

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: «Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів»

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

Зінченко Олександр Ілліч
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Кошова Валентина Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент

Терлецька Віта Альбертівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(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 ЗДОБУВАЧА

_____ Зінченка Олександра Ілліча

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів»

Керівник роботи Кошова Валентина Миколаївна, к.т.н., професор

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

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

2. Строк подання роботи 31 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики _____

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт _____

3. Дослідити вплив ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex на стійкість пива та провести органолептичні оцінку готового пива _____

4. Скласти математичну модель процесу і перевірити її адекватність. _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1 Поняття стійкості пива та способи її підвищення (аналітичний огляд). 2 Об'єкти, методи та методика досліджень. 3 Визначення впливу та підбір оптимальної концентрації ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex (експериментальна частина). 4 Оптимізація технологічного процесу. 5 Соціально-економічна ефективність роботи. 6 Охорона праці. 7 Цивільний захист. Висновки та рекомендації. Список використаної літератури.

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

_____ Таблиці з результатами досліджень – 12

_____ Рисунки з результатами досліджень – 9

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	12.10.20-28.10.20	виконано
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	39.10.20-6.11.20	виконано
	1-а атестація	6.11.2020	виконано
3.	Експериментальні дослідження сировини, пивного суслу та готового пива	6.11.20-16.12.20	виконано
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	17.12.20-23.12.20	
	2-а атестація	24.12.20	виконано
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	24.12.20-31.12.20	виконано
6.	Оптимізація технологічного процесу	08.01.21-14.01.21	виконано
7.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	15.01.21-25.01.21	виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	26.01.21-30.01.21	виконано
9.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	31.01.21-04.02.21	виконано
10.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	05.02.21-08.02.21	виконано
11.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-09.02.21	виконано
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Дата видачі завдання 20 вересня 2020 р.

Здобувач _____

О. І. Зінченко

Керівник роботи, професор _____

В. М. Кошова

АНОТАЦІЯ

Зінченко Олександр Ілліч. «Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» спеціалізації «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ 2021 рік.

Мета роботи: дослідити вплив на стійкість пива та визначити оптимальну кількість ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex.

Об'єкт дослідження: технологія приготування пивного сусла та пива.

Предмет дослідження: ферментні препарати Maturex і Brewers Clarex, пивне сусло та готове пиво.

У даній кваліфікаційній роботі наведено результати досліджень пивного сусла та пива.

Досліджено динаміку зміни фізико-хімічних показників пива, а саме: вміст загального розчинного азоту та фенольних речовин, межу осадження білку та мутність, при різній кількості ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex. Проведено визначення їх органолептичних показників. За результатами досліджень було визначено оптимальну кількість ферментного препарату для забезпечення найбільшої стійкості пива.

Розроблена математично-статистична модель залежності мутності пива від норми задачі ферментного препарату та вмісту загального розчинного азоту.

Ключові слова: колоїдна стійкість, мутність, пивне сусло, пиво, альфа-ацетолактат декарбоксилаза, пролін-специфічна ендопротеаза, зворотне (холодне) помутніння, незворотне помутніння.

АННОТАЦИЯ

Зинченко Александр Ильич. «Повышение коллоидной стойкости пива с использованием ферментных препаратов». Квалификационная работа на соискание степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии» специализации «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев 2021.

Цель работы: исследовать влияние на стойкость пива и определить оптимальное количество ферментных препаратов Maturex и Brewers Clarex.

Объект исследования: технология приготовления пивного сусла и пива.

Предмет исследования: ферментные препараты Maturex и Brewers Clarex, пивное сусло и готовое пиво.

В данной квалификационной работе приведены результаты исследований пивного сусла и пива.

Исследована динамика изменения физико-химических показателей пива, а именно: содержание общего растворимого азота и фенольных веществ, границу осаждения белка и мутность, при разном количестве ферментных препаратов Maturex и Brewers Clarex. Проведено определение их органолептических показателей. По результатам исследований было определено оптимальное количество ферментного препарата для обеспечения наибольшей стойкости пива.

Разработана математически-статистическая модель зависимости мутности пива от количества ферментного препарата и содержания общего растворимого азота.

Ключевые слова: коллоидная стойкость, помутнение, пивное сусло, пиво, альфа-ацетолактат декарбоксилаза, пролин-специфическая эндопротеаза, обратимое (холодное) помутнение, необратимое помутнение.

ANNOTATION

Zinchenko Alexander Ilyich. "Increasing the colloidal stability of beer with the use of enzyme preparations." Qualification work for a master's degree in specialty 181 "Food Technology" specialization "Technology of fermentation products and winemaking." National University of Food Technologies, Kyiv 2021.

Purpose: to investigate the effect on the stability of beer and determine the optimal amount of enzyme preparations Maturex and Brewers Clarex.

Object of research: technology of brewing beer wort and beer.

Subject of research: enzyme preparations Maturex and Brewers Clarex, beer wort and finished beer.

This qualification work presents the results of research on beer wort and beer.

The dynamics of changes in the physicochemical parameters of beer, namely: the content of total soluble nitrogen and phenolic substances, the limit of protein precipitation and turbidity, with different amounts of enzyme preparations Maturex and Brewers Clarex. Their organoleptic parameters have been determined. According to the results of research, the optimal amount of enzyme preparation was determined to ensure the greatest stability of beer.

A mathematical and statistical model of the dependence of beer turbidity on the norm of the enzyme preparation problem and the content of total soluble nitrogen has been developed.

Key words: colloidal stability, turbidity, beer wort, beer, alpha-acetolactate decarboxylase, proline-specific endoprotease, reverse (cold) turbidity, irreversible turbidity.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ПОНЯТТЯ СТІЙКОСТІ ПИВА ТА СПОСОБИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ. ВИДИ ПОМУТНІНЬ (аналітичний огляд).....	10
1.1 Біологічні помутніння.....	10
1.2 Способи підвищення біологічної стійкості пива.....	11
1.3 Колоїдні помутніння.....	14
1.4 Фізико-хімічна стабільність пива.....	15
1.5 Хімічний склад колоїдів пива.....	16
1.6 Роль кисню у формуванні колоїдів при зберіганні пива.....	19
1.7 Шляхи підвищення колоїдної стабільності пива.....	20
1.7.1 Вплив технології сусла на колоїдну стабільність пива.....	20
1.7.2 Застосування допоміжних матеріалів для підвищення колоїдної стійкості пива.....	28
1.8 Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів.....	34
1.9 Висновки, мета та завдання дослідження.....	39
2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	40
2.1 Програма проведення аналітичних та експериментальних досліджень.....	40
2.2 Об'єкти досліджень.....	40
2.3 Методи досліджень.....	41
2.4 Методики досліджень.....	41
3 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТА ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ MATUREX І BREWERS CLAREX (експериментальна частина)	44
3.1 Аналіз сировини.....	44
3.1.1 Дослідження фізико-хімічних показників охмеленого сусла.....	46
3.1.2 Дослідження фізико-хімічних показників молодого пива.....	46
3.2 Дослідження впливу альфа-ацетолактат декарбоксілази (Maturex) на фізико-хімічні показники під час приготування готового пива.....	46
3.3 Дослідження впливу пролін специфічної ендопротеази (Brewers Clarex) на фізико-хімічні показники під час приготування готового пива.....	51
3.4 Висновки.....	57
4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	58
5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	63
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	65
7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	71
8 ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78
ДОДАТКИ.....	81

					Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Зінченко О.І.				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Н. контролер						К	Р	7
Керівник	Кошова В.М.				НУХТ, ННІХТ, БПБВ ТБ 2-7М			
Зав. кафедри	Куц А.М.							

Перелік умовних позначень:

АЕС – атомна електростанція;
АЛДК – альфа-ацетолактат декарбоксилаза;
ЕДТО – етилдiamiнтетраоцтова кислота;
ЗІЗ – засіб індивідуального захисту;
ІП – індекс полімеризації;
КМЦ – карбоксиметилцелюлоза;
КНС – команда з надзвичайних ситуацій;
КП – команда порятунку;
НС – надзвичайна ситуація;
ОНГ – об'єкт народного господарювання;
ПБЕ – правила будови електроустановок;
ПВП – полівінілпірролідон;
ПВПП – полівінілполіпірролідон;
ПО – пастеризаційна одиниця;
ППО – протиповітряна оборона;
ПУЕ – правила влаштування електроустановок;
ПФЕ – повний факторний експеримент;
РВВС – районне відділення внутрішніх справ;
ТЕБ – техногенно-екологічна безпека;
ФП – ферментний препарат;
ФС – фенольні сполуки;
ЦЗ – цивільний захист;
ЦЗН – цивільний захист населення;
ЦКТ – циліндро-конічний танк.

ВСТУП

Актуальність проблеми. З кожним роком в Україні збільшується випуск експортного пива, це зумовлене тим, що якість пива за останні роки стала набагато вищою і вже може створювати конкурентоспроможність іноземному виробнику. Але існує ще безліч проблем які необхідно вирішити для виготовлення високоякісного пива, яке б ставили в один ряд з кращими брендами світу. Одна з яких це підвищення колоїдної стійкості готового продукту.

Існує декілька основних способів підвищення колоїдної стійкості пива, їх можна умовно поділити на три групи: хімічні, адсорбційні, ферментативні.

Мета роботи: дослідити вплив на стійкість пива та визначити оптимальну кількість ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex.

Задачі дослідження:

- визначити показники якості сировини, що використовуватиметься для приготування пивного суслу та порівняти їх з нормативними значеннями;

- визначити фізико-хімічні показники пива та обрати оптимальну кількість дозування ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex, що дозволяє підвищити стійкість готового пива;

- дослідити органолептичні показники готового пива.

Об'єкт дослідження – технологія приготування пивного суслу і пива.

Предмет дослідження – ферментні препарати Maturex та Brewers Clarex.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень встановлено кількість задавання ферментних препаратів та удосконалену технологію готового пива стійкого до колоїдного помутніння. Кращим виявився ферментний препарат Brewers Clarex у кількості 2,5 г/гл.

Практичне значення одержаних результатів. На основі експериментальних і теоретичних досліджень обрано оптимальну кількість ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex для дозування в пивне сусло на початку головного бродіння з метою отримання пива стійкого до колоїдних помутнінь та високою органолептичною оцінкою.

Публікації. За час виконання магістерської роботи було опубліковано 2 статті в міжнародних наукових конференціях. Одна із публікацій за темою магістерської роботи. Де було викладено основний зміст представленої роботи.

Апробація. Дослідження даної роботи було представлено на міжнародній конференції у Мюнхені. Апробували дані дослідження на підприємстві ПрАТ «Карлсберг Україна» в місті Київ.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 41 найменувань в тому числі 12 іноземними мовами. Робота виконана на 80 сторінках друкованого тексту, містить 27 таблиць і 20 рисунків.

1 ПОНЯТТЯ СТІЙКОСТІ ПИВА ТА СПОСОБИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ. ВИДИ ПОМУТНІНЬ (аналітичний огляд)

Пиво являє собою складну колоїдну систему. Причиною появи мутності у пиві є колоїдні частинки, які розчиняються у ньому та мають різні розміри - від 0,01 до 3 і більше мкм.

Поява осадів під час зберігання пива відбувається через укрупнення розмірів частинок у результаті їх зіткнення, конденсації (окислення) і полімеризації. Крім того, внаслідок дегідратації деяких колоїдних сполук збільшується їх заряд і відбувається взаємодія часток, що несуть різний заряд, в результаті чого утворюється помутніння. Прискорити процес помутніння пива можуть механічний та температурний впливи.

На колоїдну стабільність пива впливає багато факторів. Склад пива визначається хімічним складом використовуваної сировини: солодом, несолодженими матеріалами, хмелем і водою. Науково обгрунтовані технологічні режими отримання суслу і пива, а також технологія фільтрування та стабілізації дозволяють підвищити стабільність пива.

Виділяють два типи помутніння: холодне (зворотне) і незворотне. Показником холодної нестабільності пива є поява мутності при охолодженні пива. Визначають його як помутніння при температурі 0°C, яке має зникати за температури 20°C.

До складу осадів, що утворюються за низьких температур, входять частинки з молекулярною масою від 10 до 100 кДа. Розмір частинок холодного помутніння коливається від 0,1 до 1,0 мкм. Майже завжди їх форма має вигляд кулі.

Слабкими зв'язками між низькомолекулярними фенольними сполуками і білками пива пояснюють зворотне помутніння. Появу незворотного помутніння пов'язують з тим, що крім водневих зв'язків між деякими сполуками пива можуть виникати міцні ковалентні зв'язки, що не будуть руйнуватися при нагріванні [7, 10].

1.1 Біологічні помутніння

Біологічне помутніння і способи підвищення біологічної стійкості пива.
Біологічне помутніння може виникати у результаті розвитку в пиві бактерій, дріжджів і цвілевих грибів.

Бактеріальна мікрофлора представлена грам-позитивними бактеріями *Lactobacillus*, *Pediococcus*; грам-негативними оцтовокислими бактеріями *Acetomonas* і *Acetobacter*; та бактеріями групи кишкової палички *Klebsiella* і *Escherichia*. Більше 80% інфікуючої бактеріальної мікрофлори припадає на молочнокислі бактерії.

Дріжджова мікрофлора представлена культурними і дикими дріжджами. До диких дріжджів належать усі дріжджі, що відрізняються від основної виробничої культури.

У разі розвитку в пиві молочнокислих бактерій спочатку спостерігається утворення помутніння у вигляді шовковистої плівки, яка надалі через зниження мутності напою утворює білий осад бактерій. Смак і аромат пива різко змінюється: він набуває діацетилового маслянистого запаху й смаку з відтінками фруктового запаху.

Під час інфікування пива оцтовокислими бактеріями відбувається швидке закисання і помутніння, з'являється неприємний, різкий оцтовий запах. Деякі штами цих бактерій можуть утворювати декстрин, який надає пиву тягучості.

Помутніння, яке викликане культурними дріжджами, помітне в пиві у вигляді рясного зернистого осаду - дріжджових «горошин» і виникає швидко. Пиво при відокремленні від осаду майже не змінює своїх властивостей.

Дикі дріжджі утворюють помутніння, яке осідає дуже повільно з утворенням легкого пластівчастого осаду. Викликане дикими дріжджами помутніння може взагалі не осідати. Пиво набуває сірчистого, фенольного запаху [9, 10, 16, 28].

1.2 Способи підвищення біологічної стійкості пива

Санітарно-гігієнічний стан виробництва є основним чинником, який визначає біологічну стійкість пива. На санітарно-гігієнічний стан підприємства перш за все впливає правильно організована мийка і дезінфекція обладнання і комунікацій з використанням високоефективних миючих та дезінфікуючих засобів. Підвищити біологічну стійкість дозволяє також виключення на всіх етапах виробництва застою напівпродуктів і пива в ємностях та трубопроводах, високий ступінь зброджування пива та обмеження доступу до нього кисню повітря. Суворий мікробіологічний контроль виробництва відіграє важливу роль у справі забезпечення високої біологічної стійкості пива.

До спеціальних способів підвищення біологічної стійкості пива належать пастеризація, знепліднююча фільтрація, електро - фізичні методи обробки пива і використання консервантів.

Пастеризація пива. З метою запобігання розвитку в пиві мікроорганізмів його підігрівають до високої температури (63-74°C) і витримують якийсь час – пастеризують, при цьому гинуть вегетативні форми мікроорганізмів. Окремі мікроорганізми відрізняються термостійкістю. Культурні дріжджі відмирають за 5 хвилин при температурі 54°C, дикі - за 5 хвилин при 56°C, молочнокислі бактерії - за 10 хвилин при 58°C, педіококи - за 10 хвилин при 56°C, а спори дріжджів гинуть при витримці протягом 15 хвилин при температурі 64°C. Чим вищою є температура, тим менше потрібно часу для знищення мікроорганізмів.

Ефект знищення мікроорганізмів при пастеризації оцінюють в умовних пастеризаційних одиницях - ПО. Під пастеризаційною одиницею розуміють біологічний ефект від теплової обробки пива при температурі 60°C протягом 1 хвилини.

$$ПО = T \times 1,393^{t-60}$$

де T - тривалість пастеризації, хв.;

t - температура пастеризації, °C.

Для отримання біологічно стійкого пива достатньо 12-25 ПО. Проте необхідна величина ПО залежить від ступеня інфікування пива і досягає зазвичай 30 і більше ПО. Переймаючись необхідною величиною ПО і температурою пастеризації, за формулою можна розрахувати необхідний час витримки.

У результаті нагрівання відбувається зміна властивостей пива. Під час реакції меланоїдиноутворення воно темніє, з'являється хлібний смак і запах. Пастеризоване пиво залишається схильним до колоїдних помутнінь, оскільки високі температури порушують стійкість колоїдної системи пива і сприяють коагуляції білків. Зважаючи на це пастеризації піддають пиво, яке приготовлене за спеціальною технологією: використовують тільки добре розчинений солод з екстрактивністю не нижче 78%; вода повинна відповідати вимогам пивоваріння; затирання проводять відварними способами, не використовуючи низькоекстрактивні промивні води; при кип'ятінні суслу з хмелем застосовують високоякісний хміль і білкові осаджувачі; глибоко зброджують сусло на стадії головного бродіння; застосовують тривале доброджування; використовують адсорбенти білка і поліфенольних речовин на стадії доброджування і фільтрування; в готове пиво вносять антиоксиданти.

Для пастеризації пива застосовують тунельні і пластинчасті пастеризатори. У тунельних пастеризаторах відбувається оброблення пива, котре розлите в пляшки і банки, тому повністю відпадає ймовірність розвитку в ньому мікрофлори при зберіганні. Проте процес теплообміну в таких пастеризаторах менш ефективний, ніж в пластинчастих, і вони вимагають великих виробничих площ.

Пастеризатор складається з довгого металевого корпусу, всередині якого безперервно рухається ланцюгової пластинчастий конвеєр. У нижній частині пастеризатора знаходяться нагрівальні водяні резервуари, в кожному з яких вода нагрівається до певної температури за допомогою парового змійовика. У верхній частині розташовані резервуари з сітчастим дном, вода з яких виливається на пляшки у вигляді душі. Пастеризатор забезпечений насосами для подачі води з нагрівальних ванн в зрошувальну систему.

Рухаючись усередині пастеризатора, пляшки проходять наступні зони: нагрівання, пастеризації та охолодження, де зрошуються водою певної температури. У першій зоні 10 хвилин пляшки обробляються водою температурою 45°C. У другій зоні пляшки зрошуються водою температурою 65°C 30 хвилин (10 хвилин - підігрів; 20 хвилин - пастеризація). У наступних трьох зонах 20 хвилин йде охолодження пляшок за допомогою обробки їх водою температурами 45, 35, 25 °C [14, 16].

Пастеризація в потоці. У цьому разі пиво нагрівається в пластинчастому теплообміннику до температури 68 - 72°C, яка витримується 50 с, а потім пиво знову охолоджується.

Пастеризація в потоці гарантує біологічну чистоту лише пива. За сучасними даними, 50% чужорідних мікроорганізмів потрапляють в пиво в якості вторинної інфекції, тобто на «шляху до пляшки». Тому потокова пастеризація не дає гарантії одержання пива високої стійкості.

Таким чином, пастеризація в потоці пред'являє серйозні вимоги до чистоти пляшок і машин лінії розливу. Попри це, в даний час пастеризація в потоці - найпоширеніша форма біологічної стійкості пива, як в пляшки, так і в кеги [9, 16].

Електрофізичні способи підвищення біологічної стійкості. До електрофізичних способів належать вплив на пиво електромагнітних полів високих і надвисоких частот, імпульсних електричних полів, ультрафіолетовими і інфрачервоними променями, ультразвуком. При використанні електрофізичних способів значно підвищується стійкість пива і практично не змінюється його якість, але вони не набули широкого поширення [9, 16].

Застосування консервантів. Запобігти розвитку в пиві мікроорганізмів можна шляхом додавання в нього різних хімічних речовин - консервантів. Консервантами можна надавати бактерицидну і фунгіцидну (знищення бактерій і грибів) або бактеріостатичну та фунгістатичну (уповільнення росту і розмноження бактерій і грибів) дії. Негативний вплив консервантів на мікроорганізми може пов'язати з порушенням ними нормальної функції клітинної стінки і цитоплазматичної мембрани, а також з блокуванням консервантами окремих ферментів. Консерванти повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати тривалу біологічну стабільність пива;
- не накопичуватися в організмі людини і не ставати токсичними при споживанні пива протягом тривалого часу;
- не чинити шкідливого впливу на шлунково-кишкову мікрофлору людини;
- не чинити негативного впливу на смак, аромат і колір пива;
- легко піддаватися кількісному і якісному визначенню для контролю за його вмістом.

Для стабілізації пива можна використовувати наступні консерванти: 5-нітро-фурілакролеїнову кислоту (5-15 мг/дм³), ніртан (до 60 мг/дм³), діетаноламід лауринової і міристинової кислот (до 50 мг/дм³), естери парагідрооксибензойної кислоти (до 300 мг/дм³), а також етилендіамінтетраоцтову кислоту.

До недавнього часу у вітчизняному пивоварінні консерванти не застосовувалися. Проте в останній час на деяких заводах використовується препарат «Метабісульфіт калію» в якості антиоксиданту-консерванту. Його антимікробна дія пов'язана з виділенням сірчистого ангідриду, який має високу віднову здатність та інгібує дегідрогенази мікроорганізмів. Метабісульфіт калію дозують у пиво у вигляді водного розчину 1:10 перед заключною фільтрацією в кількості 2-4 г/гл.

Знепліднююча фільтрація. З метою видалення мікроорганізмів з пива використовують знепліднюючу фільтрацію за допомогою картону та мембран. Зберігання його властивостей відбувається завдяки відсутності теплової дії на пиво. Метод холодного стерильного фільтрування є найбільш сучасним і перспективним способом підвищення біологічної стійкості пива.

Знепліднюючу фільтрацію проводять після попереднього фільтрування пива на діатомітовою фільтрі. Найпростіша схема включає діатомітовий фільтр і пластинчастий фільтр з використанням стерилізуючого картону. На сучасних заводах після діатомітового фільтру встановлюють кілька мембранних фільтрів зі

зростаючою тонкістю фільтрування. Розмір пор мембран останнього стерилізуючого фільтра становить 0,45-0,50 мкм [9].

1.3 Колоїдні помутніння

Холодне помутніння (зворотне). Причиною появи помутніння У свіжому пиві при його охолодженні виникає помутніння, оскільки в ньому існує взаємозв'язок низькомолекулярних фенольних сполук з кислими білками пива. Також за низьких температур відбуваються процеси дегідратації колоїдних частинок і утворення колоїдів з різними зарядами. Найбільше це стосується поліпептидів і полісахаридів, які в подальшому адсорбуються на поліфеноли.

Під час підвищення температури спостерігається руйнування утворених комплексів, оскільки поліфеноли і поліпептиди пов'язані між собою нестійкими водневими зв'язками. Зміна колоїдного складу пива відбувається при збільшенні концентрації етанолу, при цьому відбувається зміна співвідношення між колоїдними частинками різної хімічної природи. Так, спостерігається збільшення частки поліфенольної і полісахаридної фракцій, в той час як кількість поліпептидів в осадах зменшується. Ця залежність зображена на рис.1.1 [9, 10, 16].

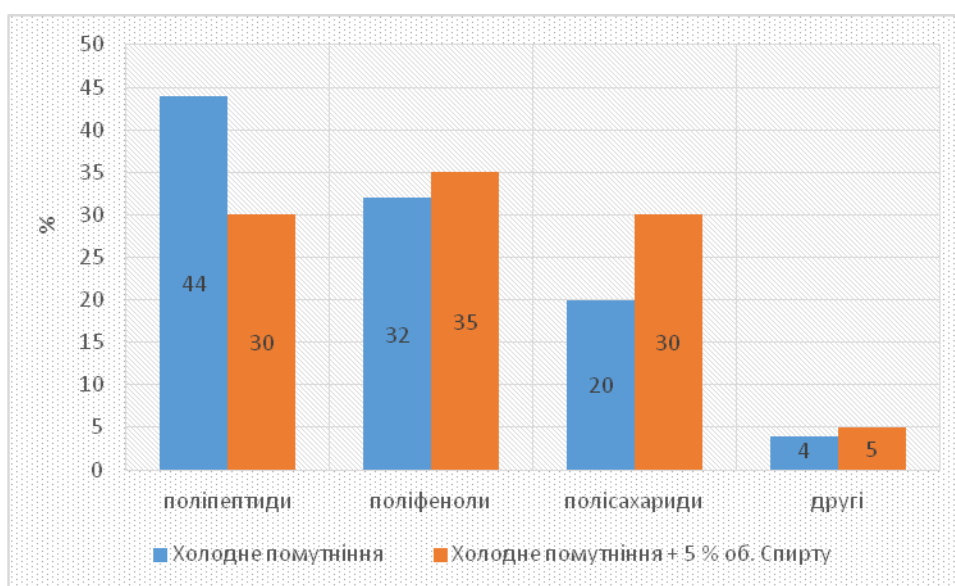


Рис. 1.1. Вміст сполук, що входять в холодне помутніння, з масовою часткою сухих речовин 12% (4,5% етанолу) і пива, в яке додатково внесено 5% етанолу

Незворотне помутніння. Незворотне помутніння виникає при зберіганні пива та не зникає при температурі 20°C. У цьому разі має місце утворення як множинних водневих зв'язків між високомолекулярними сполуками, так і міцних ковалентних зв'язків. Розмір частинок незворотного помутніння вище, ніж у зворотного, і коливається від 1 до 10-20 мкм.

Поява стійкого помутніння прискорюється, якщо збовтувати пиво і зберігати при високих температурах: вище 12°C - для непастеризованого пива і вище 20°C - для пастеризованого.

При нагріванні пива до температури 40 - 70°C спостерігається розчинення великої частини незворотних помутнінь. Цей тип помутніння пов'язаний з полімеризацією флавоноїдів шляхом окисної конденсації, тобто з утворенням високомолекулярних фенольних сполук – таноїдів. Вони зв'язуються з білками не тільки за допомогою водневих зв'язків, а й за допомогою гідрофобних та іонних зв'язків, які не руйнуються при нагріванні.

Вміст сполук, що входять в незворотне помутніння, становить від 6,6 до 14,6 мг/дм³. Хімічний склад осаду може значно відрізнятися в різних зразках пива (табл. 1.1). Ці коливання залежать від якісних характеристик сировини і технології виробництва пива [10, 24, 23].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад незворотного помутніння

Зразок пива	Хімічні сполуки, % від сухих речовин осаду			
	Білки	Фенольні сполуки	Вуглеводи	Мінеральні речовини
1	58-77	15-75	2-13	2-14
2	40-76	20-55	–	–
3	45-67	20-30	–	1-3
4	40-46	–	2-4	1-4

1.4 Фізико-хімічна стабільність пива

Помутніння пива відбувається через наявність у ньому колоїдних частинок, розмір яких менше 10 мкм, дріжджів і бактерій (табл.1.2). Якщо порушити цілісність фільтруючого шару, то після фільтрування в пиві буде виявлено кізельгур, силікагель та інші допоміжні матеріали, що застосовуються при виробництві продукту. Розмір цих часток перевищує розмір колоїдних частинок [10].

