

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ А.М. Куц
(підпис)

« » лютого 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

на тему: **«Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання »**

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

Герез Андрій Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник Прибильський Віталій Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент Кушнір Олена Володимирівна
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць інших
авторів без відповідних посилань
Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння і виноробства

_____ А.М. Куц

31 серпня 2020 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Герезу Андрію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання**

Керівник роботи Прибильський Віталій Леонідович д.т.н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26 жовтня 2020 р. № 872-КС

2. Строк подання роботи

01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Технологічний регламент на виробництво пива

2 Дослідити ефективність роботи фільтраційного обладнання

3. Дослідити ефективність холодної стабілізації пива

4. Скласти математичну модель процесу та перевірити її адекватність.

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

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання (аналітичний огляд) 2. Об'єкти, методи та методика досліджень. 3.

Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання (експериментальна частина) 4.

Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури.

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

Таблиці з результатами досліджень – 8

Графіки з результатами досліджень – 8

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.20-29.10.20	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20-4.11.20	
	1-а атестація	5.11.2020	
3.	Експериментальні дослідження роботи фільтраційного обладнання.	05.11.20-17.12.20	
4.	Експериментальні дослідження готового продукту.	18.12.20-22.12.20	
	2-а атестація	23.12.20	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20-30.12.20	
6.	Підготовка розділу охорони праці та погодження його з керівником	31.12.20-06.01.21	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.21-13.01.21	
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.21-24.01.21	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.21-31.01.21	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.21-03.02.21	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.21-07.02.21	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-10.02.21	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач
Керівник роботи, професор

Герез А.В.
Прибильський В.Л

АНОТАЦІЯ

Герез Андрій Віталійович «Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

В кваліфікаційній роботі досліджено питання якості продукції, її собівартості і термінів зберігання є актуальними для пивоварної промисловості. Виходячи з цього, завданням даної роботи було обґрунтування та вибір інноваційних способів і сучасного технологічного обладнання для проведення процесів фільтрування, а також підвищення якості готового пива і терміну його зберігання шляхом забезпечення колоїдної стійкості і мікронної очистки продукту. Стійкість пива при його зберіганні залежить від способів фільтрування.

У роботі виконано дослідження підвищення колоїдної стійкості готового пива і мікронної очистки від залишків дріжджів, білків та кізельгуру запропоновано використання способу холодної фільтрації, також використання ПВПП-фільтра і трап-фільтра. Карбонізацію для підвищення терміну зберігання пива передбачено до вмісту вуглекислого газу 0,49-0,54 %.

Обґрунтовано вибір технологічного обладнання, що дозволяє виготовляти продукт, який відповідає органолептичним та фізико-хімічним характеристикам пива. Всі процеси постійно технологічно удосконалюються і даний процес тісно пов'язаний з аналізом результатів передових пивзаводів і дослідницьких інститутів.

Робота викладена на 72 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць і 8 рисунків.

Ключові слова: фільтрування, карбонізація, холодна стабілізація, стійкість пива, сорбенти, біологічна стійкість, колоїдна стійкість мікробіологічні та фізико-хімічні показники.

ANNOTATION

Herez Andrii Vitalievich "Improvement of beer filtration technology using new filtration materials and equipment." Qualification work for a master's degree in the specialty 181 "Food Technology" educational and professional program "Technology of fermentation products and winemaking." National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

In the master's work, the issues of product quality, its prime cost and shelf life are relevant for the brewing industry. Based on this, the task of this work was to substantiate and select innovative methods and modern technological equipment for carrying out filtration processes, as well as to improve the quality of finished beer and its shelf life by ensuring colloidal stability and micronized product purification. The storage stability of the beer depends on the filtration methods.

In this work, a study of increasing the colloidal stability of finished beer and micron cleaning from yeast residues, proteins and diatomaceous earth was carried out, it was proposed to use the cold filtration method, as well as the use of a PVPP filter and a trap filter. Carbonation to increase the shelf life of beer is provided up to a carbon dioxide content of 0.49-0.54%.

The choice of technological equipment has been substantiated, it allows making a product that meets the organoleptic and physicochemical characteristics of beer. All processes are constantly being technologically improved and this process is closely related to the analysis of the results of leading breweries and research institutes.

The work is presented on 72 pages of printed text, contains 8 tables and 8 figures.

Key words: filtration, carbonation, cold stabilization, beer stability, sorbents, microfiltration, biological stability, colloidal stability, microbiological and physicochemical indicators.

АННОТАЦИЯ

Герез Андрей Витальевич «Совершенствование технологии фильтрации пива с использованием новых фильтрационных материалов и оборудования». Квалификационная работа на получение образовательного степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии» образовательно-профессиональной программы «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021

В квалификационной работе исследованы вопросы качества продукции, ее себестоимости и сроков хранения актуальны для пивоваренной промышленности. Исходя из этого, задачей данной работы было обоснование и выбор инновационных способов и современного технологического оборудования для проведения процессов фильтрации, а также повышение качества готового пива и срока его хранения путем обеспечения коллоидной стойкости и микронной очистки продукта. Стойкость пива при его хранении зависит от способов фильтрации.

В работе выполнено исследование повышения коллоидной стойкости готового пива и микронной очистки от остатков дрожжей, белков и кизельгура предложено использование метода холодной фильтрации, также использования ПВПП-фильтра и трап-фильтра. Карбонизация для повышения срока хранения пива предусмотрено до содержания углекислого газа 0,49-0,54%.

Обоснован выбор технологического оборудования, позволяет изготавливать продукт, отвечающий органолептическим и физико-химическим характеристикам пива. Все процессы постоянно технологически совершенствуются и данный процесс тесно связан с анализом результатов передовых пивзаводов и исследовательских институтов.

Работа изложена на 72 страницах печатного текста, содержит 8 таблиц и 8 рисунков.

Ключевые слова: фильтрование, карбонизация, холодная стабилизация, стойкость пива, сорбенты, микрофильтрация, биологическая устойчивость, коллоидная стойкость микробиологические и физико-химические показатели.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (аналітичний огляд)	10
1.1 Вимоги до стійкості готового пива	10
1.2 Характеристика обладнання, що застосовується для виробництва пива від закінчення головного бродіння до розливу	15
1.3 Класифікація обладнання для фільтрування пива	17
1.4 Характеристика основних способів фільтрування	19
1.4.1 Очищення пива від надлишкових дріжджів	19
1.4.2 Видалення колоїдних помутнінь	23
1.4.3 Карбонізація	25
1.4.4 Холодна стабілізація пива	26
1.5 Характеристика сорбентів, які використовуються при фільтруванні пива та основні процеси під час обробки	27
1.6 Висновки до розділу 1	29
1.7 Мета і завдання дослідження	30
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	31
2.1 Матеріали досліджень	31
2.2 Методи досліджень	31
2.3 Методика досліджень	36
3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (експериментальна частина)	38
3.1 Порівняння холодної стабілізації і миттєвої пастеризації	38
3.2 Висновки до розділу 3	47
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	49
5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	54
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	63
ДОДАТКИ	65

					Удосконалення технології фільтрування пива з використанням нових фільтраційних матеріалів та обладнання			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Герез А.В.			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Прибильський В.Л.				7	72	
Зав. каф.		Куц А.М.				НУХТ ННІХТ ТБ 2-7М		
Н. контр.								

ВСТУП

Актуальність теми. Пиво відноситься до слабоалкогольних ферментованих напоїв і після доброджування містить дріжджові клітини у концентрації до 1 млн/см³. Тому для забезпечення тривалого зберігання готового продукту необхідне їх видалення. Для цього використовують фільтрування та теплове оброблення.

В Україні існують як малі пивоварні, які варять пиво за власними рецептами, так і великі, які випускають пиво під відомими на весь світ марками. Проте, починаючи з 2013 року, кількість пивоварень почала значно скорочуватися через неякісну продукцію, або ж велику конкуренцію на ринку. Завдяки цьому, найстійкіші виробники пива в Україні посилили свій вплив на ринку. Зараз спостерігається тенденція посилення конкурентоспроможності пивного ринку України в світі через дешевизну вітчизняного пива, оскільки в процесі пивоваріння використовується власний солод та власні потужності. Чим більше часу проходить, тим більше необхідно впроваджувати нові технології. Для того, щоб отримати максимальну якість пива та не втратити економічну користь, потрібно впроваджувати інновації.

У технології пивоваріння існує велика кількість способів фільтрування пива, основний спосіб це використання кізельгурового фільтра, а для забезпечення тривалого зберігання пиво після фільтрування пастеризують. Як показали дослідження пастеризація негативно впливає на органолептику. Тому пропонується інший перспективніший варіант такий, як холодна стабілізація з інертною полісульфоновою мембраною (PES). Картриджі мембранних фільтрів захищають властивості пива затримуючи дріжджі та інші мікроорганізми, які сприяють погіршенню якості.

Отже, дослідження, що пов'язані з визначенням впливу холодної стабілізації на якість готового продукту для виробництва пива, є актуальними.

Метою кваліфікаційної роботи було дослідження впливу холодної стабілізації та використання допоміжних матеріалів для продовження терміну зберігання пива.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дослідити вплив різних типів фільтрів на якісні показники пива;
- порівняти вплив пастеризації та холодної стабілізації на показники пива протягом зберігання;
- розробити технологічну схему фільтрування пива з використанням запропонованих технологічних рішень;
- провести оптимізацію технологічного процесу фільтрування пива;
- розрахувати соціально-економічну ефективність роботи.

Об'єкт досліджень: технологія фільтрування пива.

Предмет досліджень: пиво після головного бродіння, пиво після доброджування, пастеризація пива, холодна стабілізація, фільтрувальні матеріали.

Методи досліджень. Дослідні зразки аналізували за органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно з чинними стандартами та інструкцією технохімічного контролю.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні результати роботи доповідались на III International Scientific and Practical Conference «European scientific discussions», 01-033 February 2021. Rome, Italy.

Публікації: Герез А.В., Дулька О.С., Прибильський В.Л. Шляхи підвищення стійкості пива. *European scientific discussions: abstracts of III International Scientific and Practical Conference, 01-033 February 2021. Rome, Italy, 2021.*

Наукова новизна: науково обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність використання холодної стабілізації та використання мембранного фільтра з мембраною PES для виробництва стабілізованого пива зі збільшенням терміну зберігання.

Практичне значення: отримані дані можуть бути застосовані для промислового виробництва пива.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 26 найменувань, в тому числі 3 іноземними мовами, додатків. Робота викладена на 72 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць і 8 рисунків.

1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (аналітичний огляд)

1.1 Вимоги до стійкості готового пива

Пиво повинне відповідати вимогам ДСТУ 3888—2015 [3] і вироблене згідно з технологічною інструкцією та рецептурою. Пиво залежно від кольору виробляють трьох типів: світле, напівтемне та темне. Також пиво поділяють на фільтроване та нефільтроване; нефільтроване — на освітлене та неосвітлене; за способом оброблення — на пастеризоване та непастеризоване. Пиво залежно від масової частки спирту, одержаного внаслідок бродіння охмеленого суслу поділяють на безалкогольне та слабоалкогольне. За органолептичними показниками пиво повинне відповідати вимогам, зазначеним у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Органолептичні показники пива

Назва показника	характеристика						Метод контролювання
	фільтроване			нефільтроване: освітлене та неосвітлене			
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне	
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень не властивих пиву. Для пшеничного пива допустим а опалесценція			Непрозора піниста рідина або прозора з опалесценцією без сторонніх включень не властивих пиву. Допустим а наявність дріжджового осаду та часточок білково-дубильних сполук			Відповідно до стандарту
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів			Чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів. Допустимий слабкий дріжджовий аромат			Відповідно до стандарту
Смак	Чистий, зброджений, солодовий з хмельовою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків			Чистий, зброджений, солодовий з хмельовою гіркотою, що відповідає сорту пива, з присмаком дріжджів, без сторонніх присмаків			Відповідно до стандарту

Дозволено колір пива виражати в одиницях Європейської конвенції пивоваріння (ЕВС). Піноутворення пива: висота піни становить не менше ніж 20 мм, піностійкість — не менше ніж 2,0 хв. Піноутворення та масову частку діоксиду вуглецю визначають лише у пиві, розлитому в пляшки та металеві банки. Кількість дріжджових клітин у нефільтрованому неосвітленому пиві

становить не більше ніж 2 млн. кл./см³, в освітленому — не більше ніж 0,5 млн. кл./см³. Поживну (харчову) цінність та енергетичну цінність (калорійність) пива вказують у рецептурі на кожний сорт пива. Поживну цінність приймають за кількістю вуглеводів продукту. Ліцензійне пиво випускають із фізико-хімічними показниками, зазначеними в ліцензії, які не суперечать вимогам стандарту. Під час виробництва пива використовують таку основну сировину [3]:

- солод пивоварний ячмінний згідно з ДСТУ 4282;

- солод пивоварний пшеничний згідно з ДСТУ 4658;

- солод житній сухий згідно з ГОСТ 29272;

- хміль згідно з ДСТУ 7067;

- гранули хмелю згідно з ДСТУ 7028;

- екстракти хмелю (етанольні, вуглекислотні, ізомеризовані, редуковані, екстракт ізо-альфакислот) та олію хмелю згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

- патоку крохмальну згідно з ДСТУ 4498;

- патоку мальтозну згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволену для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

- сироп глюкозно-фруктозний згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволений для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

- цукор білий згідно з ДСТУ 4623/ГОСТ 31361;

- воду питну згідно з ДСанПіН 2.2.4-171;

- несолоджену сировину (ячмінь згідно з ДСТУ 3769, пшеницю згідно з ДСТУ 3768, крупу рисову згідно з ГОСТ 6292, кукурудзу згідно з ДСТУ 4525 та інші);

- дріжджі пивні низового або верхового бродіння згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я [3];

- смакові та ароматичні речовини згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

- колер згідно з чинними нормативними документами, за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і

дозволений для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

Під час виробництва пива використовують такі допоміжні матеріали [3]:

— стабілізатори колоїдної стійкості згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива згідно з чинними нормативними документами, за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— діоксид вуглецю газоподібний і скраплений згідно з ДСТУ 4817;

— кізельгур та інші фільтрувальні порошки згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— ферментні препарати згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— кислоту молочну згідно з ДСТУ 4621;

— кислоту аскорбінову згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволена для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— кислоту лимонну згідно з ДСТУ ГОСТ 908;

— кальцій хлористий згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволений для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— калію метабісульфіт згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволений для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;

— ортофосфорну кислоту згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволена для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

Дозволено використовувати іншу сировину та допоміжні матеріали згідно з чинними нормативними документами та за наявності позитивного висновку

державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я [3].

Пиво, розлите в транспортну тару, повинне протягом певного часу зберігати свої початкові властивості, головним чином смак і запах, прозорість і пінистість. Видимою ознакою, по якій зазвичай визначають товарні властивості пива, є прозорість.

Період, який проходить при температурі 20 °С від розливу пива до появи в ньому помітного помутніння або осаду, називається *стійкістю*.

Розрізняють помутніння біологічне, що утворюється в результаті розмноження дріжджів або інших мікроорганізмів, колоїдне, таке, що утворюється при порушенні фізико-хімічної рівноваги колоїдних систем пива [1].

Пиво є слабким поживним середовищем. Міра його зброджування наближається до кінцевої, так що пиво містить лише незначну кількість зброджуваних речовин, а крім того, речовини, що гальмують розвиток мікроорганізмів, спирт, гіркі хмелеві і деякі інші. Пиво має кислу реакцію і в закритій посудині (звичайні умови його зберігання і транспортування) має властивості анаеробного середовища. У таких умовах в ньому може розмножуватися дуже обмежена кількість мікроорганізмів, якими пиво може забруднитися в ході технологічного процесу. Розмноження мікроорганізмів в розлитому пиві завжди знижує його біологічну стійкість, а біологічне помутніння, що утворюється, може бути дріжджовим або бактеріальним.

У готовому пиві здатні розвиватися як дикі, так і культурні дріжджі. В результаті своєї життєдіяльності вони погіршують товарний вид продукту, викликаючи помутніння або утворення осаду. Проте розвиток в готовому пиві диких дріжджів небезпечніше, ніж потрапляння культурних. Культурні дріжджі змінюють вміст екстракту готового пива, склад пива істотно не змінюється. Дикі дріжджі інтенсивніше споживають екстракт пива, різко змінюють вміст летких речовин, пригнічують життєдіяльність основної культури, а також осідають гірше, ніж культурні пивоварні дріжджі, тому ускладнюють освітлення пива. В результаті цього змінюються органолептичні показники пива. Помутніння, викликане культурними дріжджами, не погіршує смак пива, проте знижує його споживчу цінність. Пиво, яке змінило колір під впливом диких дріжджів, вважається хворим і зіпсованим [11].

Дріжджове помутніння утворюється найчастіше в молодому пиві, що містить значну кількість екстракту. Культурні дріжджі або проходять через фільтр, або потрапляють в пиво з трубопроводів і різних автоматів як вторинне забруднення. У пиві вони розмножуються і за короткий час утворюють густе помутніння. Крупнозернисте по своїй структурі, воно швидко утворює осад. Після осадження помутніння пиво прозоре, смак майже не змінюється, пінистість хороша.

Помутніння, викликане дикими дріжджами, по структурі тонке. Воно осідає дуже повільно або взагалі не осідає, а якщо і утворює осад, то легкий, пластівчастий, який швидко піднімається від щонайменшого збовтування. При цьому пиво набуває стороннього присмаку різного характеру залежно від

інтенсивності помутніння: фруктовий, терпкий. Запах пива також змінюється. Дикі дріжджі активуються, як правило, тільки тоді, коли діяльність культурних дріжджів припиняється, тобто в апаратах доброджування [11].

Виникнення бактеріального помутніння свідчить про серйозні недоліки в біологічній чистоті виробництва. Це помутніння в пиві буває зазвичай дуже тонким і, як правило, воно не осідає. Смак пива в цьому випадку непоправно змінюється. Бактеріальні забруднення викликаються найчастіше паличкоподібними і коковидними молочнокислими бактеріями. Останні утворюють тетради, пивну сарцину. Паличкоподібні молочнокислі бактерії при зброджуванні цукрів утворюють молочну, оцтову і мурашину кислоти.

Помутніння, викликане цими бактеріями, відрізняється сильним шовковистим блиском в період найбільшої його інтенсивності, потім воно зменшується за рахунок поступового осадження часток і на дні з'являється легкий осад. Підвищена кислотність пива, замуненого молочнокислими бактеріями, неприємно відбивається на смаку тоді, коли утворюється дуже багато молочної кислоти. Пивна сарцина добре розмножується без доступу кисню [11].

Помутніння, викликане педіококами, проявляється в опалесценції пива. При сильному забрудненні пивною сарциною пиво отримує неприємно солодкий смак і запах від підвищеного вмісту діацетилу. Напій в цьому випадку вважається непридатним до вживання. Цей вид помутніння відноситься до найбільш небезпечних біологічних недоліків пива і зустрічається частіше у темних сортів напою, чим у світлих. Помутніння, викликане оцтовокислими бактеріями, буває рідко. Як типові аероби вони можуть розмножуватися в сильно аерованому або негерметично закритому пиві. Це помутніння виражається в опалесценції, без виникнення осаду. Смак і запах пива при цьому швидко погіршуються [5].

З плісняви найбільш небезпечними для пива є виявлені в ячмені плісняви *Fusarium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, які стають причиною спінювання, тобто швидкого викиду пива з пляшки після відкриття пробки (ефект гашінга).

Можливе зараження пива бактеріями групи кишкових паличок. Вони можуть потрапити в пиво при використанні недостатньо чистої води, повітря, від забруднених рук робітників. Пиво в цьому випадку отримує солодкуватий фруктовий присмак і запах вареної капусти. Вміст дріжджів і бактерій в 1 см³ пива після виникнення помутніння приблизно однакове і складає 600 тис. клітин, в 1 см³ осаду каламутного пива знаходиться до 260 млн. дріжджових і 200 тис. бактеріальних клітин. Кількість дріжджів в 1 см³ пива після випадання осаду доходить до 700 тис. клітин, вміст бактерій – до 2,5 тис. клітин. У 1 см³ осаду знаходиться до 22 млн. дріжджових і до 10 тис. бактерійних клітин [3].

