою.

При оцукрювання зернових замісів поєднанням солоду та глюкоамілази, співвідношення цих компонентів впливає на органолептичні властивості кінцевого продукту. При приготуванні суслу в апаратах гідродинамічної обробки заміси нагрівають лише до 75–95°C, що дозволяє зберегти в недеградованому стані моноцукри, амінокислоти, пептиди, органічні кислоти, вітаміни та деяку частину ферментативної активності.

При низькотемпературній обробці замісу крохмаль не може бути повністю оклейстерезований, частина його залишається «сирим». В таких умовах необхідно використовувати ферментативні комплекси, здатні впливати на сирій крохмаль.

Для більш повного використання складових крохмалевмісної сировини при виробництві етанолу пропонується під час водно-теплової обробки та оцукрювання сировини використовувати разом з  $\alpha$ -амілазою і глюкоамілазою також інші ферменти, а саме: целюлазу і геміцелюлазу, які частково гідролізують клітинні стінки рослинної сировини до зброджуваних цукрів.

Внаслідок цього досягається кращий контакт амілолітичних ферментів з крохмалем та, як результат підвищення виходу етанолу. Для повного і швидкого ферментативного гідролізу крохмалю до зброджуваних цукрів необхідно створити певні умови, які полягають в підготовці крохмалю до ферментативної атаки і в правильному виборі оцукрюючих матеріалів із необхідним комплексом ферментів, а також створити оптимальні умови для їх дії [2]. В цьому зв'язку і визначаються певні вимоги до ферментних препаратів, які можуть використовуватися в спиртовому виробництві.

Ці вимоги стосуються складу ферментативного комплексу, оптимальних умов їх дії для ферментних препаратів (рН, температура), ступеня очищення, величини активності, вмісту наповнювача, вартості та ряду інших факторів. Для підготовки крохмалю до гідролізу його необхідно не тільки клейстеризувати і розчинити, але й виключити можливість ретроградації при охолодженні затору до температури оцукрювання. Для досягнення цієї мети перспективним є використання термостійкої мікробної  $\alpha$ -амілази, яка забезпечує достатню декстринізацію крохмалю.

За відносно високих температур (85–90°C). Найкращого ефекту оцукрювання досягають при використанні глюкоамілази в комбінації з  $\alpha$ -амілазою.

### **1.2.3. Характеристика сучасних концентрованих ферментних препаратів у виробництві**

Використання концентрованих ферментних препаратів - це нове рішення розроблене для усунення стримувальних факторів ферментації у великомасштабному виробництві, що допомагає виробникам звільнитися від застарілої технології дріжджів, бражки, що обмежує їх можливості щодо покращення конверсії вхідних матеріалів та ефективність виробництва.

Технологія розроблена для забезпечення високої продуктивності та відповідності характеристикам передових модифікованих дріжджів, дає виробникам не-ГМ продуктів можливість послідовно досягати значно більших виходів етанолу, експлуатаційної ефективності та гнучкості, як ніколи раніше, підвищуючи ефективність конверсії та конкурентоспроможність для прибутковості виробництва і цілей сталого розвитку.

Основні переваги:

- Збільшення виходу етанолу в середньому на 2%
- Подолання проблем ферментації, спричинених високими температурами та викидами органічних кислот, без зниження залишкових цукрів
- Виняткове підвищення продуктивності за рахунок ферментації із високим вмістом сухих речовин до 36% або збільшення швидкості ферментації до 30%
- Зниження експлуатаційного ризику та мінливості в кожній ферментації з гарантовано надійним запуском забезпечує надійність кожної ферментації.
- Поліпшення якості за рахунок зниження вмісту гліцерину до 26%
- Може знизити потребу в сечовині до 90% та виключити дріжджові харчові добавки.

Концентровані ферментні препарати гідролізують 1,4 -альфа з'єднання та багато 1,6-альфа з'єднань у крохмалі, водночас збільшуючи кількість крохмалю

у структурі зерна. Генерують глюкозу під час варіння, подвоюючи гідроліз при варінні у порівнянні з іншими продуктами альфа-амілази.

Такий збільшений гідроліз при варінні може забезпечити підвищений показник ферментації. Оскільки глюкоза утворюється під час варіння, рН має бути нижче 5,3, для скорочення реакції Майяра, а глюкоамілаза для бродіння має додаватися приблизно на 2 години пізніше, щоб уникнути надмірного рівня утворення глюкози.

Концентровані ферментні препарати гідролізують 1,4-Альфа амілазу з'єднання у крохмалі, призначені для виробництва декстринів. Рівень в'язкості не такий високий, як в інших вдосконалених альфа-амілаз і тому може не підходити для цільозернової бражки при висококонцентрованому навантаженні. Бездоганно підходить для зріджування кислотної сировини. Оптимальний діапазон рН: від 4,2 до 6,0.

#### **1.2.4. Характеристика інноваційних ферментних препаратів**

Sternzym STAR - термостабільна  $\alpha$ -амілаза, вироблена штамом *Pseudomonas* spp., яка проводить гідроліз внутрішніх  $\alpha$ -1,4-глюкозидних зв'язків крохмалю, глікогену, продуктів їх послідовного розчеплення, що приводить до швидкого зниження в'язкості клейстеризованих розчинів крохмалю на стадії розрідження, цим самим забезпечують підготовку суслу до дії глюкоамілази. Кінцевими продуктами дії  $\alpha$ -амілаза на крохмаль є розчинні мальтодекстрини різної молекулярної маси та олігоцукри.

Перевага Sternzym STAR полягає в тому, що розрідження може проводитися в температурному діапазоні від 30 до 105°C. Швидко і ефективно знижується в'язкість при розрідженні несолодженої сировини. Дозволяє використовувати високий гідромодуль. Знижує собівартість процесу. Sternzym STAR не залежить від додавання іонів кальцію.

Sternzym STAR є світло-коричневою рідиною з типовим, недратівливим запахом бродіння. Вона легко змішується з водою, її питома густина становить приблизно 1.08 - 1.20 г/мл.

Sternzym STAR 34065 L має заявлену активність 14 000 од. АС/см<sup>3</sup>.

Sternzym STAR використовується для розрідження пшеничного, ячмінного, кукурудзяного та інших крохмальних заторів. Фермент ефективний у широкому робочому діапазоні; для максимального підвищення його продуктивності потрібно врахувати низку факторів. Оптимальне дозування ферменту залежно від умов застосування. Підвищене дозування ферменту рекомендується при високій концентрації твердих частинок та низькому рН.

Spritase GA 26400L концентрована глюкоамілаза ( $\alpha$ -1,4-Glucan glucohydrolase), отримана із *Aspergillus niger*. Глюкоамілаза гідролізує розрив  $\alpha$  - 1,4 - 1,6 глюкозидних зв'язків крохмалю, декстринів і олігоцукрів, відокремлює при цьому залишки молекули глюкози.

Глюкоамілаза Spritase GA 26400L сприяє ефективній і швидкій ферментації, зменшує час бродіння і збільшує вихід спирту за рахунок повного оцукрювання розрідженого крохмалю.

Spritase GA 26400L рідина коричневого кольору з характерним не ріжучим ферментаційним запахом, має легку розчинність у воді, густина 1.1 -1.2 г./мл.

Активність Spritase GA 26400L збільшується при підвищенні температури і досягає максимального значення в діапазоні температур 30-60°C.

При підвищенні до 65°C активність зменшується. Максимальна активність Spritase GA 26400L при рН 4.0-5.5.

Після ферментного розрідження крохмалю рекомендована норма витрат Spritase GA 26400L - 03-0.4 кг на тонну умовного крохмалю. Дозувати препарат можна в оцукрювач або в бродильний чан при всіх схемах і способах технологічного процесу переробки крохмалевмісної сировини на спирт.

LpHera - є унікальною, термостабільною альфа-амілазою для розрідження крохмалю з низьким показником рН. Розроблена для роботи при показнику рН 4,5–4,8. Ферментний препарат гідролізує  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки в амілозі та амілопектині до декстринів та олігосахаридів.

LpHera знижує кількість хімікатів для розрідження та оцукрювання. Вона також розроблена для гідролізу крохмалю таким чином, щоб створювати більше декстрази та менше мальтотріози у порівнянні зі звичайними альфа-амілазами.

Все це призводить до більш високих виходів, економії хімікатів, води та енергії та, зрештою, до найнижчої загальної вартості конверсії.

### **1.3. Загальна характеристика спиртових дріжджів**

Дріжджі - це одноклітинні гриби, які не утворюють міцелія, відносяться до класу сумчастих грибів-аскоміцетів. Дріжджові клітини бувають яйцевидної, еліпсоїдальної, овальної або витягнутої форми, яка як і їх довжина (6-11мкм), залежить від виду дріжджів та умов їх розвитку. Відношення поверхні клітини до її об'єму впливає на швидкість масообмінних процесів між клітиною і живильним середовищем, а отже і на інтенсивність життєдіяльності дріжджів.

Дріжджова клітина складається із оболонки, цитоплазми та ядра. Зовнішня частина оболонки утворена поліцукридами типу геміцелюлоз, переважно мананом і невеликою кількістю хітину, внутрішня частина – білковими речовинами, фосфоліпідами та ліпоїдами. Оболонка регулює стан клітинного вмісту і має селективну проникливість, тим самим суттєво відрізняється від звичайних напівпроникних мембран. Товщина клітинної стінки дріжджів до 400 нм.

В спиртовому бродінні основними збудниками являються дріжджі. Вони одноклітинні мікроорганізми рослинного походження. Дріжджі так як і пліснява та бактерії відносяться до одного великого підрозділу рослинного світу під назвою *Mycophyta*.

Дріжджі-один із самих старих помічників людини в світі мікроорганізмів: хліб, вино, спирт-це давно відомі продукти їх життєдіяльності.

Дріжджі відносяться до сімейства сахароміцетів і називаються *Saccharomyces cerevisiae*. Температурний режим для розмноження дріжджів знаходиться в межах від 25-30°C, а сама менша температура приблизно 2-3°C. При температурі 40°C ріст клітини дріжджей зупиняється і дріжджі відмирають. Але низькі температури дріжджі переносять добре, хотя розмноження їх призупиняється. Дріжджі не гибнуть навіть при температурі  $t = 180^\circ\text{C}$ .

При високій концентрації цукру в середовищі життєдіяльність дріжджів зупиняється, так як при цьому збільшується осмотичний тиск, при відповідному

значенні якого наступає плазмоліз дріжджових клітин. Величина граничної концентрації цукру для різних рас дріжджів різна.

Є дріжджі «верхового» та «низового» бродіння.

В кожній з цих груп є декілька рас. Дріжджі «верхового» бродіння в стадії інтенсивного бродіння збираються на поверхні середовища товстим шаром піни і залишаються в такому виді до кінця бродіння. Потім осідають на дно бродильного чану.

Дріжджі «низового» бродіння в середовищі не переходять в шар-піну, а швидко осідають в кінці бродіння в бродильному чані.

В спиртовому виробництві застосовують ті раси дріжджів «верхнього бродіння», які мають найбільшу енергію бродіння, та мають максимальний вихід спирту, зброджують моно і дісахариди, а також частину декстринів.

В спиртовому виробництві використовують дріжджі раси XII, M, XY при переробленні крохмалевмісної сировини. При переробленні меляси на спирт приміняють раси Я, Л, Г-67, Г-73, Р. Ці раси відносяться до сімейства *Saccharomycetaceae* роду *Saccharomyces*, виду *cerevisiae*.

Розмноження та розвиток дріжджової раси XII проходить дуже швидко. Вони зброджують глюкозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, мальтозу, маннозу, рафінозу на одну третину. Ця раса дріжджів накопичує в зброджуємому середовищі до 13% об'єму спирту.