Таблиця 1.2 - Розмір колоїдних частинок, мікроорганізмів і допоміжних матеріалів у пиві

Частинки	Розмір, мкм
Кізельгур	2 – 60
Перліт	2 – 60
Силікагель	5 – 20
Полівінілполіпірролідон (ПВПП)	5 – 400
Агароза	40 – 300
Білково-дубильні комплекси при зворотному помутнінні	0,1 – 1,0
Білково-дубильні комплекси при незворотному помутнінні	1 – 10
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4,5 – 1,0×3,5 – 7,0
<i>Saccharomyces pastorianus</i>	6,5 – 16×3,0 – 4,5
<i>Lactobacillus casei</i>	1,8 – 5,0×0,2 – 0,4
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	0,5 – 1,5

Зміна показника мутності відбувається постійно від стадії до стадії (табл. 1.3). У суслі знаходиться багато зважених часток, які можна виявити візуально. Ще більше зростання мутності відбувається при бродінні, особливо в початковий період розброджування сусла. Пиво стає прозорим після колоїдної стабілізації і фільтрування [10, 30].

Таблиця 1.3 – Мутність сусла і пива на різних стадіях технологічного процесу

Продукт	Місце відбору проби	Мутність, од. ЕВС
Сусло	На початку процесу фільтрування	2 - 20
	Під час фільтрування	5 - 50
	В кінці процесу фільтрування	5 - 20
Охмелене сусло	Під час освітлення пива в вірпулі	20 - 300
	Після охолодження	20 - 200
Концентрат дріжджів	Насіннєві дріжджі (3 – 5 млрд. клітин/см ³)	Більше 1000
	З осаду в конусі ЦКТ	Більше 500
	На межі пиво/дріжджі в конусі ЦКТ (концентрація дріжджів близько 500 млн. клітин/см ³)	Близько 500
Пиво	В процесі бродіння	100 - 500
	Молоде	20 - 200
	Перед фільтрацією (концентрація дріжджів близько 5 млн. клітин/см ³)	5-50
	Після сепаратора (концентрація дріжджів менше 0,05 млн. клітин/см ³)	Близько 10
	Після фільтрування	0,2 - 0,5
	Після розливу (концентрація дріжджів від 10 до 100 клітин/см ³)	0,2 - 0,5
	Старе/окислене (до кінця терміну зберігання)	До 2,5

1.5 Хімічний склад колоїдів пива

Білки. Білки і продукти їх гідролізу (поліпептиди, амінокислоти) є найбільш поширеною причиною виникнення помутніння є білки і продукти їх гідролізу. Загальна їх кількість в осаді може досягати 44%. Ці сполуки мають високу молекулярну масу (понад 30 кДа). Вони є продуктами гідролізу білків, що містяться в солоді і несолоджених матеріалах. До цих речовин відносяться прості

(протеїни) і складні (протеїди) білки. Залежно від хімічної природи простетичної групи дані білки поділяються на глікопротеїди, ліпопротеїди, хромопротеїди і нуклеопроотеїни. У колоїдному помутнінні виявлено глікопротеїди з молекулярною масою 16,5 і 30,7 кДа, які є кислими білками.

На вміст простих білків в солоді впливає їх кількість в ячмені і технологія солододорощення. Рівень даних речовин в пивоварному ячмені становить 10 - 11,5%. Це альбуміни, глобуліни, проламіни і глютеліни. Найбільший вплив на колоїдну стійкість пива має β -глобулін, який містить максимальну кількість сірки (-SH груп), а також σ - і ϵ -фракції проламіни, які входять до складу зворотного і незворотного помутніння пива. Присутність деяких амінокислот (пролін, глютамінова кислота, метіонін) також є причиною колоїдної нестабільності пива [10, 16].

Фенольні сполуки. Пиво містить мономерні і полімерні фенольні сполуки. З мономерних сполук важливе значення мають флавоноїди, які відрізняються один від одного ступенем окислення, кількістю і розташуванням в молекулі гідроксильних груп, а також ступенем їх метилювання. Залежно від ступеня окиснення (або відновлюваності) дані з'єднання діляться на 10 основних підгруп, серед яких виділяють - катехіни (флавані-3-оли), лейкоантоціанідини (флавані-3,4-діоли), антоціанідини, флавоноли.

Катехіни можуть легко окислюватися як шляхом аутооксидації (самоокислення), так і шляхом ферментативного окислення за допомогою оксидоредуктаз (наприклад, поліфенолоксидази солоду). У результаті утворюється флорафен, який має червоний колір, і приємний слабо терпкий присмак. Катехіни також схильні до полімеризації.

Лейкоантоціанідини або антоціаногени окислюються значно легше катехінів. Вони здатні розчинятися у воді і легко конденсуватися з катехінами. При нагріванні з соляною кислотою лейкоантоціанідини переходять в антоціанідини (дельфінідина, цанідин і пеларгонідин). Лейкоантоціанідини (антоціаногени) знаходяться в алейроновому шарі. Їх кількість зростає зі збільшенням вмісту білка в ячмені і, зокрема, його гордеїнової фракції.

Флавоноїди, попри свою високу молекулярну масу, не володіють дубильними властивостями. Через це вони не беруть участь в утворенні гарячих суспензій при кип'ятінні суслу. Такими властивостями володіють полімерні фенольні сполуки [14, 30].

З полімерних з'єднань важливе значення мають таніни - складні ефіри ароматичних кислот і фенолів. Їх молекулярна маса становить 600-3000 Да. Дані речовини надають дегідратуючий вплив на протеїни. У результаті чого утворюються комплекси білок-поліфеноли (білководубильні комплекси). Вони також здатні зв'язувати полісахариди з утворенням нерозчинних комплексів. Дубильні речовини поділяються на гідролізуючі та негідролізуючі (конденсовані).

Гідролізуючі дубильні речовини під час кислотного гідролізу розпадаються з утворенням більш простих з'єднань. Серед них виділяють галотаніни, елаготаніни і нецукрові естери карбонових кислот. Негідролізуючі дубильні речовини є полімерами або сополімерами катехінів і антоціанідинів. Високо конденсовані

дубильні сполуки (таніни) через велику молекулярну масу потроху випадають в осад при доброжуванні пива, захоплюючи з собою білки і полісахариди [16].

У пивоварінні також приділяють увагу таноїдам. Це середньомолекулярні поліфенольні сполуки, які утворюють осад з полівінілпіролідом (ПВП). Вміст таноїдів становить (мг ПВП / 100 г): в ячмені 10 – 30, солоді 20 - 60, пиві 0 - 60, хмелі 40 - 80 [9, 23].

До складу поліфенольної фракції мутності входять високо конденсовані й полімеризовані фенольні сполуки, що мають дубильні властивості, а також таноїди. До складу осаду входять білково-дубильні комплекси, які утворюються за рахунок слабких водневих зв'язків, більш міцних гідрофобних зв'язків, за які відповідають пролін і глютамінова кислота, а також іонних зв'язків, наприклад, через аміногрупу лізину. При одержанні суслу вміст димеризованих фенольних сполук буде зростати зі збільшенням тривалості процесу й у сумі складає 60 - 100 мг/см³. Після завершення кип'ятіння ще залишається близько 10 мг/см³ проціанідинів. У процесі бродіння та доброджування вміст димерів продовжує знижуватися [10, 23].

Існує тісний взаємозв'язок між колоїдною стабільністю пива і вмістом у ньому фенольних сполук. Основними носіями фенольних сполук є солод і несолоджені матеріали, перш за все ячмінь, і хміль. При цьому під час приготування пивного суслу, при бродінні, дозріванні та доброжуванні пива значна частина фенольних сполук видаляється з дріжджами.

Полісахариди. У колоїдних осадах виявляють β -глюкан, α -глюкан і пентозани. Їх кількість може досягати 30% від маси осаду. Основна їх частина надходить в пиво з солоду і несолоджених зернових продуктів (ячменю, рису або кукурудзи). Крім того, дріжджі також можуть бути причиною збільшення α -глюканів у пиві, тому що при автолізі клітин частина глікогену може виявитися в пиві [10].

β -Глюкани входять до складу геміцелюлози, яка входить до складу клітинної стінки всіх морфологічних структур ячменю. Найбільше β -глюкану в клітинах ендосперму (до 70%).

Кількість глюкану в пиві залежить від сорту ячменю. Сучасні сорти пивоварного ячменю містять приблизно однакову кількість β -глюканів (4,0-4,5%). Залежно від якісних характеристик ячменю, режиму замочування, пророщування і сушіння рівень β -глюкану в конгресному суслі, масова частка сухих речовин якого складає 8,6%, може змінюватися від 100 до 870 мг/см³ [30].

Під час пророщування ячменю руйнується значна частина клітинних стінок. Цьому сприяють цитолітичні ферменти, активність яких зростає при солодоращенні. Проте кількість β -глюкану в суслі також може зрости, якщо солод недостатньо розчинений і має високий рівень геміцелюлози. В цьому випадку при затиранні, в результаті дії термостабільного ферменту β -глюкану солубілази, триває розщеплення клітинних стінок і підвищення вмісту β -глюкану в суслі [24].

Концентрація пентозанів у суслі коливається в широких межах і не залежить від екстрактивних речовин в солоді. Кількість пентозанів визначається сортом

ячменю і взаємопов'язана з показниками солоду, які характеризують його цитолітичне розчинення [30].

α - Декстрини утворюються при гідролізі крохмалю солоду і злаків, які використовуються в якості несолоджених матеріалів.

У разі несвоєчасного зняття дріжджів з пива при його бродінні може посилюватися автоліз дріжджових клітин, який впливає на вміст глікогену у готовому продукті [10].

Іони металів. Вміст осадів, що виявляються в пиві, містить іони різних металів. Деякі з них (Cu^{+1} , Fe^{+2} , Al^{+2} , Zn^{+2}) ініціюють конденсацію поліфенолів. Іони цинку обумовлюють цинкове помутніння, іони міді і заліза беруть участь в утворенні метало-білкових помутнінь. У помутнінні, яке виникає при високій температурі (при пастеризації), виявляються іони міді та заліза [9].

Джерелами іонів металів є: солод, несолоджені матеріали, хміль, фільтрувальні матеріали, як – от кізельгур, в якому може міститися до 1,5% іонів заліза і 4,0% іонів алюмінію [10, 16].

Оксалати. Оксалати здатні знижувати фізико-хімічну стабільність пива. Основним джерелом оксалатів є солод, тому що при замочуванні і пророщуванні ячменю активізуються процеси дихання, перебіг яких пов'язаний з дією циклу трикарбонових кислот. Чим більше в ячмені накопичується оксалоацетату, тим інтенсивніше відбувається дихання.

Для зменшення концентрації солей щавлевої кислоти в затір додають солі кальцію хлориду або кальцію сульфату. Для зниження рівня оксалатів у пиві в сусло додають таку кількість іонів кальцію, щоб їх вміст перевищував концентрацію оксалатів у 5 разів, але при цьому концентрація іонів кальцію в суслі повинна залишатися в межах 40-50 мг/см³. Нерозчинний оксалат кальцію видаляється при фільтруванні затіру (з дробиною), з білковим відстієм у «вірпулі», а також з дріжджами, на яких він адсорбується в процесі бродіння [16, 23].

Зменшення концентрації оксалатів в пиві дозволяє підвищити його фізико-хімічну стабільність й запобігає мимовільному спінюванню напою при відкупорюванні пляшки [24].

1.6 Роль кисню у формуванні колоїдів при зберіганні пива

З окисно-відновними процесами пов'язана зміна мутності пива при його зберіганні. У них беруть участь різні хімічні сполуки і розчинений в пиві кисень. При цьому в результаті окисно-відновних реакцій деякі сполуки переходять з окисленого стану в відновлений, а інші навпаки, з відновленого в окислений. На інтенсивність цих реакцій впливає концентрація кисню в пиві, який визначає розмір окисно-відновного потенціалу.

Зважаючи на виняткову важливість кисню в стабільності смаку і колоїдної стійкості пива, під час його виробництва виключається контакт продукту з повітрям на всіх етапах виробництва, окрім процесу аерації сусла перед бродінням. У результаті в готовому пиві міститься кисню менше 0,1 мг/см³, а значення редокс-потенціалу знаходиться в межах від 9 до 11 од. [10].

Окислювальні процеси можуть проходити за відсутності кисню. Вони пов'язані з утворенням перекису водню. Так, пероксид водню синтезується при гідролізі окислених раніше поліфенолів. При цьому окислення фенольних сполук супроводжується підвищенням показника кольору пива. Цей процес стимулюється вуглеводами, що містяться в пиві [16].

Також причиною окисно-відновних реакцій в продукті може бути світло, зокрема його ультрафіолетовий спектр. Тому в разі зберігання пива в пляшці з матеріалу, який пропускає УФ промені, його стійкість падає [23].

При підвищенні антиоксидантних властивостей пива спостерігається зростання його фізико – хімічної стабільності. Природними антиоксидантами пива є продукти реакції Майєра, яка протікає при сушінні солоду і кип'ятінні сусла з хмелем. Також роль антиоксидантів виконує діоксид сірки, який утворюється в результаті життєдіяльності дріжджів [23].

Фенольні сполуки беруть активну участь в окисно-відновних реакціях, в результаті яких утворюються колоїдні осади. Через це при виробництві пива передбачаються технологічні операції, спрямовані на зниження найбільш реакційно активних сполук, до яких відносяться антоціаногени і таноїди.

1.7 Шляхи підвищення колоїдної стабільності пива

Можна виділити наступні напрямки в підвищенні колоїдної стабільності пива [23]:

- застосування сировини з низьким вмістом сполук відповідальних за колоїдне помутнення;
- використання технологічних режимів в процесі отримання сусла і пива, спрямованих на зменшення вмісту в продукті білків, полісахаридів, поліфенолів, оксалатів, кисню;
- застосування протеолітичних і амілолітичних ферментів, які здійснюють гідроліз білків і полісахаридів до з'єднань з меншою молекулярною масою;
- інтенсифікація процесу бродіння і своєчасне видалення дріжджів;
- доброджування пива при низьких температурах;
- фільтрування пива з використанням марок кізельгуру з різною проникністю;
- застосування адсорбентів, що видаляють з пива нестійкі високомолекулярні сполуки білкової і фенольної природи, а також їх комплекси;
- оптимізація режиму фільтрування, спрямована на наукове обґрунтування співвідношення між окремими фракціями кізельгуру і адсорбентів при намиванні;
- зниження кисню в пиві.

1.7.1 Вплив технології сусла на колоїдну стабільність пива

Вимоги до якості солоду. Усі показники, що характеризують якість солоду, впливають на сенсорний профіль пива, його смакову і колоїдну стабільність.

Компенсувати порушення, які було допущено при солодоращенні, можна застосуванням ферментних препаратів та різних адсорбентів. У табл. 1.4 наведені показники якості солоду, що впливають на колоїдну стабільність пива [10].

Таблиця 1.4 - Показники якості солоду, які впливають на колоїдну стабільність пива

Показники	Значення в технології
1	2
Екстрактивність солоду	Визначає вихід екстракту у варильному відділенні, побічно впливає на колоїдну стабільність пива
Масова частка білка	Перевищення норм знижує вихід сусла у варильному відділенні, підвищує витрати на стабілізацію пива. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Величина рН	Визначає швидкість ферментативних процесів при затиранні і буферні властивості сусла. Побічно впливає на колоїдну стабільність пива
Колір	Вказує на колір пива і орієнтує на певний тип пива (світле, напівтемне, темне). Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Колір після кип'ятіння	Визначає інтенсивність термічного навантаження при кип'ятінні сусла з хмелем. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Ознаки цитолітичного розчинення	
Різниця масових частин екстракту тонкого і грубого помелу	Вказує на інтенсивність цитолізу, вихід екстракту, фільтрацію сусла і пива. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Показник по фріабіліметру	Може замінити показник різниці масових часток тонкого і грубого помелу. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Склоподібні зерна	Дають уявлення про кількість непророщених зерен в солоді. Безпосередньо впливають на колоїдну стабільність пива
β -глюкан	Часто є причиною поганої фільтрації сусла і пива. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Гомогенність зерен	Дає уявлення про рівномірність розчинення солоду. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива

1	2
Протеолітичні процеси	
Розчинний азот	Визначає фізико-хімічну і смакову стабільність пива. Впливає на якість піни. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Число Кольбаха	Вказує на інтенсивність протеолізу. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Вільний аміний азот (FAN)	Визначає сенсорний профіль пива і його колір. Впливає на смакову стабільність. Побічно впливає на колоїдну стабільність пива
Число Хартонга	Визначає активність протеолітичних ферментів. Безпосередньо впливає на колоїдну стабільність пива
Активність амілолітичних ферментів	
Діастатична сила	Визначає тривалість оцукрювання і кінцеву ступінь зброджування. Побічно впливає на колоїдну стабільність пива
Видимий ступінь зброджування	Визначає інтенсивність процесів, пов'язаних з життєдіяльністю дріжджів. Побічно впливає на колоїдну стабільність пива

Вплив несолоджених матеріалів. Для підвищення колоїдної стійкості пива рекомендується використовувати несолоджені матеріали, які містять менше білків глобулінів, геміцелюлози і клітковини. Значно знижує вміст чутливих білків і фенольних сполук у пиві заміна 40% солоду мальтозним сиропом. Якщо використовувати як несолоджений матеріал ячмінь для отримання колоїдно-стійкого продукту, то необхідно використовувати різні допоміжні матеріали: ферменти, адсорбенти білка і фенольні сполуки.

Вплив технології бродіння на колоїдну стійкість пива. Колоїдна стійкість пива залежить від конструктивних особливостей бродильних танків і визначається складом сусла, технологією бродіння і фізіологічним станом дріжджів. Основні зміни колоїдної системи сусла, яке бродить, при ферментації пов'язані з адсорбцією зважених часток на поверхні дріжджів і їх седиментацією з флокулюючими клітинами.

Кількість частинок, які адсорбовані на клітинах, визначається поверхневим потенціалом дріжджів. Поверхневий потенціал - це потенціал поверхні мембрани. Величина його залежить від кількості «противоіонів» і товщини шару молекул води, які пов'язані з поверхнею клітин мембрани, що знаходяться в пиві, яке бродить. Живі дріжджі мають негативний поверхневий потенціал. Зважені колоїдні частинки можуть бути заряджені як позитивно, так і негативно [10, 16, 23, 24].

Активация поверхневого потенціалу клітин відбувається в присутності кисню. В процесі бродіння відбувається зниження величини рН середовища. Одночасно з цим падає поверхневий потенціал клітин і починаються процеси флокуляції та седиментації (осадження) дріжджів. Додаткове зменшення потенціалу клітин відбувається за рахунок адсорбції зважених часток на їх поверхні. Визначення середнього розміру адсорбованих на поверхні дріжджів частинок показало, що вони знаходяться в діапазоні 0,1-1,0 мкм. Середній розмір колоїдних частинок при використанні традиційних технологій становить менше 0,5 мкм (зазвичай 0,31-0,39 мкм). Зміна вмісту великих часток (1-3 мкм) в період бродіння пива не відбувається. Вони починають осідати під час колоїдної стабілізації пива при температурі -1,5 °С, тобто починаючи з 6 - 8 доби бродіння [10].

Аналіз хімічної природи зважених часток ініціальної мутності показав, що протягом бродіння відбуваються зміни поверхневого потенціалу та якісного складу зважених часток (табл. 1.5).

Склад поліпептидної фракції поступово знижується внаслідок коагуляції білків при зниженні величини рН пива, але головним чином через адсорбції колоїдів на поверхні дріжджів. Ці сполуки виявляються в воді, одержаній після промивання дріжджових клітин, знятих після ферментації. Вміст у зважених частинках фенольних сполук спочатку збільшується в результаті їх полімеризації, а потім поступово знижується через седиментацію. Частка частинок, до складу яких входять полісахариди, протягом бродіння істотно збільшується і в готовому пиві становить 57%, що пов'язано з властивостями самих декстринів як сильно гідратованих речовин. Але в «старому» пиві кількість частинок з полісахаридами падає практично до рівня суслу. Навпаки, в пиві значно зростає кількість частинок фенольної природи. Це пояснюється окисленням фенольних сполук, їх полімеризацією і кополімеризацією [10, 24].

Таблиця 1.5 - Кількість зважених часток ініціальної мутності, що містять поліпептиди, поліфеноли і полісахариди

Об'єкт дослідження	Кількість частинок, %		
	Поліпептиди	Поліфеноли	Полісахариди
Сусло з масовою часткою сухих речовин 12%	55	35	20
Пиво з ЦКТ (2 - 3 доба бродіння)	33	32	35
Пиво з ЦКТ (3 - 10 доба бродіння)	36	22	42
Змив дріжджів, знятих на 4 добу бродіння	71	12	17
Готове пиво	29	14	57

Співвідношення між фракціями колоїдних помутнінь в осадах може змінюватися залежно від фізіологічного стану насінневих дріжджів.

При використанні дріжджів з низькою фізіологічною активністю спостерігається збільшення кількості частинок, до складу яких входять білки і полісахариди. У результаті автолізу мертвих клітин зростає вміст полісахаридів (глікогену) і білків в пиві, а також утворюються нерозчинні комплекси внаслідок взаємодії фенольних сполук і тіаміну (вітаміну В₁), який виділяється з дріжджів при їх автолізі. Через це рекомендується для отримання традиційного пива застосовувати насінневі дріжджі не більше шести генерацій, а при веденні процесу бродиння в ЦКТ або застосуванні технологій щільного пивоваріння - не більше трьох генерацій.

Технологія сусла включає в себе подрібнення солоду і несолоджених матеріалів, затирання зернопродуктів, фільтрування затору, його кип'ятіння з хмелем, видалення гарячих і холодних суспензій, аерацію охмеленого сусла.

Подрібнення. Мутність сусла і вміст у ньому речовин, що визначають колоїдну стійкість пива, залежить від співвідношення фракцій помелу (табл. 1.6).

Склад помелу визначається:

- ступенем розчинення солоду;
- вологістю солоду;
- способом подрібнення;
- розміром частинок. Чим тонший помел, тим вищий вміст поліфенолів і білків в суслі [9, 16].

Таблиця 1.6 - Вміст білку і таноїдів в різних фракціях помелу солоду

Показник	Загальний помел	Фракція помелу				
		Оболонка	Груба крупка	Тонка крупка	Борошно	Пудра
Фракція помелу, % від загального помелу	100,0	27,6	15,3	36,1	6,6	14,4
Білок, % в розрахунку на сухі речовини (СР)	11,1	12,4	11,9	22,0	13,4	7,6
Таноїди, мг ПВП/100 г СР	22,0	12,0	32,0	41,0	24,0	12,0

Вимоги до складу помелу залежать від типу фільтраційного обладнання - використання фільтр-апарату або фільтр-преса (табл. 1.7) [10].

Таблиця 1.7 - Склад помелу для фільтраційного апарату і фільтр-преса

Фракція помелу	Діаметр отворів сита, мм	Помел, %	
		Фільтр-апарат	Фільтр-прес
Оболонки	1,27	18	11
Груба крупка	1,01	8	4
Дрібна крупка (фракція 1)	0,547	35	16
Дрібна крупка (фракція 2)	0,253	21	43
Борошно	0,152	7	10
Пудра	Піддон	11	16

Відомі технології сухого та кондиціонованого сухого подрібнення, подрібнення із замоченим кондиціонуванням. Від способу подрібнення залежать концентрації в суслі β -глюкану, фенольних з'єднань (антоціаногенів), й індекс полімеризації (відношення поліфеноли / антоціаногени), але не має впливу на вміст в суслі пентозанів.

Затирання. Перехід твердих частинок солоду в розчинний стан відбувається під час затирання. Основна частина компонентів солоду і зернових несолоджених матеріалів (крохмаль, геміцелюлози, білки) піддається ферментативному розщепленню. Ступінь гідролізу контролюється вибором способу затирання (настійний або відварний), температурного режиму, тривалістю затирання, величиною рН, гідромодулем затору [16, 30].

Фенольні сполуки. Під час затирання відбувається збільшення концентрації фенольних сполук (ФС) в суслі попри окислення їх поліфенол-оксидазою, яка проявляє високу активність протягом всього процесу (температура інактивації ферменту 85°C). Якщо затирання розпочинається при температурі 45°C, то окислення фенольних сполук каталізується пероксидазою (температура інактивації 65°C). Окислені фенольні сполуки осідають і не переходять в пиво.

Загальний вміст ФС в суслі підвищується, якщо для затирання використовується вода з високою залишковою лужністю. Лужність води впливає на індекс полімеризації (відношення поліфеноли / антоціаногени). Підвищення індексу полімеризації (ІП) ускладнює утворення білково-дубильного комплексу при кип'ятінні сусла з хмелем, а отже, виведення чутливих білків з сусла.

Для пива підвищення індексу полімеризації є позитивним фактором з точки зору підвищення його стабільності. Чим менше в готовому продукті міститься фенольних сполук, здатних реагувати з білками, тим вищою є колоїдна стійкість пива. Саме тому видалення фенольних сполук, зокрема антоціаногенів і танодів, сприяє підвищенню терміну зберігання пива більше 6 місяців. У той же час видалення білків гарантує фізико-хімічну стабільність пива не більше 3 місяців. Вплинути на концентрацію фенольних сполук у пиві можна на стадії затирання (табл. 1.8). Зниження величини рН затору і промивних вод до 5,2 значно (в 2 рази) знижує концентрацію реакціоно активних фенольних сполук [10, 30].

Таблиця 1.8 - Концентрація деяких компонентів в суслі і промивних водах в перерахунку на сусло з масовою часткою сухих речовин 12%

Компоненти	Концентрація, мг/см ³				
	Перше сусло	Промивна вода			Сусло перед кип'ятінням
		1-а	2-а	3-я	
Загальний азот	1130	1116	1093	1272	1027
Азот високомолекулярних білків	260	246	282	461	261
Вільний амінний азот	188	194	229	270	202
Поліфеноли	171	172	184	294	179
Антоціаногени	80	78	117	222	72

Білки. У процесі солододорощення гідролізу піддається близько 50% білків. При затиранні триває процес протеолізу, про який можна судити по зміні співвідношення між різними фракціями азотовмісних сполук.

Якщо затирання починати при температурі вище 52°C, то гідроліз білка практично не відбувається. Отже, співвідношення між фракціями азотовмісних речовин в суслі буде залежати від ступеня розчинення білків солоду, про який судять за числом Кольбаха.

Крім гідролізу білків при затиранні починається їх денатурація і коагуляція. Денатурація супроводжується втратою організованої структури молекули білків без порушень ковалентних зв'язків в них. Денатурації білків сприяє підвищення температури і веденню процесу затирання при величині рН нижче 5,6. У кислому середовищі деякі білки знаходяться в ізоелектричній точці та мають найменшу розчинність.

Під час денатурації білків руйнуються водневі зв'язку й дисульфідні містки, що визначають просторову структуру їх молекул. Це підвищує реакційну здатність молекул, в результаті чого утворюються комплекси між різними пептидами та іншими компонентами сусла, наприклад фенольними сполуками, і перш за все з таноїдами [30].

Полісахариди. При солододорощенні значна частина (до 70%) структурних полісахаридів гідролізується. У процесі затирання солоду в водний розчин переходять розчинні камедійні речовини, що мають молекулярну масу близько 400 кДа, і глюканодекстрини. При температурі від 60 до 65°C в результаті дії β -глюкан-солубілази в суслі знову зростає вміст β -глюканів і підвищується його в'язкість. При використанні погано розчиненого солоду вміст β -глюканів може зрости в 2,5 рази. Таким чином, вміст цього полісахариду в суслі залежить від цитолітичного розчинення солоду.

Фільтрування затору. Фільтрування затору включає в себе відділення першого сусла і вимивання гарячою водою (температура від 75 до 78°C) екстракту, що залишився у дробині. Промивання полягає в двох - або трьохразовому промиванні дробини водою. Кожна наступна промивна вода містить більше з'єднань, головним чином фенолів, які негативно позначаються на стійкості пива. Залежно від складу сусла маса колоїдних частинок може коливатися від 120 до 700 мг/см³.

