

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

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

**«До захисту в ЕК»**

Директорка ННІХТ

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

«    » лютого 2024 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ Анатолій КУЦ  
(підпис)

«    » лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**  
із спеціальності **181 «Харчові технології»**

на тему: **Комплексна кафедральна магістерська робота «Дослідження культивування чистих культур сучасних пивоварних рас дріжджів. Розділ 2. «Розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних дріжджів»**

Виконала: здобувачка 2 курсу, групи ТБ-2-7М

Мучич Тетяна Валентинівна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Куц Анатолій Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

\_\_\_\_\_ Тетяна МУЧИЧ  
(підпис)

**Київ — 2024 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступень – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Харчові технології та інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри біотехнології  
продуктів бродіння та виноробства

\_\_\_\_\_Анатолій КУЦ

31 жовтня 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ Мучич Тетяні Валентинівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексна кафедральна магістерська робота «Дослідження культивування чистих культур сучасних пивоварних рас дріжджів. Розділ 2: «Розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних дріжджів»»

Керівник роботи Куц Анатолій Михайлович, зав. кафедри, доцент, канд. техн. наук

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06 листопада 2023 року №906-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 8 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Матеріали зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити вплив температури на розмноження чистої культури дріжджів в апаратах-пропагаторах.

4. Скласти математичну модель процесу і перевірити її адекватність.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які повинно розробити)

Титульний аркуш. Завдання на кваліфікаційну роботу. Анотація (трима мовами).

Зміст. Вступ. 1. Теоретичні аспекти культивування сучасних пивних рас дріжджів (аналітичний огляд літератури). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3.

Дослідження впливу температури та вмісту сухих речовин суслу бродильну активність дріжджів. 4. Оптимізація технологічного процесу. 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 з результатами досліджень — 8

## 2. Рисунок з результатами досліджень — 24

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 21 березня 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                                                                                   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1.    | Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження                                                                                             | 15.10.23-28.10.23             |          |
| 2.    | Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів | 29.10.23-6.11.23              |          |
|       | <b>1-а атестація</b>                                                                                                                                                  | <b>5.11.2022</b>              |          |
| 3.    | Експериментальні дослідження рас дріжджів, впливу температури на вміст загальної кількості та мертвих дріжджових клітин під час культивування в пропагаторах          | 08.11.23-19.12.23             |          |
| 4.    | Дослідити динаміку приросту загальної кількості клітин дріжджі та мертвих дріжджових клітин під час культивування                                                     | 20.12.22-15.01.24             |          |
|       | <b>2-а атестація</b>                                                                                                                                                  | <b>16.01.24</b>               |          |
| 5.    | Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником                                                                                               | 18.01.24-20.01.24             |          |
| 6.    | Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником                                                                                                    | 22.01.24-24.01.24             |          |
| 7.    | Оптимізація технологічного процесу                                                                                                                                    | 25.01.24-28.01.24             |          |
| 8.    | Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи                                                                                                                  | 29.01.24-31.01.24             |          |
| 9.    | Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи                                                                                                                 | 01.02.24-03.02.24             |          |
| 10.   | Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат                                                                                                                  | 04.02.24-05.02.24             |          |
| 11.   | Попередній розгляд роботи на кафедрі                                                                                                                                  | 06.02.24-10.02.24             |          |
| 12.   | Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК                                                                                                            | 11.02.24-13.02.24             |          |
|       | Захист роботи в ЕК                                                                                                                                                    | Згідно графіку                |          |

Здобувачка

Тетяна МУЧИЧ

Керівник роботи, завідувач кафедри,  
доцент, канд. техн. наук

Анатолій КУЦ

## АНОТАЦІЯ

**Мучич Тетяна Валентинівна.** Комплексна кафедральна магістерська робота «Дослідження культивування чистих культур сучасних пивоварних рас дріжджів. Розділ 2. «Розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних 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, 2024.

**Актуальність роботи.** Одними з найважливіших факторів, що впливають на ріст пивних дріжджів, є температура. Змінюючи температурний режим, можна отримати виробничі дріжджі, більш пристосовані до умов головного бродіння та бродіння в циліндричних конічних бродильних апаратах (ЦКБА). Використання таких виробничих дріжджів, дозволить виробляти високоякісне пиво за короткий час.

**Наукове значення роботи** полягає у обґрунтуванні технології розмноження ЧКД із застосуванням різних температурних режимів в апаратах чистої культури різної місткості з отриманням виробничих дріжджів краще пристосованих до зброджування пивного сусла і доброджування молодого пива.

**Практичне значення роботи.** На основі проведених досліджень підтвердили закономірність впливу температури культивування на фізіологічний стан дріжджів та інтенсивність окремих стадій росту.

За результатами досліджень встановлено, що оптимальним варіантом розмноження для досліджуваних штамів є температура 13 °C. За цих умов дріжджі досягають найкращих показників. За цих умов дріжджі краще підготовлені до головного бродіння в ЦКБА.

**Ключові слова:** сухі речовини сусла, чиста культура дріжджів, пивоварні дріжджі, культивування пивних дріжджів, температурний режим, апарат чистої культури дріжджів, кількість дріжджових клітин, бродильна активність, виробничі дріжджі.

|     |      |          |        |      |          |     |
|-----|------|----------|--------|------|----------|-----|
|     |      |          |        |      | Анотація | Арк |
|     |      |          |        |      |          |     |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |          | 3   |

## ABSTRACT

**Tetyana Valentynivna Muchych. Comprehensive departmental master's thesis "Research on the cultivation of pure cultures of modern brewing yeast races. Chapter 2: "Development of a rational method of cultivation of modern strains of brewing yeast""** Qualifying work for obtaining a master's degree in specialty 181 "Food technologies" under the educational program "Technologies of fermentation products and winemaking". National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

**Relevance of work.** One of the most important factors affecting the growth of brewer's yeast is temperature. By changing the temperature regime, it is possible to obtain production yeast that is more adapted to the conditions of main fermentation and fermentation in cylindrical conical fermenters (CCBA). The use of such production yeast will allow to produce high-quality beer in a shorter time.

**The scientific value of the work** consists in substantiating the technology of reproduction of CKD using different temperature regimes in pure culture apparatuses of different capacities to obtain production yeast better adapted to the fermentation of beer wort and fermentation of young beer.

**Practical meaning of work.** On the basis of the conducted studies, the regularity of the influence of the cultivation temperature on the physiological state of yeast and the intensity of individual growth stages was confirmed.

Based on the results of research, it was established that the optimal breeding option for the studied strains is a temperature of 13 oC. Under these conditions, yeast achieves its best performance. Under these conditions, the yeast is better prepared for the main fermentation in TsKBA.

**Key words:** wort dry matter, pure yeast culture, brewer's yeast, beer yeast cultivation, temperature regime, pure yeast culture apparatus, number of yeast cells, fermentation activity, production yeast.

|     |      |          |        |      |          |     |
|-----|------|----------|--------|------|----------|-----|
|     |      |          |        |      | Abstract | Арк |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |          | 4   |

## ABSTRAKTNÍ

**Tetyana Valentynivna Muchych. Komplexní resortní diplomová práce „Výzkum pěstování čistých kultur moderních závodů pivovarských kvasinek. Kapitola 2: "Vývoj racionálního způsobu pěstování moderních kmenů pivovarských kvasnic""**  
Kvalifikační práce pro získání magisterského titulu v oboru 181 "Potravinářské technologie" v rámci vzdělávacího programu "Technologie fermentačních produktů a výroby vína". Národní univerzita potravinářských technologií, Kyjev, 2024.

**Relevance práce.** Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících růst pivovarských kvasnic je teplota. Změnou teplotního režimu lze získat produkční kvasinky více přizpůsobené podmínkám hlavního kvašení a kvašení ve válcových kuželových fermentorech (CCBA). Použití takových výrobních kvasinek umožní vyrobit vysoce kvalitní pivo v kratším čase.

**Vědecká hodnota práce** spočívá v doložení technologie reprodukce CKD pomocí různých teplotních režimů v čistých kultivačních aparátech různých kapacit pro získání produkčních kvasinek lépe přizpůsobených kvašení pивní mladiny a kvašení mladého piva.

**Praktický smysl práce.** Na základě provedených studií byla potvrzena zákonitost vlivu kultivační teploty na fyziologický stav kvasinek a intenzitu jednotlivých růstových fází.

Na základě výsledků výzkumu bylo zjištěno, že optimální možností šlechtění pro studované kmeny je teplota 13 oC. Za těchto podmínek dosahují kvasnice svého nejlepšího výkonu. Za těchto podmínek jsou kvasinky lépe připraveny pro hlavní kvašení v TsKBA.

**Klíčová slova:** sladinová sušina, čistá kultura kvasinek, pivovarské kvasnice, kultivace pивních kvasnic, teplotní režim, kultivační aparát čistých kvasinek, počet buněk kvasinek, fermentační činnost, produkční kvasinky.

|     |      |          |        |      |            |     |
|-----|------|----------|--------|------|------------|-----|
|     |      |          |        |      | Abstraktní | Арк |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |            | 5   |

## ЗМІСТ

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                 | <b>9</b>  |
| <b>1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КУЛЬТИВУВАННЯ СУЧАСНИХ ПИВНИХ РАС ДРІЖДЖІВ (аналітичний огляд) .....</b> | <b>11</b> |
| 1.1. Характеристика пивоварних дріжджів.....                                                      | 11        |
| 1.2. Вимоги до пивних дріжджів .....                                                              | 15        |
| 1.3. Роль дріжджів у пивоварному виробництві.....                                                 | 17        |
| 1.4. Культивування чистої культури дріжджів у виробничих умовах .....                             | 20        |
| 1.5. Чинники, які впливають на розмноження і.....                                                 | 23        |
| біохімічну активність дріжджів .....                                                              | 23        |
| 1.6. Переваги культивування ЧКД на пивоварному виробництві .....                                  | 25        |
| 1.7. Висновки з огляду літератури .....                                                           | 26        |
| <b>2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>                                           | <b>28</b> |
| 2.1. Матеріали досліджень .....                                                                   | 28        |
| 2.2. Методика досліджень .....                                                                    | 30        |
| 2.3. Методи досліджень .....                                                                      | 32        |
| 2.4. Оброблення результатів досліджень.....                                                       | 37        |
| <b>3. ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЧИСТИХ КУЛЬТУР СУЧАСНИХ ПИВОВАРНИХ РАС ДРІЖДЖІВ.....</b>          | <b>38</b> |
| (експериментальна частина).....                                                                   | 38        |
| 3.1. Аналіз пивного сусла .....                                                                   | 38        |
| 3.2. Розмноження дріжджів за температури $8\pm 0,5$ °C (перший спосіб).....                       | 39        |
| 3.3. Розмноження дріжджів за температури $13\pm 0,5$ °C (другий спосіб) .....                     | 43        |
| 3.4. Розмноження дріжджів за температури $18\pm 0,5$ °C (третій спосіб).....                      | 46        |
| 3.5. Раціональний спосіб розмноження сучасних пивоварних рас дріжджів ..                          | 49        |
| 3.6. Висновки .....                                                                               | 51        |
| <b>4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....</b>                                                | <b>53</b> |
| <b>5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....</b>                                           | <b>58</b> |
| <b>6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>                                                                      | <b>59</b> |
| <b>7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ .....</b>                                                                  | <b>64</b> |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>                                                                    | <b>69</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>                                                       | <b>70</b> |

|            |           |  |  |  |                         |                    |      |        |    |
|------------|-----------|--|--|--|-------------------------|--------------------|------|--------|----|
|            |           |  |  |  |                         |                    |      |        |    |
|            |           |  |  |  |                         |                    |      |        |    |
|            |           |  |  |  |                         |                    |      |        |    |
| Разраб.    | Мучич Т.В |  |  |  | ПОЯСНЮВАЛЬНА<br>ЗАПИСКА | Лит.               | Лист | Листів |    |
| Перевію.   | Куц А.М   |  |  |  |                         |                    |      |        | 89 |
| Реценз.    |           |  |  |  |                         | Кафедра БПБВ, 2024 |      |        |    |
| Н. Контр.  |           |  |  |  |                         |                    |      |        |    |
| Затвердив. | Куц А.М.  |  |  |  |                         |                    |      |        |    |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

### Скорочення

АЧК

КДК

КЗС

КК

КМДК

НС

ПРУ

СРС

ЦКБА

ЧДК

### Тлумачення

апарат чистої культури

кількість дріжджових клітин

кінцевий ступінь зброджування

колба Карлсберга

кількість мертвих дріжджових клітин

надзвичайний стан

протирадіаційне укриття

сухі речовини сусла

циліндрично-конічний бродильний апарат

чиста культура дріжджів

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Пивоваріння — одна з найбільш динамічних галузей харчової промисловості. Воно займає важливе місце в переробній промисловості України. Необхідність виготовлення продукції високої якості за короткий термін і найменш дорогим способом спонукала виробників пива використовувати нові та сучасні процеси, які направлені на збереження енергії, збільшення продуктивності, зменшення собівартості та розширення асортименту.

Дріжджі є одним із основних компонентів в технології бродильного виробництва. Основним показником якості яких є їх бродильна активність.

Бродильна активність дріжджів має першорядне значення в пивоварінні. Швидкість і повнота зброджування вуглеводів сусла впливає не тільки на тривалість виробництва пива, але і на його якість. Це пов'язано з тим, що вона також визначає тривалість бродіння і здатність інтенсифікувати процес бродіння.

Важливим параметром в основному процесі культивування дріжджів є температура. Вона впливає не тільки на бродильну активність дріжджів, але й їх загальну кількість та кількість мертвих дріжджових клітин. Температура також має вплив і на смакові характеристики пива, зокрема, на вміст побічних продуктів бродіння і фізіологічні характеристики.

Дослідження, спрямовані на визначення впливу температури при культивуванні дріжджів на їх активність, сприятимуть підвищенню продуктивності пивоваріння та виробництву пива високої якості.

**Метою роботи** є розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних дріжджів.

**Задачі дослідження.** Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити вплив температури 8, 13 і 18 °C на фізіологічні та технологічні властивості пивоварних дріжджів внаслідок їх культивування в апаратах чистої культури різної ємності;

- оцінити динаміку загальної кількості, кількості мертвих та молодих здатних до поділу дріжджових клітин під час культивування ЧКД в різних температурних умовах;

- вибрати раціональний режим культивування пивних рас дріжджів для збільшення якості кінцевого продукту;

- забезпечити всі необхідні вимоги з охорони праці та цивільного захисту.

**Об'єкт дослідження** – технологія пива.

**Предмет дослідження** – культивування сучасних пивоварних рас дріжджів К-123, М-456, С-789.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В результаті написання роботи на основі теоретичних і експериментальних даних було встановлено залежність властивостей пивоварних дріжджів від впливу температури.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований раціональний режим культивування дріжджів рас ЧКД С-123, М-789, К-456 залежно від температури.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи.** Результати досліджень були обговорені та схвалені на:

- 88-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 2022 р. Київ. НУХТ;

- 89-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 2023 р. м. Київ. НУХТ.

**Публікації:** Дослідження зброджування пивного суслу із застосуванням чистої культури і активних сухих дріжджів /Катерина Ковальова, Тетяна Мучич, Михайло Бабійчук, Анатолій Куц. *Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* Київ: НУХТ, 2022. Ч.1. С.153.

Оптимізація розмноження чистої культури пивоварних дріжджів/ Катерина Ковальова, Тетяна Мучич, Анатолій Куц, Юрій Булій. «*Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* Київ: НУХТ, 2023. Ч.1. С. 208.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається з 6 розділів, висновків, списку використаної літератури з 42 найменувань, в тому числі 6 іноземними мовами. Робота виконана на 87 сторінках друкованого тексту розміру А4, містить 8 таблиць і 24 рисунки.

# 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КУЛЬТИВУВАННЯ СУЧАСНИХ ПИВНИХ РАС ДРІЖДЖІВ (аналітичний огляд)

## 1.1. Характеристика пивоварних дріжджів

Одними з найпоширеніших продуцентів є дріжджі — еукаріотичні одноклітинні мікроорганізми, що належать до родини грибів. Перші дріжджі з'явилися сотні мільйонів років тому і, як вважають, мають багатоклітинне походження. На сьогоднішній день ідентифіковано близько 1500 видів [2].

*Saccharomycetaceae* (сахароміцети) — найвідоміший та найважливіший для людини вид дріжджів. Сахароміцети мають велике значення у промисловості. Вони здатні спричиняти бродіння цукрів, а також швидко накопичувати біомасу, яка складається, в основному, з білків, багатих на незамінні амінокислоти. Кінцевими продуктами бродіння є вуглекислий газ і спирт. Дріжджі, які здатні швидко перетворювати цукри на ці продукти бродіння належать до культурних, їх застосовують у хлібопеченні, пивоварінні, спиртовій промисловості, виноробстві, виробництві квасу тощо [4].

Найбільш важливим і вивченим дріжджовим мікроорганізмом є представник роду *Saccharomyces*, а саме *S. cerevisiae*.

До роду *Saccharomyces* належать такі види: *S. cerevisiae*, *S. bayanus*, *S. Uvarum*, *S. Carlsbergensis*, *S. vini*.

Таксономія *Saccharomyces cerevisiae*:

- домен — Еукаріоти (Eukaryota)
- царство — Гриби (Fungi або Mycota)
- відділ — Аскоміцети (Ascomycota)
- клас — Сахароміцети (Saccharomycetes)
- порядок — Saccharomycetales
- родина — Saccharomycetaceae
- рід — *Saccharomyces*
- вид — *Saccharomyces cerevisiae*

Для харчового виробництва найбільше значення має рід сахароміцес (*Saccharomyces*). У цей рід входять як природні види, так і види, отримані шляхом селекції. Їх називають расами дріжджів. Вони відрізняються здатністю зброджувати різні цукри, інтенсивністю бродіння, кількістю утвореного спирту, оптимальною температурою бродіння, утворенням спор та ін [2].

У бродильній промисловості найбільш широко використовують види дріжджів роду *Saccharomyces*. Рід *Saccharomyces* включає багато видів. Найважливіше значення для промисловості мають такі види:

• *Saccharomyces cerevisiae*. Зброджує глюкозу, галактозу, сахарозу, на  $\frac{1}{3}$  рафінозу, мальтозу, прості декстрини. Застосовується в спиртовому, пивоварному, хлібопекарному виробництві, є основною культурою виноробства.

• *S. carlsbergensis*, спричиняє бродіння глюкози, галактози, сахарози, рафінози, мальтози і простих декстринів. Застосовується в пивоварінні.

• *S. minor* (синонім *S. paradoxus*) зброджує глюкозу, галактозу, сахарозу, рафінозу на  $\frac{1}{3}$ , мальтозу не зброджує. Використовується в хлібопекарському виробництві у процесі приготування житнього хліба.

• *S. vini* (синонім *S. ellipsoideus*) застосовується у виноробстві [3].

Всі види дріжджів роду сахароміцес і деякі природні дріжджі при спонтанному розвитку на харчових продуктах, що містять цукор, викликають їх псування.

При виробництві пива використовують тільки культурні дріжджі. Це два основних виду пивних дріжджів — для елів та лагерів які відносяться до сімейства сахароміцетацеа (*Saccharomycetaceae*) і до роду сахароміцес (*Saccharomyces*). У пивоварстві застосовують різновид дріжджів, що відрізняються друг від друга однієї або декількома особливостями. Їх одержують із однієї клітини. Такі культури називають расами (штамами).

Розрізняють дріжджі низового бродіння *Saccharomyces carlsbergensis* і дріжджі верхового бродіння — *Saccharomyces cerevisiae*. Дріжджі верхового і низового бродіння мають свої характерні технологічні, біологічні та фізіологічні особливості.

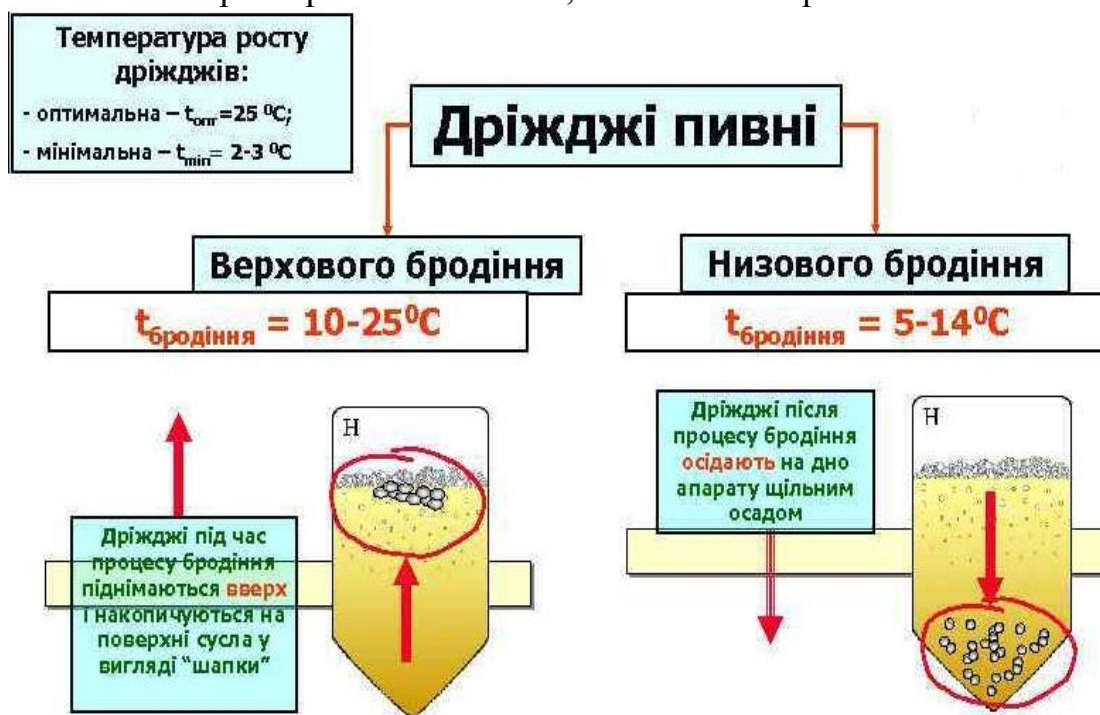


Рис. 1.1 — Класифікація пивоварних дріжджів

**Пиво низового бродіння.** Для приготування цього виду пива використовують дріжджі низового бродіння (*Saccharomyces carlsbergensis*), які після бродіння опускаються на дно ємності. Низове бродіння відбувається за температури  $4...9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Завдяки нижчим температурам розвиток грибків і мікробів відбувається повільніше, ніж при верхньому бродінні, і тому таке пиво може зберігатися довше. Види лагерів Hells, Schwarzbier, Pilsner, Porter, Draught, Bock тощо.

**Пиво верхового бродіння** — це сорт пива, виготовлений методом верхового бродіння, з ніжним, фруктовим смаком і вищим вмістом алкоголю (порівняно з лагером). Ель виготовляється з дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*), які після бродіння виштовхуються на поверхню вуглекислим газом. Верхове бродіння відбувається при температурі від  $15$  до  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  і призводить до утворення ряду вищих

спиртів і складних ефірів, які впливають на смак і аромат пива. Види елів India Pale Ale, Stout, Bitter, Barley Wine тощо [8].

**Технологічні характеристики дріжджів.** Дріжджі низового бродіння функціонують при температурі 10...14 °С й нижче. Верхове бродіння протікає при температурі 14...25°C. В кінці низового бродіння дріжджі осідають на дно апарата, утворюючи спресований осад, дріжджі верхового бродіння спливають на поверхню й утворюють «шапку». Сплив дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* на поверхню при бродінні пояснюється тим, що вони мають тенденцію до утворення невеликих ланцюжків, так як дочірні клітини не завжди відокремлюються від материнських. При бродінні вони виділяють пухирці діоксиду вуглецю, які піднімають їх на поверхню [35].

**Біологічні характеристики дріжджів.** Дріжджі низового бродіння мають фермент мелобіазу, яка повністю зброджує рафінозу, а дріжджі верхового бродіння не мають цього ферменту і зброджують рафінозу лише на 0,33 %. Але в наш час науковці отримані гібриди, що позбавлені цього недоліку.

Дріжджі верхового бродіння утворюють фермент піруватоксидазу завдяки чому мають змогу використовувати глюкозу безпосередньо для дихання й завдяки цьому швидше розмножуються. Бродильна активність залежить від генетичних особливостей рас, розмірів клітин, площі їх поверхні в об'ємі сусла, зрілості, умов зберігання, підготовки, флокуляційних властивостей та інших факторів.

Головний показник бродильної активності — ступінь зброджування сусла. За даним показником, їх поділяють на три групи: слабозброджуючі < 80 % мальтотріози, середньозброджуючі — 80...90 % мальтотріози та сильнозброджуючі — 90...100 % мальтотріози [39].

**Фізіологічні характеристики дріжджів.** Штами дріжджів верхового й низового бродіння розрізняються за потребою у факторах росту, швидкості бродіння, здатності до утворення пластівців, асиміляції азотовмісних речовин, утворенні ароматичних продуктів, що відіграють важливу роль в пивоварінні.

Дріжджі розділяють на 5 класів за потребою у вітамінах:

- потребують тільки біотин;
- біотин та інозит;
- біотин, інозит, пантотенат;
- всі попередні вітаміни + аневрин (або піридоксин);
- біотин і пантотенат.

Досліджено, що пивні дріжджі належать до 1, 2, 3, 5 класу, деякі види дріжджів верхового бродіння — до 4-го класу.

Дріжджі верхового і низового бродіння різняться за стійкістю до етерів і вищих спиртів. За низового бродіння частина дріжджів ослаблена, вони погано осідають й можуть надавати пиву дріжджовий присмак й заважати його нормальній фільтрації. Їх потрібно частіше замінювати. Проте низове бродіння більш безпечне з мікробіологічної точки зору [22].

Нетрадиційні штами дріжджів. Використання нетрадиційних дріжджів у пивоварінні може задовольнити концепцію біоароматики, який описується як синтез

і перетворення смакових сполук біологічними методами.

Такий підхід відповідає очікуванням сучасних споживачів, задовольняючи споживчі потреби, пиво з розширеними та диференційованими сенсорними профілями та без хімічних добавок. Контрольоване використання нетрадиційних дріжджів під час бродіння сула може бути життєздатним варіантом збільшення вмісту специфічних цільових смаків у пиві.

*Brettanomyces* є найбільш актуальними нетрадиційними дріжджами, які беруть участь у виробництві кислого пива, в основному ламб'ік, і викликали зростаючий інтерес з боку пивоварів та знавців. В останні роки все більше досліджень повідомляють про використання цих дріжджів у контрольованих ферментаціях, як у чистих культурах, так і при спільному інокуляції з *S. cerevisiae*.

*Brettanomyces* надають дуже специфічні сенсорні характеристики напою, в основному в результаті виробництва фенольних присмаків. Інакше було знайдено, що комерційні штами виробляють велику кількість етилових етерів, які впливають на сенсорний профіль, що створює загальний фруктовий або квітковий характер.

Застосування *B. Bruxellensis* як чистого пивоварного штаму, призводить високого вмісту різноманітних складних ефірів, таких як етиловий ацетат, етиллактат, етилкапроат і етилкаприлат. Ці сполуки є бажаними; якщо є у помірних кількостях вони сприяють посиленню смаку пива, тоді як великі кількості впливають негативний аромат напою, що надає небажані, схожі на розчинник маслянисті та лікарські нотки [38].

