

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: «Обґрунтування та вибір хмелепродуктів і сортів хмелю для ефективного холодного охмелення пива»

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ЗТБ-2-1М

Мялковська Олена Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Хіврич Борис Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент

Роздобудько Б.В.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань

Здобувач

(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння і виноробства

А.М. Куц

31 серпня 2020 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Мялковській Олені Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування та вибір хмелепродуктів і сортів хмелю для ефективного холодного охмелення пива»

Керівник роботи Хіврич Б.І., к.т.н., доц.

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від 28 жовтня 2020 року № 883-КС

2. Строк подання роботи 01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити вплив настоїв голок ялинки і сосни на органолептичні та фізико-хімічні показники якості готового пива.

4. Розробити рецептури нових сортів пива із використанням голок ялинки і сосни.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_
Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Хміль незамінна сировина для виробництва пива (аналітичний огляд літератури). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Дослідження впливу властивостей різних сортів хмелю і продуктів їх переробки на якісні показники пива (експериментальна частина). 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки

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

Таблиці з результатами досліджень – 10

Графіки з результатами досліджень – 13

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

31 серпня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

О.В. Мялковська

Керівник роботи, доцент

Б.І. Хіврич

АНОТАЦІЯ

Мялковська Олена Володимирівна «Обґрунтування та вибір хмелепродуктів і сортів хмелю для ефективного холодного охмелення пива». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

Кваліфікаційна робота ґрунтується на систематизації та узагальнюючій оцінці інформаційних матеріалів, отриманих з наукової літератури, стосовно стану хмелярства в світі, визачення і оцінка найважливіших компонентів, що надходять з хмелю у пиво та критеріїв оцінки якості сортів хмелю для використання у пивоварінні.

Встановлено, що у світі основними країнами, де вирощують хміль і найбільше виробляють хмелепродуктів є США – 40%, Німеччина – 35%, Китай – 6%, Чехія – 6%, Польща – 3%. Україна виробляє біля 650 тон хмелю на рік. Середня урожайність в країнах світу коливається у межах від 1,10 до 2,53 т/га. Урожайність ароматичних сортів хмелю менша від гірких приблизно на 35%. Обґрунтовано, що ароматичні сорти хмелю, які застосовують у технології холодного охмелення пива, повині містити до 6% α -кислот, підвищений вміст β – кислот, які формують м'яку гіркоту та збалансований вміст ароматичних речовин в ефірній олії. Сорти гіркого хмелю повині давати стабільно високий урожай, містити 7...18% α -кислоти, необхідне відношення α -кислот до β – кислот, а вміст когумулону, який надає пиву неприємну гіркоту, не більше 25%.

Ключові слова: хміль, сусло, пиво, охмелення, технологічний режим, гіркі речовини, ефірна олія, аромат, кип'ятіння, доброджування.

ANNOTATION

Mialkovska Olena Volodymyrivna "Substantiation and selection of hop products and hop varieties for effective cold hop beer". Qualification work for a master's degree in specialty 181 "Food Technology". National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

The master's thesis is based on systematization and generalization of information materials obtained from the scientific literature on the state of hop growing in the world, selection and evaluation of the most important components of hops in beer and criteria for assessing the quality of hop varieties for use in brewing.

It is established that in the world the main countries where hops are grown and the most hop products are produced are the USA - 40%, Germany - 35%, China - 6%, the Czech Republic 6%, Poland - 3%. Ukraine produces about 650 tons of hops a year. The average yield in the world ranges from 1.10 to 2.53 t / ha. The yield of aromatic hop varieties is about 35% lower than bitter. It is substantiated that aromatic varieties of hops used in the technology of cold hop beer should contain up to 6% α -acids, high content of β - acids, which form a soft bitterness and a balanced content of aromatic substances in the essential oil. Varieties of bitter hops should give a consistently high yield, contain 7-18% of α -acid, the required ratio of α -acids to β -acids, and the content of cohumulone, which gives beer an unpleasant bitterness, not more than 25%.

Key words: hops, wort, beer, hops, technological regime, bitter substances, essential oil, aroma, boiling, fermentation.

АННОТАЦИЯ

Мялковская Елена Владимировна «Обоснование и выбор хмелепродуктов и сортов хмеля для эффективного охмеления пива».

Квалификационная работа на получение степени магистр по специальности 181 «Пищевые технологии» специализации «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021.

Квалификационная работа базируется на систематизации и обобщающей оценке информационных материалов, полученных с научной литературы, относительно состояния хмеля в мире, определения и оценке главных компонентов, которые переходят с хмеля в пиво, и критериев оценки качества сортов хмеля для использования в пивоварении.

Установлено, что в мире основными странами, где выращивают хмель и наиболее вырабатывают хмелепродуктов, являются: США – 40%, Германия – 35%, Китай – 6%, Чехословакия – 6%, Польша – 3%. Украина вырабатывает около 650 тонн хмеля в год. Средняя урожайность в странах мира колеблется в пределах от 1,10 до 2,53 т/га. Урожайность ароматических сортов хмеля меньше от горьких приблизительно на 35%. Обосновано, что ароматические сорта хмеля, которые используют в технологии холодного охмеления пива, должны содержать до 6% α -кислот, повышенное содержание β -кислот, которые формируют мягкую горечь и сбалансированное содержание ароматических веществ в эфирном масле. Сорта горького хмеля должны давать стабильно высокий урожай, содержать 7...18% α -кислоты, необходимое отношение α -кислот к β -кислотам, а содержание когумулону, который придает пиву неприятную горечь, не более 25%.

Ключевые слова: хмель, сусло, пиво, охмеление, технологический режим, горькие вещества, эфирное масло, аромат, кипячение, дображивание.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ХМІЛЬ – НЕЗАМІННА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПИВА (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	8
1.1 Ботаніка і морфологія хмелю.....	8
1.2 Вирощування хмелю.....	10
1.3 Хімічний склад і властивості компонентів хмелю.....	12
1.4 Сорти хмелю.....	16
1.5 Хмелепродукти.....	19
1.6 Вплив способів і режимів охмелення на смак і аромат пива.....	21
1.7 Висновки.....	30
2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
2.1 Об'єкт і предмети досліджень.....	33
2.2 Методика досліджень.....	34
2.3 Методи досліджень.....	34
2.3.1 Визначення вмісту ізогумулону в хмелі.....	34
2.3.2 Визначення вмісту поліфенольних речовин за методом ЕВС.....	35
2.3.3 Визначення вмісту ізогумулону в суслі та пиві.....	36
2.3.4 Визначання вмісту ефірної олії.....	37
2.3.5 Метод кількісного визначання компонентів гірких речовин.....	39
2.3.6 Метод визначання кондуктометричного показника гіркоти.....	41
2.3.7 Визначання вмісту поліфенолів.....	43
2.3.8 Хроматографічні методи дослідження летких компонентів ефірної олії хмелю.....	46
2.3.9 Методи визначення органолептичних показників пива.....	47
2.3.10 Підготовка зразків для досліджень.....	47

					Обґрунтування та вибір хмелепродуктів і сортів хмелю для ефективного холодного охмелення пива			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Мялковська О.В.					3	84
Керівник		Хіврич Б. І						
Реценз.								
Н. Контр.		Романова З.М.						
Зав. кафедри		Куц А. М.				Кафедра БПБВ, 2021		

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС СУХОГО ОХМЕЛЕННЯ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА).....	48
3.1 Дослідження ресурсного потенціалу виробництва хмелю і хмелепродуктів у світі.....	48
3.2 Дослідження впливу гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його властивості і призначення в пивоварінні.....	50
3.3 Дослідження впливу вмісту важливих для пивоваріння компонентів в хмелі на тип пива і технологію його охмелення.....	54
3.4 Висновки.....	57
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	58
5. РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	60
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	64
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74
ДОДАТКИ.....	79

ВСТУП

Актуальність теми. Хміль – один з основних, найдорожчих і незамінних видів сировини для виробництва пива. Завдяки наявності специфічних речовин, яких не має жодна інша рослина, він надає пиву приємний гіркий смак і хмельовий аромат, сприяє видаленню із пивного суслу нестійких фракцій білкових речовин, полегшує піноутворення та піностійкість напою і, маючи антисептичні властивості, підвищує його фізіологічну цінність як харчового продукту. Значна частина переважно ароматичних сортів хмелю використовується у виробництві лікарських препаратів, продукції парфумерної галузі промисловості.

На сьогодні в практиці пивоваріння охмелення пива здійснюють практично на усіх основних стадіях виробництва пива. Сухе охмелення в світовій практиці пивоваріння в даний час є дуже популярним способом виробництва пива, який у порівнянні із традиційним кип'ятінням суслу з хмелем, дозволяє внести у напій значно більшу кількість ароматичних речовин хмелю, особливо ефірної олії. Процес сухого охмелення, який відбувається на стадії ферментації або розливу пива, з технологічної точки зору не є складним. Натомість з погляду фізико-хімічних перетворень смол, гірких речовин і ароматичних речовин ефірної олії - це надзвичайно складний процес, на який впливають ряд факторів, а саме: кількість внесеного хмелю, тип хмельового продукту, метод екстрагування, час контакту з пивом, присутність дріжджів, сорт хмелю та інші фактори.

Робота спрямована на систематизацію та узагальнюючу оцінку інформаційних матеріалів, отриманих з наукової вітчизняної та іноземної літератури, стосовно обґрунтування і вибору хмелепродуктів і сортів хмелю, іноземного виробництва для ефективного холодного охмелення. Це є актуальним завданням, направленим на вирішення соціально-економічних питань пивоварної галузі промисловості.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є систематизація і узагальнююча оцінка інформаційних матеріалів, обґрунтування і вибір хмелепродуктів і сортів хмелю, іноземного виробництва для ефективного холодного охмелення пива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести моніторинг щодо якості і використання різних сортів хмелю у світі;
- дослідити вплив гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його технологічні властивості і призначення в пивоварінні;
- встановити залежність типу пива і технології його охмелення від вмісту важливих для пивоваріння компонентів хмелю;
- розробити рекомендації щодо вибору сортів хмелю у виробництві різних типів пива і режимів його охмелення.

Об'єкт досліджень – технологія охмелення пива.

Предмети досліджень – сорти хмелю, гіркі речовини, ефірна олія хмелю, охмелене і неохмелене сусло, готове пиво.

Методи досліджень – аналітичні, фізико-хімічні, органолептичні з використанням сучасних приладів та методів досліджень, що застосовують у виробництві пива.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних даних встановлено закономірності внесення в сусло хмелепродуктів різних сортів хмелю та режими охмелення пива для отримання готового продукту з бажаними органолептичними показниками якості.

Встановлено залежність вмісту гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його технологічні властивості і призначення в пивоварінні.

Встановлено залежність типу пива і технології його охмелення від вмісту важливих для пивоваріння компонентів хмелю.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних досліджень запропоновано рекомендації щодо вибору сортів хмелю у виробництві різних типів пива і режимів його охмелення.

Публікації. Деякі положення магістерської роботи опубліковано у тезах доповідей на 86-й міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», (м. Київ, 2020 р.)

Структура та обсяг роботи. Робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури. Робота виконана на 84 сторінках друкованого тексту, ілюстрована 10 таблицями і 13 рисунками.

1 ХМІЛЬ – НЕЗАМІННА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПИВА (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Хміль – один з основних і незамінних видів сировини для виробництва пива. Завдяки наявності специфічних речовин, яких не має жодна інша рослина, він надає пиву приємний гіркий смак і хмельовий аромат, сприяє видаленню із пивного суслу нестійких фракцій білкових речовин, полегшує піноутворення та піностійкість напою і, маючи антисептичні властивості, підвищує його фізіологічну цінність як харчового продукту.

1.1 Ботаніка і морфологія хмелю

Хміль (*Humulus*L.) рід багаторічних трав'янистих рослин родини коноплевих, найвища трав'яниста рослина в Україні, важлива сільськогосподарська культура. Рід хмелю поділяють на три види: звичайний (*H. lupulus* L.), японський (ff. *japonicus* Sieg. et Zuss.) і *Humulus yunnanensis*. Найбільше виробниче значення має хміль звичайний[6,15].

Кореневище. Рослини хмелю мають вегетативні органи — корінь, стебло, листки і генеративні — квітки, плоди, насіння. Органи рослин залежно від умов вирощування здатні видозмінюватися. Зокрема, підземні пагони утворюють кореневище, від якого відростає 10...12 сильно розгалужених скелетних коренів, які розгалужуються на тонші, з густою сіткою дрібних корінців. Дрібні корінці та кореневище утворюють добре розвинену кореневу систему, яка проникає у ґрунт на глибину близько 4 м і розгалужується до 3 м. Основна маса коренів розміщується у верхньому (близько 1 м) шарі ґрунту.

Підземна частина багаторічна, *стебло* — однорічне, яке відмирає пізно восени. Всі види хмелю в'ються за годинниковою стрілкою і швидко ростуть, стебло гранчасте, до 6 м завдовжки.

Головне кореневище хмелю — багаторічний підземний пагін із бруньками. Найбільший приріст його спостерігається на 3...4-й рік і саме в цей період на ньому утворюється найбільше бруньок, які пізніше проростають і формують велику кількість

пагонів. При вирощуванні культурного хмелю кількість пагонів зменшують щорічно, обрізуючи головне кореневище, видаляючи зайві пагони під час рамування.

Стебла виткі, зелені або червоні, довгі (близько 10 м і більше), завтовшки до 13 мм, трав'янисті, вкриті волосками. Уздовж граней стебла розмішуються шорсткі гачкоподібні шипи, за допомогою яких хміль міцно утримується на опорах. Такі шипи є і на бічних пагонах, черешках та на кожному боці жилок листків. Стебла потребують підпор, тому хмільники обладнують спеціальною системою дротів, які навішують на підпори.

Листки черешкові, супротивні, зверху темно-зелені, зі споду блідніші, з невеликими прилистками біля основи. Форма їх серцеподібна, три- п'ятилопатева. Найбільші листки у середній частині рослини, у нижній і верхній — менші. Верхній бік листка темно-зелений, нижній — світліший, і на ньому є залози, які містять смоли та ефірну олію. Кількість листків перед цвітінням — близько 400, а в період збирання врожаю — 600. Квітки одностатеві, дводомні, в дихазіях, зібраних у чоловічих особин волотюватими колосоподібними суцвіттями. Оцвіттина чоловічих квіток жовтувато-зелена, жіночих — малопомітна, дзвоникувата. Цвіте у червні — серпні. Жіночі суцвіття — шишки, в яких знаходиться 20...60 малих квіток. Шишки зібрані у волотеподібні грони по 40...50 штук. Квітки складаються з однопелюсткової приквіткової лусочки і маточки. Вони зібрані попарно в колосочки, а останні — в суцвітті — шишки. У пазухах приквіткових і покривних лусок шишок у період технічної стиглості із зовнішнього боку є лупулінові залозки, в яких утворюється жовтий смолистий порошок — лупулін. Розмір шишок коливається від 1 до 10 см завдовжки та від 1 до 4 см завтовшки. Чоловічі суцвіття — це дуже розгалужена волоть, на якій поодинокі на коротких квітконіжках розміщуються квітки. Чоловічі рослини шишок не утворюють.

Плід — яйцеподібний стиснений, білувато-сірий або коричневий горішок, дозріває у вересні. Насіння дрібне. Маса 1000 насінин — 2...4 г.

Так як хміль відноситься до дводомних рослин, при його обробці культивують тільки жіночі рослини, які з другого року дають суцвіття, звані через їх форми

хмельовими шишками або хмельовими парасольками. Знання будови хмелевої шишки дуже важливо для подальшого розуміння компонентного складу хмелю (рис.1.1).

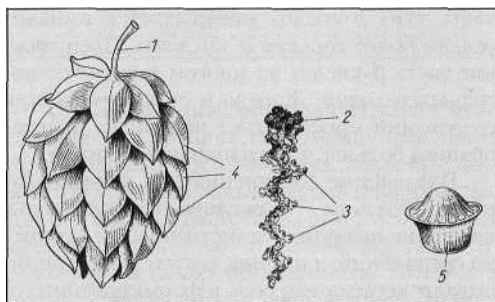


Рис. 1.1. Хмелева шишка

1 — квітконіжка; 2 — стержень; 3 — квіти; 4 — пелюстки; 5 — лукулін

1.2 Вирощування хмелю

Хміль вирощують як сільськогосподарську культуру здебільшого для пивоварної промисловості, вирощування хмелю називається *хмелярством*. Вирощування розпочинають із саджанців(різом)(рис.1.2).



Рис 1.2 Загальний вигляд саджанця (різоми)

У світі загальна потреба в хмелі становить близько 125000т, і вона не завжди перекривається рівнем щорічного виробництва хмелю. Безперечно, основними країнами, де вирощують хміль, є Німеччина і США, за ними слідує Чехія і, останнім часом, Китай.

Німеччина. Найбільшими областями вирощування хмелю в Німеччині є Халлертау, Тетнан, Ельба-Заале, Херсбрук, Шпальт. Найменшими ж є територія під

хміль в Баден, Біттбур і Рейнпфаль. В Німеччині переважають ароматичні сорти хмелю.

США. У Сполучених Штатах максимальне кількість хмелю збирають в штаті Вашингтон, далі Орегоні і Айдахо. Серед ароматичних сортів домінують Willamette, за ним – Tettnang. Серед сортів хмелю з високим вмістом а-кислоти переважають Galena, Nugget і Cluster.

Чехія. Основними областями обробки хмелю в Чехії є Жатецького, Уштецкая і Тршіцкая. Вирощуються виключно ароматичні сорти.

Англія. В Англії хміль обробляють в графствах Кент і Херфордшір. Основним є сорт з високим вмістом α -кислоти Target, далі йдуть ароматичні сорти Goldings, Challenger і Fuggles.

Китай. У Китаї вирощування хмелю: в провінції Синьцзян, Гансу, Нінся. Обробляють в основному гіркі сорти Tsingdao Blume 641 і Toyomidori.

Україна. В Україні хміль вирощують у восьми областях: Житомирській, Київській, Волинській, Рівненській, Чернігівській, Львівській, Вінницькій та Хмельницькій. Культивують гіркі, ароматичні та проміжні (гірко-ароматичні) сорти хмелю.

Збір хмелю. Збір хмелю проводять в період його технічної зрілості, як правило, в кінці серпня, і він має бути завершений протягом 14 днів. Збирання хмелю полягає в звільненні стебла від підтримуючого його дроту і відділенні хмельових шишок (жіночих суцвіть) з короткими квітконіжками. В даний час збирання хмелю здійснюється виключно хмелезбиральними машинами.