Склад сусла залежить:

- від співвідношення між обсягами першого сусла і промивних вод (для 12% -го сусла кількість промивної води становить від 3,5 до 5,0 гл / 100 кг солоду);

- від складу промивної води: лужності, вмісту в ній іонів кальцію, магнію, заліза, діоксиду кремнію, іонів хлору;

- від концентрації кисню в заторі, який не повинен попадати в шар дробини при фільтруванні. У зв'язку з цим концентрація кисню при фільтрації не повинна перевищувати 0,3 мг/см³. При попаданні кисню відбувається зниження концентрації таноїдів в суслі, погіршується утворення білково-дубильних комплексів і зменшується інтенсивність процесу освітлення сусла (утворення бруху) [9, 16].

Кип'ятіння сусла з хмелем. Кип'ятіння сусла з хмелем сприяє підвищенню колоїдної стійкості пива. При цьому процесі видаляються мутноутворюючі білки, які утворюють білково-дубильні комплекси з фенольними сполуками. Ці комплекси осідають у «вірпулі». Після кип'ятіння в суслі повинно залишитися від 3 до 4 мг / 100 см³ коагульованого азоту. При меншому значенні цього показника спостерігається зниження піностійкості пива.

Під час кип'ятіння змінюється амінокислотний склад сусла. Охмелене сусло містить менше амінокислот, ніж солодове. Оскільки частина їх вступає в реакцію з вуглеводами, утворюючи меланоїдини. Коливання значень концентрацій, як це видно на прикладі амінокислот, які впливають на фізико-хімічну стабільність, можуть бути вельми значними, що видно на прикладі трьох амінокислот, які впливають на колоїдну стійкість пива (табл. 1.9). Ці коливання визначаються сортовими особливостями ячменю, режимами солододорощення, затирання і кип'ятіння сусла [17].

Таблиця 1.9 - Концентрація деяких амінокислот в суслі та пиві з масовою часткою сухих речовин 12%

Амінокислоти	Концентрація, мг/см ³	
	Сусло	Пиво
Глютамінова кислота	20 – 120	0 – 50
Пролін	150 – 700	≤700
Метіонін	10 – 60	0 – 10

Ступінь видалення білків і поліпептидів залежить від температури, тривалості та інтенсивності кип'ятіння. Зміни в полісахаридній фракції відбуваються за рахунок вилучення з дробини деякої кількості гумі речовин, розчинність яких в гарячому суслі збільшується. Після охолодження сусла розчинність даних сполук падає. Це є причиною погіршення фільтрування пива і зниження його колоїдної стабільності.

Освітлення охмеленого сусла в гідроциклонному апараті типу «Вірпул». Гаряче охмелене сусло містить хмільну дробину і суспензії (брух) у вигляді пластивців розміром від 50 до 100 мкм. Кількість суспензій становить 0,8 - 1,5% від об'єму гарячого сусла. Гарячі суспензії складаються з білків, поліфенолів та інших органічних і неорганічних сполук. Вони видаляються у «вірпулі», і сусло стає прозорим. Однак у міру охолодження сусла при температурі нижче 60°C прозоре сусло мутніє за рахунок утворення частинок діаметром менше 1 мкм.

Гарячі суспензії видаляються в «вірпулі» (гідроциклоні). Для колоїдної стійкості пива має значення наскільки добре було освітлено сусло в «вірпулі». З іншого боку, сусло буде добре освітлене, якщо воно має оптимальний для цієї мети склад. Відповідно результат видалення суспензій залежить від усіх технологічних операцій в варильному відділенні і, звичайно, від конструкції самого

«вірпула». Сусло вважається добре освітленим, якщо його мутність становить менше 10 од. ЕВС [9, 10].

1.7.2 Застосування допоміжних матеріалів для підвищення колоїдної стійкості пива

Для підвищення колоїдної стабільності пива на етапі отримання сусла використовують молочну кислоту, солі кальцію, ферментні препарати і адсорбенти білків.

Для зниження концентрації фенольних сполук в суслі молочну кислоту додають в промивні води. З іншого боку, чим нижче величина рН сусла, тим менш інтенсивно відбувається ізомеризація гірких кислот хмелю при кип'ятінні сусла. Тому рекомендують знижувати величину рН в кінці процесу кип'ятіння сусла з хмелем. Солі кальцію використовують на етапі приготування сусла з метою регулювання величини рН затору і видалення оксалатів. Вони у великій кількості містяться в солоді і переходять в затір. Розрахунок витрати солей кальцію (CaCl_2 і CaSO_4) визначається з урахуванням лужності води. Рекомендований вміст іонів кальцію в суслі складає 40 мг/см³. Як правило, близько 25% усієї кількості солей додають при затиранні, решту (75%) вносять після фільтрування сусла перед початком його кип'ятіння.

Для підвищення колоїдної стійкості пива на етапі отримання сусла використовують ферментні препарати, що містять цитолітичні, протеолітичні й амілолітичні ферменти. Більшість препаратів, що застосовуються в пивоварінні, є комплексними. Крім основного ферменту вони містять значну кількість супутніх ферментів і білків. Ферментні препарати класифікують за основним ферментом, що входить до складу комплексу. [9, 28].

Цитолітичні ферменти включають в себе геміцелюлази і пентонази. Геміцелюлази зазвичай представлені комплексами ендо - та екзоферментів. Геміцелюлази звільняють крохмаль клітин для дії амілаз, білки - для розщеплення протеолітичними ферментами. Вони гідролізують некрохмальні полісахариди, в результаті знижується в'язкість сусла і прискорюється процес його фільтрування; збільшується вихід екстракту, підвищується колоїдна стабільність пива.

Промислові ферментні препарати, які мають високу активність геміцелюлази, і перш за все ендо - β - глюканази, рекомендуються для застосування як при переробці великої кількості несолодженої сировини, так і при переробці погано розчиненого солоду. Ці препарати використовують у варильному і бродильно - лагерному відділеннях [10, 23].

Протеолітичні ферменти включають в себе пептидази і протеїнази. Ці ферменти гідролізують високомолекулярні азотисті речовини до низькомолекулярних пептидів і амінокислот. Вони відіграють значну роль в збагаченні сусла розчинними азотистими речовини і сприяють хорошій фільтрації пива. З технологічної точки зору протеолітичні ферменти мають значення для забезпечення оптимальної концентрації амінокислот, необхідних для харчування дріжджів в ході головного бродіння. Розщеплення високомолекулярних азотистих речовин при

приготуванні сусла сприяє підвищенню колоїдної стійкості пива. Однак застосування протеолітичних ферментів при використанні солоду високої якості може викликати проблеми з піноутворенням і піностійкістю пива [10].

Амілолітичні ферменти застосовують для зниження полісахаридної складової каламутоутворюючих осадів. До цієї групи ферментів відносяться α - і β - амілази, глюкоамілаза, ізоамілаза, пулуланаза і деякі інші.

За принципом дії на субстрат ферменти поділяють на ендо - і екзоферменти. Як приклад ендоферментів можна привести α -амілазу, яка розриває внутрішньо-молекулярні α - 1,4 - глюкозидні зв'язки в високополімерних ланцюгах амілопектину й амілози. Її дія - розріджування і оцукрювання. Цей фермент має властивості білка глобуліну і добре розчиняється в воді. Важливо, що α - амілаза гідролізує нативний, тобто неклеїстеризований, крохмаль. До ендоферментів також відносять пулуланазу, що гідролізує α - 1,6 – глюкозидні зв'язки в пулулані, амілопектині і граничних декстринах (табл. 1.10) [10].

Таблиця 1.10 - Амілолітичні ферменти і механізм їх дії

Ферменти	Механізм дії
α - Амілаза	Гідроліз α - 1,4 - зв'язків всередині молекул (ендофермент)
β - Амілаза	Гідроліз α - 1,4 - зв'язків в молекулі крохмалю з нередукуючого кінця (екзофермент)
Глюкоамілаза	Гідроліз α - 1,4 – й α - 1,6 - зв'язків в молекулі крохмалю (екзофермент)
Пулуланаза	Гідроліз α - 1,6 - зв'язків в пулулані, амілопектині, глікогені (ендофермент)

Екзоферменти атакують субстрат з нередукуючого кінця і відщеплюють моно - чи дисахариди. Наприклад, β -амілаза відщеплює від амілози і амілопектину мальтозу і глюкоамілазу, що каталізує послідовне відщеплення від кінця молекул полісахаридів залишків α - D - глюкози.

При переробці великої кількості несолодженого зерна промислові ферментні препарати заповнюють насамперед брак α -амілази, яка забезпечує повне оцукрювання заторів. Для прискорення процесу розрідження і оцукрювання необхідно створити оптимальні фізико-хімічні умови для прояву максимальної активності даного ферменту, оскільки для його отримання використовують різні мікроорганізми.

β -амілаза має властивості альбуміну. Вона діє в ланцюговій реакції з α -амілазою. Поступово відщеплює мальтозу від нередукуючого кінця ланцюга полісахариду (амілози або амілопектину). Її дія - оцукрювання. Вона не може гідролізувати α - 1,6 - глюкозидні зв'язки, і тому процес розщеплення крохмалю зупиняється на передостанньому α - 1,4 - зв'язку, що межує з α - 1,6 - зв'язком. На відміну від α – амілази, β - амілаза починає діяти тільки після клейстеризації крохмалю [9, 24].

Амілоглюкозидаза і пулуланаза. При переробці ячменю та інших заміників солоду з метою підвищення колоїдної стійкості пива необхідно застосовувати

ферментні препарати, які більш повно здійснюють гідроліз полісахаридів. Для цього використовують ферментні препарати, що містять амілоглюкозидазу або пулуланазу. Обидва ферменти розщеплюють α - 1,6 - глюкозидні зв'язки в β - декстринах.

Амілоглюкозидаза каталізує гідроліз α - 1,6 - і α - 1,4 - глюкозидних зв'язків. Гідроліз розпочинається з нередукуючого кінця ланцюгів, в результаті чого утворюється єдиний вид цукру, що може редукувати - глюкоза.

При використанні ферментних препаратів, до складу яких входить пулуланаза, в суслі зростає концентрація мальтози і мальтотріози. Пулуланаза забезпечує більш значне підвищення ступеня зброджування, ніж амілоглюкозидаза. Це призводить до підвищення колоїдної стабільності пива за рахунок зниження концентрації полісахаридів і декстринів.

Для збільшення колоїдної стійкості пива на етапі його виробництва використовують не лише виключення попадання кисню в пиво. Також передбачаються заходи, які спрямовані на зниження концентрації білків і поліфенолів у пиві. З цією метою використовують ферментні препарати і різні адсорбенти: каррагенани, агарозу, силікагелі, полівінілполіпірролідон (ПВПП). Ці продукти відносяться до допоміжних видів сировини. Вони беруть участь в технологічному процесі, але не містяться в готовому продукті. При цьому багато хто з них має відповідний індекс харчової добавки (Е), тобто є абсолютно нешкідливими для здоров'я людини (табл. 1.11) [10].

Таблиця 1.11 - Характеристика адсорбентів і точка внесення

Назва	Хімічна природа	Індекс	Механізм дії	Точка внесення
Каррагенан	Полісахарид	Е 407	Адсорбенти білків	Сушварильний апарат
Силікагель	Мінеральна речовина	Е 551	Адсорбція білків і частково білково-дубильних комплексів	«Вірпул», циліндро-конічний танк, фільтрація пива
ПВПП	Синтетична органічна речовина	Е1202	Адсорбція поліфенолів, частково адсорбція білково-дубильних комплексів	Фільтрація пива

Усі адсорбенти повинні відповідати наступним вимогам:

- високий ступінь адсорбції речовин, що викликають помутніння пива;
- вони повинні бути інертні по відношенню до пива, тобто не впливати на смак, запах, колір, піноздатність;
- вони повинні не розчинятися в пиві, в іншому випадку ці речовини будуть вважатися добавками й інформація про них повинна бути вказана на етикетці;
- ці речовини по можливості повинні регенеруватися.

Допоміжні матеріали для підвищення білкової стабільності пива. Для зменшення кількості білків в пиві застосовують препарати, до складу яких входять протеолітичні ферменти. Вони доповнюють ферменти солоду і зменшують концентрацію білків, що викликають помутніння пива. У той же час при надмірному розщепленні білків виходить пусте пиво з поганою пінистістю та зі змінним смаком [30, 24, 30]

Каррагенан. Найбільш популярні високополімерні природні полісахариди каррагенани, які отримують з морських водоростей. Сильно розгалужені спіральні молекули полісахаридів несуть на собі масу негативних зарядів. Це дозволяє їм утворювати досить міцні комплекси з позитивно зарядженими білками, ліпідами і α - глюкозами солодового суслу. У результаті цього формуються щільно пов'язані нейтральні по заряду конгломерати, які швидко збільшуються в розмірах. Додавання цих препаратів в кипляче сусло призводить до прискорення утворення щільного осаду при освітленні пива в «вірпулі» і, отже, підвищенню виходу екстракту.

Для пивоварної промисловості ці стабілізатори випускають під різними торговими марками: «Ірландський мох», «Вірфлок», «Максофлок», «Кларігум», «Кларіфлок ГХ». Стабілізатори суслу на основі каррагенану випускаються у вигляді порошку, таблеток або пластівців. Порошкові речовини складаються з 100 % - го каррагенану. А до складу таблеток входять наповнювачі, наприклад, бікарбонат натрію й адипінова кислота.

Дозування коливається в залежності від хімічного складу суслу (табл. 1.12). Таблетовані і пухкі препарати вносять безпосередньо в варильний апарат, а порошкові попередньо розбавляють водою. Для високої адсорбції нестійких колоїдів суслу необхідно забезпечити інтенсивне кипіння його в варильному апараті. Важливо відзначити, що збільшення тривалості кип'ятіння суслу зі стабілізатором може призвести до вторинного розпаду вже утворених суспензій. Зважаючи на це каррагенани рекомендують додавати за 5 - 10 хв до закінчення процесу кип'ятіння суслу з хмелем [10].

Таблиця 1.12 - Препарати для стабілізації пива, що додаються на етапі отримання суслу

Продукт	Торгова марка	Форма випуску	Дозування, г / гл
Ірландський мох	«Нугум ВF – 490»	Пластівці, таблетки	2 - 6
Каррагенан	«Кларігум»	Порошок, гранули	0,5 - 4,0
	«Вірфлок» (Whirlfloc)	Таблетки	4-8
	«Кларіфлок ГХ»	Гранули	2-5

Силікагель. Однією з причин виникнення помутніння пива є вміст у ньому комплексів типу білок - поліфеноли, білок - білок, білок - нуклеїнові кислоти. Для запобігання їх утворення використовують різні марки силікагелю, які отримують з аморфного кремнезему. Ці препарати вибірково адсорбує білки.

Одночасно відбувається часткове видалення поліфенолів, які входять в білково-дубильні комплекси. Розрізняють ксерогелі, які представляють собою дрібно розмелений сухий продукт з масовою часткою сухих речовин 95 - 99% і гідрогелі - більше 35% сухих речовин (табл. 1.13) [23].

Таблиця 1.13 - Фізико-хімічні характеристики гідрогелів і ксерогелів

Параметри	Силікагель	
	гідрогель	ксерогель
Рекомендоване дозування, г / гл	30-150	10-80
Середній розмір частинок, мкм	15-21	10-13
Середній розмір пор, мкм	0,013-0,023	0,003-0,013
Проникність матеріалу, од. Дарсі	0,01–0,15	0,004–0,02
Масова частка вологи, %	59–65	3-5
Величина рН (5% - й розчин)	3,5-5,0	6,0–8,0

Важливими параметрами силікагелю з точки зору стабілізації пива є поверхня, діаметр пор, об'єм пор, розподіл величин фракцій, значення рН розчину силікагелю у воді, структура, чистота, вміст води, диспергуюча здатність. Безсумнівною перевагою даних стабілізуючих засобів є простота їх застосування.

Зазвичай силікагель використовується на етапі остаточного фільтрування пива. Стабілізатор подається в кізельгуровий фільтр через дозатор для кізельгуру. У разі, якщо силікагель використовується так само, як освітлюючий засіб, то можливо зменшити подачу тонкої фракції кізельгуру. Силікагель рекомендують вносити в процесі другого попереднього намиву з розрахунку 30 - 50 г / м² площі фільтра. При цьому витрата тонкої фракції кізельгуру знижується на таку ж кількість. Наприклад, якщо на фільтрування пива використовувалося 120 г / гл кізельгуру, то при додаванні 50 г / гл силікагелю витрата кізельгуру знижується до 70 г / гл. Час контакту пива з стабілізатором при цьому становить лише кілька хвилин, однак цього цілком достатньо для прояву стабілізуючого ефекту (протягом 5 хв витримки видалається до 90% замутнюючих білків).

Якщо використовувати додатковий дозатор для стабілізатора, то можливе збільшення часу контакту. Для збільшення часу реакції можна додавати препарат в ємності для зберігання пива - пивопровід або в буферну ємність. Однак істотних переваг в досягненні більшої стабільності пива або ж будь-якої економії цей метод не дає.

Для одночасного видалення білків і поліфенолів підходить комбінація силікагелю і ПВПП. У такій комбінації можна досягти високої стійкості пива без зміни його органолептичних властивостей. При використанні ПВПП для одноразового застосування спочатку рекомендується застосовувати наступну схему. Під час першого фільтрування пива використовують силікагель. Потім при поліруючій фільтрації додають ПВПП, витрата якого знижується в 2 - 3 рази і становить від 15 до 20 г / гл [10, 23, 30].

Коли передбачено застосування регенерованого ПВПП, то видалення білка за допомогою силікагелю має важливе значення для отримання бажаного ефекту.

Таніни. Препарати таніну, які використовують в якості адсорбуючого матеріалу, є 100 % - й галотанін. Його одержують екстракцією і очищенням з китайських дубильних горішків або з листя *Shumac* у вигляді гранул світло-жовтого кольору.

Дія танінової кислоти полягає в осадженні білків. Кислота вибірково з'єднується з групами (- SH) і (- NH -) поліпептидів з утворенням водневих зв'язків. Препарат вносять або в період дозрівання та доброджування пива в ЦКТ у кількості 5 - 8 г / гл або в трубопровід при фільтрації пива при температурі 0 - 1 °С у кількості 3 - 6 г / гл. Час контакту препарату з пивом становить від 5 до 10 хв. При цьому утворюється пластівцевий осад, який слід відокремлювати від пива центрифугуванням або фільтруванням пива через перліт. Перліт має більший розмір пор в порівнянні з кізельгуром [10].

Бентоніти. Бентонітами називають алюмосилікати, адсорбуючі білки. Їх особливістю полягає у сильному набуханні. Це призводить до великих втрат пива в порівнянні з силікагелями. Бентоніти більш інтенсивно, ніж силікагелі, адсорбують білок, що може відбитися на піноутворенні і стійкості піни [10].

Адсорбенти поліфенолів. Для сорбції поліфенолів застосовують полівінілполіпірролідон (ПВПП). Полівінілполіпірролідон (Е 1201) не розчиняється у воді, алкоголі, органічних розчинниках, а також в сильних лугах і кислотах. Він не є харчовою добавкою і не міститься в пиві. Отже, етикетка не повинна містити інформацію про нього.

Полімер являє собою сукупність взаємно переплетених і хімічно зшитих ланцюгів, що складаються з пірролідонових кілець. Механізм адсорбції поліфенолів полягає в приєднанні їх до поверхні стабілізатора за рахунок утворення водневого зв'язку між гідроксильною групою поліфенолу і карбонільною групою стабілізатора. Це запобігає утворенню білково-дубильних комплексів, а також конденсації і сополімеризації низькомолекулярних поліфенолів з утворенням проантоціанідинів і танінів.

Існують два різновиди ПВПП. Перший являє собою дрібнодисперсний порошок одноразового використання з дуже високим відношенням площі поверхні до маси (близько 1,2 м²/г). Препарат видаляється з пива методом осадження разом з кізельгуром як його складова частина.

Друга - регенеруючий ПВПП, який має високу щільність зшивання і ряд інших цінних якостей, необхідних для полімерів, що володіють великою пористістю, високою механічною і хімічною стабільністю.

Дозування препаратів визначається: передбачуваним терміном зберігання; якістю солоду; характеристикою несолоджених матеріалів, що входять до складу затору; наявністю в технологічному процесі попереднього освітлення пива (сепаратора); застосуванням інших стабілізаторів як на стадії фільтрування пива, так і на більш ранніх стадіях технологічного процесу (у варильному і бродильно - лагерному відділеннях).

При використанні ПВПП одноразового застосування обробка придатним для регенерації ПВПП виконується після попереднього фільтрування пива. Його вводять в прозоре пиво (вміст клітин до 50 г / см^3), і після витримки протягом 5 хв пиво фільтрують на горизонтальних ситових фільтрах. Застосування низькоякісних регенеруючих ПВПП або дрібно дисперсного ПВПП одноразового використання в системах фільтрування з регенерацією може призвести до поганої роботи фільтра, а також до пошкодження стандартних фільтрувальних пластин.

Для багаторазового використання розроблений Polyclar R, рекомендоване дозування якого становить від 20 до 50 г / гл пива, і «Поліклар 10» (фірма ISP). Фахівцями фірми рекомендується використовувати 20 - 30 г / гл пива [16].

Однчасне видалення білків і поліфенолів. Агароза селективно адсорбує білки і поліфеноли пива. Білок зв'язується з адсорбентом за допомогою електро-механічної сили, дубильні речовини - за допомогою водневого зв'язку. Агароза входить до складу комбінованої стабілізаційної системи CSS (фірма Handtmann). Вона являє собою полісахарид, який виділено з водоростей. Агароза складається із залишків дисахариду галактози і 3,6 - ангідрогалактози. З неї виробляють кулясті полімери з частинками різної величини (від 100 до 300 мкм). Вони характеризуються високою хімічною і фізичною стабільністю. Залишки дисахариду галактози і 3,6 - ангідрогалактози абсолютно інертні, нейтральні і не розбухають.

Процес стабілізації відбувається наступним чином. Відфільтроване через кізельгуровий фільтр пиво проходить через камеру системи CSS, наповнену адсорбентом з максимальною висотою шару 15 см. Контакт пива з адсорбентом протягом 30 с достатній для видалення високомолекулярних білків і танінів. Витрата адсорбенту становить близько $100 \text{ см}^3 / \text{гл пива}$.

Регенерація адсорбенту відбувається в два етапи. Спочатку за допомогою 2 М розчину кухонної солі видаляються білки. Далі 1 М розчином NaOH вимиваються денатуровані залишки білково-дубильних комплексів. Потім систему промивають холодним лугом чи гарячою водою. Процес регенерації можна проводити кілька сот разів без втрат адсорбенту [10].

1.8 Підвищення колоїдної стійкості пива з використанням ферментних препаратів

Вплив ферментних препаратів на інтенсифікацію процесу бродіння та колоїдну стійкість пива. Незважаючи на високоякісну сировину і правильну постановку технологічного процесу, пивовари зустрічаються з періодичними різноманітними технологічними труднощами і їх наслідками: недостатнє оцукрювання затору, низька зброджуваність сусла, його підвищені в'язкість і мутність. Крім того, в готовому пиві з'являються проблеми в процесі фільтрації, зниження колоїдної стійкості і підвищений вміст діацетилю.

На відміну від недавнього часу сьогодні є просте рішення даних проблем за допомогою застосування ферментів на стадії бродіння. Для вирішення конкретних проблем щодо поліпшення якості кінцевого продукту - пива існують особливі ферменти зі строго специфічними каталітичними діями, розроблені

спеціально для бродіння: α -ацетолактат-декарбоксилаза - Матурекс Л, амілоглюкозидаза (глюкоамілаза) - АМГ 300 Л, грибна β глюканаза - Фінізім 250 Л, мальтогенна грибна α -амілаза - Фунгаміл 800л, пулуланаза - Промозім 400л.

За допомогою перерахованих вище ферментів можливо поліпшити такі показники якості пива: органолептику (контроль діацетилу); провести більш економічне, прискорене бродіння (збільшення потужності); показник йодної проби, підвищити ступінь зброджування; зменшити в'язкість (знизити помутніння пива); колоїдну стійкість пива [8, 9].

Ферментний препарат ацетолактат-декарбоксилаза (Maturex). Особливе місце серед ферментних препаратів займає Матурекс Л - очищена альфа-ацетолактат-декарбоксилаза (ALDC) вироблена генетично зміненим штамом *Bacillus subtilis*, який отримав ALDC- плазмід з штаму *Bacillus brevis*. Альфа-ацетолактат-декарбоксилаза істотно обмежує можливість утворення діацетилу, каталізує реакцію утворення з альфа-ацетолактат, ацетоїну. На рис. 1.2 і 1.3 зображені вплив температури та рН на активність ферменту [34].

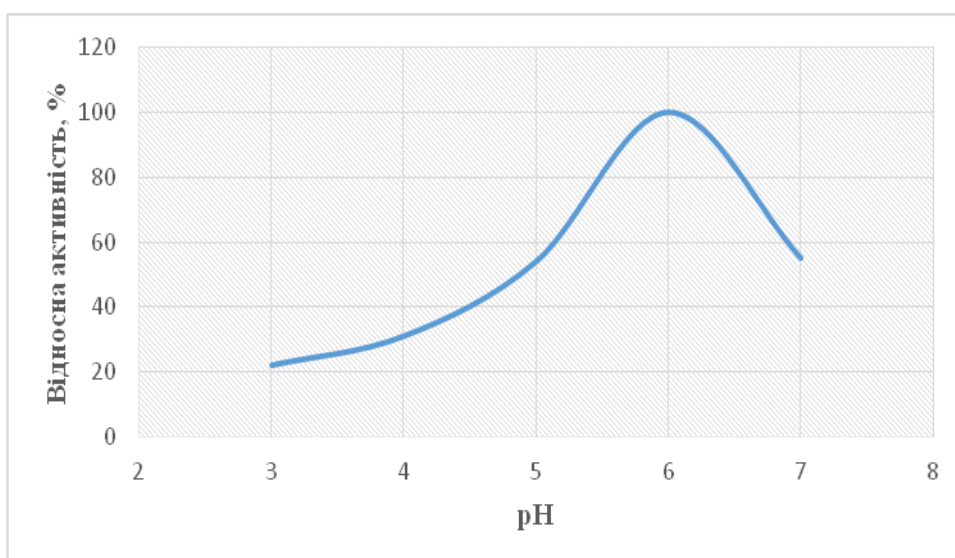


Рис 1.2. Вплив рН на активність ферменту

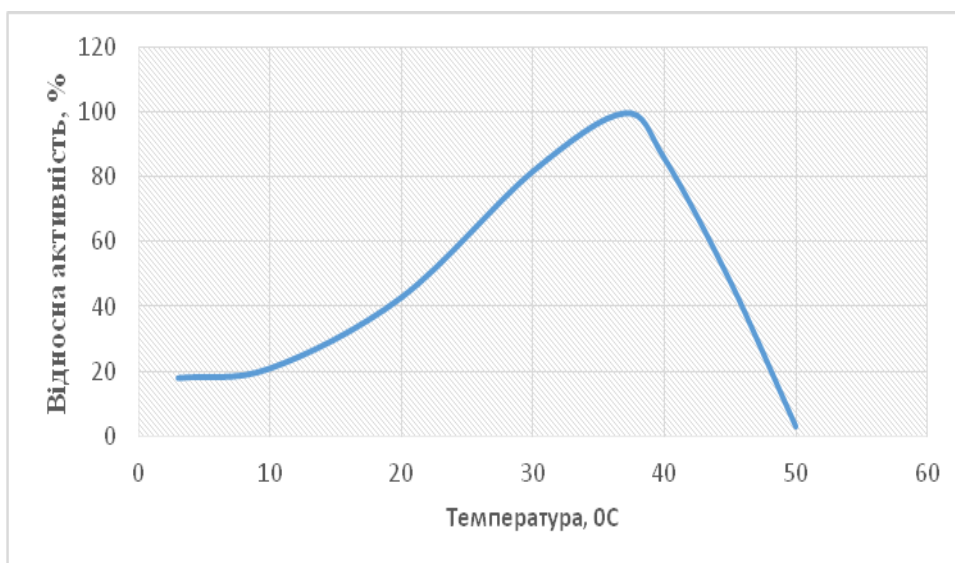


Рис 1.3. Вплив температури на активність ферменту

Таким чином, Матурекс контролює кількість діацетилу у суслі, що бродить, та пиві. Цей факт дуже важливий для якості пива, так як деякі люди здатні відчувати солодкувато-масляний смак діацетилу в пиві вже при його концентрації $0,02 \text{ мг/дм}^3$, а більшість людей відчуває його при вмісті $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Тому концентрацію діацетилу $0,1 \text{ мг/дм}^3$ прийнято вважати показником зрілості пива. Цього легко до битися шляхом додавання Матурекса в холодне сусло до задачі дріжджів. Таким чином, це дозволяє отримувати пиво підвищеної якості і значно скоротити виробничий процес, що безпосередньо впливає на економію капіталовкладень в ємності для бродіння і доброджування пива, а при існуючому обладнанні дає можливість збільшити виробництво продукції. Витрата ферментного препарату - всього $1-2 \text{ см}^3$ на 1 гл , тоді як вартість бродильно-лагерних танків типу ЦКТ дорівнює приблизно 60 євро на 1 гл , а тривалість експлуатації такого виду обладнання - близько 15 років .