Інфікування пива мікроорганізмами на окремих стадіях технологічного процесу походить від різних джерел, якими можуть бути: вода, якщо в ній знаходяться мікроорганізми, що мають здатність розвиватися в пиві і суслі; повітря, особливо забруднене пилом зернових складів, містить висушли залишки дріжджів, сусла, пива; устаткування і комунікації; матеріали, що фільтрують і допоміжні; одяг, взуття, руки робітників. До одного з головних джерел забруднення пива відносяться виробничі дріжджі.

Застосування хмелю як антисептик, швидке охолодження сусла перед зброджуванням, контроль за температурою бродіння і зберігання дріжджів є неефективними при значній кількості дріжджів. Це пояснюється тим, що при повторному застосуванні дріжджів протягом ряду генерацій міра їх біологічної чистоти поступово погіршується, оскільки на поверхні дріжджів, що осіли в період головного бродіння на дно бродильного апарату, адсорбуються не лише механічні суспензії, але і різні мікроорганізми. Перед повторним використанням дріжджі пропускають через вібросито і промивають холодною водою. При цьому вони звільняються лише від сторонніх великих часток і частини супутніх мікроорганізмів, нещільно пов'язаних з поверхнею клітин. Основну частину бактерій відділяють, промиваючи дріжджі розчинами різних мінеральних кислот, лугів, антибіотиків і інших речовин, що мають бактерицидну дію. Суворе дотримання певних технологічних прийомів і ретельна підтримка санітарних умов виробництва дозволяють виробляти пиво підвищеної стійкості [6].

Нині велику увагу приділяють кольору і прозорості пива, оскільки за цими показниками споживач часто судить про якість напою. Колір пива є відмінною ознакою окремих типів пива - світлого і темного. Крім того, майже кожен сорт пива залежно від типу має свій відтінок. В Україні загальноприйнятим методом є порівняння пива з водним розчином 0,1 н. йоду. Порівняння здійснюється шляхом додавання до 100 см³ дистильованої води 0,1 н. розчину йоду в такій кількості, при якій розчин буде набувати кольору досліджуваного напою. Недолік цього методу полягає в тому, що водний розчин йоду має інший відтінок, ніж досліджуване пиво; особливо важко порівнювати темно забарвлене пиво. У західних країнах, що входять в Європейську Пивоварну Конвенцію (ЕВС), існує інший метод, який припускає використання апарату порівняння з 9 скляними дисками кольорних стандартів ЕВС від 2 до 27 одиниць [3].

Слід зазначити, що світлі сорти пива (з кольором розчину, що містить 0.4 мл 0,1 н. розчину йоду на 100 мл води) мають за кордоном особливий попит, проте вітчизняний споживач світле пиво вважає порожнім і нехарактерним. Зазвичай колір світлого пива коливається в межах від 0,5 до 1,0 мл. Світле пиво повинне мати чистий, світлий, золотистий колір (без зеленуватих, червонуватих і коричневих відтінків). Світле пиво окрім характерного кольору має бути прозорим і мати блиск.

До темного пива не пред'являють таких строгих вимог за кольором. Стандарт якості допускає дуже широкий діапазон кольору – від 3 до 10 мл 0,1 н. розчину йоду на 100 мл води, тобто від коричнево-червоного (гранатового) до темніших відтінків (майже не прозорих) [1] .

1.2 Характеристика обладнання , що застосовується для виробництва пива від закінчення головного бродіння до розливу

Сепаратор. Використання сепаратора на пивоварні дозволяє отримувати пиво стабільної якості, прискорити виробництво і економити енергоресурси. Збільшення ресурсу фільтра досягається використанням сепаратора, так як витрати на кізельгур будуть більшими [4].

Теплообмінники для охолодження. Перед фільтрацією пиво повинно бути холодним для оптимізації стабілізації (холодне помутніння). Під дією сепаратора пиво нагрівається, тому теплообмінник допоможе витримувати потрібну температуру після розділення та подальшого потрапляння у фільтр. Температуру пива рекомендовано витримувати максимально близькою до температури замерзання.

Буферна ємність попередньої фільтрації. Використовується для того, щоб зменшити ефект ударів тиску від вищої системи. Також забезпечує безперервний потік через охолоджувач пива (не допускає замерзання). Забезпечує час реакції стабілізаторів. Завдяки тому, що має окремі вхідні та вихідні шляхи для забезпечення часу реакції та змішування інтерфейсів. Після сепаратора пиво рекомендують відстоювати 20 - 30 хв. що можливо у буфері. Також буфер працює під таким самим тиском що і вхід на фільтр [13].

Система дозування добавок. Залежно від природи добавки та частоти використання потрібно використовувати окремі системи дозування, які як можуть реагувати з собою, так і не сумісні для спільного використання. Кожна добавка має свої інструкції для застосування. Індивідуальні системи для PVPP та силікагелю, тому що підготовка цих сорбентів прописується технічною інструкцією. Можуть мати окремий вхід як перед так і після фільтра. Дозування відбувається мембранним насосом, з використання витратоміра, так як дозування має бути точно за рецептурою.

Фільтри. Найефективнішим рішенням є кізельгуровий фільтр зі сталевими свічками з крученого дроту (трапецеїдального перетину). Даний фільтр має високу ефективність і здатність затримувати великий обсяг шламу. Він не вимагає великих витрат і дозволяє дозувати засоби для колоїдної стабілізації. Більш продуманим рішенням є вторинна мікрофільтрація з використанням мікробіологічних мембранних фільтрів, які гарантують повне уловлювання клітин і бактерій. Вони гарантують мікробіологічну стабільність, тобто тривалий термін придатності пива. Таким чином відпадає необхідність в пастеризації, пиво зберігає оригінальний смак, а витрати на електроенергію значно знижуються [13].

Буфер після фільтра. Використовується для того, щоб зменшити ефект ударів під тиском від попередньої системи. Забезпечує час реакції стабілізаторів. Завдяки тому, що має окремі вхідні та вихідні шляхи для забезпечення часу реакції та змішування інтерфейсів. Після фільтра пиво рекомендують відстоювати 1-5 хв, що можливо у буфері. Відфільтроване пиво в буферному резервуарі після фільтра може бути використано в якості першого для наступного запуску фільтра.

Фільтр PVPP. ПВПП є порошком, нерозчинним ні в одному з відомих розчинників, що злегка набухає у воді. ПВПП відомий тим, що він адсорбує дубильні (фенольні) з'єднання шляхом утворення водневих зв'язків з ними. Воднева зв'язок залежить від рН - в лужних розчинах адсорбовані фенольні сполуки знову десорбуються. Завдяки цьому ПВПП можна регенерувати і багаторазово використовувати. Зазвичай ПВПП застосовують в комбінації з силікагелями, іноді - без них. Є наступні варіанти використання ПВПП [13]:

- додавати ПВПП в дозатор кізельгуровий фільтр - в цьому випадку він буде необоротним;

- використовувати фільтруючі пластини, які містять ПВПП;
- проводити стабілізацію з регенерацією ПВПП.

У Німеччині дозволено застосовувати не більше 50 г ПВПП/гл пива.

Карбонізація. Установа для карбонізації пива повинна мати кілька вигинів на трубі, зустрічний тиск і вбудовану лінію CO₂. Також постійно стерильні фільтри на CO₂ лінії, відцентровий насос який подаватиме пиво на карбонізацію.

На лінії фільтрації рекомендується контролювати продукт від моменту потрапляння пива на сепаратор до наповнення форфасу. Для цього використовуються: контролери густини, кольору, кисню, CO₂, тиску, температури.

1.3 Класифікація обладнання для фільтрування пива

Фільтрування – процес розподілу, при якому з пива видаляються дріжджові клітини, що ще залишилися, і інші зважені частки. При фільтруванні видаляються також речовини, які можуть виділитися в пиві в найближчі тижні або місяці з появою помутнінь.

Мета фільтрування – отримати пиво настільки стійким, щоб у ньому протягом тривалого часу не виникало б ніяких видимих змін і пиво зберігало б свій зовнішній вигляд [5].

Фільтрування відбувається в такий спосіб - мутна рідина завдяки фільтруючій перегородці розділяється на прозорий фільтрат і фільтрувальний залишок або фільтрувальний шар. Рушійною силою даного процесу завжди є різниця тисків на вході у фільтр і на виході з нього.

У пивоварінні для фільтрування застосовуються наступні види фільтрів.

1. Намивні фільтри: намивні рамні фільтр-преси, намивні свічкові фільтри;
2. Намивні дискові фільтри (фільтри з горизонтально розташованими фільтрувальними елементами);
3. Намивні листові фільтри;
4. Пластинчасті фільтр-преси;
5. Камерні фільтри (заторний фільтр-прес);
6. Чашкові фільтри (мас-фільтр);
7. Мембранні фільтри.

Для фільтрування пива використовуються майже винятково намивні, пластинчасті й мембранні фільтри; мас-фільтр, що панував у колишні десятиліття, у цей час практично не використовується.

Намивні фільтри - це фільтри, у яких фільтрування відбувається через допоміжний фільтруючий засіб (найчастіше кізельгур або перліт), що намивається на фільтрувальні перегородки [11].

Навколо каркаса з певною відстанню (50-80 мкм) намотується профільний дріт. Каркас свічки виготовляється у вигляді профільних стрижнів або трубки з перфорованої жести. По всій довжині фільтруючої свічі, що може бути понад 2 м, виникають дуже вузькі щілини. У фільтрі може бути до 700 свічок. Це дає більшу фільтруючу поверхню, що гарантує високу продуктивність фільтра.

На свічковому фільтрі встановлюється ще цілий ряд трубопроводів і контрольних приладів. Всі додаткові елементи фільтра розташовані таким чином, щоб ні за яких умов не допустити влучення в пиво кисню (ні на початку, ні в ході, ні наприкінці фільтрування).

Пластинчастий фільтр-прес - фільтр, що, на відміну від наливного фільтр-преса, не має рам і на противагу йому складається тільки із пластин. Між цими пластинами укладаються фільтруючі шари (фільтр-картон), через які відбувається фільтрація. Пиво підводить зверху й знизу до кожної другої пластини, проникає крізь фільтр-картон, і відводиться із сусідньої пластини. Таким чином, між кожною плитою розташований фільтруючий шар. Особливе значення в таких фільтрах має фільтр-картон. Він складається із целюлози й кізельгуру. Висока вартість кізельгуру і його утилізації змушують підприємства заощаджувати кізельгур. Одна з таких можливостей, що все частіше застосовується на пивоварних підприємствах (особливо на великих), полягає у використанні сепаратора. При включенні сепаратора у фільтраційну лінію витрата кізельгуру знижується на 20-50 %, а тривалість циклу роботи фільтра подвоюється [13].

Для фільтрування з метою зменшення вмісту мікроорганізмів у пиві усе більшою мірою використовуються мембранні фільтри. Під мембранним фільтром розуміють фільтр, у якому пиво проходить крізь мікропористі мембрани й у значній мірі звільняється від мікроорганізмів та утворюючих осад речовин. Мембрани пропонуються у формі:

- фільтруючих модулів;
- мембранних свіч;

Існують фільтруючі модулі, які для одночасного видалення поліфенолів містять ПВПП (полівінілполіпіролідон). У мембранному свічковому фільтрі фільтрація відбувається крізь фільтруючі свічки, з яких, як правило, кілька свічок паралельно з'єднані й розташовані найчастіше в тому самому корпусі. У фільтруючих свічах є кілька фільтруючих шарів (найчастіше з поліпропілену). Після кип'ятіння сушло стерильне. Шкідливі для пива мікроорганізми можуть потрапляти в пиво тільки при недотриманні санітарних умов на виробництві, після чого вони розмножуються в пиві, утворюючи помутніння, і виділяють продукти метаболізму, які можуть зробити пиво зовсім непридатним для споживання.

Для того щоб пиво залишалось бездоганим принаймні протягом його строку придатності, всі мікроорганізми, що потрапили в пиво, повинні бути вилучені або знищені. Для цього є кілька можливостей:

1. Пастеризація розлитого пива;
2. Пастеризація в потоці;
3. Гарячий розлив пива;
4. Холодно-стерильне фільтрування й розлив[13].

Освітлення пива на сепараторі. При фільтрації пива пивоварні заводи часто мають проблеми з тим, що в направленому на фільтрацію пиві все ще міститься велика кількість дріжджів. Велика частка дріжджів неминуче обмежує ресурс фільтра при фільтрації через кізельгуровий фільтр. Сепаратор в безперервному режимі видаляє більшу частину дріжджів з пива вже перед фільтрацією. Це в

значній мірі оптимізує пов'язані робочі процеси в фільтрувальних приміщенні. Одночасно зменшується необхідна кількість кізельгура і пов'язані з цим витрати. Разом зі збільшенням ресурсу фільтру зменшуються втрати пива і витрати на обробку стічних вод пивоварного заводу. Для економічної експлуатації фільтрувальних матеріалів без застосування кізельгура (мембранна технологія, глибока фільтрація) необхідне використання сепараторів. Використання сепараторів забезпечує переваги також при регулюванні каламутності, зокрема, при виробництві дріжджового пшеничного пива. Безперервний режим роботи сепаратора гарантує постійну високу якість пива. Співробітник пивоварного заводу задає необхідне значення каламутності в готовому білому пиві, і система управління контролює концентрацію дріжджів шляхом визначення каламутності в лініях подачі й відведення. Пропускна здатність машини відповідним чином адаптується, за допомогою чого досягається необхідна ступінь очищення. Завдяки цьому забезпечується постійно однакова каламутність пива після сепаратора [24].

1.4 Характеристика основних способів фільтрування

1.4.1 Очищення пива від надлишкових дріжджів

Принцип роботи сепаратора (на прикладі кларифікатора). Розділяється продукт та надходить через вхідну трубу в барабан, в ошадному режимі він розганяється розподільником до повної швидкості. Пакет тарілок в барабані розділяє потік продукту на безліч тонких шарів, забезпечуючи тим самим велику площу поверхні. Під дією відцентрової сили в пакеті тарілок тверда речовина відділяється від рідини і осідає на краю барабана [5].

Через гідравлічну систему в нижній частині барабана відокремлені частки матеріалу періодично викидаються на повній швидкості. Освітлена рідина витікає з пакета тарілок на розподільник і виводиться під тиском.

Якщо використовується пуріфікатор, то суміш рідин всередині пакету тарілок буде розділена на легку і важку фази. Одночасно буде виконуватися вивантаження твердої речовини. На рис. 1.1 зображено сепаратор та принцип його роботи.

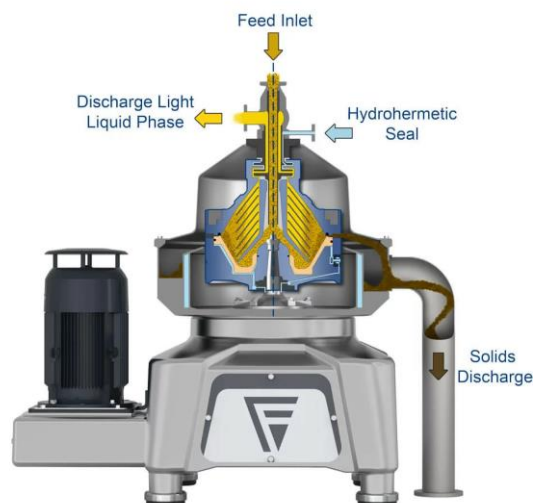


Рис. 1.1 – Сепаратор та принцип його дії

В установках необхідне зусилля забезпечує стандартний трифазний двигун. Він дуже плавно передає потужність на шпindelь барабана за допомогою ремінного приводу. За допомогою перетворювача частоти швидкість легко адаптується під умови, необхідні для обробки продукту. Сепаратор швидко досягає повної робочої швидкості і так само швидко і плавно прискорюється до (граничної) заданої швидкості після вивантаження твердої речовини. Крім цього, перетворювач частоти знижує енергоспоживання і навантаження на механічну систему. Підшипник шпинделя обслуговується замкнутою системою змащення. Повноцінне змащення відбувається навіть при запуску і зупинці установки, що забезпечує тривалий термін служби підшипника барабана. Насосний агрегат забезпечує точну і достатню дозу мастила [13].

Сепаратори відрізняються величезною потужністю, тому безпеці їх експлуатації приділяється особлива увага. З сепараторами користувачі отримують надійну технологію, що забезпечує стабільно безпечний процес поділу. Всі параметри безпеки можуть контролюватися програмованим логічним контролером. Висока експлуатаційна безпека приводу забезпечується автоматично контрольованою системою подачі мастила. Для захисту користувача система розвантаження Soft Shot має особливе значення. Вона знижує рівень звукового тиску при частковому і повному розвантаженні до такої міри, що сепаратор не вимагає застосування спеціальних заходів щодо шумоізоляції. Якщо існує ризик вибуху під час обробки речовин, можливе застосування інертизації. Це запобігає викид парів в атмосферу (забруднення) і попадання повітря в систему (окислення).

Виробництво харчових, фармацевтичних продуктів або хімічних речовин: сепаратори повністю обладнані для дотримання гігієнічних стандартів в строго контрольованих галузях промисловості. Вони відповідають всім вимогам діючих стандартів на центрифуги і розроблені відповідно «Гігієнічним дизайном». У харчовій і фармацевтичній промисловості всі компоненти, що контактують з продуктом, мають можливість підключення до систем очищення СІР (для безрозбірного миття та дезінфекції обладнання). Ці сепаратори серії АС (з автоматичним очищенням) також можуть легко інтегруватися в існуючі виробничі процеси і процеси СІР. Для певних промислових завдань виготовляє сепаратори з супердвухфазних нержавіючих сталей для досягнення, наприклад, більш високої стійкості до хлоридів.

Для ефективної роботи в процесах освітлення або поділу також потрібна простота експлуатації і обслуговування. Сепаратори мають компактну конструкцію і тому вкрай прості в обслуговуванні. Наприклад, барабан сепаратора легко розбирається і збирається. Такі компоненти, як ремінний привід, схильні до низького зносу, що збільшує інтервали технічного обслуговування. Ключовим елементом управління процесом є програмований логічний контролер (ПЛК). Він автоматично управляє сепаратором і всіма його компонентами: захистом двигуна і управлінням запуском з перетворювачем частоти, інтервалами автоматичного розвантаження барабана, клапанами і допоміжним обладнанням.

Індикатори і сигнальні лампи, які стосуються технологічного процесу, завжди знаходяться в полі зору оператора [26].

Принцип роботи сепаратора. Сепаратор, або тарілчаста центрифуга, являє собою центрифугу вертикальної компоновки. Він використовується для поділу і освітлення рідин. Принцип тарілчаного сепаратора дозволяє розділити тверді і рідкі фази або змішані рідкі фази під впливом відцентрової сили. У порівнянні з декантерною центрифугою сепаратор істотно відрізняється за своєю технічною конструкцією і варіантами застосування. В основу функціонування тарілчаного сепаратора покладений принцип осадження. У сумішах з твердою і рідкою фазами важкі тверді речовини накопичуються на дні ємності. Вони опускаються під впливом сили тяжіння (рис 1.2). В безперервно працюючій системі для розділення твердої і рідкої фаз не всі частинки твердої речовини встигають осісти на дно. Вони знову залишають систему разом з рідкою фазою. Поділ виконано в повному обсязі. Для запобігання цьому використовується конструкція у вигляді ламелей або дисків. Сам процес сепарації відбувається в просторі між дисками. Чим більше кількість пластин або дисків, тим більше площа освітлення. Конусоподібна форма пластин або дисків запобігає їх закупорку, в наслідок чого частинки твердої речовини просто зісковзують з них [23].

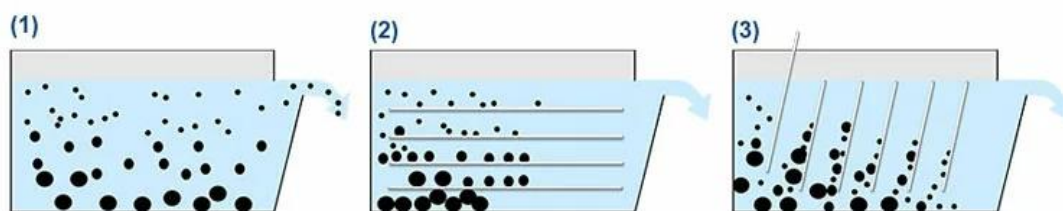


Рис 1.2 – Приклади розділення рідин на тарілчастому сепараторі

Принцип сепаратора дозволяє відокремлювати рідини різної щільності, наприклад, крапельки масла у воді або крапельки води в маслі.