**Таблиця 1.1 — Відмінності між пивними дріжджами низового та верхового бродіння**

| Найменування критерію                                               | Дріжджі низового бродіння                                                | Дріжджі верхового бродіння                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Морфологія клітин (розмір, форма та склад клітини)                  | Відмінностей немає                                                       |                                                                                                                                 |
| Утворення кластерів здатність до аглютинації                        | Слабо зв'язані кластери, слабка здатність до аглютинації                 | Слабо зв'язані кластери, слабка здатність до аглютинації                                                                        |
| Поведінка у відкритій бродильній ємності в кінці головного бродіння | Підйом на поверхню з CO <sub>2</sub> з утворенням шапки піни             | Підйом на поверхню з CO <sub>2</sub> з утворенням шапки піни                                                                    |
| Чутливість до температури                                           | Розмноження та зброджування за відносно низьких температурах (5...10 °C) | Чутливі до температури бродіння менше 10 °C, найкраще бродіння при 12...25 °C; за низьких температурах відбувається аглютинація |
| Максимальна температура росту                                       | 31,6...34,0 °C                                                           | 37,5...39,8 °C                                                                                                                  |
| Оптимальна температура росту                                        | 10...16 °C                                                               | 18...24 °C                                                                                                                      |
| Утворення побічних продуктів бродіння                               | Дріжджі низового бродіння зазвичай мають набагато менше фруктовий та     | Зазвичай утворюється набагато більше побічних продуктів бродіння                                                                |

## 1.2. Вимоги до пивних дріжджів

Дріжджі, застосовувані в пивоварстві, прийнято називати культурними, оскільки вони мають особливі ознаки, набуті в результаті тривалого розведення (культивування) у певних технологічних умовах. Для одержання високоякісного пива дріжджі повинні мати такі властивості:

- висока бродильна активність та ефективне зброджування цукрів сусла;
- висока флокуляційна здатність для повільного та повного осідання, забезпечуючи ясність молодого пива після основного бродиння і готового пива в кінці доброджування;
- помірна здатність до розмноження;
- стабільність до несприятливих умов зберігання та обробки, а також до інфекції сторонніми мікроорганізмами. Для насінневих виробничих дріжджів також обов'язкові біологічна чистота та висока життєздатність;
- стабільність властивостей і морфологічних характеристик протягом 6...8 генерацій;
- значне зниження рН;
- низька чутливість до холоду;
- забезпечення високого рівня смаку та аромату (букету) пива;
- можливість переробки цінних побічних продуктів [9].

*Бродильна активність* пивних дріжджів є найважливішою властивістю й залежить як від біологічних властивостей дріжджів, так і від зовнішніх умов. Бродильна активність визначається сукупністю багатьох факторів, у числі яких склад і концентрація сусла, розміри клітин і величина клітинної поверхні в обсязі сусла, тип флокуляції, хімічний склад клітин, особливо вміст в них азотистих речовин, спосіб бродиння, фізіологічний стан культури: вік, умови зберігання та використання, вгодованість, життєздатність тощо.

Бродильну активність визначають за ступенем зброджування сусла. *Ступінь зброджування*  $V$  (%) — це показник, що характеризує відношення маси зброженого екстракту  $(E - e)$  до маси сухої речовини в початковому суслі  $E$ .

$$V = \frac{(E - e)100}{E}$$

де  $e$  — вміст у пиві екстрактивних речовин, % до маси пива.

Ступінь зброджування залежить від здатності дріжджів використовувати вуглеводи сусла. Цукри, що зброджуються, становлять 70...80 % маси сусла. Вони зброджуються пивними дріжджами в певній послідовності, що зумовлено швидкістю їхнього проникнення в дріжджову клітину. У першу чергу дріжджі зброджують фруктозу й глюкозу, а потім — сахарозу, що попередньо гідролізується до глюкози й фруктози. Після цього дріжджі зброджують мальтозу, що також гідролізується до глюкози. Зброджування мальтотріози починається пізніше, ніж зброджування мальтози. В основному мальтотріоза зброджується на стадії доброджування [8].

*Флокуляційна здатність* — це властивість дріжджів осідати наприкінці головного бродіння, що обумовлює посвітління молодого пива й готового пива наприкінці доброджування. Здатність дріжджів до флокуляції обумовлена будовою клітинної стінки. На флокуляційну здатність впливають і зовнішні фактори (склад сусла, температура, аерація й ін.). Затримує флокуляцію підвищення концентрації в суслі цукрів, що зброджуються, особливо мальтози. Сприяє флокуляції низька температура бродіння й присутність солей кальцію.

Флокулюють дріжджі як низового, так і верхівкового бродіння, однак характер флокуляції різний. Розходження у флокуляційних властивостях дріжджів лежить в основі їхнього розподілу на пластівчасті й пилоподібні.

*Здатність дріжджів до розмноження* має дуже важливе значення в пивоварінні. У процесі бродіння біомаса дріжджів збільшується, як правило, в 3...4 рази. Активне розмноження дріжджів небажано, тому що воно приводить до швидкої витрати екстракту сусла й до утворення у великих кількостях побічних продуктів. У зв'язку з тим, що у виробництві пива дріжджі використовують неодноразово, вони повинні характеризуватися стабільністю морфологічних і фізіологічних властивостей. Особливо це стосується таких важливих властивостей, як життєздатність, бродильна активність і флокуляційна здатність. У виробничих дріжджів регулярно перевіряють морфологію клітин, вміст мертвих клітин, наявність глікогену, здатність до розмноження, бродіння й осідання.

*Стійкість дріжджів до несприятливих умов* — нестачі поживних речовин, підвищення температури, зміни кислотності, інфікування сторонніми, шкідливими для пива мікроорганізмами — повинна бути високою. Пивні дріжджі в процесі спиртового бродіння здатні накопичувати в суслі велику кількість продуктів, у результаті чого утворюється специфічний харчовий продукт, що володіє приємними ароматичними й смаковими властивостями. Крім етилового спирту й діоксиду вуглецю (основних продуктів бродіння), найбільш важливим у кількісному і якісному відношенні є утворення альдегідів, органічних кислот, ефірів, вищих спиртів, які визначають смак й аромат пива [2].

*Автоліз дріжджів* відбувається в результаті біохімічних процесів: деградація білків, вуглеводів, жирів і фосфорорганічних сполук. Життєдіяльність клітин припиняється, але активність ферментів, відповідальних за процес автолізу, зберігається. Активність одних ферментів знижується, тоді як активність інших — підвищується. Як правило, гинуть дихальні та ферменти бродіння, а гідролітичні ферменти, особливо протеолітичні активуються.

Автоліз — процес, при якому в клітині починає відбуватися дія різних механізмів, які призводять до загибелі самої клітини. Коли настає загибель клітини, це називається лізисом. Це мирний процес самодеградації, який спостерігався під час звичайного росту та розвитку дріжджів. Встановлено, що залишки автолізу більш характерні для клітин, які вже вмирають, поранені або поранені. Можна сказати, що цей процес самодеградації відбувається в клітинах, які не функціонують нормально, проте автоліз може відбуватися за досить сприятливих умов.

Фактори які стимулюють автоліз:

- нестача поживних речовин, високі температури і недостатнє промивання дріжджів;
- підвищена температура промивної води, переміщення дріжджів з гарячого середовища в холодне;
- токсини та плісняві грибки з солоду та ячменю;
- контакт з осадовими дріжджами під час бродіння або доброджування.

Стійкість дріжджів до автолізу також залежить від тривалості використання у виробництві у порівнянні з чистою культурою.

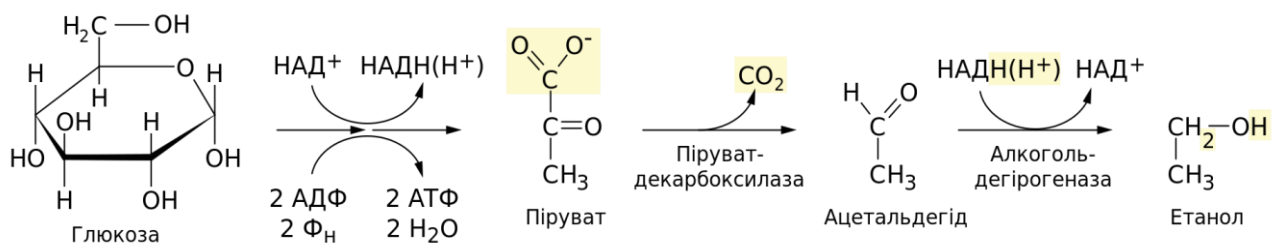
Властивості та стан пивних дріжджів сильно залежать від впливу навколишнього середовища, а їхній метаболізм багато в чому залежить від якості сировини, напівфабрикатів та умов приготування пива. Різні раси пивних дріжджів реагують на ці фактори в різних масштабах, що зумовлено спадковими генетичними особливостями дріжджової клітини та виробничо важливими ознаками для певних дріжджів, специфічними для різних рас [1].

### 1.3. Роль дріжджів у пивоварному виробництві

Сьогодні пивоварна галузь прагне не тільки мати якісні дріжджі, але й покращити якість пива. Дріжджі відіграють основну роль у процесі бродіння сусла, тому для найкращого процесу бродіння дріжджі повинні бути чистими (чиста культура). З цією метою багато пивоварень розробили технологічні потужності для культивування дріжджів із чистої культури.

Дріжджі відіграють вирішальну роль у виробництві пива, де вони виконують ключові функції, що впливають на процес бродіння та на органолептичні показники кінцевого продукту [5].

*Бродіння.* Дріжджі головним чином відповідають за процес спиртового бродіння сусла. Спиртове бродіння — біохімічний процес ферментації, при якому цукри, такі як глюкоза і фруктоза, розкладаються під дією ферментів з виділенням енергії і утворенням етилового спирту та вуглекислого газу. Дозволяє отримати два моль АТФ на моль глюкози в анаеробних умовах. Загальне рівняння спиртового бродіння:



Отже кінцевими продуктами спиртового бродіння на одну молекулу глюкози є дві молекули етилового спирту, дві молекули CO<sub>2</sub>, та дві молекули АТФ.

Бродіння — ключовий етап, за допомогою якого сусло перетворюється в пиво шляхом спиртового бродіння. Цей процес є важливим для формування смаку, аромату та характеристик пива, і вимагає точного контролю температури, складу сусла та інших факторів для досягнення високої якості готового продукту. Цей процес поділяється на два етапи: головне бродіння та доброджування [28].

Головне бродіння відбувається в кілька етапів: забіл, період низьких завитків,

період високих завитків, утворення деки. Вони всі відрізняються один від одного тривалістю процесу і характеризуються зміною поверхні зброженого сусла, температури, екстракції сусла та прозорістю молодого пива.

**Доброджування.** У пивоварній промисловості, процес доброджування молодого пива є одним із ключових процесів. На даному етапі виникає накопичення різноманітних компонентів, таких як вуглекислий газ, вищі спирти, сивушні масла, альдегіди, складні етери та БАР. Дані сполуки перетворюють сусло у пиво, надаючи йому характерні властивості. У процесі доброджування формується так званий "пивний букет", а осад, утворений завдяки здатності дріжджів до флокуляції, призводить до часткового освітлення молодого пива [16].

*Формування аромату та смаку.* Під час процесу бродіння в дріжджах утворюються різноманітні продукти метаболізму, які змінюються якісно та кількісно, а іноді й реагують один з одним у пиві. Оскільки ці метаболіти важливі для якості пива, їх утворення слід розглядати разом із метаболізмом дріжджів.

Деякі речовини, такі як діацетил, альдегіди і сірковмісні речовини, складають «букет» молодого пива. Ці речовини можуть надати пиву неприємний, брудний, незрілий смак і аромат, а у високих концентраціях негативно впливати на якість пива. Під час бродіння та дозрівання ці речовини можуть бути біохімічно видалені з пива, що є метою дозрівання.

Вищі спирти і прості етери, особливо ізобутанол, 2-метилбутанол і ізоаміл, визначають «букет» готового пива і істотно впливають на його аромат. Ці речовини неможливо видалити з пива технічними засобами [13].

Зміни концентрації вищих спиртів можуть істотно вплинути на смак і аромат пива і можуть регулюватися за допомогою змін фізико-хімічних параметрів сусла, вибору типу дріжджів і основного режиму бродіння. Надмірна концентрація вищих спиртів може спричинити неприємні смаки та аромати, такі як квіти, трави та картон у пиві.

Етери оцтової кислоти, такі як етилацетат, ізобутилацетат і ізоамілацетат, мають великий вплив на смак і аромат пива, зокрема, вміст етилацетату в пиві низового бродіння набагато вищий. Етери етилового спирту, такі як етери масляної, молочної, гексанової та деканової кислоти, містяться у всіх видах пива, і їх аромат особливо виражений у пиві верхового бродіння.

**Зміна азоту.** Під час головного бродіння вміст азотистих речовин змінюється за рахунок споживання і виділення дріжджовими клітинами та утворення білково-поліфенольних комплексів, які випадають в осад при зниженні рН і накопиченні спирту.

Під час бродіння вміст амінокислот у суслі зменшується пропорційно до інтенсивності розмноження дріжджів. В кінці бродіння, коли ріст дріжджів припиняється, вміст амінокислот починає збільшуватися за рахунок утворення амінокислот з білків сусла під дією протеолітичних ферментів дріжджів.

У зв'язку з цим з амінокислот утворюються вищі спирти, які мають значний вплив на смак і аромат пива. Це побічні продукти бродіння. Дріжджові естерази перетворюють альдегіди на складні етери. Вищі спирти і кислоти також беруть участь в утворенні естерів.

Діацетил (2,3-бутадієн) є найважливішою речовиною у формуванні аромату готового пива. При перевищенні порогової концентрації ( $0,05 \text{ мг/дм}^3$ ) він надає пиву неприємного солодкого смаку, схожого на медовий, а при дуже високих концентраціях — маслянистого запаху.

Виробляється дріжджами на ранніх стадіях головного бродіння. Під час бродіння і дозрівання молодого пива кількість діацетилу значно зменшується. Коли температуру підвищують до  $12...13^\circ\text{C}$  і витримують пиво протягом одного дня, вміст діацетилу в пиві швидко зменшується. Цей процес називається діацетиловою паузою. Діацетил, як і вищі спирти, пригнічує розвиток дріжджів у суслі.

*Контроль температури бродіння.* Дріжджі впливають на температурний режим бродіння, який може впливати на характеристики пива. Різні штами дріжджів можуть відрізнятися за оптимальними температурами та продуктивністю в різних умовах [17].

*Освітлення пива.* Флокуляційна здатність — це властивість дріжджів осідати наприкінці головного бродіння, що обумовлює посвітління молодого пива й готового пива наприкінці доброджування. Здатність дріжджів до флокуляції обумовлена будовою клітинної стінки. На флокуляційну здатність впливають і зовнішні фактори (склад сусла, температура, аерація й ін.). Затримує флокуляцію підвищення концентрації в суслі цукрів, що зброджуються, особливо мальтози. Сприяє флокуляції низька температура бродіння й присутність солей кальцію. Флокулюють дріжджі як низового, так і верхівкового бродіння, однак характер флокуляції різний.

Розходження у флокуляційних властивостях дріжджів лежить в основі їхнього розподілу на пластівчасті й пиллоподібні.

Пластівчасті дріжджі низового бродіння наприкінці головного бродіння злипаються в грудки (пластівці, флокули) і осідають на дно, утворюючи осад. У дріжджів верхівкового бродіння пластівці піднімаються на поверхню, утворюючи «шапку» [37].

Пиллоподібні дріжджі протягом усього процесу бродіння залишаються у зваженому стані.

Згідно з Гіллілендом — за флокуляційною здатністю дріжджі можуть бути поділені на 4 класи:

- дисперговані в зброджуємому суслі протягом всього періоду бродіння. Вони залишаються розділені у вигляді окремих клітин чи утворюють скупчення менше 10 клітин;
- більшу частину періоду бродіння залишаються в суспензії у вигляді окремих клітин, але після зброджування частини екстракту розпочинають утворювати пластівці;
- флокулюють в кінці бродіння й утворюють на дні апарата щільний осад;
- флокулюють на ранніх стадіях бродіння, так як дочірні клітини не відокремлюються від материнських.

Разом із сировиною та технологією виробництва, вибір та керування дріжджами визначає основні характеристики пива, роблячи їх важливим елементом у пивоварному виробництві [32].

#### 1.4. Культивування чистої культури дріжджів у виробничих умовах

Харчова промисловість, зокрема бродильні виробництва, використовують дріжджі роду *Saccharomyces cerevisiae* для отримання різних напоїв бродіння (пива, вина, спирту). Сьогодні перед підприємствами пивоварної галузі стоїть задача впровадження ефективних способів розмноження чистої культури пивоварних дріжджів, які б дозволили отримати високий вихід біомаси клітин, сприяли скороченню терміну зброджування сусла і забезпечували зниження собівартості продукції. У зв'язку з цим актуальним є питання визначення факторів, які впливають на процес розмноження дріжджів, оцінка ефективності різних схем розмноження чистої культури пивних дріжджів.

Сучасні технології бродильних виробництв ґрунтуються на отриманні чистої культури дріжджів (ЧКД), яку потім можна використати для приготування цільового продукту. Якість готового продукту й ефективність технологічного процесу залежить (за технологією) від вирощування та фізіологічного стану *Saccharomyces cerevisiae*.

Під час забезпечення сприятливих умов для інтенсивного розмноження дріжджів, отримують максимальну кількість ЧКД з високою фізіологічною активністю. Встановлення оптимальної концентрації сухих речовин та дотримання температури у середовищі є головними умовами культивування [31].

Принципи розведення ЧКД заключається в тому, що активні дріжджові клітини ізолюють і розмножують в стерильних умовах так довго, поки їх кількість не буде достатня для використання в бродильній ємкості.

При розведенні ЧКД розрізняють 3 етапи:

- отримання придатних дріжджових клітин (приготування ЧКД);
- розведення ЧКД в лабораторії до кількості 5...10 дм<sup>3</sup> молодого пива в стані високих завитків (лабораторна стадія);
- розмноження ЧКД на виробництві до кількості, що вноситься в сусло при нормальних умовах (виробнича стадія) [30].

*Мета розмноження ЧКД* полягає в тому, щоб за короткий час підготувати в стерильних умовах виробничі дріжджі з правильним метаболізмом, які забезпечать нормальне бродіння і добру якість пива.

Для пивоваріння придатні дріжджі, які можуть успішно витримувати високий осмотичний тиск і підвищений вміст спирту. Для зброджування сусла використовують дріжджі такі раси дріжджів.

*I етап зберігання чистої культури дріжджів.* Раси дріжджів з кращими властивостями, отримані відбором, зберігаються у заводській лабораторії як чисті культури, і залежно від потреби їх використовують для розмноження у виробництві.

Чисті культури при зберіганні в лабораторії легко піддаються мутаціям, які змінюють деякі вихідні властивості культури. Тому чисті культури дріжджів слід зберігати в умовах, за яких вони якомога довше зберігаються з незмінними властивостями без частого пересіву.

При зберіганні засівних дріжджів у солодовому суслі їх пересівають 1 раз на місяць, при зберіганні в пробірках на агаризованому суслі — 1 раз на рік.

Засівні дріжджі — природно чиста культура дріжджів, вирощена на

стерильному суслі і призначена для подальшого розмноження.

Генеровані дріжджі доцільно зберігати під шаром молодого пива при температурі 4...5 °С. За таких умов у них в більшій мірі зберігається здатність до розмноження. Оскільки неактивні дріжджі витрачають свої резервні речовини, насамперед глікоген, не рекомендується зберігати їх тривалий час.

*II етап лабораторна стадія.* Мета лабораторної стадії полягає у тому, щоб накопичити достатню кількість біомаси дріжджів, що дозволить перейти до їх розмноження на виробництві. Це досягається послідовним пересіванням все збільшеного об'єму культури та перевіркою її санітарно-гігієнічного стану [33].

Основними етапами при культивуванні ЧКД в лабораторних умовах.

*Приготування скосу з ЧКД до подальшого розмноження.* Дріжджі необхідно зберігати в холодильнику в міру їх надходження на виробництво в спеціальних герметичних пробірках. Перед початком роботи дріжджові клітини необхідно перенести з холодильника в лабораторію на 5...6 год, щоб уникнути температурного шоку.

*Приготування пивного суслу для культивування ЧКД.* Розведення до потрібної густини та стерилізація суслу в автоклаві при температурі 116 °С протягом 20 хв.

*Перенесення ЧКД розведеної в меншій кількості суслу в більшу.* Розмножується ЧКД в лабораторії таким способом, що вміст колби переливається на стадії високих завитків в наступну колбу, з об'ємом в 10 разів більше, ніж у попередньої колби. Розмноження культури дріжджів починають в колбі на 5 см<sup>3</sup>, потім в колбі на 50 см<sup>3</sup>, потім — на 500 см<sup>3</sup>, потім — на 5 дм<sup>3</sup>, а після цього дріжджі переносять в колбу Карлсберга на 25 дм<sup>3</sup>.

*Перенесення ЧКД в колбу Карсберга.* Перенесення проводять в суворих стерильних умовах на 3 день розмноження.

*Передача ЧКД на виробництво в апарат чистої культури (АЧК).* Завершенням лабораторної стадії є передача ЧКД з КК на виробництво в АЧК.

*III етап виробнича стадія.* Здійснюється в спеціальному відділенні заводу — відділенні чистої культури, яке обладнано установкою для розведення ЧКД. Далі розведення дріжджів відбувається у трьох апаратах чистої культури: АЧК-1 50 гл, АЧК-2 місткість 100 гл та АЧК-3 200 гл відповідно.

Основні етапи функціонування дріжджового відділення включають:

1. Підготовка суслу для культивування чистих рас дріжджів: включає в себе відбір гарячого суслу в апарат, його стерилізацію та охолодження до оптимальної температури.

2. Перенесення дріжджів у апарат чистої культури (АЧК): Дріжджі з колби Карлсберга переносяться в апарат чистої культури, де вони аеруються, культивуються та, після досягнення заданої кількості дріжджових клітин, перекачується в стерильних умовах в наступний по величині АЧК, який уже наповнений стерильним суслим. І так з наступним АЧК. Цей процес продовжується доти, доки не накопиться необхідна кількість виробничих дріжджів.

3. Передача виробничих дріжджів з АЧК-3 в ЦКБА: Із останнього АЧК-3 виробничих дріжджі перекачують в ЦКБА плунжерним насосом.

Виробничими дріжджами спиртового виробництва називають зброджене сусло

для дріжджів, масова частка сухих речовин у якому зменшилася до 1/3 від початкової, з вирощеними дріжджами концентрацією від 180 до 200 млн. клітин в 1 см<sup>3</sup> [31].

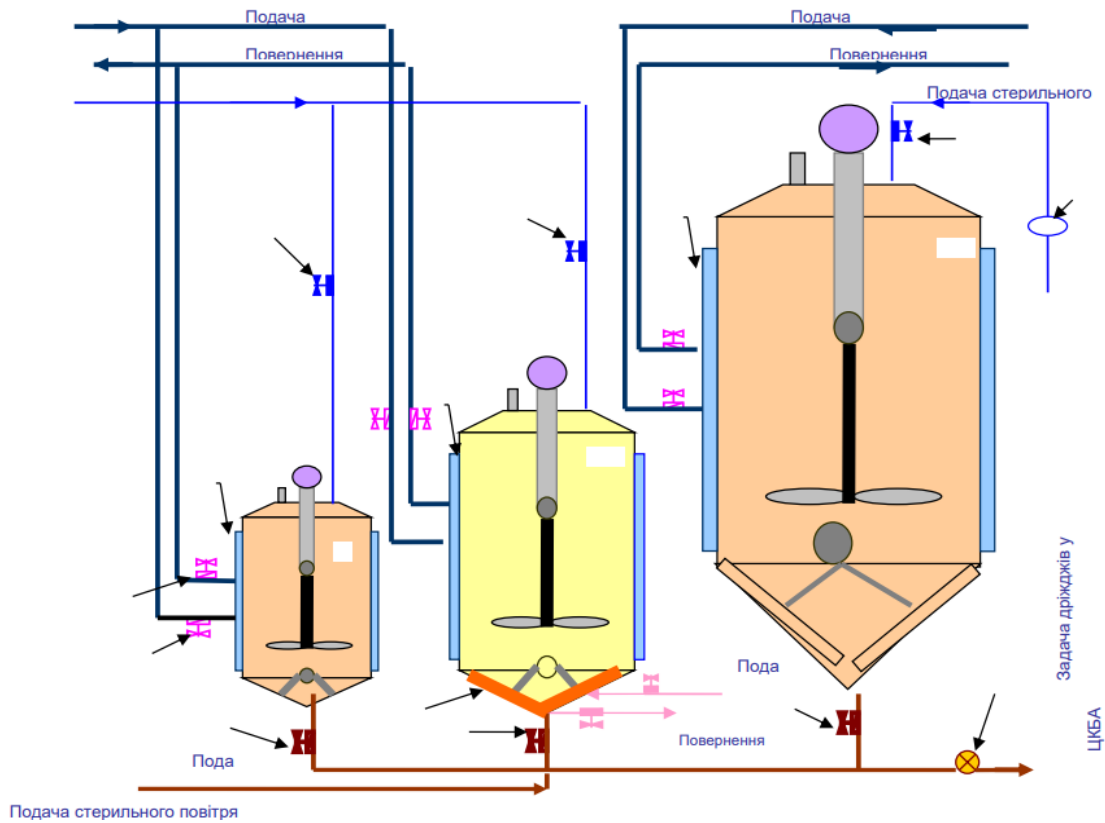


Рис. 1.2 — Схема дріжджового відділення

1 — АЧК-1; 2 — АЧК-2; 3 — АЧК-3; 4 — тензодатчик; 5,6,10,11 — вентилі; 7,8 — охолоджуючі сорочки; 9 — клапан перекриття

Головними факторами, що визначають швидкість розмноження дріжджів, є хімічний склад, вміст сухих речовин та температура пивного сусла. Для кожного виду дріжджів існує своя оптимальна температура культивування, при якій період інкубації і час виробництва мінімізуються



Рис. 1.3 — Загальний вигляд апаратів чистої культури  
1 — АЧК-1; 2 — АЧК-2

## 1.5. Чинники, які впливають на розмноження і біохімічну активність дріжджів

На життєдіяльність дріжджових клітин значно впливають такі фактори зовнішнього середовища, як температура, рН, формальне число, аерація, концентрація сухих речовин суслу (CPC), а також деякі хімічні сполуки. Змінюючи дані величини, можна суттєво вплинути на питому і валову швидкість розмноження дріжджів, їх фізіологічний стан та отримати виробничі дріжджі краще адаптовані до умов головного бродіння і доброджування в циліндро-конічних бродильних апаратах (ЦКБА).

**Температура.** Важливим параметром розмноження є температура, що не тільки впливатиме на бродильну активність дріжджів і, як наслідок, ступінь зброджування, а й на смакові властивості пива, зокрема вміст віцинальних дикетонів та фізіологічні властивості самих дріжджів.

Дріжджі належать до мезофільних мікроорганізмів. Залежно від раси в діапазоні температур 10...26 °C питома швидкість зростання зростає прямо пропорційно до підвищення температури. Варто зауважити, що різні штами дріжджів можуть мати різні оптимальні температурні діапазони. Також, в залежності від стилю пива, можна експериментувати з температурними режимами для досягнення бажаного профілю смаку та аромату готового пива. При температурі вище 36 °C питома швидкість зростання сахароміцетів різко падає і практично припиняється при 40 °C. При температурі 45...50 °C дріжджі гинуть.

Низькі температури дріжджі не вбивають, але зупиняють їхню життєдіяльність, настає стан анабіозу з подальшим відновленням нормальних функцій при настанні сприятливих умов. Дріжджі добре переносять мінусові температури та в замороженому стані можуть зберігатися необмежений час. Відтавання та повторне заморожування їх вбиває.

**Активна кислотність (рН).** На життєдіяльність дріжджів значною мірою впливає активна кислотність середовища. Йони водню змінюють електричний заряд колоїдів плазмової оболонки клітин і залежно від концентрації можуть зменшувати чи збільшувати її проникливість для окремих сполук та йонів. Від значення рН залежить швидкість надходження поживних речовин в клітину, активність ферментів, утворення вітамінів. При зміні рН середовища змінюється і напрямок самого бродіння. Якщо рН зсувається в лужний край, то збільшується утворення гліцерину.

Життєдіяльність дріжджів зберігається у рамках рН середовища від 2 до 8; для їх вирощування оптимальним є рН 4,8...5. При рН нижче 4,2 дріжджі продовжують розвиватися, тоді як ріст молочнокислих бактерій зупиняється. Цю властивість дріжджів використовують для пригнічення розвитку бактерій в інфікованому середовищі, яке підкислюють до рН 2,8...4 і витримують визначений час [25].