При сучасному способі ведення бродіння, що включає «тепле витримання» з метою швидкої редуції діацетилу дріжджами, необхідно від 2 до 4 діб. Із застосуванням даного ферментного препарату такого «теплого витримання» не потрібно. Наприклад, пивзаводу, що користується ЦКТ для бродіння з об'ємом $30\,000$ дал, працюючи з бродінням під тиском в температурному режимі $9...18^\circ\text{C}$, для цього процесу потрібно від 120 до 136 год. Тоді як з додаванням Матурексу з розрахунку $1,5 \text{ см}^3/\text{гл}$ той же самий процес бродіння до рівня змісту діацетилу не більше $0,1 \text{ мг/дм}^3$ в кінці бродіння триватиме лише від 72 до 84 год. Отже, для редуції діацетилу дріжджами в умовах дуже зручного «теплого» бродіння Матурекс дозволяє скоротити процес не менш ніж на 48 год. На рис. 1.4 показана схема впливу ацетолактат-декарбоксілази на метаболізм дріжджів [34, 35].

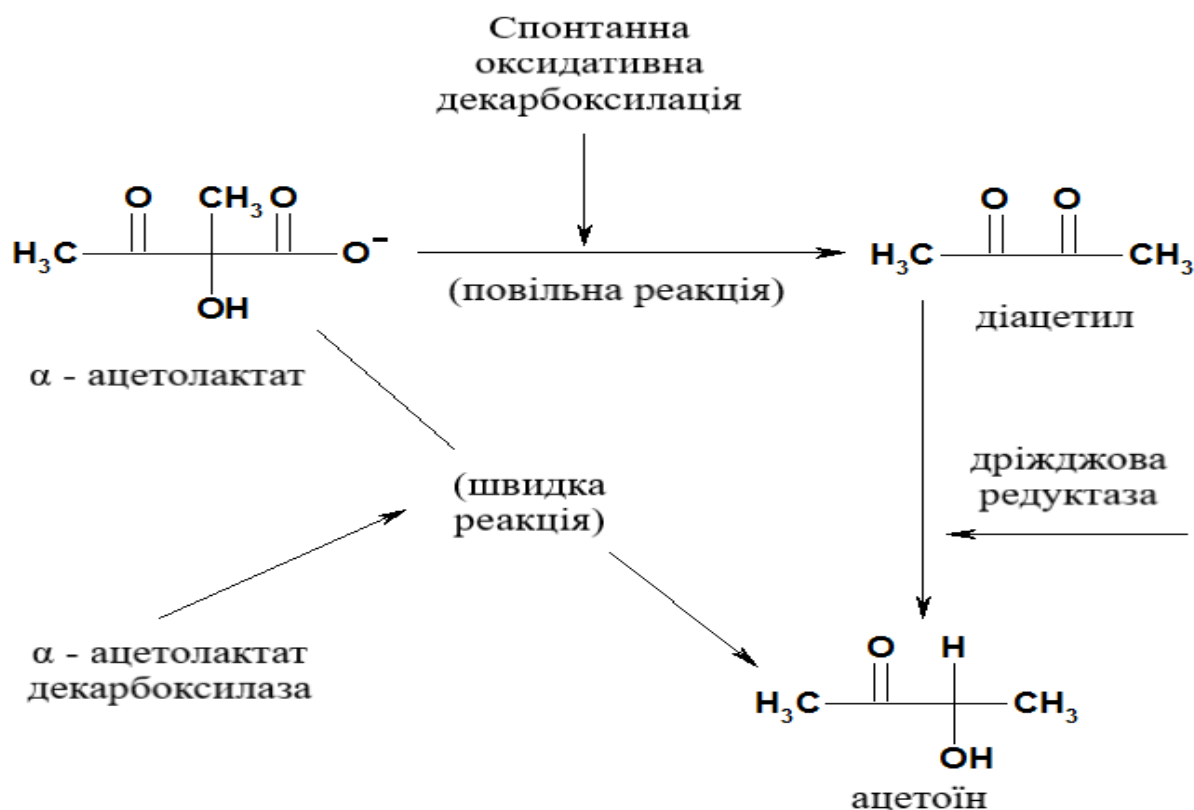


Рис. 1.4. Схема впливу ацетолактат-декарбоксілази на метаболізм дріжджів

Вплив ферментного препарату Brewers Clarex на колоїдну стійкість пива. Brewers Clarex спрощує процес стабілізації, скорочення часу виробництва, витрат, споживання води та енергії, не впливаючи на пиво смак або якість. Фермент складається з пролін-специфічної ендопептидази, ферментного білку, що знаходиться в природі, який може конкретно розкласти (багаті проліном) білки або невеликі білки, які є чутливими до помутніння.

Розкладаючи ці білки, запобігає утворенню великих складних сполук з поліфенолами, які стають видимим помутнінням у пиві. Як результат, холодне помутніння не утворюється. Доведено, що це помутніння утворюється в результаті водневого зв'язку між поліфенолами та багатою на пролін фракцією певних поліпептидів. Даний тип помутніння розвивається з часом і спочатку є зворотним (помутніння зникає при підвищенні температури пива). Холодне помутніння може стати постійним, оскільки водневий зв'язок посилюється. При використанні ферментного препарату виникає можливість зменшення витрат на фільтруючі матеріали, такі як силікагель та ПВПП.

Фермент поставляється у рідкій формі, що забезпечує у свою чергу точну дозування та спрощує процес фільтрації. Препарат задається у холодне сушло перед початком головного бродіння. На рис. 1.5 зображене комп'ютерне моделювання утворення помутніння [39, 40].

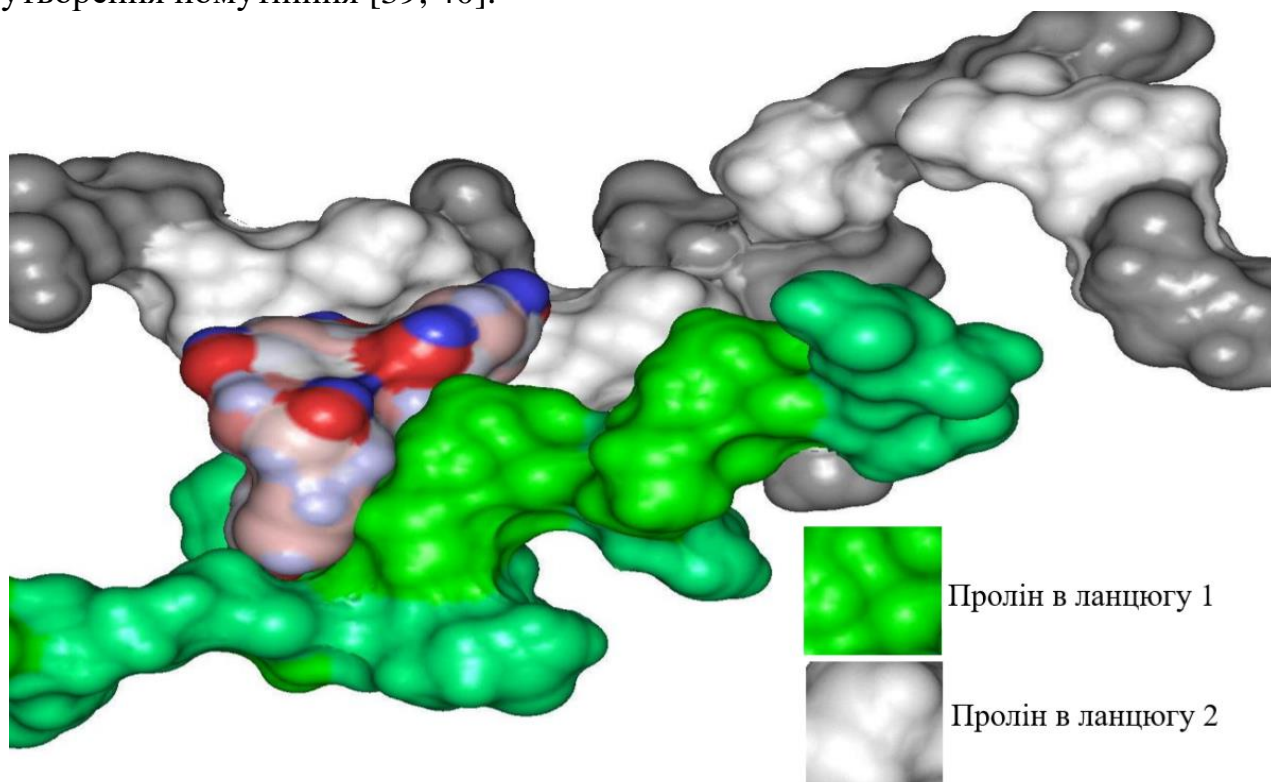


Рис. 1.5. Комп'ютерне моделювання утворення помутніння

Ферментний препарат можна використовувати з усіма видами солоду та несолодженої сировини. Необхідна норма задачі визначається:

- відсотком ячмінного солоду та несолодженої сировини;
- густиною (Plato) початкового сусла;
- необхідним терміном придатності (місяці).

Використання даного препарату дає широкі можливості: економія енерго-ресурсів за рахунок виключення холодної стабілізації пива, можливість фільтрації без дозачії силікагелю та ПВПП, що у свою чергу дає економію фільтруючих матеріалів [41].

На рис 1.6 зображене комп'ютерне моделювання колоїдного помутніння. Зображені схильні до помутніння білки.

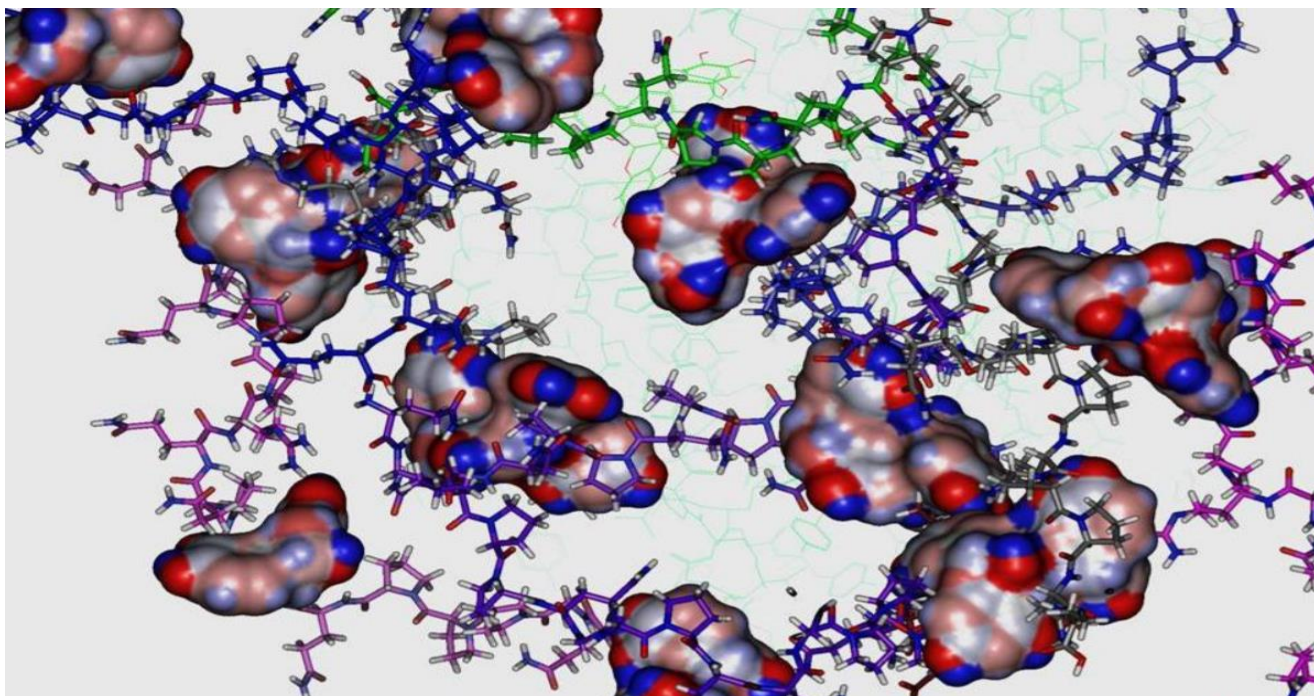


Рис. 1.6. Комп'ютерне моделювання колоїдного помутніння

На рис. 1.7 зображений гідроліз білків схильних до помутніння за допомогою Brewers Clarex.

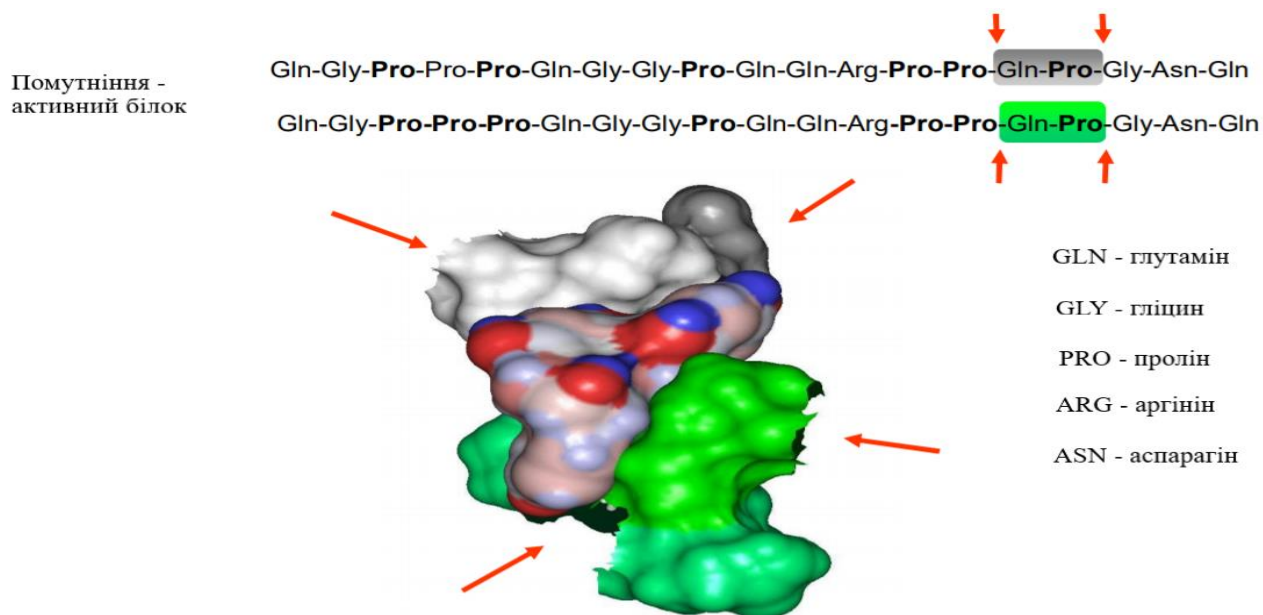


Рис. 1.7. Гідроліз білків схильних до помутніння за допомогою Brewers Clarex.

1.9 Висновки

У сучасному пивоварінні для вирішення завдання підвищення колоїдної стійкості йдуть по шляху використання хімічних, фізико-хімічних, ферментативних і механічних способів. Вибір того чи іншого напрямку визначається конкретними завданнями, що стоять перед пивоваром.

На основі отриманих даних після проведення аналізу літературних джерел, були вибрані ферментативні способи підвищення колоїдної стійкості пива, а саме використання ФП Maturex (альфа-ацетолактат декарбоксилаза) та Brewers Clarex (пролін специфічна ендопротеаза).

Мета роботи: дослідити вплив на стійкість пива та визначити оптимальну кількість ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex.

Для досягнення мети в ході досліджень були поставлені наступні завдання:

- визначити показники якості сировини, що використовуватиметься для приготування пивного суслу та порівняти їх з нормативними значеннями;
- визначити фізико-хімічні показники пива та обрати оптимальну кількість дозування ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex, що дозволяє підвищити стійкість готового пива;
- дослідити органолептичні показники готового пива.

2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи: дослідити вплив на стійкість пива та визначити оптимальну кількість ферментних препаратів Maturex і Brewers Clarex.

Дослідження проводились на виробничій лабораторії пивзаводу «Карлсберг Україна».

2.1 Програма проведення аналітичних та експериментальних досліджень

Згідно поставленої задачі було розроблено схему проведення досліджень, яка представлена на рис. 2.1.

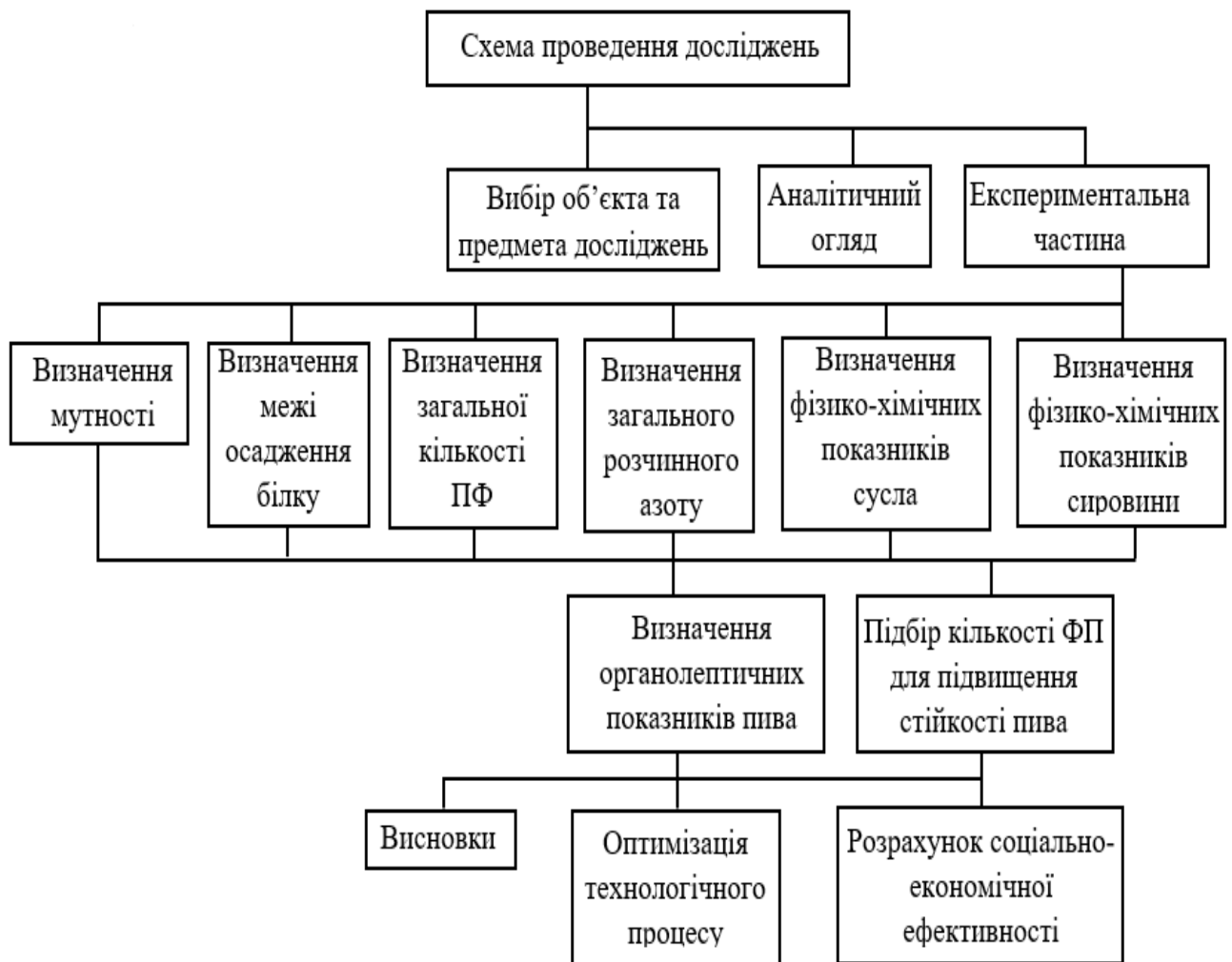


Рис. 2.1 — Схема проведення досліджень

2.2 Об'єкти досліджень

- технологія пивного сусла та пива;
- ферментний препарат Maturex (альфа-ацетолактат декарбоксилаза), який виготовляє Данська фірма «Novozymes» [36];
- ферментний препарат Brewers Clarex (пролін-специфічна ендопептидаза), який виготовляє Нідерландська фірма «DSM» [40];

2.3 Методи досліджень

Для визначення фізико-хімічних показників загального розчинного азоту та стійкості пива до охолодження використовували загально прийняті методи у пивоварінні.

Визначення концентрації сухих речовин в початковому суслі та масову частку спирту проводили за допомогою системи аналізаторів пива Anton Paar DMA 4500M, який зображений на рис. 2.2.

Предмет досліджень – пивне сусло та пива, ферментні препарати Maturex та Brewers Clarex (пролін-специфічна ендопептидаза).

Першим етапом роботи було визначення фізико-хімічних показників сировини:

- у воді – фізико-хімічні, мікробіологічні показники;
- у солоді – вологість, тривалість оцукрювання, екстрактивність;
- у хмелі – вологість, вміст α -кислот.

Другим етапом роботи було дослідження фізико-хімічних показників охмеленого сусла приготованого на пивзаводі та взятого для досліджень:

- охмелене сусло з світлого ячмінного солоду – контроль;
- охмелене сусло з світлого ячмінного солоду та масовою часткою CP 12% з додаванням Maturex 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 г/гл.
- охмелене сусло з світлого ячмінного солоду та масовою часткою CP 124 з додаванням Brewers Clarex 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 г/гл.

Перед початком головного бродіння та внесенням ФП у охмеленому суслі визначали такі показники: рН, видимий та дійсний екстракт.

У молодому пиві визначали рН, видимий та дійсний екстракт та видимий та дійсний ступінь зброджування.

Останнім етапом визначали фізико-хімічні показники молодого пива перед фільтрацією. Зразки досліджували на:

- вміст загального розчинного азоту;
- стійкість до охолодження методом осадження білків сульфатом амонію;
- вміст поліфенольних речовин;
- мутність;
- смакові показники.

Після закінчення дослідів, результати отримані внаслідок досліджень були оброблені математичним шляхом за допомогою програми Excel: побудовані графіки залежності та зроблені висновки.



Рис. 2.2 - Anton Paar DMA 4500M [33]

2.4 Методика досліджень

Визначення загального вмісту фенольних сполук в пиві. Метод заснований на зміні забарвлення розчину, що містить фенольні сполуки, лужного середовища в присутності заліза лимонноаміачного, з подальшим визначенням оптичної густини при 600 нм дослідних розчинів холостого досліді.

Мета роботи: визначити вміст фенольних сполук в пиві.

Прилади і посуд:

- спектрофотометр;
- центрифуга;
- ваги лабораторні загального призначення з межею зважування 200 г;
- циліндр мірний місткістю 1 дм³;
- кювети ємністю 10 мм;
- мірні колби зі скляними пробками об'ємом 25 см³;
- піпетки місткістю 0,5; 1; 10 см³.

Реактиви:

- карбоксиметилцелюлоза (КМЦ);
- етилдіамінтетраоцтова кислота (ЕДТО);
- цитрат заліза (містить 16% заліза);
- розчин концентрованого аміаку щільністю 0,92 г/см³.

Приготування розчину КМЦ і ЕДТО (розчин А). Повільно при перемішуванні додають 10 г натрієвого КМЦ і 2 г динатрієвої солі ЕДТА (Трилон Б) до 500 см³ води. Після повного розчинення компонентів або після витримки

протягом 1-3 год обсяг в мірній колбі доводять до 1 дм³. Якщо в розчині є грудочки, їх видаляють центрифугуванням.

Приготування розчину Б. Для отримання розчину заліза, що містить 5,6 г / дм³ Fe³⁺, розчиняють 3,5 г зеленого лимонноаміачного заліза (цитрат містить 16% заліза) в 100 см³. Розчин повинен бути повністю прозорим. Його готують не рідше ніж раз на тиждень.

Приготування розчину С.

100 см³ концентрованого аміаку щільністю 0,92 г/см³ доводять водою до об'єму 300 см³.

Методика проведення роботи. Пиво звільняють від діоксиду вуглецю струшуванням (каламутне пиво освітлюють центрифугуванням, але не фільтруванням). Потім пробу термостатують при 20°C. Після цього 10 см³ пива (або сусла) і 8 см³ реактиву А вносять в колбу місткістю 25 см³, закривають пробкою і ретельно перемішують. Далі, ретельно перемішуючи, додають 0,5 см³ розчину Б і 0,5 см³ розчину С, обсяг доводять дистильованою водою до 25 см³ і знову ретельно перемішують. Через 10 хв вимірюють оптичну щільність в кюветі шириною 10 мм при довжині хвилі 600 нм. Перед цим слід переконатися в прозорості досліджуваного реактиву в кюветі.

Холостий дослід (контроль) готують наступним чином. Змішують 10 см³ пива і 8 см³ реактиву А в мірній колбі ємністю 25 см³, додають 0,5 см³ розчину аміаку і добре перемішують. Обсяг доводять водою до 25 см³, витримують 10 хв і вимірюють оптичну щільність. Перед вимірюванням слід переконатися в прозорості зразка.

Зміст загального числа фенольних сполук розраховують за формулою:

$$P = A \cdot 820$$

де P - вміст фенольних сполук, мг/дм³;

A – оптична щільність при 600 нм [36].

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТА ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ MATUREX I BREWERS CLAREX (експериментальна частина)

Мета роботи – приготування пива з підвищеною колоїдною стійкістю за рахунок дозациї ФП Maturex та Brewers Clarex.

Завданням даної кваліфікаційної роботи було дослідження впливу різної норми дозациї ФП Maturex та Brewers Clarex на колоїдну стійкість пива та на органолептичні показники.

Експериментальна частина виконувалася на заводі ПрАТ «Карлсберг Україна» та у виробничій лабораторії даного підприємства. Під час проведення наукової роботи був проведений аналіз всієї сировини яка поступає на підприємство і з якої готується пиво, а саме визначення фізико-хімічних показників, які порівнювали на відповідність стандартам. Для дослідження використовували охмелене сушло приготоване з 100% світлого ячмінного солоду настійним настійним способом на пивзаводі з масовою часткою сухих речовин початкового сусла - 14 %.