Розділення, засноване на принципі сили тяжіння, виконується повільно і неефективно для багатьох варіантів промислового застосування. Тарілчасті сепаратори значно прискорюють процес поділу. Суміш з твердої і рідкої фаз вони поділяють за допомогою відцентрової сили. «Еквівалентна площа освітлення», яка є виміром ефективності сепаратора, визначається на підставі геометричної поверхні (площа освітлення) і відцентрового прискорення [13].

Завдяки високим силам інерції сепаратор досягає високої ефективності поділу. У порівнянні з декантером, сепаратор працює на більш високих швидкостях і відокремлює з рідини більш дрібні тверді речовини (частинки до 5 мкм).

Конструкція тарілчастого сепаратора. На рис. 1.3 зображено схему роботи сепаратора. Колективна суміш надходить через стаціонарну вхідну трубу (1) (подача) в розподільник обертового барабана (2) (ємність, в якій знаходиться суміш). Там вона прискорюється до окружної швидкості барабана сепаратора.

Важливо, щоб при розподілі суміші не виникали непотрібні зрізуючі зусилля, що руйнують дрібні частинки або створюють емульсії. На зовнішній стороні підставки розподільника передбачені прорізи або отвори, через які відокремлюваний продукт надходить в простір з дисками. Поділ виконується у внутрішньому просторі між дисками сепаратора (3). Тверда речовина під дією відцентрової сили прагне назовні і накопичується в так званій камері твердої речовини (4). Рідкі фази проходять через простір між дисками і також під дією відцентрової сили прагнуть в протилежну сторону до осі барабана, а далі впливають через диск поділу фаз (грейфер) або водозлив (5). Використовувана конструкція залежить від області застосування.

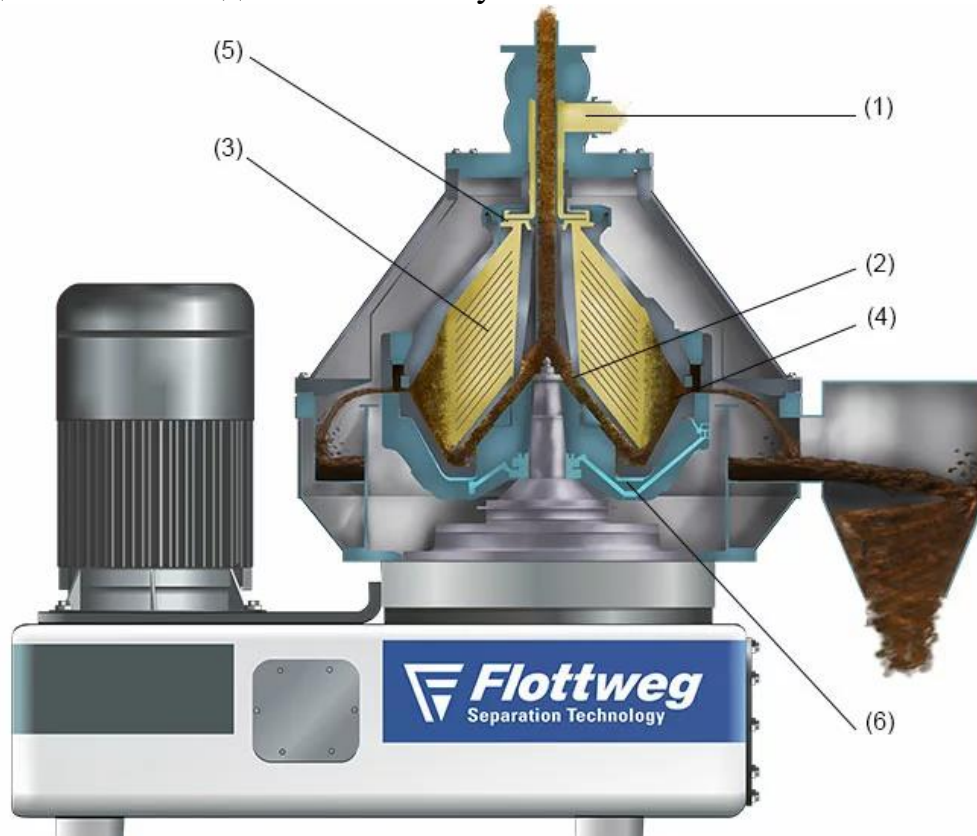


Рис. 1.3 – Схема роботи тарілчастого сепаратора

Зібрана тверда речовина виходить за окремою випускною лінією (вивантаження твердої фази). При цьому є тарілчасті сепаратори з барабаном, який самоочищається (сепаратори безперервної дії) і ручні сепаратори. У сепараторах з барабаном, який самоочищається останній має механізм відкривання, через який з рівним часовим інтервалом виконується вивантаження відокремлених твердих речовин (6). В цьому випадку барабан складається з нижньої частини барабана, в якій розташований гідравлічний механізм спорожнення, а також кришки барабана.

Гідравлічний розвантажувальний механізм відкриває барабан сепаратора в самій виступаючій частині корпусу центрифуги, де збираються тверді речовини. Після виходу твердої фази барабан сепаратора знову закривається. Це відбувається за кілька десятків часток секунди.

Сепаратор, як правило, приводиться в рух за допомогою поліклінового або плоскопального приводу. Це залежить від конструктивного розміру сепаратора. Управління приводним двигуном здійснюється за допомогою перетворювача частоти [25].

Сепаратори призначені для вирішення завдань поділу, при яких необхідна висока точність поділу або при яких потрібно відділення найтонших частинок. Вони використовуються також для розділення твердої і рідкої фаз з невеликою різницею в щільності. Тарілчасті сепаратори можуть бути з різними варіантами застосування і використовуються в різних галузях промисловості, в тому числі:

- в харчовій промисловості і виробництві напоїв;
- в олійно-жировій промисловості;
- в хімічній, фармацевтичній промисловості і біотехнології;
- в нафтовій промисловості та енергетиці;
- в сфері захисту навколишнього середовища.

Сепаратори використовуються головним чином для трьох різних методів розділення:

1. Як кларифікатор/освітлювач для освітлення рідин. Освітлення - це виділення тонкоподібних частинок твердої речовини з рідини. Сепаратор використовується для сумішей з низьким вмістом твердої речовини. Якщо суміш, яка очищається містить велику кількість твердої речовини, то правильним вибором є декантер. Типовим прикладом застосування сепаратора є освітлення фруктових соку шляхом видалення речовин, які обумовлюють помутніння.

2. Як очищувач/розділювач сепаратора для розділення рідин. Поділ - це відділення рідини з більш низькою щільністю від рідини з більш високою щільністю. Прикладом використання сепаратора є відділення крапель води від мінерального масла. При цьому можна відокремлювати тверді речовини.

3. Для згущення рідин. Концентрація - це виділення легкої рідкої фази з важкої рідкої фази. Прикладом є отримання ефірного масла з води з використанням сепаратора. Одночасно можливе відокремлення твердих речовин [25].

1.4.2 Видалення колоїдних помутнень

Зважені частинки муті розрізняють за ступенем фільтрації, що залежить від їх розміру. При цьому розрізняють наступні речовини:

– великі дисперсні частинки (розмір більше 0,1 мкм). При мікроскопіюванні видно, що вони являють собою коагульований білок дріжджів або бактерій.

– колоїдні речовини (розмір від 0,001 до 0,1 мкм) здебільшого виявляються емпірично в дегустаційному келиху завдяки заломлення світла (метод Тиндаля-Кегеля). Колоїдні речовини складаються з білкових з'єднань фенольних речовин, гумі-речовин і хмельових смол. Зниження частки колоїдів покращує фізико-хімічні властивості пива, його стійкість, але знижує піностійкість і повноту смаку пива [16].

– молекулярні дисперсні частинки (розмір менше 0,001 мкм) не виявляються візуально і присутні у вигляді молекул або їх ланцюгів.

Методи штучного освітлення засновані на трьох різних процесах, які застосовують або окремо, або в їх поєднанні.

– седиментація. При центрифугуванні завдяки відцентровій силі відокремлюються великі дисперсні частинки в залежності від їх діаметра і числа обертів; відділення колоїдів не відбувається.

– фільтрування. Можливість утримання всіх частинок, що перевищують за розміром пори фільтра, залежить від пропускної здатності сита (фільтра). Залежно від діаметра пор поряд з частинками каламуті можуть відділятися також великі колоїди.

– адсорбція. За допомогою адсорбції поряд з великими дисперсними частками (в залежності від хімічної спорідненості до фільтрувального матеріалу або відповідного електричного заряду) видаляються також колоїди і навіть розчинені речовини [16].

Залежно від механізму освітлення відокремлюються різні групи речовин, а також змінюється вплив фільтрувального матеріалу в ході фільтрування. Пропускна здатність у міру забивання фільтра поступово знижується (пори стають все менше) і зменшується вплив адсорбції. Адсорбція барвників і ПАР відбувається дуже довго. Значення рН під впливом іонів води, використовуваної для промивання, змінюється - гідрокарбонати підвищують рН пива, причому іони Ca_2^+ можуть стати причиною появи небажаних оксалатних домішок. Адсорбційний вплив фільтрувального матеріалу впливає не тільки на речовини, що утворилися при колоїдному помутнінні пива внаслідок сильного охолодження, але і на самі колоїди, що зумовлюють піностійкість і повноту смаку пива. Після фільтрування смак пива деякий час буває незбалансованим і часто гірчить. Лише через кілька діб знову формується гармонійний смак, який залежить від ступеня дисперсності залишкових колоїдів. При дуже тонкому фільтруванні адсорбційними матеріалами спостерігається (швидше за все, через втрату редуруючих або гірких речовин) підвищення стійкості пива до інфікування на лінії розливу [11].

Різні фільтруючі матеріали – бавовна (мас-фільтри), целюлоза (пластинчасті фільтри), кізельгур і перліт - різні за своєю фільтруючою природою. При використанні бавовняного фільтра існує можливість зміни пропускної здатності фільтра за рахунок різної сили стиснення і тиску на фільтрувальний осад. Бавовняний фільтр характеризується слабкою адсорбцією (але кращої, ніж кізельгур), але її можна підвищити завдяки додаванню целюлози і за допомогою збільшення тривалості фільтрування.

Намивні фільтри з фільтруючими шарами завдяки сильному стискуванню характеризуються високою пропускною спроможністю. Ступінь адсорбції фільтруючих шарів залежить від підготовки їх складових частин (целюлози і т. д.). Для гарантії бажаної адсорбції фільтруюче навантаження на 1 м^2 повинно бути незначне. Кізельгур практично не має адсорбційну здатність, але її можна підвищити завдяки додаванню целюлози, активованого вугілля або стабілізаторів. Пропускна здатність кізельгурового фільтра залежить від вибору ступеня дисперсності кізельгуру або перліту. Фільтруюча здатність кізельгурового

фільтру може відносно постійно підтримуватися завдяки поточному дозуванню допоміжних фільтруючих засобів [13].

Через різний вплив фільтрів, при високих вимогах до стійкості пива доцільно розділяти завдання на попереднє освітлення пива та на тонке фільтрування.

В ході фільтрування нефільтроване пиво фільтрують з постійною швидкістю через звичайний виробничий кізельгур і протягом певного часу вимірюють виникаючий тиск. При цьому спостерігається хороший взаємозв'язок між результатами планового фільтрування і реального. Для виявлення ступеня впливу фільтраційного осаду (залишку на фільтрі) по Райбле (Raible) пиво фільтрують 24 год при 0 °С через металеву тканину з розміром пор 15 мкм, причому фільтрування через наливний фільтр ведеться при постійному тиску. За обсягом фільтрування та його тривалістю розраховують коефіцієнт фільтрування. За ступенем впливу залишку на фільтрі екстраполюють питомий обсяг фільтрування. Даний тест застосовують при виборі типу кізельгуру [13].

Для забезпечення прийняттого ступеня фільтрування необхідно враховувати наступні обставини. Тиск перед фільтром повинен перевищувати тиск насичення пива CO₂ при відповідній температурі. Тиск перед фільтром в ході фільтрування зростає в міру забивання пор фільтра і зменшення їх розмірів. При одній і тій же продуктивності фільтра при цьому посилюється швидкість надходження фільтрату всередину фільтра. Через високий перепад тисків через фільтр можуть «продавлюватися» вже адсорбовані речовини і дріжджі. Необхідна також достатня фільтруюча поверхню. На збільшенні тиску позначається також тривалість фільтрування, оскільки тиск залежить від ступеня каламутності і колоїдної структури пива. При фільтруванні, наприклад, інфікованого пива може знадобитися зниження швидкості фільтрування.

Вирішальне значення при фільтруванні має температура пива. Пиво в відділенні доброджування при мінусових температурах по шляху до фільтру і при фільтруванні не повинно нагріватися, інакше відбудеться повторне розчинення частинок мути, що підлягають видаленню. Рекомендується тому до фільтрування включити швидке глибоке охолодження, що знижує температуру промивної або деаерованої води (води для намівання фільтруючого шару), що дозволить забезпечити необхідну в процесі фільтрування температуру [25].

1.4.3 Карбонізація

Досі до кінця не зрозуміло, чи здатний наш язик відчутти смак вуглекислоти або ж бульбашки просто фізично дратують рецептори, а мозок вже розпізнає сигнал як смаковий. Як би там не було, гарне пиво немислимо без освіжаючого впливу CO₂, який надає завершальний штрих напою.

Вуглекислота повинна бути добре розчинена в пиві, інакше пухирці виявляться занадто великими. Вони будуть легко залишати рідину, а саме пиво дасть надмірно рясну піну.

Якщо ж карбонізація пива піде мляво і дріжджі погано перероблять цукор, смак готового напою буде здаватися «видихлим», газованість буде відчуватися слабо.

Так що неправильно проведена карбонізація здатна звести нанівець всі зусилля пивовара.

Карбонізація пива - це насичення його вуглекислотою, яка виділяється в результаті розщеплення дріжджами цукрів [5].

Карбонізувати пиво можна двома основними способами:

- Примусова карбонізація полягає в насиченні пива вуглекислотою шляхом її механічного прогону через ємність з пивом. Це промисловий спосіб, який вимагає певного обладнання та виправданий при регулярному виготовленні великих обсягів напою.
- Природна карбонізація - спадщина стародавнього досвіду пивоварів. Її використовують багато століть поспіль, і сьгоднішні майстри крафта слідуєть саме цій традиції.

Після закінчення основних процесів бродіння невелика кількість дріжджів все ще зберігається в напої. Цією обставиною і користуються пивовари. Розливаючи пиво по пляшках, вони додають нову порцію живильного середовища для дріжджів. Це може бути цукор, мед, глюкоза, пивне сушло [5].

Дріжджі активізуються, поїдають цукру і виділяють при цьому вуглекислоту. Вона циркулює між рідиною і невеликим об'ємом повітря в пляшці, багаторазово абсорбується в пиві і десорбується, залишаючи його. В ході цих процесів великі бульбашки газу розпадаються на все дрібніші, які все краще зв'язуються з рідиною. В добре карбонізованому пиві присутня стійка, щільна піна, а його бульбашки рівні і дрібні. Вони піднімаються до поверхні напою тонкими ланцюжками, як в шампанському.

Шпунтування - ще один вид природної карбонізації.

Шпунтування підходить для тих, хто хоче отримати максимально природний смак пива і вже має деякий досвід у пивоварінні. Для того щоб застосувати цей спосіб, вам буде потрібно деяка підготовка [26]:

1. Потрібно знати щільність пива після повної переробки цукрів дріжджами. Цей показник називають кінцевим ступенем зброджування.
2. Потрібно мати ареометр для вимірювання щільності.

1.4.4. Холодна стабілізація пива

Мікробіологічна стабілізація збільшує термін придатності пива. Оскільки сьогодні виробники прагнуть зайняти нові ринки, для них постає питання забезпечення пива ключовими властивостями. Необхідно не тільки доставити товар до споживача, а й зберегти його найважливіші якості.

На практиці доведено, що пиво, відфільтроване методом холодної стабілізації, зберігає свої смакові властивості краще і довше, ніж пиво, стабілізоване миттєвою пастеризацією. Холодна стабілізація також позитивно впливає на смак, який зберігається протягом усього терміну придатності пива.

Картриджі серії, в якій застосовується мембрана з поліефірсульфону (PES), на відміну від поліамідних мембран, мінімізують адсорбцію складових пива [25].

Головні переваги холодної стабілізації:

- 1) холодна стабілізація зберігає початкові, природні характеристики пива, призупиняє зміни його смаку;
- 2) лінія мембранних фільтрів дозволяє, на відміну від миттєвої пастеризації, досягти свіжого і природного смаку;
- 3) холодна стабілізація забезпечує смакові властивості пива протягом всього терміну придатності;
- 4) у фільтрів перед початком фільтрації можна легко перевірити їх цілісність, що гарантує їх ефективність
- 5) характерні властивості матеріалу мембрани з PES - низька адсорбція і мінімальне зниження смакових характеристик пива, а також збереження його пінистості;
- 6) під час холодної стабілізації видаляються всі мікроорганізми та ефективно справляється і з мікроорганізмами, стійкими до температурної пастеризації (спори і цисти);
- 7) фільтри з мембраною можна повторно ефективно відновлювати, продовжуючи цим їх експлуатаційний термін [25].

Пивовари дуже ретельно підбирають і вибудовують характерний смак пива таким чином, щоб їх марка володіла виключно високими, особливими властивостями. Такі властивості, як колір, смак, гіркота і солодкість в результаті обробки мікробіологічною фільтрацією повинні залишитися незмінними.

Холодна стабілізація - це метод фінальної мікробіологічної фільтрації пива за допомогою мікропористих мембран, під час якого з пива видаляються клітини і мікроорганізми, що сприяють його псуванню. Таким чином досягається продовження терміну придатності пива. В ході традиційних способів стабілізації пива, таких як миттєва пастеризація, клітини і мікроорганізми не видаляються, а тільки деактивуються під впливом температури.

Миттєва пастеризація вимагає більш високої витрати води і електроенергії. З цієї точки зору холодна стабілізація є вигідною технологією як для малих пивзаводів, так і для великих виробників пива [23].

Раніше для стабілізації пива найчастіше застосовувалася саме миттєва пастеризація, але при ній внаслідок нагрівання, охолодження і дії хімічних добавок може змінюватися смак (виникає так званий присмак пастеризації), і таким чином, зникають індивідуальні характеристики пива, які з такою ретельністю підбиралися.

1.5 Характеристика фільтрувальних матеріалів, які використовуються при фільтруванні пива та основні процеси під час обробки

Фільтрація відбувається через невелику сітку з невеликим розміром більше, ніж дрібний діатоміт (2-4 мкм). Якби застосовували лише дрібний діатоміт, вона проникала б через субстрат, не затримуючись, і продукт став би ще більш темним, ніж раніше.

Для досягнення ідеального ефекту фільтрації фільтруючий шар діатоміту наносять трьома кроками:

- 1-й основний (первинний або попередній) шар діатоміту; деаерована вода або відфільтрований продукт циркулюють через промивний фільтр разом із концентрованою суспензією грубої діатомової землі під тиском 2-3 бар. Це створює стійкий до зміни тиску первинний шар, який повинен запобігати потраплянню невеликих допоміжних фільтруючих середовищ у фільтрат. Цей первинний шар є важливим елементом для подальшого застосування діатомової землі та фільтрування в цілому. Частинки цього первинного шару впираються одна в одну і взаємно перешкоджають їх подальшому руху. Для первинного шару витрачається 700-800 г/м² кізельгура, що становить 70 % від загального фільтру кізельгура, що використовується для нанесення попередніх шарів.
- 2-й базовий або захисний шар; він призначений зробити перший фільтрат прозорим після попередніх шарів. Цей шар знову промивають деаерованою водою або фільтрованим продуктом, але використовують менші фільтруючі суміші діатоміту, які затримують каламутність і зменшують засмічення фільтра. Велике значення має рівномірне нанесення попередніх шарів на всю поверхню до фільтра кізельгура [23].