### **1.3.1. Загальна характеристика сухих дріжджів «Innova Delta»**

Innova Delta – це нове рішення на основі не-ГМ дріжджів, розроблене для усунення стримувальних факторів ферментації у великомасштабному виробництві біопалива, що допомагає виробникам звільнитися від застарілої технології дріжджів, що обмежує їх можливості щодо покращення конверсії вхідних матеріалів та ефективність виробництва. Розроблена для забезпечення високої продуктивності та відповідності характеристикам передових модифікованих дріжджів, Innova Delta дає виробникам не-ГМ продуктів можливість послідовно досягати значно більших виходів етанолу, експлуатаційної ефективності та гнучкості, як ніколи раніше, підвищуючи

ефективність конверсії та конкурентоспроможність для прибутковості виробництва і цілей сталого розвитку.

Переваги:

- Збільшення виходу етанолу в середньому на +2%
- Подолання проблем ферментації, спричинених високими температурами та викидами органічних кислот, без зниження залишкових цукрів
- Виняткове підвищення продуктивності за рахунок ферментації із високим вмістом сухих речовин до 36% або збільшення швидкості ферментації до 30%
- Зниження експлуатаційного ризику та мінливості в кожній ферментації з гарантовано надійним запуском забезпечує надійність кожної ферментації.
- Поліпшення якості DDGS за рахунок зниження вмісту гліцерину до 26%

Може знизити потребу в сечовині до 90% та виключити дріжджові харчові добавки.

## 2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали досліджень

1. Сировина для виробництва спирту етилового ректифікованого, заміс, дозріла бражка, спирт етиловий ректифікований.
2. Ферментні препарати — Амілаза НТ 4000 N, Конверзим АМГ N, Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, LpHera, DIAZYM, AMYLEX.
3. Чиста культура дріжджів раси XII-T, активні сухі дріжджі раси Innova Delta ADY.
4. Засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А».

#### 2.1.1 Характеристика ферментних препаратів

Sternzym STAR — термостабільна  $\alpha$ -амілаза, вироблена штамом *Pseudomonas ssp.*, яка здійснює гідроліз внутрішніх  $\alpha$ -1,4-глюкозидних зв'язків крохмалю, глікогену, продуктів їх послідовного розчеплення, що приводить до швидкого зниження в'язкості клейстеризованих розчинів крохмалю на стадії розрідження. Цим самим забезпечується підготовку сусла до дії глюкоамілази. Кінцевими продуктами дії  $\alpha$ -амілаза на крохмаль є розчинні мальтодекстрини різної молекулярної маси та олігоцукри.

Перевага Sternzym STAR полягає в тому, що розрідження може проводитися в температурному діапазоні від 30 до 105 °С. Швидко і ефективно знижується в'язкість при розрідженні несолодженої сировини. Дозволяє використовувати високий гідромодуль. Знижує собівартість процесу. Активність Sternzym STAR не залежить від додавання іонів кальцію.

Sternzym STAR є світло-коричневою рідиною з типовим, недратівливим запахом бродіння. Вона легко змішується з водою, її питома густина становить приблизно 1,08...1,20 г/см<sup>3</sup>.

Sternzym STAR 34065 L має заявлену активність 14 000 од. АС/см<sup>3</sup>.

Sternzym STAR використовується для розрідження пшеничного, ячмінного, кукурудзяного та інших крохмальних заторів. Фермент ефективний у широкому робочому діапазоні. Для максимального підвищення його продуктивності потрібно врахувати низку факторів. Оптимальне дозування ферменту залежно від умов застосування. Підвищене дозування ферменту рекомендується за високої концентрації твердих частинок та низькому рН.

Spritase GA 26400L концентрована глюкоамілаза ( $\alpha$ -1,4-Glucan glucosylhydrolase), отримана із *Aspergillus niger*. Глюкоамілаза гідролізує розрив  $\alpha$ -1,4- та  $\alpha$ -1,6-глюкозидних зв'язків крохмалю, декстринів і олігоцукрів, відокремлює при цьому залишки молекули глюкози.

Глюкоамілаза Spritase GA 26400L сприяє ефективній і швидкій ферментації, зменшує час бродіння і збільшує вихід спирту за рахунок повного оцукрювання розрідженого крохмалю.

Spritase GA 26400L рідина коричневого кольору з характерним не ріжучим ферментаційним запахом, має легку розчинність у воді, густина 1,1...1,2 г/см<sup>3</sup>.

Активність Spritase GA 26400L збільшується при підвищенні температури і досягає максимального значення в діапазоні температур 30...60 °С.

При підвищенні температури до 65 °С активність зменшується. Максимальна активність Spritase GA 26400L спостерігається при рН 4,0...5,5.

Після ферментного розрідження крохмалю рекомендована норма витрат Spritase GA 26400L — 0,3...0,4 кг на 1 т умовного крохмалю. Дозувати препарат можна в оцукрювач або в бродильний апарат при всіх схемах і способах технологічного процесу переробки крохмалевмісної сировини на спирт.

LpHera — є унікальною, термостабільною  $\alpha$ -амілазою для розрідження крохмалю з низьким показником рН. Розроблена для роботи при показнику рН 4,5...4,8. Ферментний препарат гідролізує  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки в амілозі та амілопектині до декстринів та олігосахаридів.

LpHera знижує кількість хімікатів для розрідження та оцукрювання. Вона також розроблена для гідролізу крохмалю таким чином, щоб створювати більше декстрази та менше мальтотріози у порівнянні зі звичайними  $\alpha$ -амілазами. Все це призводить до більш високих виходів, економії хімікатів, води та енергії та, зрештою, до найнижчої загальної вартості конверсії.

AMYLEX — це термостійка  $\alpha$ -амілаза ферментний препарат, отриманий з *Bacillus licheniformis*. Ферментний препарат забезпечує швидке та ефективне зниження в'язкості під час розрідження несолоджененого зерна при низькому рН. Ефективний незалежно від сировини та багатий на танін. Основні характеристики: оптимальна температура — 85...95 °С; рН — 5,8...6,5. Дозування — 0,5 кг/т умовного крохмалю.

DIAZYME — це фермент оцукрювальної глюкоамілази (або амілоглюкозидази) отриманий з *Trichoderma reesei*. Ферментний препарат забезпечує високий ступінь розрідження, має високу глибину оцукрення; підвищує вихід зброджуваних цукрів; збільшує спиртовий вихід.

Основні характеристики: оптимальна температура: — 55...60 °С; рН — 4,0...4,5. Дозування — 0,4 кг/т умовного крохмалю.

### 2.1.2 Характеристика дріжджів

*Дріжджі раси XII-T* — це спиртові дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae*, які широко застосовуються у спиртовому виробництві (зернова, мелясна сировина). В проведених дослідженнях застосовувалися як **контрольна раса**.

Дріжджі засвоюють глюкозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, на 1/3 рафінозу, мальтозу, маннозу, інулін, ксиліт, арабінозу, етиловий спирт, гліцерин. Дріжджі добре переносять підвищену кислотність середовища, тобто зберігають свою життєдіяльність в середовищі з рН...2,0 після переведу їх в оптимальні для розвитку умови (рН 3,7...4,0) вони швидко відновлюються і починають активно зброджувати цукри.

*Недоліки:* мають короткий термін бродіння; менш стійкі до дуже високих температур; можуть поступатися сучасним штамам за швидкістю бродіння та спирторезистентцією.

Підприємства, що виробляють етиловий спирт з крохмалевмісної сировини, отримують чисту культуру дріжджів у пробірках від ДНУ «УкрНДІСпиртбіопрод».

Розведення чистої культури здійснюють шляхом послідовного пересіву з доведенням об'єму середовища до виробничої дріжджанки.

*Характеристики:* оптимальні рН — 3,7...3,8 і кислотність сусла — 0,7...0,8°. Кількість дріжджевих клітин під мікроскопом 150 млн. кл., в тому числі таких, що брунькуються, — 60...70 %, мертвих — 1...3 %. Витримують до 10 генерацій.

*Дріжджі раси Innova Delta* – це нове рішення на основі негомомодифікованих дріжджів, розроблене для усунення стримувальних факторів ферментації у великомасштабному виробництві спирту, що допомагає виробникам звільнитися від застарілої технології дріжджів, що обмежує їх можливості щодо покращення конверсії вхідних матеріалів та ефективність виробництва. Розроблені для забезпечення високої продуктивності та відповідності характеристикам передових модифікованих дріжджів. Дріжджі раси Innova Delta дають виробникам можливість послідовно досягати значно більших виходів спирту, експлуатаційної ефективності та гнучкості, як ніколи раніше, підвищуючи ефективність конверсії та конкурентоспроможність для прибутковості виробництва і цілей сталого розвитку.

*Переваги:*

- збільшення виходу спирту в середньому на 2 %;
- подолання проблем ферментації, спричинених високими температурами та викидами органічних кислот, без збільшення вмісту незброджених цукрів;
- виняткове підвищення продуктивності за рахунок ферментації із високим вмістом сухих речовин до 36 % або збільшення швидкості ферментації до 30 %;
- зниження експлуатаційного ризику та мінливості в кожній ферментації з гарантовано надійним запуском забезпечує надійність кожної ферментації.

*Характеристики:* оптимальні рН — 4,8...5,6 і кислотність — 0,4...0,5°. Кількість дріжджових клітин під мікроскопом 400 млн. кл., в тому числі таких,

що брунькуються, — 70...80 %, мертвих — 0,5...1,5 %. Витримують до 10 генерацій.

Закуповують підприємства у сухому вигляді, після регенерації одразу використовуються для зброджування сусла.

### **2.1.3 Засіб дезінфікуючий «БАКТРІЛОН-А»**

Засіб дезінфікуючий «БАКТРІЛОН-А» ТУ У 20.2-32531568-001:2017 дезінфікуючий засіб для довготривалого захисту від патогенної мікрофлори, для забезпечення стабільності процесу зброджування крохмалевмісної і мелясної сировини, шляхом пригнічення бактерійного забруднення при виробництві спирту. Знезаражуючий ефект розчинів препарату «Бактрілон-А» ґрунтується на його широкому спектрі антимікробної дії по відношенню до різних грам-позитивних та грам-негативних мікроорганізмів, грибів. Препарат активний в інтервалі значень рН від 3,0 до 8,5 і втрачає свою активність при температурі вище 80 °С. Після кип'ятіння в кінцевому продукті «Бактрілон-А» відсутній. Препарат помірно добре змішується з водою, ефективний проти більшості грам-позитивних і грам-негативних бактерій, плісняв, його пролонгована дія на 24...72 год. Має низькі норми застосування 0,5...1,0 г/м<sup>3</sup> сусла. За рахунок відсутності в засобі агресивних складових та окислювачів не викликає корозію металів, не ушкоджує виробів з гуми, полімерних матеріалів, лакофарбове і гальванічне покриття.

«Бактрілон-А» містить комплекс антибіотичних препаратів і антибактеріальних агентів. Випускається у вигляді: порошок дрібнокристалічний, білого або жовтуватого кольору.

«Бактрілон-А» стійкий при зберіганні. Термін зберігання — 3 роки. Зберігати у сухому, захищеному від світла, місці, при температурі від 0 до 25 °С.

## **2.2 Методи проведення дослідження**

### **2.1 Зброджування сусла у виробничих умовах**

#### **2.1.1 Приготування замісу, термоферментативна обробка та оцукрювання його**

Підготовка крохмалевмісної сировини до зброджування в етиловий спирт складається із таких технологічних стадій: подрібнення сировини, змішування помелу з водою (приготування замісу), попередній підігрів замісу, термоферментативна обробка замісу, охолодження та оцукрювання розрідженої маси.