Проводили дослідження фізико-хімічних показників холодного охмеленого сусла та молодого пива (рН, видимі та дійсні екстракт і ступінь зброджування). Наступним етапом досліджували вплив ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex на стійкість пива, задаючи їх до початку головного бродіння у холодне охмелене сушло.

Пивне сушло в лабораторних умовах зброджувалося в мікробіологічних пляшках, ємкістю 1 дм³, в які вносили по 7 г дріжджів «балтійської» раси H124 LDA. Її відмінність від попередньої раси є те, що її можна використовувати від 10 до 13 генерації. Попередньо пляшки були простерилізовані на водяній бані.

Бродіння, доброджування проходило в термостаті при температурі 18°C, охолодження та стабілізація при температурі 4°C. Весь процес зайняв 10 днів. У молодому пиві визначали вміст загального розчинного азоту, межу осадження білку сульфатом амонію, вміст поліфенолів та мутність пива.

Було також проведено органолептичну оцінку готового пива. У кінці роботи проаналізували результати, побудували відповідні графіки та зробили висновки.

3.1 Аналіз сировини

Для проведення досліджень використовувалася вода з міського водоканалу, попередньо підготовлена на підприємстві ПрАТ «Карлсберг Україна», яка відповідає вимогам нормативної документації.

Для приготування світлого пива використовувався світлий ячмінний солод виготовлений на солодовому заводі Славута, який відповідає вимогам нормативної документації.

Для охмелення сусла в роботі використовується гіркий хміль «Геркулес». Геркулес виготовляють у Німеччині у вигляді гранул та поставляють на підприємство.

Аналіз показників основної сировини проводили у порівнянні з нормативно-технічною документацією, наведеною у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняння основних показників сировини, що використовували в експерименті

Назва показника	Дослідні значення	Нормативні вимоги
<i>Вода питна згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [37]</i>		
водневий показник (рН);	6,7	6,0...9,0
жорсткість води загальна, ммоль/дм ³ ;	4,1	≤7,0
лужність загальна, ммоль/дм ³ ;	2,2	0,5...6,5
хлориди, мг/дм ³ ;	95	≤150
сульфати, мг/дм ³ .	145	≤200
<i>Солод згідно ДСТУ 4282:2004 [22]</i>		
масова частка вологи, % ;	4,9	4,0...5,8
масова частка екстракту у сухій речовині солоду тонкого помелу, % ;	79	76...80
масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, % ;	11,0	10,5..11,5
тривалість оцукрювання, хв.	10	10...25
<i>Хміль згідно ДСТУ 7028:2009 [9]</i>		
кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині	15,5	4-18
вологість, % .	10,5	9...12

3.1.1 Дослідження фізико-хімічних показників охмеленого сусла

Для досліджень було взяте сусло яке приготоване на пивоварному заводі «Карлсберг» з 100% світлого ячмінного солоду настійним способом з масовою часткою сухих речовин 12 та 14%. Для охмелення використовувався гіркий хміль «Геркулес». Фізико – хімічні показники охмеленого сусла наведені у табл. 3.2.

Табл. 3.2 – Фізико-хімічні показники охмеленого сусла

Показник	Охмелене сусло	
Вміст початкового екстракту, % Plato	11,7	13,8
pH	4,82	4,87

3.1.2 Дослідження фізико-хімічних показників молодого пива

Після внесення ферментів в холодне охмелене сусло вносять 7 г дріжджів «балтійської» раси H124b. Весь процес бродіння та доброджування проходить у пляшках об'ємом 1 дм³ та триває 10 діб. У табл. 3.3 наведені фізико-хімічні показники молодого пива.

Табл. 3.3 – Фізико-хімічні показники молодого пива

Показник	Молоде пиво	
Видимий екстракт, %	3,3	2,9
Дійсний екстракт, %	4,6	3,8
Видимий ступінь зброджування, %	71,8	78,9
Дійсний ступінь зброджування, %	60,7	72,5
pH	4,21	4,32

3.2 Дослідження впливу альфа-ацетолактат декарбоксілази (Maturex) на фізико-хімічні показники під час приготування готового пива

У готове охмелене сусло з масовою часткою сухих речовин 12%, яке брали для проведення досліджень були вибрані така кількість ферментного препарату Maturex (0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 г/гл). Весь процес головного бродіння при 18°C та доброджування та дозрівання пива при 4°C зайняв 10 діб.

У молодому пиві перед фільтрацією визначалися такі показники: вміст загального розчинного азоту, межа осадження білку, мутність пива та органолептичні показники. Досліди проводилися на виробничій лабораторії пивзаводу.

Альфа-ацетолактат-декарбоксілаза істотно обмежує можливість утворення діацетилу, каталізує реакцію утворення з альфа-ацетолактату, ацетоїну. Як вказує виробник даного ферментного препарату, він не тільки скорочує термін

виготовлення готового пива за рахунок зменшення утворення діацетилу, а і покращує стійкість готового пива.

Метою даного дослідження було, з'ясувати чи насправді даний ферментний препарат забезпечує підвищення колоїдної стійкості пива.

Вміст загального розчинного азоту. Дослідження вмісту загального розчинного азоту в пиві з різною нормою задачі ферменту наведені у табл. 3.4 та рис. 3.1.

Таблиця 3.4 – Вміст загального розчинного азоту з різною нормою задачі ферментного препарату Maturex

Показник	Контроль	Maturex, г/гл				
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
Вміст загального розчинного азоту, мг/100 см ³	66,5	66,2	65,8	65,7	65,5	65,2

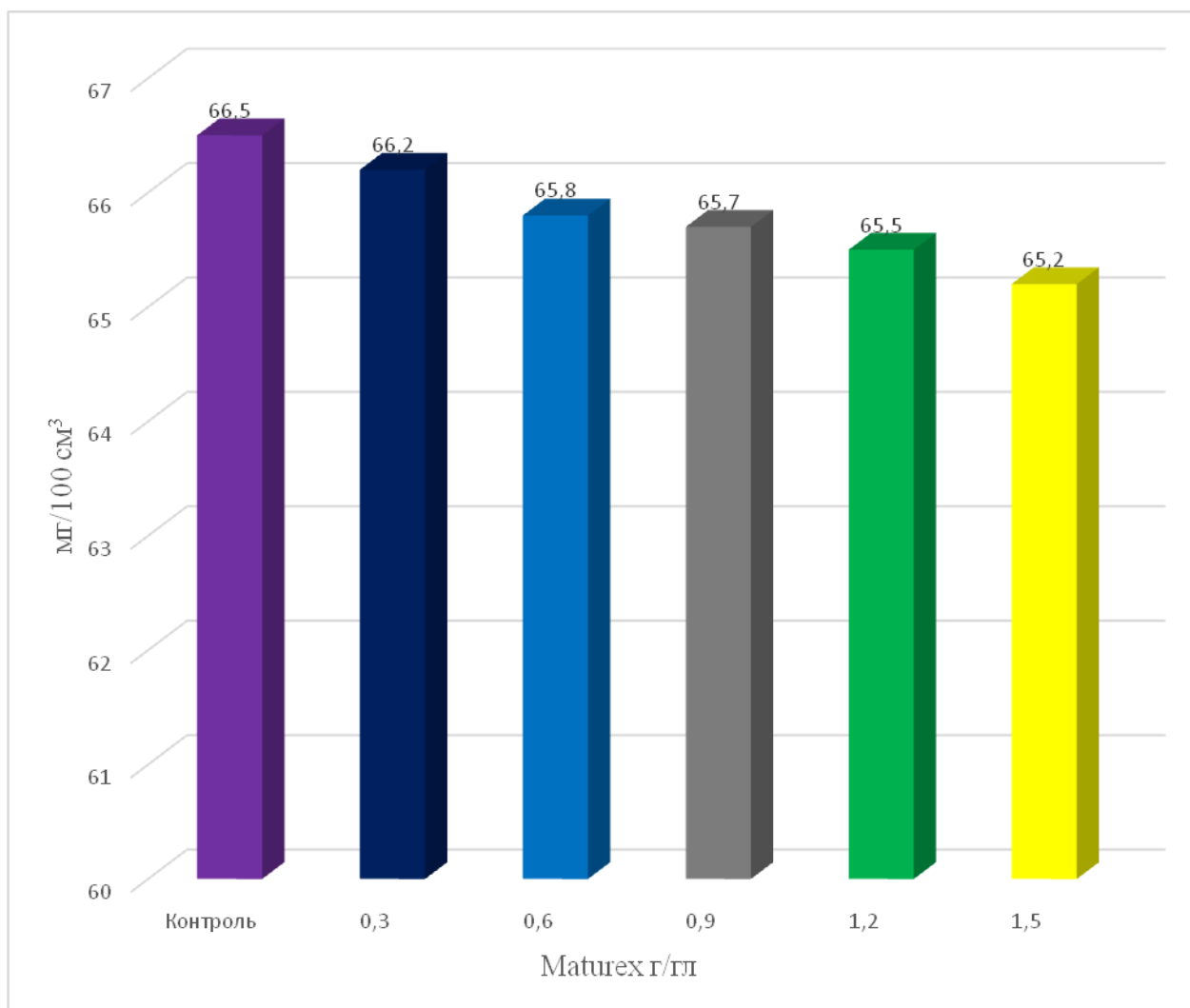


Рис. 3.1. - Вміст загального розчинного азоту з різною нормою задачі ферментного препарату

За отриманими даними зображеними на рис. 3.1 видно, що при нормі задачі ферменту Maturex від 0,3 до 1,5 г/гл, вміст загального розчинного азоту максимально змінюється лише на 1,3 мг/ 100 см³, що є досить незначним показником. З цього можна зробити висновок, що ферментний препарат не впливає на вміст загального розчинного азоту.

Осадження білку. Дослідження стійкості пива до охолодження, виконують за допомогою тесту: «межа осадження білку». В табл. 3.5 наведена зміна межі осадження білку при різних нормах задачі ферментного препарату.

Таблиця 3.5 – Межа осадження білку

Показник	Контроль	Maturex, г/гл				
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
Межа осадження сульфатом амонію, см ³ /100 см ³	16	16	16	17	17	17

На рис. 3.2 зображена межа осадження білку сульфатом амонію з різною нормою задачі ферменту Maturex.

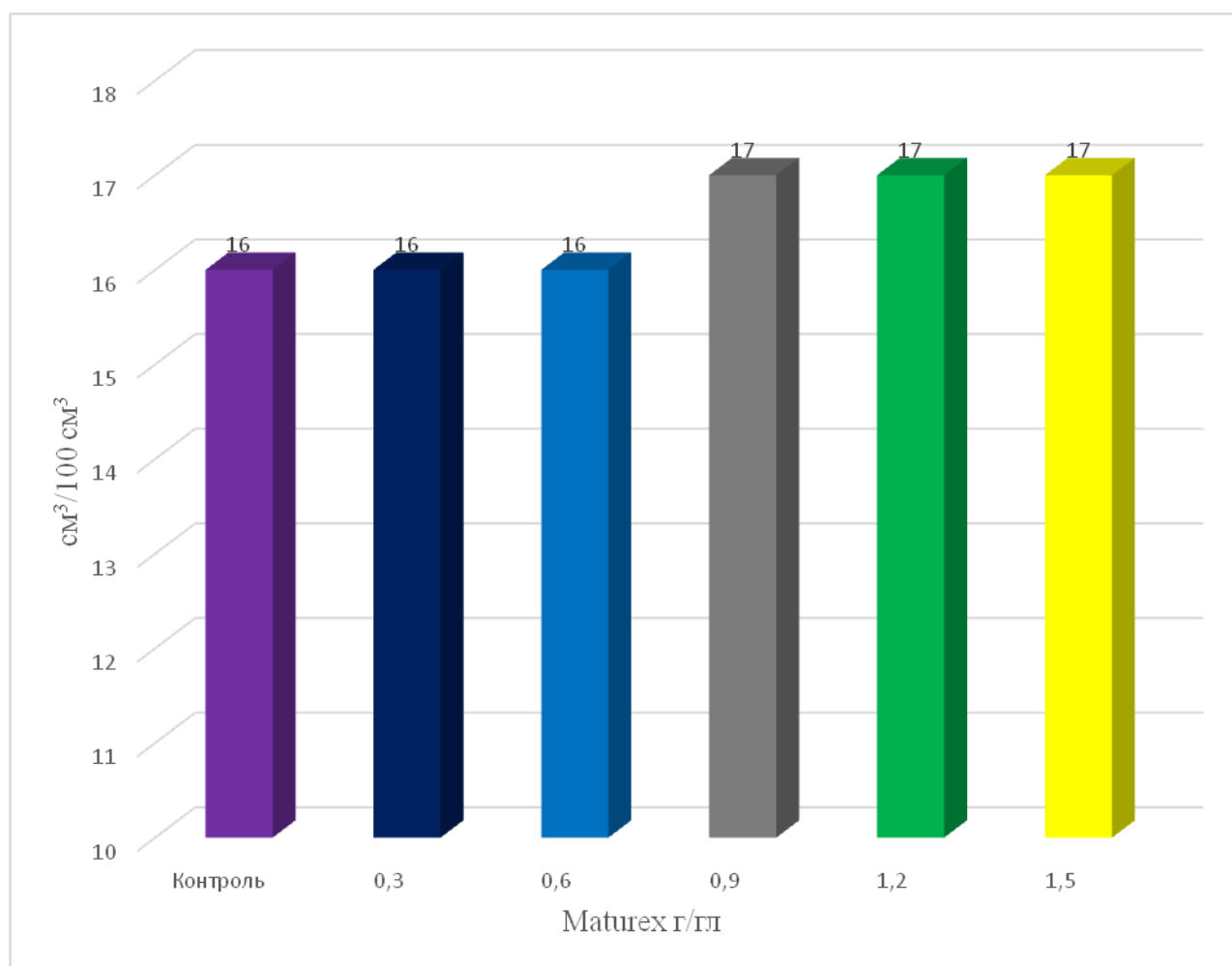


Рис. 3.2. – Межа осадження білку сульфатом амонію з різною кількістю ферментного препарату

Згідно даних зображених на рис 3.2 видно, що при нормі задачі ферментного препарату 0,3 та 0,6 г/гл зміни межі осадження білку не відбувається, а при 0,9; 1,2 та 1,5 г/гл кількість необхідного сульфату амонію збільшується на 1 см³ в порівнянні з контролем. Що свідчить про несуттєвий вплив ферментного препарату на даний фізико-хімічний показник.

Визначення мутності пива. Дослідження мутності пива проводили за допомогою мутноміра, попередньо профільтрувавши зразки крізь шар кізельгуру на складчастому паперовому фільтрі. В табл. 3.6 показані дослідження мутності пива з різною нормою задачі ферменту Maturex.

Таблиця 3.6 – Мутність пива з різною нормою задачі ферменту

Показник	Контроль	Maturex, г/гл				
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
Мутність пива, од. ЕВС	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,91

На рис. 3.3 показані дослідження впливу різної норми задачі ферментного препарату Maturex на мутність пива.

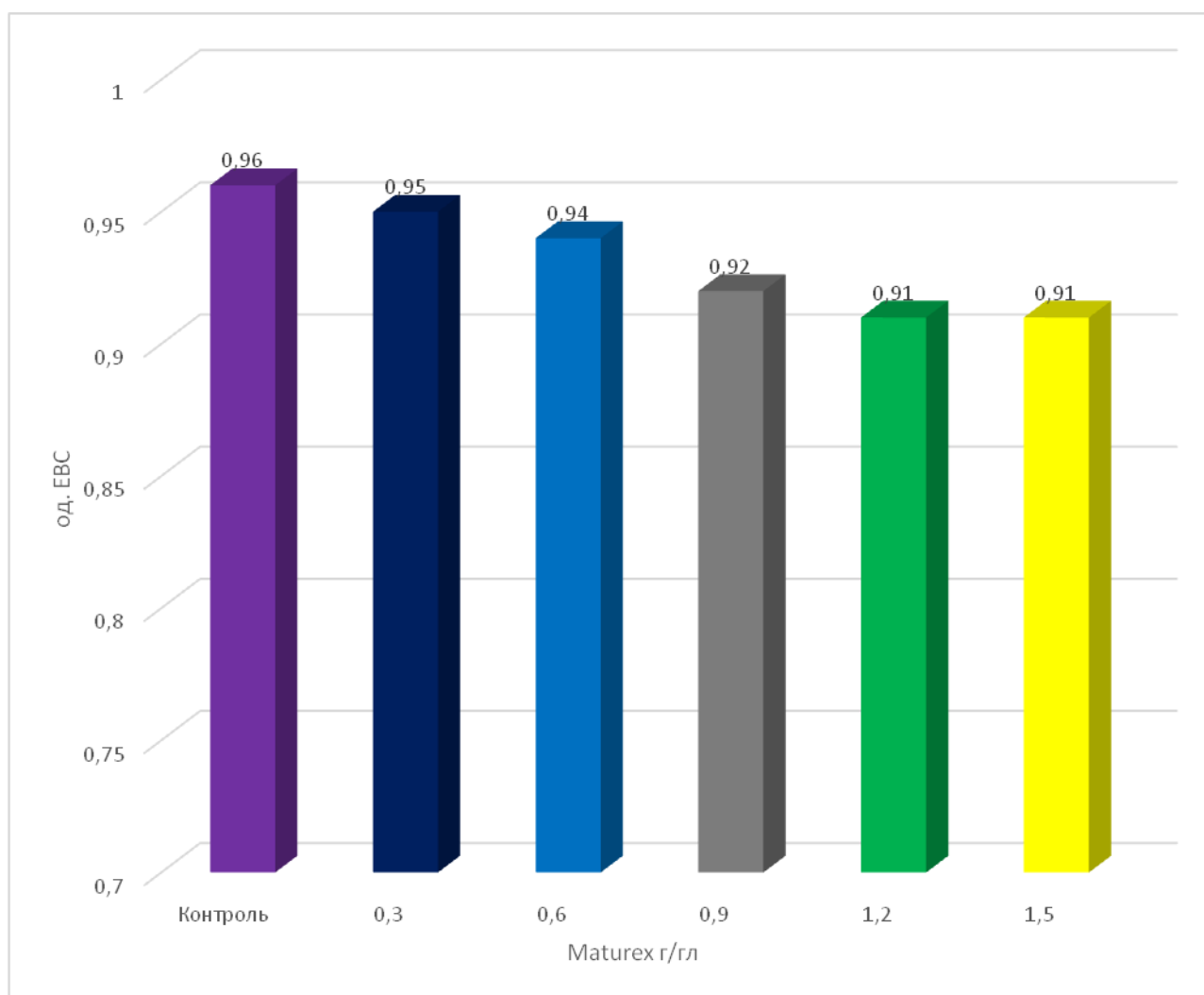


Рис. 3.3. – Вплив різної норми задачі ферменту на мутність пива

Згідно даних зображених на рис. 3.3 видно, що при нормі задачі ферменту 0,3 та 0,6 г/гл зміни мутності майже не відбувається. Тільки починаючи з зразка з нормою задачі 0,9 г/гл мутність пива незначно знижується. З цього можна сказати, що даний ферментний препарат неефективно використовувати для зниження мутності пива при будь-якій нормі задачі ферменту.

Органолептична оцінка пива. В Україні органолептичну оцінку пива проводять за 25 бальною системою. У табл. 3.7 наведено органолептичну оцінку готового пива у зразках з різною нормою задачі ферментного препарату.

Таблиця 3.7 – Органолептична оцінка пива з різними нормами задачі ферментного препарату Maturex

Зразок	Показник						
	Прозорість 0-3	Колір 0-3	Піноутворення 2-5	Аромат 1-4	Смак 2-5	Хмелева гіркота 2-5	Загальна оцінка
Контроль	3	3	4	3	3	4	20
Maturex 0,3 г/гл	2	3	3	3	4	3	18
Maturex 0,6 г/гл	2	2	3	4	3	4	18
Maturex 0,9 г/гл	3	2	4	3	3	3	18
Maturex 1,2 г/гл	2	3	4	4	3	3	19
Maturex 1,5 г/гл	3	3	3	3	4	4	20

Усі зразки були прозорі з блиском, без сторонніх домішок; колір відповідав типу пива; піна дрібнодисперсна, компактна, висотою не менше 40 мм, стійкістю не менше 4 хв; відмінний аромат, що відповідає даному сорту пива; смак відмінний, без сторонніх присмаків, гармонійний, відповідає даному сорту пива; хмелева гіркота не дуже злагоджена, злегка залишкова.

На рис 3.4 зображена профіль-діаграма органолептичної оцінки пива з урахування різної норми задачі ферменту Maturex.

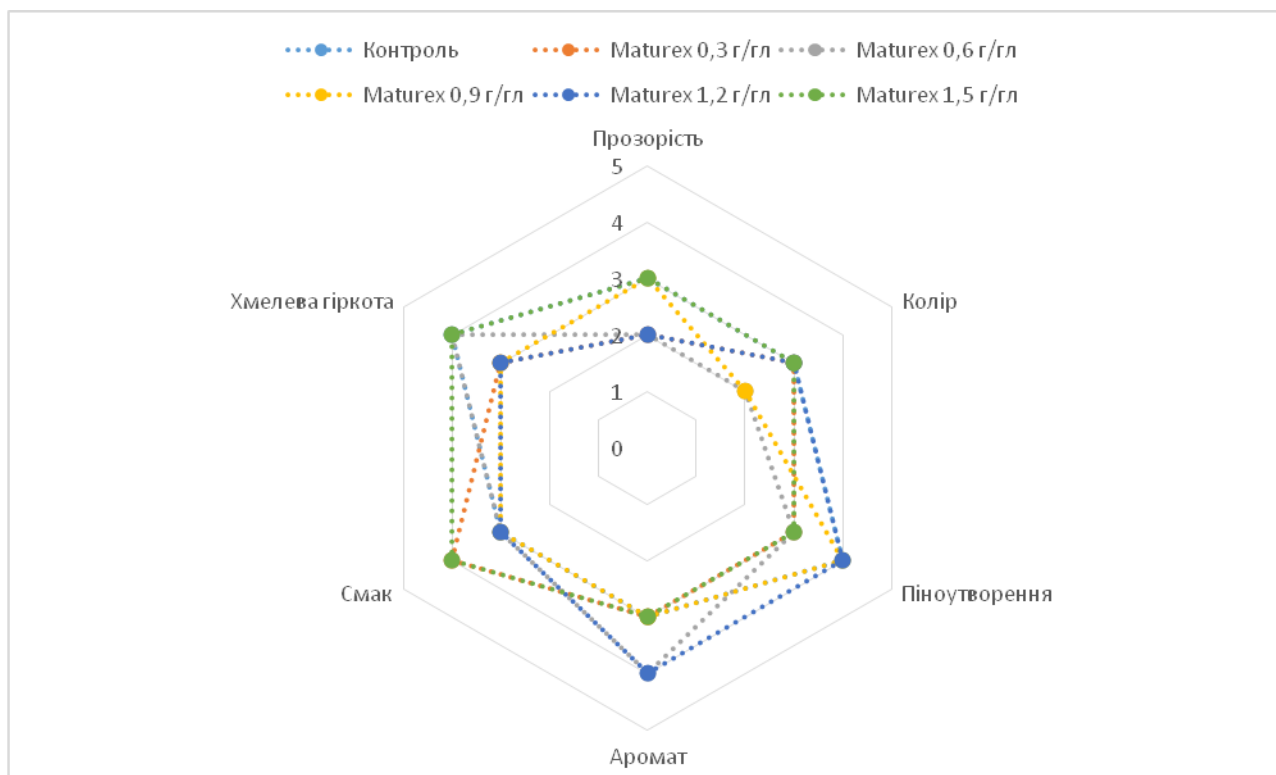


Рис. 3.4. – Профіль-діаграма органолептичної оцінки пива з урахуванням різної концентрації ферментного препарату

Порівнюючи органолептичну оцінку зразків з різною нормою задачі ферментного препарату та з контрольним зразком, можна сказати що, альфа-ацетолактат декарбоксилаза не впливає суттєво ні на жоден з органолептичних показників. Можна тільки виділити, що зразок з нормою задачі 1,5 г/г мав більш повний та гармонійний смак.

Після дослідження фізико-хімічних та органолептичних показників пива з різною нормою задачі ферментного препарату Maturex, було доказано низьку ефективність даного ферменту для підвищення стійкості пива. Виходячи з даного дослідження було прийнято рішення використати біль сучасний ферментний препарат Brewers Clarex і дослідити як він впливає на колоїдну стійкість пива, порівняно з Maturex. Для цього використовували різну кількість ферментного препарату Brewers Clarex про що описано в пункті 3.3.

3.3 Дослідження впливу пролін специфічної ендопротеази (Brewers Clarex) на фізико-хімічні показники під час приготування готового пива

Brewers Clarex – пролін специфічна ендопротеаза, яка розщеплює поліпептиди на карбоксильному кінці амінокислоти – проліну. Для дослідження використовували сушло приготоване на пивзаводі «Карлсберг» з 100% світлого ячмінного солоду та початковим вмістом сухих речовин 14%. Перед початком головного бродіння задавали відповідні норми задачі ферментного препарату - 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 г/г. Бродіння проходило при 18°C у пляшках місткістю 1 дм³ з нормою задачі дріжджів 7 г та охолодження і стабілізація при 4°C. Весь процес

зайняв 10 днів. У дослідних зразках визначали вміст загального розчинного азоту, межу осадження білку, мутність пива, вміст поліфенольних речовин та проводили органолептичну оцінку пива.

Вміст загального розчинного азоту. Дослідження вмісту загального розчинного азоту в пиві з різною нормою задачі ферменту наведені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Вміст загального розчинного азоту в пиві з різною нормою задачі ферменту

Показник	Контроль	Brewers Clarex, г/гл				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Вміст загального розчинного азоту, мг/100 см ³	76,8	75,3	74,2	72,5	69,5	67,5

На рис. 3.5 показаний вплив на вміст загального розчинного азоту, різної норми задачі ферментного препарату.