**Концентрація поживних речовин середовища.** Зміни в концентрації поживних речовин можуть суттєво впливати на різні аспекти життєдіяльності дріжджів та характеристики процесів, які вони здійснюють.

Швидкість росту дріжджів обумовлена осмотичним тиском водорозчинних речовин середовища та концентрацією клітинного соку дріжджів. Осмотичний тиск

зовнішнього середовища має бути нижчим, ніж осмотичний тиск клітинного соку, що сприяє засвоєнню поживних речовин зростаючою дріжджовою клітиною. Чим більша різниця у величині осмотичного тиску в клітині та в середовищі, тим швидше накопичується біомаса клітин. Осмотичний тиск клітинного соку підвищується при культивуванні дріжджів у більш концентрованих середовищах. Осмотичний тиск у культуральному середовищі збільшується з підвищенням у ній концентрації сухих речовин.

На фізіологічному рівні, концентрація поживних речовин, таких як глюкоза, мальтоза, амінокислоти і вітаміни, впливає на енергетичний метаболізм дріжджів. Збалансовані поживні умови можуть сприяти ефективному розщепленню цих речовин і виробництву енергії, яка необхідна для росту і розмноження дріжджів.

Крім того, концентрація поживних речовин може впливати на продукцію метаболітів під час процесів бродіння. Наприклад, у вирощених у висококонцентрованих суслах дріжджах може збільшуватися виробництво спирту.

Також, важливо враховувати, що деякі види дріжджів можуть виявляти оптимальну активність при певних концентраціях поживних речовин, і високі чи низькі значення можуть призводити до стресу для клітин та зниження їхньої продуктивності.

**Аерація культурального середовища.** Ріст дріжджів передбачає безперервне споживання кисню для дихання і синтезу внутрішньоклітинних речовин. Якщо концентрація кисню в середовищі відрізняється від концентрації в клітинах, кисень, розчинений у поживному середовищі, дифундує в клітини дріжджів. Чим швидше відбувається споживання кисню клітинами, тим швидше відбувається ріст дріжджів. Розчинений кисень пригнічує спиртове бродіння, активізує процес дихання і забезпечує дріжджі достатньою кількістю енергії для біосинтезу.

Таким чином, в анаеробних умовах спиртове бродіння є переважаючим, а споживання цукру на біосинтез мінімальне, тоді як, навпаки, в аеробних умовах майже весь цукор витрачається на синтез дріжджової біомаси, а спиртове бродіння зведено до мінімуму [23].

Наповноцінному поживному середовищі дріжджі вирощують при їх забезпеченні киснем з аерацією 100...175 м<sup>3</sup>/год повітряна 1 м<sup>3</sup> сусла. Аерація середовища — безперервна [2].

**Хімічні речовини.** Залежно від впливу на дріжджі всі хімічні речовини поділяють на дві групи: ті, що пригнічують, і ті, що стимулюють ріст і розмноження дріжджових клітин. Найпоширенішими речовинами, що пригнічують ріст дріжджів, є сульфід та сульфіти, фториди, миш'як, діоксид сірки, летючі кислоти та нітроти. На швидкість росту дріжджів також негативно впливають дезінфікуючі засоби, що використовуються у виробництві дріжджів (наприклад, формалін).

Речовини, які активують ріст і розмноження дріжджів і збільшують швидкість росту, включають кукурудзяний екстракт і карбоксилін.

Азотне живлення включає розчинні сполуки азоту (органічні та неорганічні). Складні високомолекулярні вуглеводи та білки не перетравлюються дріжджами, оскільки вони не містять ферментів, які гідролізують ці речовини. Дріжджі засвоюють продукти протеолізу, такі як амінокислоти, аміди та амонійні сполуки.

Велику роль життєдіяльності дріжджів грають макроелементи (K, Na, P, Mg, Ca) і мікроелементи (Fe, Cu, Mn, Zn, Al та ін), тому присутність в поживному середовищі обов'язково.

В будь-якому випадку для нормального функціонування процесу бродіння, культивування й для запобігання передчасних автолітичних процесів, необхідні наступні мікроелементи:

K — активує численні ферменти дріжджової клітини (кінази, дегідрогенази), стимулює зброджування мальтотріози й мальтози. Тісно пов'язаний з розмноженням дріжджів й швидкістю зброджування сусла;

Ca — стимулює розмноження та флокуляцію клітин. Зупиняє дегенерацію дріжджів;

Mg — активізує фосфокінази, декарбоксилази, стимулює зброджування мальтотріози й мальтози;

Cu — необхідний для синтезу ряду ферментів дихання. Посилює бродильну активність дріжджів. В невеликих кількостях стимулює брунькування дріжджів;

Mn — активізує декарбоксилази, дегідрогенази, кінази, оксидази, пероксидази, пептидази;

Fe — потрібний для синтезу ряду ферментів дихання. В кількості до 0,2 мг/л — стимулює брунькування клітин, але в більшій мірі токсичний для дріжджів;

Zn — активує багато ферментів. Стимулює брунькування. Впливає на краще осадження дріжджів;

Co — підсилює бродильну активність дріжджів. Стимулює використання дріжджами білка. Затримує ріст дріжджів.

Для отримання високих швидкостей зростання рекомендовано солі, що містять калій, магній та мікроелементи, а також ростові речовини вносити при завантаженні апарату, а вуглеводне, азотне та фосфорне харчування вводити поступово (притокою). Причому необхідно дотримуватися рівноваги між розмноженням дріжджів (їх приростом) та подачею вуглеводного, азотного та фосфорного харчування, а також аерацією культурального середовища. Відсутність збалансованого харчування порушує формування ферментних систем клітини, що знижує швидкість зростання дріжджів та його якість [27].

## **1.6. Переваги культивування ЧКД на пивоварному виробництві**

Теоретичні аспекти сучасної культури пивних дріжджів на лабораторному етапі включають розгляд різних аспектів, які допомагають забезпечити ефективне та стабільне виробництво пивних дріжджів.

Малі підприємства не мають необхідного обладнання для вирощування чистих дріжджів, тому використовують високоактивні препарати на основі сухих пивних дріжджів. Однак активність та ступінь зброджування таких дріжджів часто знижена, а кількість мертвих клітин значно перевищує необхідний рівень.

Із застосуванням новітніх способів у технології пивоваріння вже недостатньо просто зброджувати сусло насінневими дріжджами. Використання дріжджів з великою кількістю генерацій значно зменшує розмноження клітин, уповільнює процес бродіння, і призводить до нетипової поведінки при бродінні та мутацій, які

виникають через старіння культури дріжджів [31].

Також існує ризик інфікування суслу при використанні такого виду виробничих дріжджів. Крім того, такі дріжджі потребують періоду адаптації до суслу пивоварні. Оскільки це все має значний вплив на якість і стабільність продукту, сучасним пивоварням, які хочуть зайняти міцні позиції на ринку, необхідно мати власну установку з виробництва чистих дріжджових культур [40].

Враховуючи ці теоретичні аспекти, лабораторне культивування дріжджів є науково обґрунтованим та ефективним кроком на шляху до виробництва високоякісних пивних дріжджів для подальшого використання у пивоварній промисловості.

Стандартизація культури дріжджів у пивоварінні означає розробку та встановлення чітких та уніфікованих процедур, параметрів та умов культивування пивних дріжджів. Метою стандартизації є забезпечення однорідності та передбачуваності результатів виробництва [31].

### **1.7. Висновки з огляду літератури**

Узагальнюючи літературні дані, можна зробити висновок, що дріжджі відіграють важливу роль у виробництві пива, виконуючи ключові функції, які впливають на процес бродіння та органолептичні властивості кінцевого продукту. Забезпечення сприятливих умов для інтенсивного росту дріжджів призводить до отримання максимальної кількості ЧКД з високою фізіологічною активністю.

На біологічну активність дріжджових клітин сильно впливають такі фактори навколишнього середовища, як температура, рН, формалін, аерація, концентрація сухих речовин в суслі (CPC) і деякі хімічні речовини. Варіюючи цими величинами, можна отримати виробничі дріжджі, більш пристосовані до умов головного бродіння та бродіння в циліндричних конічних бродильних апаратах (ЦКБА), зі значним впливом на співвідношення і загальну швидкість росту дріжджів та їх фізіологічний стан.

Основною характеристикою виробничих дріжджів є їх бродильна активність. Ключовими факторами, що визначають бродильну здатність дріжджів, є біосинтетична активність клітин та їх здатність адаптуватися до постійно мінливих умов навколишнього середовища. Біосинтетична активність клітин залежить від поживного середовища, віку та фізико-хімічних умов навколишнього середовища дріжджів.

Ферментативна активність дріжджів визначає тривалість основного бродіння, фізико-хімічні властивості, біологічну та колоїдну стабільність і смакові якості отриманого продукту. Визначає стабільність, сенсорні властивості та стійкість при зберіганні.

Крім того, ефективність і якість виробництва пива залежить насамперед від процесу головного бродіння, його тривалості та параметрів, які значною мірою залежать від наступних факторів, зокрема від температури. Температура, впливатиме не тільки на бродильну активність дріжджів і, як наслідок, ступінь зброджування, а й на смакові властивості пива, зокрема вміст віцинальних дикетонів та фізіологічні властивості самих дріжджів.

Провівши аналіз літературних джерел, було сформульовано мету та задачі дослідження.

**Метою даної роботи** є розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних дріжджів.

**Задачі дослідження.** Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- дослідити вплив температури 8, 13 і 18 °C на фізіологічні та технологічні властивості пивоварних дріжджів внаслідок їх культивування в апаратах чистої культури різної ємності;

- оцінити динаміку загальної кількості, кількості мертвих та молодих здатних до поділу дріжджових клітин під час культивування ЧКД в різних температурних умовах;

- розробити раціональний режим культивування пивних рас дріжджів для збільшення якості кінцевого продукту.

## 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Матеріали досліджень

Для проведення лабораторних досліджень у роботі використовували:

- Сусло пивне з світлого ячмінного солоду, яке відповідає вимогам ДСТУ 3888:2015. Колір сусла — 10...12 ЄВС, pH=4,8, аерація 1,2 кг/год.

- Пивоварні дріжджі — одноклітинні еукаріотичні мікроорганізми, що належать до класу Hemiascomycetes (класу сумчастих грибів), порядку Endomycetales та відносяться до двох видів: *Saccharomyces cerevisiae* і *Saccharomyces carlsbergensis*. *Saccharomyces cerevisiae* та *Saccharomyces carlsbergensis* мають різноманітну форму клітин, найчастіше округлу та овальну.

У роботі досліджувалось культивування дріжджів низового бродіння *Saccharomyces carlsbergensis* рас K-123, M-456, C-789.

Клітини середньої величини 8...10×6...8 мкм, овальні. Розмноження вегетативне, брунькуванням. Сильно зброджуючі штами дріжджів, забезпечують кінцевий ступінь зброджування (КСЗ) 85...88 %, властива добра флокуляційна здатність, утворюють щільний осад, надають напою приємний легкий квітковий смак. Умови культивування: температура головного бродіння 8...16 °С, норма внесення дріжджів 1...2 % або 10...20 млн. кл./см<sup>3</sup>. 3-х кратний приріст біомаси, осад щільний, кремовий. Промисловий штам, непатогенний.

**Раса K-123.** Середньозброджуваний штам дріжджів для виробництва ячмінного пива. Даний штам відрізняється одержанням стабільних ефірних та фенольних ароматичних нот. Клітини овальної форми, розміром 7...9 мкм, стійкі до автолізу. Приріст дріжджової біомаси 1:3,4. Характеризуються активною здатністю осідати. Смак пива м'який, чистий.

Рекомендований температурний діапазон: 10...18 градусів °С

Толерантність до алкоголю: до 8%.

Ступінь зброджування: від середньої до високої.

Флокуляція (осаджуваність): дуже слабка.

Аромат: пиво з натуральними, характерними помітними нотами фруктів, прянощів, гвоздики. Ароматичний та смаковий профіль збалансований фруктовими ефірами та фенольними нотами.



Рис. 2.1 — Дріжджі раси K-123 (вигляд під мікроскопом)

Смак: характерні фенольні або фруктові тони, залежить від умов бродіння. Забезпечують високу питкість пива та демонструють здатність залишатися у зваженому стані протягом бродіння.

**Раса М-456** — штам низового бродіння, призначений для добре збалансованих сортів пива. Ці дріжджі дають добре виражені фруктові нотки в готовому пиві в результаті чого отримуємо освіжаючий лагер з виразним хмелевим характером.

Рекомендований температурний діапазон: для досягнення найкращих результатів, зброджувати в межах 11...15 °С. Нестійкі до перепаду температур.

Ступінь зброджування: висока.

Флокуляція (осаджуваність): висока.

Аромат: ідеально підходять для лагерів з вираженим фруктовим ароматом та помірними карамельними тонами. Дріжджі дозволяють виготовляти виключно збалансоване за смаком пиво з тонким фруктовим ароматом.

Смак: тонкий фруктовий присмак, з слабо вираженим хмелевим профілем, який проявляється тонами прянощів. Солодовий профіль виражений слабше, він дає зернові та карамельні нотки, можливий легкий дріжджовий присмак. Найкраще підходить для сортів пива: Шварцбір, Бок, Драфт.

Стійкість до алкоголю: мають низьку спиртостійкість, ці дріжджі не призначені для виробництва пива з вмістом алкоголю більше 6 %.

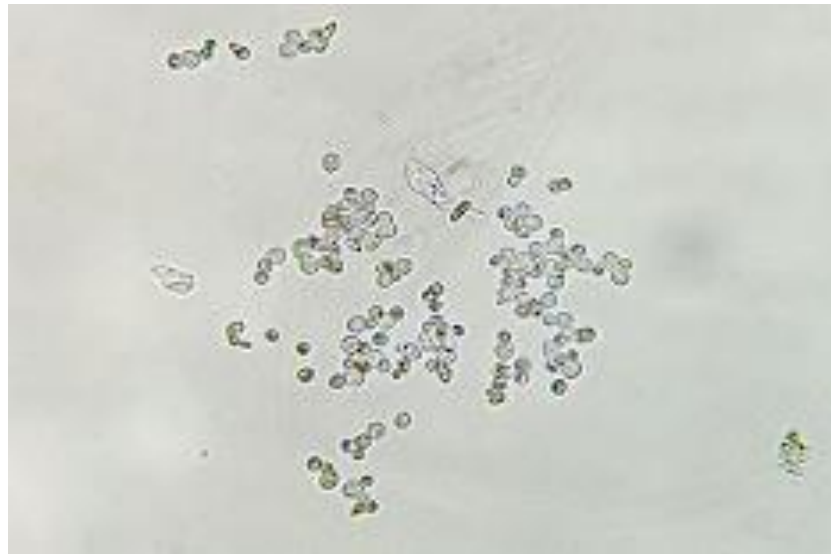


Рис. 2.2 — Дріжджі раси М-456 (вигляд під мікроскопом)

**Раса С-789.** Дріжджі відносяться до швидко- і середньозброджуваних, підходить для пивоваріння всіх видів пива низового бродіння. Лагерний штам, який здатний працювати за широкого температурного діапазону без створення характерних дефектів. Ідеально підходить для легких хмелевих лагерів

Дають гарне освітлення як при головному бродінні, так і при доброджуванні. Клітини овальної форми, розміром ( 6...8) мкм. Приріст дріжджової маси – 1:3,7. Надають хороший та повний смак, невибагливі до сировини, стійкі до автолізу.

Рекомендований температурний діапазон: 10...18 °С.

Аромат: дріжджі мають чистий лагерний аромат без характерного сірчастого присмаку. Ідеально підходять для більшості лагерів. Дріжджі мають вишуканий аромат із легким відтінком солоду і присутній легкий квітковий аромат. Такі

властивості допомагають отримати освіжаючий смак пива, який має характерний пивний аромат та м'який смак хмелю.

**Смак:** дріжджі створюють чисті лагери. Вони ідеально підходять для широкої лінійки продуктів дозволяючи розкритися солодовому і хмелевому характеру. Найкраще підходить для сортів пива: Пілсне, Хеллес, IPL.

**Стійкість до алкоголю:** мають середню спиртостійкість, ці дріжджі не призначені для вмісту алкоголю вище 8,5 %.

Дослідження проводили на аналізі теоретичних даних наукової літератури експериментальних досліджень у дріжджовому відділенні пивоварні з використанням чистої культури дріжджів ЧКД.

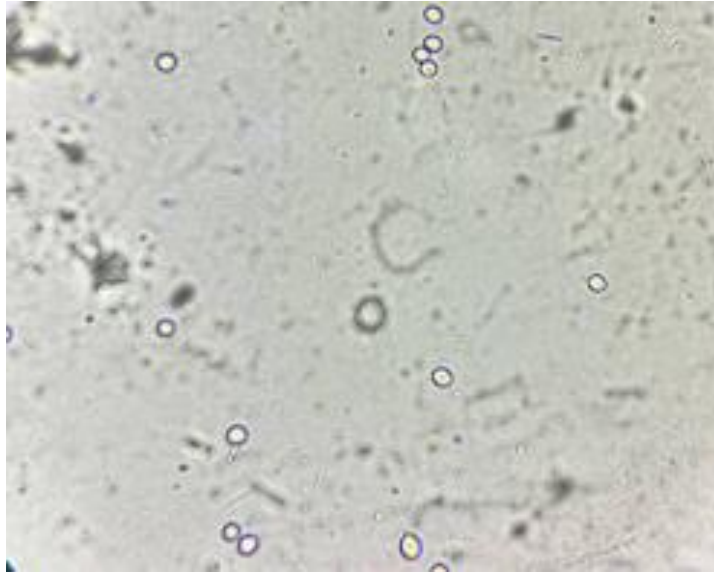


*Рис. 2.3 — Дріжджі раси С-789 (вигляд під мікроскопом)*

## 2.2. Методика досліджень

Метою дріжджового відділення є розмноження чистої культури дріжджів (ЧКД) в стерильних умовах з метою отримання виробничих дріжджів.

Основні етапи функціонування дріжджового відділення:

**Підготовка сусла для культивування чистих рас дріжджів:** включає в себе відбір гарячого сусла в апарат та охолодження до оптимальної температури.

**Перенесення дріжджів у апарат чистої культури (АЧК):** дріжджі з колби Карлсберга переносяться в апарат чистої культури, де вони аеруються, культивуються та, після досягнення заданої кількості дріжджових клітин, перекачуються в наступний апарат. Цей процес дозволяє збільшувати кількість виробничих дріжджів, поступово збільшуючи об'єм пропагаторів.

**Передача дріжджів з АЧК-3 в ЦКБА:** з АЧК-3 дріжджі передаються у ЦКБА для зброджування пивного сусла.

Ці етапи забезпечують ефективний процес виробництва виробничих дріжджів для подальшого використання у виробництві пива заданої якості [41].

Згідно поставленої задачі було розроблено схему проведення досліджень, яка представлена на рис. 2.4.



*Рис. 2.4 — Загальна схема досліджень*

У даній роботі визначення фізико-хімічних показників дріжджів проводили згідно Інструкції санітарно-мікробіологічного контролю пивоварного і безалкогольного виробництва ІК 00032744-4246-2006.

При контролі дріжджів чистої культури і насінневих дріжджів, при визначенні бактеріальної обсіменіння використовують метод мікроскопії.

Для кількісного обліку нежиттєздатних дріжджових клітин, визначення глікогену в дріжджах, а також для кращого розгляду і визначення бактеріальної інфекції готують препарати із прижиттєвим забарвленням.

При цьому визначали:

1. Фізико-хімічні показники сусла (вміст СРС, рН, кислотність сусла, аерацію та вміст амінного азоту).
2. Температуру в АЧК під час культивування.
3. Кількість дріжджових клітин КДК на різних етапах культивування.
4. Кількість мертвих дріжджових клітин КМДК на різних етапах культивування.
5. Концентрацію насінневих дріжджів.

*I етап.* Для дослідів було обрано 100 % ячмінне світле неохмелене сусло. Культивування дріжджів проводили трьома способами: перший — за температури  $8 \pm 0,5$  °C; другий —  $13 \pm 0,5$  °C; третій —  $18 \pm 0,5$  °C. рН сусла  $4,8 \pm 0,1$ .

*II етап.* Визначали бродильну активність дріжджів. Як показник бродильної активності визначали кількість молодих дріжджових клітин (КМДК), кількість молодих життєздатних клітин та кількість мертвих клітин. У суслі визначали рН, видимий екстракт, кислотність та вміст амінного азоту.

*III етап.* На даному етапі визначали вплив різних температур (8, 13, та 18 °C) на бродильну активність дріжджів у неохмеленому суслі з масовою концентрацією сухих речовин  $11,5 \pm 0,5$  %. Температура бродіння становила в АЧК-1 — 8 °C, в АЧК-2 — 13 °C, в ЧК-3 відповідно 18 °C. Як показник бродильної активності визначали кількість молодих дріжджових клітин (КМДК), кількість молодих життєздатних клітин та кількість мертвих клітин.

## 2.3. Методи досліджень

### *Визначення фізико-хімічних показників сусла*

#### *1. Визначення концентрації сухих речовин у суслі за допомогою приладу Alex-500.*

Alex 500 – це компактний пристрій для вимірювання вмісту спирту та екстракту. Крім вимірювання вмісту спирту та екстракту, він у будь-який час визначає супутні параметри, такі як калорійність або ступінь бродіння. Alex 500 точно вимірює усі зразки на всіх етапах виробництва, починаючи від соку, сусла або мезги, продуктів, отриманих в результаті процесу ферментації та процедури змішування до Вашого кінцевого продукту, розлитого у пляшки.

На відміну від більш традиційних методів (ареометр, пікнометр), Alex 500 виконує високоточні та швидкі результати вимірювань у поєднанні з дуже простим використанням при використанні мінімальної кількості зразка (15 мл) [36].

*2. Визначення показника рН пивного сусла.* Для визначення рН використовують електронний пристрій — рН-метр.



Рис. 2.5 — Загальний вигляд Alex 500

*3. Визначення кислотності сусла.* Для визначення кислотності пива зазвичай

використовують титриметричний метод аналізу. В основі методу лежить реакція нейтралізації усіх кислот та кислих солей, що є в пиві, розчином натрій гідроксиду за наявності індикатора червоного фенолфталеїну.

*Приготування розчину червоного фенолфталеїну.* До 20 см<sup>3</sup> дистильованої води (звільненої від CO<sub>2</sub> нагріванням) додають 10 крапель 1 % спиртового розчину фенолфталеїну та 4 краплі розчину NaOH. Примітка: розчин червоного фенолфталеїну готують безпосередньо перед проведенням аналізу.

*Техніка аналізу.* Бюретку заповнюють титрованим розчином NaOH концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Піпеткою вносять 20 см<sup>3</sup> суслу у конічну колбу, додають декілька краплин розчину фенолфталеїну, при постійному перемішуванні титрують розчином натрій гідроксиду до зміни забарвлення індикатора.

Кислотність пива (К), моль/дм<sup>3</sup> розраховують за формулою:

$$K = \frac{V_{NaOH} \cdot C_{NaOH}}{V_n} \cdot 100$$

$V_{NaOH}$  — об'єм розчину NaOH, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;

$C_{NaOH}$  — концентрація NaOH, моль/дм<sup>3</sup>;

$V_n$  — об'єм проби суслу, см<sup>3</sup>;

100 — коефіцієнт перерахунку на 100 см<sup>3</sup> суслу [35].

4. *Визначення температури в АЧК під час культивування.* Щоб контролювати температуру культивування в апараті чистої культури потрібно обрати датчик, який відповідатиме вимогам:

- межі змін контрольованої величини – температури суслу 0...30 °С;
- робочий діапазон до 0,06 МПа (0,6 бар);
- стандартний вихідний струмовий сигнал 4...20 мА.

**Таблиця 2.1 — Показники датчик температури ТНН-У-1-23 (ТЕРА)**

| Характеристика показника               | Значення показника |
|----------------------------------------|--------------------|
| Діапазон вимірювання                   | -40...375°С        |
| Допуск відхилення                      | ± 1,5°С            |
| Схема з'єднань                         | 2 –х провідна      |
| Вбудований норм. перетворювач, 4÷20 мА | +                  |



**Рис. 2.6 — Датчик ТЕРА ТНН-У-1-23**

За принципом дії датчик ТНН-У-1-23 є термопарою, тобто основою його роботи є термоелектричний ефект. В замкнутому колі з двох різнорідних провідників

виникає електрорушійна сила (термо-ЕРС), якщо місця їх з'єднання, або спаї, знаходяться при різній температурі.

Корпус температурного датчика виготовляється з матеріалу ніхросил-нісил, має кращі показники стабільності роботи термоелектрода, у порівнянні із сплавами хромель-алюмелевої групи.

Для регулювання температури кожен з апаратів має сорочки для охолодження, заповнені пропіленгліколем [31].

**5. Визначення амінного азоту методом спектрофотометрії.** Спектрофотометричний метод аналізу, що базується на поглинанні світла розчинами речовин у видимій ближній ІЧ та УФ діапазонах, широко використовує забарвлені комплексні сполуки для визначення концентрації речовин у розчинах.

Даний метод використовується у випадках, якщо в розчині утворюється забарвлений комплекс, що поглинає світло у видимій області спектра. У цьому випадку величина поглинання розчину (оптична густина) буде зв'язана з концентрацією комплексу, що поглинає світло законом Бугера-Ламберта-Бера:

$$A = \varepsilon c l,$$

де  $A$  — оптична густина;

$\varepsilon$  — молярний коефіцієнт світлопоглинання речовини, що визначає природу речовини і залежить від довжини хвилі світла, що поглинається речовиною;

$l$  — товщина шару розчину речовини, що поглинає світло;

$c$  — молярна концентрація розчину речовини, що поглинає світло.

Чутливість методики спектрофотометричного визначення речовини залежить від величини молярного коефіцієнта світлопоглинання: чим він більший, тим меншу концентрацію поглинаючої світло речовини можна визначити, тим більш чутливою є методика визначення [35].

### **Визначення властивостей дріжджів**

**1. Вміст нежиттєздатних клітин.** Для кількісного обліку нежиттєздатних дріжджових клітин, готують препарати із прижиттєвим забарвленням.

Забарвлення дріжджів метиленовим синім визначає вміст мертвих клітин. При потраплянні в клітинну цитоплазму, метиленовий синій піддається відновленню за участю ферментів редуктаз, перетворюючись у безбарвні сполуки в живих дріжджових клітинах. Заключний етап полягає в забарвленні мертвих клітин у синій колір.

**Приготування розчину метиленового синього.** Для забарвлення та оцінки нежиттєздатних дріжджових клітин застосовують розчин метиленового синього 1:40, який готується в II етапи.

**I етап.** Спочатку готують насичений спиртовий розчин метиленового синього. 3 г метиленового синього розчиняють із 100 см<sup>3</sup> 96 % етилового спирту. Розчин залишають на 2...3 доби, періодично перемішуючи, а потім фільтрують.

**II етап.** 1 см<sup>3</sup> насиченого спиртового розчину метиленового синього змішують із 40 см<sup>3</sup> дистильованої води. Готовий розчин стійкий для зберігання.

**Методика забарвлення.** Для визначення кількості мертвих клітин на предметне скло наносять по одній краплі нефільтрованої дріжджової суспензії, яку аналізують

та краплю розчину метиленового синього. Краплю закривають покривним склом, надлишок рідини збирають листком фільтрувального паперу і через 2 хв спостерігають пофарбований препарат за допомогою мікроскопа. Нежиттєздатні дріжджі забарвлюються у синій колір внаслідок того, що їх оболонка не перешкоджає проникненню фарби. Підрахунок ведуть не менше ніж в 5 полях зору. Кількість нежиттєздатних клітин виражають у відсотках від загальної кількості клітин.