Очищене від органічних, мінеральних та металевих домішок зерно подрібнювали на молоткових дробарках ДДМ-5 з отриманням помели зерна,

що більше ніж 95 % проходили через сито з отворами 1 мм. При подрібненні кукурудзи весь помел повинен повністю просіватись через сито з отворами 2 мм та на 95 % через сито з отворами 1 мм. У разі подрібнення ячменя, проса, жита, пшениці, сорго та інших культур якість помелу повинна відповідати таким показникам: залишок на ситі з отворами 3 мм не більше 0,1%, а просів через сито з отворами 1 мм — не менше ніж 95 %.

Для приготування замісу подрібнене зерно постійно подається в збірник замісу із дробарок. Одночасно з помелом в збірник замісу через дозатор подається гаряча вода з температурою 70...72 °С. Рівень води підтримується автоматично за допомогою приладів регулювання.

Для приготування замісу на 1 кг подрібненого зерна, залежно від його крохмалистості і вологості, береться 2,0...3,0 дм<sup>3</sup> води, щоб забезпечити концентрацію суслу 16,0...20,0 % сухих речовин по цукроміру. До 30 % потрібної кількості води замінюють фугатом барди. Для розрідження замісу в збірник для його приготування дозується розріджуючий ферментний препарат Амілаза НТ 4000 N, який є джерелом термостабільної  $\alpha$ -амілази.

Для вивільнення крохмалю з рослинних клітин сировини та його розчинення в воді зернові заміси обробляють за допомогою тепла і ферменту  $\alpha$ -амілази. Приготовлений зерновий заміс відцентровим насосом подається в першу ступінь колони АТФО, де його нагрівають гострою парою до температури 92...95 °С.

З першої ступені колони АТФО підігрітий зерновий заміс до температури 92...95 °С через верхню частину колони подається в другу ступінь АТФО, де також підтримується температура 92...95 °С. З нижньої частини другої ступені АТФО маса відцентровим насосом подається у другий контур першого пластинчатого теплообмінника. Далі маса подається у перший контур другого пластинчатого теплообмінника, де за допомогою артезіанської води, яка проходить через другий контур другого пластинчатого теплообмінника охолоджується до температури 62 °С. Після другого теплообмінника розварена маса подається у перший контур третього спірального теплообмінника, де також артезіанською водою, яка проходить через другий контур пластинчатого теплообмінника, охолоджується до температури 28...30 °С, одночасно сюди додаються оцукрюючі ферментні препарати.

Далі розварена, охолоджена та оцукрена маса подається у бродильне відділення. Завдяки теплообміну між розрідженою масою та артезіанською водою в спіральних теплообмінниках номер два та три артезіанська вода нагрівається до температури 70 °С та подається в збірник теплої води після чого направляється на збірник замісу. Незконденсовані гази відводяться

зверху колон АТФО першої та другої ступені у повітря. Тривалість проходження маси через апарати АТФО становить 4,5 год. Температурний режим для всіх видів зерна 90 °С, а для кукурудзи 92...95 °С.

Охолодження розрідженої маси до температури складки здійснюється у трьох спіральних теплообмінниках. З третього спірального теплообмінника охолоджене до температури 30 °С сусло відцентровим насосом перекачується у бродильний апарат.

Оцукрення сусла здійснюють в бродильному апараті з використанням ферментних препаратів, що містять глюкоамілазу.

Сусло спиртового виробництва повинно мати такі показники: видима густина — 16...22 %, загальна кислотність — 0,1...0,25°, рН — . Воно повинно бути повністю оцукреним.

### ***2.1.2 Приготування засівних дріжджів***

На підприємстві використовують чисту культуру дріжджів та активні сухі дріжджі.

На початку виробничого сезону дріжджі готують із чистої культури, яку отримують в пробірках із лабораторії чистих культур ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод», або отримують засівні дріжджі, чи розводять із сухих дріжджів необхідної раси.

Розведення чистої культури дріжджів проводиться шляхом послідовного пересіву з доведенням об'єму до виробничої дріжджанки.

Для розмноження застосовують дріжджі XII раси з використанням сусла, приготовленого з різних зернових культур. Розмножуються сірчано-кислі дріжджі в механізованих дріжджанках на оцукреному суслі з концентрацією сухих речовин 16...18 %. Оцукрене сусло подається насосом в дріжджанку прямо з оцукрювача за температури 58...60 °С, а потім підігрівається до температури 70 °С і витримується при цієї температурі 30 хв. До сусла додається глюкоамілазний ферментний препарат для дооцукрювання крохмалю та декстринів протягом трьох годин. Потім сусло охолоджують до температури 56... 58 °С, підкисляють сірчаною кислотою до 0,55... 0,70°, рН 3,6... 3,8 і охолоджують до 30 °С.

Розмноження дріжджів продовжується 18... 24 год. Для покращення живлення дріжджів в сусло вноситься додатково ферментний препарат, а також карбамід і діамонійфосфат.

Необхідна температура в дріжджанках підтримується подачею води в змійовик для охолодження або гострої пари для підігрівання. Дріжджі вважаються зрілими при досягненні концентрації сусла рівної 1/3 від початкової. Зростання кислотності не дозволяється, мертвих клітин повинно

бути не більше 1 %. Кількість дріжджових клітин повинно бути не менше 60...150 млн кл./см<sup>3</sup>, дріжджі повинні бути чистими, без сторонньої мікрофлори.

Від зрілих дріжджів відбираються засівні дріжджі, решту перекачують в бродильний апарат. Якщо використання дріжджів в бродильному відділенні затримується, то для збереження їх активності вони охолоджуються.

При наявності інфекції зрілі дріжджі відбирають із дріжджанки в маточник. Підкисляють сірчаною кислотою до 2,0... 2,5° і витримують 30...40 хв.

Після цього її задають в сусло, кислотність якого на 0,1...0,2° нижча порівняно із звичайною. Після очищення витрати засівних дріжджів збільшують до 15... 20 %, а температуру складки підвищують на 1...2 °С.

Нормативні норми витрат ферментних препаратів та поживних речовин наведені в табл. 2.1 і 2.2.

**Таблиця 2.1. Норми витрат ферментних препаратів**

Найменування ферментного препарату і джерело ферменту	Витрати на 1т умовного крохмалю	
	препарату товарного, дм <sup>3</sup>	в перерахунку на одиниці активності за чинними НД, ×10 <sup>6</sup>
Амілаза НТ 4000 N (термостабільна α-амілаза)	400 АС/см <sup>3</sup>	0,6 дм <sup>3</sup> /т
Spritaze GA 26400 L (глюкоамілаза)	17000 од. ГЛС/см <sup>3</sup>	350...400 см <sup>3</sup> /т
Sternzym Star 28062 L (термостабільна α-амілаза, кисла протеаза)	365,000 од./г	0,1...0,2 кг/т
LpHera (термостабільна α-амілаза)		

**Таблиця 2.2. Норми витрат поживних речовин**

Найменування допоміжного матеріалу	Нормативний документ	Одиниця виміру	Норми витрат
Кислота сірчана (в моногідраті)	ДСТУ 2184:2018	кг/1000 дал спирту	22,8
Вапно хлорне	Згідно чинної нормативної документації	кг/1000 дал спирту	25,0

Карбамід	ДСТУ 7312:2013	кг/1000 дал спирту	6,0
НОБАК	ТУ У 24.2- 31339253.001-2003	кг/1000 дал спирту	1...2 г/м <sup>3</sup>
Діамонійфосфат технічний	Згідно чинної нормативної документації	кг/1000 дал спирту	2,0

### **2.1.3 Періодичне зброджування сусла**

При періодичному способі зброджування в бродильний апарат на початку заливу разом з суслим подається вся необхідна кількість дріжджів. Їх витрати дріжджів повинні бути 6...8 % від об'єму зброджувального сусла, що буде зброджуватися.

Заповнення бродильного апарату суслим має тривати не більше 8...10 год.

Тривалість зброджування, рахуючи від початку заливу апарата до початку перегонки дозрілої бражки, складає 68...90 год. Температура складки при 3-х добовому зброджуванні повинна бути 28...30 °С, температура в апараті при головному бродінні — 28...32 °С, при зброджуванні — 27...30 °С. Температура при бродінні сусла підтримується завдяки надходженню води у змієвики бродильних апаратів.

Нормативними показниками дозрілої бражки є: кислотність, масова частка сухих речовин, вміст алкоголю, кількість незброджених вуглеводів, кількість нерозчинного крохмалю, оцукрююча активність. Наростання кислотності в дозрілій бражці за нормальних умов виробництва не повинна перевищувати 0,2°, вміст незброджених вуглеводів — 0,25...0,45 г/100 см<sup>3</sup>, вміст нерозчинного крохмалю — 0,03...0,2%, вміст спирту — 10,0...13,5 % об., розведення дозрілої бражки водою забороняється.

Бродильні апарати герметизовані, забезпечені гідрозатворами і підключені до спиртоуловлювача, який представляє собою одну царгу із багатоковпачковими тарілками (кількість тарілок 8 шт.) від ректифікаційної колони. При відсутності достатньої кількості бродильних апаратів або холодної води в літній період тривалість збродження тимчасово може бути скорочена до 48 год.

Кількість спирту, яка виноситься з бродильного апарату діоксидом вуглецю, залежить від швидкості газу, міцності та температури дозрілої бражки і в середньому складає 0,8%.

Промивні води із спиртоуловлювача надходять у збірник, а потім перекачуються на БРУ. Концентрація спирту в промивній воді складає

1,5...2,0 % об. Для рівномірного розподілення дріжджів по всій масі бродильного апарату використовується перемішування міксерами. Перше перемішування проводиться після заповнення бродильного апарату на 1/3. Друге після заповнення половини апарату і третє по закінченню заливу апарату.

Під час головного бродіння масу не перемішують, а перемішування поновлюють лише через 36 год від початку заливу апарату і періодично повторюють через кожні 4 год.

Дозрілу бражку з бродильних апаратів насосом перекачують в проміжну ємкість, а звідси на БРУ для одержання спирту етилового ректифікованого неденатурованого.

## 2.2 Зброджування суслу у лабораторних умовах

Дослідження проводились у лабораторних умовах на базі лабораторії підприємства. Як об'єкти досліджень використовували кислу протеазу Sternzym FP 21021L,  $\alpha$ -амілазу LpHera та глюкоамілазу SPRITAZE GA 26400L (фірма «SternEnzym GmbH & Co.KG, Німеччина), засіб дезінфікуючий «Бактрілон-А».

Ферментний препарат Sternzym FP 21021L — це рідкий ферментний препарат з протеазною активністю. Білки ферментів стабілізовані водою і хлоридом натрію. Препарат застосовується у харчовій промисловості для гідролізу білкових сполук, що сприяє підвищенню технологічних процесів. Основні характеристики Sternzym FP 21021L представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Основні характеристики ферментного препарату Sternzym FP 21021L

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату FP 21021L
Зовнішній вигляд	рідина
Колір	коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,15...1,20
pH, од.	5,0...7,0
Амілолітична активність, од./г	145...175
Оптимальні умови:	
pH, од.	5,0...7,0
температура, °C	85...95

Ферментний препарат SPRITAZE GA 26400L — це ферментний препарат концентрованої глюкоамілази ( $\alpha$ -1,4-Glucan glucohydrolase), отриманий із

*Aspergillus niger*. Глюкоамілаза гідролізує розрив  $\alpha$ -1,4- і  $\alpha$ -1,6 глюкозидних зв'язків крохмалю, декстринів і олігоцукрів, відокремлює при цьому залишки молекули глюкози. Глюкоамілаза SPRITAZE GA 26400L сприяє ефективній і швидкій ферментації, зменшує час бродіння і збільшує вихід спирту за рахунок повного оцукрювання розрідженого крохмалю. Активність SPRITAZE GA 26400L збільшується при підвищенні температури і досягає максимального значення в діапазоні температур 30...60 °С. Характеристика ферментного препарату SPRITAZE GA 26400L представлена в табл. 2.4., препарату LpHera — в табл. 2.5.