Результати та дослідження. Загалом на основні шари загальною товщиною 1,5-3 мм витрачається близько 1000 г/м² кізельгура. Процес триває 10-15 хвилин. Поточне дозування в першу чергу полягає в підтримці проникності кізельгура, а отже, ефективність фільтра після фільтрації починається на постійному рівні. Потрібні постійні характеристики, оскільки стрибки тиску або нерівномірний потік продукту руйнують сита, а рідина, що підлягає обробці, має підвищену каламутність, яка не повинна виникати ні за яких обставин. Однак безперервна робота означає постійне збільшення різниці вхідного та вихідного тиску. Слід докласти всіх зусиль, щоб повільно і рівномірно збільшувати різницю тиску до досягнення максимального надлишкового тиску:

У середньому різниця тиску повинна зростати на 0,2-0,3 бар на годину. Зазвичай суміш, яка використовується для поточного дозування, становить 2/3 середнього та 1/3 тонкого кізельгуру [11].

Перліт. Перліт у природному стані являє собою щільну склоподібну породу, утворену вулканічною дією. Коли перліт подрібнений і оброблений у належних умовах, він спливає, як попкорн, розширюючись до 20 або більше разів, ніж його початковий обсяг. Спеціальний процес фрезерування та класифікації дає дикаліт перліту, що допомагає структурі та правильному розподілу розміру частинок, необхідних для оптимальної продуктивності.

Перліт - це аморфний мінерал, що складається з плавленого натрію, калію, силікату алюмінію. Допоміжні засоби для фільтрування дикалітового перліту обробляють при температурах, що перевищують 800 °C (1500 °F), завдяки чому усувають органічні речовини. Вони мають надзвичайно низьку розчинність у мінералах та органічних кислотах, як при низьких, так і при високих температурах.

Розчинність у сильних лугах буде залежати від температури та часу контакту. Засоби для фільтрації дикалітового перліту не надають смаку або запаху рідинам, що фільтруються. Основною перевагою засобів для фільтрування перлітового дикаліту є те, що більшість важать менше на одиницю об'єму ніж стандартні допоміжні засоби для діатомітових фільтрів. Фунт за фунт, це дає до 20 % більшу фільтраційну потужність, що призводить до порівняної економії використання фільтруючих засобів, особливо на ротаційному вакуум-фільтрі попереднього покриття [11].

Целюлоза. При виробництві целюлозних допоміжних засобів целюлоза ретельно переробляється. Її спеціально обробляють для отримання хорошої фільтраційної характеристики в широкому діапазоні сортів. Це по суті чисто целюлоза, практично беззольна і неабразивна.

У більшості випадків целюлоза використовується як попередній шар на перегородці фільтра для фільтрація нерухомого шару. Це створює пористий килимок або паперовий шар на екрані фільтру або тканину. Волокна з'єднуються між собою, забезпечуючи досить жорстке з'єднання. Волокна легко склеюють навіть грубіші отвори перегородки щоб створити ґрунтовий шар за мінімум часу. У такої ґрунтовки не буде тріщин при звичайних перепадах тиску; це усуне невеликі витіки у перегородках фільтру; і також залишиться на перегородці, коли насос зупиниться [11].

Силікагелі. Адсорбційні способи полягають у видаленні з пива мутних речовин шляхом адсорбції. В якості адсорбентів використовують природні або синтетичні неорганічні й органічні речовини. Їх поділяють на дві групи: речовини, адсорбуючі переважно поліпептиди, і речовини, адсорбуючі головним чином поліфеноли.

Для видалення з пива поліпептидів застосовують переважно неорганічні речовини – алюмосилікати і препарати кремнієвої кислоти – силікагелі.

Природний алюмосилікат – бентоніт. Бентоніт поряд з високомолекулярними видаляє з пива та цінні середньо- і низькомолекулярні фракції білка. Тому при його використанні знижуються смакові і пінисті властивості напою. Препарат також сильно набухає в пиві, тому при його застосуванні втрати пива з осадом досягають 3%. Рекомендована доза препарату 100-300 г/гл пива.

Препарати кремнієвої кислоти – силікагелі адсорбують в основному мутноформуєчі білки і не впливають на смак і піну пива. Виготовляють силікагелі з натрієвого рідкого скла і сірчаної кислоти. При реакції утворюються продукти з зернистою структурою з розміром пористих зерен 5-20 мкм. Розрізняють ксерогелі (вологість до 5 %) і гідрогелі (вологість понад 50 %). Силікагелі рекомендується застосовувати при кізельгуровій фільтрації або вносити в буферну ємність перед фільтрацією. Можна дозувати силікагелі у пиво при перекачуванні його на доброджування. Доза препаратів залежить від бажаної стійкості: 30-60 г/гл – стійкість 2 місяці; 120-170 г/гл – стійкість 6-9 місяців. До відомих препаратів належать Люсілайт, Стабіквік, Стабіфікс та ін

Поліфеноли адсорбуються переважно органічними сполуками натуральними і синтетичними. В основі взаємодії лежить реакція між

ароматичними гідроксилами поліфенолів і групами -CO-NH- адсорбентів. Поліфеноли можуть видалятися білками: казеїном, кератином і поліамідними смолами.

Найбільш ефективним сорбентом поліфенолів є ПВП – полівінілпіролідон, ПВПП – полівінілполіпірролідон. ПВПП застосовують спільно з кізельгуром при поточному дозуванні в кількості 10-40 г/гл пива [23] .

1.6 Висновки до розділу 1

Для виробництва непастеризованого «живого» пива необхідно дотримуватися санітарно-гігієнічних умов виробництва, а також здійснювати 2-х ступеневу фільтрацію готового пива перед його розливом, коли на етапі первинної фільтрації відбувається видалення дріжджів та чинників колоїдного помутніння, а на стадії кінцевої холодної стабілізації пива відбувається видалення остаточної кількості дріжджів і мікроорганізмів на мембранному фільтрі.

Передові пивзаводи в процесі фільтрації пива для досягнення високої якості при мінімальних фінансових витратах використовують сьогодні декілька видів фільтрів.

Отже, дослідження, що пов'язані з визначенням впливу холодної стабілізації на якість готового продукту для виробництва пива, яке буде відповідати вимогами споживача, є актуальними.

1.7 Мета і завдання дослідження

Метою кваліфікаційної роботи було дослідження впливу холодної стабілізації та використання допоміжних матеріалів для продовження терміну зберігання пива.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити наступні **завдання**:

- дослідити вплив різних типів фільтрів на якість продукту;
- порівняти вплив пастеризації та холодної стабілізації;
- розробити технологічну схему фільтрування пива з використанням нової літератури;
- провести оптимізацію технологічного процесу фільтрування пива;
- розрахунок соціально-економічної ефективності;

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

Матеріалами досліджень даної роботи було:

- сусло, молоде пиво та готове пиво після миттєвої пастеризації та холодної стабілізації згідно з ДСТУ 3888-2015 «Пиво. Загальні технічні умови»;
- полісульфонові мембранні фільтрувальні пластини (PES) згідно з чинними нормативними документами;
- глибинні фільтрувальні пластини згідно з чинними нормативними документами;
- білковий сорбент Vulcostabil 40С згідно з чинними нормативними документами;
- стабілізатор ПВПП Polyclar Super R згідно з чинними нормативними документами.

2.2 Методи досліджень

Метод визначення концентрації сухих речовин в пивному суслі [22]

Під концентрацією розуміють кількісний вміст сухих речовин (СР) в аналізованому матеріалі. Це відносна величина і визначається у відсотках. Найчастіше використовують такі види відсотків: масові — кількість грамів речовини в 100 г розчину, масово-об'ємні – кількість грамів речовини в 100 см³ розчину. В лабораторній практиці працюють також з нормальними і молярними розчинами. Одномолярний розчин одержують, розчиненням маси однієї молекули хімічної сполуки в 1 дм³ розчину, а однонормальний — розчиненням одного грам-еквіваленту молекули сполуки.

Визначення концентрації СР можна пікнометричним, рефрактометричним методами.

Метод визначення рН сусла [22]

Суть методу полягає в залежності сили електроструму між двома електродами від показника рН розчину, в який вони занурені. Силу електроструму заміряють системою з скляного електроду (вимірювальний) і каломельного електроду (порівняльний).

Прилади, посуд і реактиви: рН-метр-мілівольтметр або іономір універсальний з межами вимірів рН від мінус 1 до плюс 14 і ціною поділки 0,05, термометр лабораторний скляний з інтервалом виміру температури від 0 до 55 °С і ціною поділки 0,1 °С, стакани лабораторні скляні місткістю 50 і 100 см³, вода дистильована.

Техніка аналізу. Перед початком вимірювань прилад прогрівають протягом 60 хв. Прилад перевіряють по буферному розчину калію фталевокислого концентрацією 0,05 моль/дм³, який має рН 4,0 при температурі 20 °С. Електроди перед зануренням в досліджувану рідину ретельно промивають дистильованою водою, а потім декілька разів дослідною рідиною. Температуру сусла доводять до температури 20±0,5 °С. Електроди приладу занурюють в сусло. Перемикач «Межі

вимірювання» встановлюють в положення, що відповідає рН сусла, і роблять відлік показань по шкалі приладу.

Обробка результатів. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення результатів двох паралельних вимірів рН, розбіжність між якими не перевищує 0,1. Результат виражають з точністю до першого десяткового знаку.

Метод визначення титрованої кислотності сусла з виносом краплі [22]

Титровану (загальну) кислотність визначають у лабораторному суслі методом нейтралізації кислот і їх кислих солей, що містяться в суслі, розчином гідроксиду натрію в присутності червоного фенолфталеїну, як індикатора.

Посуд та реактиви: бюретка на 20 см³, колба конічна на 150 або 200 см³, пластинка біла порцелянова, крапельниця, піпетка на 1 або 2 см³, розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³.

Техніка аналізу: 50 см³ лабораторного сусла, відміряного піпеткою в конічну колбу, титрують розчином гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³ доки 4 краплі сусла, змішані на білій порцеляновій пластині з 2 краплями червоного фенолфталеїну, не перестануть його знебарвлювати.

Метод визначення «сирої» мальтози йодометричним методом [22]

Мальтоза є основним цукром головного бродіння. Залежності від типу і сорту пива вміст мальтози в суслі коливається від 65 до 80 % екстрактивних речовин сусла. Відносно більше її міститься в суслі світлого пива (75-80 %) і менше — темного пива (65-70 %). Вміст «сирої» мальтози перераховують в г на 100 см³ сусла або в % від екстракту.

Луг додають в кількості, достатній для нейтралізації утвореної кислоти, при цьому лужність середовища не повинна перевищувати рН. Кетози за таких умов не окиснюються, що дозволяє визначати глюкозу в присутності фруктози. У сильнолужному середовищі і при підвищеній температурі альдози окиснюються у двохосновні кислоти, відбувається також окислення кетоз, і тому результати аналізу значно завищуються. Кількість окисленого цукру визначають за різницею між об'ємом розчину йоду, взятого на окиснення цукру, і об'ємом його надлишку. Надлишок йоду визначають титруванням тіосульфатом натрію в кислому середовищі в присутності крохмалю. Кислоту перед титруванням додають в чіткій кількості, оскільки в сильнокислому середовищі утворилися при окисненні цукрів йодид і йодат натрію, які, вступаючи в реакцію з кислотою, вивільняють вільний йод. Цей йод також відтитровується тіосульфатом натрію, тому результати аналізу сильно занижуються. Індикатор крохмаль додають в кінці титрування, щоб зменшити на ньому адсорбцію йоду. Вміст мальтози в аналізованій пробі розраховують за рівнянню реакції окиснення, з якої видно, що на окислення однієї молекули цукру іде 2 атома йоду. Для мальтози $342:2=171$ г, де 342 — маса молекули мальтози. Отже, 1 см³ 0,1 моль розчину йоду еквівалентний 0,0171 г мальтози. Для аналізу готують розчини, що містять не більше 0,5 % цукру. Метод широко використовують для визначення редукуючих цукрів.

Посуд та реактиви: конічні колби на 200 см³, мірна колба на 250 см³, піпетки на 10, 25 і 50 см³, мірний циліндри на 10 см³, розчин йоду концентрацією 0,1 моль/дм³, розчин тіосульфату натрію концентрацією 0,1 моль/дм³, розчин

гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм³, розчин сірчаної кислоти концентрацією 1 моль/дм³, індикатор 1 % розчин крохмалю.

Техніка аналізу. У мірну колбу на 250 см³ піпеткою відмірюють 10 см³ суслу, обсяг колби доводять до мітки водою і перемішують. 50 см³ розчину піпеткою вносять в конічну колбу, сюди із бюретки додають 25 см³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм³ і з бюретки 3 см³ розчину луку концентрацією 1 моль/дм³. Колбу покривають склом, вміст колби перемішують і ставлять у темне місце, щоб уникнути зворотних фотохімічних процесів. Через 15-20 хв до суміші додають 4,5 см³ розчину сірчаної кислоти концентрацією 1 моль/дм³ і титрують розчином тіосульфату натрію концентрацією 0,1 моль/дм³ до світло-жовтого забарвлення. Після чого додають кілька крапель індикатора 1 % розчину крохмалю і повільно, при енергійному перемішуванні, по краплях титрують розчином тіосульфату натрію до зникнення синього забарвлення крохмалю.

Визначення ведуть у двох паралельних пробах, розходження між якими не повинно перевищувати 0,1-0,2 см³ розчину йоду.

Йодометричний метод відрізняється високою точністю, простотою і швидкістю виконання аналізу, дозволяє визначати альдози у присутності кетоз.

Методи відбору середньої проби [22]

Разові проби одного пива відбирають з ЦКБА перед фільтруванням і з форфасів перед розливом фільтрованого пива і після його розливу в пляшки. Всі разові проби зливають в один посуд і одержують вихідну пробу, перемішують її та відбирають 1 дм³ пива, яка є середньою пробєю даної партії пива. Одержаний зразок використовують для подальшого дослідження. Аналіз пива, яке розлите в пляшки, проводять, відбираючи 4-6 пляшок від кожної партії.

Метод визначення екстрактивності за методом Павловського [22]

Під екстрактивністю ячменю розуміють максимальний відсоток сухих речовин, здатних перейти в розчин під дією ферментів солоду (або ферментних препаратів). Екстрактивність виражають у відсотках на суху речовину ячменю. Як джерело ферментів найчастіше використовують солодову витяжку із солоду з високою амілолітичною здатністю. В деяких методах замість солодової витяжки використовують очищені ферменти препарати мікробного походження, що дає можливість точно дозувати ферменти за їх активністю, щоб забезпечити постійне співвідношення ферменту і субстрату.

Зазвичай екстрактивність ячменю в лабораторії визначають методом Павловського. Основними його недоліками є те, що затирання проводять настійним способом, який не дуже поширений у виробничих умовах. Крім того, ферментативний гідроліз ведуть тільки при температурі 70 °С, за якої більшість цитолітичних та протеолітичних ферментів вже інактивовано. Тому відхилення в прогнозуванні очікуваної екстрактивності солоду по екстрактивності ячменю, визначеної за цим методом, можуть становити $\pm 1,5$ %. Проби ячменю подрібнюють на лабораторному млині до вмісту в помелі не менше ніж 85 % борошна (прохід через сито з розміром отворів 0,56 мм).

Для приготування солодової витяжки наважку сухого солоду масою біля 200 г тонко розмелюють, заливають 800 см³ дистильованої води і залишають на 2 год при кімнатній температурі, періодично перемішуючи. Суміш фільтрують

через складчастий паперовий фільтр і в фільтраті попередньо визначають масову частку сухих речовин цукроміром. Вона має бути в межах 3,9-4,1 %. При більш високих її значеннях витяжку розбавляють дистильованою водою. Потім за допомогою пікнометра точно визначають відносну густину солодової витяжки, за величиною якої, користуючись таблицями, встановлюють масову частку екстракту.

Прилади і посуд: млин лабораторний тонкого помелу, ваги лабораторні загального призначення, апарат заторний, сита дротяні № 056, воронки скляні; колби конічні місткістю 100-250 см³ і 500-750 см³; чашки Петрі для воронок, пікнометри, циліндри мірні, паличка скляна, термометр скляний лабораторний, толуол, солод ячмінний сухий за ДСТУ 4282:2004, папір фільтрувальний.

Техніка аналізу. В два попередньо зважені стакани відважують по 50 г помелу ячменю.

У кожний стакан з наважками піпеткою додають по 200 см³ солодової витяжки, розмішують їх вміст, додають по 50 см³ дистильованої води і по п'ять крапель толуола (щоб запобігти закисання заторної маси). Суміш залишають на 15-18 год (на ніч) при температурі 14-18 °С.

На другий день стакани поміщають у водяну баню нагріту до температури 70 °С. Протягом 15 хв вміст стаканів при перемішуванні доводять до температури 70 °С і витримують їх при цій температурі протягом 1 год з постійним перемішуванням. Потім стакани виймають із бані, змивають дистильованою водою залишки борошна з мішалок і термометрів у ці ж стакани, охолоджують до кімнатної температури водопровідною водою. Стакани зовні витирають насухо і на технічних вагах доводять дистильованою водою їх вміст до маси 500±01 г. Після цього заторну масу добре перемішують скляною паличкою і фільтрують через складчастий фільтр у суху конічну колбу. На фільтр весь затір переводять відразу. Перші порції каламутного фільтрату повертають на фільтр.

В отриманому фільтраті пікнометром визначають його відносну густину і за додатком 2 встановлюють масову частку екстракту, що їй відповідає.

*Метод визначення масової частки спирту і дійсного екстракту в пиві
дистиляційним методом [22]*

Метод полягає у відгонці (дистиляції) спирту із зваженої проби пива з наступним рефрактометричним визначенням густини дистиляту і залишку після відгонки, маса яких доведена до початкової маси проби.

Прилади і посуд: ваги лабораторні загального, термометри, рефрактометр типу ПРЛ-2, занурювальний рефрактометр ІРФ-1, колба плоскодонна місткістю 1 дм³ та конічна місткістю 250-300 см³, установка дистиляційна.

Підготовка проби пива. Для видалення з пива діоксиду вуглецю 250 см³ пива наливають у конічну колбу місткістю 0,5 дм³, яку закривають долонею і струшують, періодично відкриваючи її до відсутності відчуття тиску зсередини.

Допускається застосування апарату для струшування. В такому випадку колбу з пивом закривають пробкою з одним отвором, крізь яке проходить тонка трубка для виходу газу, закріплюють в апараті і струшують 20-30 хв.

Техніка аналізу. У суху зважену перегону плоскодонну колбу беруть 200 г, звільненого від діоксиду вуглецю пива, з точністю до 0,1 г. У зважену приймальну

конічну колбу, в яку попередньо наливають 5-10 см³ дистильованої води, в яку занурюють наконечник перегінної установки через який витікає дистилат.

Перегону колбу з'єднують з холодильником через крапельловлювач, підключають холодну воду в холодильник і проводять перегонку пива при слабкому нагріванні. Слідкують щоб піна не надходила в крапельловлювач, після встановлення рівномірного кипіння можна збільшити вогонь пальника.

Якщо в приймальні колбу об'єм дистилату буде становить 150-170 см³, нагрівання припиняють, наконечник ополіскують водою. Його охолоджують водою до температури 20 °С, після цього доводять масу дистилату дистильованою водою до 200 г.

В баню заповнену дистильованою водою температурою 20 °С ставлять два стаканчики, один із дистильованою водою, а інший з дистилатом і витримують 15-20 хв. Після витримки перевіряють покази занурювального рефрактометра по дистильованій воді, а потім отриманого дистилату. Отримані результати переводять по таблиці у відсотки масові або об'ємні етилового спирту.

Визначення масової частки дійсного екстракту [22]

Залишок у перегінній колбі після відгонки спирту доводять водою до маси 200 г, ретельно перемішують і проводять вимірювання на рефрактометрі два-три рази.

Визначення піностійкості і висоти піни [22]

Під стійкістю піни розуміють час, який минув з моменту її виникнення до повного руйнування.