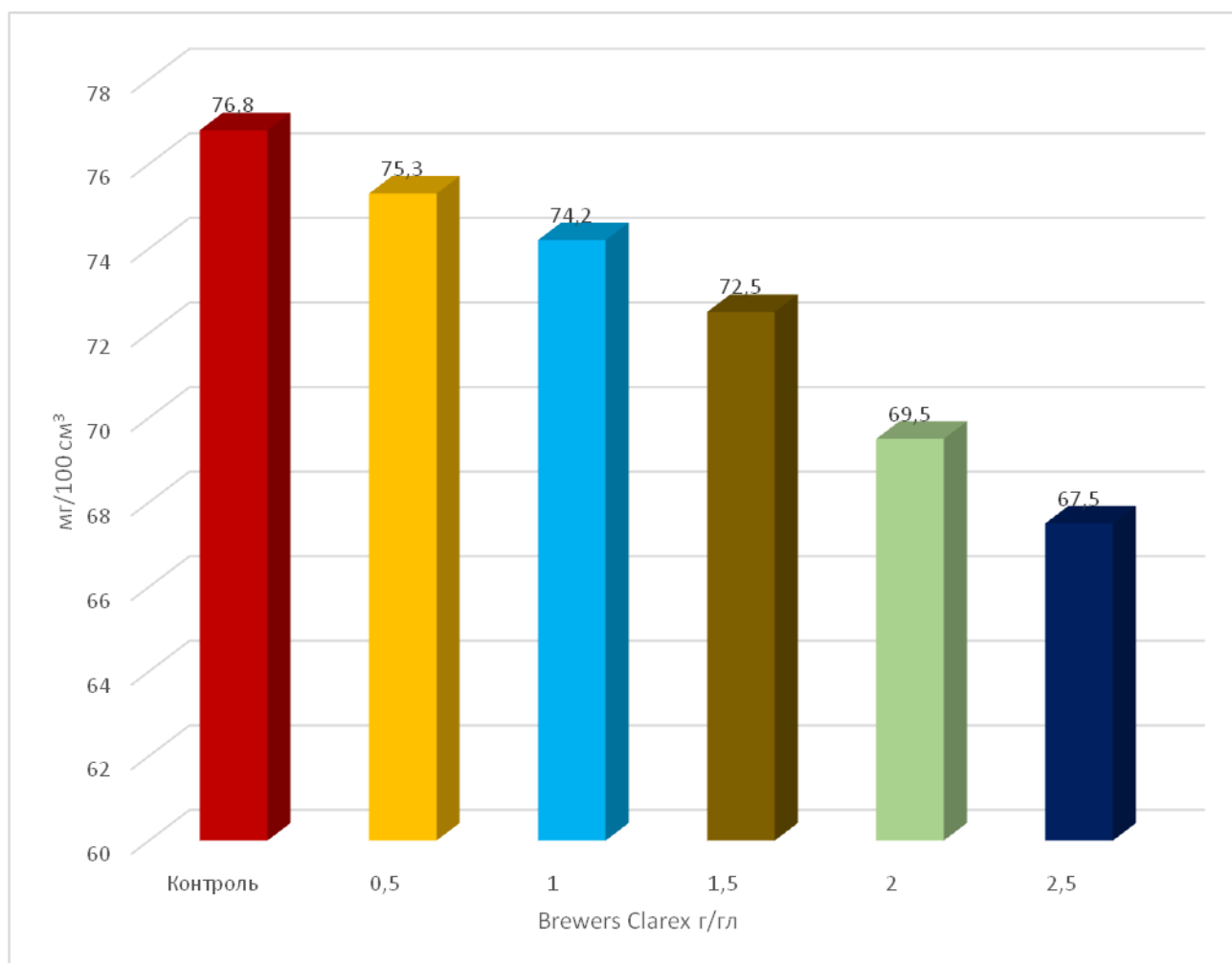


Рис. 3.5. - Вплив різної норми задачі ферменту на вміст загального розчинного азоту.

Як видно з рис. 3.5 при нормі задачі ферментного препарату від 0,5 до 1,5 г/гЛ значного зменшення загального розчинного азоту не відбувається, починаючи з 1,5 г/гЛ та вище, вміст азотистих сполук значно нижче ніж в контролі. А при нормі задачі 2,5 г/гЛ різниця складає 9,3 мг/100 см³, що говорить про ефективну дію даного ферментного препарату.

Осадження білку. Дослідження стійкості пива до охолодження, виконують за допомогою тесту: «межа осадження білку». У табл. 3.9 наведені результати досліджень межі осадження білку при різних нормах задачі ферментного препарату.

Таблиця 3.9 – Межа осадження білку при різних нормах задачі ферментного препарату

Показник	Контроль	Brewers Clarex, г/гЛ				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Межа осадження білку сульфатом амонію, см ³ /100 см ³	15	15	17	18	21	22

На рис. 3.6 показаний вплив на межу осадження білку, різної норми задачі ферментного препарату.

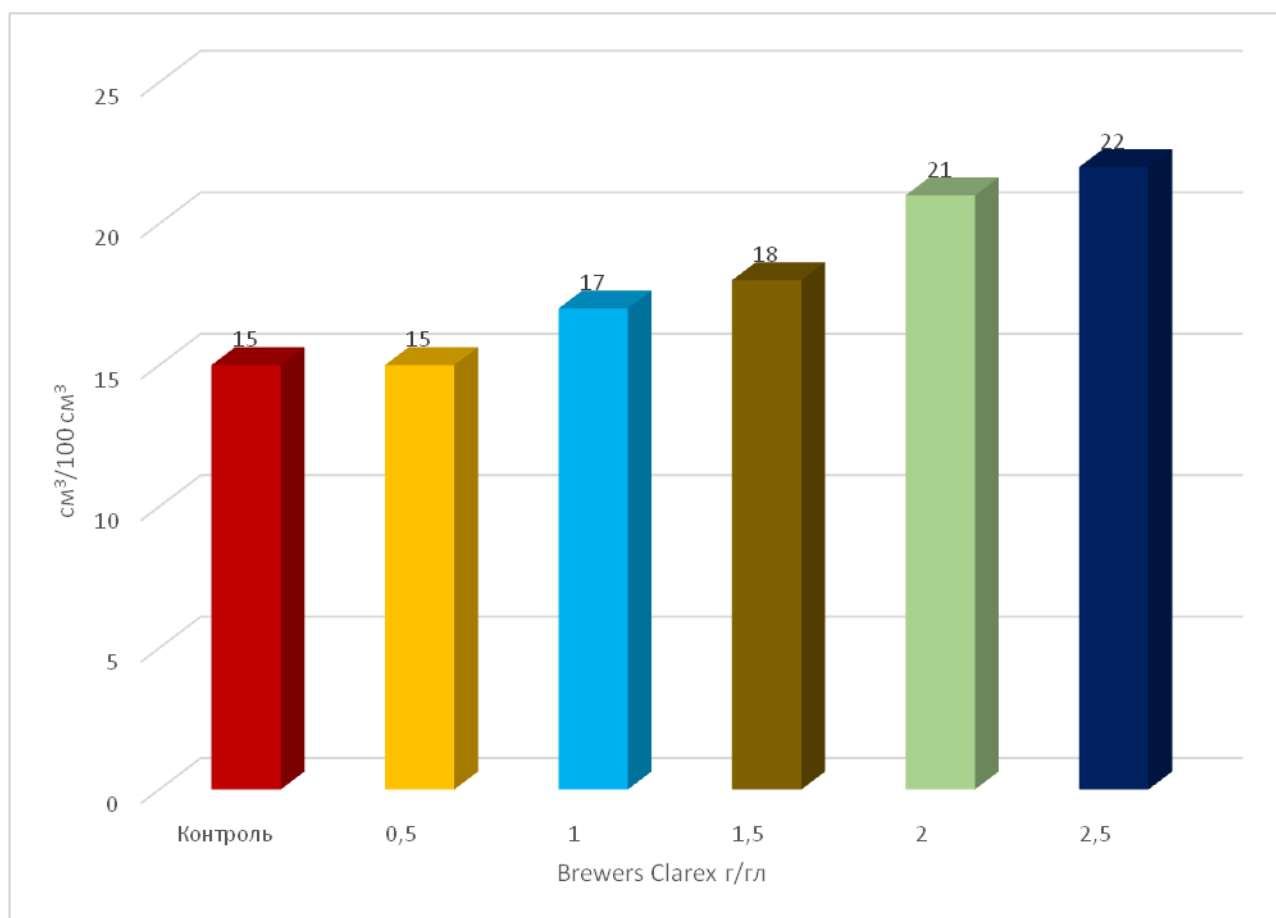


Рис. 3.6. - Вплив різної норми задачі ферменту на межу осадження

Як видно з рис. 3.6 при нормі задачі ферменту від 0,5 до 1.5 г/гЛ зміни межі осадження білку майже не відбувається. При 2 та 2,5 г/гЛ межа осадження білку підвищується на 6 та 7 см³ сульфату амонію відповідно, у порівнянні з контролем. З цього можна зробити висновок про високу ефективність ферментного препарату.

Визначення поліфенольних речовин. У табл. 3.10 наведені результати дослідження вмісту поліфенольних речовин в пиві в залежності від різної норми задачі ферментного препарату Brewers Clarex.

Таблиця 3.10 – Вміст поліфенольних речовин в пиві в залежності від норми задачі ферментного препарату

Показник	Контроль	Brewers Clarex, г/гЛ				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Поліфенольні речовини мг/дм ³	216	214	214	212	211	208

На рис. 3.6 показаний вплив різної норми задачі ферменту на вміст поліфенольних речовин.

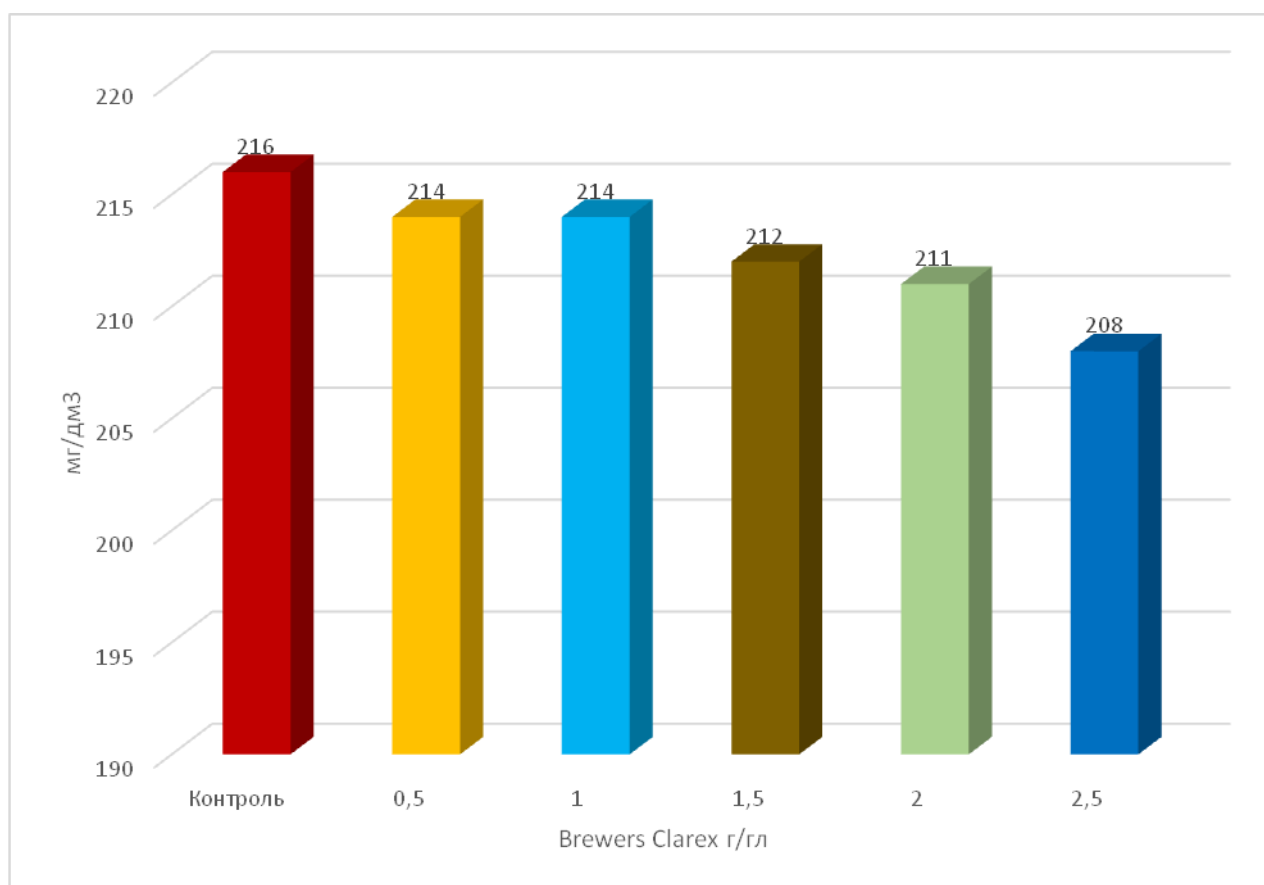


Рис. 3.6. - Вплив різної норми задачі ферменту на вміст поліфенольних речовин в пиві

Як видно з рис. 3.6, що при нормі задачі ферменту Brewers Clarex від 0,5 до 2,5 г/гл суттєвого зменшення вмісту поліфенолів не відбувається, а результати визначень списати на похибку. Звідси можна зробити висновок, що даний ферментний препарат не дає впливу на вміст поліфенолів.

Визначення мутності пива. Дослідження мутності пива проводили на мутомірі попередньо профільтрувавши через складчастий паперовий фільтр з шаром кізельгуру. У табл. 3.11 наведені результати досліджень мутності з різною нормою задачі ферментного препарату Brewers Clarex.

Таблиця 3.11 – Мутність пива при різній нормі задачі ферментного препарату

Показник	Контроль	Brewers Clarex, г/гл				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Мутність, од. ЕВС	0,92	0,9	0,88	0,85	0,8	0,78

На рис. 3.7 показаний вплив різної норми задачі ферменту на мутність пива.

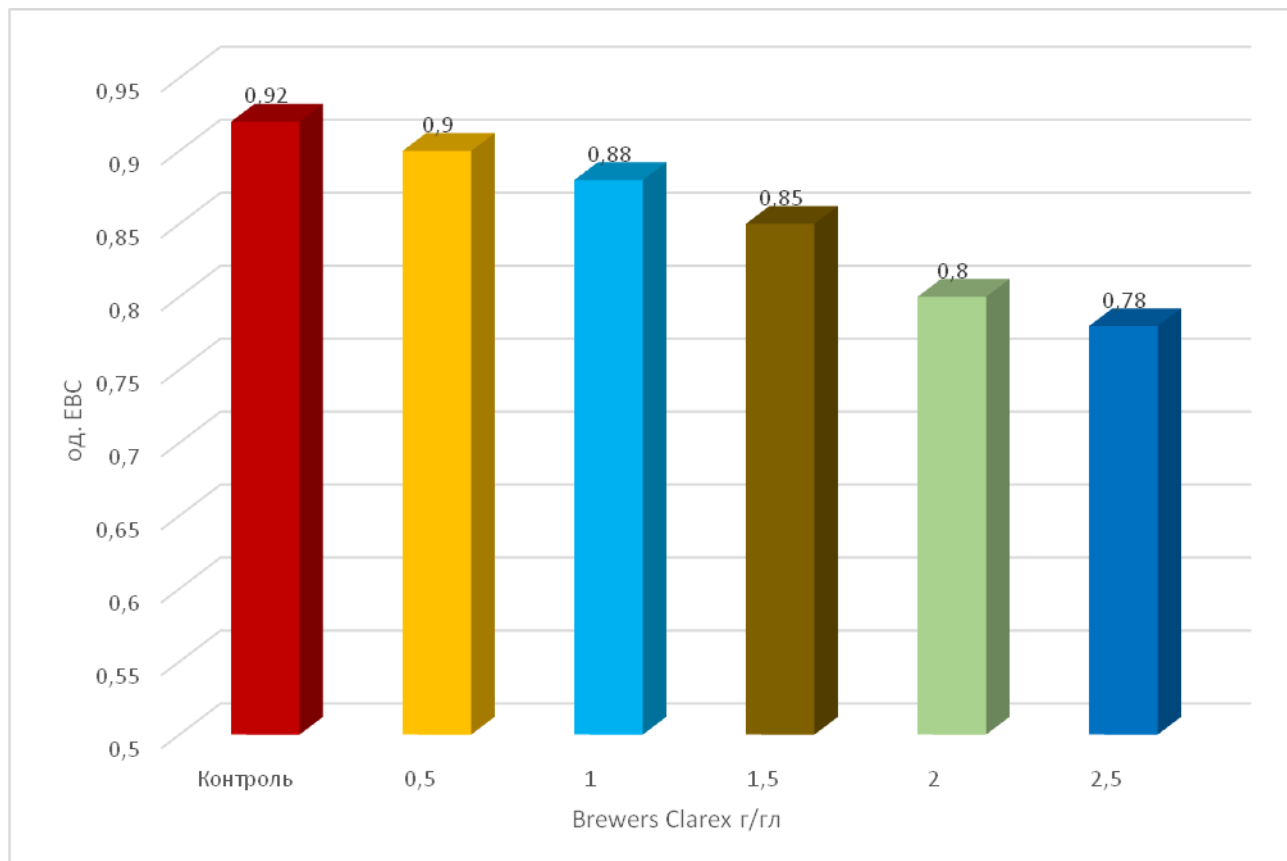


Рис. 3.7. – Вплив різної норми задачі ферментного препарату на мутність пива

Як видно з рис. 3.7 при нормі задачі Brewers Clarex від 0,5 до 2 г/гл зниження мутності відбувається рівномірно, а при нормі задачі 2,5 г/гл динаміка падає в порівнянні з попереднім зразком. Отже можна зробити висновок, що при нормі задачі 2 та 2,5 г/гл ефективність препарату буде найбільша.

Органолептична оцінка. У табл. 3.12 наведені органолептичні показники пива з оцінкою по 25 бальній системі у зразках з різною нормою задачі Brewers Clarex.

Табл. 3.12 – Органолептична оцінка пива у зразках з різною нормою задачі ферменту Brewers Clarex

Зразок	Показник						Загальна оцінка
	Прозорість 0-3	Колір 0-3	Піноутворення 2-5	Аромат 1-4	Смак 2-5	Хмелева гір-кога 2-5	
Контроль	2	3	4	4	4	4	21
Brewers Clarex 0,5 г/гЛ	2	3	4	3	3	4	19
Brewers Clarex 1 г/гЛ	3	2	4	4	3	3	19
Brewers Clarex 1,5 г/гЛ	3	3	3	4	4	4	21
Brewers Clarex 2 г/гЛ	3	2	3	4	4	3	19
Brewers Clarex 2,5 г/гЛ	3	3	4	4	4	3	21

На рис. 3.8 зображена профіль-діаграма органолептичної оцінки зразків пива з різною нормою задачі Brewers Clarex.

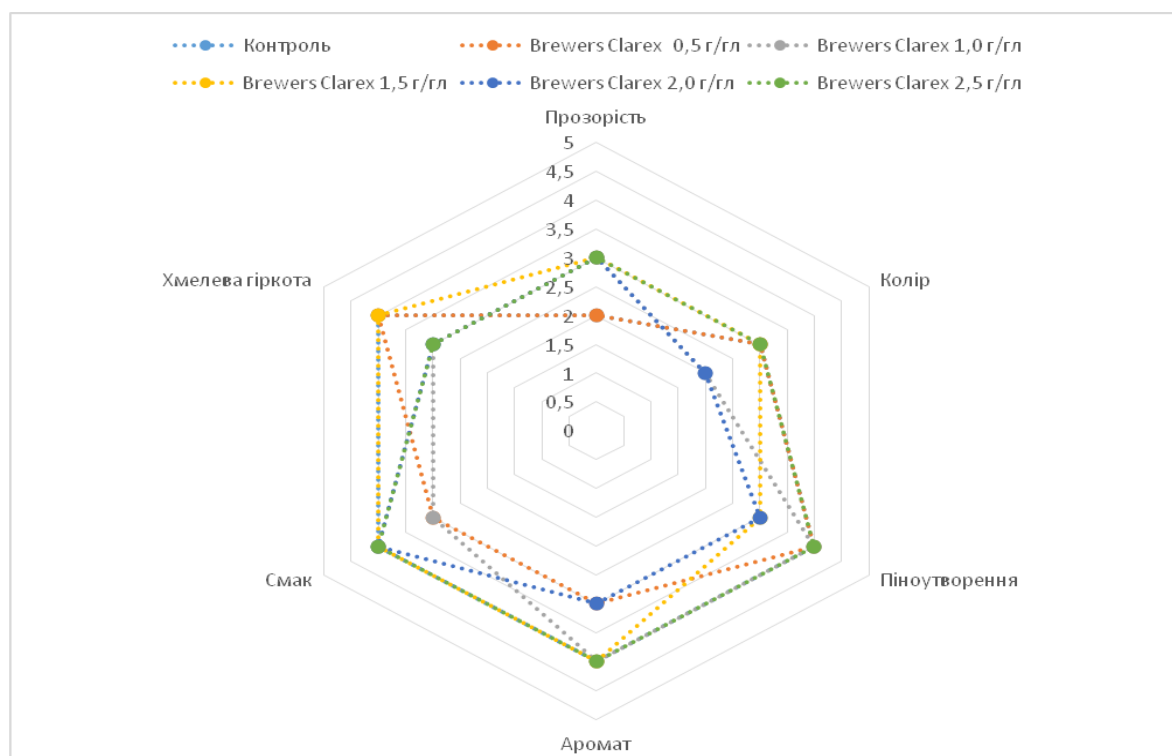


Рис. 3.8 – Профіль-діаграма органолептичної оцінки зразків пива з різною нормою задачі ферменту

Основною метою визначення органолептичних показників було, дослідження впливу ферментного препарату Brewers Clarex на пінисті властивості пива. Виробником було стверджено, що препарат не впливає на ці показники. Всі зразки, в які вносили різну дозу ферментного препарату, показали гарні показники піноутворення та піностійкості (не менше 40 мм та 4 хв) у порівнянні з контрольним зразком. Усі зразки були прозорі з блиском, без сторонніх домішок; колір відповідав типу пива; відмінний смак, що відповідав типу пива; відмінний, гармонійний аромат.

3.4 Висновки

1. Проведеними дослідженнями встановлено оптимальну кількість ферментного препарату Maturex в кількості 1,5 г/гл.
2. Встановлено що навіть в такій кількості він не впливає на колоїдну стійкість пива.
3. Було вирішено підібрати інший ферментний препарат Brewers Clarex.
4. Експериментальним шляхом встановлена оптимальна доза даного ферменту 2,5 г/гл для покращення фізико-хімічних показників пива.
5. Колоїдна стійкість досліджуваного 14 % світлого пива покращилася по показнику мутності та вмісту загального розчинного азоту.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

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

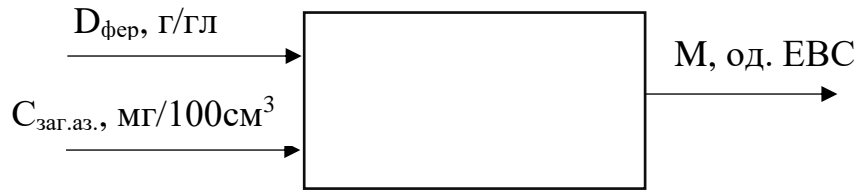


Рис. 4.1 – Параметрична схема математично-статистичної залежності

У загальному вигляді функцію можна представити так:

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

де, M – мутність пива, од. ЕВС;

$D_{\text{фер}}$ – норма задачі ферментного препарату, 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 ферментного препарату Brewers Clarex, 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, визначимо їх рівні варіювання та інтервал вимірювання, які наведені у табл. 4.1.

Табл. 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.

Табл. 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.

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

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

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

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

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

Сума дисперсії дорівнює:

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

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:

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

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

$$t_{b2} = \frac{|b_0|}{S_{bi}^2} = \frac{|0,0325|}{0,0004} = 81,25;$$

$$t_{b3} = \frac{|b_0|}{S_{bi}^2} = \frac{|-0,0075|}{0,0004} = 18,75.$$

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

$$\hat{y} = 0,827 + 0,0375 \times x_1 + 0,0325 \times x_2 + (-0,0075) \times x_1 x_2;$$

$$\hat{y}_1 = 0,827 + 0,0375 + 0,0325 + (-0,0075) = 0,9045;$$

$$\hat{y}_2 = 0,827 + 0,0375 - 0,0325 - (-0,0075) = 0,8395;$$

$$\hat{y}_3 = 0,827 - 0,375 + 0,0325 - (-0,0075) = 0,8295;$$

$$\hat{y}_4 = 0,827 - 0,0375 - 0,0325 + (-0,0075) = 0,8145.$$

Перевіряємо отримані рівняння регресії 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.

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

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:

$$z_1 = \frac{D - 1,5}{0,5};$$

$$z_2 = \frac{C - 72,15}{1,55};$$

$$y = M.$$

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 ферменту 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

Метою даної магістерської роботи було дослідження впливу ферментних препаратів Maturex та Brewers Clarex на колоїдну стійкість пива за умови внесення їх в різних концентраціях перед початком головного бродіння.

За результатами дослідження обґрунтована можливість застосування ферментного препарату Brewers Clarex для отримання пива високої якості та стійкого до колоїдних помутнінь.

Соціально-економічний ефект від впровадження результатів магістерської роботи є досить значним. У результаті додавання Brewers Clarex ми одержуємо стійкий до колоїдних помутнінь продукт, крім цього досягаємо колосальної економії енергоресурсів.

Економія досягається за рахунок виключення з циклу виробництва пива етапу холодної стабілізації, що у свою чергу дозволяє заощаджувати на витратах холоду до 800 грн за один день охолодження ЦКТ об'ємом до 3000 гл до 0°C. Також дає можливість «теплої фільтрації», тобто фільтрації пива на 6°C, а не на 2°C, що також впливає на економію енергоресурсів. Використання даного ферментного препарату дає можливість зменшити витрати кізельгуру з 50 до 35 г/гл готового пива.

У даній роботі також було досліджено, що використання ферментного препарату Maturex не є доцільним з точки зору збільшення стійкості пива, а лише з метою скорочення терміну виготовлення пива, за рахунок гідролізу альфа-ацетолактату за швидкою реакцією до ацетоїну, а не повільною до діацетилу. Тому процес дозрівання пива можливо скоротити від 12 до 36 годин в залежності від норми задачі ферменту.

У таблиці 5.1 наведена розрахункова вартість приготування 1 дал пива з додаванням ферментного препарату.

Таблиця 5.1 - Вартість приготування 1 дал пива

Найменування витрат	Одиниці виміру	Витрати на 1 дал	Ціна за одиницю, грн	Вартість 1 дал пива, грн	Вартість 1 дал пива, грн
					3 використанням Brewers Clarex
					Без використання Brewers Clarex
Солод	кг	2	28	56	56
Хміль	кг	0,004	800	3,2	3,2
Дріжджі	кг	0,01	2400	24	24
Brewers Clarex	кг	0,00025	4200	-	1,05
Вода	м ³	0,015	100	1,5	1,5
Вартість приготування 1 дал пива				84,7	85,75

Собівартість 1 дал пива з ферментним препаратом є вищою на 1,05 грн/дал, ніж собівартість пива без нього. Таке несуттєве підвищення вартості, пов'язано з тим, що 1 кг ферменту Brewers Clarex коштує 125 євро або 4200 грн. Як було визначено у кваліфікаційній роботі його оптимальна норма задачі 2,5 г/гл, тобто 0,25 г/дал пива, у перерахунку на грошову одиницю – 1,05 грн/дал. В кінцевому етапі ми отримуємо пиво з підвищеною колоїдною стійкістю та високими органолептичними показниками, але при цьому ми маємо підвищення собівартості сировини на 1,24 %. Яка в подальшому компенсується за рахунок економії енергоресурсів на етапах стабілізації та фільтрації пива.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці в лабораторії. При виконанні робіт в лабораторії на працівників можуть впливати такі небезпечні фактори:

- фізичні (підвищений шум, електромагнітне та ультрафіолетове випромінювання, недостатня освітленість, відхилення температури і вологості робочої зони від встановлених норм, підвищений вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, електричний струм);
- біологічні;
- хімічні (реактиви, дезінфікуючі засоби, подразнюючі, мутагенні, алергенні, канцерогенні засоби);
- механічні;
- людські;
- пожежонебезпечні [1].

На підприємстві та безпосередньо в лабораторії керування охороною праці це обов'язки роботодавця (керівника підприємства) спеціалістів з питань охорони праці та керівників, завдання служби охорони праці регулюються Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів України «Про працю», Типовим положенням про службу охорони праці, затвердженим наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 3 серпня 1993 р. № 73 та «Положенням про службу охорони праці в системі Міністерства сільського господарства і продовольства України»

Спеціаліст з охорони праці за своєю посадою прирівнюється до спеціалістів основних виробничо – технічних служб. Повинен відповідати кваліфікаційним вимогам, зазначених у «Довіднику кваліфікаційних характеристик професій працівників», який був затверджений наказом Міністерства праці та соціальної політики від 16 лютого 1998 року № 24. [1, 2]

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

Працівник служби охорони праці підприємства у своїй роботі, керується законодавством України, нормативно – правовими актами, колективним договором та актами з охорони праці, що діють в межах підприємства..