Вологість свіжозібраного хмелю 75...80%, тому в такому вигляді він зберігатися не може і повинен бути негайно висушений. Сушка здійснюється на стрічкових сушарках, а на невеликих підприємствах – на одноярусних сушарках партіями. На ярусах хміль висушують до вологості 8...12% в щадному режимі при температурі максимум 50°C. В міжнародній практиці висушений хміль пресують (гідравлічним пресом) в Баллот (Рулон) довжиною близько 1,1 м і діаметром 0,6 м, потім його перетягують мішковиною і зашивають.

1.3 Хімічний склад і властивості компонентів хмелю

Склад хмелю має вирішальний вплив на якість виготовленого з нього пива. Хміль в сухому вигляді складається з наступних речовин: гірких речовин – 18,5%; хмелевої олії – 0,5%; дубильних речовин – 3,5%; білка – 20%; мінеральних речовин – 80%. Решта - целюлоза і інші речовини, що не мають особливого значення для виробництва пива. Найважливішими для нього є гіркі речовини і хмелева олія.

Гіркі речовини. Вже на ранніх стадіях розвитку рослини утворюються β -кислоти, що мають не велику гіркоту. При дозріванні частина цих β -кислот перетворюється на більше гіркі α -кислоти. Перетворення частини β -кислот багато в чому залежить від природних умов. Жарка і суха погода при дозріванні перешкоджає подібним перетворенням більше, ніж холодна і волога погода.

Найважливішими сполуками для формування гіркоти пива є α -кислоти або гумулони, але вони не є єдиними. Одній із сполук, а саме когумулону, приписують негативну роль у формуванні гіркоти пива. Оскільки кількість α -кислот, що утворюються, і їх склад є сортовими ознаками, при селекції хмелю прагнуть отримати сорти з меншим вмістом когумулону. Бажаний вміст когумулону – менше 20...25% від загального вмісту α -кислот. Деякі сорти, наприклад Northern Brewer, відрізняються підвищеним вмістом α -кислот (6...9%) і підвищеним вмістом когумулону (30 % від вмісту α -кислот) Вони переважають за гіркотою, але із-за підвищеного вмісту когумулону частенько поступається за якістю іншим сортам з нижчим значенням кислоти.

Нерозчинні, спочатку, α -кислоти при подальшому кип'ятінні з суслом ізомеризуються і переходять в розчинні ізо- α -кислоти, які, незважаючи на осадження при охолодженні і бродінні сусла, переходять в пиво. Гіркі речовини мають дуже високу поверхневу активність і завдяки цьому підвищують стійкість піни; тому у більш гіркого пива слід чекати і підвищену стійкість піни. Гіркі речовини також гальмують розвиток в пиві патогенних мікроорганізмів; проте ця бактеріостатична сила не дуже велика і не замінює необхідних заходів щодо підвищення стійкості пива. У хмелі α -кислоти не мають необмеженої стійкості, оскільки мембрани лупулінових

залоз проникні і слабо захищають їх вміст. Під впливом кисню, підвищених температур і високої вологості повітря α -кислоти все більше розпадаються. Вважають, що при температурі зберігання 18 °С за два місяці α -кислоти розщеплюються на 25% [6,15]. Це означає, що після утворення α -кислот і до дозрівання вже починається процес їх розпаду. У зв'язку з цим виникає необхідність зберігання хмелю до переробки в холодних і сухих умовах без доступу повітря. Перетворення α - і β -кислот закінчується утворенням твердих смол, що не мають цінності для пивоваріння з погляду гіркоти. Одночасно з бічних ланцюжків виділяється валеріанова кислота, яка надає старому хмелю сірчистий запах. Правда, в твердій смолі хмелю міститься *ксантогумол*, який може заторможувати розвиток онкологічних захворювань, тобто має лікувальний ефект. Він виявляється в ізомеризованій формі і в пиві. Ксантогумол міститься також в гранулах хмелю і в спиртовому екстракті. Взагалі ж вміст ксантогумолу, який має лікувальні властивості не настільки невеликий. Так наприклад, щоб помітно проявлялися його антиракова дія треба було б випивати щодня по декілька літрів пива. Гіркі речовини, тобто хмельові смоли, розділяють на фракції головним чином, за їх розчинності в органічних розчинниках. Як вже відзначалося, окремі гіркі речовини мають дуже низьку гіркоту у процесі їх розпаду. У зв'язку з цим виникає необхідність зберігання хмелю до переробки в холодних і сухих умовах без доступу повітря.

Безперечно, найважливішим компонентом, що обумовлює товарну цінність хмелю, являється α -кислота. Тому в останні десятиріччя посилено займалися селекцією і вирощуванням хмелів з високою гіркотою (гіркий хміль), починаючи з сорту "Northern Brewer". Останнім часом на ринку з'явилися сорти хмелю з високим вмістом α -кислоти (наприклад, сорти Magnum і Taugus) - від 12 до 15% і вмістом когумулону менше 25%[1]. Культивуванню цінних сортів хмелю з високим вмістом α -кислоти приділяють велику увагу у всьому світі.

Хмелева ефірна олія. Хміль містить від 0,5 до 1,2% хмелевої ефірної олії, під якою розуміють від 200 до 250 різних ефірних речовин, що легко випаровуються при кип'ятінні сула. Вони також виділяються разом з лупуліном під час дозрівання і

надають хмелю характерний аромат. Хмелева ефірна олія представляє собою в основному суміш вуглеводневих (70...80%) і кисневмісних (20...30%) сполук.

За допомогою газової хроматографії можна визначити лише вміст окремих компонентних складових хмелевої олії. При цьому окремі сполуки з'являються у вигляді піків, але з цього неможливо зробити висновок про органолептичну взаємодію складових аромату, які врешті-решт визначають повний аромат. Тому при оцінці хмелю якість, як і раніше, встановлюється шляхом ручної оцінки якості (бонітівки). Деякі із сполук мають особливу ароматичну дію. Низько-киплячий монотерпен типу *Мірцен* надає аромату хмелю відому гостроту. Мірцен надає пиву грубий неблагородний відтінок і тому його присутність небажана. Навпаки, як приклад позитивних компонентів аромату можна розглядати сесквітерпени α - β -*каріофілен*, β -*фарнезен* або *гумулен*, а також їх *епоксиди*. Хоча вони леткі і випаровуються при тривалому кип'ятінні, залишок хмелевої олії потрапляє в пиво і надає йому бажаний ароматичний відтінок, залежно від типу пива. Характеристика основних сполук ефірної олії хмелю наведено в табл.1.1

Таблиця 1.1 — Характеристика основних сполук ефірної олії хмелю [23].

Речовина	Температура кипіння, °С	Поріг чутливості	Характеристика аромату
1	2	3	4
β -мірцен $C_{10}H_{16}$	166...168	0,40 мг/дм ³	Гіркий ароматний, пряний, трав'яний
β -каріофілен $C_{15}H_{24}$	254...257	0,60 мг/дм ³	Пряний, благородний хмельовий аромат
β -фарнезен $C_{15}H_{24}$	258...260	0,65 мг/дм ³	Пряний, благородний хмельовий аромат
α -гумулен $C_{15}H_{24}$	263...266	0,80 мг/дм ³	Солодкуватий, пряний аромат
Лімонен $C_{10}H_{16}$	173...176	0,01 мг/дм ³	Свіжий цитрус
β -оцимен $C_{10}H_{16}$	176...178	40 мг/дм ³	Квітковий, тропічний, зелений, терпкий
β -пінен $C_{10}H_{16}$	165...167	0,14 мг/дм ³	Хвойний
R-ліналоол $C_{10}H_{18}O$	198...200	0,08 мг/дм ³	Аромат хмелю, квітковий, лимонний, фруктовий
S-ліналоол $C_{10}H_{18}O$	198...200	0,10 мг/дм ³	Аромат хмелю, квітковий, лимонний, фруктовий

Гераніол $C_{10}H_{18}O$	229...230	0,02 мг/дм ³	Квітковий, лайм, трояндовий, аромат герані
Гераніл ацетат $C_{10}H_{20}O_2$	245	0,09 мг/дм ³	Квітково-фруктовий аромат з відтінками троянди і герані
2-метилбутил-ізобутират $C_{10}H_{20}O_2$	183	78 мг/дм ³	Приємний фруктовий (тропічний банан) і пряний аромат

Щоб зберегти хоч би частину аромату хмелевої олії, зазвичай невелику частину хмелю додають у кінці кип'ятіння суслу, втрачаючи при цьому частину ізомеризованої α -кислоти. Для цього ж селекціонують так звані ароматичні сорти хмелю (ароматичний хміль), тобто сорти з тонким ароматом і вмістом α -кислоти блзько 4...6% при необхідному вмісті когумулона менше 20% і можливо більшим вмістом в хмелевої олії гумулена і фарнезена. За останні 10 років у світі вирощування ароматичного хмелю збільшилося на 30...40%. Ароматичними німецькими сортами являються: Perle, Spalter Select, Hallertauer Tradition, Hersbrucker та інші.

Дубильні речовини (поліфеноли). У хмелі міститься дубильних речовин від 2 до 5% на СР, які знаходяться майже виключно в пелюстках і стержнях. Дубильні речовини мають декілька важливих для пивовара властивостей, а саме:

- ◆ терпкий смак;
- ◆ здатність зв'язувати і осаджувати комплексні білкові речовини;
- ◆ окисненням в червоно-коричневі сполуки – флобафени;
- ◆ здатністю зв'язуватися з солями заліза, утворюючи сполуки з чорнувтим відтінком.

З аналізу цих властивостей виходить, що дубильні речовини впливають на утворення в пиві помутнінь, на його смак і колір. Дубильні речовини є більшою чи меншою мірою складними полімерними сполуками, що складаються з множини мономерних фенольних сполук. Тому їх називають поліфенолами. Вони є складною сумішшю, до складу якої входять таніни, флаваноли, катехіни і антоціаногени (рис 1.3). Серед поліфенолів по кількості і значимості найважливішими є антоціаногени, які

складають біля 80% поліфенолів хмелю. Антоціаногени солоду, що знаходяться переважно в алейроновому шарі, мають в основному ту ж структуру, що і в хмелі. У сусло, зазвичай, поступає 80% антоціаногенів з солоду і 20% з хмелю.

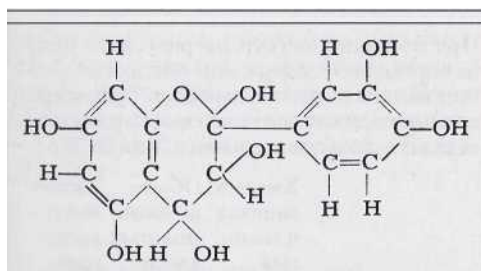


Рис.1.3 Структурна формула антоціаногена (лейкоантоціанідин)

Поліфеноли хмелю відрізняються від солодових передусім більш високою мірою конденсації і більшою хімічною активністю.

1.4 Сорти хмелю

Хміль, без сумніву, є найбільш дорогою сировиною для виробництва пива. У зв'язку з цим особливо важливе значення повинне надається вибору сорту як при вирощуванні хмелю, так і при торгівлі ним. Вище вже було показано, за якими параметрами хміль оцінюється, проте відомо також, що разом з хмелем, що має високий рівень гіркоти, великим попитом користується і менш гіркі ароматичні сорти хмелю. При торгівлі хмелем розрізняють наступні сорти: *ароматичні; гіркі; сорти з високим вмістом α -кислоти.*

Перші відрізняються приємним хмелевим ароматом, вмістом когумулону менш 20-ти високим вмістом ароматичних складових (каріофілену, фарнезену). Незважаючи на дещо знижений вміст α -кислоти, (2,5...5,0) такі сорти хмелю частенько продають за порівняно високою ціною. До основних німецьких ароматичних сортів відносяться, наприклад: Hersbrucker (Херсбрукський пізній); Perle (Перле); Hallertauer Tradition (Халлертау Традиційний); Spalter Select (Шпальтер Селекційний). Серед сортів з більш високим вмістом α -кислот основними вважаються: Northern Brewer (Ноден Бреввер); Brewers Gold (Бреверс голд).

Сорти з високим вмістом α -кислоти є гіркими сортами з дуже високими значеннями α -кислоти (від 11 до 20%). Від хорошого сорту з високою гіркотою

вимагається так само, щоб вміст когумулону був не більше 25%. До найважливіших сортів з високим вмістом α -кислоти відносяться: Hallertauer Magnum (рис. 1.4); Nugget; Taurus та інші.

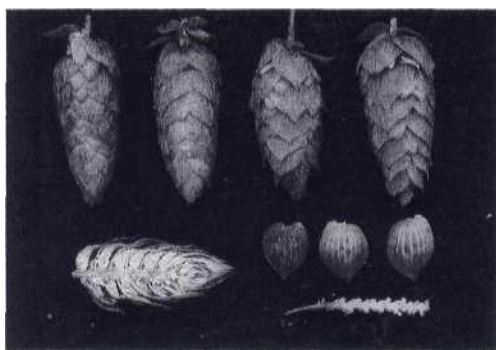


Рис. 1.4 Шишки хмелю Hallertauer Magnum

Оскільки якість хмелю залежить не лише від сорту, але і від області його вирощування, то партію хмелю позначають спочатку по області обробітку, і лише потім по сорту, наприклад: Hallertau Hallertauer Tradition (Халлертау, сорт Hallertau Tradition) або Elbe - Saale Hallertauer Tradition (Ельба- Заале, сорт Hallertauer Tradition). Вміст α -кислоти в хмелі залежить також від року його збирання та від погодних умов і може коливатися в широких межах (до 4,5%).

У Німеччині селекція сортів хмелю направлена на створення цінних сортів з високим вмістом α -кислот, таких, як Hallertauer Magnum, тоді як старі гіркі сорти (Northern Brewer, Brewers Gold або Hersbrucker) мають менший попит. Високо цінуються в світі, наприклад, німецькі ароматичні сорти: Perle, Spalter Select, Hallertauer Tradition і Hallertauer. У виробництві хмелю у багатьох країнах спостерігається орієнтація на гіркі сорти хмелю.

В Україні згідно ДСТУ сорти хмелю розрізняють на наступні типи: *тонко-ароматичний, ароматичний, проміжний, і гіркий*. Сорти тонко-ароматичного типу: Слов'янка, Національний, Злато Полісся, Клон та інші. Сорти ароматичного типу: Заграва, Староволинський, Гайдамацький та інші. Сорти гіркого типу: Промінь, Поліський та інші. Всього в Україні культивують біля 45 сортів хмелю.

Оцінка якості хмелю. Оцінка якості хмелю здійснюється шляхом ручної оцінки (бонітіровки) хмелю в шишках і визначення вмісту в хмелі і хмелепродуктах

гірких речовин. Хоча аналітичні методи дають дуже конкретні дані про складові хмелю, ручна оцінка якості (ручна бонітіровка) хмелю, як і раніше, грає значну роль і дає вагоме уявлення про якість. У відповідності зі стандартним методом *Наукової комісії Європейського бюро з виробництва хмелю* властивості хмелю оцінюються до (100) балів і понижуюча оцінка становиться до (30) балів.

Таким чином, оцінюють *якість збирання (1...5 балів)*. Хміль повинен бути добре очищений, без забруднення стебел і листя. Стержень шишки зараховується при довжині понад 2,5см.

Висушеність (1...5 балів). При стисненні шишка не повинна склеюватися або розсипатися; стержень не повинен ламатися. При занадто високій вологості шишка буріє, легко розвиваються на ній гриби, пліснява, і хміль набуває затхлий запах.

Колір і блиск (1...15балів). Колір має бути жовтувато-зеленим, а блиск - шовковисто-блискучим. Сіро-зелений колір шишки свідчить про незрілість; жовто-червоний, аж до кольору ржавчини – про перезрілість (наявність окиснення); темно-коричневий – про перегрівання із-за високої вологості; наявність червонястих, аж до коричневих плям вказує або на ураженість хмельовими хворобами або шкідниками, або на дію граду; білий наліт та скривленість шишок вказує на зараженість борошнистою россою. Закопчений вид шишки вказує на ураженість чорною пліснявою, а світло-жовтий колір шишки і зелений колір стеблинок свідчать про надмірну сульфитацію.

Розмір шишок (1...15 балів). Бажано, щоб шишки були рівномірно великі, закриті; у ароматичних сортів стержень має бути виражено суставчатим і густо покритим волосками. щільно закриті.

Аромат (1...30). Аромат має бути чистим, дуже тонким і дуже стійким. При органолептичній оцінці, розтертої на руці шишки, розрізняють на чистоту, тонкість і інтенсивність аромату. Чистота аромату оцінюється як однорідна, неоднорідна або із стороннім запахом. Аромат може оцінюватися як *дуже тонкий, досить тонкий, середньо-тонкий, не тонкий, солом'яний, затхлий* або з побічними запахами. По інтенсивності аромат оцінюється, як *дуже стійкий, помірно стійкий, середньо*

стійкий, слабкий, мінливий, настирний, пронизливий і неприємно різальний. Кожен тип і сорт має власний аромат. Сторонніми запахами є *димний, горілий, цибулевий, часниковий, солом'яний, трав'яний, сінний і сірчаний.*

Хвороби, шкідники, насіння (0...15 балів). Сюди відносяться ушкодження перенесені спорою, чорнота(попелюха), лежалість (кліщ патинний), червоний кінчик пелюстки (галлиця), наявність відмерлих шишок, листя і насіння (семянність), а також самопроростання листя в шишки.

Неправильна обробка (0...15 балів). До ознак неправильної обробки відносять коричневий або перепалений лупулін через занадто високої температури сушки, проростання насіння із-за надмірної вологості, сильне розпушування шишки, наявність п'ятен від обприскування і сторонні запахи.

Загальна оцінка хмелю здійснюється в залежності від загальної кількості балів наступним чином: *до 60 балів поганий хміль; від 60 до 66 балів середній; від 67 до 73 балів хороший; від 74 до 79 балів дуже хороший; 80 балів і вище відмінний.*

1.5 Хмелепродукти

Кількість пивоварних підприємств, що використовують натуральний шишковий хміль, продовжує скорочуватися, тому що застосування хмелепродуктів дає істотні економічні і технологічні переваги.

Найбільш поширені хмелепродукти можна розділити на дві групи: гранульований хміль та екстракти хмелю.

В усьому світі з усіх хмелепродуктів приблизно використовується в наступній пропорції [1,13]: натуральний хміль в шишках –15...20%; гранульований хміль – 40...45%; екстракти хмелю біля 30%; ізомеризовані продукти біля 10%.

Для пивовара вміст в хмелі гірких речовин є найважливішою характеристикою. Вони можуть визначатися тільки в лабораторії шляхом екстракції, для чого використовують різні загальновідомі аналітичні методи аналізу.