Прилади і посуд: штатив з відрегульованою висотою, циліндричний скляний стакан висотою 105-110 мм із зовнішнім діаметром 70-75 мм, термометр, секундомір, лінійка.

Техніка аналізу. У чистий скляний стакан наливають пиво з температурою 12°С з висоти 25 мм. Наливання припиняють коли верхня поверхня піни, зрівняється з верхнім краєм стакану. Лінійкою відміряють висоту піни, а секундоміром — час опадання піни. Контроль часу припиняють з утворенням на поверхні піни невеликих вільних ділянок — «лисина». Стійкість піни виражають у хвилинах.

Визначення вмісту діоксиду вуглецю в пиві манометричним методом [22]

Метод полягає у вимірюванні тиску в пляшці з пивом, закритою кроненпробкою, у стані рівноваги газу з рідиною при температурі 25 °С.

Прилади і посуд: баня водяна, годинник механічний з сигнальним пристроєм, термометр, циліндр місткістю 100 см³, апарат універсальний для струшування рідини в колбах, пристрій для визначення тиску в пляшках марки Ш4-ВУЖ з манометром класу 2,5 і межею вимірювання 0,4 МПа (4 кгс/см²) або пристрій АУГ.

Пристрій типу АУГ є пресом, в якому затискають пляшку з пивом. Над верхньою площадкою пресу знаходиться манометр з найбільшою межею вимірювання тиску 0,4 МПа. Під площадкою знаходиться наглухо закріплена сталева порожниста голка, яка з'єднана своїм внутрішнім каналом за допомогою прокладки з манометром. В нижній частині пристрою є площадка пресу, яка рухається за допомогою спеціального гвинта.

Техніка аналізу. Пляшку з пивом занурюють повністю у попередньо підігріту до 25 ± 1 °С водяну баню і витримують при цій температурі протягом 1 год.

Через 1 год пляшку витирають і маркером відмічають рівень наливу пива по нижньому краю меніску. Пляшку вміщують у чохол з грубої тканини або шкіри для безпеки при вимірюванні.

Пляшку з пивом у чохлі затискають в апараті, з'єднуючи внутрішню частину пляшки з камерою манометра.

Апарат із затиснутою в ньому пляшкою закріплюють у механічному струшувачі або вручну сильно струшують до тих пір, поки не припиниться рух стрілки манометра. Відмічають показання манометра.

Для перевірки герметичності системи, аби запобігти втратам діоксиду вуглецю, апарат залишають із затиснутою у ньому пляшкою на 1-2 хв. Якщо тиск не спадає — система герметична.

Потім пляшку виймають, а апарат промивають водою.

Пиво з пляшки виливають і заповнюють пляшку водою до нанесеної мітки. З циліндра доливають воду до повного заповнення пляшки і таким чином визначають об'єм газового простору над поверхнею пива, в см³.

Розрахунок масової частки сухих речовин в початковому суслі [22]

Пиво, яке підлягає аналізу, обов'язково звільняють від діоксиду вуглецю. Для цього зразок пива кімнатної температури струшують у колбі і багаторазово переливають з одного великого стакана в інший.

Розрахунок ведуть за результатами аналізу готового пива і з урахуванням витрат екстракту сусла під час бродіння, які встановлені емпірично.

Розрахунок масової частки сухих речовин в початковому суслі ведуть за середніми арифметичними значеннями результатів двох паралельних визначень спирту і дійсного екстракту, що виражені цілим числом з двома десятковими знаками.

Обчислення роблять до другого десяткового знаку. Результат виражають цілим числом з одним десятковим знаком.

Розбіжність між результатами двох визначень, що отримані в різних лабораторіях для тієї самої проби, при довірчій ймовірності $P = 0,95$, не повинна перевищувати 0,3 %

Розрахунок ступеня зброджування [22]

Ступінь зброджування характеризує кількість екстракту, що був заброджений, по відношенню початкової концентрації сусла. Розрізняють дійсний і видимий ступінь зброджування.

Їх розраховують за формулами

$$СЗБ_{д} = \frac{(C_{п.с} - E)100}{C_{п.с}} \% \quad \text{і} \quad СЗБ_{в} = \frac{(C_{п.с} - e)100}{C_{п.с}} \%,$$

де E, e — екстракт пива відповідно дійсний і видимий, який знаходять при наявності в ньому спирту і діоксиду вуглецю, % мас.; $C_{п.с}$ — концентрація початкового сусла, % мас.

2.3 Методика досліджень

Нами проводились дослідження складу мікроорганізмів пастеризованого і непастеризованого пива під час його зберігання в межах терміну придатності. Зокрема, визначалась кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), бактерій групи кишкової палички (БГКП) та дріжджів і плісені. Було виявлено, що пастеризоване пиво не містило ніяких мікроорганізмів, навіть після закінчення його терміну зберігання. В непастеризованому пиві спостерігалось присутність МАФАНМ, БГКП та дріжджів.

Нами проводилось дослідження якості пива в скляних пляшках в процесі його зберігання. Зразки пастеризованого і непастеризованого пива ставили на зберігання в склянках з широким горлом в термостат при температурі 20-22 °С. Пиво зберігалось в контактi з атмосферним киснем. Після кожної доби зберігання пиво аналізували за показниками: рН, титрована кислотність, колір, величина гіркоти, вміст високо-молекулярних азотистих сполук.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (експериментальна частина)

3.1 Порівняння холодної стабілізації і миттєвої пастеризації

Результати аналізу сусла, молодого пива та пива, зібраного протягом періоду дозрівання, наведені в табл. 3.1 (густина 11 % - L1) та табл. 3.2 (густина 15 % - L2).

Результати показують зменшення загальних поліфенолів між суслем, молодим пивом та протягом чотирьох тижнів дозрівання. Концентрація загальних поліфенолів та тенденція їх змін були практично однаковими у 11 % (L1) та 15 % (L2) густинах. На відміну від загальних поліфенолів, концентрація флаванолів (катехін та епікатехін) у суслі та пиві з L2 була приблизно на 35 % нижчою, ніж L1. Значення загальних поліфенолів включає всі сполуки, що відновлюють іони заліза, вимірюються як фенольні кислоти, так і флавоноїди.

Профіль поліфенольних сполук у зразках L1 та L2 буде різним через різницю концентрацій під час затирання та екстракції відпрацьованого зерна при змиванні. Однак з одного експерименту неможливо зробити остаточних висновків.

Більше 50 % катехіну та епікатехіну флаванолів значно знижувались через два-три тижні дозрівання, тоді як у наступному періоді дозрівання, між чотирма та шістьма тижнями, значення залишались практично незмінними. На відміну від них, рівень глікозидів, катехін-О-глюкозиду та епікатехін-О-глюкозиду в суслі та пиві був однаковим для обох партій і не помітно змінювався під час дозрівання.

Глікозиди флаванолу є більш стабільними, ніж відповідні аглікони і в меншій мірі зазнають фізико-хімічних змін. Їх кількість в експериментальному пиві становила приблизно чверть кількості вільного катехіну та епікатехіну.

На рівень вимірюваних вільних флаванолів, мірицетину, кверцетину та кемпферолу у суслі та пиві, а також на рівень їх глікозидів дещо впливало бродіння та дозрівання. Незначне зниження рівня флаванолів залежно від часу дозрівання спостерігалось для кверцетину та кемпферол-О-глюкозидів (зниження на 10–20 % через 6 тижнів дозрівання). Суттєве зниження рівня пренілфлавоноїдів спостерігалось після першого тижня дозрівання (50% ізоксантоумолу, 80% ксантогумолу та 8- та 6-пренілнарінгеніну), але суттєвого зниження протягом наступного періоду дозрівання не спостерігалось. Ізоксантогумол є домінуючим пренілфлавоноїдом у пиві, його втрати при дозріванні пива були меншими порівняно з іншими речовинами, виміряними в цій групі поліфенолів.

Як випливає із вищезазначеного аналізу, основні флавоноїдні зміни відбуваються протягом перших двох-трьох тижнів дозрівання пива. Збільшення часу дозрівання не здійснює значного впливу на втрату флавоноїдних поліфенолів, а скорочення часу дозрівання пива відобразатиметься на сенсорному аналізі кінцевого продукту

Таблиця 3.1 – Результати аналізу сусла, молодого пива та пива на вміст поліфенолу (мкг / л) – 11 % зразка L1

	L1_ HW	L1_ GB	L1_2 W	L1_3 W	L1_4 W	L1_5 W	L1_6 W
Усього поліфенолів (мг/л)	220	208	187	172	167	168	169
Катехін	2505	2440	2327	1219	1093	1109	1216
Епікатехін	542	462	283	231	209	208	213
Катехін-О-глюкозид	580	454	504	454	447	466	429
Епікатехін-О-глюкозид	167	106	124	106	118	122	111
Міріцетин	80	82	77	77	77	77	77
Кверцетин	37	54	54	31	27	32	26
Кемпферол	5	13	14	4	2	5	2
Рутін	110	119	128	142	118	135	118
Кверцетин-О-глюкозид 1	52	49	37	32	30	34	46
Кверцетин-О-глюкозид 2	397	369	369	397	310	389	327
Кемпферол-О-глюкозид	213	189	190	203	171	196	189
Міріцетин-О-глюкозид	85	86	85	86	84	85	84
Мультифідол-О-глюкозид	104	96	103	106	91	101	97
Кверцетин-О-малонілглюкозид	18	101	92	102	84	98	87
Ізоксантогумол	1033	1012	581	618	483	557	544
Ксантогумол	329	334	22	23	14	19	17
8-пренілнарінгенін	116	112	19	20	13	17	16
6-пренілнарінгенін	375	389	70	77	52	70	72

HW – перше сусло; GB – молоде пиво; 2W – пиво після 2 тижнів дозрівання

Результати визначення сполук поліфенолу в експериментальних сортах пива з двох других партій наведені в табл. 3.3.

Після фільтрації пива глибокими фільтрувальними пластинами спостерігається зменшення на 10 % загальної кількості поліфенолів і 20 % антоціаногенів. Після подальшої фільтрації пива за допомогою полімерного мембранного фільтру PES додаткові 10 % та 14 % видалили. Таким чином глибинна фільтрація та мембранні фільтрувальні пластини PES впливають на колоїдну стабільність пива, спричинену зниженням концентрації поліфенолу. Стабілізація відфільтрованого пива з білковим сорбентом Vulcostabil 40C мала лише незначний вплив на поліфеноли.

Таблиця 3.2 – Результати аналізу сусла, молодого пива та пива на вміст поліфенолу (мкг / л) - 15% зразок L2

	L2_H W	L2_G B	L2_2 W	L2_3 W	L2_4 W	L2_5 W	L2_6 W
Усього поліфенолів (мг/л)	225	203	183	173	166	171	166
Катехін	1899	1560	950	982	817	740	820
Епікатехін	331	245	231	184	142	128	140
Катехін-О-глюкозид	517	381	417	377	402	460	416
Епікатехін-О-глюкозид	133	125	123	99	97	92	108
Міріцетин	60	60	77	77	77	77	77
Кверцетин	32	41	40	24	26	27	24
Кемпферол	6	11	9	1	2	2	1
Рутін	101	116	134	91	125	112	110
Кверцетин-О-глюкозид 1	46	41	33	30	37	45	44
Кверцетин-О-глюкозид 2	393	340	377	282	346	343	319
Кемпферол-О-глюкозид	215	185	203	150	186	179	187
Міріцетин-О-глюкозид	64	64	85	83	84	84	83
Мультифідол-О-глюкозид	101	89	105	79	101	94	96
Кверцетин-О-малонілглюкозид	78	97	87	68	77	78	70
Ізоксантогумол	936	764	557	443	509	477	453
Ксантогумол	337	228	30	17	21	14	14
8-пренілнарінгенін	115	79	21	13	14	14	12
6-пренілнарінгенін	385	339	94	57	69	57	63

HW – перше сусло; GB – молоде пиво; 2W – пиво після 2 тижнів дозрівання

Зменшення між пивом, відфільтрованим глибинними фільтруючими пластинами, та пивом, стабілізованим сорбентом поліфенолу, становило 12 % та 23 %. Сорбція поліфенольних речовин полімерними сорбентами залежить від дози, часу контакту та кількості сорбованих поліфенолів у пиві. Експериментальне пиво, відфільтроване лише глибинними фільтрувальними пластинами, мало дуже хорошу стійкість до помутніння та справжній термін зберігання 6 місяців, що пояснює відносно низькі втрати поліфенолів у пиві, обробленому стабілізатором PVPP.

Фільтрація пива з глибинними фільтрувальними пластинами не мала помітного впливу на прості флавоноїдні поліфеноли з груп флаванолу, флавонолу та пренілфлавоноїдів. З цих знань можна зробити висновок, що ці пластини захоплюють лише більші олігомерні структури поліфенолів на основі флаванолів та проантоціанідинів. Стабілізація пива, відфільтрованого білковим сорбентом

Vulcostabil 40С, мала лише незначний вплив на флавоноїдні поліфеноли. На відміну від цього, результати аналізу показали помітне зниження концентрації катехіну (27%) та епікатехіну (23%) після фільтрації мембрани мембранним фільтром та ще більше зменшення цих речовин, 49 % і 40 % відповідно після стабілізації сорбентом поліфенолів.

Подібним чином спостерігалось значне зниження деяких флавонолів (кверцерин, камферол) приблизно на 25–40 % та зменшення їх глікозидів (кверцетин-О-глікозид, кемпферол-О-глікозид) на 15–20 % після фільтрації через мембранний фільтр, а також після стабілізації PVPP; таким чином, ефект мембранної фільтрації був вищим.

Таблиця 3.3 – Результати аналізу відфільтрованого та стабілізованого пива на поліфенольні речовини (мкг/л)

	NF	DP	DP + PES	DP + VULC	DP + PVPP
Усього поліфенолів (мг / л)	256	230	207	220	203
Антоціаногени (мг / л)	67	53	47	49	41
Катехін	1423	1623	1292	1697	830
Епікатехін	532	492	485	511	455
Катехін-О-глікозид	218	254	216	259	152
Епікатехін-О-глікозид	95	95	92	99	90
Міріцетин	9	8	7	8	7
Кверцетин	25	31	20	28	23
Кемпферол	14	21	13	20	16
Рутін	262	261	257	253	256
Кверцетин-О-глікозид 1	38	37	28	36	31
Кверцетин-О-глікозид 2	403	393	306	382	330
Кемпферол-О-глікозид	365	356	283	348	318
Міріцетин-О-глікозид	12	12	11	12	11
Мультифідол-О-глікозид	104	101	101	98	100
Кверцетин-О-малонілглікозид	101	85	76	82	77
Ізоксантогумол	820	785	123	728	605
Ксантогумол	97	57	10	42	31
8-пренілнарінгенін	47	38	0	34	23
6-пренілнарінгенін	180	151	22	131	98

NF - нефільтроване пиво; DP - фільтрація глибинної пластини; DP + PES - фільтрація глибинної пластини + мембрана PES; DP + VULC - фільтрація

глибинних пластин + Vulcostabil C40; DP + PVPP - фільтрація глибинних пластин + Polyclar Super R

Значне зниження всіх досліджених пренілфлавоноїдів (23% ізоксантогумолу, 45% ксантогумолу) спостерігалось після обробки PVPP, тоді як ще вище – 85 % зменшення оцінювалось після мембранної фільтрації. Результати експерименту показують, що на вміст корисних флавоноїдних поліфенолів у пиві може значною мірою впливати не лише обробка пива сорбентом поліфенолу, а й фільтрування мембранами PES. Ступінь втрати поліфенольних речовин при мембранній фільтрації потребуватиме подальшого вивчення.

На вміст поліфенольних речовин, що потенційно впливає на якість пива та користь для здоров'я для споживача, впливає низка факторів - сировина, солод та хміль. У нашому дослідженні ми зосередили увагу на «холодній стабілізації» пивоварного виробництва, включаючи остаточну експлуатацію, фільтрацію та колоїдну стабілізацію пива.

Ми виявили фундаментальні зміни як загальних поліфенолів, так і мономерних флавоноїдних фенольних сполук, а саме зменшення їх кінцевих концентрацій в пиві, що відбувається в перші два-три тижні дозрівання. Глікозиди флаванолів та флавонолів зазнають змін у значно меншій мірі, ніж вільні феноли. Також ймовірно, що суслу вищої гравітації містять меншу кількість солодових флавоноїдних поліфенолів.

Фільтрація пива глибинними фільтрувальними пластинами суттєво зменшила кількість загальних поліфенолів та антоціаногенів, але не мала помітного впливу на прості флавоноїдні поліфеноли з груп флаванолу, флавонолу та пренілфлавоноїдів.

Кінцева стабілізація пива за допомогою холодної стабілізації — добре зарекомендувала як метод м'якої стабілізації з отриманням значно більш чистого, свіжого і природного смаку пива.

Для зіставлення результатів миттєвої пастеризації та холодної стабілізації за допомогою мікрофільтрів установок серії BEVPOR фірми Parker Dornick Hunter виконувався ряд незалежних тестів [23].

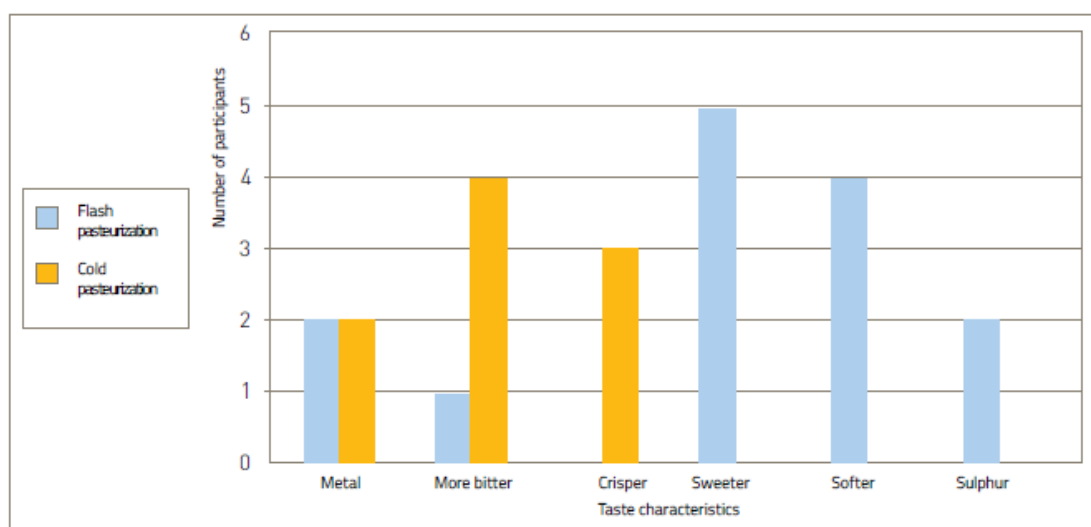


Рис. 3.1 – Органолептична оцінка досліджуваних зразків пива після холодної стабілізації

Дослідження, виконані на одному з відомих британських пивзаводів показали, що за даними тесту пива, яке розливають після холодної стабілізації, краще зберігає найважливіші смакові якості по гіркоти і гостроті, ніж пиво після пастеризації (рис. 3.1).

В ході цього тесту досвідчені дегустатори пробували пиво з однієї і тієї ж партії після холодної стабілізації і після миттєвої пастеризації.

Їх метою було визначити вплив методу стабілізації на смакові характеристики готової продукції. Виходячи з отриманих результатів, пивзавод віддав перевагу методу холодної мікробіологічної стабілізації.

Результати досліджень показали не тільки наявність негайної зміни характеристик пива після пастеризації, але і продемонстрували, що характеристики пива залежать від методу стабілізації протягом всього терміну придатності (рис. 3.2-3.3).

З результатів видно, що завдяки холодній стабілізації за допомогою фільтрації BEVPOR у пива з'являється термін, після якого у пива з'являються ознаки видихання/окислення. Після холодної стабілізації ознаки окислення наступили набагато пізніше, а через 12 місяців були набагато менш виражені [23].