**Таблиця 2.4. Основні характеристики ферментного препарату SPRITAZE GA 26400L**

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату SPRITAZE GA 26400L
Зовнішній вигляд	рідина
Колір	коричневий
Густина, г/мл	1,1-1,2
pH, од.	4,0-5,5
Амілолітична активність, од./г	20 000
Оптимальні умови:	
pH, од.	4,0-5,5
температура, °С	до 65

Норма витрати ферментного препарату, рекомендована фірмою — виробником, становить для ферментного препарату STERNZYM FP 21021L — 0,05 кг на 1 т умовного крохмалю, для SPRITAZE GA 26400L — 0,3...0,5 кг на 1 т умовного крохмалю, ферментного препарату LpHera від 0,15 до 0,30 кг на 1т умовного крохмалю.

**Таблиця 2.5. Основні характеристики ферментного препарату LpHera**

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату LpHera
Зовнішній вигляд	Сиропоподібна рідина
Колір	коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,261
pH, од.	4,2...6,0
Оптимальна температура роботи, °С	до 110

Розріджування та оцукрювання зернового замісу на основі зерна здійснювали в лабораторних умовах.

Лабораторне зброджування проводили в колбах об'ємом 4 дм<sup>3</sup> в термостатах (рис. 2.1) за температури  $30\pm 2$  °С лабораторних умовах і отримані результати порівнювали з даними бродіння в бродильних апаратах, умови якого були ідентичними за використаною сировиною, ферментними препаратами та їх дозуванням і расою дріжджів.



*Рис. 2.1. Зброджування сусла в лабораторних умовах*

Після завершення бродіння дозрілу бражку перегнали та аналізували кількісний і якісний склад на хроматографі, а після згонки бродильного апарату було зроблено хроматографічний аналіз спирту етилового ректифікованого.

### **2.3 Методи досліджень**

Контроль за бродінням здійснювали в лабораторному досліді шляхом зміни маси за певний проміжок часу, в бродильному апараті — за зміною концентрації сусла за такий же проміжок часу. За отриманими результатами розраховували швидкість бродіння.

Фізико-хімічні показники зерна, замісу, сусла, дозрілої бражки визначали за методами встановленими технохімічним контролем виробництва спирту із крохмалевмісної сировини.

Вміст летких домішок дозрілої бражки і спирту етилового ректифікованого визначали газохроматографічним методом.

*Статистичні методи аналізу* включали: визначення стандартного відхилення, середнього значення та довірчих інтервалів з використанням програмного забезпечення: R Studio, Microsoft Excel, Statistica.

# 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТУ ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)

## 3.1 Зброджування суслу дріжджами раси XII-Т

Для роботи використовували ферментний препарат глюкоамілаза Spritase GA 26400L, ферментний препарат DIAZYМ, ферментний препарат АМУLEX, дріжджі раси XII- Т. Основна сировина — кукурудза з вмістом крохмалю — 61,5 %, вологістю — 13 %, засміченістю — 0,8 %.

Ферментний препарат *SPRITAZE GA 26400L* — це ферментний препарат концентрованої глюкоамілази ( $\alpha$ -1,4-Glucan glucosylhydrolase), отриманий із *Aspergillus niger*. Глюкоамілаза гідролізує розрив  $\alpha$ -1,4- і  $\alpha$ -1,6-глюкозидних зв'язків крохмалю, декстринів і олігоцукрів, відокремлює при цьому залишки молекули глюкози. Глюкоамілаза *SPRITAZE GA 26400L* сприяє ефективній і швидкій ферментації, зменшує час бродіння і збільшує вихід спирту за рахунок повного оцукрювання розрідженого крохмалю. Активність *SPRITAZE GA 26400L* збільшується при підвищенні температури і досягає максимального значення в діапазоні температур 30...60 °С.

Характеристика ферментного препарату *SPRITAZE GA 26400L* представлена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Основні характеристики ферментного препарату *SPRITAZE GA 26400L*

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату <i>SPRITAZE GA 26400L</i>
Зовнішній вигляд	рідина
Колір	коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,1...1,2
рН, од.	4,0-5,5
Амілолітична активність, од./г	20 000
Оптимальні умови:	
рН, од.	4,0...5,5
температура, °С	до 65

Норма витрати ферментного препарату, рекомендована фірмою-виробником, становить: для *STERNZYМ FP 21021L* — 0,5 кг на 1 т умовного крохмалю, а для *SPRITAZE GA 26400L* — 0,3...0,5 кг на 1 т умовного крохмалю.

*AMYLEX* — це термостійка  $\alpha$ -амілаза ферментний препарат, отриманий з *Bacillus licheniformis*. Ферментний препарат забезпечує швидке та ефективно зниження в'язкості під час розрідження несолоджененого зерна при низькому рН. Ефективний незалежно від сировини та багатий на танін. Основні характеристики: оптимальна температура — 85...95 °С; рН — 5,8...6,5. Дозування — 0,5 кг/т умовного крохмалю.

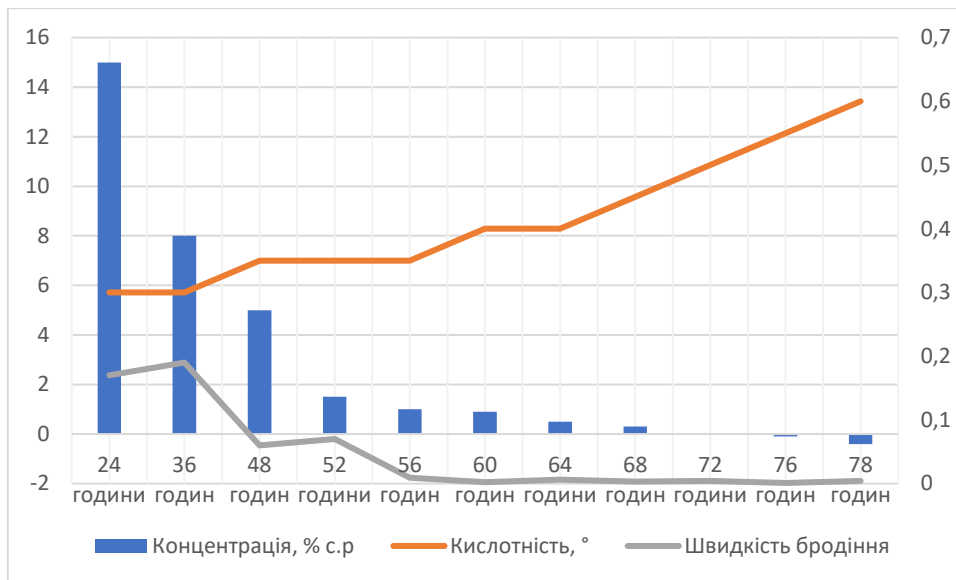
*DIAZYME* — це фермент оцукрювальної глюкоамілази (або амілоглюкозидази) отриманий з *Trichoderma reesei*. Ферментний препарат забезпечує високий ступінь розрідження, має високу глибину оцукрення; підвищує вихід зброджуваних цукрів; збільшує спиртовий вихід.

Основні характеристики: оптимальна температура: — 55...60 °С; рН — 4,0...4,5. Дозування — 0,4 кг/т умовного крохмалю.

Динаміка зброджування суслу наведена в табл. 3.2 і рис. 3.1, за отриманими результатами зміни концентрації суслу розраховували швидкість бродиння.

**Таблиця 3.2. Зміни технохімічних показників під час зброджування сусла дріжджами раси XII-T**

Тривалість бродиння, год	Концентрація суслу, %	Кислотність, °	Швидкість бродиння, % СР/год
24	15	0,3	0,33
36	8	0,3	0,58
48	5	0,35	0,25
52	1,5	0,35	0,07
56	1	0,35	0,009
60	0,9	0,4	0,002
64	0,5	0,4	0,006
68	0,3	0,45	0,003
72	0	0,5	0,004
76	-0,1	0,55	0,001
78	-0,4	0,60	0,004
рН бражки — 4,2			
Незброджені цукри — 0,380 г/100 см <sup>3</sup>			
Нерозчинний крохмаль — 0,1 г/100 см <sup>3</sup>			
Міцність бражки — 10,8 % об.			



**Рис. 3.1. Динаміка збродження суслу дріжджами раси XII-T**

Бродіння з використанням дріжджів раси XII-T проходило інтенсивно та стабільно. Головне бродіння тривало протягом перших 48 год із середньою швидкістю 0,34 % СР/год. За 78 год було забезпечено повне збродження цукрів, що підтверджується від'ємним значенням кінцевої концентрації сухих речовин (-0,4 %). Середня швидкість бродиння становила 0,25 % сухих речовин за годину, що свідчить про високу активність дріжджів і ефективність їх використання у спиртовому виробництві.

Враховуючи високу бродильну активність дріжджів раси XII-T, збродження суслу можна зупиняти на 60-ій годині, коли концентрація суслу дорівнює 0,9 %, а швидкість бродиння становить — 0,02 % СР/год.

Звертає увагу незначне підвищення кислотності бражки, що свідчить про ефективність дії антисептика «БАКТРИЛОН-А».

Якісний і кількісний склад летких домішок спирту етилового ректифікованого наведено на рис. 3.2.

Як видно із наведених даних в спирті представлені всі чотири групи летких домішок. Із них найбільша належить альдегідам (1,07 мг/ дм<sup>3</sup> б.с.) і сивушному маслу (0,93 мг/ дм<sup>3</sup> б.с.). Звертає на себе наявність кротонового альдегіду (0,19 мг/ дм<sup>3</sup> б.с.), який негативно впливає на органолептичні показники спирту етилового ректифікованого. Але, концентрація летких домішок знаходилась в межах встановлених ДСТУ 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови.

## Отчет хроматограммы

### Паспорт хроматограммы

Проект:	Спирт_12_2022	Колонка:	
Название метода:	спирт07_2023	Проба:	спирт проба 1
Дата и время:	20.09.2023 8:58:27	Метод расчета:	Абсолютная градуировка
Анализ.Хроматограмма:	506.2	Объем, мкл:	1
Оператор:		Разведение:	1
		Источник:	

### Расчет по компонентам

Время, мин	Компонент	Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Детектор
5.773	ацетальдегид	альдегиды	0.361	0.223	0.87425	мг/дм.куб	ПИД-2
6.465	метилацетат	эстери	0.069	0.058	0.17608	мг/дм.куб	ПИД-2
7.013	етилацетат	эстери	0.072	0.055	0.12019	мг/дм.куб	ПИД-2
7.077	метанол	метанол	0.615	0.256	0.00018	об'ємні %	ПИД-2
7.369	ізопропанол	сивушні масла	0.640	0.184	0.92813	мг/дм.куб	ПИД-2
9.861	кротональдегид	альдегиды	0.152	0.074	0.19544	мг/дм.куб	ПИД-2

### Расчет по группам

Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Кол-во компонентов
альдегиды	0.513	0.297	1.06968	мг/дм.куб	2
эстери	0.141	0.112	0.29627	мг/дм.куб	2
метанол	0.615	0.256	0.00018	об'ємні %	1
сивушні масла	0.640	0.184	0.92813	мг/дм.куб	1

### Хроматограммы

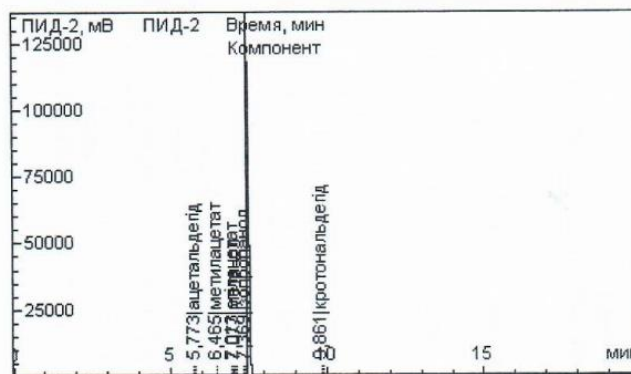


Рис. 3.2. Склад летких домішок спирту етилового ректифікованого

## 3.2 Зброджування суслу дріжджами раси Innova Delta

Як об'єкти досліджень використовували кислу протеазу Sternzym FP 21021L,  $\alpha$ -амілазу LpHera та глюкоамілазу SPRITAZE GA 26400L (фірма «SternEnzym GmbH & Co.KG, Німеччина), засіб дезинфікуючий «Бактрілон-А». Основна сировина — кукурудза з вмістом крохмалю — 61,5 %, вологістю — 13 %, засміченістю — 0,8 %.