За допомогою кондуктометричного методу визначають вміст загальних смол, м'яких смол і твердих смол. Орієнтовні нормативні значення, яких наведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Орієнтовні нормативні значення хмелепродуктів (на ПСР)[1,13,15]

Гіркі речовини	Хміль в шишках	Збагачений молотий (гранульований) хміль	Екстракти хмелю
Загальні смоли	12...24	22...40	30...60
М'які смоли	10...18	18..36	24...54
Значення по кондуктометру	4...10	7...20	9...30
β-фракція	5...9	11...16	15...24
Тверді смоли	2...4	3...10	

Гранульований хміль. Гранулювання хмелю дає можливість для збереження його компонентів. Для цього хміль розмелюють і потім спресовують в гранули. У вигляді гранул хміль знаходиться в сипучому стані, що істотно полегшує його застосування.

Розрізняють три види гранул : гранули (типу 90); гранули-концентрат (тип 45); ізомеризовані гранули. Таким чином при виробництві гранул типу 90 із 100 кг хмелю-сирцю отримують 90 кг порошку, що зберігає усі найважливіші компоненти, а гранул типу 45 означає, що отримують 45 кг найважливіших компонентів хмелю.

Однією з проблем хмелярства в Україні, як зазначають аналітики, є відсутність технологічної бази. Виробництво таких видів пивоварної сировини, як хмельовий екстракт і гранули в Україні не освоєно. ВАТ «Укрхміль» побудував у Житомирі єдиний у країні гранулятор. І це при тому, що великі пивзаводи практично не використовують шишки хмелю, а застосовують гранули хмелю або екстракт [13].

Екстракти хмелю. Під екстракцією розуміють витяг окремих складових з твердої речовини за допомогою відповідних розчинників. У харчовій промисловості частіше за все не обмежується процесом розчинення, а підвищують концентрацію рідини шляхом випаровування розчинника. Завдання розчинника – витягти речовину з твердого тіла, тобто він лише виконує роль транспортного засобу.

Як розчинник при виробництві хмельових екстрактів сьогодні використовують переважно рідкий CO₂ або етанол, які, з міркуванням захисту навколишнього середовища, замінили метилен-хлорид, який довгий час застосовувався для екстракції. Обидва згаданих розчинника добре підходять саме для екстракції хмелю тому, що повністю розчиняють хмелеві смоли та олію.

Застосування інших органічних розчинників вельми проблематично, тому, що виготовлені з них екстракти неминуче містять залишки речовин, які або вважаються токсичними, або не відповідають уявленням про чистоту харчових продуктів.

Ізомеризований екстракт. Після проведення ізомеризації ізомеризований екстракт хмелю можна вносити на різних стадіях пивоварного виробництва. Це дозволяє збільшити ступінь використання гірких речовин хмелю до 95%,

Тетрагідро-ізоекстракт . У цьому екстракті, як і у відновленому екстракті, α-кислота CO₂ -екстракту повністю ізомеризована і відновлена. Застосування цього екстракту дає наступні переваги: не виникає «засвіченого» смаку; завдяки цьому не відбувається погіршення смаку пива через дію світла навіть при розливі пива в безбарвні пивні пляшки; помітно поліпшується піностійкість пива, виготовленого з використанням цього екстракту; екстракт дуже простий в застосуванні і завдяки ефективному використанню гірких речовин є дуже вигідним продуктом, Незважаючи на те, що виробництво цього продукту досить складне і він не дешевий. Тетрагідро-ізоекстракт дає пом'якшену гіркоту .

1.6 Вплив способів і режимів охмелення на смак і аромат пива.

На хмелевий аромат в пиві впливає багато параметрів, таких як сорт хмелю, регіон вирощування, хмелевий продукт. У зв'язку з аналізом властивостей хмелю в пивоварінні велике значення приділяється також і способу його внесення з метою надання пиву особливої гіркоти і максимального збереження ароматичних компонентів.

Традиційне охмелення. Термін «традиційне охмелення» включає як «ранне», так і «пізні» додавання хмелю до сушловарильного апарату і вірпула.

При ранньому охмеленні на початку кип'ятіння, через 10-15хв, задають 30...35% хмелю, 40...45 %, у середині кип'ятіння, але не пізніше як за 40хв до кінця кип'ятіння (в сучасних умовах кип'ятять 65-90хв а інколи до 2-х годин), щоб забезпечити основну частину α -кислот, які, повинні за цей час ізомеризуватися, а остаток хмелю за 10-15 хвилин до кінця кип'ятіння. Спосіб «пізнього» охмелення заключається у наступному, більшу частину хмелю (75...80%) задають на стадії кип'ятіння сусла з хмелем, а меншу частину (15...25%) ароматного сорту хмелю задають не під час кип'ятіння сусла з хмелем, а у вірпул. Аромат пива пізнього охмелення зазвичай характеризується квітковим або цитрусовим букетом. Традиційно для надання такої смако-ароматичної характеристики використовують класичні сорти хмелю [34]. Також пивовари вибирають менш традиційні сорти (наприклад, Каскад) для надання аромату «пізнього охмелення».

Проте додавання ароматичного хмелю на початку кип'ятіння також застосовується в деяких випадках, оскільки ця практика охмелення надає набагато більш вишукану «пряну/трав'янисту» ноту готовому пиву [34].

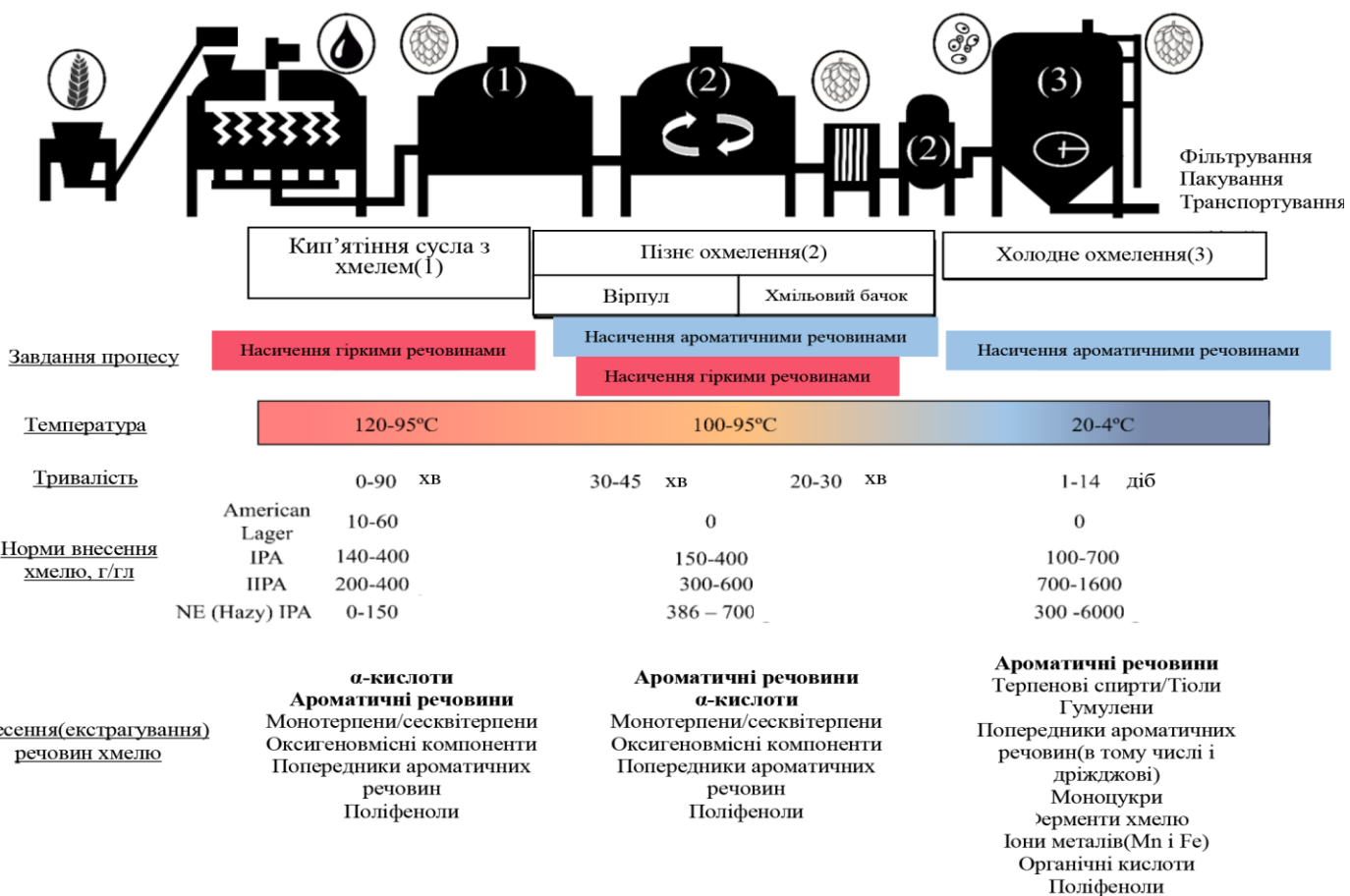


Рис. 1.5 Характеристика існуючих способів охмелення пива і розрахункових норм внесення хмелепродуктів для різних типів і стилів пива

У зв'язку з цим аромат «традиційного охмелення» визначається як хмелевий аромат пива, одержуваний шляхом кип'ятіння сусла з шишками хмелю або гранулами. Інші терміни, такі як «європейський» або «благородний» аромат традиційного охмелення, часто зустрічаються в літературі. Вони пов'язані з використанням європейських ароматних сортів, таких як Жатецький, Шпальт, Халлертау та Тетнагер, які, сприяють «благородному аромату хмелю» [1, 20].

Різниця між ароматом сирого хмелю та ароматом традиційного суттєва, адже компоненти хмелевої олії піддаються різним фізичним, хімічним та біохімічним процесам під час виробництва пива. Компоненти олії хмелю піддаються періоду кип'ятіння з деяким випаровуванням, а деякі речовини зазнають хімічних перетворень. Крім того, під час ферментації леткі олії хмелю втрачаються в результаті контакту з вуглекислим газом, неполярні речовини втрачаються адсорбцією дріжджами, а деякі

речовин можуть метаболізуватися. Нарешті, неполярні сполуки додатково втрачаються адсорбцією фільтруючими матеріалами. В результаті з однієї сторони аромат «традиційного охмелення» набагато складніший, ніж аромат «сухого охмелення». Проте з іншої сторони, аромат «традиційного охмелення» не відповідає аромату застосованого хмелю [12, 25, 37].

Сухе охмелення. Аромат пива — це поєднання смаку, аромату та присмаків. Сухе охмелення надає аромат, але може також вплинути на смак і присмаки. Основна мета режиму сухого охмелення — екстрагувати з хмелю смакові та ароматичні сполуки, та зробити це з мінімальним впливом на колоїдну та окислювальну стійкість пива. Існують ключові відмінності між екстрагуванням при сухому охмеленні та традиційним охмеленням. Розглядаючи пиво як розчинник для хмелевих сполук, слід враховувати низькі температури та водний/етаноловий/вуглекислотний склад пива.

Сухе охмелення безпосередньо переносить леткі олії хмелю в пиво. Аромат «сухого охмелення» дуже схожий з ароматом самого хмелю [34].

Способи сухого охмелення. Технологічні процеси сухого охмелення з фізико-хімічної точки зору є складними процесами на які впливає багато факторів, а саме спосіб екстракції, тип хмелепродукту, час контакту з пивом, доза внесеного хмелю, присутність дріжджів, концентрація спирту, присутність кисню та інші [8,10].

Способи виробництва пива за технологією холодного охмелення можна розділити на статичні та динамічні. Основними відмінностями між ними є швидкість екстрагування та можливість регулювання смако-ароматичного профілю пива.

Принцип застосування статичного методу (рис. 1.6) для холодного охмелення полягає у внесенні хмелепродуктів в бродильний апарат, де відбувається поступова екстракція ароматичних компонентів. Зазвичай хміль задається на стадії головного бродіння або дозрівання, рідше в готове пиво (в кеги) [8,10].

Великим недоліком охмелення на стадії головного бродіння є певна концентрація кисню, який необхідний для розмноження дріжджів і інтенсивне видалення ароматичних речовин внаслідок інтенсивного виділення діоксиду вуглецю.

З метою запобігання потрапляння в сушло великої кількості кисню пивовари часто вносять хміль після закінчення інтенсивного бродіння (із залишком 4 або 5% екстракту). Припускається, що внесений з хмелем кисень буде метаболізуватися дріжджами або видалений з рештою CO_2 перш ніж він зможе значно окислити пиво. Іншим підходом є додати хміль до порожнього танку та продути ємність CO_2 . Видалення кисню з апарату має вагоме значення, адже при окисленні хмельової олії отриманий сенсорний профіль пива не буде відповідати використовуваному сорту хмелю (тому що окислені форми мають інший сенсорний профіль), а також зменшується термін придатності пива.

Крім того, висока кількість дріжджових клітин адсорбує на свою поверхню ефірні сполуки, змінюючи тим самим сенсорний профіль пива.

Ці недоліки усуваються при внесенні хмелепродукту на стадії доброджування, де кількість дріжджових клітин і інтенсивність виділення діоксиду вуглецю значно менші. Вміст спирту, що утворився під час головного бродіння сприяє кращій екстракції і розчиненню хмельових олій в пиві.

Суше охмелення в кегах часто практикується, але існує думка, що тривалий час контакту хмелю з пивом в кегах надає йому занадто багато "трав'яного" або "масляного" аромату [8, 10].

Актуальним питанням залишається інфікування сушла додаванням не стерильного хмелю в готове пиво. Це малоймовірно, тому що коли хміль додають в кінці бродіння, спирт сприяє зведенню будь-яких можливих заражень до мінімуму. Крім того, на цьому етапі залишається мало цукрів у пиві, що є недостатнім живильним середовищем для бактерій. Хміль — це протимікробний засіб і, отже, — матеріал, несприятливий для розвитку шкідників, таких, як бактерії [15].

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

При динамічному способі (рис. 1.7) створюється рух рідини внаслідок перекачування насосом або перемішування пива, це сприяє інтенсивному

екстрагуванню ароматичних сполук ефірної олії хмелю. Ефективність динамічних методів холодного охмелення залежать від ряду факторів, таких як швидкість потоку пива, характеристика потоку, рушійна сила, час контакту, а також складу самого пива та хмелепродукту.

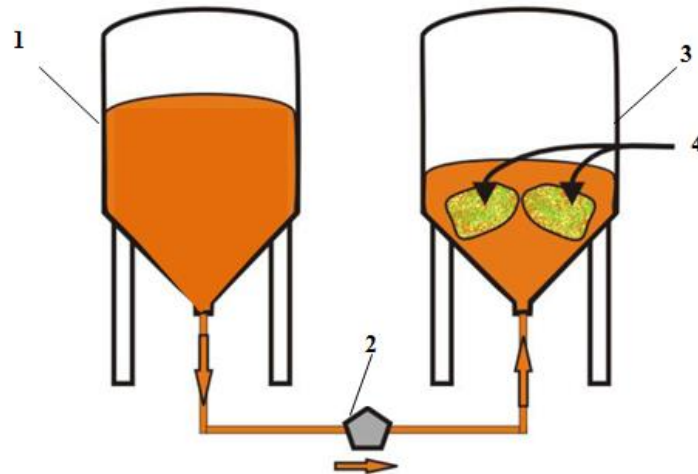


Рис. 1.6 Схема статичного способу сухого охмелення: 1 – ЦКТ, 2 – насос, 3 – танк доброджування і дозрівання; 4 – хмелепродукт

Послідовність динамічного способу холодного охмелення полягає в тому що, спочатку відбувається внесення хмелепродукту в апарат з якого потім видаляється повітря діоксидом вуглецю, після чого апарат заповнюється пивом і весь об'єм циркулює кілька разів за допомогою насоса або діоксиду вуглецю.

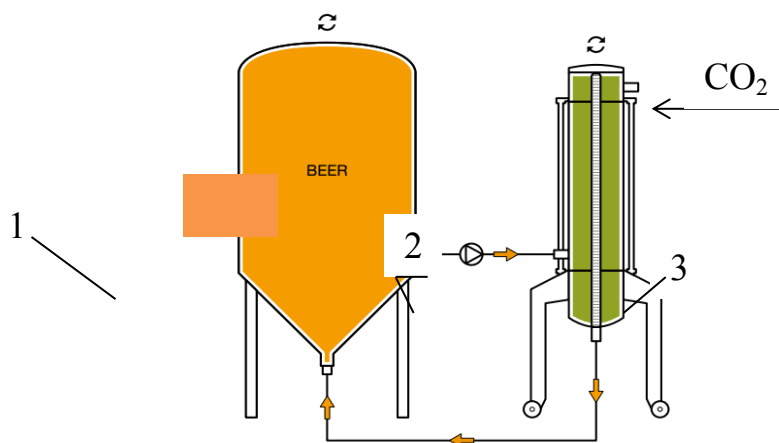


Рис. 1.7 Схема динамічного способу сухого охмелення: 1 – ЦКТ, 2 – насос, 3 – екстрактор хмелепродуктів

При динамічному методі на швидкість екстрагування впливає турбулентний потік, який створений перекачуванням або перемішуванням. По закінченню процесу екстрагування відпрацьований хмелепродукт можна легко видалити і оскільки він все ще містить деякі смако-ароматичні та гіркі речовини, його можна повторно використати при кип'ятінні [8, 12, 36].

Сьогодні в світі існує декілька конструктивних рішень екстрактора, що відрізняються дизайном, розмірами, вартістю, але в більшості випадків це конусоподібний апарат з нержавіючої сталі, в середині знаходиться сітчаста трубка, яка відділяє пиво від хмелепродукту. Також вони оснащуються додатковими фільтрами, датчиками тиску, температури, швидкості потоку та ін. Для покращення транспортування дана конструкція може бути забезпечена колесами [14].

Серед широко застосованих систем для сухого охмелення "Нортогредо", "норган" або "норбомб" - це методи, при яких молоде пиво рециркулює з резервуара для дозрівання через апарат, заповнений шишковим хмелем або гранулами, дозволяючи при DryHOPNIK цьому отримувати речовини хмелю, зберігаючи сам хміль в пристрої. "Норсаттон" «заряджається» хмелем або гранулами, а потім за допомогою CO₂ направляється в ємність, заповнений пивом. Система "" поєднує 2 безперервних етапи — змішування і рециркуляцію. Вона складається з ємності, що містить прилад, який розмелює хміль і після цього рівномірно диспергирує його в молоде пиво, яке після цього нагнітається назад у танк для дозрівання [10].