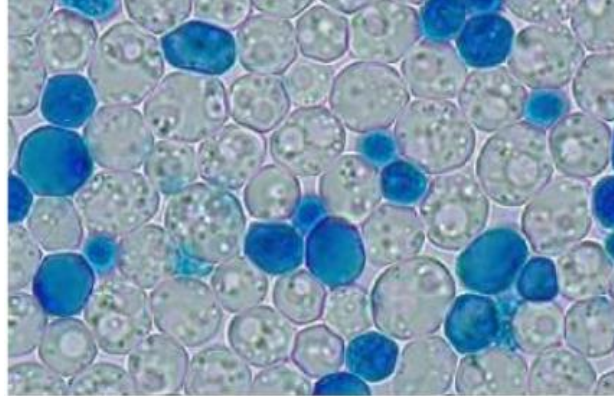


*Рис. 2.7 — Препарат дріжджів, забарвлених метиленовим синім*

2. *Визначення глікогену у дріжджових клітинах.* Глікоген – запасна поживна речовина в дріжджах, що характеризує добрий фізіологічний стан клітини.

Кількість глікогену в клітинах дріжджів змінюється в залежності від їхнього віку та умов культивування. Для оцінки цього параметра використовується розчин Люголя. Коли клітини забарвлюють розчином Люголя, вони забарвлюються в жовтий колір, тоді як глікоген набуває коричневого відтінку. У зрілих клітинах глікоген може займати від 1/3 до 2/3 об'єму клітини і більше. Клітини з низькою фізіологічною активністю мають менше 1/4 об'єму, що зайнято пофарбованим глікогеном. У молодих клітинах глікоген відсутній, і при фарбуванні розчином йоду клітини отримують блідо-жовтий колір.

*Приготування розчину Люголя.* 2 г йодистого калію розчиняють в 5 см<sup>3</sup> дистильованої води та додають до розчину 1 г кристалічного йоду. Після розчинення йоду отриманий розчин доводять дистильованою водою до об'єму 300 см<sup>3</sup>.

*Методика забарвлення.* для визначення глікогену на предметне скло наносять краплю дріжджів і 1...2 краплі розчину Люголя. Краплі змішують, покривають покривним склом. Переглядають під мікроскопом через 2...3 хв. Глікоген забарвлюється в червоно-бурий колір, цитоплазма дріжджів у світло-жовтий. У перезрілих і ослаблених клітин глікоген відсутній. Переглядають не менше 5 полів зору. Добрий стан дріжджів, коли 70...75 % клітин містять глікоген.

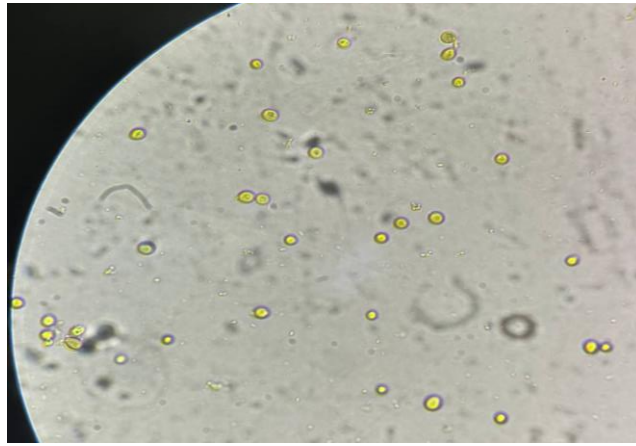


Рис. 2.8 — Препарат дріжджів оброблений розчином Люголя

3. Концентрація дріжджових клітин за допомогою камери Горяєва. Лічильні камери застосовують в основному при визначенні кількості клітин при заданні дріжджів на бродіння, при перекачуванні молодого пива на доброджування, при розведенні чистої культури. Використовують звичайно камеру Горяєва, хоча можна застосовувати і інші лічильні камери.

Камера Горяєва являє собою товсте предметне скло, розділене борозенками. Центральна частина, на якій нанесена сітка, нижче бічних на 1/10 мм (це глибина камери, завжди зазначена на склі). Сітка розділена на великі і малі квадрати. Площа малого квадрата 1/400 мм<sup>2</sup>, а великого 1/25 мм<sup>2</sup> (ці цифри також зазначені на предметному склі). Підрахунок клітин можна вести як у малих, так і у великих квадратах.

Методика проведення: краплю досліджуваної суспензії наносять на поверхню рахункової камери і покривають шліфованим покривним склом. При необхідності роблять розведення, тому що в одному квадраті число клітин не повинне перевищувати 20. Від того, наскільки щільно буде притерте скло, залежить точність результатів. Підрахунок клітин починають через 3...5 хв після заповнення камери для того, щоб клітини осіли і їх було б видно під мікроскопом в одній площині. Ураховують всі клітини, що лежать у квадраті сітки, а також ті, що перетинають верхню і праву сторони квадрата.

Тому що на предметному склі нанесено дві сітки, то підрахунок ведуть як в одній, так і в іншій. Для одержання більше достовірних результатів рекомендується заповнювати камери кілька разів, при цьому загальна кількість підрахованих клітин повинно бути не менш ніж 600.

Кількість клітин в 1 см суспензії обчислюють за формулою:

$$M = \frac{a \cdot 1000}{h \cdot S} \cdot n$$

де M — кількість млн. клітин в 1 см<sup>3</sup> суспензії;

a — середня кількість клітин у квадраті сітки;

h — висота камери в мм;

S — площа квадрата сітки в мм<sup>2</sup>;

1000 — коефіцієнт переведення см<sup>3</sup> у мм<sup>3</sup>;

n — розведення досліджуваної суспензії.

Таким чином, кількість клітин в  $1 \text{ см}^3 = a \cdot 25 \cdot 10^4$  (при підрахунку у великих квадратах), або  $a \cdot 4 \cdot 10^6$  (при підрахунку в малих квадратах).

У тому випадку, якщо перед підрахунком робили попереднє розведення, то попередній отриманий результат множать на розведення. Результати виражають у  $\text{млн/см}^3$  [10].

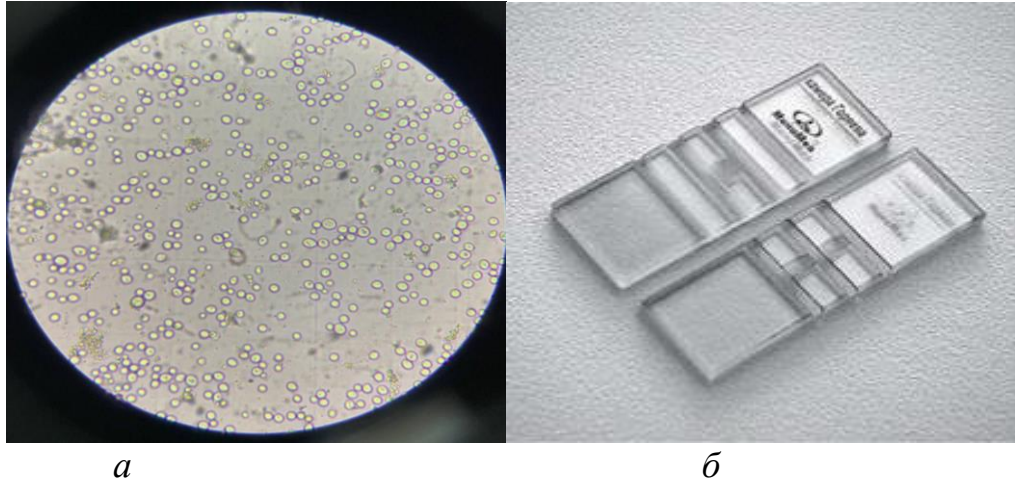


*Рис. 2.9 — Лічильна камера Горяєва*

а — загальний вигляд дріжджових клітини в камері Горяєва під мікроскопом; б — зовнішній вигляд камери Горяєва.

#### **2.4. Оброблення результатів досліджень**

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники дріжджів і пивного сусла вимірювали в триразовій повторності та у середнювали відповідно.

Цифрову обробку досліджувальних даних та графічне представлення результатів експерименту проводили на ПК з використанням програм MS Excel, MS Word, Mathcad та MS PowerPoint.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЧИСТИХ КУЛЬТУР СУЧАСНИХ ПИВОВАРНИХ РАС ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)

Для збільшення потужності варильного і бродильного відділень більшість пивоварень переходять на виробництво висококонцентрованого сусла (15...17 %).

Підвищення концентрації сухих речовин у суслі зменшує споживання пари, необхідної для виробництва кінцевого продукту, що дозволяє більш ефективно використовувати наявне обладнання, знижуючи собівартість продукції та підвищуючи продуктивність. Однак висока концентрація сусла спричиняє осмотичний стрес для дріжджових клітин. Реакція клітин залежить від вмісту СР сусла та його складу, фізіологічного стану дріжджів та стадії росту клітин.

Молоді клітини більш чутливі до стресу, ніж клітини в стаціонарній фазі росту. Це пов'язано з різним хімічним складом дріжджів, особливо з вмістом резервних вуглеводів. Глікоген виконує ряд важливих функцій в клітині, в тому числі підтримує життєздатність клітини у відповідь на дію стресових факторів. На основі аналізу останніх досліджень і публікацій зрозуміло, що більшість з них спрямовані на підвищення осмотичного тиску і толерантності до алкоголю у дріжджів за допомогою фізико-хімічних факторів [9].

Відповідно до мети кваліфікаційної роботи досліджували вплив температури розмноження на фізіологічний стан, загальну кількість та кількість мертвих дріжджових клітин при вмісті СРС 11,5 % в апаратах чистої культури.

#### 3.1. Аналіз пивного сусла

**Вміст сухих речовин сусла.** Даний показник визначали на вимірювачі Alex 500 від Anton Paar. Крім вимірювання екстракту та вмісту спирту, він у будь-який час визначає супутні параметри, такі як калорійність або ступінь бродіння.

**Техніка аналізу.** Для аналізу використовують попередньо профільтроване сусло охолоджене до 20 °С. Alex 500 попередньо відкалібровують бідистильованою водою промивають вимірювальну комірку, тільки після цього здійснюють вимірювання показників сусла. Коли температура сусла не дорівнює 20 °С, прилад автоматично вносить поправку.

Результат аналізу. Вміст сухих речовин сусла СРС —  $11,5 \pm 0,1$  %.

**pH сусла.** Для визначення pH використовують електронний пристрій — pH-метр EZODO PL-700ALS.

**Техніка аналізу.** Перед вимірюванням прилад перевіряють за допомогою спеціальних буферних розчинів з pH 4,01; 7,0; 10,01 та починають вимірювання pH сусла.

Результат аналізу. pH сусла становить —  $4,8 \pm 0,1$ .

**Кислотність сусла.** Сутність методу полягає у нейтралізації кислот, що містяться у суслі, і кислих солей розчином гідроксиду натрію в присутності фенолфталеїну.

**Техніка аналізу.** 20 см<sup>3</sup> лабораторного сусла вносили у конічну колбу й титрували із бюретки розчином гідроксиду натрію, що додається доти поки розчин набуде яскравого рожевого забарвлення.

Результат аналізу:

$$K = \frac{V_{NaOH*} \cdot C_{NaOH}}{V_n} \cdot 100 = \frac{2,4 \cdot 0,1}{20} \cdot 100 = 1,2$$

Кислотність сусла становить 1,2 см<sup>3</sup> розчину 1 моль/дм<sup>3</sup> NaOH/100 см<sup>3</sup>.

Визначення вмісту  $\alpha$ -амінного азоту (FAN) у пивному суслі. Визначення  $\alpha$ -амінного азоту проводили спектрофотометричним методом. Для обробки експериментальних результатів використовували методи математичної статистики.

Пивне сусло змішують з барвником (на основі нінгідрину) та за допомогою спектрофотометра вимірюють оптичну густину при 570 нм в кюветі діаметром 10 мм.

Оптичну густину порівнюють з еталоном. Як еталон використовують колір отриманим з 2 мг/л гліцину. Для більш точних вимірювань порожній зразок, стандарт на основі гліцину і сам зразок вимірювали тричі і розраховували середнє значення.

Вміст амінного азоту (FAN) в сусла становить 260 мг/100 дм<sup>3</sup>.

Таблиця 3.1 — Фізико-хімічні показники пивного сусла

| Показник                                                                                   | Результат вимірювання |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Вміст сухих речовин, %                                                                     | 11,5                  |
| pH сусла                                                                                   | 4,8                   |
| Кислотність сусла, см <sup>3</sup> розчину 1 моль/дм <sup>3</sup> NaOH/100 см <sup>3</sup> | 1,2                   |
| Вміст $\alpha$ -амінного азоту (FAN), мг/100 дм <sup>3</sup>                               | 260                   |

Для культивації ЧКД в апаратах чистої культури у варильному відділенні відібрали неохмелене пивне сусло з світлого ячмінного солоду.

### 3.2. Розмноження дріжджів за температури 8±0,5 °C (перший спосіб)

За даним способом штами дріжджі К-123, М-456 та С-789 культивувались за температури 8±0,5 °C. Вміст сухих речовин сусла становив 11,5 %. Аерація в апараті 1,2 кг/год, pH=4,8.

Місткість АЧК-1 — 50 гл, АЧК-2 — 100 гл та АЧК-3 — 200 гл.

**Штам К-123.** З колби Карлсберга (КК) чисту культуру дріжджів переносять в апарат чистої культури АЧК-1. Після заповнення апарату кількість дріжджових клітин становила 9,8 млн кл./см<sup>3</sup>, кількість життєздатних клітин 82 %, мертві клітини відсутні.

Через 12 год КДК зросла до 12,4 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год — до 22,3 млн кл./см<sup>3</sup>. На протязі всього періоду росту в АЧК-1 КМДК в полі зору мікроскопу спостерігалися в межах 31 %.

Через 48 год КДК досягла максимуму їх переносять у апарат чистої культури № 2 місткістю 100 гл. Після заповнення апарату кількість дріжджових клітин становила 11,2 млн кл./см<sup>3</sup>. Через 24 годин КДК зросла до відмітки 15,6 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин при цьому залишалась на відмітці 39 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину була 19,4 млн кл./см<sup>3</sup>, причому КМДК вже становила 43 %.

Після цього дріжджі перенесли у АЧК № 3 місткістю 200 гл. Знову вимірювали КДК — 9,7 млн кл./см<sup>3</sup>. Таким чином, розмноження дріжджів починається із пристосування їх до нового середовища. Через 24 год КДК зросла до 11,4 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КДК становила — 13,9 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК — 56 %, кількість життєздатних клітин — 40 %.

**Штам М-456.** Після заповнення АЧК-1 кількість дріжджових клітин становила 10,9 млн кл./см<sup>3</sup>, з них 0,1 % мертві, кількість молодих та життєздатних клітин 84 %. Через 24 годин КДК зросла до 13,2 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год — до 15,7 млн кл./см<sup>3</sup>. Протягом всього періоду культивування в АЧК-1 кількість мертвих дріжджових клітин зросла до відмітки 74 %, кількість молодих життєздатних клітин — 23 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин КДК на даній стадії через 24 год становила 9,2 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин КМДК при цьому залишалась на відмітці 80 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину була 10,3 млн кл./см<sup>3</sup>, причому КМДК вже становила 86,5 %.

Після цього дріжджі перенесли у АЧК № 3. Після вимірювали КДК — 5,5 млн кл./см<sup>3</sup>. Через 24 год КДК зросла до 6,6 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КМДК становила — 7,6 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становить 91 %, кількість молодих життєздатних клітин становила 8 %.

**Штам С-789.** Після заповнення АЧК-1 кількість дріжджових клітин становила 12,4 млн кл./см<sup>3</sup>, з них 0,05 % мертві, кількість молодих життєздатних клітин 84 %. Протягом всього періоду культивування в АЧК-1 кількість мертвих дріжджових клітин спостерігалися в межах 36 %. Через 24 год КДК зросла до 15,7 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год вже становила — 20,9 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-2. КДК на даній стадії через 12 год становила 10,3 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин при цьому залишалась на відмітці 46 %, кількість молодих життєздатних клітин 64 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину становила 16,1 млн кл./см<sup>3</sup>.

Після цього дріжджі перенесли у АЧК № 3. Після вимірювали КДК становило — 7,2 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК 56 %. Через 24 год КДК зросла до 9,7 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КМДК становила — 11,3 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становив 61 %, кількість молодих життєздатних клітин 37 %.

Результати досліджень першого способу розмноження ЧКД наведені в табл. 3.2.

**Таблиця 3.2 — Кількість дріжджових клітин при розмноженні за температури 8,0±0,5 °C**

| Раса дріжджів | Тривалість розмноження дріжджових клітин, млн.кл/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               | АЧК-1                                                            |        |        | АЧК-2  |        |        | АЧК-3  |        |        |
|               | 12 год                                                           | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год |
| К-123         | 12,4                                                             | 16,5   | 22,3   | 13,2   | 15,6   | 19,4   | 11,4   | 12,3   | 13,9   |
| М-456         | 11,6                                                             | 13,2   | 15,7   | 8,3    | 9,2    | 10,3   | 5,2    | 6,6    | 7,6    |
| С-789         | 12,4                                                             | 15,7   | 20,9   | 10,3   | 13,6   | 16,1   | 8,0    | 9,7    | 11,3   |

На рис. 3.1 наведена динаміка КДК у кожному з трьох апаратів чистої культури протягом всього періоду культивування виробничих дріжджів, рис. 3.2 — вміст КМДК по завершенні процесу, а на рис. 3.3 — кількість молодих життєздатних клітин.

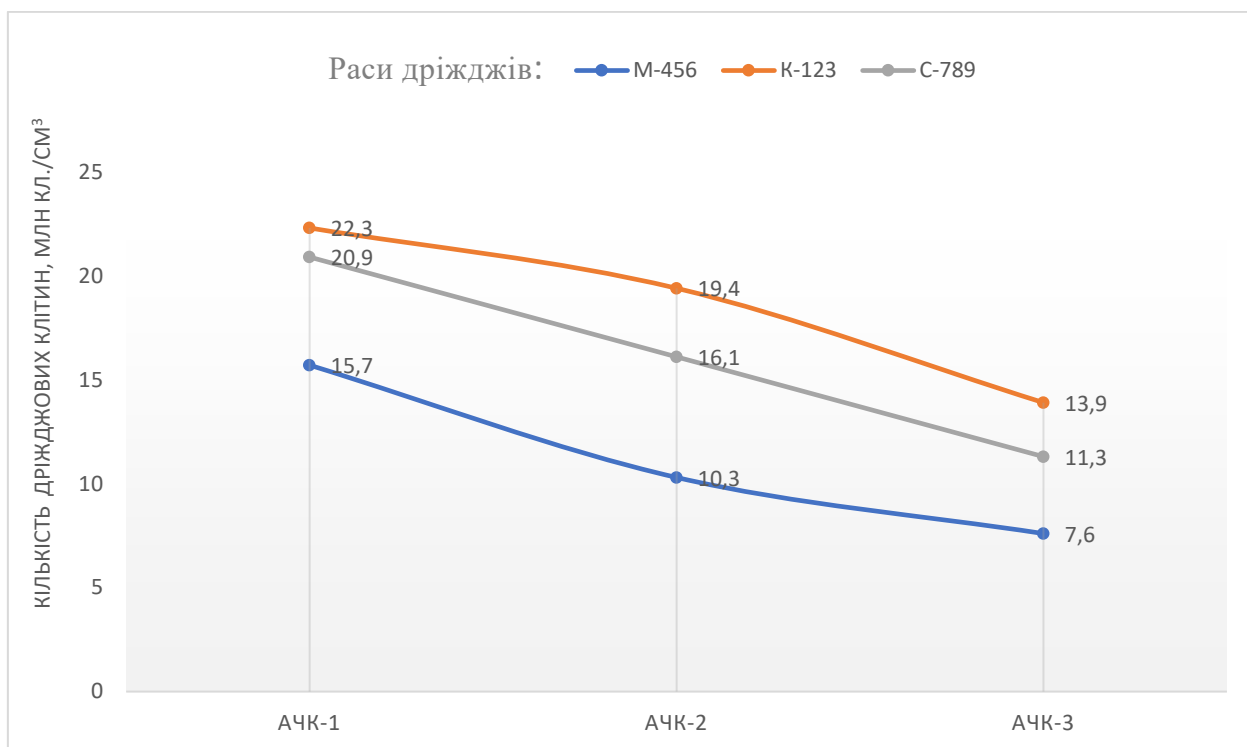


**Рис. 3.1 — Кількість дріжджових клітин, млн кл./см³, в АЧК при культивуванні за температури 8,0±0,5 °С**

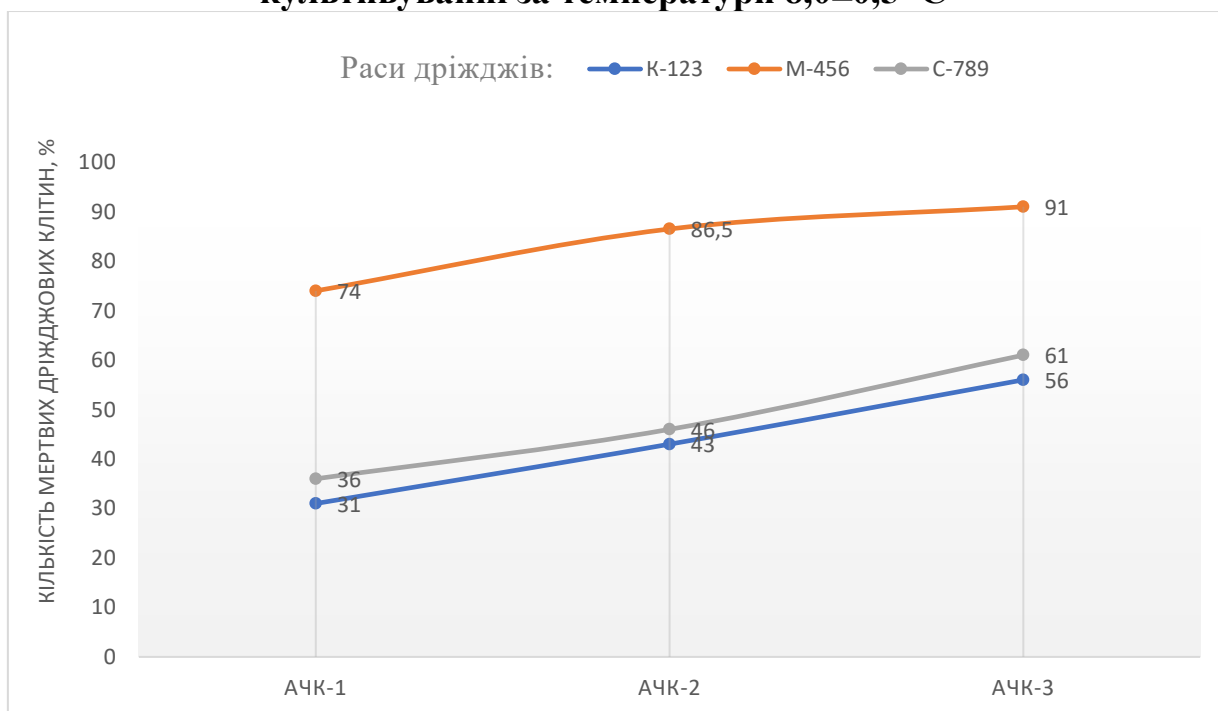


**Рис. 3.2 — Кількість мертвих дріжджових клітин, %, в АЧК при культивуванні за температури 8,0±0,5 °С**

Мертві клітини були зафіксовані на рівні від 31...86,5 %, їх кількість була вищою за допустиму вже на початку процесу через зміну фізико-хімічних умови поживного середовища. Отримані під час культивування показники КДК свідчать про те, що розмноження відбувалось не дуже інтенсивно.

На тривалість та інтенсивність окремих стадій росту сильно впливають фізико-хімічний склад сусла, температура вирощування та фізіологічний стан дріжджів.

Сусло містить всі поживні речовини, необхідні для росту дріжджів. Концентрація кисню та рН сусла також є важливими і в експериментах та знаходились в оптимальних межах 1,2 кг/год та 4,8 відповідно. Вміст сухих речовин сусла підібрано в оптимальних умовах для даних штамів дріжджів. Отже, згідно з результатами можемо зробити висновок що даний спосіб культивування (температура  $8\pm 0,5$  °C) не може бути рекомендованим, адже низька температура культивації інгібує розмноження дріжджових клітин.

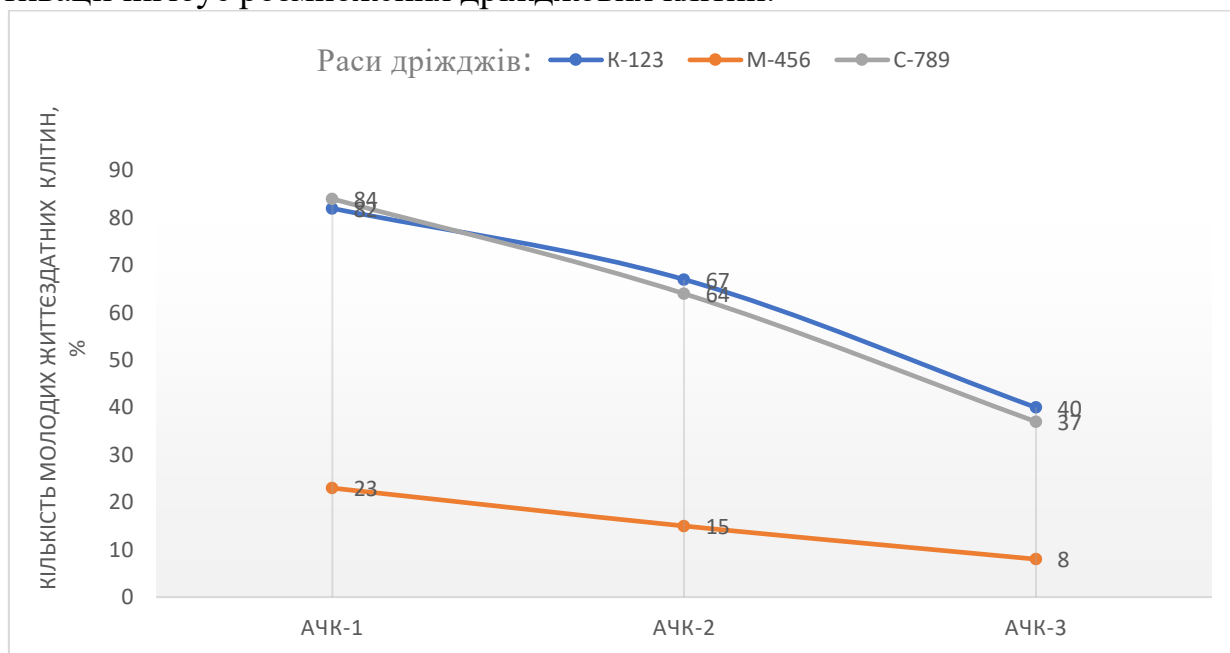


**Рис. 3.3 — Кількість молодих життєздатних дріжджових клітин %, в АЧК при культивуванні за температури  $8,0\pm 0,5$  °C**

Згідно з результати проаналізованих досліджень маючи погодинні дані про кількість клітин в кожному апараті, можемо обчислити валову та питому швидкість росту дріжджових клітин (параметри росту культури) в кожному АЧК.

Питома швидкість — це приріст мікроорганізмів, які утворилися з одиниці їх кількості в одиницю часу, і має розмірність  $\text{год}^{-1}$ . Питома швидкість росту розраховується за формулою виходячи з початкової  $X_0$  та кінцевої біомаси  $X_t$  у певні моменти часу  $t_0$  та  $t$ .

$$\mu = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t - t_0}.$$

Валова швидкість розмноження характеризує збільшення біомаси в абсолютних величинах.

Між питомою швидкістю розмноження  $\mu$  і кількістю брунькувань клітини за одиницю часу  $r$  (швидкість росту) існує таке співвідношення:

$$\frac{r}{\mu} = 1,44 \text{ або } \mu = 0,694r.$$

Результати досліджень валової та питомої швидкості росту дріжджів наведені в табл. 3.3 (розрахунок наведений в додатку Б).