Характеристика ферментного препарату SPRITAZE GA 26400L наведена в табл. 3.1.

Ферментний препарат Sternzym FP 21021L — це рідкий ферментний препарат з протеазною активністю. Білки ферментів стандартизовані водою і хлоридом натрію. Засіб застосовується у харчовій промисловості для гідролізу білкових сполук, що сприяє підвищенню технологічних процесів.

Основні характеристики ферментного препарату Sternzym FP 21021L представлені в табл. 3.3.

**Таблиця 3.3. Основні характеристики ферментного препарату Sternzym FP 21021L**

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату FP 21021L
Зовнішній вигляд	рідина
Колір	коричневий
Густина, г/мл	1,15...1,20
pH, од.	5,0...7,0
Амілолітична активність, од./г	145...175
Оптимальні умови:	
pH, од.	5,0...7,0
температура, °C	85...95

LpHera — це термостабільна  $\alpha$ -амілаза, розроблена для гідролізу крохмалю для утворення більшого обсягу декстрази. Тільки незначна ефективність розкриття втрачається, якщо температура збільшується зі 105 до 107,5°C або навіть 110°C. При відносно високих рівнях сухої речовини під час розрідження (вище 38%) може бути корисно збільшити температуру до 110 °C, сприяючи зниженню в'язкості та утворенню декстрину. Рекомендоване дозування становить від 0,15 до 0,30 кг/т умовного крохмалю в залежності від часу декстринізації, цільового ДЕ та інших параметрів процесу. Основні характеристики ферментного препарату Sternzym LpHera представлені в табл. 3.4.

**Таблиця 3.4. Основні характеристики ферментного препарату LpHera**

Найменування показника	Характеристика ферментного препарату LpHera
Зовнішній вигляд	Сиропоподібна рідина
Колір	коричневий
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,261
pH, од.	4,2-6,0
Оптимальна температура, °C	105...110 °C

Дріжджі раси Innova Delta це дріжджі нового покоління призначені для заводів, на яких період ферментації понад 50 год. Вони допоможуть заводам, які прагнуть вищого виходу етанолу, не жертвуючи якістю ферментації. Їх основні властивості та дозування наведені в табл. 3.5 і рис. 3.3.

**Таблиця 3.5. Властивості та дозування дріжджів раси Innova Delta**

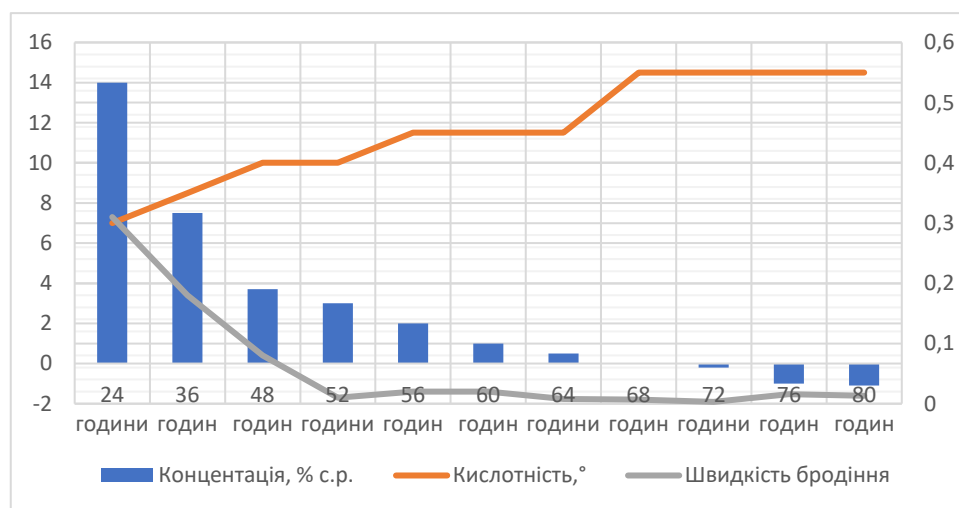
Назва продукту	Доза на порцію	Рекомендації	Цільова кількість клітин
Innova Delta	30...40 кг	Регідратація: 15...20 хв макс, 36 °С (не перевищувати 37 °С ), рециркуляція при додаванні дріжджів, вимкнути рециркуляцію при регідратації. Умови розмноження: 6...9 год, 20...25 % сухих речовин, 90...93 °F (32,2...33,9 °С), рН 4,6...5,3, 1000...2000 ppm сечовини. Пряме завантаження в ємність для ферментації: рекомендоване завантаження 90...130 кг в залежності від розміру ємності, часу ферментації та сухих речовин.	200...300 мільйонів життєздатних клітин на см <sup>3</sup>

Динаміка зброджування сусла наведена в табл. 3.5 і рис. 3.3, за отриманими результатами зміни концентрації сусла розраховували швидкість бродиння.

**Таблиця 3.2. Зміни технохімічних показників під час зброджування сусла дріжджами раси Innova Delta**

Тривалість бродиння, год	Концентрація сусла, %	Кислотність, °	Швидкість бродиння, % СР/год
24	14	0,3	0,29
36	7	0,3	0,58
48	4	0,35	0,24
52	1,2	0,35	0,07
56	1	0,35	0,009
60	0,9	0,4	0,002
64	0,5	0,4	0,006
68	0,3	0,45	0,003

72	0	0,45	0,004
76	-0,1	0,45	0,001
80	-0,2	0,45	0,004
рН бражки — 4,5			
Незброжені цукри — 0,280 г/100 см <sup>3</sup>			
Нерозчинний крохмаль — 0,01 г/100 см <sup>3</sup>			
Міцність бражки — 11,2 % об.			



**Рис. 3.3. Динаміка збродження суслу дріжджами раси Innova Delta**

Бродіння з використанням дріжджів раси Innova Delta проходило інтенсивно та стабільно. Головне бродіння тривало протягом перших 48 год із середньою швидкістю 0,44 % СР/год. За 80 год було забезпечено повне збродження цукрів, що підтверджується від'ємним значенням кінцевої концентрації сухих речовин (-0,2 %). Середня швидкість бродиння становила 0,35 % сухих речовин за годину, що свідчить про високу активність дріжджів і ефективність їх використання у спиртовому виробництві.

Враховуючи високу бродильну активність дріжджів раси Innova Delta, збродження суслу можна зупиняти на 60-ій годині, коли концентрація суслу дорівнює 0,9 %, а швидкість бродиння становить — 0,02 % СР/год.

Якісний і кількісний склад летких домішок бражного дистилляту і спирту етилового ректифікованого наведено на рис. 3.4 і 3.5.

Як видно із наведених даних, в бражному дистилляті представлені всі чотири групи летких домішок. Причому найбільша частка належить сивушному маслу (194,26 мг/ дм<sup>3</sup> б.с.), вміст альдегідів і етерів практично однаковий (близько 6,0 мг/ дм<sup>3</sup> б.с.).

## Отчет хроматограммы

### Паспорт хроматограммы

Проект:	Спирт_2025	Колонка:	
Название метода:	спирт_2025	Проба:	бражк середня проба
Дата и время:	03.07.2025 11:46:15	Метод расчета:	Абсолютная градуировка
Анализ.Хроматограмма:	403.2	Объем, мкл:	1
Оператор:		Разведение:	1
		Источник:	

### Расчет по компонентам

Время, мин	Компонент	Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Детектор
5.834	ацетальдегид	альдегиди	3.124	1.874	6.32906	мг/дм.куб	ПИД-2
6.527	метилацетат	эстери	0.024	0.038	0.05906	мг/дм.куб	ПИД-2
6.669	акролеїн		0.014	0.033	0.04683	мг/дм.куб	ПИД-2
7.030	етилацетат	эстери	3.497	1.823	6.31187	мг/дм.куб	ПИД-2
7.102	метанол	метанол	1.228	0.601	0.00035	об`ємні %	ПИД-2
7.403	ізопропанол	сивушні масла	0.039	0.036	0.05310	мг/дм.куб	ПИД-2
9.246	н-пропанол	сивушні масла	13.683	4.640	16.84130	мг/дм.куб	ПИД-2
10.337	ізобутанол	сивушні масла	21.440	8.360	23.37700	мг/дм.куб	ПИД-2
11.531	н-бутанол	сивушні масла	1.217	0.385	1.43324	мг/дм.куб	ПИД-2
12.909	ізоаміловий спирт	сивушні масла	141.635	46.650	152.55590	мг/дм.куб	ПИД-2

### Расчет по группам

Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Кол-во компонентов
	0.014	0.033	0.04683	мг/дм.куб	1
альдегиди	3.124	1.874	6.32906	мг/дм.куб	1
эстери	3.521	1.861	6.37093	мг/дм.куб	2
метанол	1.228	0.601	0.00035	об`ємні %	1
сивушні масла	178.013	60.071	194.26054	мг/дм.куб	5

### Хроматограммы

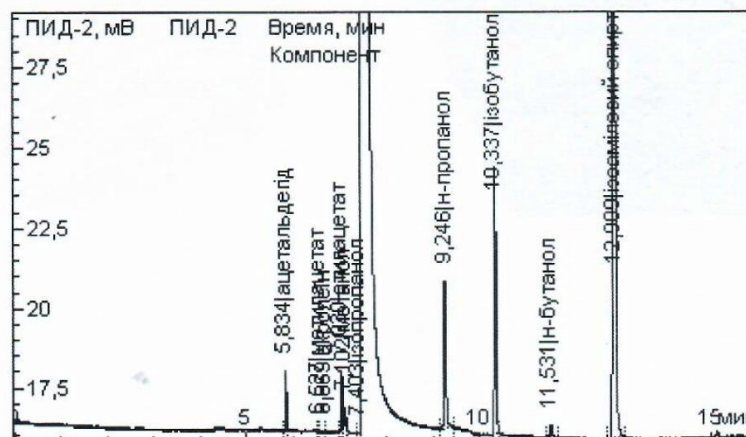


Рис. 3.4. Склад летких домішок бражного дистиляту

Склад летких домішок спирту етилового ректифікованого був традиційним, що свідчить про відсутність негативного впливу дріжджів раси Innova Delta і застосованих ферментних препаратів на органолептичні та фізико-хімічні показники спирту, за якими відповідав всім вимогам ДСТУ 4221:2003.