Якщо порівняти ці способи, то можна зробити такі висновки, що при статичному способі відбуваються процеси, які можна назвати мацерацією, тобто повільне екстрагування під впливом діоксидом вуглецю, що відбувається в процесі бродіння, а в динамічному способі відбувається інтенсивніше екстрагування ароматичних ефірних олій в пиво. При статичному способі внесення може відбуватися на 3-х стадіях, а при динамічному на 2-х стадіях (доброджування і в готове пиво). Час контакту, також істотно відрізняється. При статичному це від декількох діб до декількох місяців, а при динамічному до декількох годин. Вартість інвестицій в першому випадку мінімальні, а

в іншому достатньо високі. При статичному способі застосовуються синтетичні або металеві мішечки, а при динамічному - хмелевий екстрактор.

На якість кінцевого продукту істотний вплив має тип хмелю і форма в якій він вноситься. Холодне охмелення можна проводити традиційно внесенням шишок хмелю (свіжих або висушених) та гранул типу 90 або 45 [36]. На рис.1.8 наведено залежність виходу мірцену при 12-денному сухому охмеленні від тривалості охмелення та застосованого хмелепродукту у вигляді шишок хмелю сорту Каскад.

Сухе охмелення можна досягти за допомогою ряду продуктів хмелю. Найпростішим і досі часто використовуваним матеріалом є сушені цілі шишки хмелю. Зазвичай цілі шишки хмелю поміщають в мішечок з полімерної сітки перед додаванням їх у пиво, щоб полегшити їх видалення.

Досліди показують, що при виборі хмелепродукту, кращих смако-ароматичних властивостей набуває пиво з використанням гранульованого хмелю. При застосуванні динамічного способу холодного охмелення гранульований хміль в залежності від сорту хмелю і пива додають в діапазоні від 1...4 г/дм³. Було досліджено, що перевищення цих дозувань ніяк не впливає на сенсорні властивості пива [8, 10, 12].

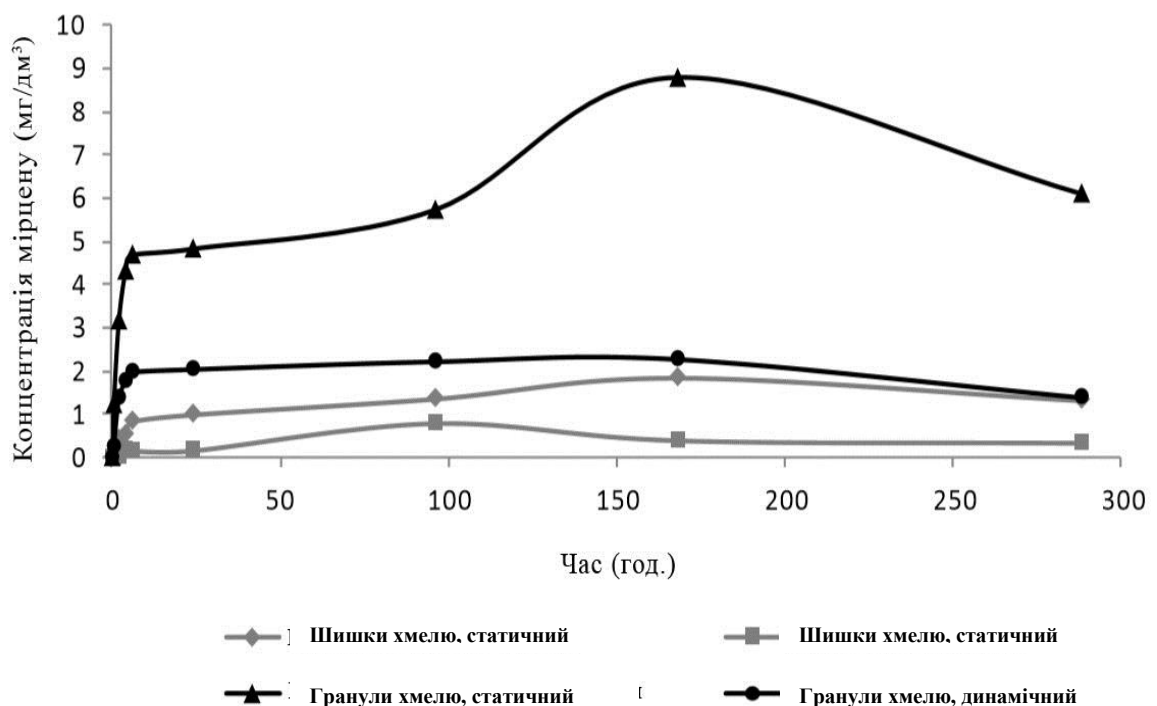


Рис.1.8 Залежність виходу мірцену при 12-денному сухому охмеленні від тривалості охмелення та застосованого хмелепродукту

Ще одним важливим фактором при застосуванні технології холодного охмелення є тип пива. Для деяких сортів лагерного пива, його використовують для того, щоб освіжити аромат пива, а для деяких інших сортів є яскраво-вираженою рисою сенсорних властивостей пива.

У США з метою кращого дослідження процесу сухого охмелення застосовувався такий метод як опитування безпосередньо пивоварів крафтових пивоварень. Аналізуючи результати опитування, можемо стверджувати, що на крафтових пивоварнях США застосовують технологію сухого охмелення на різних стадіях виробництва пива з тривалістю контакту хмелепродукту з пивом від декількох хвилин до декількох днів і навіть місяців, а також із застосуванням як хмелевих шишок, так і гранул (табл. 1.3) [36].

Таблиця 1.3 — Порівняння ефективності способів і режимів сухого охмелення пива

Місце проведення охмелення	Тривалість	Присутність дріжджів ¹	Хмелеві продукти
ЦКБА	3...7 днів	Ні	Гранули або шишки
ЦКБА	18...21 день	Так	Шишки
Танк освітленого пива	4...7 днів	Ні	Гранули
Допоміжна ємність ²	1...3 дні	Ні	Шишки
В потоці ³	Хвилини	Ні	Емульсія хмелевої олії
Кега	Від 3-х днів ⁴	Ні	Шишки у мішках
Бочка	Від 3-х днів ⁴	Так	Шишки

Примітки. 1 – Якщо так, сухе охмелення проводиться або під час первинного бродіння, або в бочці з нефільтрованим пивом. Якщо ні, то деякі дріжджі все ще присутні у всіх випадках, крім після фільтрації. 2 – Мається на увазі, що ємність, підключена до заповненого танку за допомогою

шланга або трубопроводів. Постійне перекачування переміщує пиво між ємностями.. 3 – Цей метод виконується на шляху до фільтрації. 4 – Сухе охмелення триває до повного споживання пива.

Також пивоварів запитували, чи відчують вони, що сухе охмелення позитивно чи негативно впливає на термін зберігання пива. Відповіді були рівномірно розділені. Деякі пивовари вважають, що аромат сухого охмелення допомагає покрити смакові ефекти окислювального псування, що погоджується з опублікованою літературою [45]. Інші пивовари вважали, що, незважаючи на їхні зусилля щодо контролю над внесенням кисню, сухе охмелення згубно впливає на термін зберігання пива.

Крім того, пивоварів запитали про вплив сухого охмелення на їх пивоварню з точки зору бізнесу. Близько половини пивоварів повідомили, що вони збільшують ціну на пиво сухого охмелення, щоб знизити витрати на матеріали. Повідомлялося про внесення хмелю підчас сухого охмелення в межах від 227 г/117 дм³ до 1360 г/117 дм³.

Нарешті, у пивоварів поцікавились, чому вони застосовують сухе охмелення. Вони відповіли, що використовують метод сухого охмелення, щоб додати в пиво характеру олії хмелю, чого неможливо досягти при традиційному охмеленні. Зокрема, пивовари заявляють, що сухе охмелення вносить «яскравий цитрусовий та квітковий аромат», який контрастує з ароматом пізнього охмелення (який був названий «фруктовим») [46].

З наведеного вище випливає, що класичний технологічний процес охмелення, з точки зору використання гірких кислот не економічний. На практиці використання хмелевих смол і ефірної олії можна підвищити за рахунок переробки попередньо підготованого хмелю або застосуванням технології сухого охмелення.

1.7 Висновки

1. Хміль – один з основних і незамінних видів сировини для виробництва пива. Завдяки наявності специфічних речовин, яких немає жодна інша рослина, він надає пиву приємний гіркий смак і хмельовий аромат, сприяє видаленню із пивного суслу нестійких фракцій білкових речовин, полегшує піноутворення та піностійкість напою і маючи антисептичні властивості, підвищує його фізіологічну цінність, як харчового продукту.

2. Основними країнами світу, де вирощують хміль і виробляють хмелепродукти є Німеччина і США, за ними слідує Чехія і, останнім часом, Китай, причому переважна кількість хмелю це ароматичні сорти.

3. В Україні в останні роки виробляють понад 600 т на рік хмелепродуктів для потреб пивоваріння в 37 хмелярських господарствах країни з різними характеристиками, а саме хміль гіркий, ароматний і тонко ароматичний але виробники не завжди задоволені якістю і використовують іноземні хмелепродукти, проте найбільші пивоварні компанії з іноземним капіталом, закупають виключно імпортовану хмельову сировину.

4. Пивоварні підприємства України використовують хмелепродукти у вигляді гранул та екстрактів гірких і ароматичних сортів американського і німецького виробництва, а також ізомеризованих препаратів, у т.ч. тетрагідро-ізоекстрактів.

5. Складний хімічний склад хмелевої олії і недостатнє знання закономірностей змін компонентів олії хмелю, під час процесів пивоваріння, та науково не доведені уявлення про природу багатьох ароматично-активних летких компонентів є причиною того, що використання того чи іншого сорту хмелю не надає виробнику отримати бажаний хмельовий аромат пива.

6. Процес кип'ятіння суслу і процес ферментації відіграють дуже важливу роль у перетворенні гірких і ароматичних речовин, оскільки вони змінюють характер летких сполук хмелю шляхом хімічного окиснення та біотрансформації їх ферментами дріжджів.

7. Під час процесу кип'ятіння суслу з хмелем різко змінюється склад і втрачається ефірна олія хмелепродуктів, близько 85% олії хмелю випаровується протягом 90 хв., при чому концентрація таких речовин олії як β -мірцен, β -каріофілен та α -гумулен спочатку значно підвищується, а в кінці кип'ятіння і після освітлення, майже нічого не залишається.

8. До основних показників якості хмелепродуктів придатних для використання у технології сухого охмелення пива відносять: низький вміст α -кислот (6% або менше) для пом'якшення гіркоти; вміст когумулона, що дає грубу гіркоту, не повинен

перевищувати 20...25% від загальної кількості α -кислот; високий вміст β -кислот, що утворюють м'яку благородну гіркоту пива; високий вміст хмелевої олії і співвідношення в ній «гумулен/каріофілен» не менше 3,0. для забезпечення ароматики напою.

9. На основі аналізу літературних джерел розроблено мету і задачі досліджень.

Мета роботи. Метою роботи є систематизація і узагальнююча оцінка інформаційних матеріалів, обґрунтування і вибір хмелепродуктів і сортів хмелю, іноземного виробництва для ефективного холодного охмелення пива.

Задачі досліджень:

- провести моніторинг з якості і використання різних сортів хмелю в світі;
- дослідити вплив гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його технологічні властивості і призначення в пивоварінні;
- встановити залежність типу пива і технології його охмелення від складу важливих для пивоваріння компонентів хмелю;
- розробити рекомендації щодо вибору сортів хмелю у виробництві різних типів пива і режимів його охмелення.

2 ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та предмет досліджень

На основі теоретичних досліджень, поставлених мети та задання розроблена схема основних етапів аналітичних досліджень вибору хмелепродуктів та сортів хмелю для ефективного холодного охмелення пива, яка наведена на рис. 2.1.

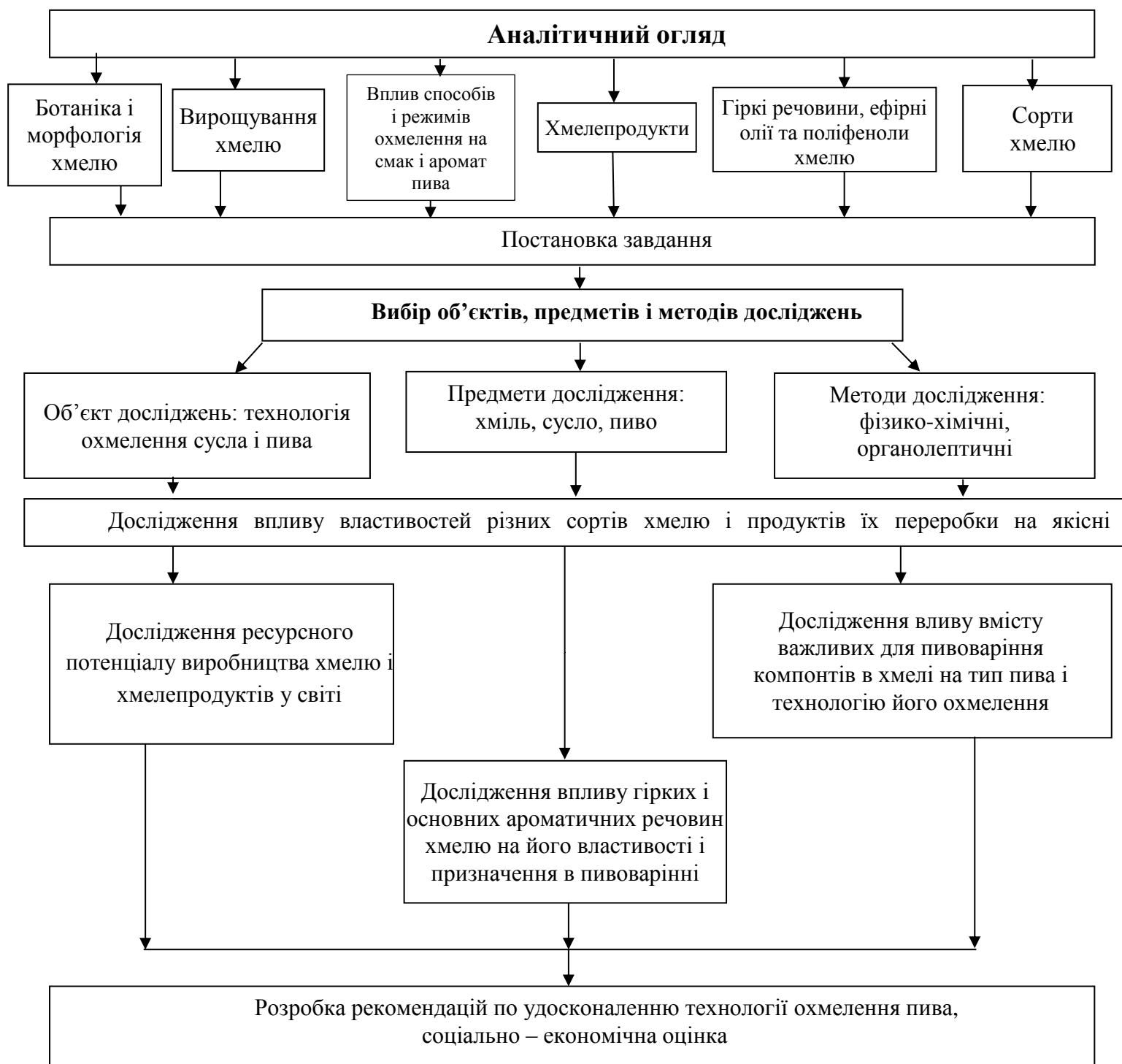


Рис. 2.1 Схема програми проведення аналітичних досліджень

Об'єкт досліджень: технологія охмелення пивного сусла і пива.

Предмет досліджень: хміль, хмелева олія, неохмелене сусло, охмелене сусло, готове пиво.

2.2 Методи дослідження

Аналізували і використовували методи дослідження, які застосовуються для різних способів охмелення пива: фізико-хімічні та органолептичні методи.

2.3 Методика досліджень

На основі аналізу літературних джерел вітчизняних та іноземних дослідників визначали найбільш важливі способи охмелення пивного сусла і пива, фізико-хімічні та органолептичні методи дослідження. Для проведення експериментальних досліджень застосовували методики прийняті в пивоварінні [4,5,37].

2.3.1 Визначення вмісту ізогумулону в хмелі

Вміст ізогумулону в суслі коливається в значних межах і залежить від маси хмелю, що задається, від вмісту α -кислот в хмелі, від глибини екстракції та ізомеризації його в процесі кип'ятіння сусла. Визначення ізогумулону необхідне як для правильних нормованих витрат хмелю, так і для контролю режиму охмелення.

Метод визначення ізогумулону в суслі заснован на екстракції його з сусла ізооктаном (2,2,4-триметилпентаном) та визначення оптичної густини ізооктанового екстракту на спектрофотометрі при довжині хвилі 275 нм.

Прилади: спектрофотометр з кварцевими прямокутними кюветами шириною 10 мм, скляні циліндри зі шлифами і притертими пробками 50 см³, ізооктан з додатковою очисткою (в колонці з силікагелем марки АСМ, довжина 500 мм, діаметр 35 мм), етиловий спирт для очистки кювет і 3 н розчин соляної кислоти.

Різниця між величинами оптичної густини двох кювет спектрофотометра, заповнених розчинником, не повинна бути більше 0,005. При більших розходженнях оптичну густину кювету приймають за одиницю і по відношенню до неї визначають оптичну густину іншої кювети, вираховуючи потім поправку на

ідентичність кювет. Для визначення оптичної густини в першу кювету наливають розчинник, а в другу – ізооктанову витяжку гірких речовин і від отриманої величини вираховують поправку.

Проведення аналізу. Сусло звільняють від завислих частинок центрифугуванням. Відбирають 10 см³ сусла, переносять в скляний циліндр, додають 1 см³ 3 н розчину соляної кислоти і 20 см³ ізооктану, закривають циліндр пробкою і струшують протягом 30 с. Циліндр залишають в спокої для розділення шарів рідини. Після відстоювання піпеткою обережно відбирають частину прозорого верхнього шару і переносять в кювету, не доливаючи її приблизно на 10 мм до верхнього краю. В другу кювету наливають чистий ізооктан, кювети поміщають в спектрофотометр і визначають оптичну густину при довжині хвилі 275 нм. Вміст ізогумулону (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$C_{iz} = 57,2 \times D - 5,9.$$

2.3.2 Визначення поліфенольних речовин за методом ЄВС

Проводять аналіз так само, як і для пива. Метод заснований на тому, що поліфенольні речовини сусла реагують з іонами в лужних розчинах з утворенням забарвленого розчину. Потім розраховують вміст поліфенольних речовин на основі вимірювання оптичної густини при довжині хвилі 600 нм.

2.3.3 Визначення вмісту ізогумулону в суслі та пиві

Цей показник визначають спектрофотометричним методом. За методикою ЄВС при визначенні гірких речовин в основному визначається ізо- α -кислота. Спосіб застосовується до всіх типів фільтрованого пива. Мутність пива повинна бути попередньо відцентрифугована. Результат буде правильний, якщо пиво не містить н-гептил-1,4-оксибензоат, сахарин, саліцилову і сорбінову кислоти, які, так само як і гіркі речовини, екстрагуються ізооктаном та спотворюють показник оптичної густини при 275 нм. Усі зразки пива дегазують без втрати піни і термостатують при 20 °С перед визначенням.