Служба охорони праці на підприємстві здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками правил ведення технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами та устаткуванням, виконанням різного роду робіт у відповідності до вимог щодо охорони праці. [1]

В лабораторіях та робочих місцях завжди знаходяться «Інструкції з техніки безпеки». При виконанні експериментів використовують різні реактиви, серед яких є токсичні, вогне- та вибухонебезпечні.

Працівники лабораторії допускаються до роботи тільки після ознайомлення з правилами техніки безпеки. Ознайомлення з якими проводить завідуючий лабораторією. Через кожні три місяці проводиться повторний інструктаж, що фіксується у спеціальному журналі.

В хімічній лабораторії дозволяється працювати тільки при робочій приточно-витяжній вентиляції, обладнаних витяжних шаф, спецодягу, засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), пожежогасіння і аптечки для надання першої допомоги.

По закінченню роботи необхідно привести в належний стан своє робоче місце, помити посуд, поставити на місце хімічні реактиви, виключити електроприлади, газ, воду та освітлення.

При роботі з скляним хімічним посудом і скляними приладами необхідно дотримуватися правил безпеки. Слід пам'ятати, що хімічний посуд крихкий і тонкостінний, а через це його можна розбити і травмуватися. Скляний посуд і прилади треба тримати обережно, не сильно його пальцями. [1]

Для попередження травматичних ситуацій при роботі з скляним посудом необхідно дотримуватись таких застережних заходів:

- відразу прибирати зі столу склобій і відходи теплової обробки скла;
- при збиранні скляних частин приладів строго дотримуватися діючих правил, які приведені у відповідних інструкціях;
- оплавляти кінці скляних трубок;
- захищати руки рушником при розрізі скляних трубок і паличок;
- при митті посуду йоржами або скляною паличкою необхідно бути обережним, адже можна ними легко пробити дно або стінки.

Для запобігання нещасних випадків при роботі з хімічними реактивами необхідно керуватися такими правилами:

- токсичні рідини забороняється набирати в піпетку ротом. В цьому випадку треба використовувати гумову грушу;
- заборонено приливати концентровані кислоти до концентрованих лугів (або навпаки); їх треба розводити водою до проведення нейтралізації;
- при розведенні розчинів гідроксидів лужних металів треба приливати їх тонким струменем в холодну воду при одночасному перемішуванні;
- для приготування розчинів лугу необхідно його попередньо дрібно роздробити, щоб не розбити посуд великими кусками. Дробити луг треба на чистому металевому листі в захисних окулярах, щільно застебнутому халаті і в гумових рукавичках. Кусочки лугу беруть порцеляновим або металевим шпателем; [1,2]
- процеси, пов'язані з виділенням отруйливих газів, пари та диму, роблять у витяжній шафі;
- перед нагріванням води в промивалці з останньої виймають пробку;
- нагрівання пробірок та іншого скляного посуду треба проводити поступово, направляючи їх отворами від працюючого;
- не можна змішувати розчини, що киплять або додавати до них сухі реагенти на нагрівальних приладах;
- використані реактиви, які містять в собі токсичні елементи, виливають в раковину витяжної шафи.

Зберігання легкозаймистих рідин в загальній кімнаті не допускається. Для їх зберігання повинні бути виділені спеціальні приміщення обладнані витяжними шафами.

Дозволено зберігати легкозаймисті речовини в лабораторному приміщенні тільки в об'ємі, який не перевищує добовий запас, в товстостінних склянках (з товщиною стінок не менше 2 мм) з притертими пробками, які розміщують в спеціальних шафах, дно і стінки яких вимощені азбестом.

Перегонку та нагрівання вогнебезпечних речовин, проводять в круглодонних колбах з тугоплавкого скла і на водяних банях.[1]

Посуд, в якому зберігались або проводились роботи з горючими рідинами, необхідно одразу ж помити.

Переливати кислоти та луги з великої ємності у малу тару дозволяється тільки за допомогою сифону або ручного насосу.

Леткі речовини, які застосовуються в лабораторіях (спирт, етиловий ефір та інші), є горючими і являють собою велику небезпеку. Пари деяких з них легко займаються, при відповідній концентрації їх в повітрі може утворитися вибухова суміш. Через це при нагріванні або кип'ятінні летких розчинників не можна користуватись нагрівальними приладами з відкритим полум'ям.

Всі роботи, що пов'язані з застосуванням вогне- і вибухонебезпечних речовин, проводять у витяжній шафі. [2]

Не можна користуватись водою для гасіння летких розчинників, які загорілись, тому що можна викликати ще більше розповсюдження пожежі.

Вогнище пожежі, що утворилося, ліквідують накриттям поверхні вогню щільною тканиною або засипають його піском. Якщо вогонь розповсюдився на велику площу, то треба користуватись вогнегасником (пінним або порошковим), збиваючи полум'я з боку не пошкодженої ним ділянки.

Ці рідини треба зберігати в ізольованому відсіку шафи, який відділений від джерела вогню дверима, що щільно закриваються. Зсередини шафа повинна бути покрита азбестом і оббита покривним металом.

Забороняється залишати без нагляду газові пальники і електронагрівальні прилади. При пожежі необхідно виключити світло у електрощиту, перекрити газовий кран, полум'я засипати піском.

В кожній лабораторії повинні бути засоби гасіння пожежі. Туди входять: вогнегасник, ящик з піском (з лопатою та совком).

При займанні одягу необхідно накрити потерпілого товстою тканиною або облили водою.

При розливанні вогнебезпечних рідин, необхідно виключити всі пальники і електронагрівальні прилади, а потім прибрати рідину.

При виявленні запаху газу заборонено запалювати вогонь і користуватись електронагрівальними приладами.

При опіках паром, гарячими предметами або відкритим полум'ям пошкоджену ділянку змазують етиловим спиртом або 3 – 10 % розчином перманганату калію та накладають стерильну пов'язку. [2]

При потраплянні гарячої олії на шкіру, уражену ділянку обробляють бензином і змазують маззю від опіків.

При опіках бромом, шкіру промивають водою і змащують вазеліном.

При потраплянні на шкіру кислот, вражене місце промивають водою і 3% розчином гідрокарбонату натрію NaHCO_3 , а при попаданні лугу – водою та 1 – 5 % розчином оцтової кислоти.

При потраплянні хімічних речовин в очі їх необхідно промити водою і 3 % розчином гідрокарбонату натрію (при потраплянні кислоти), або насиченим розчином борної кислоти (при потраплянні лугу).

При опіках ротової порожнини кислотою застосовують полоскання 5% розчином гідрокарбонату натрію, при опіках лугом – 2% розчином соляної кислоти або 3 – 6% розчином оцтової кислоти.

У разі порізу склом необхідно переконатися у відсутності залишків скла в рані, а потім змазати йодом. Необхідно промити рану водою, присипати стрептоцидом і перев'язати. При сильній кровотечі рану обробляють 3 % розчином перекису водню і перев'язують.

Згідно санітарних норм для кожного робочого місця нормуються: повітря робочої зони (мікроклімат, загазованість, запиленість); шум; вібрація; освітленість; випромінювання (іонізуюче, радіаційне, лазерне, магнітне, ультразвукове); забезпечення санітарно – побутовими приміщеннями. [2]

Закон України «Про охорону праці». Був прийнятий 21 листопада 2002 року. Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на безпечні та здорові умови праці. За участі відповідних органів влади, регулює відносини між роботодавцем та працівником з питань безпеки та гігієни праці і виробничого середовища .

Мікроклімат. Мікрокліматом називають стан повітря у виробничому приміщенні. Він визначається такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, °С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням, Вт/м².

Кожен з цих параметрів поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологію організму – його терморегуляцію і визначають самопочуття.

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик приміщення, категорії робіт за важкістю і порою року.

Основні нормативні документи, що містять норми мікроклімату – це санітарні норми і стандарти безпеки праці, зокрема ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Тривалий тепловий вплив також належить до несприятливих метеорологічних умов, які негативно впливають на організм людини, призводить до порушення терморегуляції, як наслідок відбувається погіршення самопочуття, зниження продуктивності праці. Температура поверхні обладнання не має бути більше 45°С, а в приміщеннях з тепло- і вибухонебезпечним середовищем 35°С.

Мікроклімат нормується допустимими нормами, оскільки у відділенні спостерігається значне тепловиділення від варильних та сушварильних апаратів, у яких температура складає 97-103°С). Дане тепло передається від корпусу до повітря в цеху за допомогою конвекції та нагріває стіни будівлі, обладнання, шкіру людей за рахунок тепловипромінювання [1].

Для робітників встановлені норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони, узгоджені Міністерством охорони здоров'я України 23.09.93 №5.05.07. – 737.

Шум і вібрація. Шум – це хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності. Основною ціллю нормування шуму на робочому місці є встановлення допустимих рівнів шуму, котрі за щоденного впливу протягом робочого дня і багатьох років не можуть викликати суттєвих захворювань організму людини та при цьому не заважають його нормальній трудовій діяльності.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [1].

Вібрація. Її утворюють механічні коливання від насосів та іншого обладнання. У залежності від видів вібрацій їхній вплив на організм людини буде різний. За частоти 0,7 Гц тіло людини і його органи рухаються як одне ціле, не відчуваючи взаємних переміщень. Найбільш відчутна вібрація виникає у дробильному відділенні на варниці, що спричинене роботою дробарок.

Як засоби індивідуального захисту необхідно використовувати антивібраційні рукавиці, взуття.

Природне та штучне освітлення. Освітлення у виробничому приміщенні має відповідати нормам і правилам регламентованими в ДБН.В 2.5 – 28 – 2006 «Природне та штучне освітлення. Норми проектування».

За видом джерела світла освітлення може бути:

- природним (сонячним);
- штучним (лампи розжарювання або газорозрядні);
- суміщеним (коли у світлі години доби використовують обидва джерела світла одночасно).

Природне освітлення. Природне освітлення виробничих приміщень відбувається за допомогою світла сонця.

Освітленість робочих місць на підприємстві здійснюється двостороннім бічним природним світлом – у світлі години доби і штучним – у вечірні та нічні години. У виробничих відділеннях забезпечують вимоги, котрі встановлюються до раціонального освітлення: достатня освітленість робочого місця (нормована); рівномірне освітлення; відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні; захист від сліпучої дії джерела світла; вірний вибір напрямку світла.

У варильному відділенні маємо загальну систему штучного освітлення. Розряд зорової роботи забезпечується типом люмінесцентних ламп ЛД-40 зі світловим потоком $F=1960$ лм, що надає мінімальну освітленість:

Пожежна безпека. При прийнятті на роботу й у процесі праці усі працівники повинні пройти протипожежний інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Виробничі приміщення забезпечені необхідною кількістю вогнегасників згідно з вимогами «Правил пожежної безпеки в Україні». Їх встановлено в легкодоступних та помітних місцях таким чином, щоб вони не заважали під час евакуації і була забезпечена можливість прочитати маркувальні написи на корпусі.

Усі працівники повинні вміти користуватися вогнегасниками. Евакуаційні виходи і проходи утримуються постійно вільними та нічим не захащується.

У виробничих цехах забороняється:

- курити і користуватися відкритим вогнем;
- перевантажувати товарно-матеріальними цінностями відділення, зберігати продукцію навалом;
- захащувати проходи та підступи до протипожежного інвентарю;

Електробезпека. Силове й освітлювальне електроустаткування, електропроводка та інші споживачі електроенергії виконані та використовуються відповідно до ПУЕ, ПБЕ і Правил технічної експлуатації електроустановок (ПТЄЕ).

Електропроводка, електрообладнання, розподільні пристрої, вимірювальні прилади, рубильники та інші пускові апарати і пристрої встановлені на негорючих основах. Розподільні електрощити, електродвигуни й пускорегулюючі апарати повинні періодично оглядатися й очищатися від пилу.

Плавкі вставки запобіжників калібровані із зазначенням номінального струму вставки. Застосування саморобних некаліброваних плавких вставок забороняється. Експлуатація тимчасових електромереж також не дозволяється [1].

Висновок. У ході проведення експериментальної частини магістерської роботи на виробничій лабораторії пивзаводу «Carlsberg», були дотримані всі вимоги охорони праці та техніки безпеки.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Організація оповіщення виробничого персоналу на пивоварному заводі. Для повного забезпечення безпекою працівників на пивоварних заводах існує організація оповіщення виробничого персоналу за сигналами ЦЗ.

Сили цивільного захисту. У справі ефективного захисту персоналу важливе значення має організація оповіщення в системі ЦЗ. Сигналами оповіщення органів управління ЦЗ (штабів ЦЗ і оперативних груп) є: «Повітряна тривога», «Хімічна тривога», «Радіаційна небезпека». Оповіщення органів управління про загрозу повітряного нападу здійснюється від частин військ ППО. Сили і засоби служб ЦЗ та НС району:

- органи охорони громадського порядку;
- бригада швидкої медичної допомоги;
- санітарно-епідеміологічна станція;
- газова служба;
- енергопостачання;
- водоканалізаційне господарство;
- формування сусідніх ОНГ;
- та інші додаткові сили ЦЗ та НС з урахуванням обстановки, що склалася.

З метою уточнення можливостей заводу і доцільного використання сил і засобів ЦЗ та НС проводиться заслуховування керівного складу і головних спеціалістів до надзвичайної ситуації на заводі, на робочих місцях, виробничих підрозділах. Також проводяться заходи по виконанню завдань ЦЗ та НС з урахуванням загрози їх виникнення (хімічне зараження від хімічно - небезпечних об'єктів заводу; землетрусу; урагану; пониження температури до - 35 °С; підвищення температури до + 35 °С; обледеніння; снігових заметів; пожежі на об'єктах заводу: матеріальний склад; столярна майстерня, гаражі, адмінбудинки; терористичні акти; виникнення інфекцій та інших масових заражень).

Відповідальна особа доповідає начальнику ЦЗ та НС району по телефону або особисто, голові районної комісії ТЕБ і НС району, начальнику відділу з питань НС і ЦЗН про готовність виконання завдань ЦЗ і НС на заводі. [18, 20].

Порядок доведення до виробничого персоналу. Інформація про загрозу виникнення аварій, катастроф, стихійного лиха, радіоактивного, хімічного та бактеріологічного зараження на території заводу та району може поступати від:

- начальника ЦЗ та НС району;
- відділу з питань НС та ЦЗН;
- голови районної комісії техногенно-економічної безпеки і надзвичайних ситуацій;
- чергового райдержадміністрації;
- обласного центру гідрометрології;
- залізнична станція;
- черговий міліції.

При отриманні сигналу “Оголошено збір” або, якщо помічено загрозу виникнення аварійної обстановки стихійного лиха, охоронник-диспетчер

прохідної терміново доповідають начальнику ЦЗ та НС заводу, командирі оперативної групи по оцінці НС – головному інженеру заводу; начальнику штабу ЦЗ та НС.

Під надзвичайною ситуацією мирного часу слід розуміти загрозу чи виникнення стихійних лих, виробничих аварій. У надзвичайних ситуаціях мирного часу і в умовах війни сигнали ЦЗ «Хімічна тривога» і «Радіація небезпека» передаються установленим порядком тільки для органів управління ЦЗ. Відповідальність за організацію і здійснення своєчасного оповіщення про обстановку покладено на відповідних осіб [22].

З метою скорочення строків доведення термінової інформації до виробничого персоналу, що перебуває на потенціально небезпечних об'єктах і в безпосередній близькості від них, оповіщення покладається на начальників цивільної оборони цього об'єкта через локальну систему оповіщення.

Основним способом оповіщення виробничого персоналу у надзвичайних ситуаціях мирного часу, вважається передавання мовної інформації з використанням мережі телефонної, радіо та телебачення.

Для привернення уваги робітників і виробничого персоналу підприємства перед подачею мовної інформації включаються сирени, виробничі гудки та інші сигнальні засоби, що будуть означати подачу попереджувального сигналу „Увага всім!”. Після цього всі повинні ввімкнути радіо, радіотрансляційні і телевізійні приймачі для прослуховування екстреного повідомлення [21].

В мирний час. При аварії на хімічно небезпечному об'єкті відповідальна особа через локальну систему оповіщення повідомляє: «Говорить штаб цивільної оборони. Відбулась аварія на ... з викидом Хмара зараженого повітря розповсюджується у напрямку В зону хімічного зараження потрапляють цеха ... негайно залишити приміщення і вийти в район В подальшому діяти за вказівками штабу цивільної оборони».

При загрозі повені відповідальна особа через локальну систему оповіщення повідомляє: «Говорить штаб цивільної оборони. У зв'язку з підвищенням рівня води в річці ... очікується підтоплення цехів Робітникам та службовцям цих цехів зібрати необхідні речі, вимкнути електрику і вийти в район При несподіваному підйомі рівня води знайти підвищені місця (верхні поверхи будівель, криші) і чекати на допомогу. Будьте уважними до повідомлень штабу цивільної оборони».

В умовах війни. У разі повітряної небезпеки відповідальна особа через локальну систему оповіщення повідомляє: «Говорить штаб цивільної оборони! Повітряна тривога! Вимкніть світло, воду. Візьміть засоби індивідуального захисту, документи, запас води і продуктів. Як можна скоріше дійдіть до сховища або укрийтеся на місці. Дотримуйтеся спокою і порядку. Будьте уважні до оповіщень штабу цивільної оборони».

У разі загрози хімічного зараження відповідальна особа через локальну систему оповіщення повідомляє: «Говорить штаб цивільної оборони! Виникла безпосередня загроза хімічного зараження. Надіти протигази. Для захисту поверхні тіла використовуйте спеціальний одяг, комбінезони і чоботи. При собі

мати плівкові накидки, куртки і плащі. Перевірте герметизацію приміщень, стан вікон і дверей. Укрийте сировину і готову продукцію, джерела водопостачання. Вимкніть електрику. В подальшому дійте у відповідності до вказівок штабу цивільної оборони».

При загрозі радіоактивного зараження відповідальна особа через локальну систему оповіщення повідомляє: «Говорить штаб цивільної оборони! Виникла безпосередня загроза радіоактивного зараження. Приведіть до готовності засоби індивідуального захисту і тримайте їх при собі. По команді штабу цивільної оборони надіньте їх. Для захисту поверхні тіла використовуйте спеціальний одяг, комбінезони. При собі мати плівкові накидки, куртки і плащі. Перевірте герметичність приміщення, стан вікон і дверей. В подальшому дійте у відповідності до вказівок штабу цивільної оборони» [18, 20, 22].

Заходи, що виконуються на підприємстві як тільки отримано сигнал. У надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу обстановка може змінюватися дуже швидко. Великі збитки, що можуть бути завдані підприємствам, вимагають від їх керівництва, виробничого персоналу і всього населення чіткості дій за сигналами оповіщення ЦЗ, а також суворого виконання передбачених заходів.

Одним з елементів, що забезпечує захист робітників, службовців підприємства є надійна система зв'язку і оповіщення, побудована на основі використання існуючих загальнодержавних та заводських систем зв'язку (телефон, телеграф, телетайп, гучномовець, селекторний зв'язок).

Як інформаційний (односторонній) зв'язок використовують апаратуру радіотрансляційних вузлів і сирени, підключені до системи оповіщення району (міста). Система оповіщення повинна враховувати розміри території підприємства. Всі сигнали і розпорядження цивільної оборони повинні бути почуті на будь-якій його ділянці. В місцях підвищеного шуму доцільно встановлювати додаткові сигнальні пристрої (світлосигнальні табло, дзвінки гучного бою, сирени).

Для дублювання сигналів ЦЗ доцільно законсервувати і за потреби використовувати в системі оповіщення - заводські гудки.

Крім того, як дублюючий зв'язок використовується виїзд (вихід) до місця оповіщення посильних (до основних службових осіб і відповідних спеціалістів).

В надзвичайних ситуаціях мирного часу і в особливий період за особовим розпорядженням на командному пункті організується чергування. Чергові (відповідальні виконавці) приймають сигнали оповіщення від штабу ЦЗ району (міста) і від вищестоящего керівництва, а також від своїх чергових засобів (постів спостереження, охорони). При отриманні сигналів оповіщення черговий викликає на командний пункт керівний склад і доводить отриману інформацію до відома виконавців у найкоротші строки по всіх, що є в розпорядженні, засобах зв'язку. Такими сигналами у воєнний час є «Повітряна тривога», «Відміна повітряної тривоги», «Радіаційна небезпека», «Хімічна тривога». В мирний час аварії на: АЕС, хімічно небезпечних об'єктах, землетруси, повені, штормове попередження [21].

При загрозі повені пропонується проведення таких заходів:

- по мережі оповіщення у всі служби, цеха та відділення інформацію про загрозу затоплення;
- силами повідомчої охорони організувати контроль за рівнем води;
- загерметизувати сховища;
- перенести матеріальні цінності у безпечне місце;
- отримати гумові човни;
- підготувати виробництво до безаварійної зупинки;
- підготувати системи комунально-енергетичного забезпечення заводу до відключення;

- знизити запаси аміаку в системі до мінімально необхідних.

При виникненні виробничої аварії з викидами аміаку необхідно:

- оповістити керівний склад, робітників та службовців про аварію;
- по мережі оповіщення дати вказівку про безаварійну зупинку виробництва і негайному виведенню людей у пункт зосередження;
- перевезти сировину та готову продукцію в герметизоване приміщення;
- організувати роботу групи хімічного розслідування та лабораторії по індикації ОР та на встановленню ступеню зараження заводу [22].

Сигнал «*Повітряна тривога*» є сигналом небезпеки ядерного, хімічного, бактеріологічного нападу. Він передається штабом ЦЗ міста по радіо, телебаченню, а на підприємстві - ретрансляційними вузлами, заводськими сигналами. У виробничих і службових приміщеннях сигнал дублюється голосом. З урахуванням обстановки за цим сигналом:

- припиняють всі роботи і виробничу діяльність у всіх цехах, відділах, службах та дільницях, за винятком компресорної, котельної, служби електро- і водопостачання;
- укривають персонал працюючої зміни виробництва у сховищах, укриттях і у міру заповнення захисних споруд їх закривають;
- приводять в готовність вузол зв'язку, організують на ньому цілодобове чергування осіб із числа керівного складу, відповідальних виконавців;
- здійснюють безаварійну зупинку об'єкта чи окремих цехів (виробництв) відповідно до сіткового графіка і з урахуванням можливого швидкого відновлення роботи;
- тимчасово припиняють подавання сировини, по можливості припиняють або обмежують вивезення готової продукції;
- організують захист підприємства, сировини, готової продукції, джерел водопостачання, технологічного та іншого обладнання від радіоактивних і отруйних речовин, а також від бактеріальних засобів;
- керівництво заводу вивчає утворену ситуацію, приймає відповідні рішення щодо заходів захисту і характеру подальшої діяльності заводу [21].

Сигнал «*Відміна повітряної тривоги*» подається, коли минула безпосередня небезпека нападу противника або напад з повітря скінчився. За сигналом «Відміна повітряної тривоги»: проводять радіаційну, хімічну, бактеріологічну розвідку на території підприємства, будівель і споруд для встановлення виду зараження, ступеня ураження об'єкта, рівня радіації, а також:

- підприємство продовжує свою роботу в звичайному режимі, якщо його територія не була заражена і не підлягає небезпеці бути зараженою з сусідніх заражених територій;

- всі споруди і обладнання, призначені для забезпечення ЦЗ підприємства, приводять в готовність, маючи на увазі можливість нанесення противником повторного удару;

- у разі виявлення зараження території та споруд підприємства вирішують питання про тимчасовий вихід людей із сховищ, встановлюють об'єм і послідовність проведення робіт на підприємстві й організують їх виконання [21].

Сигнал «Хімічна тривога» подається при загрозі хімічного нападу або у разі виявлення хімічного або бактеріологічного зараження. За сигналом на підприємстві:

- використовують засоби індивідуального захисту, які є в розпорядженні (за потреби - засоби з аптечки АІ-2 й індивідуального противохімічного пакета); при бактеріологічному зараженні проводять екстрену і специфічну профілактику, працюючих поза приміщеннями укривають в сховищах і укриттях;

- здійснюють безаварійну зупинку обладнання в короткі строки в виробничих цехах, та герметизують виробничі приміщення, джерела водопостачання; компресорну і котельню переводять на понижений режим роботи; забезпечують швидке перевезення сировини і продукції в герметизовані приміщення (камери);

- укривають іншу сировину і продукцію, а також виключене обладнання укриттєвими матеріалами;

- по можливості дообладнують укриття, виробничі й службові приміщення для забезпечення додаткового захисту від проникнення хімічних речовин і бактеріологічних засобів;

- організують роботу групи хімічної розвідки і хімічного відділення об'єктової лабораторії за індикацією отруйних речовин і встановлення ступеня зараження об'єкта, а при бактеріологічному нападі - бактеріологічне відділення об'єктової лабораторії за відбором проб на бактеріальні проби і для пересилання їх для дослідження в лабораторії;

- після отримання даних за результатами індикації отруйних речовин і ступеня зараження приступають до проведення відповідних заходів з ліквідації наслідків хімічного зараження, а не зайнятих виконанням цих заходів евакуюють в безпечні зони;

- створюють необхідні санітарно-гігієнічні умови, спрямовані на попередження поширення інфекцій (ізоляція захворілих) санітарне оброблення уражених, введення карантину або обсервації.

Здійснюють також інші специфічні заходи захисту з врахуванням виду застосованих отруйних речовин і бактеріальних засобів [18, 21].

У системі ЦЗ застосовуються й інші сигнали, команди, розпорядження, пов'язані з загрозою виробничих аварій, стихійних лих, катастроф. Порядок їх

виконання розробляють завчасно з урахуванням аварій на хімічно небезпечних об'єктах, при затопленнях, землетрусах, пожежах, снігових заметах.

Управління ЦЗ та НС організовується на заводі у робочий час – з кабінету директора заводу з використанням телефонного зв'язку, особистим спілкуванням, посильним, особовим складом ланки зв'язку та оповіщає в кількості 3-х чоловік (згідно списку оповіщає КС та КНС заводу додається).

При виникненні аварій, катастроф, стихійних лих районного масштабу дає розпорядження начальнику штабу ЦЗ та НС на оповіщення і збір КП та КНС, сам від'їжджає на пункт управління начальника ЦЗ та НС району або в районну постійну комісію НС. Обов'язки начальника ЦЗ та НС покладаються на головного інженера заводу.

Прибувши на пункт управління начальника ЦЗ та НС району приймає рішення на організацію управління при веденні рятувальних та інших невідкладних робіт. Визначає сили та засоби ведення робіт, взаємодію з службами ЦЗ та НС району для залучення їх на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій (розрахунок сил і засобів заводу додається).

В неробочий час оповіщення керівного складу по сигналам цивільної оборони здійснюється по телефону або викликається на завод за допомогою посильних [18, 20, 21].

На рис. 7.1 зображена схема оповіщення виробничого персоналу на півному заводі в робочий і неробочий час.