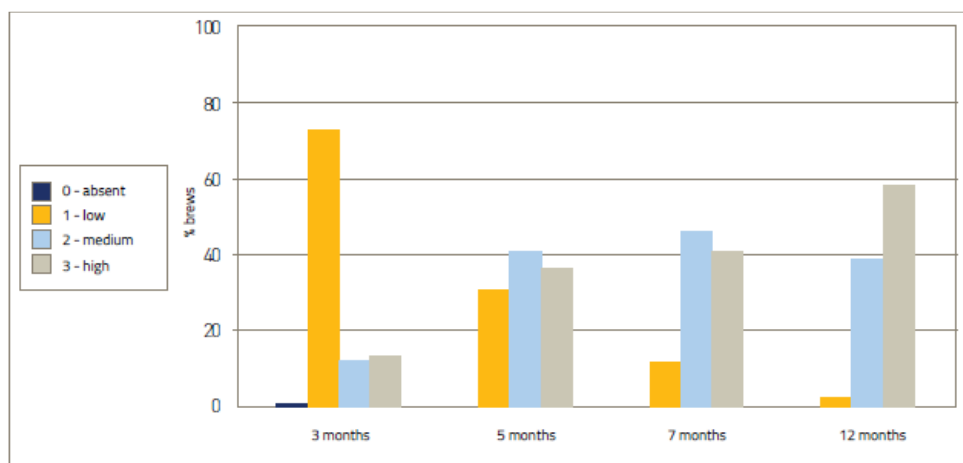


Рис. 3.2 – Показники органолептики пива після пастеризації

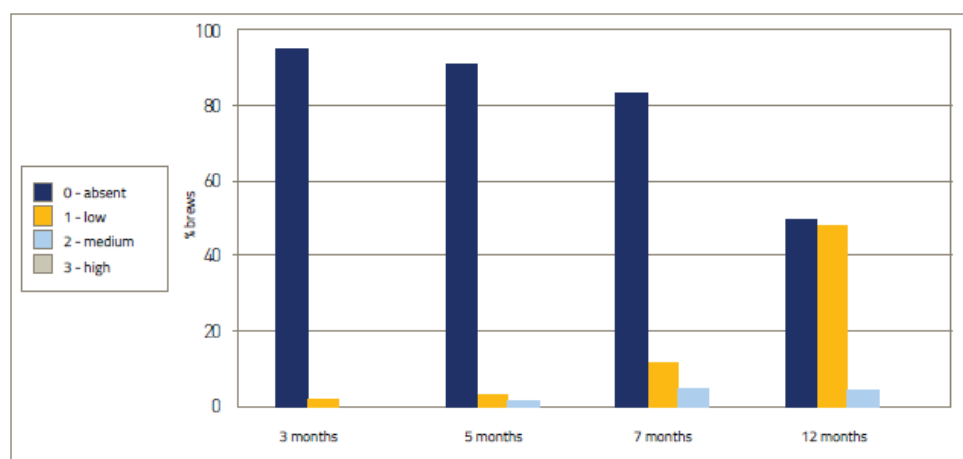


Рис. 3.3 – Органолептичні показники пива після холодної стабілізації

Інший пивоварний завод в південній Англії виконував дослідження з метою визначення кращого методу пастеризації або стабілізації при розливі в пляшки. Пиво з однієї партії надійшло на дві різні лінії розливу, одна з яких застосовувала метод миттєвої пастеризації, а друга - метод холодної стабілізації.

Можна зробити висновок про те, що холодна стабілізація показала себе як більш м'який процес, що не порушує пізні хмелеві характеристики пива.

Холодна стабілізація впливає на смакові характеристики готової продукції, однак при правильному підборі фільтруючих матеріалів цей фактор можна мінімізувати, і тим самим зберегти виняткові властивості пива.

Мембранні фільтри BEVPOR працюють на основі поліефірсульфонової (PES) мембрани, яка була обрана завдяки своїм високим експлуатаційним якостям при стабілізації пива. Одним з принципових вимог, що пред'являються до PES-мембран, є збереження виняткових властивостей пива і гарантія усунення дріжджів і типових мікроорганізмів, що призводять до псування пива.

Схема холодної стабілізації розроблена з урахуванням усунення мікроорганізмів і зважених твердих частинок, білків, полісахаридів і барвників на основі адсорбції. Залежно від величини адсорбції можуть мати місце зміни кінцевих характеристик пива.

Також проводилися дослідження по адсорбції складових піни з білків в ході мембранної фільтрації із застосуванням двох зазвичай використовуваних мембранних матеріалів - (PES) і поліаміду (PA), розміром пір 0,45 і 0,6 мікрон. Результати показали, що матеріал мембрани впливає на кінцевий вміст білків в фільтраті. PES-мембрана знизила вміст білків ефективніше, ніж PA-мембрана.

Також було виявлено, що при адсорбції білків відіграє роль пористість мембрани. Результат фільтрів з пористістю 0,65 мікрон був нижче, ніж фільтрів з пористістю 0,45 мікрон.

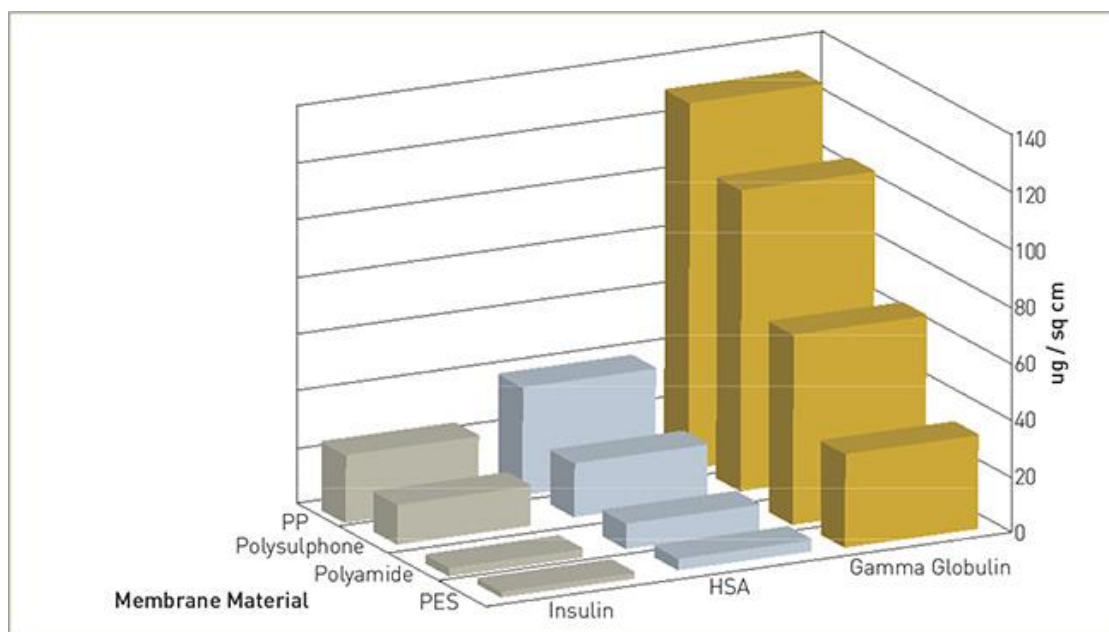


Рис. 3.4 – Адсорбція білка мікропористими мембранами

Проводилися дослідження, метою яких було виявити низький ступінь адсорбції білка PES-мембраною в порівнянні з іншими матеріалами, що застосовуються для фільтрації пива, було виявлено ряд інших переваг PES (рис. 3.4.). По-перше, завдяки меншій адсорбції білка, PES-фільтрація відрізняється мінімальним впливом на фізичні і смакові якості першого пивного суслу, а це означає, що такі якості як піностійкість, колір і смак не змінюються. По-друге, завдяки низькій адсорбційній здатності PES-мембрана не так сильно засмічується як PA-мембрана і її дуже легко очищати за допомогою СІР-мийки (для регенерації та повторного використання). Обидві зазначені властивості відзначають багато пивоварів, та вважають їх істотними функціональними перевагами фільтрів [25].

Смакові недоліки пива можуть бути викликані продуктами життєдіяльності сторонніх мікроорганізмів, які інфікують пиво в ході технологічного процесу. В суслі і пиві розвиваються види мікроорганізмів, що пристосовані до існування в специфічних умовах пивоварного виробництва. Вони належать до грампозитивних (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*) і грамнегативних бактерій (оцтовокислі, бактерії групи кишкової палички (БГКП) та сторонніх дріжджів родів *Saccharomyces* (крім дріжджів-продуцентів), *Pichia*, *Candida*, *Torulopsis* тощо. В табл. 3.4 наведено результати мікробіологічних досліджень різних зразків пива.

Таблиця 3.4 – Результати мікробіологічних досліджень зразків пива

Зразок	МАФА нМ, КУО/см ³	Вимоги ДСТУ 3888- 2015	БГКП, кл/см ³	Вимоги ДСТУ 3888- 2015	Дріжджі та плісень, КУО/см ³	Вимоги ДСТУ 3888- 2015
Пиво світле пастеризоване	0	Не більше $5,0 \cdot 10^3$	0	Не допус- кається	0	Не більше $0,5 \cdot 10^6$
Пиво непас- теризоване	$1,0 \cdot 10^2$	Не більше $5,0 \cdot 10^2$	1,0	Не допус- кається	0	Не більше $0,5 \cdot 10^6$
Пиво непастеризо- ване	$1,2 \cdot 10^4$	Не більше $5,0 \cdot 10^2$	0	Не допус- кається	$1,6 \cdot 10^2$	Не більше $0,5 \cdot 10^6$

Як видно з даних табл. 3.4, в пастеризованому світлому пиві не виявлено мікроорганізмів, в той час, як в непастеризованому світлому пиві визначалися мезофільні аеробні і факультативно анаеробні мікроорганізми до 1200 КУО в см³ проби (зразок № 2) і навіть бактерії групи кишкової палички (зразок № 1), що не

допускається за вимогами ДСТУ 3888-2015 [3]. Вміст дріжджів в обох досліджуваних зразках непастеризованого пива був в межах норми.

В табл. 3.5 наведено зміну фізико-хімічних показників пива в залежності від терміну його зберігання.

Таблиця 3.5 – Показники якості пива під час його зберігання

Показник	Доба зберігання								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Пиво непастеризоване									
рН	4,4	4,4	4,4	4,4	4,0	4,0	3,9	-	-
Титрована кислотність, см ³	2,2	2,2	2,2	2,9	3,4	-	-	-	-
Мутність, од.ЕВС	0,69	0,73	0,75	0,81	1,2	4,09	-	-	-
Колір, см ³	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Величина гіркоти, од.ЕВС	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9
Амінний азот, мг/100 см ³	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Пиво пастеризоване									
рН	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,0
Титрована кислотність, см ³	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	2,3	4,8
Мутність, од.ЕВС	0,31	0,37	0,39	0,42	0,45	0,5	0,62	0,76	0,89
Колір, см ³	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Величина гіркоти, од.ЕВС	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4
Амінний азот мг/100 см ³	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4

Як видно з даних табл. 3.5, рН непастеризованого пива знизилось після 3 діб зберігання, показник титрованої кислотності на 3 добу зберігання перевищив гранично-припустимі ДСТУ значення – 2,8 од. і склав 2,9 од. На 5 добу зберігання спостерігалось швидке помутніння пива. На нашу думку, це може пояснюватися процесом розвитку дріжджів.

В пастеризованому пиві показник рН знизився після 7 доби зберігання, титрована кислотність перевищила граничне-припустиме значення за ДСТУ на

2,8 од. і склала 4,8 од. також на 7 добу зберігання. На цьому добу зберігання спостерігалась поява каламуті, що пояснюється біологічним псуванням пива. Інші показники якості пива, як пастеризованого, так і не пастеризованого, а саме колір, величина гіркоти, аміний азот не змінювалися. Це пояснюється тим, що ці показники характеризують колоїдну стійкість пива, а в умовах експерименту біологічне його псування наступало раніше.

Для оцінки впливу тривалого зберігання пива на його колоїдну стійкість, всі зразки пива в пляшках були залишені на зберігання протягом 2 місяців у холодильнику при температурі 8-10°C. По закінченні строку зберігання зразки пива були проаналізовані за такими показниками, як кислотність, колір, величина гіркоти, загальний азот. Результати дослідження наведено в табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Фізико-хімічні показники пива після двох місяців зберігання

Зразок	Кислотність 0,1 н. см ³ NaOH	Колір, см ³ I ₂	Мутність, од. ЕВС	Аміний азот, мг/100 см ³	Величина гіркоти, од. ЕВС
Пиво непастеризоване	2,5	0,6	0,78	13,5	29,2
Пиво пастеризоване	2,4	0,7	0,41	13,3	28,6

Як видно з даних таблиці 3.6, фізико-хімічні показники пастеризованого і непастеризованого пива після 2-х місяців зберігання суттєво не відрізняються, однак пастеризоване пиво має нижчий показник мутності, величину гіркоти, вміст аміного азоту може змінюватися через можливість контакту пива з киснем, що міститься у горличку пляшки під час його пастеризації.

На зберігання пива негативно впливають такі фактори: наявність мікроорганізмів, що можуть рости в розлитому пиві (гетеро- і гомоферментативні види – *Lactobacillus*, *Pediococcus damnosus*, *Pectinatus*, *Saccharomyces diastaticus*, *Megasphaera* или *Brettanomyces*):

- підвищення температури під час зберігання;
- потрапляння прямих сонячних променів;
- доступ кисню;
- наявність важких металів;
- струшування;
- тривалість зберігання.

3.2 Висновки до розділу 3

- Отримано підтвердження того що холодна стабілізація пива не змінює органолептичні та фізико-хімічні показники продукту протягом усього терміну зберігання у порівнянні із швидкою пастеризацією.

- Високий результат від ефектів холодної стабілізації та низькі поглинальні властивості ПЕЗ-мембрана запобігають значній зміні смаку.

- Холодну стабілізацію можна використовувати на підприємстві для забезпечення високої якості пива.

- Фільтрація мембранним фільтром PES зменшила кількість флавоноїдів до ступеня, порівнянного із ступенем сорбенту поліфенолу на основі PVPP. На вміст корисних флавоноїдних поліфенолів у пиві значним чином може впливати не лише обробка пива поліфенольним сорбентом, але також фільтрація мембранними фільтрами, які використовуються як для холодної стабілізації пива, так і для первинної фільтрації як заміна фільтрації кізельгуром.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розробка математично-статистичної моделі залежності мутності від фізико-хімічних показників. Параметрична схема математично-статистичної залежності зображена на рис. 4.1



Рис. 4.1 – Параметрична схема математично-статистичної залежності

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$M = f(D, C),$$

де, M – мутність пива, од. ЕВС;

$D_{\text{фер}}$ – норма задачі ПВПП, г/гл;

$C_{\text{заг.аз.}}$ – вміст загального розчинного азоту, мг/100 см³.

Складання математичної моделі. Поліноміальна функція кодованих величин матиме вигляд:

$$y = f(x_1, x_2),$$

де y – функція відгуку, мутність пива, од. ЕВС;

x_1 – норма задачі ПВПП, г/гл;

x_2 – вміст загального розчинного азоту, мг/100см³.

Очікувана математична модель матиме форму поліному першої степені:

$$y_1 = b_0 + b_1 \times x_2 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_1 x_2,$$

де, b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти регресії.

Визначена кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = 2^n = 2^2 = 4,$$

де $n = 2$ – кількість вхідних факторів.

Спланована кількість дублюючих дослідів $m = 2$.

Проводимо заміну змінних x_i на закодовані значення z_i , які можуть набувати значення верхнього та нижнього рівнів варіювання факторів. За формулою:

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x_i},$$

де x_i – значення фактору на верхньому рівні;

x_0 – значення фактору на нульовому рівні;

Δx_i – інтервал вимірювання.

Очікувана математична модель в кодованому вигляді набуває виду:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \times x_2 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_1 x_2.$$

Визначивши, які фактори найбільше впливають на мутність пива, визначаємо їх рівні варіювання та інтервал вимірювання, які наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Фактор	Нульовий рівень	Інтервал вимірювання	Верхній рівень	Нижній рівень
x ₁	1,5	0,5	2,5	0,5
x ₂	72,15	1,55	76,8	67,5

За відповідними правилами складаємо план експерименту та матрицю плану яка наведена у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – План експерименту і матриця плану

№ досл.	x ₀	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	y ₁	y ₂	\bar{y}	s _i ²
1	+	+	+	+	0,92	0,87	0,89	0,0013
2	+	+	-	-	0,88	0,81	0,84	0,0025
3	+	-	+	-	0,85	0,81	0,83	0,0008
4	+	-	-	+	0,78	0,72	0,75	0,0018

$$\sum_{u=1}^N S_u^2 = 1,05$$

Статистична обробка даних. Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{0n} \times \bar{y}_n = \frac{1}{4} (0,89 + 0,84 + 0,83 + 0,75) = 0,827;$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{1n} \times \bar{y}_n = \frac{1}{4} (0,89 + 0,84 - 0,83 - 0,75) = 0,0375;$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{2n} \times \bar{y}_n = \frac{1}{4} (0,89 - 0,84 + 0,83 - 0,75) = 0,0325;$$

$$b_3 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{3n} \times \bar{y}_n = \frac{1}{4} (0,89 - 0,84 - 0,83 + 0,75) = -0,0075.$$

Перевірка однорідності дисперсій. Дисперсію дубльованих дослідів кожного рядка плану матриці розраховуємо за рівнянням:

$$S_n^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{nk} - \bar{y}_n)^2$$

де $m = 2$ – кількість паралельних дослідів.

$$S_{\frac{1}{2}}^2 = [(0,92 - 0,89)^2 + (0,87 - 0,89)^2] = 0,0013;$$

$$S_{\frac{2}{2}}^2 = [(0,88 - 0,84)^2 + (0,81 - 0,84)^2] = 0,0025;$$

$$S_{\frac{3}{2}}^2 = [(0,85 - 0,83)^2 + (0,81 - 0,83)^2] = 0,0008;$$

$$S_{\frac{4}{2}}^2 = [(0,78 - 0,75)^2 + (0,72 - 0,75)^2] = 0,0018.$$

Найбільше значення $S_{n \max}^2 = S_2^2 = 0,0025..$

Сума дисперсії дорівнює:

$$\sum_{n=1}^N S_n^2 = S_{\frac{1}{2}}^2 + S_{\frac{2}{2}}^2 + S_{\frac{3}{2}}^2 + S_{\frac{4}{2}}^2 = 0,0013 + 0,0025 + 0,0008 + 0,0018 = 0,0064$$

Проводимо розрахунок критерію Кохрена:

$$G_{\max} = \frac{S_{n \max}^2}{\sum_{n=1}^N S_n^2} = \frac{0,0025}{0,0064} = 0,39.$$

Обираємо табличне значення критерію Кохрена $G_{кр}$ для значення ступенів свободи, для значень ступеня свободи $f_1 = m-1=2-1=1$ та $f_2=N=4$, для рівня значущості $\alpha = 5\%$ та перевіряємо виконання умови:

$$G_{\max} = 0,39 < G_{кр} = 0,9065.$$

Отже, дисперсія вихідного параметру в дубльованих дослідях - однорідна, отримане рівняння регресії є відтворюваним.

Загальна похибка дослідів становить:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N S_n^2 = \frac{0,0064}{4} = 0,0016.$$

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії. *Визначення дисперсії коефіцієнтів регресії:*

$$S_{bi}^2 = \frac{S_0^2}{N} = \frac{1}{4} \times 0,0016 = 0,0004.$$

Розрахунок відхилення будь-якого коефіцієнту:

$$\Delta b_i \pm t_T \times \sqrt{S_0^2} = 2,78 \times \sqrt{0,05} = 0,61$$

де $t_T = 2,78$ —табличне значення критерію Стьюдента для ступеню свободи $f_1 = N(m-1) = 4(2-1) = 4$ та рівня значущості $\alpha=0,05$ (5%).