Гіркоту розраховують за формулою:

$$BE = 50 \times A_{275},$$

де A_{275} — оптична густина при 275 нм відносно чистого ізооктану.

За МЕВАК гіркі речовини визначають аналогічно визначенню їх в суслі, але в пробірку для дослідження поміщують 2 см³ пива, яке попередньо звільняють від діоксиду вуглецю. Гіркі речовини пива розраховують за формулою, наведеною вище в методиці ЄВС [5].

Оскільки всі сполуки, що представляють інтерес, є леткими, газова хроматографія (ГХ) є кращим інструментом для ідентифікації сполуки та кількісного визначення. Метод ГХ поєднано з полум'яно-іонізаційним детектором (ПІД) для кількісного визначення та мас-спектрометром (МС) для ідентифікації летких речовин. Також широко застосовується рідинна хроматографія (ВЕРХ).

Для екстрагування ароматичних сполук з пива були застосовані три методи: рідинна екстракція, твердофазна мікроекстракція (ТФМЕ) та сорбційна екстракція з магнітною мішалкою (SBSE).

2.3.4 Визначання вмісту ефірної олії

Метод полягає в одержанні ефірної олії гідродистиляцією з наступною декантацією та збиранням її у спеціальному уловлювачі.

Для проведення аналізу монтують прилад (рис. 2.2)

Круглу плоскодонну довгогорлу колбу ємністю від 2,0 дм³ до 3,0 дм³ (1) з'єднують зі зворотним кульковим холодильником (3) за допомогою гумового корка. В середині перегонної колби підвішують до корка на тоненьких дротиках уловлювач ефірної олії (2) так, щоб він перебував під нижнім кінцем холодильника. Уловлювач ефірної олії являє собою проградуйовану на поділки в 0,05 см³ скляну трубку діаметром від 5 мм до 7 мм та довжиною 80 мм з розширеним у вигляді лійки верхнім кінцем та зігнутим коліном меншого діаметра, який готують з піпетки ємністю 5 см³.

Підвішувати уловлювач необхідно так, щоб кінець холодильника входив у лійку уловлювача та торкався її стінки.

Рис. 2.2 Апарат для визначання кількості ефірної олії в хмелю

Метод випробовування. 50 г подрібнених шишок хмелю вміщують у перегонну колбу, додають туди циліндром 1 дм³ дистильованої води, до корка підвішують уловлювач і з'єднують його зі зворотним холодильником. Колбу ставлять на електроплитку. В режимі слабкого кип'ятіння закінчують відганяти ефірну олію через 2 год.

Правила опрацювання результатів. Вміст ефірної олії (ЕО), у сантиметрах кубічних на 100 г повітряно сухої речовини, визначають за формулою:

$$E_o = \frac{v \cdot 100}{n},$$

де v — об'єм ефірної олії в уловлювачі, см³; n — наважка хмелю, г.

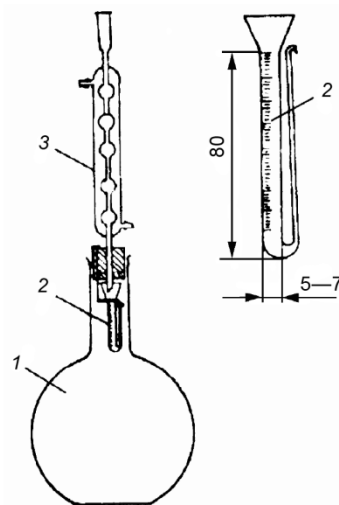
Розраховують до другого десяткового знаку, округлюючи до першого десяткового знаку. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень.

2.3.5 Метод кількісного визначання компонентів гірких речовин

Метод полягає у застосуванні гравіметрії для визначання вмісту загальних смол, загальних м'яких і твердих смол, тонкошарової хроматографії та спектрофотометрії для визначання вмісту ксантогумолу, високоефективної рідинної хроматографії для визначання кількісного вмісту та складу а- і b-кислот з однієї наважки хмелю.

Метод визначання вмісту смол

— Готування метанольного екстракту. Для одержання метанольного екстракту гірких речовин наважку подрібненого хмелю 10 г переносять у конічну колбу місткістю 250 см³. Доливають 100 см³ метанолу, закривають колбу корком, струшують 15 хв і відфільтровують через складчастий фільтр. Останні порції



фільтрату одержують притисканням маси до фільтра).

— Готування гексанового екстракту. Відбирають 15 см³ метанольного екстракту гірких речовин і переносять у ділильну лійку місткістю 200 см³, доливають 50 см³ n-гексану, струшують, а потім додають 15 см³ сірчаної кислоти концентрації 2 % (об'ємних) і знову струшують 5 хв. Після відшарування гексану (верхній шар) його зливають у конічну колбу місткістю 100 см³. Гексановий екстракт використовують для визначання вмісту загальних м'яких смол.

— Готування ефірного екстракту. Залишок метанольно-сірчаноокислого розчину теж переносять у ділильну лійку місткістю 250 см³, доливають до нього 50 см³ діетилового ефіру і струшують протягом 5 хв. Після відшарування ефіру його зливають у конічну колбу місткістю 100 см³.

Метод визначання вмісту твердих смол. Ефірний екстракт переносять у заздалегідь висушену та зважену круглодонну колбу, яку поміщають у водяну баню, нагріту до 40 °С, з'єднують з водяним холодильником і відганяють ефір.

Залишок води з колби видаляють на киплячій водяній бані. Далі колбу з твердими смолами сушать в сушильній шафі протягом 30 хв за температури 105 °С. Для рівномірного розміщення шару твердих смол на стінці колби необхідно додати від 2 см³ до 3 см³ метанолу. Після цього колбу треба помістити у водяну баню на кілька хвилин, а потім, в процесі вдування в неї повітря за допомогою гумової груші, круговими рухами розподілити смоли у вигляді тонкої плівки на внутрішній поверхні колби. Після цього колбу охолоджують в ексикаторі протягом 30 хв і зважують на аналітичних вагах.

Масову частку твердих смол (ТС), у відсотках до маси проби, з перерахунку на суху речовину обчислюють за формулою:

$$T_C = \frac{a \cdot 66,67 \cdot 100}{100 - W}, \%$$

де a — маса смол у колбі, г; W — вологість хмелю, %. 66,67— розрахунковий коефіцієнт для врахування величини наважки та розведення.

Метод визначання вмісту м'яких смол. Відбирають 40 см³ гексанового екстракту, переносять у заздалегідь висушену і зважену кругло-донну колбу, яку вміщують у водяну баню, нагріту до 80°C, і відганяють гексан. Відганяння продовжують до тих пір, поки в колбі не залишиться від 3 см³ до 4 см³ екстракту, далі колбу від'єднують від холодильника і, вдуваючи струмені повітря, круговими рухами розподіляють смоли по внутрішній стінці колби у вигляді тонкої плівки. Після цього колбу охолоджують в ексикаторі 30 хв і зважують на аналітичних вагах.

Масову долю м'яких смол (МС), у відсотках до маси проби, з перерахунку на суху речовину обчислюють за формулою:

$$M_c = \frac{a \cdot 83,33 \cdot 100}{100 - W}, \%$$

де *a* — маса м'яких смол, г; *W* — вологість хмелю, %. 83,33— розрахунковий коефіцієнт для врахування величини наважки та розведення.

2.3.6 Метод визначання кондуктометричного показника гіркоти

Метод полягає в екстрагуванні α -кислот та α -м'яких смол хмелю органічним розчинником з наступним кондуктометричним титруванням екстракту розчином ацетату свинцю та визначанням масової частки α -кислот.

Готування проб хмелю до аналізування. Наважку хмелю масою до 30 г, взяту на аналіз з середньої проби, подрібнюють на електро-млині до розмірів часток не більших ніж 0,5 мм. Подрібнений хміль ретельно перемішують та розсипають тонким шаром на аркуші паперу. Для аналізування зважують на вагах наважку масою 7,5 г, яку відбирають не менше ніж з п'яти точок. Паралельно визначають вологість шишок.

Метод випробовування. Наважку хмелю масою 7,5 г вміщують у склянку для екстрагування мікроподрібнювача тканин РТ-2, додають туди циліндром 50 см³ розчину етилового спирту в гексані концентрацією 10 % (об'ємних) або 50 см³ толуолу. Встановлюють склянку в захисний кожух та закріплюють на штативі мікроподрібнювача тканин РТ-2. Перемикач швидкості вмикають на позначку

3000 об./хв. Вмикають мікроподрібнювач та екстрагують протягом п'яти хвилин. Подрібнений хміль разом з екстрактом переносять у скляну лійку, на яку покладено складчастий фільтр. Фільтрують екстракт у колбу, притискаючи розмелений хміль фарфоровим товкачиком для видалення залишків екстракту.

Відмірюють піпеткою 10 см^3 екстракту у склянку для титрування, додають циліндром 40 см^3 розчину гліцерину у етиловому спирті концентрацією 5 % (об'ємних). Склянку встановлюють на магнітну мішалку, вміщують в неї якір магнітної мішалки та занурюють давач приладу ПАК-1 до такого рівня, щоб рідина покрила електроди. Вмикають магнітну мішалку та регулюють оберти так, щоб на електродах не було повітряних бульбашок. Встановлюють на приладі ПАК-1 початкову точку титрування від 20 мкА до 40 мкА. З бюретки, що має ціну поділки $0,01 \text{ см}^3$, доливають у склянку ацетат свинцю концентрацією 40 г/дм^3 дозами по $0,1 \text{ см}^3$. Після додавання кожної порції записують значення сили струму, що проходить крізь розчин. Коли сила струму почне значно збільшуватися, доливають ще 4-5 порцій ацетату свинцю по $0,1 \text{ см}^3$ і титрування припиняють.

За результатами титрування будують графік. На осі абсцис відкладають величину об'єму розчину ацетату свинцю концентрацією 40 г/дм^3 , витраченого на титрування, а на осі ординат — значення сили струму (мкА), що проходить крізь розчин.

Коли будують графік, використовують масштаб: 10 мм на осі абсцис відповідає $0,1 \text{ см}^3$ розчину ацетату свинцю; 10 мм на осі ординат відповідає 10 мкА.

Точки з'єднують прямими лініями, з перетину яких опускають перпендикуляр на вісь абсцис та знаходять точку еквівалентності V , яка відповідає об'єму розчину ацетату свинцю, у сантиметрах кубічних, витраченого на титрування (рис. 2.3).

Для кожної партії хмелю проводять по два паралельних визначання в екстрактах, отриманих з двох окремих наважок.

Кондуктометричний показник гіркоти (КПГ), у відсотках до маси проби в перерахунку на суху речовину, обчислюють за формулою:

$$\text{КПГ} = \frac{2,52 \cdot V \cdot k \cdot 100}{100 - W}, \%$$

де 2,52 — коефіцієнт перераховування розчину ацетату свинцю концентрації 40 г/дм³ на а-кислоти; V — об'єм розчину ацетату свинцю концентрацією 40 г/дм³, витраченого на титрування, см³; k — поправка до титру розчину ацетату свинцю концентрацією 40 г/дм³; W — вологість хмелю, %.

Розраховують з точністю до другого десяткового знаку, округлюючи до першого десяткового знаку. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне результатів двох визначень.

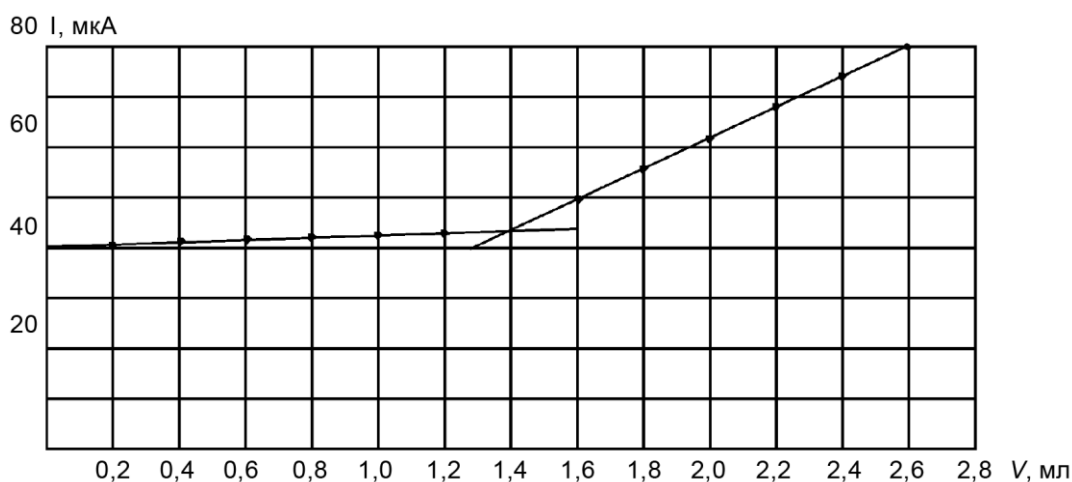


Рис. 2.3 Графік кондуктометричного титрування екстракту а-кислот розчином ацетату свинцю концентрації 40 г/дм³

2.3.7 Визначання вмісту поліфенолів

Метод полягає в екстрагуванні поліфенолів киплячою водою, утворенні забарвленого комплексу поліфенолів з реактивом Фоліна, визначанні їх концентрації за допомогою фотоелектро-колориметра та розраховуванні масової частки поліфенолів у шишках хмелю.

Правила готування до випробовування. З проби хмелю, зважують на вагах 5,0 г хмелю, вміщують його в мірну колбу місткістю 250 см³, заливають циліндром 200 см³ киплячої води та нагрівають на киплячій водяній бані протягом

1,5 год, періодично струшуючи колбу. Далі колбу охолоджують, вміст її перемішують, доливають дистильованою водою до мітки та фільтрують через складчатий фільтр у чисту суху колбу. Електрофотокolorиметр готують до роботи згідно з доданою до нього інструкцією.

Метод випробовування. Відбирають піпеткою 5,0 см³ екстракту поліфенолів, переносять у суху склянку та розбавляють його 10 см³ дистильованої води, відміряної піпеткою. Розчин ретельно перемішують. Відбирають піпеткою 1 см³ цього розчину в суху пробірку, додають 0,3 см³ реактиву Фоліна та піпеткою 5,0 см³ розчину вуглекислого натрію концентрації 200 г/дм³ і отримують суміш синього кольору. Суміш ретельно перемішують та одразу колориметрують у кюветі 3 мм з світлофільтром № 9, довжина хвилі (630 ± 10) нм на електрофотокolorиметрі ФЕК-56 М. Для контрольного розчину 1 см³ дистильованої води змішують з 0,3 см³ реактиву Фоліна, 5,0 см³ розчину вуглекислого натрію концентрацією $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 200 \text{ г/дм}^3$.

Для визначання концентрації поліфенолів у досліджуваному розчині користуються калібрувальним графіком, побудованим за нативним комплексом поліфенолів хмелю згідно з табл. 2.1.

Концентрація поліфенолів, мг/см ³	Оптична густина	Концентрація поліфенолів, мг/см ³	Оптична густина
0,10	0,135	0,30	0,340
0,12	0,155	0,32	0,350
0,14	0,175	0,34	0,375
0,16	0,195	0,36	0,400
0,18	0,224	0,38	0,424
0,20	0,240	0,40	0,440
0,22	0,254	0,42	0,454
0,24	0,275	0,44	0,470
0,26	0,300	0,46	0,510
0,28	0,324		

Таблиця 2.1 — Оптична густина вольфраматних комплексів поліфенолів хмелю

Масову частку поліфенолів (ПФ), у відсотках від маси проби у перерахунку на суху речовину, розраховують за формулою:

$$\text{ПФ} = \frac{c \cdot n \cdot 2500}{m \cdot (100 - W)}, \%$$

де c — концентрація поліфенолів, знайдена за калібрувальним графіком, мг/см³ (табл. 2.1); n — коефіцієнт розведення екстракту водою ($n = 3$); 2500 — коефіцієнт перерахунку; m — маса наважки, г; W — вологість хмелю, %.

Примітка. Контролюючи зразки з низьким вмістом поліфенолів, вихідний водний екстракт водою не розбавляють ($n = 1$).

Розраховують до другого десяткового знаку, округлюючи до першого десяткового знаку. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень з двох наважок.

2.3.8 Хроматографічні методи дослідження летких компонентів ефірної олії хмелю

Сутність методів — метод поділу, аналізу та фізико-хімічних досліджень речовин, заснований на переміщенні зони речовини вздовж шару сорбенту в потоці рухомої фази з багаторазовим повторенням сорбційних і десорбційних актів. При цьому речовини розподіляються між двома незмішуваними фазами (в залежності від їх відносної розчинності в кожній фазі): рухомою і нерухомою.

Метод газової хроматографії (ГХ) дозволяє виявляти і визначати слідові кількості органічних сполук. При використанні методу ГХ в якості рухомої фази використовується газ, а в якості нерухомої фази — рідина, нанесена на гранули інертної твердої речовини або на стінки капілярної колонки. Після введення проби в колонку органічні речовини випаровуються і переносяться всередині колонки газом-носієм. У міру руху суміш, що розділяється багаторазово розподіляється між газом-носієм (рухомою фазою) і нелеткою нерухомою рідкою фазою, нанесеною на інертний матеріал (твердий носій), яким заповнена колонка. Принцип поділу — неоднакова спорідненість речовин до леткої рухомої фази і стаціонарній фазі в колонці. Компоненти суміші селективно затримуються

стаціонарною фазою, оскільки розчинність їх у цій фазі різна, і таким чином поділяються (компонентам з більшою розчинністю потрібно більше часу для виходу з рідкої фази, ніж компонентам з меншою розчинністю). Газ, що виходить з колонки, надходить на відповідний детектор.

Метод газової хроматографії/мас-спектрометрії (ГХ/МС) застосовується для визначення невідомих компонентів/домішок. Цей метод заснований на тому ж принципі, що і метод ГХ, проте при цьому в якості детектора використовується масспектрометр (МС). Речовини, що виходять з колонки, направляються у вакуумну камеру, де потрапляють в потік електронів, що мають стандартну енергію (70 еВ). Ці електрони розбивають молекулу речовини на заряджені іони, склад, заряд і кількість яких в стандартних умовах для кожної речовини є постійним. Графічне зображення кожної речовини після електронного удару у вигляді набору його фрагментів в координатах «молекулярна маса іона-кількість іонів» називається мас-спектром.