## Отчет хроматограммы

### Паспорт хроматограммы

Проект:	Спирт_2025	Колонка:	
Название метода:	спирт_2025	Проба:	спиртовой дистиллят 2 эксперимент
Дата и время:	09.07.2025 10:20:57	Метод расчета:	Абсолютная градуировка
Анализ.Хроматограмма:	418.2	Объем, мкл:	1
Оператор:		Разведение:	1
		Источник:	

### Расчет по компонентам

Время, мин	Компонент	Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Детектор
5.832	ацетальдегид	альдегиды	1.324	0.539	2.49348	мг/дм.куб	ПИД-2
6.519	метилацетат	эстери	0.044	0.042	0.10684	мг/дм.куб	ПИД-2
6.705	акролеин		0.008	0.030	0.02617	мг/дм.куб	ПИД-2
7.023	етилацетат	эстери	4.091	1.974	7.38489	мг/дм.куб	ПИД-2
7.106	метанол	метанол	0.634	0.276	0.00018	об'ємні %	ПИД-2
7.353	ізопропанол	сивушні масла	0.049	0.035	0.06771	мг/дм.куб	ПИД-2
9.255	н-пропанол	сивушні масла	6.526	1.916	8.03271	мг/дм.куб	ПИД-2
10.324	ізобутанол	сивушні масла	14.779	5.197	16.11436	мг/дм.куб	ПИД-2
11.153	ізоамілацетат	эстери	0.187	0.080	0.23458	мг/дм.куб	ПИД-2
11.533	н-бутанол	сивушні масла	0.767	0.283	0.90296	мг/дм.куб	ПИД-2
12.909	ізоаміловий спирт	сивушні масла	115.892	37.971	124.82842	мг/дм.куб	ПИД-2

### Расчет по группам

Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Ед. концентрации	Кол-во компонентов
	0.008	0.030	0.02617	мг/дм.куб	1
альдегиды	1.324	0.539	2.49348	мг/дм.куб	1
эстери	4.322	2.096	7.72632	мг/дм.куб	3
метанол	0.634	0.276	0.00018	об'ємні %	1
сивушні масла	138.013	45.402	149.94616	мг/дм.куб	5

### Хроматограммы

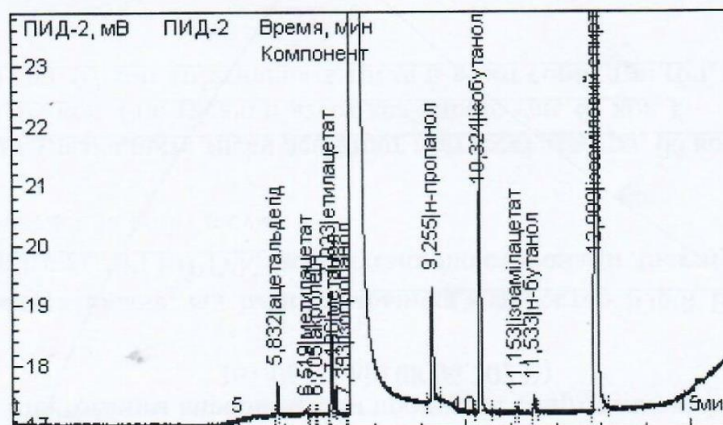


Рис. 3.5. Состав летких домішок спирту етилового ректифікованого

## 3.3 Висновки

1. Застосування інноваційних ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, LpHera у виробництві сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якості кінцевого продукту. Сучасні ферменти забезпечують швидке і ефективно розщеплення крохмалю та білків, знижують енергетичні витрати та мінімізують кількість відходів, що робить технологічний процес

більш економічним і екологічно безпечним. Отже, використання інноваційних ферментів є важливим чинником оптимізації виробничих процесів і підвищення їх ефективності.

2. Використання інноваційних дріжджів раси Innova Delta у виробничих процесах підвищує ефективність ферментації, стабільність бродіння та якість кінцевого продукту. Вони зброджують цукри значно швидше ніж раси XII-T. Сучасні штами дріжджів відзначаються більшою стійкістю до стресових умов, швидким ростом і високою продуктивністю, що забезпечує збільшення виходу продукту та скорочення тривалості технологічного циклу. Таким чином, використання інноваційних дріжджів є важливим кроком для оптимізації виробництва та підвищення його економічної та технологічної ефективності.

3. В проведеній роботі підтверджено норми витрат та дійсно ефективність роботи інноваційних ферментних препаратів, а також дріжджів. Варильне відділення працювало ефективно, оцукрення розвареної маси було стабільним, добрим. Бродіння суслу в бродильних чанах відбувалось нормально без проявів закисання. Міцність бражки була в межах 10-12% об'ємних. Якість спирту відповідала сорту «Люкс», мала гарні органолептичні та фізико-хімічні показники.

4. Засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А» підтвердив свою ефективність для довготривалого захисту від патогенної мікрофлори, для забезпечення стабільності процесу зброджування крохмалевмісної сировини, шляхом пригнічення бактерійного забруднення при виробництві спирту.

5. Використання сучасних ферментів і високопродуктивних дріжджів у виробничому процесі сприяло оптимізації бродіння, підвищенню виходу продукту. Це дозволило зменшити витрати сировини та енергії, підвищити ефективність виробництва і позитивно вплинуло на фінансові показники заводу приблизно на 5 %.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Використання інноваційних ферментних препаратів забезпечило глибше розрідження і повніше оцукрення крохмалю; збільшення кількості зброджуваних цукрів; зменшення втрат крохмалю з бардою.

Приріст виходу спирту становив у середньому 1,5...3,0 %, що при промислових обсягах дало значний економічний ефект.

А також у сучасних умовах спиртового виробництва підвищуються вимоги до енергоефективності технологій, що дає зменшення собівартості продукції, підвищення виходу спирту з одиниці сировини; скорочення тривалості виробничого циклу.

Застосування інноваційних ферментних препаратів та високопродуктивних спиртових дріжджів нового покоління є економічно доцільним шляхом досягнення таких цілей.

Інноваційні дріжджі ефективніше зброджують цукри, підвищують якість спирту, це призводить до зменшення втрат спирту.

Незважаючи на вищу вартість інноваційних ферментів і дріжджів, сумарний економічний ефект досягається за рахунок:

- збільшення виходу готової продукції;
- зниження енерго - та матеріальних витрат;
- скорочення тривалості виробничого циклу;
- підвищення стабільності та керованості процесу.

У підсумку собівартість на 1 дал спирту зменшується, а рентабельність виробництва зростає.

**Планова калькуляція собівартості виробництва  
спирту етилового ректифікованого  
на листопад 2025 р**

<b>План виробництва</b>		
<b>75 000,00</b>		
<b>дал</b>		
<b>Найменування витрат</b>	<b>Собівартість одиниці продукції, грн/дал</b>	<b>Собівартість всього випуску, грн</b>
Сировина та основні матеріали	201,18	15 088 332,62
Основна сировина (зерно 8600)	193,43	14 507 423,08
Ферменти	7,75	580 909,54
Зворотні відходи	0,00	
Сировина за відрахуванням відходів	201,18	15 088 332,62
Допоміжні матеріали	0,60	44 728,76
Паливо на технологічні цілі ( газ- 11 грн)	102,97	7 722 611,98
Електроенергія на технологічні цілі	28,19	2 113 929,45
Зарплата працівників	37,57	2 818 000,00
Відрахування на соцстрахування	0,00	0,00
Загальновиробничі витрати	1,75	131 132,00
Інші виробничі витрати		
Попутна продукція, в тому числі:	0,00	0,00
	0,00	
<b>Виробнича собівартість</b>	<b>372,25</b>	<b>27 918 734,81</b>
Адміністративні витрати	3,16	236 834,50
Витрати на збут (46000 за машину)	13,83	1 037 135,63
Інші витрати	0,00	0,0
<b>Повна собівартість</b>	<b>389,24</b>	<b>29 192 704,93</b>
Прибуток	10,76	<b>807702,58</b>
<i>Рентабельність, %</i>	<i>2,76</i>	<i>2,77</i>
<b>Оптова ціна</b>	<b>400,00</b>	30 000 407,51
ПДВ, 20 %	80,00	6000081,50
<b>Відпускна ціна, грн/дал</b>	<b>480,00</b>	36000489,01

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Загальні положення та нормативно-правова база

Організація охорони праці на малому крафтовому підприємстві з виробництва ігристих сидрів здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України, галузевих нормативів та стандартів. Правові, організаційні та соціально-економічні засади охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці» [25], який встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечних і здорових умов праці, проведення навчання, інструктажу, забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), розслідування нещасних випадків тощо. Взаємопов'язані положення містяться також у Кодексі законів про працю України, Законі України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», Законі України «Про пожежну безпеку» тощо.

У виробництві харчових продуктів, зокрема сидру, діють загальні нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), правила безпечної експлуатації обладнання, електроустановок, посудин, що працюють під тиском, а також санітарні норми і правила для харчової промисловості (державні санітарні норми і правила, ДсанПіН, гігієнічні регламенти). Організація виробничого середовища та умов праці має відповідати вимогам стандартів системи управління охороною праці, а для харчових підприємств також принципам НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points), які тісно пов'язані з попередженням виробничих небезпек на технологічних етапах.

Для малих крафтових цехів характерне поєднання функцій персоналу (технолог, оператор, мийник тари, працівник розливу, складський працівник), що підвищує значущість правильної організації робочих місць, проведення інструктажів та заходів профілактики травматизму.

### 5.2 Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Технологічний процес виробництва спирту включає велику кількість різноманітних технологічних процесів. Для такого підприємства типовими є такі групи небезпечних і шкідливих факторів:

- *механічні фактори*: рухомі частини дробарок, пресів, насосів; ризик травмування рук при обслуговуванні обладнання, роботі з металевою тарою, ручним переміщенням вантажів (ящики, кеги, бутелі);
- *хімічні фактори*: використання мийних та дезінфікувальних засобів (лужні та кислотні розчини, дезінфектанти на основі пероксидів, хлору тощо), контакт із мийними лугами при СІР-мийці; можливе виділення парів CO<sub>2</sub> під час ферментації, зберігання та розливу;
- *фізичні фактори*: підвищена вологість повітря, локальні зниження температури в камерах зберігання, шум від насосів, компресорів,

- вентиляторів, вібрація від обладнання, можливі локальні різкі перепади температури при роботі з гарячими мийними розчинами;
- *електричні фактори*: робота з електродвигунами, насосами, автоматикою, щитами керування; підвищена небезпека у вологих приміщеннях;
  - *ергономічні та психофізіологічні фактори*: статичні навантаження, робота стоячи, вимушені пози, підйом і перенесення вантажів до 20...30 кг, монотонні операції при розливі, фасуванні та маркуванні.

Окремо важливо враховувати *ризик накопичення вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>)* у приміщеннях з ферментерами, особливо при недостатній вентиляції. У високих концентраціях CO<sub>2</sub> є задушливою та небезпечною для життя газовою сумішшю, тому проектування вентиляції та моніторинг повітряного середовища є обов'язковими елементами системи безпеки.

### **5.3 Організація системи управління охороною праці на підприємстві**

На малому крафтовому підприємстві з чисельністю до 20...50 працівників функції служби охорони праці може виконувати або спеціально призначена особа, або сам керівник (за умови проходження відповідного навчання та перевірки знань з охорони праці згідно з типовим положенням про навчання з питань охорони праці). Система управління охороною праці має включати:

- розроблення *Положення про охорону праці* на підприємстві;
- затвердження інструкцій з охорони праці за професіями та видами робіт (для оператора розливу, мийника тари, технолога, працівника складу тощо);
- проведення вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів;
- організацію медичних оглядів (періодичних та попередніх);
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (спецодяг, рукавиці, захисне взуття, окуляри, респіратори/маски за потреби);
- здійснення систематичного виробничого контролю за санітарним станом, мікрокліматом, освітленням, шумом тощо.

Підприємство зобов'язане розробити та впровадити комплексну документацію з охорони праці (накази, протоколи інструктажів, журнали реєстрації нещасних випадків, акти розслідувань), що відповідає вимогам законодавства.