Таблиця 3.3 — Валова та питома швидкість розмноження дріжджів

| Раса дріжджів                                   | К-123 |       |       | М-456 |       |       | С-789 |       |       |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Номер апарата                                   | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 |
| Питома швидкість розмноження, год <sup>-1</sup> | 0,016 | 0,011 | 0,008 | 0,007 | 0,005 | 0,005 | 0,012 | 0,008 | 0,006 |
| Валова швидкість росту, $\frac{г}{год}$         | 0,27  | 0,17  | 0,095 | 0,1   | 0,046 | 0,042 | 0,22  | 0,11  | 0,067 |

Поступове зменшення питомої та валової швидкості розмноження обумовлене, великою кількістю мертвих клітин спричинене низькою температурою культивування дріжджів в АЧК.

### 3.3. Розмноження дріжджів за температури $13 \pm 0,5$ °С (другий спосіб)

За даним способом штами дріжджі К-123, М-456 та С-789 культивувались за температури  $13 \pm 0,5$  °С. Вміст сухих речовин суслу становив 11,5 %. Аерація в апараті 1,2 кг/год, рН=4,8.

Усі інші технологічні операції проводились аналогічно першому способу. Згідно із спостереженнями, робимо висновок, що закономірності культивування повторюються згідно першому способу.

**Штам К-123.** Результати досліджень АЧК-1. Кількість дріжджових клітин на даній стадії становила 10,4 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК поступово зростала через 12 год становила 21,9 млн кл./см<sup>3</sup> і на 48-у годину становила 47,8 млн кл./см<sup>3</sup>. Мертві клітини дріжджів було помітні, лише при кінці культивування — 0,1 %, кількість молодих життєздатних клітин — 85 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин через 24 год на даній стадії становила 65,15 млн кл./см<sup>3</sup>. КМДК при цьому залишалась на відмітці 0,3 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину становила 106,5 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-3. Після 12 год культивування КДК становило — 75,6 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК піднялось до рівня 0,4 %. Через 24 год КДК зросла до 132 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КДК становила — 178,6 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становила 0,5 %, кількість молодих життєздатних клітин — 82 %.

**Штам М-456.** АЧК-1. Кількість дріжджових клітин на стадії перенесення із КК становила 12,4 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК за 12 год поступово зростала до відмітки 28,7 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 48-у годину становила 80,1 млн кл./см<sup>3</sup>. Мертві клітини дріжджів на кінці культивування становили 0,2 %, кількість молодих життєздатних клітин — 82 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин на 24 год культивування становила 75,1 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин при цьому становить 0,5 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину становила 128,4 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-3. Після 12 год культивування КДК становило — 135,4 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК піднялось до рівня 0,7 %. Через 24 год КДК зросла до 171,4 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год становила — 215,3 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становила 1,1 %, кількість молодих життєздатних клітин — 79 %.

**Штам С-789.** АЧК-1. Кількість дріжджових клітин на стадії перенесення із КК

становила 11,8 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК за 24 год поступово зростала до відмітки 25,6 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 48-у годину становила 49,5 млн кл./см<sup>3</sup>. Мертві клітини дріжджів не спостерігалися, кількість молодих життєздатних клітин 84 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин на 24 год культивування становила 92,5 млн кл./см<sup>3</sup>. КМДК при цьому становить 0,15 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину — 112,0 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-3. Після 12 год культивації КДК становить — 102,1 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК піднялось до рівня 0,3 %. Через 24 год КДК зросла до 144,0 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год становила — 188,1 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин — 0,4 %, кількість молодих життєздатних клітин — 80 %.

Результати досліджень першого способу розмноження ЧКД наведені в табл. 3.4.

**Таблиця 3.4 — Кількість дріжджових клітин при розмноженні за температури 13±0,5 °С**

| Раса дріжджів | Тривалість розмноження дріжджових клітин, млн.кл/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               | АЧК-1                                                            |        |        | АЧК-2  |        |        | АЧК-3  |        |        |
|               | 12 год                                                           | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год |
| К-123         | 21,9                                                             | 32,4   | 47,8   | 34,3   | 65,15  | 106,5  | 75,6   | 132,0  | 178,6  |
| М-456         | 28,7                                                             | 45,6   | 80,1   | 56,7   | 75,1   | 128,4  | 135,4  | 171,4  | 215,3  |
| С-789         | 22,5                                                             | 25,6   | 49,5   | 47,8   | 92,5   | 112,0  | 102,1  | 144    | 188,1  |

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що розмноження дріжджів у кожному з апаратів чистої культури відбувалося за однаковими закономірностями, що було обумовлено однаковими умовами процесу.

Зміна вмісту кількості дріжджових клітин в залежності від температури культивування описується наступними рівняннями:

$$y_{\text{К-123}} = 6,7x^2 + 38,6x + 2,5;$$

$$y_{\text{К-456}} = 6,8x^2 + 42,1x + 0,6;$$

$$y_{\text{К-789}} = 19,3x^2 - 9,6x + 70,4.$$

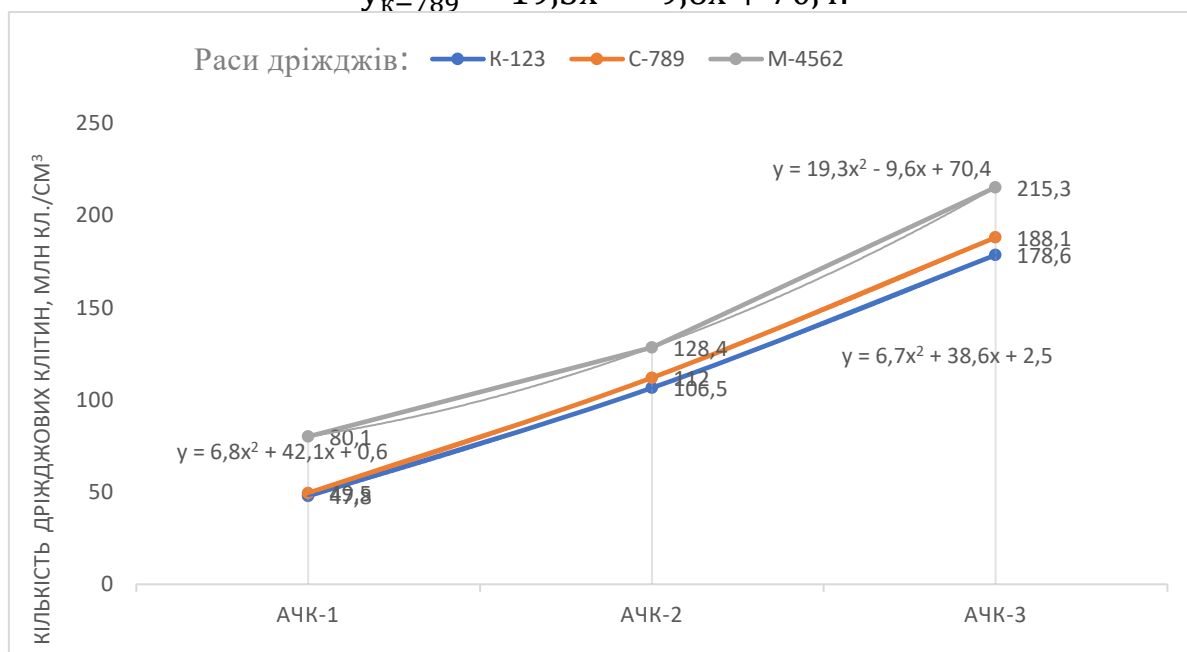


**Рис. 3.4 — Кількість дріжджових клітин, млн кл./см<sup>3</sup>, в АЧК при культивуванні за температури 13,0±0,5 °С**

Зміна вмісту кількості мертвих дріжджових клітин в залежності від температури культивування описується наступними рівняннями:

$$y_{K-123} = 0,15x^2 + 0,2x - 0,1;$$

$$y_{K-456} = 0,15x^2 - 0,15x + 0,2;$$

$$y_{K-789} = 0,05x^2 - 0,14x - 0,05.$$

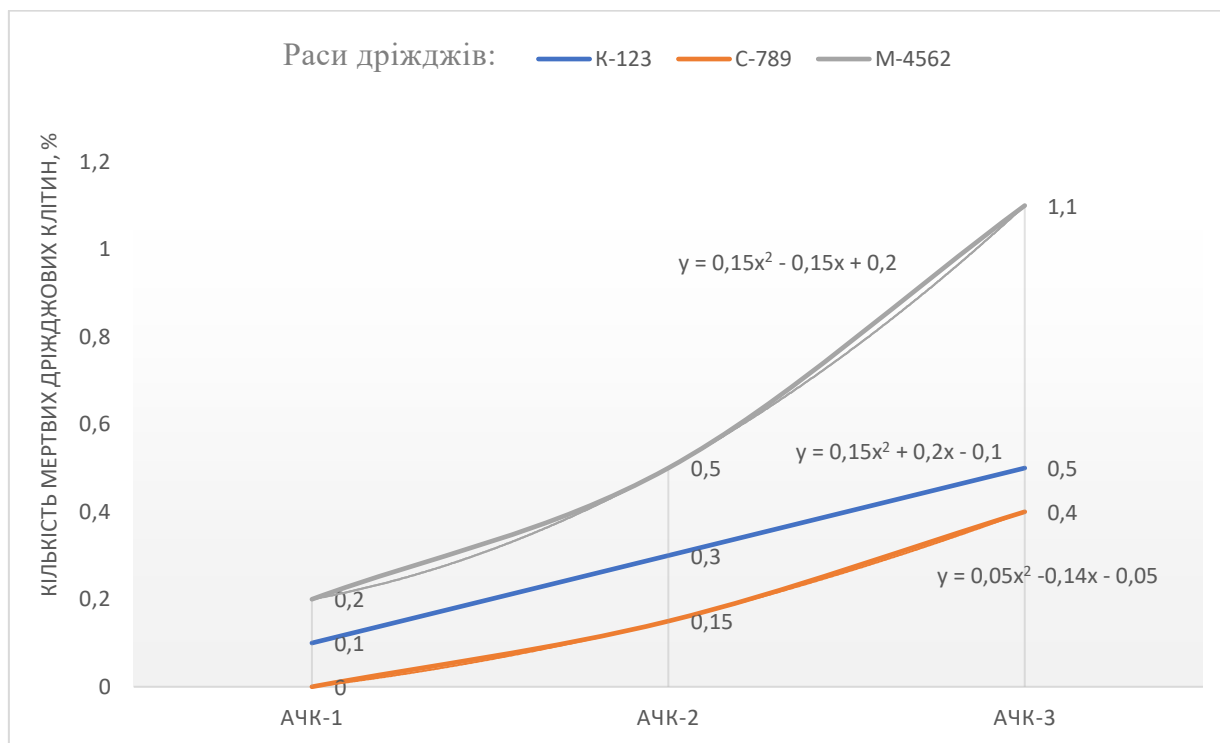


**Рис. 3.5 — Кількість мертвих дріжджових клітин, %, в АЧК при культивуванні за температури  $13,0 \pm 0,5$  °C**

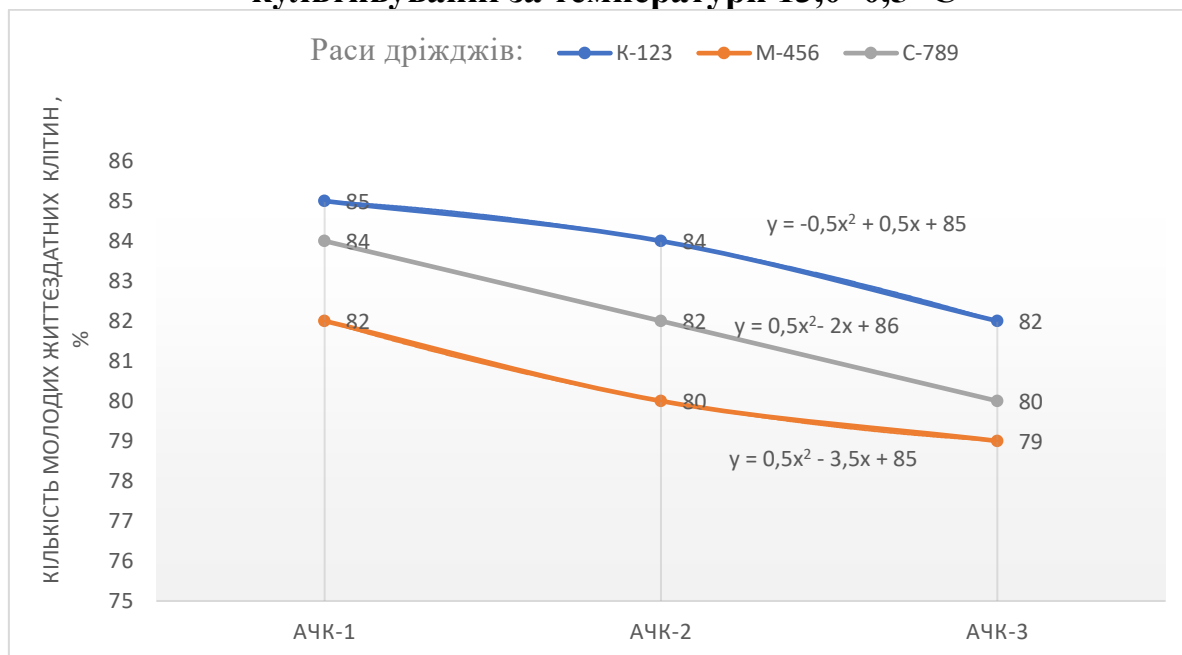


**Рис. 3.6 — Кількість молодих життєздатних дріжджових клітин %, в АЧК при культивуванні за температури  $13,0 \pm 0,5$  °C**

Зміна вмісту кількості молодих життєздатних дріжджових клітин в залежності

від температури культивування описується наступними рівняннями:

$$y_{K-123} = -0,5x^2 + 0,5x + 85;$$

$$y_{K-456} = 0,5x^2 - 3,5x + 85;$$

$$y_{K-789} = 0,5x^2 - 2x + 86.$$

КДК за даного способу культивування, була значно вище в порівнянні з попереднім способом, також важливо зазначити факт, що за цим способом спостерігається найменша КМДК. На протязі всього періоду культивації в АЧК-1 мертві дріжджові клітини в полі зору мікроскопу не спостерігалися, або знаходилися в дуже малих межах 0,1 %. У АЧК-2 та АЧК КМДК знаходилась в межах 0,2...0,4 %, що означає що приданому способі культивування значення КМДК знаходиться в припустимих межах. Рівень молодих життєздатних дріжджових клітин %, становить від 80 до 85 %, цей показник знаходиться в межах норми.

Аналізуючи дані отримані у попередніх дослідах, можемо зробити висновок, що для даних зразів дріжджів даний спосіб культивування (температура  $13 \pm 0,5$  °C) є ефективним.

Маючи погодинні дані кількості дріжджових клітин, можна обчислити швидкість росту дріжджових клітин, як валову так і питому.

Результати досліджень валової та питомої швидкості росту дріжджів наведені в табл. 3.5 (розрахунок наведений в додатку Б).

**Таблиця 3.5 — Валова та питома швидкість розмноження дріжджів**

| Раса дріжджів                                   | К-123 |       |       | М-456 |       |       | С-789 |       |       |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Номер апарата                                   | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 |
| Питома швидкість розмноження, год <sup>-1</sup> | 0,022 | 0,032 | 0,024 | 0,029 | 0,023 | 0,015 | 0,028 | 0,028 | 0,017 |
| Валова швидкість росту, $\frac{r}{год}$         | 0,7   | 2,0   | 2,9   | 1,43  | 2,0   | 2,2   | 0,9   | 1,8   | 2,4   |

Поступове збільшення питомої та валової швидкості розмноження обумовлене, високим вмістом молодих життєздатних клітин та оптимальною температурою культивації дріжджів в АЧК.

### **3.4. Розмноження дріжджів за температури $18 \pm 0,5$ °C (третій спосіб)**

За даним способом штами дріжджі К-123, М-456 та С-789 культивувались за температури  $18 \pm 0,5$  °C. Вміст сухих речовин суслу становив 11,5 %. Аерація в апараті 1,2 кг/год, рН=4,8.

Усі інші технологічні операції проводились аналогічно першому способу. Згідно із спостереженнями, робимо висновок, що закономірності культивації повторюються згідно першому та другому способу.

**Штам К-123.** Результати досліджень АЧК-1. КДК на даній стадії становила 9,1 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК поступово зростала через 12 год становила 22,5 млн кл./см<sup>3</sup> і на 48-у годину становила 56,3 млн кл./см<sup>3</sup>. Мертві клітини дріжджів було помітні, вже на 24 год культивування та становили 0,5 %, кількість життєздатних дріжджових клітин — 84 %.

АЧК-2. На даній стадії кількість дріжджових клітин через 24 год становила 78,6

млн кл./см<sup>3</sup>. КМДК при цьому залишалась на відмітці 0,8 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину становила 105,2 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-3. Після 12 год культивування КДК становило — 112,1 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК піднялось до рівня 1,4 %. Через 24 год КДК зросла до 148,7 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КМДК становила — 181,2 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становила 1,8 %, кількість життєздатних дріжджових клітин — 79 %.

**Штам М-456.** АЧК-1. Кількість дріжджових клітин становила 11,3 млн кл./см<sup>3</sup>, з них 0,2 % мертві, кількість життєздатних клітин — 82 %. Через 12 годин КДК зросла до 12,5 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год — до 15,2 млн кл./см<sup>3</sup>. Протягом всього періоду культивування в АЧК-1 кількість мертвих дріжджових клітин збільшилась до 72 %, кількість життєздатних клітин — 23 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин на даній стадії через 12 год становила 8,0 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин при цьому залишалась на відмітці 81 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину була 9,6 млн кл./см<sup>3</sup>, причому КМДК вже становила 86 %.

АЧК-3. Через 24 год КДК зросла до 5,5 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КДК становила — 7,1 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становила 94 %, кількість молодих клітин — 10 %.

**Штам С-789.** АЧК-1. КДК на стадії перенесення із КК становила 10,2 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК за 24 год поступово зростала до відмітки 26,9 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 48-у годину становила 68,9 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих клітин дріжджів спостерігалась в межах 1,6 %, кількість молодих життєздатних клітин — 83 %.

АЧК-2. Кількість дріжджових клітин на 24 год культивування становила 84,4 млн кл./см<sup>3</sup>. КМДК при цьому становить 2,4 %. КДК поступово зростала і на 48-у годину становила 131,8 млн кл./см<sup>3</sup>.

АЧК-3. Після 12 год культивування КДК становить — 135,6 млн кл./см<sup>3</sup>, КМДК піднялось до рівня 2,6 %. Через 24 год КДК зросла до 178,9 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год становила — 198,2 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин становила 3,4 %, кількість життєздатних клітин знаходиться в межах 80 %.

Результати досліджень першого способу розмноження ЧКД наведені в табл. 3.6.

**Таблиця 3.6 — Кількість дріжджових клітин при розмноженні за температури 18±0,5 °C**

| Раса дріжджів | Тривалість розмноження дріжджових клітин, млн.кл/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               | АЧК-1                                                            |        |        | АЧК-2  |        |        | АЧК-3  |        |        |
|               | 12 год                                                           | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год | 12 год | 24 год | 48 год |
| К-123         | 22,5                                                             | 40,6   | 56,3   | 78,6   | 92,4   | 105,2  | 112,1  | 148,7  | 181,2  |
| М-456         | 12,5                                                             | 13,9   | 15,2   | 8,0    | 8,9    | 9,6    | 5,0    | 5,5    | 7,1    |
| С-789         | 18,4                                                             | 26,9   | 68,9   | 57,9   | 84,4   | 131,8  | 135,6  | 178,9  | 198,2  |

Із графіків видно, що КДК у кожному апараті чистої культури, відбуваються і самі процеси та закономірності що і у першому досліді, але КМДК була менше на порівняно з 1-м способом.

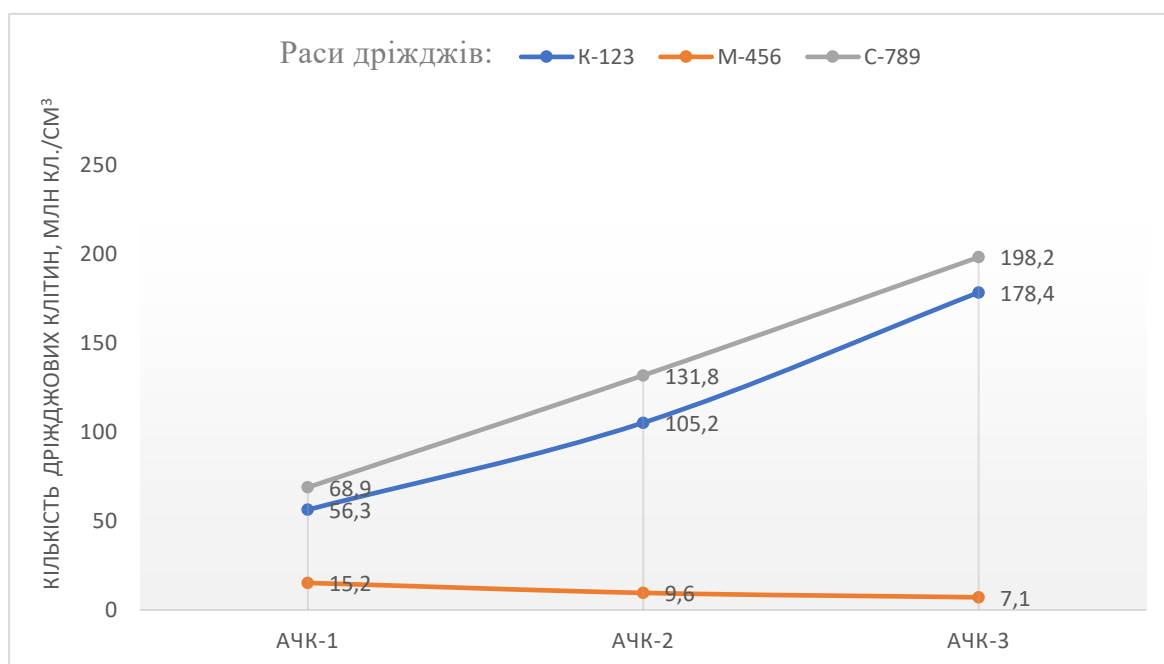


**Рис. 3.7 — Кількість дріжджових клітин, млн кл./см³, в АЧК при культивуванні за температури  $18,0 \pm 0,5$  °С**

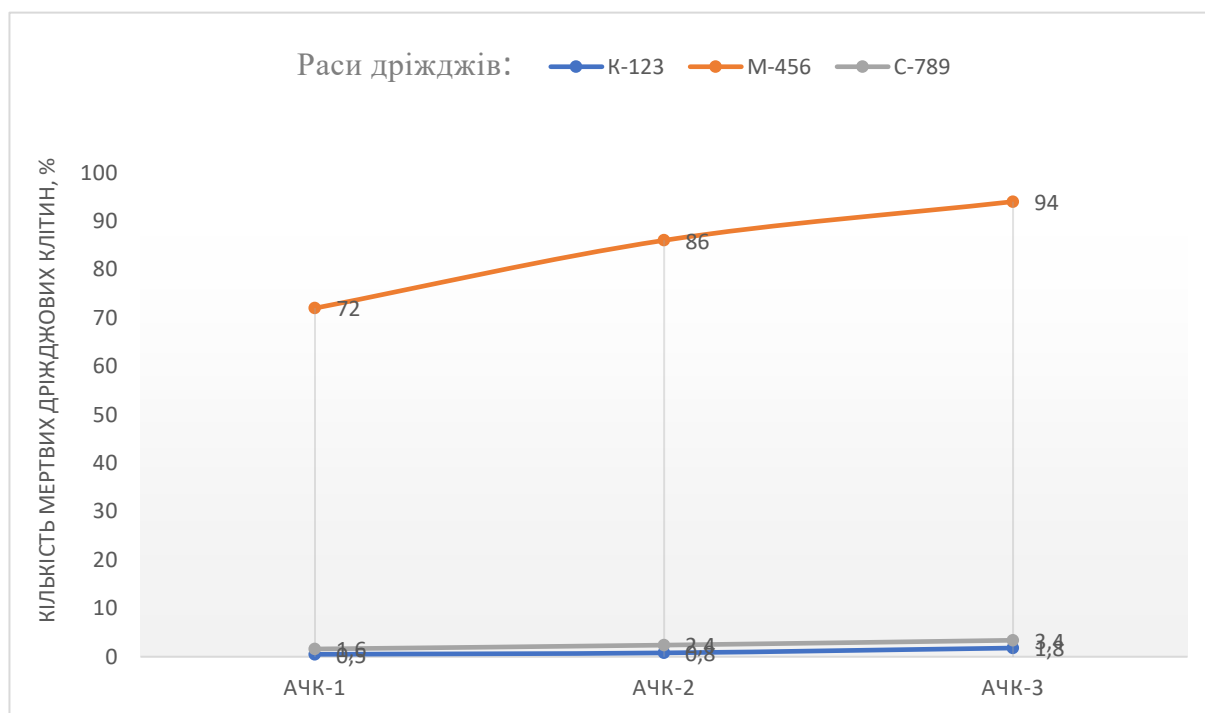


**Рис. 3.8 — Кількість мертвих дріжджових клітин, %, в АЧК при культивуванні за температури  $18,0 \pm 0,5$  °С**

За результатами досліджень було встановлено, що для штамів К-123 та С-789 показники кількості молодих дріжджових клітин (КМДК) була значно вище за температури  $18 \pm 0,5$  °С порівняно із іншими способами розмноження, але за даної температури спостерігався високий вміст мертвих дріжджових клітин 1,6 % та 3,4 %.

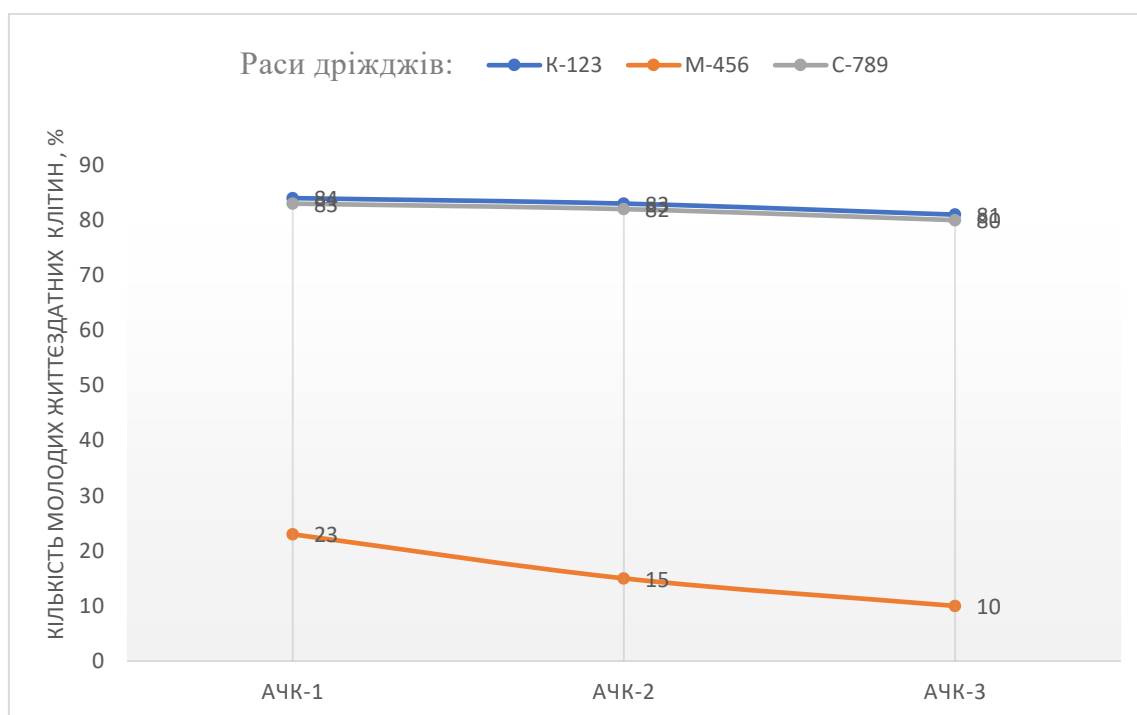


Рис. 3.9 — Кількість молодих життєздатних дріжджових клітин %, в АЧК при культивуванні за температури  $18,0 \pm 0,5$  °С

Результати досліджень валової та питомої швидкості росту дріжджів наведені в табл. 3.7 (розрахунок наведений в додатку Б).