Для отримання допоміжної інформації (для уточнення ідентифікації) проводять хромато-ольфактометрію профілю компонентів ефірних олій. Для цього в процесі хроматографічного аналізу вихідний кінець хроматографічної колонки обнюхують. Послідовно вихідні компоненти ефірної олії оцінюються експертами якісно [16].

Метод вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) є аналітичним методом з використанням рідкої рухомої фази і колонки, що містить рідку нерухому фазу. Виявлення розділених з'єднань здійснюється за допомогою детекторів поглинання для органічних сполук і детекторів провідності або електрохімічних детекторів для металевих і неорганічних сполук [17].

Метод твердофазної мікроекстракції (ТФМЕ) — це гнучка методологія, яка вимагає порівняно невеликої підготовки зразків. В апараті використовується коротке волокно з кварцового скла з абсорбуючим покриттям, яке вміщено в захисну порожнисту голку, змонтовану на шприцеподібному пристрої. Волокно покрито тонким шаром абсорбенту або адсорбенту (наприклад, дивінілбензолу

або полідіметілсілоксаном, PDMS). Для відбору проб летких речовин волокно висувається з голки і піддається впливу летких речовин, присутніх над зразком в закритій бюксі. Як і при звичайному статичному хроматографічному аналізі газового середовища над продуктом, перш ніж волокно втягується назад в голку, зразок певний час витримують для досягнення рівноважного стану. Для проведення ГХ-аналізу волокно витягують з голки в інжекторному отворі. Після термодесорбції леткі речовини потрапляють на колонку газового хроматографа. Цей процес легко можна автоматизувати для роботи з газорідним хроматографом [19].

Сорбційна екстракція з магнітною мішалкою (SBSE) — відносно новий метод, який у більшості способів схожий на ТФМЕ; сорбційні матеріали є однаковими, але прикріплені до зануреного бруска замість висувного волокна. Як і ТФМЕ, SBSE широко застосовується для оцінки аромату терпену та дослідження аромату пива. Обидва методи дають точні та послідовні результати, якщо методологія оптимізована для ароматичної речовини, що цікавить. Наприклад, ТФМЕ аромату сухого охмелення, що складається в основному з терпенів, значною мірою приносить користь від додавання солі (як правило, NaCl або K_2CO_3) для підвищення леткості цих сполук [19].

Аналіз олії хмелю. Кількість олії в хмелі вимірюється аналітично, використовуючи стандартні методи, розроблені та затверджені Американським товариством хіміків пивоваріння (ASBC).

Спосіб «Хміль-13» передбачає гідродистиляцію хмелю, при цьому 100 грам хмелю додають до 3,0 л дистильованої води і кип'ятять протягом 3-4 годин [36]. За цей час компонент олії хмелепродукту випаровується, конденсується на холодній пастці (влівлювачі), а потім збирається в градуйований приймач. Кількість олії вимірюється як питомий об'єм рідини на 100 грам хмелю. Повідомляється про прийнятну варіативність цього способу $\pm 0,15 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ матеріалу хмелю. Якість олії хмелю оцінюють шляхом вимірювання олієвих компонентів у сипкій олії (від перегонки) за допомогою газової хроматографії,

поєднаної з детектуванням полум'я іонізації (ГХ-ПД). Спосіб включає розведення олії хмелю в гексані, приготованому 1% об /об внутрішнього стандартного розчину. Ця хроматографічна оцінка є стандартним методом ASBC, Хміль-1729. Практичність та умови способу «Хміль-13» є відповідними для вимірювання загального вмісту олії в хмелі. Проте несприятливі умови процесу дистиляції в поєднанні з тривалими періодами впливу високих температур вказують на те, що цей метод може бути не найбільш відповідним для композиційного аналізу хмелевої олії. Вплив сильного тепла протягом тривалого періоду часу, можливо, може призвести до артефактів або до руйнування сполук, які вже є у хмелевій олії. Майбутні проекти повинні бути зосереджені на вдосконаленнях для точної характеристики складу олії хмелю.

Аналіз розведення екстракту аромату (AEDA) широко використовується для скринінгу ароматично-активних речовин в газовій хроматографії-ольфактометрії (ГХ-О). Фахівці оцінюють зразки у порядку збільшення розведення, а вплив речовини, що має запах, визначається значенням коефіцієнта розведення (FD). Значення активності запаху (OAV) обчислюється як відношення між концентрацією у зразку та пороговою концентрацією цієї речовини і дає міру важливості конкретної сполуки для запаху зразка [18].

Виявлені сполуки були ідентифіковані мас-спектральним методом за допомогою програмного забезпечення Xcalibur, використовуючи спектральні бібліотеки "NIST98" та «Бібліотека аромату MS для Xcalibur» за допомогою еталонних мас-спектрів, та в книгах, що містять мас-спектральну інформацію.

2.3.9 Метод визначення органолептичних показників пива

Суть методу. Аромат хмелю визначають органолептично в добре провітреному, без сторонніх запахів, приміщенні.

Метод випробовування. Із середньої проби беруть жменю шишок хмелю та визначають специфічний хмельовий аромат.

Перш за все визначають сторонні запахи — димний, запах плісняви, часниковий, валеріановий та інші, не властиві хмелеві.

Якщо немає сторонніх запахів, натирають шишкою долоню.

Для підсилення аромату шишку розривають на дві половини, труть їх одна об одну і органо-лептично визначають аромат та його інтенсивність.

2.3.10 Підготовка зразків для досліджень

В експериментальних дослідженнях застосовують як зразки сусла та пива, так і модельний розчин. Застосування спирту як основного розчинника дає змогу детальніше вивчити процеси перетворення компонентів хмелю у процесі виробництва пива.

Приготування модельного розчину. Відфільтровану воду дегазували кип'ятінням та охолоджували. Воду (94%) змішували з етанолом (6%). Розчин буферували при рН 4,2 цитратом натрію/лимонною кислотою (0,0116 М). Розчин диспергували аліквотами у 18 дм³ у модифіковані бочки Корнеліуса і охолоджували до 1°C перед сухим охмеленням [45].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗНИХ СОРТІВ ХМЕЛЮ І ПРОДУКТІВ ЇХ ПЕРЕРОБКИ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПИВА (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)

Мета наших досліджень є оцінка ресурсного потенціалу асортименту хмелю за комплексом господарських, товарознавчих і технологічних ознак та визначення конкурентоспроможних сортів на внутрішньому і міжнародному ринку. Для цього необхідно узагальнити світові наукові дослідження і дані науково-дослідних установ щодо господарських та товарознавчих показників районованих сортів хмелю, розробити рангову шкалу показників хмелю різних типів та груп стиглості, а також встановити методичні підходи визначення їхньої конкурентоспроможності.

3.1 Дослідження ресурсного потенціалу виробництва хмелю і хмелепродуктів у світі

Пивоварні підприємства світу використовують хмелепродукти у вигляді сухих шишок, гранул, порошків та екстрактів із гірких і ароматичних сортів хмелю. Основними країнами світу, де вирощують хміль і виробляють хмелепродукти є Німеччина і США, за ними слідує Чехія, Китай, Польща причому переважна кількість хмелю це ароматичні сорти. Україна не є великим виробником, проте за останні роки виробляє біля 670 тон хмелю на рік.

Врожайність, якість і збереженість корисних речовин продукції до використання її споживачем у значній мірі визначається властивостями сорту. Виходячи з того, що хміль є найбільш специфічною, незамінною і найдорожчою сировиною для виробництва пива, високоякісну продукцію можна одержати лише за умови використання сортів хмелю з відповідними особливостями їх біохімічного складу. Нині перевагу віддають сортам, які можуть забезпечити швидке отримання прибутку, високу рентабельність та користуються попитом на міжнародному ринку. Конкурентоспроможний

сорт хмелю повинен давати стабільний врожай не менше 2,0–2,5 т/га, містити 7–18% α -кислоти, необхідне співвідношення α - і β – кислот, мати збалансований вміст ароматичних речовин в ефірній олії та корисних для пивоваріння поліфенольних речовин.

Аналіз врожайності хмелю в різних країнах показав, що вони значно різняться (Табл. 3.1)

Таблиця 3.1 — Середня урожайність сортів хмелю у різних країнах світу, т/га

Сорти хмелю	Німеччина	США	Чехія	Китай	Польща	Україна
Ароматичні	1,72	1,71	0,99	2,63	1,16	2,06
Гіркі	1,76	-	-	2,60	0,96	-
З високим вмістом α -кислот	2,41	2,41	1,21	2,35	1,47	2,22
В середньому	1,96	2,06	1,10	2,53	1,97	2,14

Найбільша середня урожайність сортів хмелю спостерігається у Китаї -2,53 т/га , а найменша у Чехії-1,1 т/га Ароматичні сорти хмелю дають меншу урожайність в середньому на 35%.

Тепер у світі нараховується більше 100 культурних сортів хмелю, що виведені майстрами-селекціонерами. . З них близько вісімдесяти успішні в комерційному пивоварінні Вони істотно відрізняються за вмістом господарсько цінних та інших біологічно активних речовин, а також співвідношенням компонентів у складі цих груп речовин.

Дослідження показали (рис.3.1), що станом на 2018 рік найбільшим виробником хмелю є США- 45%, на другому місці Німеччина -35%, на третьому місці Китай і Чехія – по 6%, потім Польща - 3%, Словенія і Англія – 2%, а Франція, Австрія, Нова Зеландія і Африка по 1%. Решта країн світу, в тому числі і Україна, виробляють 4% хмелепродуктів.

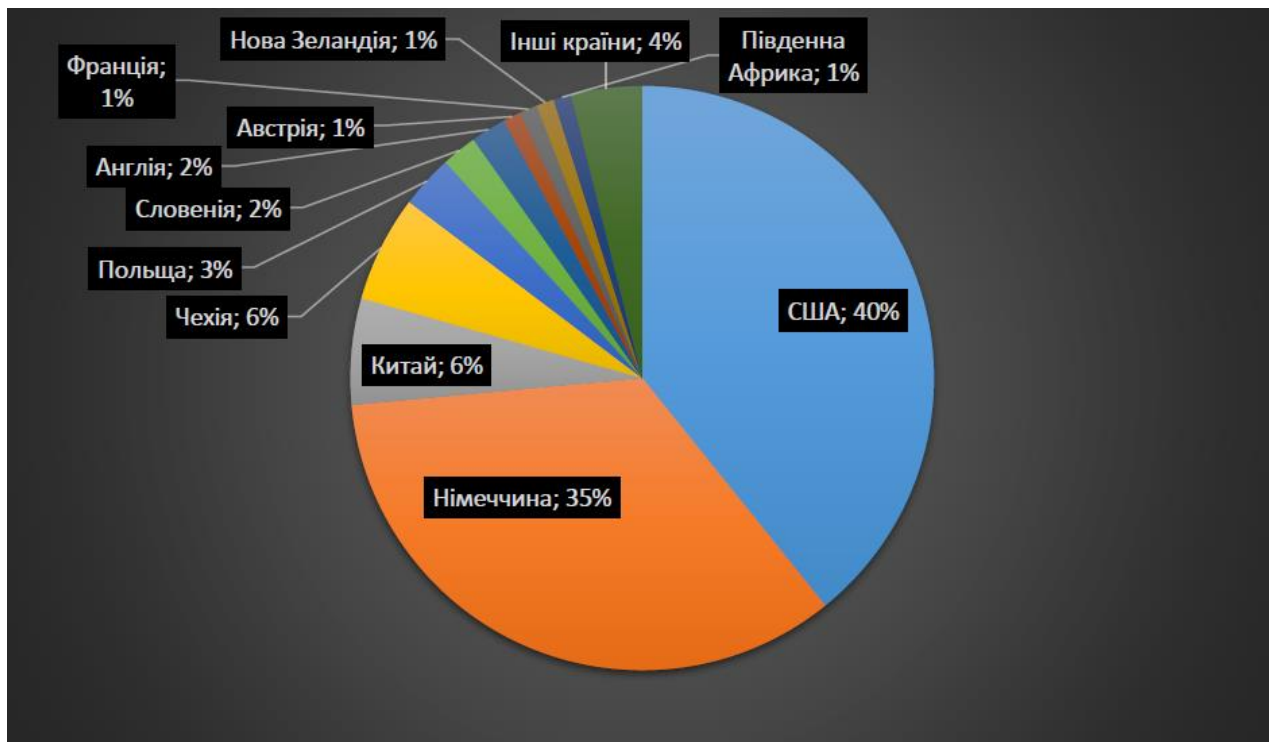


Рис.3.1- Структура виробництва хмелю у світі

3.2 Дослідження впливу гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його властивості і призначення в пивоварінні

Найширшу сортову палітру в світі мають США та Німеччина. Американська селекція нараховує 55 сортів хмелю, німецька — 27. В обох країнах кількість та різноманітність сортів, за останні роки, різко збільшилася. Це пов'язано з тим, що пивоварні заводи при закупівлі сировини, в основному, зорієнтовані не лише на ціну, а й на якість, відповідно, на спектр ароматів[1]. Закордонні виробники хмелю прагнуть скоротити кількість сортів з високим вмістом α -кислот, натомість збільшити площу хмеленасаджень на користь ароматичних та смакових сортів. До ароматичних сортів, які вирощують в США належать: Кластер, Перле, Тетнанг таін., з високим вмістом α -кислот — Аполло, Наггет, Галена, Мілленіум та ін. В Німеччині перевагу надають серед ароматичних сортів: Перле, Халлертау, Традиціон, Тетнангер Херсбрукер, Шпальт Селект, Сапфір. Серед гірких — Нортен Бревер, з високим вмістом α -кислот —

Халлертау, Магнум, Геркулес, Наггет, Халлертау, Таурус та ін. З ароматичних сортів, яким надають перевагу в Чехії, вирощують: Жатецький, Заац, Сладек, Преміант, з високим умістом α -кислот — Агнус. В Польщі найбільш поширені ароматичні сорти: Люблінський, Перле, Халлертау Традиціон, серед гірких сортів — Магнум.

В Україні більшість пивоварних компаній з іноземним капіталом у своїх технологіях використовують різні продукти переробки хмелю закордонного виробництва, зокрема гранули тип-90. Тому нині актуальним є дослідити показники якості та встановити особливості використання іноземних сортів хмелю і продукції з них хмелю та визначити їх вплив на якість пива. Проведені дослідження із визначення якісних показників гранул хмелю тип 90, виготовлених із закордонних сортів та смакових якостей пива, виготовлених із них, дає можливість обґрунтувати пивоварну цінність сучасних продуктів переробки хмелю Біохімічну характеристику гранул хмелю наведено в табл. 3.2. Гранули, виготовлені із сортів хмелю закордонної селекції, були представлені і досліджені[8]. сортами ароматичних типів: Херсбрукер, Жатецький, Шпальт Селект, Традиціон, Люблінський та гірких типів: Магнум, Геркулес. Одним із найпопулярніших і відомих сортів хмелю є чеський сорт Жатецький. Цей сорт відрізняється своїми ароматичними властивостями, має квіткові та фруктові нотки. У порівнянні з іншими сортами він містить досить невелику кількість α -кислот від 3 до 5%, має збалансоване співвідношенням α - і β -кислот, що надає пиву тонкий смак і аромат хмелю Херсбрукер — традиційний ароматичний сорт німецької селекції, що має дуже тонкий і приємний хмельовий аромат [9]. Має легкий, трав'янистий і квітковий аромат, з фруктовим присмаком. Вміст α -кислот до 4%. Німецький сорт «Традиціон» має більш високий вміст α -кислоти від 4,6% до 7,0%. Хміль містить достатню кількість гумуленової олії, яка сприяє отриманню земляних і трав'яних ароматів, в яких переважають солодкі тони нектарного, фруктів, включаючи родзинки [9].

Таблиця 3.2 — Характеристика іноземних сортів хмелю [1]

Сорт хмелю	Гіркі речовини				Хмелева олія			
	Вміст α -ислот, %	Вміст β -кислот, %	α/β – відношення	Вміст когумулону, %	Вміст загальної олії, $\text{cm}^3/100 \text{ г}$	Вміст α -гумулену, %	Вміст β -каріофілену, %	Вміст фарнезену, %
Гіркі сорти хмелю								
Магнум	11,0...16,0	5...7,0	2,3	21,0...29,0	1,6 ... 2,6	30...45,0	8...13,0	<1,0
Нортен Бреввер	7,0...10,0	3,5...5,0	2,0	27...33,0	1,6...2,1	35...50	10...20,0	<1,0
Бревверс Голд	5,0...9,0	2,5...3,5	2,2	40,0...48,0	1,8...2,2	29,0...31,0	37,0...40,0	<1,0
Ароматичні сорти хмелю								
Жатецький	2,0...5,0	7,0...8,0	0,3	23,0...28,0	0,4...1,0	19,0	6,0	15,0
Вілламет	4,6...6,0	3,6...4,2	1,4	29,0...32,0	0,6...1,6	31,0...35,0	12,0...14,0	7,0...10,0
Халлертау Міттелфрю	3,0...5,5	3...5,0	1,0	18...28	0,7...1,3	~55,1	~14,6	<1,0
Халлертау Трад.	5,0...7,0	4...5,0	1,4	26...29,0	1...1,4	35...50,0	10...15	<1,0
Халлертау Блан	9,0...12,0	4,5...5,5		22,0...26,0	1,2...1,5	0...3,0	0...2,0	<1,0
Шпальтер	2,5...5,5	3,0...5,0	1,0	22...29	0,5...0,9	20...30	8...13	12...18,0
Шпальтер Селект	3,0...6,0	2,5...5,0	1,2	21...27,0	0,6...0,9	10...22,0	4...10,0	15...22,0
Сорти подвійного призначення								
Наггет	9,5...14,0	4,2...5,8	2,3	22...30,0	1,2	12...22,0	7...10,0	0...1,0
Таргет	8,5...13,5	4,0...5,7	2,2	~37,0	1,2...1,8	~17%	~10%	<1,0
Амарилло	8,1...10,5	5,5...7,3	1,5	20...22,0	1,0...2,3	19...24,0	7...10,0	6...9,0
Каскад	4,5...7,0	4,5...7,0	1,0	33,0...40,0	0,7...1,5	8,0...16,0	3,5...5,5	4,0...8,0
Поляріс	18,0...23,0	4,5...6,0	3,5	22,0...29,0	4,0...5,0	20,0...35,0	8,0...13,0	<1,0
Перле	5,9...8,0	3,1...3,6	2,0	28...31,0	0,7...0,9	28...34,0	12...16,0	<1,0

Магнум — це хміль, який дає гіркоту чисто німецьким смаковим і ароматичним профілем, відмінно підходить для гіркоти пива будь-якого стилю. Має високий вміст α -кислот (12...15%). Це один з найбільш популярних сортів хмелю для надання гіркоти пиву в Німеччині. Люблінський є сортом польської селекції. Має класичний благородний хмільний аромат, вміст α -кислот 3,0... 4,5%, β -кислот 2,3...3,8%. Вважається аналогом Жатецького типу хмелю. Шпальт Селект — класичний німецький хміль ароматичного типу, якому притаманні як витончена гіркота, так і багатий аромат: м'який запах, трохи квітковий і слабо-пряний [10]. Кількісний вміст α -кислот 4...6%. Геркулес — хміль з високим вмістом α -кислот і вираженим пряно-хмельовим ароматом. Це класичний німецький хміль, якому притаманна груба гіркота. Вміст α -кислот 12,0...17,0%.