### **5.4 Вимоги до виробничих приміщень, мікроклімату та освітлення**

Виробничі приміщення бродильного відділення мають відповідати санітарно-гігієнічним вимогам до підприємств харчової промисловості. Стіни, підлоги та стелі повинні виконуватися з матеріалів, стійких до дії мийних і дезінфікуючих розчинів, що легко миються і не вбирають вологу. Підлога

повинна бути неслизькою, із ухилом для стікання рідин у трапи, щоб уникнути травматизму при пересуванні працівників.

**Мікроклімат** у приміщеннях ферментації та розливу повинен підтримуватися в межах оптимальних або допустимих параметрів температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, відповідно до гігієнічних норм для робочих місць в харчовій промисловості. У зонах роботи з холодними камерами (зберігання яблук, сусла, готової продукції) мають бути передбачені заходи щодо обмеження перебування працівників у знижених температурах, чергування режимів роботи і відпочинку, забезпечення відповідним теплим спецодягом.

**Освітлення** виробничих приміщень повинно забезпечувати достатню видимість робочих зон, джерел небезпеки, органів керування обладнанням і засобів безпеки. Використовуються переважно системи комбінованого освітлення (природне та штучне). Штучне освітлення проектується згідно з будівельними нормами та галузевими санітарними нормами для харчових підприємств, із урахуванням відблисків, засліплення та рівномірності.

## 5.5 Безпека при експлуатації обладнання та робота з CO<sub>2</sub>

До основного технологічного обладнання крафтового сидрового цеху належать дробарки, преси, насоси, ферментери, фільтри, мийні установки, резервуари, лінії розливу (ручні або напівавтоматичні), обладнання для миття та дезінфекції тари.

При експлуатації механізмів мають виконуватися такі вимоги:

- наявність захисних огорожень на рухомих частинах (приводні паси, шестерні, вали);
- застосування блокування і запобіжних пристроїв, що виключають доступ до небезпечних зон під час руху;
- чітко промарковані органи керування (пуск/стоп, аварійне вимкнення);
- забезпечення електробезпеки (заземлення, автоматичні вимикачі, УЗО, відповідність класу захисту для вологих приміщень).

Особливу увагу необхідно приділяти **безпеці при роботі з вуглекислим газом**:

- ферментери, де відбувається бродіння, повинні розташовуватися у добре вентильованих приміщеннях [5];
- допускається використання природної та/або примусової вентиляції з урахуванням можливого накопичення CO<sub>2</sub> в нижніх шарах приміщення;
- при відкриванні люків, декантації, переливі сидру необхідно забезпечити провітрювання та виключити присутність працівника в безпосередній зоні можливого викиду газу [6];
- при використанні балонів із CO<sub>2</sub> (для карбонізації чи подачі газу) необхідно дотримуватися правил експлуатації посудин під тиском,

зберігати балони у вертикальному положенні, захищати від нагрівання та механічних пошкоджень.

### **5.6. Робота з мийними і дезінфікуючими засобами**

Миття та дезінфекція обладнання, трубопроводів, ємностей і тари (СІР-мийка, ручне миття) пов'язані з використанням хімічно активних речовин (лужні й кислі миючі засоби, дезінфектанти на основі пероксидів, хлору, четвертинних амонієвих сполук тощо) [7]. Основні вимоги безпеки:

- зберігання мийних і дезінфікуювальних засобів у спеціально відведених місцях, у тарі з етикетками;
- використання ЗІЗ: гумові рукавиці, фартухи, захисні окуляри або щитки, при необхідності — респіратори [15, 16, 17];
- приготування робочих розчинів — лише в добре вентильованому місці, у суворій відповідності до інструкції виробника;
- заборона змішування засобів, що можуть утворювати токсичні гази;
- обов'язкове навчання персоналу правилам роботи з хімічними реагентами та надання першої допомоги при попаданні на шкіру, слизові чи в очі.

### **5.7 Пожежна та електробезпека**

Крафтове виробництво сидру належить до об'єктів з підвищеними вимогами пожежної безпеки, оскільки можливі:

- зберігання спиртовмісних рідин;
- використання картонної, полімерної та дерев'яної тари;
- наявність електрообладнання, що працює у вологих умовах.

Підприємство повинно:

- мати категорію приміщень за пожежною небезпекою згідно з чинними нормами;
- забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники відповідного типу та кількості, пожежні щити, знаки безпеки);
- розробити та затвердити план евакуації, інструкції з пожежної безпеки;
- проводити інструктаж з пожежної безпеки для всіх працівників;
- утримувати вільними евакуаційні виходи, проходи, доступ до засобів гасіння.

*Електробезпека* забезпечується:

- використанням електрообладнання, що відповідає класу захисту для вологих приміщень;
- справністю ізоляції, заземленням;
- застосуванням захисного відключення (УЗО);
- заборона робіт з електрообладнанням працівникам, які не мають відповідної групи допуску;

- регулярними оглядами та випробуваннями електромереж і обладнання [39].

## **5.8 Навчання, інструктажі та забезпечення засобами індивідуального захисту**

Кадрова політика в галузі охорони праці на спиртовому підприємстві повинна передбачати:

- вступний інструктаж з охорони праці для всіх, хто приймається на роботу;
- первинний інструктаж на робочому місці перед початком самостійної роботи;
- повторні інструктажі у встановлені строки (як правило, не рідше одного разу на 6 місяців);
- позапланові інструктажі у разі змін технології, введення нового обладнання, нещасних випадків тощо;
- цільові інструктажі при виконанні разових робіт підвищеної небезпеки.

Працівники повинні забезпечуватися:

- спецодягом (халати/комбінезони, водостійкі фартухи для мийних операцій);
- спецвзуттям (з неслизькою підошвою, за потреби - із захисним підноском);
- рукавицями (бавовняні, гумові, хімістійкі);
- засобами захисту очей (окуляри/щитки);
- при необхідності - засобами захисту органів дихання.

Засоби індивідуального захисту повинні використовуватися відповідно до інструкцій, регулярно оглядатися, митися, дезінфікуватися або замінюватися.

## **5.9 Профілактика травматизму, нещасних випадків та перша допомога**

Для зниження ризиків травматизму:

- організовується безпечне складування тари, ящиків, допоміжних матеріалів (стелажі, обмеження висоти штабеля);
- забезпечується належний стан підлог (своєчасне прибирання пролитих рідин, уникнення слизьких поверхонь);
- впроваджуються позначення небезпечних зон (наклейки, сигнальні кольори);
- ведеться аналіз причин нещасних випадків, розробляються профілактичні заходи.

На підприємстві мають бути:

- аптечки першої допомоги (у доступних місцях);
- працівники, навчені наданню до медичної допомоги;

- інформаційні матеріали про дії у випадку травм, опіків, хімічних уражень, отруєння CO<sub>2</sub>.

### **Висновки до розділу**

Система охорони праці на підприємстві з виробництва спирту є важливим елементом загальної системи управління виробництвом і якістю продукції. Враховуючи особливості технології (ферментація, наявність CO<sub>2</sub>, використання мийних та дезінфікуючих засобів, робота з механічним обладнанням), саме комплексний підхід до аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, дотримання вимог українського законодавства з охорони праці, пожежної та електробезпеки, санітарно-гігієнічних норм дозволяє забезпечити безпечні та здорові умови праці для персоналу, мінімізувати ризики виробничого травматизму та професійних захворювань.

## 6 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

### 6.1 Загальні положення та нормативно-правова база цивільного захисту

Організація цивільного захисту підприємств з виробництва спирту здійснюється відповідно до норм чинного законодавства України, які визначають порядок функціонування єдиної державної системи цивільного захисту, її повноваження, завдання та вимоги щодо забезпечення безпеки працівників і населення у надзвичайних ситуаціях.

Основним нормативним документом є *Кодекс цивільного захисту України* [28], який регламентує правові та організаційні засади захисту населення, територій і суб'єктів господарювання від надзвичайних ситуацій техногенного, природного та соціального характеру. Додатково застосовуються: Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [23]; Постанова КМУ № 444 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» [41]; Постанова КМУ № 508 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» [42]; Наказ МВС № 579 «Про затвердження правил техногенної безпеки» [36]; ДСТУ ISO 22320:2014 «Менеджмент надзвичайних ситуацій» [21].

Усі підприємства, незалежно від форми власності, зобов'язані забезпечувати готовність персоналу та виробничих систем до дій у надзвичайних ситуаціях, організовувати первинні заходи безпеки, проводити навчання та інструктаж працівників.

### 6.2. Потенційні небезпеки спиртового виробництва та їхній вплив на цивільний захист

Виробництво має низку потенційних факторів ризику, що можуть стати джерелами надзвичайних ситуацій:

1. *Викид або накопичення CO<sub>2</sub>*. CO<sub>2</sub> утворюється внаслідок природного або керованого бродіння. У разі недостатньої вентиляції можливе накопичення небезпечних концентрацій, що становлять загрозу життю працівників.

2. *Пожежі та загоряння*. На підприємстві зберігаються спиртовмісні рідини та пакувальні матеріали, а також експлуатується електрообладнання у вологих умовах, що підвищує ризик короткого замикання.

3. *Аварії при поводженні з обладнанням під тиском*. Балони CO<sub>2</sub>, кеги, насосні системи та ємності можуть створювати ризики руйнування оболонки або гідравлічного удару.

4. *Хімічна небезпека*. При використанні мийних та дезінфекційних засобів можливі випадки витікання, неправильного змішування або утворення токсичних газів.

5. *Надзвичайні ситуації природного характеру*. Для Закарпаття, Карпатського регіону та деяких областей України ризик підтоплень, сильних

буревіїв, обмерзання та тривалого вимкнення електроенергії є статистично значущим.

Підприємство зобов'язане враховувати ці фактори і розробляти заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій, зменшення наслідків аварій та захисту персоналу згідно з Кодексом ЦЗ [28].

### **6.3 Організація системи цивільного захисту на підприємстві**

Цивільний захист організовується за принципом *локальної системи*, що включає:

1. *Призначення відповідального з цивільного захисту.* Керівник підприємства відповідно до статті 20 Кодексу ЦЗ [28] призначає наказом *особу, відповідальну за цивільний захист*, яка проходить спеціальне навчання (згідно з Постановою КМУ № 444 [41]).

2. *Документація цивільного захисту.* Підприємство розробляє: План реагування на надзвичайні ситуації; Інструкції про порядок дій персоналу при аваріях, пожежах, витоку CO<sub>2</sub>, травмах; Плани евакуації працівників; Журнал реєстрації інструктажів і тренувань з ЦЗ; Перелік потенційно небезпечних факторів підприємства. Ідентифікація небезпек проводиться згідно з Постановою КМУ № 508 [21].

3. *Навчання та інструктажі.* Працівники проходять: вступний інструктаж з цивільного захисту; первинний інструктаж на робочому місці; щорічні тренування з евакуації; навчання діям у разі витоку CO<sub>2</sub>, пожежі, вибуху або нещасного випадку. Навчання проводиться відповідно до Порядку підготовки керівного складу і фахівців ЦЗ (Наказ МВС № 579 [36]).

### **6.4. Попередження небезпечних ситуацій та їх локалізація**

На підприємстві повинна бути система раннього виявлення небезпек яка включає: датчики CO<sub>2</sub> у зоні ферментації та розливу; вентиляцію згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [43]; сигналізацію про перевищення допустимих концентрацій CO<sub>2</sub> (ДСанП 2.2.4-171-10 [45]); контроль справності електромереж (ПУЕ); перевірку стану обладнання під тиском (НПАОП 0.00-1.15-07 [38]).