Значення критерію Стьюдента для кожного коефіцієнту регресії:

$$t_{b0} = \frac{|b_0|}{S_{hi}^2} = \frac{|0,827|}{0,0004} = 2067,5;$$

$$t_{b1} = \frac{|b_1|}{S_{hi}^2} = \frac{|0,0375|}{0,0004} = 93,75;$$

$$t_{b2} = \frac{|b_2|}{S_{hi}^2} = \frac{|0,0325|}{0,0004} = 81,25;$$

$$t_{b3} = \frac{|b_3|}{S_{hi}^2} = \frac{|-0,0075|}{0,0004} = 18,75.$$

Рівняння регресії в остаточному вигляді у формі поліному першого порядку має вигляд:

$$\begin{aligned}\hat{y} &= 0,827 + 0,0375 \times x_1 + 0,0325 \times x_2 + (-0,0075) \times x_1 x_2; \\ \hat{y}_1 &= 0,827 + 0,0375 + 0,0325 + (-0,0075) = 0,9045; \\ \hat{y}_2 &= 0,827 + 0,0375 - 0,0325 - (-0,0075) = 0,8395; \\ \hat{y}_3 &= 0,827 - 0,375 + 0,0325 - (-0,0075) = 0,8295; \\ \hat{y}_4 &= 0,827 - 0,0375 - 0,0325 + (-0,0075) = 0,8145.\end{aligned}$$

Перевіряємо отримані рівняння регресій на адекватність:

а) розраховуємо залишкову дисперсію:

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

де f_1 – число ступенів свободи:

$$f_1 = (N \times m - (n + 1)) = 4 \times 2 - (2 + 1) = 5;$$

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

y_u – розраховане за рівнянням регресії значення вихідного параметру.

$$\begin{aligned}s_{\text{зал}}^2 &= \frac{2}{5} \times [(0,89 - 0,9045)^2 + (0,84 - 0,8395)^2 + (0,83 - 0,8295)^2 + (0,75 - 0,8145)^2] = \\ &= 0,4 \times (0,00021025 + 0,00000025 + 0,00000025 + 0,00416025) = 0,0017484;\end{aligned}$$

б) розраховуємо значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{\text{зал}}^2}{S_0^2} = \frac{0,0017484}{0,0016} = 1,09275;$$

в) вибираємо табличне значення критерію Фішера за таблицями для ступеня свободи $f_1 = (N \times m - (n + 1)) = 4 \times 2 - (2 + 1) = 5$ для знаменника, та для рівня значущості $\alpha = 5\%$; $F_T = 5,19$;

г) перевіряємо умови адекватності:

$$F_p = 1,09275 < F_T = 5,19;$$

Отже, можна зробити висновок, що отримані рівняння відповідні досліджуваному процесу.

Переведення кодованих величин на натуральні за формулами:

$$\begin{aligned}z_1 &= \frac{D - 1,5}{0,5}; \\ z_2 &= \frac{C - 72,15}{1,55}; \\ y &= M.\end{aligned}$$

Запишемо натуральні значення факторів до нашого рівняння:

$$M = 0,827 + 0,0375 \times \left(\frac{D - 1,5}{0,5}\right) + 0,0325 \times \left(\frac{C - 72,15}{1,55}\right) + (-0,0075) \times \left(\frac{D - 1,5}{0,5}\right) \times \left(\frac{C - 72,15}{1,55}\right);$$

$$\begin{aligned}M_1 &= 0,827 + 0,0375 \times \left(\frac{2,5 - 1,5}{0,5}\right) + 0,0325 \times \left(\frac{76,8 - 72,15}{1,55}\right) + \\ &+ (-0,0075) \times \left(\frac{2,5 - 1,5}{0,5}\right) \times \left(\frac{76,8 - 72,15}{1,55}\right) = 0,9545; \\ M_2 &= 0,827 + 0,0375 \times \left(\frac{0,5 - 1,5}{0,5}\right) + 0,0325 \times \left(\frac{67,5 - 72,15}{1,55}\right) + \\ &+ (-0,0075) \times \left(\frac{0,5 - 1,5}{0,5}\right) \times \left(\frac{67,5 - 72,15}{1,55}\right) = 0,7863.\end{aligned}$$

За допомогою нескладних математичних операцій спростимо наше рівняння до такого вигляду:

$$\begin{aligned} M &= 0,827 + 0,0375 \cdot \left(\frac{D - 1,5}{0,5}\right) + 0,0325 \cdot \left(\frac{C - 72,15}{1,55}\right) + (-0,0075) \cdot \left(\frac{D - 1,5}{0,5}\right) \cdot \left(\frac{C - 72,15}{1,55}\right) = \\ &= 0,827 + 0,075 \cdot D - 0,113 + 0,021 \cdot C - 1,51 - 0,0097(D \cdot C - 72,15 \cdot D - 1,5 \cdot C + 108,23) = \\ &= 0,827 + 0,075 \cdot D - 0,113 + 0,021 \cdot C - 1,51 - 0,0097 \cdot D \cdot C + 0,70 \cdot D + 0,015 \cdot C - 1,05 = \\ &= -1,846 - 0,775 \cdot D + 0,036 \cdot C - 0,0097 \cdot D \cdot C. \end{aligned}$$

Рівняння регресії:

$$M = -1,846 - 0,775 \cdot D + 0,036 \cdot C - 0,0097 \cdot D \cdot C.$$

Похибки окремо взятих дослідів становлять:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \left| \frac{(0,9545 - 0,9045)}{0,9045} \right| \times 100\% = 5\%; \\ \Delta_2 &= \left| \frac{(0,7863 - 0,8395)}{0,8395} \right| \times 100\% = 6,3\%. \end{aligned}$$

Загальна похибка експерименту становить $\Delta = 5,65\%$.

Висновок. За результатами статистичної обробки даних отримане рівняння регресії адекватне досліджуваному процесу. Отримана математична модель дає змогу розрахувати мутність пива з похибкою $\Delta = 5,65\%$ в діапазоні задавання ПВПП від 0,5 до 2,5 г/гл та вмісту загального розчинного азоту від 67,5 до 76,8 мг/100 см³.

За методом повного факторного експерименту ПФЕ 2² складений план з відповідними матрицями планування експерименту, вказанням кількості дослідів та межі зміни факторів.

Були розраховані критерії Кохрена, значущість коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента та Фішера, була встановлена адекватність та відповідність отриманого рівняння.

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Використання холодної стабілізації при виготовленні різних алкогольних і безалкогольних напоїв являє собою найбільш універсальний і розповсюджений спосіб фільтрації, який застосовується для глибокого очищення напоїв за допомогою механічного й абсорбційного відділення часток, мікроорганізмів, колоїдів.

Сьогодні на українському ринку існує невелика кількість марок виробників фільтрів, але це дозволяє вирішувати широкий спектр завдань по фільтрації — від попередньої (грубої) до стерилізуючої, різної якості й ціни. У пивоварінні холодна стабілізація застосовується не тільки для очищення пива від мікроорганізмів, але й для збільшення його стійкості. При великій кількості марок кізельгуру для очищення пива застосовуються далеко не всі.

Необхідно пам'ятати: чим якісніше проведена кізельгурова фільтрація, тим економніше буде стерилізуюча або стабілізуюча. 40кг кізельгуру використуваного для наміву, дозволяє відфільтрувати у середньому до 1200 гекалитров пива. При цьому якість фільтрації з використанням намівного шару залежить від якості кізельгуру й кваліфікації робітників.

Серед найбільш відомих виробників кізельгуру, що працюють на українському ринку, крім «SeitzsehenkFiltersystemsGmbH», «E. BegerowGmbH&Co», «Filtrox-WerkAG»: можна сміло назвати й «StrassBurgerFilterschichtenGmbH».

Перевага даного кізельгуру полягає в наступному: його екологічна чистота й можливість комбінування фракціями; він має високу якість і продуктивність; різноманітність його марок дозволяє перекрити весь спектр необхідних фільтрацій; його високопродуктивні марки, зі ступенем відділення часток від 11 до 2,5 мікрон, володіють двома фільтруючими шарами, що дозволяють одночасно проводити й попередню (грубу) фільтрацію, і тонку.

Спосіб дії фільтруючих шарів кізельгуру «Strassburgerr» ґрунтується на механічному ефекті намівання на свічу, а також на глибинній і абсорбуючій дії. Основні фактори фільтрації залежать від властивостей сировини, ступінь обробки якого визначає продуктивність і точність фільтрації. Ефект спрацьовує в такий спосіб: великі частки каламуті затримуються на поверхні шару й не проникають усередину пор, утворюючи додатковий шар з фільтруючим ефектом. Більш тонкі частки проникають усередину фільтруючого шару, застряють у складносплетеній внутрішній структурі й поступово закривають пори, що спричиняє підвищення освітлюючої дії. Частки каламуті, що попадають у фільтруючий шар, абсорбуються на поверхні пор. Це досягається ефектом, так званим «Zeta-Plus-Potential», що проявляється у взаємодії електричних зарядів часток каламуті й сировини.

Підвищення якості пива завдяки холодній стабілізації пива є одним з основних факторів підвищення стійкості пива і його якості. Але при цьому необхідно чітко розуміти, що стійкість пива підрозділяється на біологічну й колоїдну.

Біологічна стійкість залежить, у першу чергу, від дотримання санітарних умов на виробництві, умов зберігання, транспортування, дотримання технології фільтрації, бродиння, недопущення влучення в пиво кисню.

Колоїдна стійкість також залежить від багатьох факторів: дотримання температурного й світлового режиму; присутність іонів важких металів або їхніх солей; перемішування пива.

Біологічна стійкість пива можлива без термічної обробки тільки при дотриманні ряду умов: чітко налагодженої фільтрації; гарного мікробіологічного стану устаткування, сировини, приміщення; високої внутрішньої стабільності самого пива.

Стабільну якість при зберіганні пива гарантує холодна стабілізація. Першу фільтрацію рекомендується робити на кізельгуровому фільтрі, що фільтрує основну масу дріжджів і різних включень. Наступну фільтрацію — через ПВПП у кілька етапів по декількох схемах.

Утворення колоїдного помутніння має складний механізм, де головним є утворення каламуті через броунівський рух колоїдно-розчинених і не розчинених часток, які зіштовхуючись один з одним, приводять до утворення водневих містків між ними. Усе більше й більше зчіплюючись один з одним колоїдні частки збільшуються в розмірі до видимих неозброєним оком. Швидкість колоїдного помутніння збільшується при підвищенні температури, окислюванні пива, його перемішуванні й наявності в ньому іонів важких металів. Із цього механізму виникнення колоїдного помутніння можна зробити висновок, що його можна уникнути або значно віддалити за часом виникнення, якщо повністю або частково видалити компоненти помутніння й значно обмежити фактори, що прискорюють помутніння пива. До яких можна віднести: запобігання появи й видалення складних продуктів розпаду білків; видалення з готового пива поліфенолів або їхнє ферментативне розщеплення; витримка пива в лагерному відділенні при низьких температурах; виключення потрапляння в пиво: сонячного світла, кисню, важких металів і їхніх солей.

Технологічні прийоми досягнення стійкості пива необхідно доповнювати використанням різних стабілізуючих засобів.

Висновок. Важливим показником при виборі кізельгурового фільтра є його екологічна чистота. На відміну від більшості кізельгурових фільтрів «Strassburger» зроблені без застосування азбесту, забороненого до застосування у всіх європейських країнах, оскільки він є канцерогеном. Кізельгур «Strassburger» можна використовувати в різному комбінуванні, промиваючи водою «протитоком». Соціальним значенням роботи є, що те відпрацьований кізельгур можна очистити або спалювати, одержуючи екологічно чисту золу.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота в лабораторії з дослідження харчових продуктів та харчових добавок на будь-якому харчовому підприємстві потребує заходів, спрямованих на мінімізацію шкідливих факторів праці з небезпечними реактивами [15]. Розроблено ряд нормативних документів, які регламентують роботу в лабораторії органічного синтезу, у тому числі й органічного синтезу засобів та харчових добавок. До основних нормативних документів даної галузі належать:

1) НПАОП 24.1-1.14-80. Правила безпеки для виробництв основної хімічної промисловості [12] ;

2) НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні [10];

3) НПАОП 0.00-1.27-09. Правила з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах, тощо [12] ;

Отже, слід запроваджувати заходи і засоби для уникнення пожежі та алгоритмів дій, спрямованих на її локалізацію та ліквідацію. На такому підприємстві обов'язково мають бути вогнегасники, які проходять регулярне випробовування, згідно НАПБ А.01.001-2004 [12]. В свою чергу приміщення, де працює хімік-лаборант, повинно бути обладнано вентиляцією, яка є необхідною і невід'ємною умовою праці в лабораторії. Використовують та обслуговують вентиляцію відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.27-09. Весь час діюча вентиляція повинна забезпечувати постійний повітрообмін, який розраховується залежно від виду та класу небезпеки речовини, що використовується у хімічній лабораторії [10].

Усі процеси на виробництві повинні відповідати вимогам правил охорони праці на об'єктах з виробництва товарів побутової хімії (НПАОП 24.0-1.20-13). Коли на виробництві працюють з шкідливими речовинами 1 та 2 класу небезпеки, можливість контакту працівників з цими речовинами повинна бути виключена. Певні стадії технологічного процесу, що не можуть бути виконані у герметичному обладнанні, перш за все повинні бути механізованими, або залучаються механічні пристрої, що роблять неможливим прямий контакт працівників підприємства зі шкідливими речовинами.

Процес з виготовлення косметичних засобів обов'язково проводиться у герметичних приладах та з використанням завантажувальних пристроїв за умови працюючої вентиляції. Відбір проб проводять використовуючи пробовідбірні крани за працюючої місцевої витяжної вентиляції. У випадку аварійного розливу горючих, легко-займистих або хімічних речовин, треба негайно увімкнути аварійну вентиляцію й прибрати розлиті речовини з місця розливу. Виробництво косметичних засобів є небезпечним по відношенню до працівників за рахунок виділення у повітря робочої зони вибухо- та пожежонебезпечних парів, пилу та інших шкідливих речовин. Усі прилади виробництва косметичних засобів повинні бути заземлені. Завантаження вибухо- та пожежонебезпечних і шкідливих речовин повинно проводитись механізованим способом [14].

У разі роботи зі шкідливими хімічними речовинами усі ручні процеси є неприпустимими. Скляна тара зі шкідливими хімічними речовинами повинна

мати захисні пристрої. Підіймати і переносити скляну тару зі шкідливими хімічними речовинами потрібно лише у закритому вигляді із застосуванням засобів індивідуального захисту. Завантаження та ручні процеси з відносно невеликими кількостями речовин повинні бути проведені за функціонуючої вентиляції та з використанням засобів індивідуального захисту органів дихання. Технологічні процеси, пов'язані з пилом у виробництві косметики повинні бути проведені в технологічних приладах, підключених до систем аспірації. Двері, люки та кришки приладів, призначені для контролювання їх роботи, повинні бути облаштовані в місцях, які є доступними для безпечного обслуговування, та повинні бути щільно зачиненими [14].

Матеріали, що можуть застосовуватися для виробництва аспіраційних приладів, повинні бути негорючими та стійкими по відношенню до дії агресивного середовища. Уся внутрішня поверхня аспіраційних приладів має бути гладкою і без виступів. На горизонтальних ділянках люки для очищення повітроводів повинні бути встановлені на відстані не більше 4 метрів, і, в свою чергу, біля фасонних деталей повітроводів. Аспіраційні установки завжди повинні бути у справному стані. Мінімум один раз в календарний місяць треба перевірити вміст пилу, який відкладається всередині горизонтальних повітроводів аспіраційних установок, і за необхідністю, здійснювати їх очистку [10].

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Для захисту від зараження РР, НХР, БЧ на підприємствах пиво безалкогольної промисловості завчасно проводиться ремонт виробничих і складських приміщень, визначаються і, відповідним чином, обладнуються водні джерела, призначені для використання у надзвичайній ситуації.

На підприємствах, де неможливо здійснити герметизацію складських та інших приміщень, потрібно передбачити накривання харчової сировини захисними матеріалами: брезентом, прогумованою тканиною, поліетиленовими плівками високої цупкості товщиною не менше 0,15 мм або іншими подручними засобами.

Негерметизоване виробниче обладнання слід по можливості замінити закритим, наприклад відкриті бродильні чани - закритими бродильними танками, холодильні тарілки — відстійними баками, відкриті холодильники - закритими тощо. У приміщеннях бродильного відділу, цехів доброджування і дріжджового відділу, для забезпечення надійного захисту приміщень ремонтують термоізоляційні двері. Для зберігання на спеціальних складах такої сировини, подібної до хмелю, доцільне її брикетування у поліетиленову плівку, яка забезпечує захист від проникання РР, ОР і БЧ, а також зберігання хмелевого екстракту у бідонах типу молочних [14].

Захист допоміжних матеріалів здійснюється зберіганням їх у сухих чистих приміщеннях, які щільно зачиняються. Такими допоміжними матеріалами є: фільтрувальні матеріали - кізельгур, перліт, фільтр маса, картон фільтруючий, марля, бязь, фланель; матеріали для приготування клею (декстрин), кронен-корки, етикетки; рукави напірні, всмоктувальні та гумо тканинні.

Для захисту від РР, ОР і БЧ фільтрувальні матеріали потрібно зберігати у складських приміщеннях. Кізельгур отримують і зберігають в тканинних мішках, оброблених нітролаком або у багатошарових паперових мішках, перліт — у поліетиленових мішках.

Надійний захист від РР і БЧ забезпечує пакування фільтрувальної маси у вигляді опресованих квадратних пластин по 50 шт. в тюки, загорнуті в кілька шарів паперу і обшиті мішковиною.

Зберігання у негерметичних приміщеннях складів таких фільтрувальних матеріалів, як марля, бязь, фланель в обшитих тканиною тюках, забезпечує захист від РР. Для захисту від ОР і БЧ необхідно передбачити додаткове їх укриття полімерною плівкою, брезентом або крафт-папером.

Кронен-корок застосовують для закупорювання пляшок з пивом, безалкогольними напоями і мінеральною водою. Зберігають її в чистих, сухих складських приміщеннях у закритих фанерних ящиках або у багатошарових крафт-мішках. Фанерні ящики не забезпечують повного захисту, тому до них необхідно заготовляти тенти брезентові або з полімерної плівки. Надійним захистом від РР і БЧ є багатошарові крафт-мішки. Вони значно знижують проникнення парів.

Етикетки необхідно зберігати в закритих приміщеннях за певних умов повітряного середовища ($T = 16...18\text{ }^{\circ}\text{C}$) та вологості повітря 60...65 %. Зберігати

етикетки необхідно на полицях-стелажах. Кожна партія етикеток повинна бути з биркою, на якій вказують найменування, якість, дату надходження партії на склад. Складати їх потрібно у стопки заввишки не більше 0,5 м і запакувати в кілька листів крафт-паперу [21].

Для захисту місцевих джерел водопостачання від зараження РР і ОР, БЧ необхідно провести ряд заходів, а саме: відновити всі недіючі водозбірні споруди, які можуть служити резервними джерелами подачі води; артезіанські свердловини обладнати насосами. Якщо для відкачування води використовують ерліфти, їх слід оснастити допоміжними пристроями (фільтрами) для ретельної очистки повітря, щоб не допустити проникнення БЧ, РР, ОР в артезіанські отвори.

Для забезпечення захисту місткостей із запасом води потрібно:

- всі водонапірні баки, резервуари з питною водою і водозбірники з мінеральною водою щільно закрити, оснастити закриваючими кришками, а також повітряно-водними трубками (дихальними клапанами) з фільтрами;
- на вентиляційних витоках і на кінцях переливних труб обладнати захисні ковпаки і решітки для захисту резервуарів з водою від проникнення у них гризунів і комах;
- заготовити запас реагентів для знезараження води (вапно хлорне, коагулянти);
- заготовити захисні матеріали (брзент або полімерну плівку);
- обладнати каптаж мінерального джерела загороджувальною спорудою (типу будки), що гарантує не проникнення ОР і БЧ;
- здійснювати систематичне очищення водяного баку жорсткими щітками і речовиною для дезінфекції (вапняним молоком) з наступним ретельним промиванням їх водою;
- заготовити у відділеннях варіння пивоварних заводів запасні баки для холодної і гарячої води, щільно закрити їх кришками, промивати, дезінфікувати вапняним молоком або хлорним вапном не рідше одного разу в місяць з наступним промиванням водою [21].