Порівнюючи характеристики гірких і ароматичних сортів хмелепродуктів можна помітити, що у гірких сортах міст α -кислот від 8,0 до 17,0%, а у ароматичних до 8%. Співвідношення альфа/бета кислот гірких сортів не менше 2. Вважається, що такі сорти будуть надавати пиву більш тонку гіркоту і стійкішу в часі. Іншою властивістю є те, що вміст *фарнезену* у гірких сортах менше 1%. Особливістю β -*фарнезену* є те що в нативаному стані він летка речовина, хімічно активна, має приємний аромат, але під дією температури деградується, трансформується в інші речовини і в готовому пиві утворює неприємну гіркоту і ромат. *Гумулен* і *каріофілен* бажані компоненти, надають пиву м'який аромат і поноту смаку але вони при кип'ятінні випаровуються і їх кількість у пиві незначна. Для усіх сортів хмелю важливим є, щоб вміст *когумулону*, який має неприємну гіркоту був не більше 25% чого не завжди удається досягти, тому, що у багатьох сортах його вміст сягає до 40%, а то і більше, як наприклад у гіркового сорту «Бреверс Голд»

Порівнюючи характеристики сорти хмелю подвійного призначення з розглянутими раніше гіркими і ароматичними сортами хмелепродуктів

можна відзначити, що у них гірких сортах міст α -кислот від 7,0 до 14,0%, (проміжна кількість між гіркими і ароматичними сортами). Співвідношення альфа/бета кислот сортів *подвійного призначення* високе (не менше 2), тобто вони як і гіркі сорти будуть надавати пиву більш тонку гіркоту і стійкішу в часі. Вміст *фарнезену* у більшості сортів як і гірких сортах менше 1%. (Особливістю β -*фарнезену* є те що в нативному стані він летка речовина, хімічно активна, має приємний аромат, але під дією температури деградується, трансформується в інші речовини і в готовому пиві утворює неприємну гіркоту і ромат). Вміст *гумулену і каріофілену*, які є бажані компоненти, (надають пиву м'який аромат і поноту смаку але вони при кип'ятінні випаровуються) більший ніж у ароматичних сортів, що є позитивним. Віст *когумулоу*, який має неприємну гіркоту (повинен бути не більше 25%) чого не завжди вдається досягти, тому, що у багатьох сортах його вміст може інколи сягати високих значень (наприклад Каскад до 40%).

Таки чином можна зробити висновок, що важливе значення у формуванні смаку і аромату пива мають як гіркі ізо- α та ізо- β -кислоти, так і ароматичні речовини хмелю, що містяться в ефірній олії хмелю. При різних режимах охмелення ці речовини піддаються різним змінам.

3.3 Дослідження впливу вмісту важливих для пивоваріння компонентів в хмелі на тип пива і технологію його охмелення

У формуванні смаку і аромату пива мають значення, як гіркі ізо-альфа- та ізо-бета-кислоти, так і ароматичні речовини хмелю, що містяться в ефірній олії хмелю. З погляду на це важливо знати які функції належать хмелю утому чи іншому сорті пиві, для яких типів пива їх використовують і за якою технологією необхідно проводити охмелення пива

Для встановлення цих закономірностей наступним етапом досліджень було проведення моніторингу обраних для аналізу сортів хмелю за критеріями ароматний профіль, типом пива в якому він застосовується і функціями в пиві, та напрямом застосування в технології пива на різних стадіях його виробництва, тобто під час кип'ятіння сусла, чи пізнього, чи

сухого охмелення. Узагальнені результати досліджень представлені в табл .3.3.

Таблиця 3.3 — Функції хмелю і застосування його у технології охмелення пива

Сорт хмелю	Ароматний профіль	Тип пива	Функції хмелю і напрям застосування його у технології охмелення пива
Гіркі сорти хмелю			
Магнум (Німеччина)	Яблуко, перець	Індійський пейл-ель, лагер, стаут пілзнер	У якості базової гіркоти в багатьох рецептах і стилях пива в усьому світі при кип'ятінні
Нортен Бревер (Німеччина)	М'ятний, трав'яний, сосновий	Англійський біттер, англійський пейл-ель, портер	Має подвійне призначення під час кип'ятіння - для гіркоти та аромату
Брверс Голд (США)	Чорна смо-родина, спеції	Англійський ель, британський ель, німецький ель	Як гіркий хміль широко використовується в легких елях і лагері. Надає смак і аромат спецій <u>при кип'ятінні</u> .
Ароматичні сорти хмелю			
Жатецький (Чехія)	Благородний, м'який	Лагер, пілзнер, бельгійський ель, пшеничне пиво	Має збалансований склад ефірної олії високий вміст <i>фарнезену</i> та поліфенолів які зменшують окиснення і старіння пива. Використовується під час кип'ятіння і сухого охмелення пива
Вілламет (США)	Квітковий, ладан, бузина	пейл-ель, коричневий ель, лагер, стаут, портер	Він може посприяти легкій гіркуватості пива, але головними все ж залишаються його ароматичні та смакові якості.
Халлертау Традиційний (США)	Благородний	Пілзнер, лагер, бок	За ароматичними якостями сформовано стилі німецького пива баварського регіону. Використовується на всіх етапах варки. Найефективніший в кінці кип'ятіння або сухого охмелення
Халлертау Блан (Німеччина)	Маракуйя, ананас, виноград, грейпфрут, лемонграс	індійський пейл-ель, пейл-ель	Містить велику кількість <i>мірцену</i> (65-75%), який термонестабільний, значно випаровується під час кип'ятіння та бродиння, тому доцільно використовувати для пізнього або сухого охмелення
Шпальт (Німеччина)	Благородний	Лагер, бок, альтбір, пілзнер	Має низький вміст когумулону. Підійде і під час кип'ятіння і для сухого охмелення пива.
Шпальт Селект (Німеччина)	Пряний, трав'яний	Німецький ель, лагер	Містить мало α -кислоти і є ароматичним. Використовується і під час кип'ятіння і сухого охмелення пива.

Закінчення таблиці 3.3

Сорти подвійного призначення			
Наггет (США)	Деревний, трав'яний, імбирний	Лагер, пілзнер, пейл-ель, біттер	Забезпечує гіркоту в багатьох стилях пива, Використовується для пива з трав'яним ароматом, тому, що містить мало когумулону і багато <i>мірцену</i> , які забезпечують деревний тон пива
Таргет (Велика Британія)	Шалфей, перець, мандарин, мармелад	Англійський ель, лагер, коричневий еот, стаут	Широко використовується через велику гіркоту і ароматичні якості під час кип'ятіння для підсиленої гіркоти і аромату пива.
Амарілло (США)	Грейпфрут, апельсин, лимон, пер- сик, абри-кос, диня	Американський ель, індійський пейл-ель, англійський ель, пшеничне пиво	Має відмінні квіткові, тропічні і цитрусові аромати, підвищений вміст α -кислот, які надають гіркоту. Використовують під час кип'ятіння і для сухого охмелення пива.
Каскад (США)	Грейпфрут, сосна, квітковий	американський ель, індійський пейл-ель	Аромат порівнюють з цитрусовим або грейпфрутовим, що пов'язано з високим вмістом <i>мірцену</i> . Містить багато <i>фарнезену</i> , який з хмелю виділяють, як ароматизатор
Поляріс (Німеччина)	М'ята, ментол, ананас	індійський пейл- ель, стаут	Висока якість гіркоти в пиві, і посилений ароматичний профіль. Завдяки фруктовому аромату, можна використати для сухого охмелення.
Перле (Німеччина)	М'ята, чай, перець	Пілзнер, лагер, пшеничне	Дуже комерційно популярний. Має пряний, приємний і помірний аромат в пиві.

З наведених даних видно, що гіркі сорти і виконують функції надання пиву гіркоти і характеризують ароматичні властивостей певного типів пива ,

Так Магнум і Нортен Бревер використовують у якості базової гіркоти в багатьох рецептах і стилях пива в усьому світі при кип'ятінні для пива низового і верхового бродіння, а Брверс Голд для *ель пива*, тобто верхового бродіння

Ароматичні сорти хмелю Жатецький , Вілламет, Халлертау Блан і Шпальт Селект, які мають збалансований склад ефірної олії, підвищений вміст *фарнезену* і *мірцену* та формують благородний, м'який аромат,

застосовують для пива верхового і низового бродіння. Їх використовують переважно за технологією пізнього і сухого охмелення. Натомість німецький сорт Халлертау Блан застосовують лише для пива верхового бродіння в технології пізнього і сухого охмелення

Аналогічну картину можна спостерігати і при аналізі характеристик хмелю подвійного призначення за вмістом гірких речовин : Поляріс (Німеччина), Перле (Німеччина), Таргет (Велика Британія) і Наггет(США) , Вони мають широкий спектр ароматів (м'яти, чаю, перцю, шалфею і таке інше) застосовують для сортів пива низового і верхового бродіння в технології раннього, пізнього і сухого охмелення. Натомість поширені у пивоварінні американські сорти хмелю Амарілло(США) і Каскад(США) використовують у рецептурах пива верхового бродіння на усіх технологічних стадіях охмелення пива.

3.4 Висновки

1. Основними країнами світу, де вирощують хміль і виробляють хмелепродукти є Німеччина і США, за ними слідує Чехія , Китай, Польща причому переважна кількість хмелю це ароматичні сорти.

2. Україна не є великим виробником, проте за останні роки виробляє біля 670 тон хмелю на рік.

3. В Україні більшість пивоварних компаній з іноземним капіталом у своїх технологіях використовують різні продукти переробки хмелю закордонного виробництва, зокрема гранули тип-90.

4. Конкурентоспроможний сорт гіркового хмелю повинен давати стабільний врожай не менше 2,0...2,5 т/га, містити 7...18% α -кислоти, необхідне співвідношення α - і β – кислот Вважається, що такі сорти будуть надавати пиву більш тонку гіркоту і стійкішу в часі.

5. У ароматичних сортах хмелю вміст α -кислоти до 6%. Співвідношення альфа/бета кислот повинні бути менше 2, мати збалансований вміст ароматичних речовин в ефірній олії та корисних для пивоваріння поліфенольних речовин.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В технології сухого охмелення важливе значення має вид хмелепродукту і спосіб охмелення. Тому для встановлення оптимальної тривалості сухого охмелення при статичному способі охмелення використовували залежність концентрації мірцену в пиві при екстрагуванні шишок хмелю сорту Каскад (рис.1.5), яка має нелінійну залежність.

Внаслідок отриманих результатів визначено такі параметри:

X – час екстрагування, хв.;

Нелінійна залежність, яка описує динаміку концентрації мірцену у пиві залежно від тривалості екстрагування під час сухого охмелення описується таким рівнянням:

$$\bar{y}_x = ax^2 + bx + c ,$$

де \bar{y}_x – концентрація мірцену, г/гЛ;

x – час, хв.;

1. Для визначення параметрів рівняння регресії a, b, c складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \sum y = a \sum x^2 + b \sum x + cn ; \\ \sum yx = a \sum x^3 + b \sum x^2 + c \sum x ; \\ \sum yx^2 = a \sum x^4 + b \sum x^3 + c \sum x^2 ; \end{cases}$$

2. Побудова матриці планування експерименту:

n	x	y	X ²	X ³	X ⁴	yx	yx ²
1	0	0,047					
2	2	0,075	4	8	16	0,15	0,3
3	4	0,09	16	64	256	0,36	1,44
4	6	0,09	36	216	1296	0,54	3,24
5	8	0,09	64	512	4096	0,72	5,76
6	10	0,09	100	1000	10000	0,9	9
7	12	0,085	144	1728	20736	1,02	12,24
8	14	0,085	196	2744	38416	1,19	16,66
9	16	0,085	256	4096	65536	1,36	21,76

10	18	0,085	324	5832	104976	1,53	27,54
11	20	0,085	400	8000	160000	1,7	34
12	22	0,082	484	10648	234256	1,804	39,688
13	24	0,08	576	13824	331776	1,92	46,08
Сумма	156	1,069	2600	48672	971360	13,194	217,708

3. Підставимо отриманні значення в систему рівнянь:

$$\begin{cases} 1,069 = a * 2600 + b * 156 + c * 13 ; \\ 13,194 = a * 48672 + b * 2600 + c * 156 ; \\ 217,708 = a * 971360 + b * 48672 + c * 2600 ; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,0822 = a * 200 + b * 12 + c ; (1) \\ 0,0846 = a * 312 + b * 16,67 + c ; (2) \\ 0,0837 = a * 373,6 + b * 18,72 + c ; (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,0024 = a * 112 + b * 4,67 ; (4) \\ -0,0009 = a * 61,6 + b * 2,05 ; (5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,0005 = a * 23,98 + b ; (6) \\ -0,0004 = a * 30,049 + b ; (7) \end{cases}$$

$$0,0009 = a * (-6,07)$$

$$\text{Звідси } a = -0,00015$$

$$0,0005 = -0,00015 * 23,98 + b$$

$$b = 0,0042$$

$$1,069 = -0,00015 * 2600 + 0,0042 * 156 + c * 13$$

$$c = 0,0628$$

Робимо перевірку обчислення коефіцієнтів регресії :

$$\bar{y} = a\bar{x}^2 + b\bar{x} + c ;$$

$$\text{де } \bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{1,069}{13} = 0,08;$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{156}{13} = 12 ;$$

$$\bar{x}^2 = \frac{\sum x^2}{n} = \frac{2600}{13} = 200;$$

$$0,08 = -0,00015 * 200 + 0,0042 * 12 + 0,0628 = 0,08$$

4. Рівняння регресії має вигляд:

$$\bar{y}_x = -0,00015 * x^2 + 0,0042 * x + 0,0628$$

5. РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У роботі соціально-економічний ефект полягає у тому, що спосіб сухого охмелення дозволяє передати характерний даному сорту хмелю аромат. Відсутність термічного впливу на компоненти хмелю підвищує фізіологічну цінність пива. Гіркота, ефірна олія і поліфеноли, що містяться в хмелі, мають позитивний вплив на організм людини. Шишки хмелю є лікарською сировиною і використовуються у фармакології для виробництва лікарських засобів. Особливо цінною з лікувальної точки зору є ефірна олія:

- шишки хмелю мають заспокійливу дію, тому їх додають в різні трав'янисті збори від безсоння;

- настій хмелю застосовується для збудження апетиту, поліпшення травлення, при підвищеній збудливості нервової системи, запальних захворюваннях сечовивідних шляхів, нирок, печінки, жовчного міхура;

- відвар з хмелю застосовується для полоскань при цинзі і втраті голосу;

- хміль - джерело антиоксидантів, є потужним засобом проти раку, адже містить антиканцерогенну речовину — ксантогумол. Ксантогумол також захищає клітини мозку від руйнувань і здатний зупинити наступ хвороби Альцгеймера. Антиоксидант ксантогумол, з'єднання, що зустрічається тільки в хмелі, тому хміль - більш ефективний засіб проти раку, ніж червоне вино, зелений чай або соєві продукти. Сорти України мають підвищений вміст ксантогумолу.

Під час сухого охмелення витрати хмелю збільшуються у порівнянні з традиційним охмеленням. У той же час після закінчення процесу екстрагування відпрацьований хмелепродукт все ще містить деякі смако-ароматичні та гіркі речовини, і його можна повторно використати при кип'ятінні.

Таким чином витрати на реалізацію сухого охмелення пива можливо знизити за рахунок повторного використання хмелепродукту при традиційному охмеленні. Натомість запропонований спосіб охмелення дозволить значно розширити асортимент продукції.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Законодавство України «Про охорону праці» із змінами 21.11.2002 №229-IV поширюється на всі організації, підприємства та установи, незалежно від форми власності. Закон передбачає, що при укладанні трудового договору працівник має бути проінформований під розписку про умови праці, наявність на робочому місці, де він буде працювати, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, та можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівника та його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах. Працівник має право відмовитись від дорученої роботи, якщо створилась виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я [3].

В кожній хімічній лабораторії забезпечуються організаційні заходи щодо пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 року № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 4 листопада 2004 року за № 1410/10009 (далі - НАПБ А.01.001-2004).

Загальні правила безпечної роботи в лабораторії. При виконанні аналізів в лабораторії використовують реактиви, серед яких є токсичні, вогне- та вибухонебезпечні. Працівники лабораторії допускаються до роботи тільки після ознайомлення їх з правилами техніки безпеки, знання яких перевіряє завідуючий лабораторією. Через кожні три місяці проводиться повторний інструктаж, що фіксується у спеціальному журналі.

В хімічній лабораторії дозволяється працювати тільки при наявності працюючої приточно-витяжної вентиляції, обладнаних витяжних шаф, спецодягу, засобів індивідуального захисту, пожежогасіння і аптечки першої допомоги [5].

В хімічній лабораторії забороняється пити воду і приймати їжу.

Після закінчення роботи необхідно привести в належний стан своє робоче місце, помити та прибрати посуд, поставити на місце хімічні реактиви, виключити електроприлади, воду, газ, стиснене повітря та освітлення.

Правила роботи з їдкими і токсичними речовинами. Щоб запобігти нещасним випадкам при роботі з хімічними реактивами необхідно керуватися такими правилами:

- 1) токсичні рідини забороняється набирати в піпетку ротом. В цьому випадку треба використовувати гумову грушу;
- 2) заборонено приливати концентровані кислоти до концентрованих лугів (або навпаки), їх треба розводити водою до проведення нейтралізації;
- 3) при розведенні розчинів гідроксидів лужних металів треба приливати їх тонким струменем в холодну воду при одночасному перемішуванні;
- 4) для приготування розчинів лугу необхідно його попередньо дрібно подрібнити, щоб не розбити посуд великими шматками. Подрібнювати луг необхідно на чистому металевому листі в захисних окулярах, щільно застебнутому халаті і в гумових рукавичках. Часточки лугу беруть порцеляновим або металевим шпателем;
- 5) нагрівання пробірок та іншого скляного посуду потрібно здійснювати поступово, направляючи їх отворами від працюючого;
- 6) не можна змішувати киплячі розчини або додавати в них сухі реагенти на нагрівальних приладах;
- 7) всі процеси, пов'язані з виділенням токсичних газів, пари та диму, проводять у витяжній шафі;
- 8) використані розчини, які містять в собі токсичні речовини, виливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину старанно миють.