На підприємстві повинна бути комплексна система пожежної безпеки яка включає: вогнегасники (порошкові/вуглекислотні); системи оповіщення та евакуації; плани евакуації; первинні засоби пожежогасіння згідно з ДСТУ EN 3-7:2014.

Роботи виконуються відповідно до Закону «Про пожежну безпеку» [24] та ДБН В.1.1-7:2016 [3].

У разі витоку CO<sub>2</sub> потрібно: негайно зупинити роботу; залишити приміщення; відкрити вентиляційні клапани; у разі втрати свідомості евакуювати потерпілого, надати першу допомогу; викликати ДСНС (101).

Максимально допустима концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі робочої зони повинна бути 0,5 % (5000 ppm) згідно з ДСанП 2.2.4-171-10 [6].

## **6.5. Евакуація та організація дій персоналу**

Підприємство повинно мати: позначені шляхи евакуації; аварійні виходи; схему евакуації на видимих місцях; освітлені евакуаційні маршрути згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [4].

У разі надзвичайної ситуації: Відбувається оповіщення персоналу. Проводиться організована евакуація до збірного пункту. Відповідальний за ЦЗ проводить контроль присутності. Викликаються відповідні служби (ДСНС, швидка допомога, поліція). За необхідності проводиться локалізація аварії.

## **6.6 Взаємодія підприємства з місцевими органами цивільного захисту**

Підприємство зобов'язане: подавати інформацію про потенційні небезпеки (Постанова КМУ № 508 [53]); повідомляти про аварії та надзвичайні ситуації ДСНС; брати участь у перевітках та інспекціях техногенної та пожежної безпеки; виконувати приписи контролюючих органів; інформувати працівників та населення про заходи безпеки.

## **6.7. Висновки до розділу**

Цивільний захист на підприємстві з виробництва спирту є важливим елементом комплексної системи безпеки. Правильна організація роботи, впровадження нормативних вимог, своєчасне навчання та інструктажі, технічні та організаційні заходи дозволяють запобігти надзвичайним ситуаціям, мінімізувати їх наслідки та забезпечити безпеку персоналу й територій. Враховуючи специфіку спиртового виробництва — наявність CO<sub>2</sub>, спиртовмісних середовищ, дезінфекційних засобів та обладнання під тиском - система цивільного захисту має поєднувати технологічні, організаційні та інформаційні методи протидії потенційним ризикам.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Застосування інноваційних ферментних препаратів Spritaze GA 26400 L, Sternzym Star 28062 L, LpHera у виробництві сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якості кінцевого продукту. Сучасні ферменти забезпечують швидке і ефективно розщеплення крохмалю та білків, знижують енергетичні витрати та мінімізують кількість відходів, що робить технологічний процес більш економічним і екологічно безпечним. Отже, використання інноваційних ферментів є важливим чинником оптимізації виробничих процесів і підвищення їх ефективності.

2. Використання інноваційних дріжджів раси Innova Delta у виробничих процесах підвищує ефективність ферментації, стабільність бродіння та якість кінцевого продукту. Вони зброджують цукри значно швидше ніж раси XII-T. Сучасні штами дріжджів відзначаються більшою стійкістю до стресових умов, швидким ростом і високою продуктивністю, що забезпечує збільшення виходу продукту та скорочення тривалості технологічного циклу. Таким чином, використання інноваційних дріжджів є важливим кроком для оптимізації виробництва та підвищення його економічної та технологічної ефективності.

3. В проведеній роботі підтверджено норми витрат та дійсно ефективність роботи інноваційних ферментних препаратів, а також дріжджів. Варильне відділення працювало ефективно, оцукрення розвареної маси було стабільним, добрим. Бродіння сусла в бродильних чанах відбувалось нормально без проявів закисання. Міцність бражки була в межах 10-12% об'ємних. Якість спирту відповідала сорту «Люкс», мала гарні органолептичні та фізико-хімічні показники.

4. Засіб дезінфікуючий «БАКТРИЛОН-А» підтвердив свою ефективність для довготривалого захисту від патогенної мікрофлори, для забезпечення стабільності процесу зброджування крохмалевмісної сировини, шляхом пригнічення бактерійного забруднення при виробництві спирту.

5. Використання сучасних ферментів і високопродуктивних дріжджів у виробничому процесі сприяло оптимізації бродіння, підвищенню виходу продукту. Це дозволило зменшити витрати сировини та енергії, підвищити ефективність виробництва і позитивно вплинуло на фінансові показники заводу приблизно на 5 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко П. Гідроферментативна обробка сировини / П. Бойко // Харч. і перероб. пром-сть. – 1998. – № 4. – С. 25-26.
2. Вплив зернових культур та ступеня дисперсності їх помелу на склад леткої частини спиртової бражки/ І.С. Гулий, А.І. Українець, П.Л. Шиян та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 2004. – № 2. – С. 16-17.
3. Енергозощаджуюча технологія спиртових бражок/ І. Гулий, П. Шиян, В. Домарецький та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 1999. – № 3. – С. 15.
4. Інтенсифікація процесу приготування спиртової бражки при низькотемпературному розварюванні замісів з жита / І.С. Гулий, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 1999. — № 11-12. – С. 20-21.
5. Козяр М.М. Основи охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту населення: навч. посіб. / М.М. Козяр, Я.І. Бедрій, О.В. Станіславчук. – К.: Кондор, 2014. – 458с.
6. Кодекс цивільного захисту України від 01.07. 2013. – 458 с.
7. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс]: / уклад. А.М. Куц, В.Л. Прибильський, М.В. Білько. Київ: НУХТ, 2022. 66 с.
8. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. – К.: НУХТ, 2014. – 67с. – Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/55.17.pdf>
9. Оптимізація технології спиртової бражки з кукурудзи / А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак [та ін.] // Харч. і перероб. пром-сть. – 2005. – № 6. – С. 16-19.
10. Основи охорони праці: підруч. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, та ін.; за ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – 2-ге вид., доп. та перероб. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
11. Пат. 18924 С12Ш/16 Україна. МКИ Термотолерантний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДТ-05 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / А.І. Українець, В.В. Сосницький, П.Л. Шиян та ін. – № 200606894; Заявл. 20.06.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 1.

12. Пат. 21122 Україна, МКИ В30В 9/14. Установа для розділення післяспиртової барди на рідку та тверду фази / І.І. Яковець, А.І. Українець, В.В. Сосницький та ін. – № 200613056; Заявл. 11.12.200 Опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2.
13. Пат. 35246 Україна, МКИ С12Р3/00. Спосіб одержання спиртових бражок крохмалевмісної сировини / І.С. Гулий, Ю.В. Жихарев, І.Д. Жолнер та ін. – № 99095022; Заявл. 09.09.199 Опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
14. Пат. 35247 Україна, МКИ С12Р3/00. Спосіб одержання спиртових бражок крохмалевмісної сировини / І.С. Гулий, Ю.В. Жихарев, І.Д. Жолнер та ін. – № 99095023; Заявл. 09.09.199 Опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
15. Пат. 70423 Україна, МКИ С12Р3/00. Спосіб одержання спиртових бражок крохмалевмісної сировини / І.Д. Жолнер, В.В. Сосницький, П.Л. Шиян та ін. – № 20040806752; Заявл. 12.08.2004.
16. Патент 72045 (2011.12), Україна. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Мудрак Т.О . Іванов С.В, Шиян П.Л, Олінійчук С.Т.; заявник Національний університет харчових технологій. – № 72045 від 07.12.2011р.
17. Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях [Електронний ресурс] // Верховна Рада України, 1994-2017. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12> (Дата звернення: 28.11.2017).
18. Правила безпеки для спиртового та лікєро-горілочного виробництва. ДНАОП 1.8.10-1.11-97. – К.: Держнаглядохоронпраці України, 1997. – 362 с.
19. Росолова Р.О. Особливості оцукрювання крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів / Росолова Р.О., Мельник С.Р. Маринченко В.О. // Харч. і перероб. пром-сть. – 2003. – № 1. – С. 18-19.
20. Римарева, Л.В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей / Л.В. Римарева. — М.: ДеЛи принт, 2010. — 251 с.
21. Склад легкої частини спиртової бражки / А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак [та ін.] // Харч. і перероб. пром-сть. – 2006. – № 2. – С. 18-20.
22. Сосницький В.В. Розробка технології культивування виробничих дріжджів при переробці зерна в спирт з використанням концентрованих ферментних препаратів: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.07 «технологія продуктів бродіння» / Віталій Володимирович Сосницький; Національний університет харчових технологій. – К., 2000. – С. 17.
23. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. / М.І. Стеблюк. – К.: «Урожай» ,2006. – 420 с.

24. Степанов В.И. Одностадийный метод переработки крахмалсодержащего сырья в технологи получения концентрированного зернового сусла для спиртового производства /В.И. Степанов // Перспективные направления научно-технического развития спиртовой и ликеро-водочной отрасли пищевой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть. – 2007. – С. 79-86.
25. Технологічні особливості переробки жита в етанол/ І. Гулий, А. Українець. П. Л. Шиян, Т.О. Мудрак // Харч. і перероб. пром-сть. – 2004. – № 1. – С. 18-19.
26. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрована ферментних препаратів селективної дії ТР У 00032744-812-2002. – К., 2002. – 92 с.
27. 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.
28. Типова технологічна інструкція з приймання і перероблення зерна кукурудзи вологістю 25-45 % в спирт, яке не пройшло штучного сушіння ТІ 30219014-ОК 2006. – К., 2006.
29. Хіврич О.В. Цивільний захист : курс лекцій для студентів усіх спеціальностей освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» і «магістр» денної та заочної форм навчання/ О.В. Хіврич, Н.В. Володченкова. – К.: НУХТ, 2015. – 207 с.
30. Цивільний захист на підприємствах харчової промисловості: навч. посіб. / за заг. ред. Б.Д. Харулова. – К.: «Центр учбової літератури», 2015. – 192 с.
31. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. – К.: Асканія, 2009. – 424 с.
32. Charis M. Galanakis, Effect of pressure and temperature on alcohol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on  $\gamma$ -alumina pellets / Charis M. Galanakis, Christos Kordulis, Maria Kanellaki // *Bioresource Technology*. 2012. – P. 492-499.
33. Bhupinder, S.S. Nanotechnology in agri-food production: an overview / S.S. Bhupinder // *Nanotechnol Sci*. 2014. – № 7. – P. 31-53.
34. Bayrock D.P. Michael Ingledew Application of multistage continuous fermentation for production of fuel alcohol by very-high-gravity fermentation technology // *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. – 2001. – № 27. – P. 87–93.
35. Kumari A. Nanotechnology in agri-food sector / A. Kumari, S. Yadav // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2014. – 54(8). – P. 75-84.

36. Optimization of main fermentation of high-gravity wort / R Kosiv, T. Kharandiuk, L. Polyuzhyn // *Chemistry & Chemical technology*. – 2016. – V. 10(6). – P. 349-353.
37. Triatement et valorization des vinasses: problematique et synthese des voies de valorization etudiees et envisages. Decloux Martine, Bories Andre (Франция, Ensia-Umr genial). *Ind. alim. et agr.* – 2001. – V. 118. – № 7. – P. 61-73.
38. Udeh, H.O. Effect of mineral ion addition on yeast performance during very high gravity wort fermentation / H.O. Udeh, T.E. Kgatla, I.O Jiddeani. // *International journal of biological, agricultural, food and biotechnological engineering*. – 2014. – V. 8-11. – P. 1208-1216.
39. Prasad, R. Nanotechnology in sustainable agriculture: present concerns and future aspects / R. Prasad, V. Kumar, K. Prasad // *Afr J Biotechnol.* – 2014. – V. 13(6). – P. 705–713.