На заводах розливу мінеральних вод для захисту слід передбачити такі заходи:

заводські резервуари, призначені для мінеральної води, повинні бути герметично закриті, мати вентиляційні труби з захисними фільтрами;

резервуари для мінеральної води мають очищуватись і дезінфікуватись не рідше одного разу на квартал, а на випадок забруднення за бактеріологічними показниками - негайно, шляхом механізованого очищення з наступною дезінфекцією протягом 1 год. висвітленим розчином хлорного вапна (100 мг активного хлору на 1 л води) і виполіскуванням водопровідною водою до повного зникнення запаху хлору;

мінеральна вода у резервуарі повинна зберігатися не більше двох діб, після чого вона зливається і у розливі не використовується;

під час розливу мінеральної води треба виконувати жорсткий санітарно-гігієнічний і технологічний режими. Перед початком роботи зміни і після перерви наливники (ріжки) промивають мінеральною водою під тиском. Після закінчення роботи розливні машини перевіряють і промивають водою;

навколо каптажу мінерального джерела має бути створена санітарно-захисна зона, звільнена від різних споруд і стоків води. З виникненням надзвичайної ситуації на підприємствах пиво-безалкогольної промисловості проводяться захисні заходи, передбачені планами ЦЗ.

Зі складу одержують захисний накривний матеріал і готують його для накривання сировини, готової продукції, обладнання.

На пивзаводах накриванню захисними тентами підлягає таке технологічне обладнання:

солодовий цех: автоматичні ваги "Хронос", зерновий сепаратор, трієр для очистки ячменю, паростковідбивна машина, стрічкові та скребкові транспортери;

варильний цех: бункери для солоду, сусловарильні, фільтраційні чани, баки з гарячою водою, розподільчі батареї для суслу ;

відстійне відділення: відстійні чани, зрошувальні холодильники;

бродильне відділення: дріжджові ванни, відкриті бродильні танки;

фільтрувальне відділення: сепаратори, фільтри;

цех розливу: розливні, укупорювальні, бракеражні, етикетувальні автомати, ізобарометричний апарат для розливу пива, діжко-мийна машина;

ділянка приймання посуду і тари: пляшки, діжки, ящики по можливості зберігають у закритому приміщенні або накривають брезентом. Діжки закривають шпунтом і зберігають шпунтом вниз. Влітку цистерни заливають водою, а взимку - накривають брезентом (кран і кришку) [21] .

На заводах безалкогольних напоїв накриванню захисними тентами підлягають: і відкриті купажі, і квасні чани, цукроварні і колероварильні котли, пластинчасті фільтри; до баків з водою монтують щільні кришки.

У складах насипи зерна, штабелі з зерно продуктами й іншими сипкими продуктами, які зберігаються в тканинних мішках, накривають брезентом чи поліетиленовою плівкою. При цьому поверхні насипів ячменю, солоду мають бути добре вирівняні для зменшення площі можливого зараження і полегшення операції накривання, обслідування, дезактивації та дезінфекції.

У складах, які завантажені неповністю, а також при зберіганні на складах окремих невеликих партій ячменю та солоду, кожна з них обмежується щитами.

Штабелі сипких продуктів (ячменю, солоду, цукру, хмелю) у складських приміщеннях розміщують на підтоварниках, накритих підстилкою з брезенту чи другого цупкого матеріалу, і закривають захисним покривалом.

Установлюють суворий контроль-пропускний режим. Посилують охорону складів і водо джерел. Здійснюють поповнення запасів мийних і знезаражувальних речовин, а також приводять у готовність дегазаційні майданчики, камери, обмивальні пункти, санпропускник. Виробничі лабораторії приводять у повну готовність до роботи в умовах надзвичайної ситуації [14].

Світлові ліхтарі у зерноскладах потрібно розібрати і отвори закласти. Всі витяжні шахти зерноскладів, які виходять на дах, треба ущільнити заздалегідь зшитими чохлами з брезенту. Ці чохла з лицевої сторони покривають водонепроникним шаром фарби.

У зерноскладах, обладнаних активною вентиляцією, на всіх отворах вентиляційних каналів установлюють герметичні клапани, засувки, шибери, а зверху - кришки з захисними засувками.

У галереях і тунелях, які з'єднують зерносклади, з іншими спорудами, встановлюють перегородки, які відділяють приміщення зерноскладів від цих споруд або від навколишнього середовища [14].

Під час зберігання зернової сировини в елеваторах або бункерах, підсилені приміщення ущільнюють. Віконні прорізи закладають шлакоблоками. Нещільність з'єднаних галерей між силосними корпусами і робочою баштою закривають гофрованими завісами з прогумованого брезенту з притискними клапанами по контуру.

Всі завантажувальні люки і вентиляційні отвори силосів обладнують герметичними кришками з гумовою ущільнювальною прокладкою. На вхідних отворах конусної частини силосів установлюють герметичні клапани.

Робочі башти обладнують ліфтами, а існуючі ліфти ремонтують. Машинне відділення ліфтів надійно герметизують.

Автомобільні і залізничні приймальні пристрої для зерна захищають методом підгонки воріт і приймальних отворів бункерів.

Для заводів, які мають залізничні шляхи, пристанційні бази, ячмінь і солод рекомендується транспортувати безтарним способом.

Підвищують надійність захисту транспортних засобів методом ущільнення прогумованими прокладками вагонів, ізоtermічних автомашин, автопивовозів.

Повітрязбірні жалюзні отвори солодосушарок захищають шторами із прогумованого брезенту або щільними віконницями.

Отвори повітрозмішувальних камер сушарок перекривають герметичними клапанами. Всі повітровивідні шахти закривають клапанами або брезентовими чохлами.

Всі віконні прорізи коридорів і лицеві двері солодосушарок закривають склоблоками і віконницями [21].

За сигналами ЦЗ припиняється робота на всіх виробничих ділянках і особовий склад заводу, вільний від виконання спеціальних робіт, укривається у сховищах.

Робітники та службовці, призначені на спеціальні роботи, діють за передчасно розробленими інструкціями. Для захисту сировини від зараження приводять в дію всі пристрої в складських та інших виробничих приміщеннях, які забезпечують надійний захист, закривають захисними матеріалами відкриті ділянки.

Відкачування води із артезіанських свердловин, особливо з ерліфтовим обладнанням, припиняється. Водонапірні башти і заводські резервуари, заповнені водою, закривають щільними кришками або накривним матеріалом, і доступ до цих запасів води суворо обмежується. Після виконання передбачених конкретними інструкціями робіт призначені для їх проведення особи укриваються у сховищах і перебувають там до сигналу "Відбій небезпеки" або одержання спеціального дозволу на вихід із сховища [21].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Пастеризація це один із дієвих способів для забезпечення біологічної стійкості пива, але використовуючи технологію холодної стабілізації можна досягнути ще кращих показників по органолептиці. В досліджуваному зразку пастеризованого пива не визначалось наявності мікроорганізмів навіть після закінчення терміну його зберігання. В досліджуваних зразках непастеризованого пива спостерігалось норма кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів. Тому можна вважати що холодна стабілізація є актуальною і допоможе підприємствам виробляти якісну продукцію.

2. Щоб виробити непастеризоване пиво необхідно дотримуватися санітарно-гігієнічних умов виробництва, а також здійснювати 2-х ступеневу фільтрацію готового пива перед його розливом, коли на етапі первинної фільтрації відбувається видалення дріжджів та чинників колоїдного помутніння, а на стадії холодної стабілізації пива відбувається видалення остаточної кількості дріжджів і мікроорганізмів на мембранному фільтрі.

3. Отримано підтвердження того що холодна стабілізація пива не змінює органолептичні та фізико-хімічні показники продукту протягом усього терміну зберігання у порівнянні із швидкою пастеризацією. Найкращий результат від ефектів холодної стабілізації та низькі адсорбційні властивості ПЕЗ-мембран запобігають значній зміні смаку. Холодну стабілізацію можна використовувати на підприємстві для забезпечення високої якості пива.

4. За результатами статистичної обробки даних отримане рівняння регресії адекватне досліджуваному процесу. Отримана математична модель дає змогу розрахувати мутність пива з похибкою $\Delta = 5,65\%$ в діапазоні задавання ПВПП від 0,5 до 2,5 г/гЛ та вмісту загального розчинного азоту від 67,5 до 76,8 мг/100 см³. За методом повного факторного експерименту ПФЕ 2² складений план з відповідними матрицями планування експерименту, вказанням кількості дослідів та межі зміни факторів. Були розраховані критерії Кохрена, значущість коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стьюдента та Фішера, була встановлена адекватність та відповідність отриманого рівняння.

5. Важливим критерієм при виборі кізельгуру є і його екологічна чистота. На відміну від більшості марок кізельгуру «Strassburger» зроблені без застосування азбесту, забороненого до застосування у всіх європейських країнах, оскільки він є канцерогеном. Кізельгур «Strassburger» можна використовувати в різному комбінуванні, промиваючи водою «протитоком». Відпрацьований кізельгур можна очистити або спалювати, одержуючи екологічно чисту золу.

6. Визначено соціально-економічну ефективність роботи, яка полягає у підвищенні якості пива та збереженні високих органолептичних показників протягом тривалого зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій: монографія / В.А. Домарецький та ін. // під ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Домарецького. – Київ: Фенікс, 2011. 704 с.
2. Домарецький, В.А, Прибильський В.Л., Михайлов М.Г. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини: підруч. Вінниця: «Нова книга», 2005. 408 с.
3. ДСТУ 3888—2015. Пиво. Загальні технічні умови [Чинний від 2015-01-01]. –Київ: Держспоживстандарт України, 2015 р. 17 с. (Національний стандарт України);
4. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов та ін. // за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. — Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
5. Кунце В. Технология солода и пива. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 1038с. ;
6. Ляшенко, Н.И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов. Житомир: Полісся, 2002. 388 с.
7. Мелетьєв, А.Є. Технологія продуктів бродіння і напоїв: українсько-російський тлумачний словник. — Київ: НУХТ. 2011. 192 с.
8. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 8.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання / уклад. А. М. Куц, П. Л. Шиян, А.Є. Мелеєв. Київ: НУХТ, 2015.
9. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ: НУХТ, 2014. 67 с.
10. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні: Зареєстровано в міністерстві в міністерстві юстиції України: 04.11.04 за№1410/10009
11. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения. Санкт-Петербург: «Профессия», 2007. 641с. ;
12. НПАОП 0.00-1.27-09. Правила з безпечної експлуатації системвентиляції у хімічних виробництвах: Зареєстровано в міністерстві юстиції України 27.10.09 за №988/17004
13. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч./ І.С. Гулий, та ін. // за ред. І.С. Гулого. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
14. Основи охорони праці: підруч. / М.П. Купчик та ін. // під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. Київ: Основа, 2000. 416 с.
15. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях: Закон України від 25 вер. 2012р. №1648. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#n17> (дата звернення 25.01.2021)

16. Романова З.М. Стійкість пива: формування якості пива в процесі виробництва. Огляд способів підвищення стійкості пива. *Beer. Technologies&Innovations*. 2020. №2.
17. Соколенко, А.І., Українець А.І., Піддубник В.А. Транспортно-технологічні системи пивзаводів. Київ: АртЕк, 2002. 304 с.
18. Технологічний облік і звітність у виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв: навч. посіб. / В.А. Домарецький, А.Є. Мелетьєв, М.О. Денисов, Р.В. Білошицька. Київ: Фірма Інкос, 2005. 191 с.
19. Технологія безалкогольних напоїв: підручник / В.Л. Прибильський та ін. // За ред. докт. техн. наук, проф. В. Л. Прибильського. Київ: НУХТ, 2014. 310 с.
20. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах: навч. посіб. / А.Є. Мелетьєв та ін. // під ред. А.Є. Мелетьєва. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.
21. Цивільна оборона [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту з цивільної оборони для студентів всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Хіврич, В. А. Заєць. Київ: НУХТ, 2009. 17 с. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/219--08A.pdf> (дата звернення 07.02.2021).
22. Экспертиза напитков: учеб.-справоч. пособие / В.М. Позняковский, В.А. Помозова, Т.Ф. Киселева, Л.В. Пермякова. 5 изд., перераб. и доп. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. 384 с.
23. Adsorption of Beer Components During Membrane Microfiltration of Beer. *MBAA TQ*. Vol.44, No. 3. 2014.
24. Knud-Erik Pedersen Master Brewers packaging line companion. 2019
25. The Effect of Microporous Membrane Filtration on Beer Foam Stability. *MBAA TQ*. Vol.41, No. 4. 2014.
26. Wolfgang Kunze Technology brewing and malting. 6th English. 2019.

ДОДАТКИ

Додаток А. Робоча програма кваліфікаційної роботи

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродиння і виноробства НУХТ,
протокол № ____
від « » _____ 2021 р.

Зав. кафедри _____ А.М.Куц

РОБОЧА ПРОГРАМА кваліфікаційної роботи на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ »

ВСТУП

1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (аналітичний огляд)

- 1.1. Вимоги до стійкості готового пива
- 1.2. Характеристика фільтраційного обладнання, що застосовується для виробництва пива
- 1.3. Класифікація апаратів для фільтрування пива
- 1.4. Характеристика основних способів фільтрування
 - 1.4.1. Очищення пива від надлишкових дріжджів
 - 1.4.2. Видалення колоїдної муті
 - 1.4.3. Карбонізація
 - 1.4.4. Мікронна очистка пива
 - 1.4.5. Асептичне наповнення
- 1.5. Характеристика сорбентів, які використовуються при фільтруванні пива та основні процеси під час обробки ними
 - 1.5.1. Кізелгур різних фракції та його комбінування
 - 1.5.2. Перліт
 - 1.5.3. Целюлоза
 - 1.5.4. Силікагелі
 - 1.5.5. Ферменти
- 1.6 Висновки до розділу 1
- 1.7. Мета і завдання дослідження

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 2.1 Матеріали досліджень
- 2.2 Методика досліджень

2.3 Методи аналізу

2.3.1 Метод визначення концентрації сухих речовин в пивному суслі

2.3.2 Метод визначення рН сусла

2.3.3 Методи визначення титрованої кислотності сусла з виносом краплі

2.3.4 Метод визначення вмісту «сирої» мальтози йодометричним методом

2.3.5. Метод відбору середньої проби

2.3.6 Метод визначення видимого екстракту в пиві

2.3.7 Метод визначення масової частки спирту і дійсного екстракту в пиві дистиляційним методом

2.3.8 Метод визначення піностійкості і висоти піни

2.3.9 Метод визначення вмісту діоксиду вуглецю в пиві манометричним методом

2.3.10 Розрахунок масової частки сухих речовин в початковому суслі

2.3.11 Розрахунок ступеня зброджування

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІЛЬТРУВАННЯ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ (експериментальна частина)

3.1. визначення фізико-хімічних і сорбційних властивостей досліджуваних пива під дією сорбційних матеріалів та обладнання

3.2 Висновки до розділу 3

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Здобувач

А.В. Герез

(підпис)

Керівник, професор

В.Л. Прибильський

(підпис)

Додаток Б. Публікація конференції III International Scientific and Practical Conference «European scientific discussions»

SCI-CONF.COM.UA

EUROPEAN SCIENTIFIC DISCUSSIONS



**ABSTRACTS OF III INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
FEBRUARY 1-3, 2021**

**ROME
2021**

EUROPEAN SCIENTIFIC DISCUSSIONS

Abstracts of III International Scientific and Practical Conference

Rome, Italy

1-3 February 2021

Rome, Italy

2021

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПИВА

Герез Андрій Віталійович,

Магістр

Дулька Ольга Степанівна

к.т.н., асистент

Прибильський Віталій Леонідович

д.т.н., професор

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

Розвирок пиво-безалкогольної галузі харчової промисловості передбачає підвищення стійкості пива та покращення його споживчих характеристик. Це потребує застосування нових способів і ефективного обладнання.

Метою роботи є збільшення стійкості пива шляхом застосування холодної фільтрації.

У виробництві пива одним із способів видалення зависі є сепарування. Застосування сепараторів має певні переваги при виробництві різних видів пива, зокрема пшеничного. Безперервна робота сепаратора забезпечує стабільно високу якість пива. При цьому оператор встановлює необхідне значення мутності в освітленому пиві, а система контролю контролює концентрацію дріжджів визначенням цього показника. Це забезпечує постійно визначену мутність молодого пива. Сепаратор забезпечує необхідні пропорції при його освітленні. Вказуючи задану кількість дріжджових клітин у молодому пиві, процеси дозрівання та бродіння пива нормуються. Це забезпечує необхідні умови бродіння.

Фільтрування відбувається крізь сітку з невеликими отворами (на 2...4 мкм більше за дрібний діатоміт). Для досягнення найкращого ефекту фільтруючий шар діатоміту наносять трьома шарами. При нанесенні першого (первинного або попереднього) шару деаерована вода або відфільтрований продукт циркулюють крізь фільтр разом із концентрованою суспензією грубого діатоміту під тиском 2...3 бар. Це створює стійкий до зміни тиску шар, який повинен запобігати

потраплянню невеликих часток у фільтрат. Первинний шар є важливим елементом для подальшого застосування діатоміту та фільтрування в цілому. Його частинки щільно контактують і перешкоджають їх подальшому руху. Для первинного шару витрачається 700...800 г/м² кізельгуру, що становить 70 % від загальної його кількості. Другий (базовий або захисний) шар призначений забезпечити прозорість першого фільтрату. Цей шар також промивають деаерованою водою або фільтрованим продуктом, але використовують менший за розміром діатоміт. Велике значення при цьому має рівномірність нанесення попередніх шарів.

Загалом, на шару товщиною 1,5...3,0 мм витрачається близько 1000 г/м² кізельгура. Процес триває 10...15 хвилин. Поточне дозування в першу чергу полягає в підтримці проникності кізельгура і, відповідно, забезпеченні стабільності фільтрування. Однак, при безперервній роботі постійно збільшується різниця вхідного та вихідного тиску. У середньому різниця тиску повинна зростати на 0,2...0,3 бар на годину. Зазвичай, для поточного дозування, використовується суміш, яка складається із 2/3 середнього та 1/3 тонкого кізельгуру.

На останньому етапі дозрівання необхідно забезпечити ефективне освітлення пива, покращення його фільтруваності та підвищення колоїдної стійкості. При переохолодженні пива утворюється субстанція, що складається з комплексу білків і поліфенолів. Білково-поліфенольні комплекси слід якомога повно видаляти з пива. Для цього перед фільтруванням пиво повинно витримуватися щонайменше 7 діб при 0...-2 °С.

Фактори, що впливають на колоїдну стабільність пива: якість використовуваної сировини, у т.ч. води; технологічні режими приготування суслу та пива; контакт молодого та готового пива з киснем; прийоми та методи стабілізації пива; технічний стан обладнання; умови зберігання та транспортування пива.

Для стабілізації пива використовують силікагель та полівінілполіпіролідон (PVPP). За допомогою силікагелів з пива селективно адсорбуються білки, які

обумовлюють помутніння пива та деякі білково-поліфенольні комплекси. За допомогою PVPP з пива адсорбуються поліфеноли.

У більшості випадків після базового фільтрування з кізельгуром та стабілізації пива застосовується кінцевий етап фільтрування. Залежно від виробничих характеристик та потреб, цей фільтр може бути трьох типів: трап-фільтрування; полірувальне фільтрування; стерильне фільтрування.

Для забезпечення високої смакової стійкості пива доцільно використовувати антиоксиданти, які протидіють окисленню і уповільнюють процес старіння пива. Як антиоксиданти можна використовувати метабісульфіт калію та аскорбінову кислоту.

Деаерована вода, яка використовується стадії фільтрування повинна мати вміст кальцію меншим, ніж у світлому пиві високої густини, температуру 1...2 °С, вміст кисню не більше 0,1 мг/дм³.

При використанні холодного фільтрування необхідно дотримуватись таких вимог: забезпечення мікробіологічної чистоти пива; дотримання необхідної тривалості циклу фільтрації; використання однієї партії кізельгуру та стабілізуючих матеріалів тільки на один цикл; постійний контроль температури фільтрування; контроль втрат.

Таким чином, для підвищення ефективності фільтрування молодого пива і інтенсифікації процесу передбачено використання сеператора для видалення залишків дріжджів та намівного свічкового діатомітового фільтрів. Для підвищення колоїдної стійкості готового пива видалення залишків дріжджів, білків та кізельгуру запропоновано сучасне фільтрувальне обладнання – ПВПП- та трап-фільтр.