Таблиця 3.7 — Валова та питома швидкість розмноження дріжджів

| Раса дріжджів                                         | К-123 |       |       | М-456 |       |       | С-789 |       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Номер апарата                                         | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 | АЧК-1 | АЧК-2 | АЧК-3 |
| Питома швидкість розмноження, $\text{год}^{-1}$       | 0,025 | 0,028 | 0,013 | 0,005 | 0,005 | 0,007 | 0,037 | 0,023 | 0,011 |
| Валова швидкість росту, $\frac{\text{г}}{\text{год}}$ | 0,94  | 1,84  | 2,0   | 0,075 | 0,05  | 0,044 | 1,4   | 2,05  | 1,8   |

Поступове збільшення питомої та валової швидкості розмноження у штамах К-123 та С-789 обумовлене, високим вмістом молодих життєздатних клітин та оптимальною температурою культивації дріжджів в АЧК. Проте в штамі М-456 спостерігається сповільнення питомої та валової швидкості, з чого робимо висновок, що температура  $18,0 \pm 0,5$  °С не може бути рекомендована для даного штаму, оскільки повністю інгібується розвиток дріжджових клітин.

### 3.5. Рациональний спосіб розмноження сучасних пивоварних рас дріжджів

При використанні будь-якої раси дріжджів потрібно враховувати його особливості та знайти оптимальні умови бродіння для отримання високоякісного пива. Найважливішими параметрами при цьому є доза дріжджів, фізико-хімічний склад, температура бродіння та аерація сула. Регулюючи ці параметри можна забезпечити оптимальні умови для розмноження дріжджів та забезпечити управлінням процесом бродіння.

За результатами досліджень було встановлено, що для штамів К-123 та С-789

показники кількості молодих дріжджових клітин (КМДК) була значно вище за температури  $18 \pm 0,5$  °С порівняно із іншими способами розмноження, але за даної температури спостерігався високий вміст мертвих дріжджових клітин 3,4 %. Проте, за температури  $13 \pm 0,5$  °С, КДК відрізнялася лише на 0,4 %, а вміст мертвих клітин зменшився до показника 0,4 %. З чого можемо зробити висновок, що найкращими умовами розмноження для даних штамів пивоварних дріжджів є температура  $13 \pm 0,5$  °С.

Розмноження дріжджів за температури 8 °С було найменш інтенсивним порівняно з іншими способами, КДК була менше майже на 90 % порівняно з 2-м та 3-м способами. За цим способом спостерігалась найбільша КМДК за всі способи, що може бути обумовлено низькою температурою культивування. Кількість мертвих клітин досягла відмітки від 65 до 94 %, їх кількість була вищою за допустиму вже на початку процесу культивування, через зміну фізико-хімічних умови поживного середовища. Отримані під часу культивування показники КДК свідчать про те, що розмноження відбувалось не дуже інтенсивно. Отже, згідно з результатами можемо зробити висновок що для даних зразів дріжджів даний спосіб культивування (температура  $8 \pm 0,5$  °С) не є ефективним.

Другий спосіб культивування був найефективнішим для всіх трьох штамів. Про це свідчали показники КМК, КМДК та кількість молодих життєздатних клітин. Тому робимо висновок,  $13 \pm 0,5$  °С є оптимальною температурою бродіння для даних штамів дріжджів.

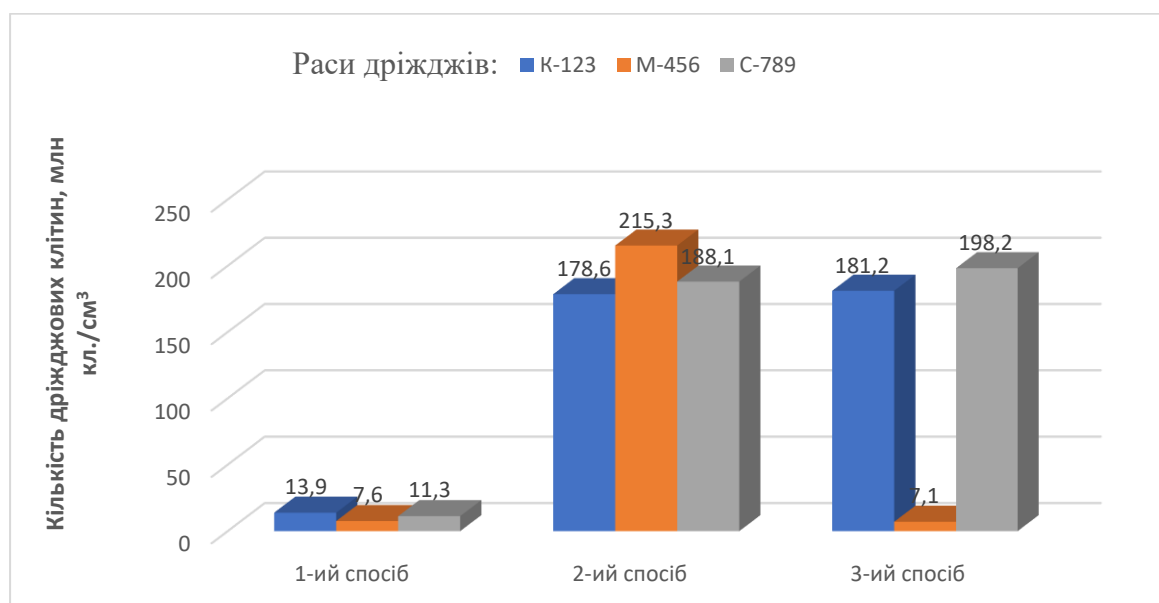


Рис. 3.10 — Кількість дріжджових клітин, млн кл./см³

На рис. 3.10-3.12 наведено дані щодо вмісту КДК, КМДК та кількість молодих життєздатних дріжджових клітин при культивуванні ЧКД в апаратах чистої культури за різних температур.

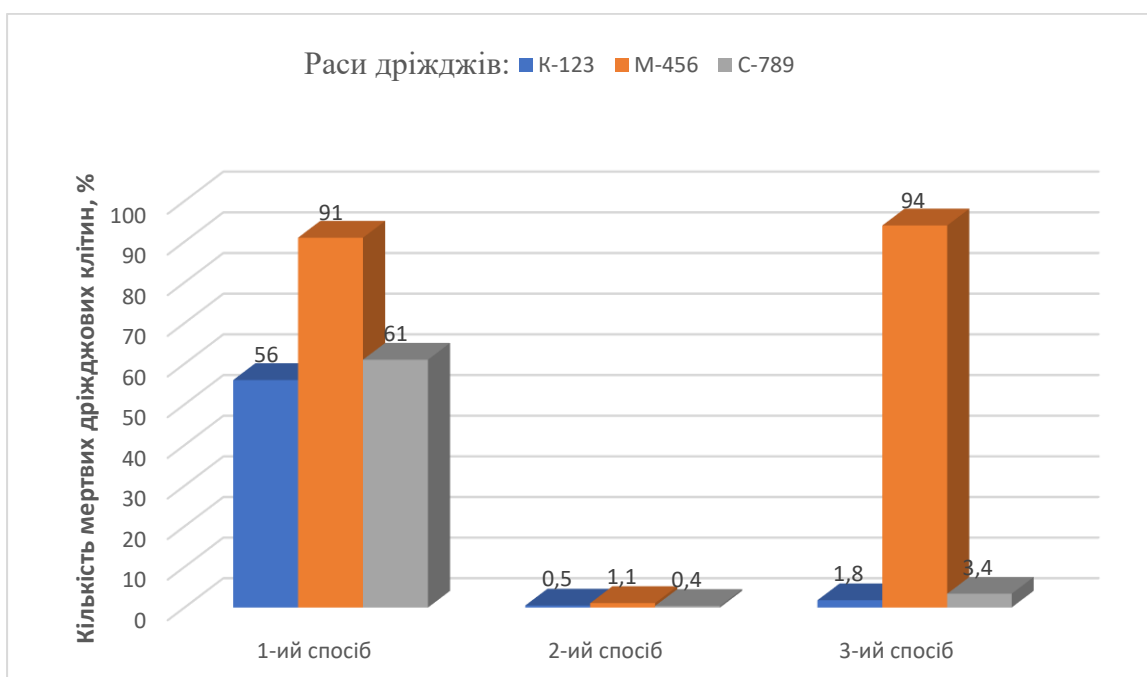


**Рис. 3.11 — Кількість мертвих дріжджових клітин, %**

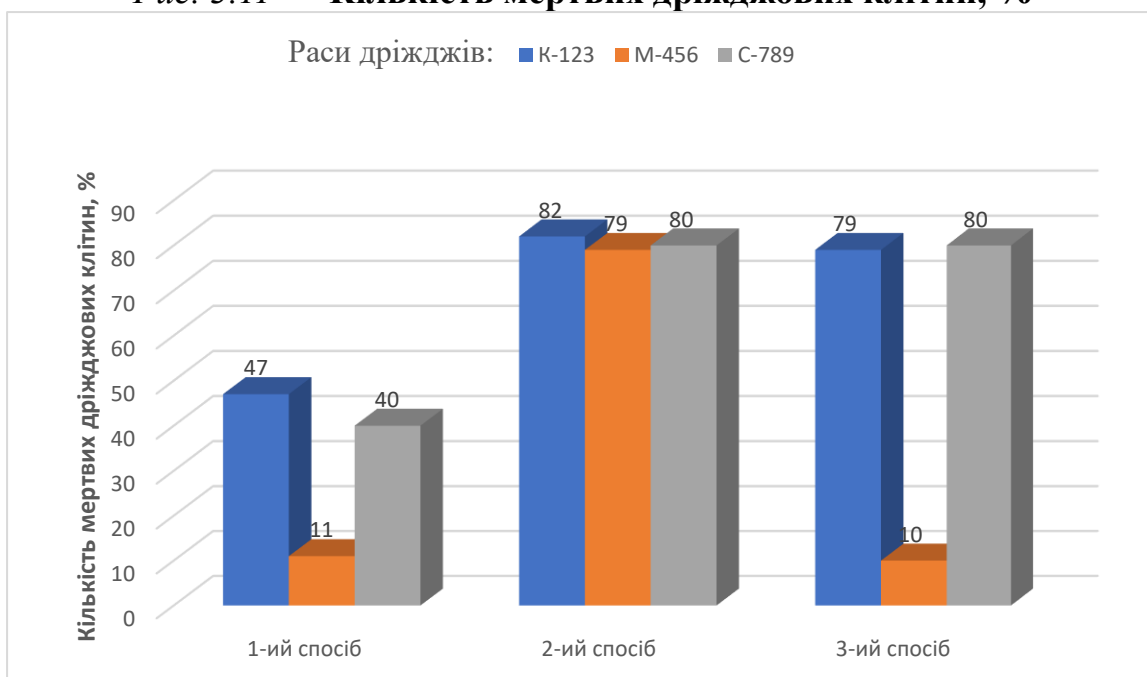


**Рис. 3.12 — Кількість молодих життєздатних клітин, %**

### 3.6. Висновки

1. Збільшення температури культивування пивних дріжджів у апаратах чистої культури від 8 до 13 °С збільшує швидкість розмноження дріжджів та пропорційно зменшується вміст мертвих клітин.
2. Дріжджі штаму C-456 нестійкі до перепада температур. Оптимальними умовами культивації є температура  $13 \pm 0,5$  °С, при температурі  $8 \pm 0,5$  °С або  $18 \pm 0,5$  °С культура дріжджів гине.
3. За даними досліджень найменша кількість мертвих клітин спостерігалась на температури  $13 \pm 0$  °С, найбільша кількість — за температури  $8 \pm 0$  °С.

4. За результатами досліджень встановлено, що оптимальним варіантом розмноження для досліджуваних штамів є температура 13 °С. За цих умов дріжджі досягають найкращих показників. За цих умов дріжджі краще підготовлені до головного бродіння в ЦКБА.

5. На основі проведених досліджень підтвердили закономірність впливу температури та тривалості вирощування на інтенсивність окремих стадій росту дріжджів.

6. Значення питомої швидкості росту, тобто продуктивності процесу культивування дріжджів досягла найвищої відмітки 0,028...0,032 год<sup>-1</sup> за температури 13 °С. Середня валова швидкість росту становила 2,2...2,9 млн. кл./год.

#### 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Основні вхідні фактори, що змінюються в ході дослідів, є: тривалість культивування дріжджів та температура.

Аерація, вміст СР, кислотність, вміст амінного азоту та рН сусла в ході досліджень залишались незмінними, то приймаємо їх як постійно – змінні параметри.

Основним досліджуваним параметром в ході даного процесу є – загальна кількість дріжджових клітин раси К-123, млн кл./см<sup>3</sup>.

Модель «чорного ящика» в процесі культивування чистої культури дріжджів зображено на рис. 4.1.

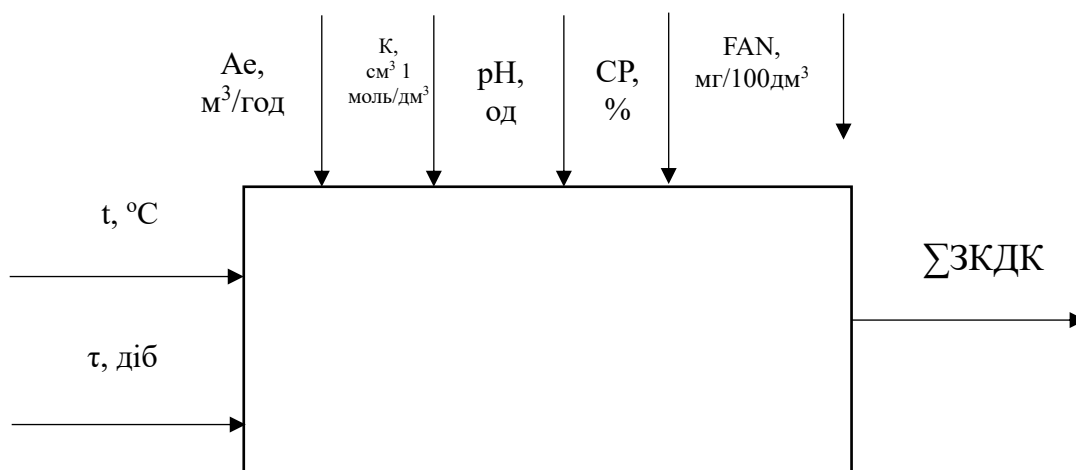


Рис. 4.1 — Модель «чорного ящика» процесу культивування ЧКД

Вихідний параметр — загальна кількість дріжджових клітин штаму К-123, млн кл./см<sup>3</sup>.

Вхідні фактори:  $t$  — температура культивування, °C та  $\tau$  — тривалість культивування, діб.

Постійно-змінні фактори:  $c$  — концентрація сухих речовин сусла, %,  $v$  — швидкість аерації повітрям, м<sup>3</sup>/год, рН — рН сусла та  $K$  — титрована кислотність сусла, см<sup>3</sup> 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію, FAN — вміст амінного азоту мг/100 дм<sup>3</sup>.

Після проведення аналізу, в зв'язку з тим, що ми маємо постійно-змінні фактори, дію яких при створенні математичної моделі можна не враховувати, отримуємо функцію такого виду:

$$N = f(t, \tau)$$

##### Складання математичної моделі

Перейдемо до кодованих величин, обираємо вид поліноміальної функції:

$$\hat{y} = f(z_1, z_2),$$

де  $\hat{y}$  — функція відгуку, кількість дріжджових клітин, млн кл./см<sup>3</sup>;

$z_1$  — температура культивування, °C;

$z_2$  — тривалість культивування, діб.

Плануємо кількість дублюючих дослідів  $m = 3$ .

Вибираємо метод планування: метод ПФЕ 2<sup>2</sup>.

Таблиця вхідних значень представлена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 — Вихідні значення

| Фактор $x_i$ | Нульовий рівень | Інтервал варіювання | Верхній рівень | Нижній рівень |
|--------------|-----------------|---------------------|----------------|---------------|
| $Z_1$        | 13              | 5                   | 18             | 8             |
| $Z_2$        | 30              | 18                  | 48             | 12            |

Робоча матриця планування експерименту наведена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 — Матриця планування експерименту

| Досліди<br>$N=4$ | $Z_0$ | Фактори |       |          | Вихідні дані |          |           |       | Розрахунки |             |
|------------------|-------|---------|-------|----------|--------------|----------|-----------|-------|------------|-------------|
|                  |       | $Z_1$   | $Z_2$ | $Z_{12}$ | $y_{u1}$     | $y_{u2}$ | $y_{u12}$ | $y_u$ | $S_u^2$    | $\bar{y}_u$ |
| 1                | +     | +       | +     | +        | 130,5        | 133,8    | 131,6     | 131,9 | 2,83       |             |
| 2                | +     | -       | +     | -        | 39,8         | 40,8     | 44,5      | 41,7  | 6,13       |             |
| 3                | +     | +       | -     | -        | 56,9         | 63,7     | 61,5      | 60,7  | 12,04      |             |
| 4                | +     | -       | -     | +        | 85,8         | 81,4     | 83,1      | 83,4  | 4,9        |             |

Здійснюємо експеримент у відповідності з матрицею плану.

Перевіряємо однорідність дисперсій: розраховуємо дисперсію паралельних (дублюючих) дослідів для кожного рядка матриці плану, (табл. 4.2), за рівнянням:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{u,k} - \bar{y}_u)^2,$$

де  $m$  — кількість паралельних дослідів;  $m = 3$ ;

$k$  — поточний номер паралельного дослідів;  $k = 1 \dots m$ ;

$y_{u,k}$  — експериментальні значення вихідного параметра за результатами  $k$ -го паралельного  $u$ -го дослідів;

$y_u$  — середнє значення вихідного параметру за результатами паралельних дослідів  $u$ -го номеру дослідів, тобто для  $u$  від 1 до  $N = 4$ :

$$S_2^1 = \frac{1}{3-1} [(130,5 - 131,9)^2 + (133,8 - 131,9)^2 + (131,6 - 131,9)^2] = 2,83;$$

$$S_2^1 = \frac{1}{3-1} [(39,8 - 41,7)^2 + (40,8 - 41,7)^2 + (44,5 - 41,7)^2] = 6,13;$$

$$S_3^1 = \frac{1}{3-1} [(56,9 - 60,7)^2 + (63,7 - 60,7)^2 + (61,5 - 60,7)^2] = 12,04;$$

$$S_4^1 = \frac{1}{3-1} [(85,8 - 83,4)^2 + (81,4 - 83,4)^2 + (83,1 - 83,4)^2] = 4,9.$$

Визначаємо найбільше значення  $S_{одн.мах}^2$  з усіх розрахованих раніше:

$$S_{одн.мах}^2 = S_2^2 = 12,04.$$

Розраховуємо суму розрахованих дисперсій:

$$\sum_{i=1}^N S_{одн. i}^2 = 2,83 + 6,13 + 12,04 + 4,9 = 25,9.$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_{max} = \frac{S_{одн\,max}^2}{\sum_{i=1} S_{одн\,i}^2};$$

де  $S_{одн\,max}^2$  — найбільша рядкова дисперсія (в рядках плану дослідів);

$$G_p = \frac{12,04}{25,9} = 0,46.$$

Вибираємо табличне значення критерія Кохрена  $G_{max}$  для значень ступенів вільності  $f_2=2$  та  $f_2=N=3$  та для рівня значущості  $\alpha=0,05$ .

$$G_m = f_{1,f_2} = 0,9057.$$

Перевіряємо виконання умови:

$$G_{max} = 0,51 < G_m = 0,9057.$$

Робимо висновок, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримані експериментальні дані є відтворюваними.

Розраховуємо загальну похибку дослідів (всього експерименту), а саме, середнє арифметичне значення дисперсій в  $N = 3$  точках факторного простору:

$$S_{відт}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{одн\,i}^2}{N};$$

$$S_{відт}^2 = \frac{25,9}{4} = 6,47.$$

Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^N z_{xi} \cdot \tilde{y}_i}{N};$$

$$b_0 = \frac{1}{4}(2,83 + 6,13 + 12,04 + 4,9) = 25,9;$$

$$b_1 = \frac{1}{4}(2,83 - 6,13 + 12,04 - 4,9) = 3,84;$$

$$b_2 = \frac{1}{4}(2,83 + 6,13 - 12,04 - 4,9) = -7,98;$$

$$b_{12} = \frac{1}{4}(2,83 - 6,13 - 12,04 + 4,9) = -10,44.$$

Рівняння регресії з розрахованими коефіцієнтами має такий вигляд:

$$\hat{y} = 25,9 + 3,81z_1 + (-7,98z_2) + (-10,44 z_1z_2).$$

Перевіряємо значущість коефіцієнтів регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної взаємодії:

а) визначимо дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_b^2 = \frac{S_0^2}{Nm}$$

де  $N$  — кількість дослідів за планом;

$m$  — кількість паралельних дослідів;

$i$  — поточний номер коефіцієнта.

$$S_b^2 = \frac{6,47}{4 \cdot 3} = 0,53;$$

б) визначимо відхилення будь-якого коефіцієнта:

$$\Delta b_i = \pm S_{b,i} \times t_T = \pm t_T \times \sqrt{S_{b,i}^2}.$$

Знаходимо табличне значення коефіцієнта Стьюдента —  $t_r=2,78$  ( $\alpha=0,05$ ;  $f=3$ ). Потім перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме  $t_{bk} > t_r$ , якщо ця умова не виконується – то коефіцієнт є незначущим і ним можна знехтувати.

$$\Delta b_i = \pm 2,78 \times \sqrt{0,53} = \pm 2,02$$

Розраховуємо значення критерія Стьюдента для коефіцієнту регресії,  $b_{i,t}$ :

$$\sqrt{S_{b,i}^2} = \sqrt{0,53} = 0,73;$$

$$t_{b0} = \frac{|25,9|}{0,73} = 35,5;$$

$$t_{b1} = \frac{|3,84|}{0,73} = 5,3;$$

$$t_{b2} = \frac{|-7,98|}{0,73} = 10,9;$$

$$t_{b2} = \frac{|-10,44|}{0,73} = 14,3.$$

Перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме:  $t_{bi} > t_r$ ; виконання цієї умови дає підставу констатувати значущість відповідного  $i$ -го коефіцієнту.

В нашому випадку значущими можна вважати коефіцієнти регресії  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , тобто коефіцієнти при  $z_0$ ,  $z_1$ ,  $z_2$ .

Отримане рівняння регресії в остаточному вигляді має такий вид:

$$\hat{y} = 25,9 + 3,81z_1 + (-7,98z_2) + (-10,44 z_1z_2)$$

Розраховуємо значення вихідного параметру  $\hat{y}_i$  за отриманим рівнянням для всіх 4 дослідів і занесемо їх в табл. 4.2

$$\hat{y}_1 = 25,9 + 3,81 + (-7,98) + (-10,44) = 11,29$$

$$\hat{y}_2 = 25,9 - 3,81 + (-7,98) - (-10,44) = 24,55$$

$$\hat{y}_3 = 25,9 + 3,81 - (-7,98) - (-10,44) = 48,13$$

$$\hat{y}_4 = 25,9 - 3,81 - (-7,98) + (-10,44) = 19,53$$

Перевіряємо адекватність отриманого рівняння регресії на адекватність дійсному процесу.

Розраховуємо залишкову дисперсію:

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{m}{f_1} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2;$$

де  $f_1$  – число ступенів свободи:

$$f_1 = (N \cdot m - 1) - (Nm - (N + 1)) = (4 \cdot 3 - (4 + 1)) = 12 - 5 = 7;$$

де  $\bar{y}$  – середнє дослідне значення вихідного параметру в кожному досліді;

$\hat{y}_i$  – розраховане за рівнянням регресії значення вихідного параметру.

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{3}{7} ((11,29 - 131,9)^2 + (24,55 - 41,7)^2 + (48,13 - 60,7)^2 + (19,53 - 83,4)^2) = 8176$$

б) Розраховуємо значення критерія Фішера:

$$F_p = \frac{S_{\text{заг}}^2}{S_0^2} = \frac{8176}{6,47} = 1263,7.$$

За таблицями, для степенів свободи  $f_1 = (Nm-l)=(4 \cdot 3-(4+1))=7$ , для чисельника та  $f_2 = N(m-1) = 4(3-1) = 8$  для знаменника, та для рівня значущості  $\alpha = 5 \%$ , вибираємо значення критерія Фішера (користуючись методом інтерполяції):

$$F_T = 3,5;$$

г) Перевіряємо умову адекватності  $F_p < F_T$ :

$$F_T = 3,5 < F_p = 1263,7.$$

Після перевірки умов адекватності було зроблено висновок, що математична модель не враховує об'єм скляних колб та колби Карлсберга під час культивування дріжджів і тому отримані рівняння не є адекватними (відповідними) для досліджуваного процесу.

Оскільки умови культивування змінюються на кожній стадії залежно від об'єму посудини, умови культивування однакові в посудинах однакового об'єму, тому емпіричні рівняння, що описують температурну залежність кількості дріжджових клітин на кожній стадії і в кожній посудині, можуть бути розроблені [18, 24].

## 5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Ефективність розглядається у двох значеннях — економічна ефективність та соціальна ефективність.

**Соціальна ефективність** — це задоволення соціальних цілей та потреб суспільства шляхом здійснення державою управлінської діяльності.

**Економічна ефективність** — це максимальна вигода, яку можна отримати при мінімальних затратах в процесі економічної діяльності з урахуванням додаткових умов, які мають місце в момент визначення ефективності відповідного господарського заходу. Під господарськими заходами мається на увазі введення нових видів продукції, укладення договорів з постачальниками, покупцями, придбання або модернізація нової техніки, збільшення виробництва продукції тощо.

**Соціально-економічна ефективність** — це показник, який характеризує відношення отриманого соціально-економічного ефекту (результату) до витрат ресурсів, що зумовили отримання цього результату.

Пивоваріння — одна з найбільш динамічних галузей харчової промисловості нашої країни. З метою зниження матеріальних та енергетичних витрат, підвищення екологічної безпеки виробництва, забезпечення конкурентоспроможності товарної продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках необхідним є виготовлення продукції високої якості за короткий терміни і найменш дорогим способом. Тому це спонукає виробників пива використовувати нові та сучасні процеси, які направлені на збереження енергії, збільшення продуктивності, зменшення собівартості та розширення асортименту.

Культивація ЧКД є одним із основних процесів, на який звертають увагу при виробництві пива. Швидкість і повнота зброджування вуглеводів сусла впливає не тільки на якість пива, але і на тривалість виробництва.

Важливим параметром в основному процесі культивування дріжджів є температура. Вона впливає не тільки на бродильну активність дріжджів, але й їх загальну кількість та кількість мертвих дріжджових клітин. Температура також має вплив і на смакові характеристики пива, зокрема, на вміст побічних продуктів бродіння і фізіологічні характеристики.

Дослідження роботи були спрямовані на визначення впливу температури при культивуванні дріжджів на їх активність, щоб сприяти підвищенню продуктивності пивоваріння та виробництву пива високої якості.

Під час досліджень було визначено оптимальні показники температури культивування ЧКД в АЧК, що дозволяє отримувати високоякісне пиво з економією ресурсів та збільшенням генерацій дріжджів.

Дріжджі, вирощені за запропонованим режимом, мають високі показники якості, а це означає, що в довгостроковій перспективі ці дріжджі будуть ефективні для більшої кількості циклів бродіння, тобто за кошти компанії, оскільки частота чистих культур зменшується, тобто продовжувати існувати.

Соціальна ефективність праці залежить від перспективи виробництва високоякісного пива, яке максимально задовольняє потреби великої кількості споживачів.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

В даний час у зв'язку з інтенсивністю розвитку виробничих процесів, появою і розвитком нових видів діяльності, охорона праці набуває все більшого значення. Згідно Закону України «Про охорону праці» основним принципом державної політики є пріоритет життя і здоров'я працівників. А в нашій країні, на жаль, ще високий рівень виробничого травматизму та професійних захворювань.