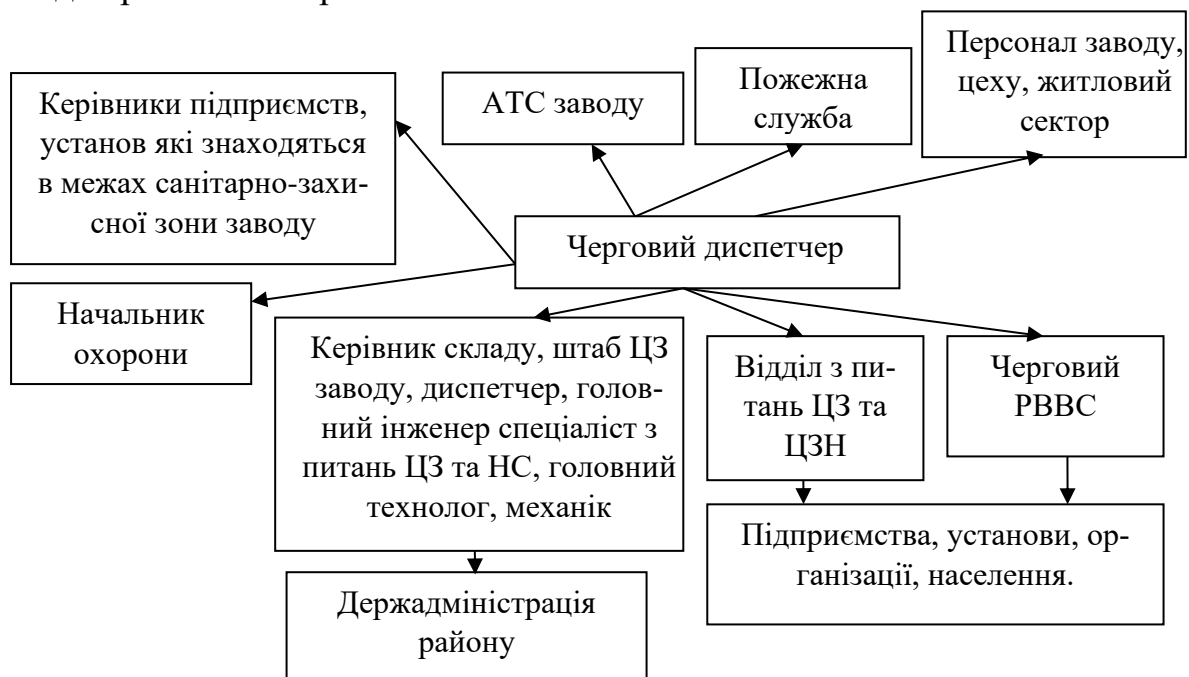


Рис. 7.1. – Схема оповіщення виробничого персоналу на півному заводі в робочий і неробочий час

8 ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлено, що використання ферментного препарату Maturex для підвищення колоїдної стійкості недоцільно при будь-яких нормах його задачі. Визначили органолептичні показники пива при різній дозациї ферменту та встановили, що препарат ніяк не впливає на якісні показники пива. У зв'язку з недоцільністю використання даного ферментного препарату був обраний новий – Brewers Clarex.

2. Досліджено, що оптимальною нормою задачі ферменту Brewers Clarex є 2,5 г/гл. При цій кількості ферменту, досягається максимальний вплив на стійкість пива.

3. Під час розрахунку повного факторного експерименту залежності мутності пива від кількості ферментного препарату та вмісту загального розчинного азоту було підтверджено адекватність моделі.

4. Розрахунок собівартості 1 дал готового пива показав, що при використанні ферментного препарату Brewers Clarex з нормою задачі 2,5 г/гл. Ми отримуємо ціну на 1,05 грн (1,24%) більше, ніж без нього.

5. Встановлено, що використання даного ферментного препарату дає можливість скорити або зовсім виключити з технології процес холодної стабілізації пива та дозволяє проводити «теплу фільтрацію», що у свою чергу впливає на економію енергоресурсів.

6. Для підвищення колоїдної стійкості пива рекомендується використовувати ферментний препарат Brewers Clarex, застосування якого, окрім економії енергоресурсів, не має негативного впливу на органолептичні показники готового продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абільтарова Е. Н., Корець М. С., Яшанов С. М. Основи охорони праці. Модуль 1: Правові та організаційні питання охорони праці, основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії : навч.-метод. Посібник. Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. 409 с.
2. Абільтарова Е. Н., Корець М. С., Яшанов С. М. Основи охорони праці. Модуль 2: Основи безпеки праці, пожежної безпеки : навч.-метод. Посібник. Київ: Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. 387 с.
3. Вишняков И. Г. Повышение стабильности светлого пива путем регулирования серосодержащих компонентов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов», Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий, Санкт-Петербург, 2009. 15 с.
4. ДСТУ 3888 : 2015. Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015 – 11 - 01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с.
5. ДСТУ 4282 : 2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004 – 01 - 01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
6. ДСТУ 7028:2009. Гранули хмелю. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 6 с.
7. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підручник / С. В. Іванов та ін. // за рег. ред. С. В. Іванова. Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
8. Кошова В. М., Решетняк Л. Р., Куц А. М. Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного сусла і якість готового пива. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т. 21, №1. С. 220 - 226.
9. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт - Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
10. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В. Качество пива. Стабильность вкуса и аромата. Коллоидная стойкость: монография. Санкт - Петербург: ИД Профессия, 2011. 220 с.
11. Мелетьев А. Є. Технологія продуктів бродіння і напоїв: український тлумачний словник. Київ: НУХТ, 2011. 192 с.
12. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи для студентів спец. 8.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, А. Є. Мелетьєв. Київ: НУХТ, 2015. 43 с.
13. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.0517112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.С. Гуць, О.А. Коваль. Київ: НУХТ, 2014. 67 с.
14. Нарцисс Л., Куреленкова А. А. Краткий курс пивоварения / пер. з нем. Санкт – Петербург : Профессия, 2007. 640 с.
15. Рикваер П., Дегрут Б., Таверниер О. Галлотанины. Будущее в

стабілізації пива. *Пиво и напитки*. 2010. №3. С. 26 - 30.

16. Сладки П., Цисаржова Х. Измерение коллоидного старения HGB-пива и содержание танноидов в нем методом комплексного турбидиметрического анализа. *Пиво и жизнь*. 2005. №6 /1 (47 - 48). С. 33 - 37.

17. Технологія солоду, пива і безалкогольних напоїв [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивчення дисципліни та виконання лабораторного практикуму для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної і заочної форм навчання / уклад. В. М. Кошова, А. М. Куц, Р. М. Мукоїд. Київ: НУХТ, 2016. 108 с.

18. Хіврич Б. І., Роздобудько Б. В. Вплив заміників солоду на концентрацію основних смакових і ароматичних компонентів пива. *Харчованаука і технологія*. 2013. №3 (24). С. 31 - 34.

19. Хозиев О. А., Хозиев А. М., Цугкиева В. Б. Технология пивоварения. Санкт - Петербург : Лань, 2012. 560 с.

20. Цивільний захист: курс лекцій для студентів усіх спеціальностей освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» і «магістр» денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Хіврич, Н. В. Володченкова. Київ: НУХТ, 2015. 207 с.

21. Цивільний захист на підприємствах харчової промисловості: навч. посіб. / за заг. ред. Б. Д. Харулова. Київ: «Центр учбової літератури», 2015. 192 с.

22. Цивільна оборона: 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. 30 с.

23. Эванс Б. Вспомогательные материалы для осветления и стабилизации, используемые при производстве пива. *Спутник пивовара*. 2001. №10. С. 18 - 22.

24. Bamforth C. M. *Brewing. New technologies*. Woodhead Publishing Limited. England : Cambrige, 2006. P. 427 - 460.

25. Boulton C., Quain D. *Brewing yeast and fermentation*. Blackwell Science Publishers, 2001. 656 p.

26. Einfluss von sorte und anbauebiet auf dtn gehalt an pentosanen und β -glucanen in gerste, Malz und wurze / A. Mikyska. *Monatsschrift fur Brauwissenschaft*. 2002. Vo. 5/6. P. 88 - 95.

27. Hertel M., Tippman J., Sommer K. Engineering investigation of the recreating kinetics of flavorcomponents during the boiling of wort. *Monatsschrift fuer Brauwissenschaft*. 2006. Vo. 59. P. 45- 55.

28. Krottenthaler M. Correction of mashing treatment depending on malt quality characteristics. *LenEXPO*. 2003. March. P. 87 – 91.

29. O`Rourke T. Colloidal stabilisation of beer. *The Brewer Jnt*. 2000. Vo. 1. P. 23 - 25.

30. Savel S. Reductiones in beer ageing. *Tech. Q. Master. Brew. Assoc. Am*. 2001. Vo. 38. P. 135 - 144.

31. Technologie výroby sladu a piva / K. Koser et al. Praha: VUPS, 2000. 179 p.

32. The impact of physiological condition of pitching yeast on beer flavor stability: an industrial approach / L.F. Guido et al. *Food Chemistry*. 2004. Vo. 33. P. 1 - 5.

33. Аналізатор пива «Anton Paar» : веб-сайт. URL : <https://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=64644&L=1> (дата звернення: 22.11.2020).

34. Матурекс 2000 L : веб-сайт. URL : <http://novcontact.com.ua/products/pherments/fermentnye-preparaty-dlya-piva/matureks-2000-1> (дата звернення: 25.11.2020).

35. Матурекс 2000 L. Рекомендації по применению : веб-сайт. URL : <http://ekspoteh.ru/uploads/pdf/pdf-4PwNWRoTIO.pdf> (дата звернення: 25.11.2020).

36. Определение полифенолов в пиве и сусле : веб-сайт. URL : <https://studfile.net/preview/5063908/page:35/> (дата звернення: 02.12.2020).

37. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» : наказ / Міністерство охорони здоров'я України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення 24.12.2020).

38. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 р. № 2695 – XII. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 669. Дата оновлення : 16.10.2020. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення 11.01.2021).

39. Brewers Clarex : веб-сайт. URL : https://www.dsm.com/food-specialties/en_US/products/beverage/brewers-clarex.html (дата звернення: 25.11.2020).

40. Brewers Clarex упрощение стабилизации : веб-сайт. URL : https://www.dsm.com/markets/foodandbeverages/ru_RU/products/enzymes/brewing/brewers-clarex.html (дата звернення: 25.11.2020).

41. DSM Brewers Clarex : веб-сайт. URL : https://www.dsm.com/content/dam/dsm/foodandbeverages/pt_BR/documents/DFS/dsm_brewers_clarex_lean_stabilization_brochure.pdf (дата звернення: 25.11.2020).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ВПЛИВ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ BREWERS CLAREX НА КОЛОЇДНУ СТІЙКІСТЬ ПИВА

Кошова Валентина Миколаївна,

к.т.н., професор

Зінченко Олександр Ілліч,

магістр

Азаренко Катерина Олександрівна,

студентка

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

010446@ukr.net

zinya19981998@gmail.com

az6656892@gmail.com

Вступ. В Україні з кожним роком збільшується кількість сортів та найменувань пива як зарубіжного так і вітчизняного виробництва, тому вимоги споживачів щодо показників якісного складу та зовнішнього вигляду пива зростають з кожним днем. На сьогоднішній день для пивоварного виробництва принципове значення має максимальне подовження терміну зберігання готової продукції.

Рахується, що основними речовинами, які викликають колоїдне помутнення в пиві є білки та поліфеноли. Тобто для підвищення стійкості пива необхідно зменшити вміст однієї з цих груп речовин.

Способи, що забезпечують колоїдну стійкість пива, можна розділити на три групи: хімічні, адсорбційні, ферментативні. Для досліджень було обрано ферментативний спосіб [1,2].

Мета роботи. Основною метою роботи було дослідження впливу на колоїдну стійкість та визначення оптимальної кількості ферментного препарату (ФП) Brewers Clarex.

Матеріали і методи. Дослідження проводились у виробничій лабораторії пивзаводу ПрАТ «Карлсберг Україна» у м. Київ з використанням закордонного ферментного препарату Brewers Clarex. Проводились дослідження фізико-

хімічних показників пива з різною кількістю ферментного препарату, методами загальноприйнятими у пивоварінні. У кінцевому продукті визначали органолептичні показники [4].

Результати і обговорення. Brewers Clarex – пролін специфічна ендопро-теаза, яка розщеплює поліпептиди на карбоксильному кінці амінокислоти – проліну. Для дослідження використовували сусло приготоване на пивзаводі «Карлсберг» з 100% світлого ячмінного солоду та початковим вмістом сухих речовин 14%. Пивне сусло в лабораторних умовах зброджувалося в мікробіологічних пляшках, ємністю 1 дм³, попередньо простерилізованих на водяній бані.

Перед початком головного бродіння задавали відповідну кількість ферментного препарату - 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 г/гЛ. Бродіння проходило при 18°C з нормою задачі дріжджів 7 г та охолодження і стабілізація при 4°C. Весь процес зайняв 10 діб. В якості контрольного зразка зброджувалося аналогічне пивне сусло, в яке ФП не вносилися на жодній стадії технологічного процесу [3].

У дослідних зразках визначали вміст загального розчинного азоту, межу осадження білку, мутність пива, вміст поліфенольних речовин та проводили органолептичну оцінку пива. На рис. 1 показані результати дослідження впливу на вміст загального розчинного азоту, різної кількості ферментного препарату.

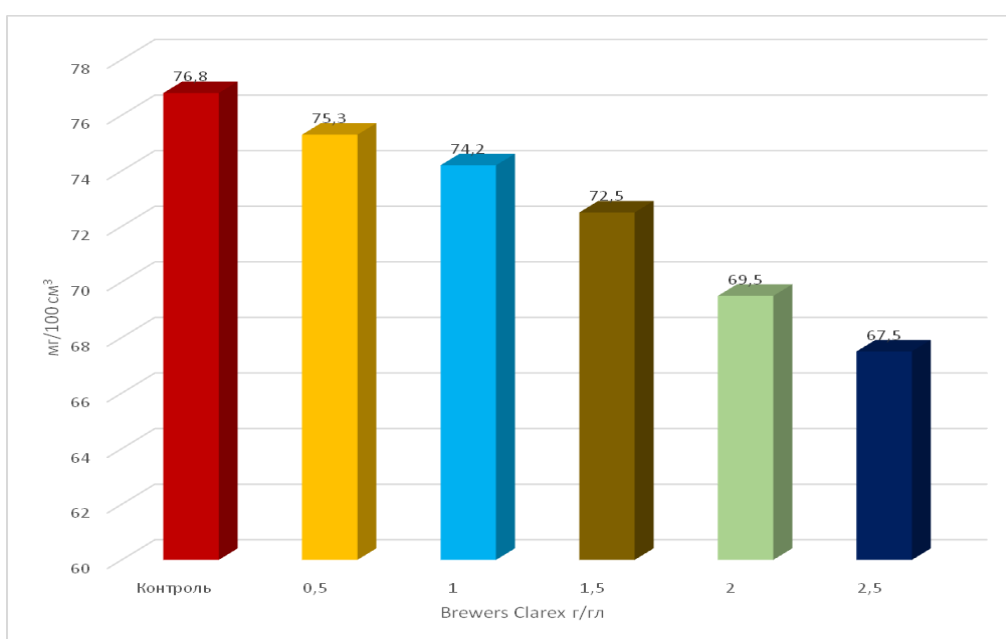


Рис. 1. Вплив різної кількості ФП на вміст загального розчинного азоту

Як видно з рис. 1 при нормі задачі ферментного препарату від 0,5 до 1,5 г/гЛ значного зменшення загального розчинного азоту не відбувається, починаючи з 1,5 г/гЛ та вище, вміст азотистих сполук значно нижче ніж в контролі. А при нормі задачі 2,5 г/гЛ різниця складає 9,3 мг/100 см³, що говорить про ефективну дію даного ферментного препарату.

Дослідження стійкості пива до охолодження, виконували за допомогою тесту: «межа осадження білку». На рис. 2 наведені результати досліджень межі осадження білку з різною кількістю ферментного препарату.

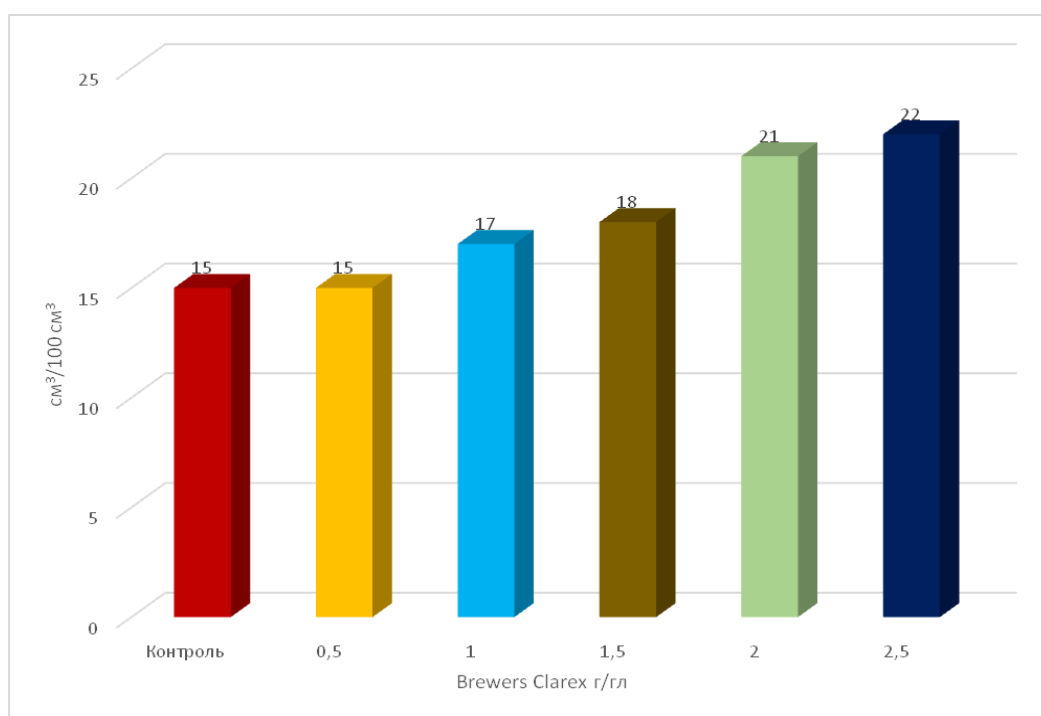


Рис. 2. Вплив на межу осадження білку різної кількості ФП

Як видно з рис. 2 при нормі задачі ферменту від 0,5 до 1,5 г/гЛ зміни межі осадження білку майже не відбувається. При 2 та 2,5 г/гЛ межа осадження білку підвищується на 6 та 7 см³ сульфату амонію відповідно, у порівнянні з контролем. З цього можна зробити висновок про високу ефективність ферментного препарату.

На рис. 3 наведені результати дослідження вмісту загальної кількості поліфенольних речовин в пиві в залежності від різної кількості ферментного препарату Brewers Clarex.

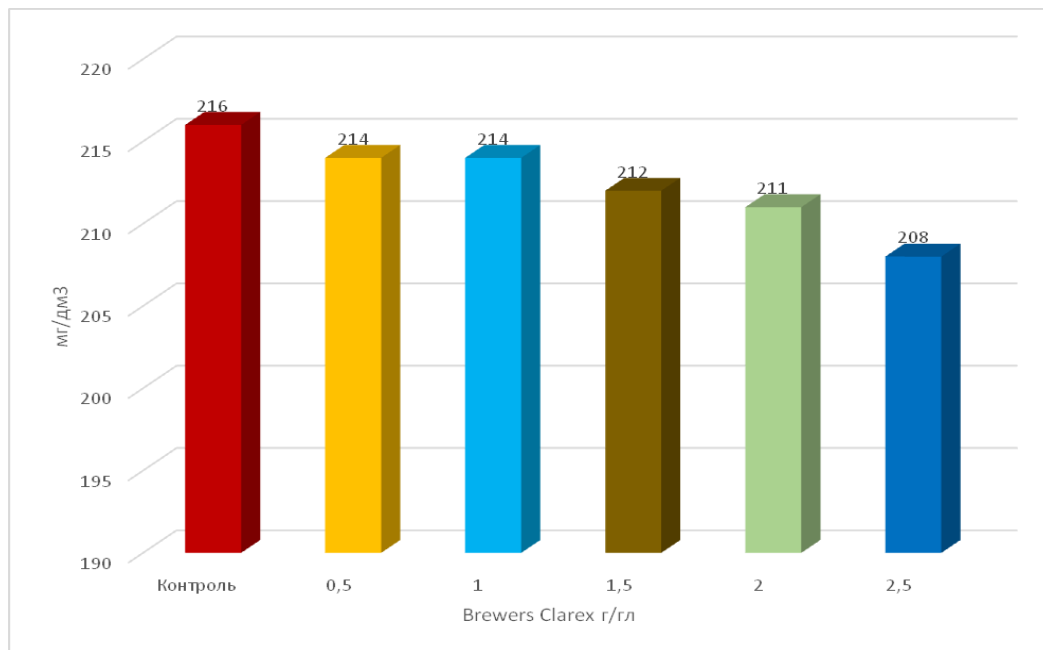


Рис. 3. Вплив різної кількості ФП на вміст поліфенольних речовин в пиві

Як видно з рис. 3 при нормі задачі ферменту Brewers Clarex від 0,5 до 2,5 г/г динаміка зменшилася у порівнянні з контролем на 8 мг/дм³. Звідси можна зробити висновок, що даний ферментний препарат не дає впливу на вміст поліфенолів.

На рис. 4 наведені результати досліджень мутності з різною нормою задачі ферментного препарату Brewers Clarex.

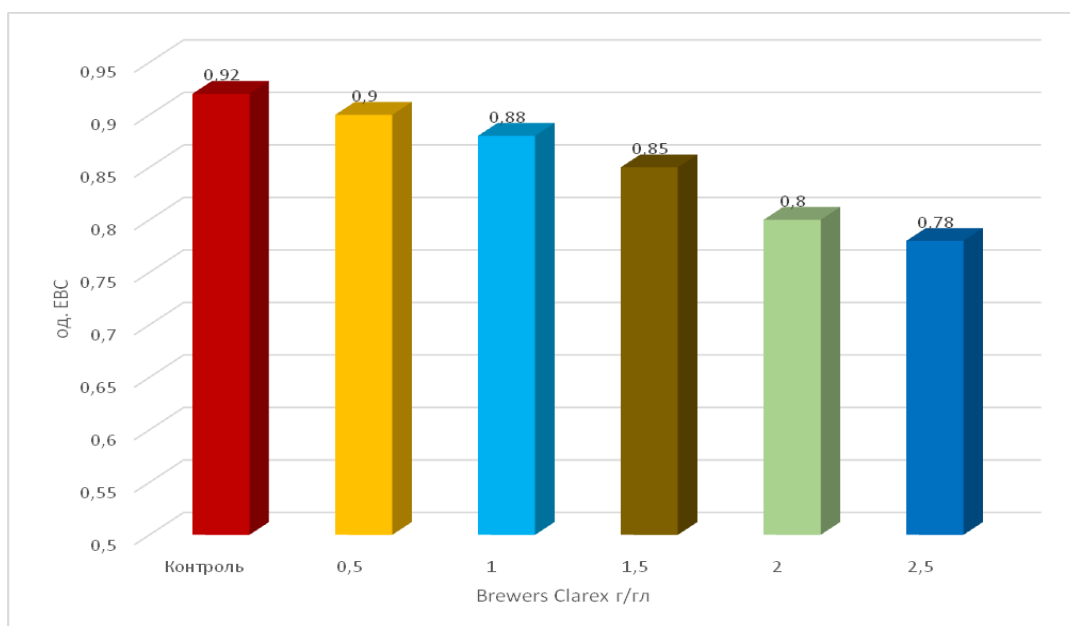


Рис. 4. Вплив різної кількості ФП на мутність пива

Як видно з рис. 4 при нормі задачі Brewers Clarex від 0,5 до 2 г/гл зниження мутності відбувається рівномірно, а при нормі задачі 2,5 г/гл динаміка падає в порівнянні з попереднім зразком. Отже можна зробити висновок, що при нормі задачі 2 та 2,5 г/гл ефективність препарату буде найбільша.

У табл. 1 наведені органолептичні показники пива з оцінкою по 25 бальній системі у зразках з різною нормою задачі Brewers Clarex.

Таблиця 1

Органолептична оцінка пива з різною кількістю ФП Brewers Clarex

Зразок	Показник						Загальна оцінка
	Прозорість 0-3	Колір 0-3	Піноутворення 2-5	Аромат 1-4	Смак 2-5	Хмелева гіркота 2-5	
Контроль	2	3	4	4	4	4	21
Brewers Clarex 0,5 г/гл	2	3	4	3	3	4	19
Brewers Clarex 1 г/гл	3	2	4	4	3	3	19
Brewers Clarex 1,5 г/гл	3	3	3	4	4	4	21
Brewers Clarex 2 г/гл	3	2	3	4	4	3	19
Brewers Clarex 2,5 г/гл	3	3	4	4	4	3	21

На рис. 5 зображена профіль-діаграма органолептичної оцінки зразків пива з різною кількістю Brewers Clarex, згідно даних табл. 1.

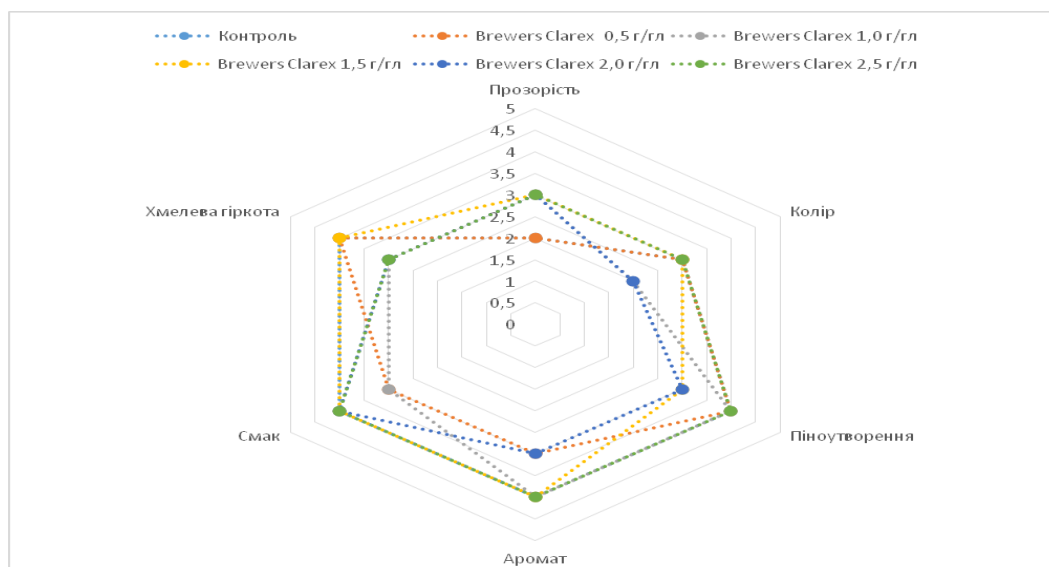


Рис. 5. Профілограма органолептичної оцінки пива з різною кількістю ФП

Основною метою визначення органолептичних показників було, дослідження впливу ферментного препарату Brewers Clarex на пінисті властивості пива. Виробником було стверджено, що препарат не впливає на ці показники. Всі зразки, в які вносили різну дозу ферментного препарату, показали гарні показники піноутворення та піностійкості (не менше 40 мм та 4 хв) у порівнянні з контрольним зразком. Усі зразки були прозорі з блиском, без сторонніх домішок; колір відповідав типу пива; відмінний смак, що відповідав типу пива; відмінний, гармонійний аромат, хмелева гіркота не дуже злагоджена, злегка залишкова.

Висновки. Під час проведення досліджень з використанням ферментного препарату Brewers Clarex було встановлено залежність зміни фізико-хімічних показників пива (вміст загального розчинного азоту та поліфенолів, межа осадження білку, мутність) від кількості ферменту. Досліджено, що при використанні кількості ферменту 2,5 г/гл досягається максимальний вплив на стійкість пива.

Список використаної літератури

1. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт - Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
2. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В. Качество пива. Стабильность вкуса и аромата. Коллоидная стойкость: монография. Санкт - Петербург: ИД Профессия, 2011. 220 с.
3. The impact of physiological condition of pitching yeast on beer flavor stability: an industrial approach / L.F. Guido et al. *Food Chemistry*. 2004. Vo. 33. P. 1 - 5
4. DSM Brewers Clarex [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. –https://www.dsm.com/content/dam/dsm/foodandbeverages/pt_BR/documents/DFS/dsm_brewers_clarex_lean_stabilization_brochure.pdf