Дотримання основних принципів охорони праці в сучасному світі є ефективним інструментом, який дозволить:

- гарантовано захистити співробітників підприємства від шкідливих і небезпечних факторів, які впливають на їх здоров'я і здоров'я їхніх дітей;
- знизити витрати на забезпечення виробничого процесу;
- виключити економічні збитки внаслідок втрати робочого часу;
- виключити претензії і фінансові санкції контролюючих органів, які покликані стежити за дотриманням вимог трудового законодавства;
- підвищити продуктивність і якість праці персоналу [20].

Роль охорони праці на підприємстві, в першу чергу, в пріоритетності життя і здоров'я людини, що є найвищою цінністю, а не розмір прибутку, рівень рентабельності. Роботодавець не повинен залишати без уваги вимоги безпеки, які є першочерговим у виробництві. Крім цього, кожна людина на підприємстві цінна саме як співробітник, який має певні знання, уміння і навички.

По-друге, в умовах правильно організованої роботи по забезпеченню безпеки праці підвищується дисциплінованість працівників на підприємстві, підвищується продуктивність праці, знижується кількість нещасних випадків, збоїв обладнання та інших позаштатних ситуацій, тобто в дійсності позитивно впливає на продуктивність підприємства.

По-третє, охорона праці, крім забезпечення безпеки працівників під час виконання ними службових обов'язків, включає: профілактику професійних захворювань; організацію повноцінного відпочинку та харчування працівників в період перерв; постачання працівників необхідним спецодягом, гігієнічними засобами, засобами захисту; реалізацію певних соціальних пільг і гарантій [2].

Саме правильний підхід до організації охорони праці на виробництві, правильне застосування стимулювання дають працівникам почуття стабільності, захищеності їх прав та інтересів, уваги з боку керівництва.

Налагоджена охорона праці знижує плинність кадрів, що, в свою чергу, позитивно діє на стабільність підприємства.

Охорона праці на пивоварних підприємствах — це цілісна система прав, обов'язків та повноважень суб'єктів виробничого процесу, процедур, спрямованих на дотримання безпечного рівня виробництва, правил та нормативних вимог, які регулюють питання найманої праці.

Складові (напрями) охорони праці регламентуються відповідними нормативними документами або системою нормативних документів [29].

### **Охорона праці на виробництві**

*Вимоги безпеки під час обслуговування, експлуатації виробничого обладнання*

*та організації робочих місць.* Робоче місце, його устаткування і оснащення повинні забезпечувати безпеку, охорону здоров'я і працездатність працюючих. Для захисту працюючих від небезпек, які створюються на окремих ділянках робочих місць частинами виробничого устаткування, що рухаються, та відповідних небезпек при проведенні технологічних процесів потрібно використовувати необхідні засоби індивідуального та колективного захисту працюючих. Проведення робіт без використання цих засобів забороняється.

Особи, які забезпечують безпечну експлуатацію, ремонт та обслуговування апаратів, машин, механізмів та іншого технологічного обладнання, зобов'язані:

- 1) ознайомитись з настановами (інструкціями) з експлуатації обладнання;
- 2) забезпечити підготовку кваліфікаційним персоналом;
- 3) в процесі проведення робіт керуватись чинними інструкціями з експлуатації відповідного обладнання;
- 4) забезпечити функціонування в повному обсязі всіх систем безпеки, вимірювальних, сигнальних, блокувальних та запобіжних приладів та пристроїв, які передбачені в їх конструкціях.

Перед початком робіт і в процесі їх проведення перевіряється наявність токсичних або вибухопожежонебезпечних газів та парів у приміщенні. У разі виявлення токсичних або вибухопожежонебезпечних газів або парів в кількості вище допустимої всі роботи повинні бути негайно припинені, а працівники виведені з небезпечної зони.

До початку робіт усередині ємності (внутрішній огляд, ремонт, чищення тощо) особи, відповідальні за проведення технологічного процесу на цій ділянці та за ведення ремонтних робіт, зобов'язані забезпечити:

- 1) повне звільнення ємності від продуктів;
- 2) надійне від'єднання ємності від водяних, парових, продуктових та інших трубопроводів шляхом закриття вентилів, засувок або кранів і встановлення на трубопроводах заглушок;
- 3) інформування усіх працівників підприємства про виконання робіт, а також виконання заходів щодо недопущення автоматичного чи дистанційного увімкнення обладнання;
- 4) відкриття верхнього та нижнього люків для попереднього провітрювання, а також на весь час роботи;
- 5) наявність і справність переносних електросвітильників напругою 12 В відповідного виконання;
- 6) наявність і справність спецодягу, спецвзуття, захисних та запобіжних засобів, у тому числі киснево-ізолювального апарата, шлангового протигаза, запобіжного пояса, сигнально-рятівної линви, що мають бирки з позначенням інвентарного номера і дати випробування.

На бродильних танках, апаратах чистої культури і збірниках фільтрованого пива мають бути розміщені чіткий напис "Обережно! Вуглекислий газ" і відповідний знак безпеки.

Вхід у приміщення дріжджегенерації та ферментації особам, не пов'язаним з їх роботою, забороняється. Працівники підприємств можуть працювати в цих секторах тільки з письмового дозволу керівника підприємства або особи, яка виконує його функції (обов'язки).

Приміщення дріжджового відділення (крім відділень із зберігання дріжджів у закритих ємностях) має бути ізольовано від сусідніх приміщень; двері повинні закриватися із зовнішнього боку, мати дезінфекційний килимок, який замінюється щодня.

Чищення, миття, дезінфекція обладнання, інвентарю, комунікацій і приміщень проводяться відповідно до вимог ДсанПіН 4.4.4.-152-2008 та інструкцій, розроблених на підприємстві з урахуванням настанов з експлуатації відповідного обладнання.

*Мікрокліматичні умови праці.* Нормативні значення мікрокліматичних параметрів повітря приведені в табл. 6.1

**Таблиця 6.1 — Норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони підприємств**

| Найменування приміщень                    | Холодний період року |                      |                     | Теплий період року |                      |                    | Категорія роботи |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------|
|                                           | Температура, °С      | Відносна вологість % | Швидкість руху, м/с | Температура, °С    | Відносна вологість % | Швидкість руху м/с |                  |
| Відділення чистої культури дріжджів       | Оптимальна           |                      |                     |                    |                      |                    | Па               |
|                                           | 18...20              | 40...60              | 0,2                 | 21...3             | 40...60              | 0,3                |                  |
|                                           | Допустима            |                      |                     |                    |                      |                    |                  |
|                                           | 15...24              | 75                   | 0,3                 | 29...31            | 75                   | 0,4                |                  |
| Відділення робочих і надлишкових дріжджів | Оптимальна           |                      |                     |                    |                      |                    | Пб               |
|                                           | 17...19              | 40...60              | 0,2                 | 20...22            | 40...60              | 0,4                |                  |
|                                           | Допустима            |                      |                     |                    |                      |                    |                  |
|                                           | 13...23              | 75                   | 0,4                 | 29...31            | 75                   | 0,5                |                  |

Для операторської норми мікроклімату мають відповідати оптимальним, а для приміщення, де розміщені апарати-допустимим [26].

*Освітлення виробничої зони.* Освітлення є одним з найважливіших елементів умов праці. Основним завданням освітлення на виробничих ділянках є створення сприятливих умов для технологічних процесів і забезпечення максимальної продуктивності праці.

Освітлення в приміщеннях визначено в ДБН В.2.5.-28-. 2006 "Природне і штучне освітлення".

Рациональне розташування робочого місця по відношенню до вікон, з урахуванням передачі природного і штучного освітлення, рівномірне в полі зору захищає працівників від несприятливого фізіологічного впливу. Слід також враховувати розподіл рівномірної яскравості в полі зору та відсутність прямого світла або інших неприємних умов.

Типове штучне освітлення використовується у вечірній та нічний час. У дріждебродильному відділенні для освітлення робочих місць використовується

природне світло вдень та штучне світло вночі. Штучне освітлення забезпечується електричними джерелами світла.

Освітленість на робочому місці з часом знижується через забруднення скла освітлювальних ліхтарів, погану відбивну здатність стін, старіння джерел світла та частковий вихід їх з ладу. Тому слід регулярно контролювати освітленість і раз на місяць чистити лампи [29].

*Перша допомога при ураженні електричним струмом.* При ураженні електричним струмом негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмопровідних частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу зробити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані приведення до тями починати негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу.

*Перша допомога при пораненні.* При пораненні накласти стерильний перев'язочний матеріал на рану і зав'язати її бинтом. Якщо стерильного перев'язочного матеріалу з якоїсь причини немає, то для перев'язки можна використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На частину ганчірки, що безпосередньо буде накладатися на рану, бажано накапати декілька крапель настоянки йоду, одержавши пляму розміром більше рани, після чого накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настоянку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

*Перша допомога при теплових опіках.* При опіках парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробити ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробити спиртом або 3 %-вим марганцевим розчином.

При опіках третього ступеня (змертвіння шкірної тканини) накрити рану стерильною пов'язкою та викликати лікаря [20].

### **Висновки**

Таким чином, роль охорони праці на виробництві має велике значення, нехтування принципами і правилами якої часто призводить до сумних наслідків. На сьогоднішній день питання безпеки та охорони праці є важливими і актуальними для будь-якого підприємства. Охорона праці – один з основних елементів в управлінні підприємством. Тому створення і перетворення якісної системи управління охороною праці на виробництві, яка буде грати роль сполучної ланки між різноманітними елементами системи охорони праці та її проблемами, має бути одним з головних пріоритетів соціальної політики сучасної держави.

Необхідно вживати запобіжні заходів для забезпечення безпечної роботи на виробництві, яке пов'язано з відносно високими температурами проведення процесів (варка сусла, стерилізація лабораторного інвентарю), підвищеною загазованості повітря діоксидом вуглецю, хімічні речовини (кислоти, луги), що

застосовуються у виробництві для профілактичних цілей, підвищений рівень шуму, токсичні та подразнюючі миючих та дезінфікуючих препаратів на органи дихання, шкіряний покрив та слизову оболонку, тощо.

Для підвищення безпеки праці та зменшення негативного впливу на здоров'я працівників слід вживати певні заходи:

- розробка раціонального способу вентиляції у приміщеннях;
- введення спеціальної форми для працівників кожного відділення з урахуванням відповідних небезпечних факторів;
- інформування працівників щодо заходів безпеки на виробництві;
- навчання персоналу основ першої медичної допомоги;
- розробка інструкцій з електробезпеки на робочому місці.

## 7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

**Цивільний захист** — комплекс заходів, які реалізуються на території України в мирний час та в особливий період і спрямовані на захист населення, територій, навколишнього природного середовища, майна, матеріальних і культурних цінностей від надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій, запобігання виникненню таких ситуацій та подій, ліквідацію їх наслідків, надання допомоги постраждалим, здійснення державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки.

**Цивільний захист на підприємстві** — це широкий перелік заходів, спрямованих на підготовку до захисту персоналу та різноманітних матеріальних цінностей. Завдяки певним діям можна запобігти надзвичайним ситуаціям (далі – НС), усунути їх наслідки та своєчасно надати допомогу, якої потребують постраждалі.

**Надзвичайний стан** — це особливий правовий режим, який може тимчасово вводитися в Україні чи в окремих її місцевостях при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру не нижче загальнодержавного рівня, що призвели чи можуть призвести до людських і матеріальних втрат, створюють загрозу життю і здоров'ю громадян, або при спробі захоплення державної влади чи зміни конституційного ладу України шляхом насильства.

Ознаки надзвичайної ситуації:

- 1) Небезпека для життя і здоров'я значної кількості людей;
- 2) Значне порушення екологічної рівноваги;
- 3) Повне або часткове припинення господарської діяльності;
- 4) Значні матеріальні та економічні втрати.

Цивільна оборона на підприємстві створюється для організації та забезпечення безпеки працівників від наслідків НС військового, природного, техногенного та екологічного характерів. Для досягнення цих цілей суб'єкти господарювання мають забезпечити відповідні заходи у своїх компаніях.

Головні завдання цивільного захисту підприємства:

- Введення заходів щодо зменшення збитків та втрат у разі аварій, катастроф, пожеж, вибухів та всіляких стихійних лих.
- Своєчасне оповіщення персоналу про загрозу чи факт виникнення НС.
- Надання психологічної, медичної та іншої допомоги постраждалим особам.
- Створення умов, за яких відповідальні за ліквідацію НС особи зможуть перебувати у постійній готовності.
- Проведення тренувань, пов'язаних із діяльністю у галузі ЦЗ.
- Здійснення робіт з ліквідації наслідків НС та організації життєзабезпечення для працівників компанії.
- Навчання працівників методам захисту при надзвичайних та інших несприятливих ситуаціях.

- Створення, збереження, раціональне використання матеріальних ресурсів, якщо вони потрібні для запобігання аваріям та катастрофам.

- Проведення оцінки ризиків виникнення НС.

Організація цивільного захисту в установах та організаціях має чотири ключові складники:

- Захист людей та територій, якщо відбулася НС незалежно від її виду та масштабів поширення.

- Проведення різних дій, спрямованих на запобігання НС на території компанії.

- Своєчасне реагування на ситуації, що виникають, і боротьба з їх наслідками.

- Проведення різноманітних заходів, пов'язаних із цивільною обороною в компанії.

З метою своєчасного та оперативного реагування на НС, у компаніях створюють відповідні керівні органи. Для цього керівник підписує відповідні розпорядження та накази щодо цивільної оборони на підприємстві.

До структури входять:

- Постійні органи управління — начальник ЦЗ (цю роль виконує керівник фірми), чергові служби, різні диспетчери, а також особа, відповідальна за питання НС.

- Координаційні центри — комісії з питань НС.

- Керівні штаби, відповідальні за усунення наслідків. Склад — співробітники, керівник та відповідні штаби цивільного захисту на підприємствах.

- Сили ЦЗ. Маються на увазі служби, які відповідають за усунення наслідків НС.

- Органи, що несуть відповідальність за планування, забезпечення та проведення евакуації [34].

В сучасному світі відбувається перехід системи цивільного захисту від реагування на можливі надзвичайні ситуації до забезпечення стійкості держави під час різних кризових ситуацій, а також посилення взаємодії органів управління та сил цивільного захисту зі збройними силами та правоохоронними органами.

У березні 2020 р. згідно з розпорядженням Уряду України для єдиної державної системи цивільного захисту на всій території України було встановлено режим надзвичайної ситуації з метою ліквідації наслідків медико-біологічної надзвичайної ситуації природного характеру державного рівня, забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення, який з певною періодичністю подовжувався.

Єдина державна система цивільного захисту, на яку покладається його забезпечення, з 24.02.2022 року функціонує одночасно у двох режимах: режимі надзвичайної ситуації, встановленому з метою ліквідації наслідків медико-біологічної надзвичайної ситуації природного характеру державного рівня і забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення, та перебуває у готовності до виконання завдань за призначенням в особливий період, у тому числі

у воєнний час, з урахуванням особливостей відповідно до норм міжнародного гуманітарного права, законів України «Про правовий режим воєнного стану» та «Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію». На неї покладається ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій, які відбуваються не лише у повсякденних умовах, в умовах режиму надзвичайної ситуацій та карантину, а й під час воєнного стану.

Внаслідок масштабного збройного вторгнення військ РФ на територію України в країні згідно з Указом Президента України введено воєнний стан. На підставі цього за рішенням Уряду України з метою приведення у готовність єдиної державної системи цивільного захисту до виконання завдань за призначенням в умовах воєнного стану було введено в дію план цивільного захисту України на особливий період із встановленням ступеня готовності «повна готовність».

У двох останніх режимах країна живе вже понад два роки. У цей час відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану» та Порядку здійснення заходів під час запровадження комендантської години, тому тривалість робочої зміни не може закінчуватись пізніше ніж за годину до початку комендантської години згідно з міркувань безпеки.

Крім того, варто зазначити що з перших днів війни в країні було в повному обсязі застосовано систему оповіщення та інформування населення про повітряну тривогу: через державні та публічні телерадіокомпанії та операторів мобільного зв'язку. Тож з моменту отримання повідомлення про повітряну тривогу і до оголошення про відбій повітряної тривоги припиняється робота підприємства, установ та організацій з обов'язковим переміщенням персоналу та відвідувачів до найближчих укриттів цивільного захисту, якщо це не можливо — застосовують «правило двох стін». В окремих населених пунктах на цей час припиняється робота наземного громадського транспорту з висадкою пасажирів та прямуванням їх до найближчих укриттів цивільного захисту.

Укриття населення в захисних спорудах — це комплекс заходів із завчасним будівництвом захисних споруд, а також пристосуванням наявних приміщень для захисту населення та підтримання їх у готовності до використання.

Захисні споруди за своїм призначенням і захисними властивостями поділяються на сховища, протирадіаційні укриття (ПРУ) і найпростіші укриття — окопи.

Сховища і протирадіаційні укриття будують завчасно, вони мають подвійне призначення: для потреб об'єктів народного господарства (навчальні класи, для спортивних секцій та ін.) і укриття населення [12].

**Сховища** — це інженерні споруди, які забезпечують надійний захист людей від усіх уражаючих факторів ядерного вибуху, отруйних, бактеріальних засобів і уражаючих факторів звичайної зброї, обвалів і уламків зруйнованих будівель і споруд.

**Протирадіаційне укриття (ПРУ)** — це захисна споруда, яка забезпечує захист у ній людей від радіоактивних речовин і опромінення в зонах радіоактивного

забруднення місцевості, отруйних і сильнодіючих ядучих речовин, біологічних засобів у краплинно-рідинному вигляді та світлового випромінювання ядерного вибуху, наслідків урагану.

Захисні властивості протирадіаційних укриттів оцінюються коефіцієнтом захисту, який показує, у скільки разів доза радіації на відкритій місцевості на висоті 1 м більша від дози радіації в укритті, тобто коефіцієнт захисту показує, у скільки разів ПРУ послаблює дію радіації, а відповідно і дозу опромінення людей.

Протирадіаційні укриття можуть обладнуватись насамперед у підвальних поверхах будинків і споруд.

**Найпростішим укриттям** для захисту населення є копи і землянки, які певною мірою захищають від ударної хвилі, світлового випромінювання, радіаційного ураження. Для будівництва окопів і землянок вибирають сухі підвищені місця.

Окоп роблять глибиною близько 2 м. Стіни укріплюють дошками, жердинами, хмизом, очеретяними фашинами або іншим підручним матеріалом. Входи роблять східчасті, під прямим кутом до осі щілини, і закривають дверима.

**Інженерний захист.** Для запобігання появі надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру під час проектування та експлуатації споруд, здійснюються заходи інженерного захисту.

Інженерний захист населення і територій — це комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів, що проводяться завчасно, а також в оперативному порядку і спрямованих на запобігання або максимальне зниження втрат населення при виникненні надзвичайних ситуацій шляхом забезпечення укриття і життєдіяльності населення в захисних спорудах, запобігання, усунення або зниження до допустимого рівня негативного впливу вражаючих факторів стихійних лих, аварій, природних і техногенних катастроф.

Заходи інженерного захисту регламентуються низкою нормативних документів. Незважаючи на те що норми цих заходів значною мірою визначені з урахуванням потреб воєнного часу, виконання деякої частини з них сприяє захисту населення і територій від стихійних лих, аварій, природних і техногенних катастроф. Цим нормативним документом визначено вимоги до планування, розміщення і будівництва захисних споруд цивільної оборони, об'єктів економіки, будівель, споруд, інженерних систем з урахуванням необхідності забезпечення їх безпеки в умовах як військових небезпек, так і надзвичайних ситуацій мирного часу.

За деякими оцінками, раціонально сплановані, підготовлені та реалізовані заходи інженерної зашиті забезпечують зниження можливих людських втрат і матеріального збитку до 30%, а в сейсмо, селе- і лавинонебезпечних районах — до 70%.

Інженерний захист планується і здійснюється на основі:

- Оцінки характеристик можливу небезпеку;
- Обліку категорій захищається населення;

- Результатів інженерно-геодезичних, геологічних, гідрометеорологічних вишукувань;
- Схем інженерного захисту території (генеральних, детальних, спеціальних);
- Врахування особливостей використання території.

На основі висновків оцінки інженерного захисту працівників підприємства визначити заходи щодо підвищення надійності захисту і відповідно підвищення стійкості роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій [34].

### **Висновки**

Для забезпечення захисту робітників та службовців необхідно вжити таких заходів:

- завчасно створити захисні споруди на об'єкті (бомбосховища або укриття) та прилеглий території;
- створити та підтримувати систему оповіщення та зв'язку для інформування працівників;
- забезпечення засобами індивідуального захисту кожного працівника;
- розробити план можливої евакуації працівників підприємства;
- інформування робітників про заходах захисту та дії під час сигналу повітряної тривоги.

Підготовка до дій щодо захисту населення у надзвичайній ситуації залежить від виду і ступеня можливих небезпек на конкретних територіях, а також від насиченості цих територій промисловими об'єктами, гідротехнічними спорудами і системами виробничої та соціальної інфраструктури, потужності і розташування потенційно небезпечних об'єктів, наявності захисних споруд, особливостей розселення населення, клімату та інших регіональні фактори мають бути враховані, диференційовані, сплановані та реалізовані.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною задачею роботи було дослідження зміни кількості дріжджових клітин залежно від зміни температури. На підставі аналізу проведених досліджень та отриманих результатів можемо зробити висновки.

1. Встановлено, що для рас К-123 та С-789 показники кількості молодих дріжджових клітин (КМДК) була значно вище за температури  $18 \pm 0,5$  °С порівняно із іншими способами розмноження, але за даної температури спостерігався вищий вміст мертвих дріжджових клітин 3,4 % (даний показник знаходиться в межах норми). Проте, за температури  $13 \pm 0,5$  °С КДК відрізнялася лише на 0,4 %, а вміст мертвих клітин зменшився до показника 0,4 %.

2. Розмноження дріжджів за температури 8 °С було найменш інтенсивним порівняно з іншими способами, КДК була менше майже на 90 % порівняно з 2-м та 3-м способами. За цим способом спостерігалась найбільша КМДК за всі способи, що може бути обумовлено низькою температурою культивування. Кількість мертвих клітин досягла відмітки від 65 до 94 %, їх кількість була вищою за допустиму вже на початку процесу культивування, через зміну фізико-хімічних умови поживного середовища. Отримані під часу культивування показники КДК свідчать про те, що розмноження відбувалось не дуже інтенсивно.

3. Дріжджі штаму С-456 нестійкі до перепаду температур. Оптимальними умовами культивування є температура  $13 \pm 0,5$  °С, при температурі  $8 \pm 0,5$  °С або  $18 \pm 0,5$  °С дріжджі відмирають.

4. За даними досліджень найменша кількість мертвих клітин спостерігалась за температури  $13 \pm 0,5$  °С, найбільша кількість — за температури  $8 \pm 0,5$  °С.

5. На основі проведених досліджень підтвердили закономірність впливу температури вирощування та фізіологічного стану дріжджі на тривалість та інтенсивність окремих стадій росту.

6. За результатами досліджень встановлено, що оптимальним варіантом розмноження для досліджуваних штамів є температура 13 °С. За цих умов дріжджі досягають найкращих показників. За цих умов дріжджі краще підготовлені до головного бродіння в ЦКБА.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоліз. URL: <https://renovablesverdes.com/uk/autolisis/> (дата звернення 25.01.2024)
2. Біологія клітин. Лабораторний практикум для студ. напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навчання / уклад.: В.О. Красінько, І.М. Волошина. Київ: НУХТ, 2014. 147 с.
3. Будова, хімічний склад, фізіолого-біохімічні особливості дріжджів, що використовують у пивоварінні URL: [https://vuzlit.com/86547/printsipova\\_tehnologichna\\_shema](https://vuzlit.com/86547/printsipova_tehnologichna_shema) (дата звернення 09.01.2024)
4. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підруч. Київ: ІНКІОС, 2004. 544 с.
5. Дослідження впливу додаткових джерел живлення на зброджування концентрованого суслу / С. Ковальчук, О. Лемак, Т. Мудрак, П. Шиян / *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів* Київ: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 358–359.
6. ДСТУ 3888: 2015 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2015. 14 с.
7. ДСТУ 7344:2013 Дріжджі пивні. [Чинний від 01.07.2013]. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 25 с.
8. Зінченко М. Г. Біохімічні і мікробіологічні основи харчової та бродильної технології: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ» 2009. 188 с.
9. Інновації в технологіях продуктів бродіння і виноробства [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання / В.Л. Прибильський та ін. // за ред. В.Л. Прибильський. Київ: НУХТ, 2022. 275 с.
10. Інструкція санітарно-мікробіологічного контролю пивоварного і безалкогольного виробництва ІК 00032744-4246-2006 : від 30.05.2006 р.
11. Карпутіна М.В., Домарецький В.А., Романова З.М. Сучасні способи розведення чистої культури дріжджів. *Харч. пром-сть*. Київ: НУХТ, 2012. № 12. с.10.
12. Клименко Н.Г. Особливості захисту цивільного населення в умовах воєнного часу. *Науковий вісник: Державне управління*. Київ. КНУ ім. Т. Шевченка 2022. Ч2 (12), с. 218.
13. Дослідження зброджування пивного суслу із застосуванням чистої культури / К. Ковальова, Т. Мучич, М. Бабійчук, А.Куц. *Матеріали 88 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* Київ: НУХТ, 2022. Ч. 1. С. 153.

14. Оптимізація розмноження чистої культури пивоварних дріжджів / К. Ковальова, Т. Мучич, А. Куц, Ю. Булій. *«Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Київ: НУХТ, 2023. Ч.1. С. 208.

15. Кошова В.М., Козловська Н.А., Пархоменко А.М. Роль дріжджів у виробництві пива. *Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*. Київ: НУХТ, 2020. Ч.1. С. 389.

16. Кошова В.М, Решетняк Л.Р, Куц А. М. Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного сусла і якість готового пива. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, № 1. С. 220-226.

17. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива; пер. з нем. Санкт Петербург: Профессия, 2009. 1110 с.

18. Методи оптимізації процесів виробництва продуктів бродіння та виноробства [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступення «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо наукової програми «Технології продуктів бродіння та виноробства» денної та заочної форми навчання / уклад Р.М. Мукоїд, А.М. Куц, Р.Г. Кириленко. Київ: НУХТ, 2020. 69с.

19. 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.

20. Організація охорони праці на підприємстві. *Експертус*. URL: [https://pro-op.com.ua/article/378-organzatsya-ohoroni-prats#anc\\_1](https://pro-op.com.ua/article/378-organzatsya-ohoroni-prats#anc_1) (дата звернення: 30.01.2024).

21. Орябінська Л. Б., Дзигун Л.П., Тітова Л.О. Загальна мікробіологія та вірусологія. Лабораторний практикум. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 121 с.

22. Особливості культивування дріжджів. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a8d5ed9d-340d-4082-8947-9b02f010362b/content> (дата звернення 15.01.2024)

23. Підвищення бродильної активності / В. Рідкоус, А. Куц, В. Домарецький та ін. *Харч. і перероб. пром-сть*. 2010. № 1 (365). С. 21-22.

24. Планування експерименту та методи оптимізації в харчових технологіях [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання лабораторного практикуму для здобувачів освітнього ступення «доктор філософії» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо наукової програми «Харчові технології» денної форми навчання / уклад Р.М. Мукоїд, А.М. Куц, А.М. Пархоменко. Київ: НУХТ, 2022. 56с.

25. Попівнич М., Бондар М. Вплив температури на бродильну активність та зберігання пивних дріжджів. *Матеріали 87 Міжнародної наукової конференції*

молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті" Київ: НУХТ. 2021. Ч.1. с.212

26. Про затвердження Правил охорони праці для працівників виробництва солоду, пива та безалкогольних напоїв : Наказ М-ва соц. політики України від 18.04.2017 р. № 635. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0633-17#Text> (дата звернення: 25.01.2024).

27. Раси пивних дріжджів. URL: <https://studfile.net/preview/7878956/page:3/> (дата звернення 12.12.2023)

28. Розмерія О., Пархоменко А., Мукоїд Р. Використання чистої культури дріжджів у пивоварінні. *Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* Київ: НУХТ, 2023. Ч.1. С. 216.

29. Роль охорони праці на підприємстві. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/151c1863-5c80-4c73-a432-aeeb28c6e2c1/content> (дата звернення 04.02.2024)

30. Сучасні способи активації процесів розмноження та ферментації пивоварних дріжджів URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2564/1/Modern%20methods%20of%20processes.pdf> (дата звернення 04.01.2024)

31. Технологічне обладнання малих підприємств по виробництву пива URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/lekciya-12-tehnolohichne-obladnannja-malyh-pidpryyemstv-po-vyrobnyctvi-kvasu-j-pyva.pdf> (дата звернення 22.01.2024)

32. Управління дріжджами. URL: [https://www.beer-brewing.com/beer\\_brewing/beer\\_brewing\\_brewers\\_yeast/yeast\\_management.htm](https://www.beer-brewing.com/beer_brewing/beer_brewing_brewers_yeast/yeast_management.htm) (дата звернення 27.12.2023)

33. Хлібишин Ю.Я., Почапська І.Я. Дослідження культивування дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* в різних середовищах. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. Львів. ЛПІ. 2021. Т.4. с.122.

34. Цивільний захист на підприємстві: в мирний час та в умовах воєнного стану. URL: <https://e.oppb.com.ua/okhorona-pratsi-i-pozhezhna-bezpeka-2023-1/tsyvilnyy-zakhyst-na-pidpryyemstvi-v-myrnyy-chas-ta-v> (дата звернення 02.02.2024)

35. Юлевич О.І., Горбенко О.А., Кириченко В.А. Загальна біотехнологія методичні рекомендації щодо розрахунків критеріїв ефективності біотехнологічних процесів для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання. Миколаїв: 2017. 28 с.

36. Anton Paar URL: [https://dlu.com.ua/ANTON-PAAR-\(%D0%90%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F\)](https://dlu.com.ua/ANTON-PAAR-(%D0%90%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F)) (дата звернення 06.01.2024)

37. Capece A., Romaniello R., Siesto G. Conventional and non-Conventional yeasts in beer production. *Università degli Studi della Basilicata*. 2018. P.2-11.

38. Cahill G., Padraig K., Donnelly D. Effect of the Concentration of Propagation Wort on Yeast Cell Volume and Fermentation Performance. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2000. Vol.58. P.14-20. DOI:[10.1094/ASBCJ-58-0014](https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0014)
39. Doi K. The impact of commercially available ale and lager yeast strains on the fermentative diversity of beer. *Genes & Development*. 2020. DOI:[10.1101/2020.07.17.209171](https://doi.org/10.1101/2020.07.17.209171)
40. Delphine Y., Bedikou M., Ehon C. Nutritional Potential of Spent Brewer's Yeast, A Residual By-Product of Beer Production in Breweries for Future Applications. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2023. Vol.6. P.30-39. DOI: [10.9734/jabb/2023/v26i9654](https://doi.org/10.9734/jabb/2023/v26i9654)
41. Hrivna L., Kerimbayeva A. Selection of yeast for low-density wort fermentation. *Journal of Almaty Technological University*. 2023. Vol.2. P.75-82. DOI: [10.48184/2304-568X-2023-2-75-82](https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-75-82).
42. Reci M., Tahiri N., Ferati I. Propagation of Beer Yeast. *Special Issue of the International Conference: Food Safety – A Permanent Challenge*. 2023. P.56-63.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Затверджено на засіданні кафедри  
біотехнологій продуктів бродіння і  
виноробства НУХТ,  
протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ А.М. Куц  
29 серпня 2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

**Комплексна кафедральна магістерська робота «Дослідження культивування чистих культур сучасних пивоварних рас дріжджів. Розділ 2: «Розробка раціонального способу культивування сучасних рас пивоварних дріжджів»**

### ВСТУП

#### **1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КУЛЬТИВУВАННЯ СУЧАСНИХ ПИВНИХ РАС ДРІЖДЖІВ (аналітичний огляд)**

- 1.1 Характеристика пивоварних дріжджів
- 1.2. Вимоги до пивних дріжджів
- 1.3. Роль дріжджів у пивоварному виробництві
- 1.4. Культивування чистої культури дріжджів у виробничих умовах
- 1.5. Чинники, які впливають на розмноження і біохімічну активність дріжджів
- 1.6. Переваги культивування ЧКД на пивоварному виробництв
- 1.7. Висновки з огляду літератури

#### **2. МАТЕРІАЛИ, КА МЕТОДИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

- 2.1. Матеріали досліджень
- 2.2. Методика досліджень
- 2.3. Методи досліджень
- 2.4. Оброблення результатів досліджень

#### **3. ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЧИСТИХ КУЛЬТУР СУЧАСНИХ ПИВОВАРНИХ РАС ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)**

- 3.1 Аналіз пивного суслу.
- 3.2. Розмноження дріжджів за температури  $8\pm 0,5$  °C (перший спосіб)
- 3.3. Розмноження дріжджів за температури  $13\pm 0,5$  °C (другий спосіб)
- 3.4. Розмноження дріжджів за температури  $18\pm 0,5$  °C (третій спосіб)
- 3.5. Раціональний спосіб розмноження сучасних пивоварних рас дріжджів
- 3.6. Висновки

#### **4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

#### **5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ**

#### **6. ОХОРОНА ПРАЦІ**

#### **7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

## ДОДАТКИ

Здобувачка

Тетяна МУЧИЧ

Керівник роботи, завідувач кафедри,  
доцент, канд. техн. наук

Анатолій КУЦ

## Додаток Б

Отже, згідно з даними показниками для першого способу культивації питома та валова швидкість для штаму К-123 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 22,3 - \ln 12,4}{48 - 12} = 0,016 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{22,3 - 12,4}{48 - 12} = 0,27 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 19,4 - \ln 13,2}{48 - 12} = 0,011 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{19,4 - 13,2}{48 - 12} = 0,17 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 13,9 - \ln 10,5}{48 - 12} = 0,008 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{13,9 - 10,5}{48 - 12} = 0,095 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкість для штаму М-456 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 15,7 - \ln 13,2}{48 - 24} = 0,007 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{15,7 - 13,2}{48 - 24} = 0,1 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 10,3 - \ln 9,2}{48 - 24} = 0,005 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{10,3 - 9,2}{48 - 24} = 0,046 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 7,6 - \ln 6,6}{48 - 12} = 0,005 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{7,6 - 6,6}{48 - 24} = 0,042 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкість для штаму С-789 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 20,9 - \ln 15,7}{48 - 24} = 0,012 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{20,9 - 15,7}{48 - 24} = 0,22 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 16,1 - \ln 13,4}{48 - 24} = 0,008 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{16,1 - 13,4}{48 - 24} = 0,11 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 11,3 - \ln 9,7}{48 - 24} = 0,006 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{11,3 - 9,7}{48 - 24} = 0,067 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Для другого способу культивування питома та валова швидкість для штаму К-123 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 47,8 - \ln 21,9}{48 - 12} = 0,022 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{47,8 - 21,9}{48 - 12} = 0,7 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 106,5 - \ln 34,3}{48 - 12} = 0,032 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{106,5 - 34,3}{48 - 12} = 2 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 178,6 - \ln 75,6}{48 - 12} = 0,024 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{178,6 - 75,6}{48 - 12} = 2,9 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкості для штаму М-456 набуває таких значень:  
АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 80,1 - \ln 28,7}{48 - 12} = 0,029 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{80,1 - 28,7}{48 - 12} = 1,43 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 128,4 - \ln 56,7}{48 - 12} = 0,023 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{128,4 - 56,7}{48 - 12} = 2,0 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 215,3 - \ln 135,4}{48 - 12} = 0,015 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{215,3 - 135,4}{48 - 12} = 2,2 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкості для штаму С-789 набуває таких значень:  
АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 49,5 - \ln 18,3}{48 - 12} = 0,028 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{49,5 - 18,3}{48 - 12} = 0,9 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 112 - \ln 47,8}{48 - 12} = 0,024 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{112 - 47,8}{48 - 12} = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 188,1 - \ln 102,1}{48 - 12} = 0,017 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{188,1 - 102,1}{48 - 12} = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Для третього способу культивування питома та валова швидкості для штаму К-123 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 56,3 - \ln 22,5}{48 - 12} = 0,025 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{56,3 - 22,5}{48 - 12} = 0,94 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 105,2 - \ln 38,8}{48 - 12} = 0,028 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{105,2 - 38,8}{48 - 12} = 1,84 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 181,2 - \ln 112,1}{48 - 12} = 0,013 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{181,2 - 112,1}{48 - 12} = 2,0 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкість для штаму М-456 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 15,2 - \ln 12,5}{48 - 12} = 0,005 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{15,2 - 12,5}{48 - 12} = 0,075 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 9,6 - \ln 8}{48 - 12} = 0,005 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{9,6 - 8,0}{48 - 12} = 0,05 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 7,1 - \ln 5,5}{48 - 12} = 0,007 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{7,1 - 5,5}{48 - 12} = 0,044 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

Питома та валова швидкість для штаму С-789 набуває таких значень:

АЧК-1:

$$\mu = \frac{\ln 68,9 - \ln 18,4}{48 - 12} = 0,037 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{68,9 - 18,4}{48 - 12} = 1,4 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-2:

$$\mu = \frac{\ln 131,8 - \ln 57,9}{48 - 12} = 0,023 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{131,8 - 57,9}{48 - 12} = 2,05 \frac{\text{г}}{\text{год}};$$

АЧК-3:

$$\mu = \frac{\ln 198,2 - \ln 135,6}{48 - 12} = 0,011 \text{ год}^{-1};$$

$$v = \frac{198,2 - 135,6}{48 - 12} = 1,8 \frac{\text{г}}{\text{год}}.$$

ДОДАТОК В

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

---

**88**  
**International scientific conference  
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements  
to the 21st century nutrition  
problem solution"**

**April – May, 2022**

**Part 1**

---

**Kyiv, NUFT, 2022**

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

---

**88**

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

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

**Квітень – Травень 2022 р.**

**Частина 1**

---

**Київ НУХТ 2022**

## Зміст

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 88 <sup>th</sup> is working!.....                                        | 7          |
| «Wounded» Education and Culture in russian War Against Ukraine.....      | 11         |
| <b>1. Technology of functional ingredients and new food.....</b>         | <b>18</b>  |
| <b>2. Foodstuff expertise .....</b>                                      | <b>51</b>  |
| <b>3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates .....</b> | <b>81</b>  |
| <b>4. Grain processing technology .....</b>                              | <b>110</b> |
| <b>5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....</b> | <b>126</b> |
| <b>6. Technology of fermentation and wine.....</b>                       | <b>140</b> |
| <b>7. Technology of preservation .....</b>                               | <b>167</b> |
| <b>8. Technology of meat and meat products.....</b>                      | <b>190</b> |
| <b>9. Technology of milk and dairy products.....</b>                     | <b>240</b> |
| <b>10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products .....</b>      | <b>261</b> |
| <b>11. Ecological safety and labor protection.....</b>                   | <b>274</b> |
| <b>12. Biotechnology and bioengineering.....</b>                         | <b>296</b> |

## Content

|                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 88-а – працює!.....                                                                    | 7          |
| «Поранена» освіта та культура у війні росії проти України.....                         | 11         |
| <b>1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....</b>      | <b>18</b>  |
| <b>2. Експертизи харчових продуктів.....</b>                                           | <b>51</b>  |
| <b>3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....</b> | <b>81</b>  |
| <b>4. Технологія переробки зерна.....</b>                                              | <b>110</b> |
| <b>5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....</b>                       | <b>126</b> |
| <b>6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....</b>                             | <b>140</b> |
| <b>7. Технологія консервування.....</b>                                                | <b>167</b> |
| <b>8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....</b>                                    | <b>190</b> |
| <b>9. Технологія молока і молочних продуктів .....</b>                                 | <b>240</b> |
| <b>10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів.....</b>                     | <b>261</b> |
| <b>11. Екологічна безпека і охорона праці.....</b>                                     | <b>274</b> |
| <b>12. Біотехнологія і біоінженерія.....</b>                                           | <b>296</b> |

## 8. Сухе охмелення в технології пива

Тетяна Мучич, Роман Мукоїд, Анатолій Куц  
 Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Хміль – один з основних і незамінних видів сировини для виробництва пива. Завдяки наявності специфічних речовин яких немає жодна інша рослина, він надає пиву приємного гіркого смаку і хмелевого аромату, поліпшує піноутворення та піностійкість напою і підвищує його біологічну стійкість.

**Матеріали та методи.** Проведено аналітичний пошук літератури для вивчення відомих та новітніх методів охмелення пивного суслу та пива. В дослідженні застосовували загальноприйняті у пивоварній галузі фізико-хімічні та органолептичні методи контролю.

**Результати та обговорення.** Останнім часом набуває популярності серед виробників проведення процесу холодного охмелення для покращення органолептичних, фізико-хімічних показників готового пива та розширення асортименту продукції.

Холодне охмелення в світовій практиці пивоваріння в даний час є дуже популярним способом охмелення пива, який у порівнянні із традиційним кип'ятінням суслу з хмелем, дозволяє внести у напій значно більшу кількість ароматичних речовин хмелю, особливо ефірної олії. В то й же час це єдиний відомий технологічний прийом за допомогою якого можна приготувати пиво сенсорний профіль якого найбільше наближений до ароматичного профілю обраного сорту хмелю.

Аромат пива — це поєднання смаку, аромату та присмаків. Сухе охмелення надає аромат, але може також вплинути на смак і присмаки. Основна мета режиму сухого охмелення — екстрагувати з хмелю смакові та ароматичні сполуки, та зробити це з мінімальним впливом на колоїдну та окислювальну стійкість пива. Сухе охмелення безпосередньо переносить легкі олії хмелю в пиво. Аромат «сухого охмелення» дуже схожий з ароматом самого хмелю.

Технологічні процеси сухого охмелення з фізико-хімічної точки зору є складними процесами на які впливає багато факторів, а саме спосіб екстракції, тип хмелепродукту, час контакту з пивом, доза внесеного хмелю, присутність дріжджів, концентрація спирту, присутність кисню та інші.

Способи виробництва пива за технологією холодного охмелення можна розділити на статичні та динамічні. Основними відмінностями між ними є швидкість екстрагування та можливість регулювання смако-ароматичного профілю пива. Принцип застосування статичного методу для холодного охмелення полягає у внесенні хмелепродуктів в бродильний апарат, де відбувається поступова екстракція ароматичних компонентів. Зазвичай хміль задається на стадії головного бродіння або дозрівання, рідше в готове пиво (в кеги).

Регулювати час контакту хмелепродукту з пивом при статичному методі дуже складно, і тривале перебування хмелю в пиві може призвести до виникнення «трав'янистого» присмаку пива.

При динамічному способі створюється рух рідини внаслідок перекачування насосом або перемішування пива, це сприяє інтенсивному екстрагуванню ароматичних сполук ефірної олії хмелю. Ефективність динамічних методів холодного охмелення залежать від ряду факторів, таких як швидкість потоку пива, характеристика потоку, рушійна сила, час контакту, а також складу самого пива та хмелепродукту.

**Висновок.** Враховуючи всі особливості процесу охмелення пивного суслу, можна рекомендувати сухе охмелення пивного суслу в пивоварній промисловості.

88 International scientific conference of young scientist and students  
 "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution",  
 April – May, 2022. Book of abstract. Part 1. NUFT, Kyiv.

## 12. Дослідження зброджування пивного сусла із застосуванням чистої культури і активних сухих дріжджів

Катерина Ковальова, Тетяна Мучич, Михайло Бабійчук, Анатолій Куц  
*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

**Вступ.** В крафтовому пивоварінні використовують різні раси дріжджів, отримані культивуванням чистої культури або активовані сухі дріжджі, що суттєво впливає на динаміку зброджування сусла та якість отриманого пива.

**Матеріали і методи.** Пивне сусло концентрацією 11 %, отримане із суміші ячмінного і пшеничного солоду, зброджували чистими культурами дріжджів рас Німецька, Датська та сухими дріжджами німецької раси Saf lager W 34/70. Кількість засівних дріжджів – 20 млн кл./см<sup>3</sup>, тривалість головного бродіння – 7 діб за температури 8...9 °С, доброджування – 28 діб за температури 1...2 °С. Показники якості дріжджів, пивного сусла і пива визначали методами, прийнятими в технохімічному контролі виробництва пива.

**Результати.** Дослідження динаміки бродіння показало, що дріжджі чистої культури швидше і більш глибоко зброджували вуглеводи сусла. Так, дійсна ступінь зброджування молодого пива для дріжджів рас Датська і Німецька становила 56,36 і 63,64 % проти 52,72 % дріжджів раси Saf lager W 34/70, а у пиві – відповідно 82,72 і 85,45 % і 79,00 %. Це знайшло своє відображення у вмісті спирту пива: 4,25 і 4,73 % об. у разі застосування чистої культури дріжджів і 4,14 % об. при використанні сухих дріжджів. Це пояснюється більш високою фізіологічною та ферментативною активністю дріжджів із чистої культури.

Під час бродіння рН повільно знижувалося від 5,0 у вихідному суслі до 4,57...4,64 у молодому пиві і під кінець бродіння набувало стабільних значень 4,32...4,5.

Кількість дріжджових клітин під час головного бродіння зростала до 60...80 млн. кл./см<sup>3</sup>, під час доброджування їх кількість поступово зменшувалась до 15...20 млн. кл./см<sup>3</sup>, а при перекачування пива на фільтрування їх було близько 2 млн. кл./см<sup>3</sup>. Максимальна кількість дріжджів, що брунькуються, спостерігалась на четверту добу бродіння і становила 59,22 і 60,17 % для Датської і Німецької рас дріжджів, тоді як сухих дріжджів Saf lager 34/70 – лише 45,13 %. Кількість клітин з глікогеном поступово зростала до п'ятої доби бродіння від 46,18 і 48,22 до 64,34 і 68,48 % із зниженням наприкінці головного бродіння до 54,00...54,25 % для Датської і Німецької рас дріжджів, а для сухих дріжджів – відповідно до 43,13; 55,11 і 45,12 %, тобто значно менше ніж у дріжджів чистої культури. Зворотна залежність спостерігалась по відношенню до кількості мертвих клітин кількість яких в кінці бродіння у рідких дріжджах була 1,52...1,91 % проти 2,57 % у сухих. Ці дані підтверджують більш високу фізіологічну активність дріжджів чистої культури порівняно із сухими.

Пиво приготовлене з використанням Датської та Німецької рас дріжджів мало значно кращі органолептичні показники порівняно з пивом, виготовленим із застосуванням сухих дріжджів раси Saf lager W 34/70. При цьому в ньому не був яскраво виражений характерний аромат, а смакові властивості були не стабільні.

**Висновок.** Використання у крафтовому пивоварінні дріжджів чистої культури сприяє отриманню більш якісного пива порівняно із застосуванням сухих дріжджів. Проте з врахуванням економічного чинника, потрібно розробити ефективні способи їх реактивації для відновлення високої фізіологічної та ферментативної активності.

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

---

**89**

**International scientific conference  
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements  
to the 21st century nutrition  
problem solution"**

**April, 3-7 2023**

**Part 1**

---

**Kyiv, NUFT, 2023**

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

---

**89**

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

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

**3-7 квітня 2023 р.**

**Частина 1**

---

**Київ НУХТ 2023**

## Зміст

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Ukrainian science: challenges of war .....</b>                        | <b>7</b>   |
| <b>1. Technology of functional ingredients and new food.....</b>         | <b>51</b>  |
| <b>2. Foodstuff expertise .....</b>                                      | <b>97</b>  |
| <b>3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates .....</b> | <b>139</b> |
| <b>4. Grain processing technology .....</b>                              | <b>169</b> |
| <b>5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....</b> | <b>182</b> |
| <b>6. Technology of fermentation and wine.....</b>                       | <b>196</b> |
| <b>7. Technology of preservation .....</b>                               | <b>227</b> |
| <b>8. Technology of meat and meat products.....</b>                      | <b>261</b> |
| <b>9. Technology of milk and dairy products.....</b>                     | <b>316</b> |
| <b>10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products .....</b>      | <b>337</b> |
| <b>11. Ecology and sustainable development .....</b>                     | <b>353</b> |
| <b>12. Biotechnologies and bioengineering.....</b>                       | <b>382</b> |

## Content

|                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Українська наука: виклики війни.....</b>                                            | <b>7</b>   |
| <b>1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....</b>      | <b>51</b>  |
| <b>2. Експертизи харчових продуктів.....</b>                                           | <b>97</b>  |
| <b>3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....</b> | <b>139</b> |
| <b>4. Технологія переробки зерна.....</b>                                              | <b>169</b> |
| <b>5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....</b>                       | <b>182</b> |
| <b>6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....</b>                             | <b>196</b> |
| <b>7. Технологія консервування.....</b>                                                | <b>227</b> |
| <b>8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....</b>                                    | <b>261</b> |
| <b>9. Технологія молока і молочних продуктів .....</b>                                 | <b>316</b> |
| <b>10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів.....</b>                     | <b>337</b> |
| <b>11. Екологія і сталий розвиток .....</b>                                            | <b>353</b> |
| <b>12. Біотехнології та біоінженерія.....</b>                                          | <b>382</b> |

## 12. Оптимізація розмноження чистої культури пивоварних дріжджів

Катерина Ковальова, Тетяна Мучич, Анатолій Куц, Юрій Булій  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Змінюючи величини температури та сухих речовин сусла (СРС), можна суттєво вплинути на питому і валову швидкість розмноження дріжджів, їх фізіологічний стан та отримати виробничі дріжджі краще адаптовані до умов головного бродіння і доброджування в циліндро-конічних бродильних апаратах (ЦКБА).

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили у дріжджовому відділенні пивоварного заводу з використанням чистої культури дріжджів ЧКД раси *S. carlsbergensis* H-124b. Фізико-хімічні показники сусла контролювали за допомогою приладу Anton Paar, температуру — датчиками температури ALFA LAVAL у конусі кожного з апаратів, кількість дріжджових клітин — підрахунком у камері Горяєва-Тома, морфологічний стан дріжджів — за допомогою мікроскопу.

**Результати.** ЧКД, отриману в лабораторії, розмножували в апаратах-пропаторах (АП), об'єм яких послідовно збільшувався: АП-1 мав місткістю 5 гл, АП-2 — 20 гл і АП-3 — 120 гл. Культивування дріжджів проводили чотирма способами: 1-й — за концентрації СРС  $9 \pm 0,5$  %; 2-й —  $12 \pm 0,5$  %; 3-й —  $15 \pm 0,5$  %; 4-й спосіб — за результатами аналізу даних перших трьох способів та пропозиції працівників заводу —  $14 \pm 0,5$  %. Температура в АП-1 була  $18^\circ\text{C}$ , в АП-2 —  $17,0^\circ\text{C}$ , в АП-3 —  $16^\circ\text{C}$ . Аерація у апаратах відповідно: 0,6 кг/год, 0,6 кг/год та 1,2 кг/год.

За результатами досліджень було встановлено, що за концентрації СРС  $9 \pm 0,5$  % кількість дріжджових клітин (КДК) була значно вище порівняно із іншими способами розмноження. Проте, за цим способом була найбільша кількість мертвих дріжджових клітин (КМДК) — 1,8 %, що може бути обумовлено низькою концентрацією СРС та швидким засвоєнням поживних речовин сусла. Тому розмноження проходило дуже інтенсивно, про що також свідчили як кількість спирту в АП, так і відсоток зброджених цукрів.

Розмноження дріжджів за концентрації СРС  $15 \pm 0,5$  % було найменш інтенсивним порівняно з іншими способами. КДК була менше на 17,9 % порівняно з 1-м способом і на 5,2 % порівняно з 2-м способом. Проте через меншу інтенсивність бродіння КМДК у за 2-м і 3-м способами була у межах норми (0,2...0,3 %).

Другий та четвертий способи були найефективнішим. Про це свідчали показники по вмісту спирту та дійсному ступеню зброджування. Проте, хоч у АП-1 та АП-2 КДК була більше за концентрації СРС  $12 \pm 0,5$  %, у АП-3 КДК за концентрації СРС  $14 \pm 0,5$  %, значно вище, КМДК відрізнялася лише на 0,1 %. Відповідно у разі розмноження ЧКД за четвертим способом у ЦКБА надходило більше фізіологічно активних дріжджових клітин.

**Висновок.** Найкращими умовами розмноження ЧКД пивоварних дріжджів є концентрація СРС від  $12 \pm 0,5$  до  $14 \pm 0,5$  %. За таких умов виробничі дріжджі будуть краще адаптовані до умов головного бродіння в ЦКБА, завдяки чому буде отримано пиво високої якості за меншої тривалості бродіння.

**Література.** Kosiv R., Kharandiuk T., Polyuzhyn L., Palianytsia, L., Berezovska (2016), Optimization of Main Fermentation of High-Gravity Wort, *Chemistry and Chemical Technology*, pp. 349–353.

## 15. Використання фруктів та овочів у виробництві пива

Тетяна Мучич, Анатолій Куц

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Останнім часом набуває популярності серед виробників крафтового пивоваріння застосування фруктів та овочів для покращення органолептичних і фізико-хімічних показників готового пива та розширення асортименту продукції.

**Матеріали та методи.** Проведено аналітичний пошук літератури, що до використання фруктів, овочів та рослинної сировини у пивоварній галузі. В дослідженні застосовували загальноприйняті у пивоварній галузі фізико-хімічні та органолептичні методи контролю.

**Результати та обговорення.** Використання плодово-ягідної сировини в світовій практиці пивоваріння наразі є достатньо популярним, адже дозволяє значно змінити смак, аромат та навіть колір пива. Крафтові броварні таким чином отримують пиво з унікальними органолептичними показниками, які створює доданий фрукт чи овоч.

Додавання такої сировини може відбуватися на різних технологічних етапах приготування пива, що залежить від виду доданих фруктів чи овочів.

**Під час затирання.** Плоди і фрукти подрібнюють та додають до солоду під час його затирання. Цукор та джерела ароматичних і смакових речовин сировини розчиняються у заторі та ферментуються разом з основним суслом. Оскільки затор кип'ятитиметься, будь-які мікроорганізми, що знаходяться на поверхні плодів гинуть, і тим самим забезпечується мікробіологічна чистота пиву. Проте оскільки сусло кип'ятитиметься, а потім зброджується, основна частка плодових ароматів буде втрачена. Крім того, аромати, що залишилися, ймовірно, втратять початкову свіжість, тому смак їх стане «вареним», як у компоті. Нині тільки гарбузовий ель – єдине відоме пиво, де додавання плодів під час затирання солоду виправдане.

**Під час кип'ятіння сусла з хмелем.** Фрукти можна додавати в гаряче сусло до, під час та після варіння. Для цього плоди подрібнюють і поміщають у нейлоновий мішок, який підвішується у сусловарильному апараті. Кип'ятіння знищить всі мікроорганізми сировини, але це також призведе до вивільнення з них пектину, який може призвести до помутніння пива.

**Під час доброджування пива.** Найкраще місце для додавання більшості фруктів у пиво – його доброджування. Відсутність термічної обробки зберігає їх смак свіжим та чистим. Проте водночас зростає ризик бактеріального зараження, тому рекомендовано проводити попередню пастеризацію фруктів та овочів перед додаванням або проводити стерилізацію діоксидом сірки. Також у пиві вже достатньо спирту та кислот, щоб запобігти розмноженню патогенної мікрофлори. До того ж більшість фруктів ще більше знижать рН.

**Висновок.** Застосування плодово-ягідної сировини у крафтовому пивоварінні сприятиме розширенню асортименту виробляемого пива з оригінальними смаком і ароматом та біологічно функціональними властивостями.

### Література.

1. Li, H. M., Jiang, D. Q., Liu, W. L., Yang, Y. Q., Zhang, Y. S., Jin, C. W., Sun, S. Q. (2020), Comparison of Fermentation Behaviors and Properties of Raspberry Wines by Spontaneous and Controlled Alcoholic Fermentations. *Food Res. Int.* Vol. 128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108801>.