Зберігання легкозаймистих рідин в загальній робочій кімнаті не допускається. Для їх зберігання повинні бути виділені спеціальні приміщення, які знаходяться поза лабораторією і обладнані витяжками.

Легкозаймисті горючі рідини (спирт, ефір, бензол, газ, піридинові основи та інші) зберігають 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 металевих шафах, дно і стінки яких вимощені азбестом. Всі роботи з легкозаймистими речовинами або горючими рідинами треба проводити у витяжній шафі при працюючій вентиляції.

Перегонку і нагрівання низькокиплячих вогнебезпечних речовин необхідно проводити в круглодонних колбах з тугоплавкого скла і на водяних або олійних банях.

Посуд, в якому зберігались або проводились роботи з горючими рідинами, має бути одразу ж промитим.

Переливати кислоти та луги з великих бутилів у мілку тару дозволяється тільки за допомогою сифону або ручного насосу.

Перша допомога при опіках та порізах. При опіках водяною парою, гарячими предметами або відкритим полум'ям пошкоджене місце змазують етиловим спиртом або 3-10% розчином перманганату калію і накладають стерильну пов'язку.

При попаданні гарячої олії на шкіру, обпечене місце обробляють бензином, далі змазують маззю від опіків. При опіках бромом шкіру промивають водою і змащують вазеліном або обробляють концентрованим розчином тіосульфату натрію і водою.

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

При попаданні хімічних речовин в очі їх промивають водою і 3% розчином гідрокарбонату натрію (при попаданні кислоти) або насиченим розчином борної кислоти (при попаданні лугу).

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

У випадку порізів склом слід переконатися у відсутності залишків скла в рані, а далі її змастити йодом. Рекомендується промити рану водою, присипати стрептоцидом і перев'язати. При сильній кровотечі рану обробляють 3% розчином перекису водню і перев'язують.

Висновки

1. Лабораторія повинна бути оснащена засобами індивідуального захисту.
2. При проведенні досліджень важливо дотримуватися встановлених правил, оскільки необережне поводження з токсичними речовинами може призвести до серйозної шкоди людському організму.

3. У разі отримання травми або кровотечі необхідно вміти вчасно надати першу допомогу.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільний захист — це державна система органів управління, сил і засобів, для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Система цивільного захисту суб'єкта господарської діяльності будується на основі Закону України "Про цивільну оборону України", "Положення про цивільну оборону України" та інших нормативно-правових актів з метою захисту робітників, службовців і населення, яке мешкає у відомчому житловому фонді або попадає у зону ураження від об'єкта, від НС техногенного, природного та соціально-політичного характеру, яка включає органи управління, сили і засоби, що створюються для організації та забезпечення захисту робітників, службовців та населення, попередження і ліквідації наслідків НС, та організовується за територіально-виробничим принципом. На підприємствах харчової промисловості використовують небезпечні речовини – найбільш токсичних для людей [2].

Небезпечні речовини – це такі речовини, або сполуки, які при певній кількості, що перебільшує гранично допустимі величини концентрації (щільності зараження) проявляють шкідливу дію на людей, тварин і рослин, викликають у них ураження різного ступеня важкості.

Об'єкти, на яких використовують небезпечні речовини є потенціальними джерелами технологічної небезпеки – це хімічно небезпечні об'єкти (ХНО). Велика небезпека тим більша, чим вище ступінь токсичності небезпечних речовини.

Для зменшення ймовірності ураження людей такими небезпечними речовинами в технологічному процесі та у випадку аварії необхідно чітко визначити і знати фізико-хімічні і токсичні характеристики, їх вплив на людей, наслідки, що виникають та захист від них, тому розробляють аварійні картки для використання небезпечних речовин, для кожної отруйної речовини окремо і прикріплюють в місцях використання.

Вимоги керівних документів до змісту аварійних карток. Аварійні картки небезпечних речовин прикріплюються на місцях використання отруйних речовин. Кожна речовина має свій власний номер.

Аварійна картка складається з декількох частин:

- ✓ основні властивості і види небезпеки;
- ✓ засоби індивідуального захисту;
- ✓ необхідні дії;
- ✓ заходи першої допомоги.

«Основні властивості і види небезпеки» включає в себе декілька підрозділів. *Основні властивості.* Тут дається коротка характеристика і вказуються основні фізико-хімічні властивості, а саме: що являє собою описана речовина, взаємодія даної речовини з іншими компонентами процесу, з водою, спалахоздатність і горіння.

Пожежо і вибухонебезпека. Здатність речовини до спалаху, загорання при взаємодії з іншими сполуками, наслідки, до яких це призводить. Вплив на навколишнє середовище і небезпека для населення.

Небезпека для людини. Описується вплив небезпечних речовин на організм людини в цілому, на окремі органи, на самопочуття і наслідки, які виникають при отруєнні або пошкодженні.

В розділі «Засоби індивідуального захисту» перераховуються засоби безпеки, тобто засоби, які захищають від тої чи іншої небезпечної речовини: протигази, захисні костюми, тощо.

Необхідні дії загального характеру: описуються дії для безпеки працівників в разі загрози отруєння, аварії або несправності. Це перелік інструкцій, яких необхідно дотримуватись в разі небезпечної ситуації.

При викиді і розливі: описуються дії в разі аварії на підприємстві. Цей пункт слугує для самостійного знезараження приміщення, в якому трапилась аварія, для безпечної евакуації і допомоги працівників.

При пожежі: описуються дії в разі спалаху. Як саме можна тушити дану речовину, засоби і інструкції.

При загоранні: описуються дії при загоранні отруйної речовини: правила безпеки під час аварії.

АВАРІЙНА КАРТКА № 1

НЕБЕЗПЕЧНА РЕЧОВИНА		
Н	Найменування вантажу	Ступінь токсичності
013	Вуглекислий газ	4
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИДИ НЕБЕЗПЕКИ		
Основні властивості	<p>Безкольоровий газ. Важче за повітря (крім гелію). Не розчиняється в воді.</p> <p>Перевозиться в стиснутому, скрапленому (під тиском) або рідкому (охолодженому) стані.</p> <p>При виході в атмосферу парить. Скупчується в низьких ділянках поверхні, підвалах, тунелях.</p>	
Пожежна і вибухова небезпека	Не горючий. Ємності можуть вибухати при нагріванні.	
Небезпека для людини	<p>Не представляє небезпеки на відкритому повітрі.</p> <p>При великих концентраціях викликає кисневий голод.</p> <p>В приміщеннях викликає удушення.</p> <p>Зіткнення з рідиною викликає обмороження.</p> <p>Збудження, сонливість, розлад координації руху, сплутаність пам'яті.</p>	
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ		
Ізолюючий протигаз. Захисний костюм типу Тн.		
НЕОБХІДНІ ДІЇ		
Загальног о характеру	<p>Вивести із небезпечної зони сторонніх.</p> <p>Триматися навітряної сторони. Обминати низькі місця.</p> <p>Ізолювати небезпечну зону і не допускати сторонніх.</p> <p>В зону аварії входити тільки в захисному костюмі і ізолюючом протигазі.</p> <p>Потерпілим надати першу долікарську допомогу.</p>	
При викиді і розливу	<p>Не торкатися розлитої речовини.</p> <p>При наявності спеціалістів ліквідувати течію, або перекачати справну ємність.</p> <p>При інтенсивному витіканню дати газу повністю вийти.</p> <p>Ізолювати район, до тих пір поки газ не розсіється.</p>	
При пожежі	<p>Вивести із зони пожежі, якщо це не викликає небезпеки.</p> <p>Не наближатися до ємностей, що горять.</p> <p>Охолоджувати ємності водою з максимальної відстані.</p> <p>Гасити любими засобами.</p>	
При загоранні	Не горить.	

ЗАХОДИ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ	
Долікарська	Вивести на свіже повітря.
Лікарська	Підшкірно – ефедрин 5%-ий р-н 1 мл, коордіамін, кофеїн 10%-ий р-н 2-1 мл. При гнобленні дихання – штучна вентиляція легенів.

АВАРІЙНА КАРТКА № 2

НЕБЕЗПЕЧНА РЕЧОВИНА		
Р. О. С.	Найменування вантажу	Ступінь токсичності
005	Аміак зріджений	4
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИДИ НЕБЕЗПЕКИ		
Основні властивості	Безкольоровий газ з різким запахом. Легше повітря, розчиняється в воді. Перевозиться у зрідженому стані під тиском. При виході в атмосферу димить.	
Пожежна і вибухова небезпека	Горючий газ. Горить при наявності постійного джерела вогню. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. В порожніх ємностях виникають вибухонебезпечні суміші.	
Небезпека для людини	Небезпечний при вдиху. При високих концентраціях можливий смертельний кінець. Викликає сильний кашель, удушєння. Пари діють сильно дратуючи на слизисті оболонки і покрови шкіри викликають сльозотечу. Зіткнення з шкірою викликає обмороження. При виливі забруднює водойми. Серцебиття, порушення частоти пульсу, “припливи”, нежить, кашель, важке дихання, дєре в горлі, почервоніння і сверблячка шкіри, різь в очах, сльозотеча.	
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ		
Ізолюючий протигаз. Респіратор РПГ-67Д. Ізолюючий костюм типу Яа, гумові чоботи, рукавички. Фільтруючий протигаз марки КД.		
НЕОБХІДНІ ДІЇ		
Загальної характеру	Вивести сторонніх із небезпечної зони. Триматися з навітряної сторони. Ізолювати небезпечну зону і не допускати сторонніх. В зону аварії входити тільки в захисному костюмі і дихальному апараті. Дотримуватись заходів пожежної безпеки. Не палити. Потерпілим надати першу долікарняну допомогу. Відправити людей осередку ураження на медичне обстеження.	
При викиді і розливу	Ліквідувати джерела відкритого вогню. При наявності спеціалістів ліквідувати течію, якщо це безпечно, або перекачати в справну ємність з дотриманням заходів безпеки. Відвести вагон на безпечне місце. При інтенсивній течії дати газу вийти. Використовувати	

	розпилену воду для осадки парів. Ізолювати район аварії в радіусі 100 м до тупір поки газ не розсіється. Оповістити про аварію місцеві органи виконавчої влади і цивільну оборону. Евакуювати людей із небезпечної зони, яка підверглася небезпечного зараження отруйним газом у радіусі до 5 км. Не допустити попадання речовини в водойми, тунелі, підвалі каналізацію. У разі забруднення водойм повідомити СЕС.
При пожежі	Убрати із зони пожежі, якщо це не представляє небезпеки. Не підходити до ємностей, що горять. Охолоджувати ємності водою з максимальної відстані. Гасити вогонь з максимальної відстані тонко дисперсною водою або повітряною механічною піною з максимальної відстані.
При загоранні	Збити полум'я струменем води. Діяти як при витіканні.
ЗАХОДИ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ	
Долікарська	Вивести на свіже повітря. Забезпечити тепло і спокій. Дати кисень, зволожений. Шкіру, слизисті і шкіру промити водою або 2%-им розчином борної кислоти не менше 15 хвилин. В очі альбуцид 30%-ий р-н 2-3 краплі. В ніс тепле оливкове або персикове масло.
Лікарська	При важкому диханні – п/ш 0,1%-ий р-н сірчаноокислого атропіну 1 мг 1%-ий р-н димедролу 1 мл. На шкіру примочки 2%-ного р-ну оцтової кислоти. Госпіталізація.

АВАРІЙНА КАРТКА № 3

НЕБЕЗПЕЧНА РЕЧОВИНА			
Р	ОС	Найменування вантажу	Ступінь токсичності
789		Кислота соляна	2
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИДИ НЕБЕЗПЕКИ			
Основні властивості		Безкольорова рідина. Легко випаровує і димить на повітрі. Добре розчиняється в воді. Викликає іржу більшості металів.	
Пожежна і вибухова небезпека		Не горюча. При взаємодії з металами виділяє легко займисті гази.	
Небезпека для людини		Небезпечна при вдиху, проковтуванні, попаданні на шкіру і слизисті. Діра в горлі, важке дихання, чутливість удушень, сухий кашель, клекоче дихання. Опіки губ, шкіри підборіддя, слизистої ротової порожнини, стравоходу, шлунку. Різкі болі за грудиною, в області шлунку, болісна блювотина з кров'ю, охриплість голосу. Можливі спазми і набряк гортані. Роздратування слизистих очей і носа.	
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ			
Ізолюючий протигаз. Захисний костюм типу Кк. Захисні окуляри, гумові чоботи			

рукавички. Респіратор типу РПГ-67В. Фільтруючий протигаз марки В.	
НЕОБХІДНІ ДІЇ	
Загальног о характеру	<p>Вивести сторонніх. Триматися з навітряної сторони. Уникати низьких місць. Ізолювати небезпечну зону в радіусі 50 м і не допускати сторонніх В зону аварії входити в повному захисному костюмі. Потерпілим надати першу долікарняну допомогу.</p>
При викиді і розливу	<p>Не торкатися пролитої речовини. Ліквідувати течію при наявності спеціалістів, якщо це не являє собою небезпеку, або перекачати в справну ємність. При інтенсивній течії огородити місце розливу земляним валом і перекачати рідину в справну ємність. Для осадження парів використовувати вапняний розчин. Викликати на місце аварії газорятівну службу району (міста). Оповістити органи виконавчої влади і цивільну оборону району (міста обласного підпорядкування). У разі зараження води повідомити СЕС. Місце розливу нейтралізувати каустичною содою, содовим порошком, вапняком, вапном або іншим луговою сумішкою. Малі розливи промити великою кількістю води або вапняним молоком з великої відстані. Провести повну нейтралізацію транспортних засобів.</p>
При пожежі	<p>Надіти повний захисний костюм. Убрати з зони пожежі, якщо це не являє собою небезпеку. Гасити вогонь з максимальної відстані великою кількістю води.</p>
При загоранні	<p>Не горить.</p>
ЗАХОДИ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ	
Долікарс ька	<p>Свіже повітря, чистий одяг. Зняти речовину з шкіри великою кількістю води, 2%-им розчином соди. При попаданні в очі промити струменем води, 2%-им розчином питної соди. Термінова госпіталізація!</p>
Лікарська	<p>При попаданні внутрішньо-п/ш папеверін 2%-ий – 2 мл; платифілін 0,2%-ий – 1 мл; атропін 0,1% - ий - 1 мл, димедрол 1%-ий–1 мл, після промивання шлунку через зонд водою. В/в - 5%-ий розчин глюкози з новокаїном 2%-м –50 мл, сода 4%-а – 500 мл. При пониженні АТ – в/в полиглюкін 500 мл, преднізолон 60-120 мг. При вдиху – інгаляції масляні з 0,5%-им розчином новокаїну, 5%-им ефедрином – 1 мл, димедролом 1%-им – 1 мл. ПРОТИПОКАЗАНО ВИКЛИКАТИ БЛЮВОТУ ШТУЧНО!</p>

АВАРІЙНА КАРТКА № 4

НЕБЕЗПЕЧНА РЕЧОВИНА		
Но р	Найменування вантажу	Ступінь токсичності

789	Кислота оцтова	3
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИДИ НЕБЕЗПЕКИ		
Основні властивості	Безкольорова, легко летуча, помірно кипляча рідина з різким запахом. Важче води, розчиняється в воді. Пари важче за повітря. Скупчується в низьких місцях, тунелях, підвалах.	
Пожежна і вибухова небезпека	Легко займається від іскор, полум'я і при нагріванні. Розлита рідина виділяє легко займисті пари. Пари з повітрям створюють вибухонебезпечні суміші. Єм-ності при нагріванні можуть вибухати. В пустих ємностях створюються вибухонебезпечні суміші. Небезпека вибуху парів на повітрі і в приміщенні.	
Небезпека для людини	Небезпечна при вдиху, проковтуванні, попаданні на шкіру і слизисті. Діє в гор-лі, важке дихання, чутливість удушень, сухий кашель, роздратування слизистих оболонок очей, носа, задишка. Опіки губ, шкіри підборіддя, слизистої ротової порожнини, стравоходу, шлунку. Різкі болі за грудиною, болісна блювотина з кров'ю, охриплість голосу, можливий набряк гортані.	
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ		
Ізолюючий протигаз. Захисний костюм типу Кк. Захисні окуляри, гумові чоботи рукавички. Фільтруючий протигаз марки БКФ.		
НЕОБХІДНІ ДІЇ		
Загальною характеру	Вивести сторонніх. Триматися з навітряної сторони. Уникати низьких місць. Ізолювати небезпечну зону в радіусі 200 м і не допускати сторонніх. В зону аварії входити в повному захисному костюмі. Дотримувати заходи пожежної безпеки. Не палити. Потерпілим надати першу долікарняну допомогу.	
При викиді і розливу	Не торкатися пролитої речовини. Видалити джерела іскор, вогню, тепла. Видалити горючі речовини з небезпечної зони. Ліквідувати течію при наявності спеціалістів, якщо це не являє собою небезпеку, або перекачати в справну ємність. При інтенсивній течії огородити місце розливу земляним валом. Розливу речовину нейтралізувати каустичною содою, вапном або іншими лужними сполуками. Для осадження парів використовувати вапняний розчин. Викликати пожежну і газорятувальну служби району (міста). Оповістити органи виконавчої влади і цивільну оборону району (міста). Не допускати попадання речовини в підвали, тунелі. Малі розливи засипати содою, вапном. Вивести пошкоджені упаковки в безпечне місце з дотриманням заходів безпеки. Провести нейтралізацію.	
При пожежі	Надіти повний захисний костюм. Ізолювати небезпечну зону в радіусі 800 м. Убрати з зони пожежі, якщо це не являє собою небезпеку. Не наближатися до ємностей, що горять. Охолоджувати ємності водою з максимальної відстані. Гасити вогонь з максимальної відстані тонко розпиленою водою, повітряною механічною піною. Не пересувати вантаж або транспортний засіб, якщо вантаж який підвергнувся нагріванню.	
При загоранні	Використовувати розпилену воду, піни, пісок. Користуватися вогнегасниками марки ОП, ОУ.	

ЗАХОДИ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ	
Долікарська	Свіже повітря, чистий одяг. Зняти речовину з шкіри великою кількістю води, 2%-им розчином соди. При попаданні в очі промити струменем води, 2%-им розчином питної соди. Термінова госпіталізація!
Лікарська	При попаданні внутрішньо-п/ш папеверін 2%-ий – 2 мл; платифілін 0,2%-ий – 1 мл; атропін 0,1% - ий - 1 мл, димедрол 1%-ий–1 мл, після промивання шлунку через зонд водою. В/в - 5%-ий розчин глюкози з новокаїном 2%-м –50 мл, сода 4%-а – 500 мл. При пониженні АТ – в/в полиглюкін 500 мл, преднізолон 60-120 мг. При вдиху – інгаляції масляні з 0,5%-им розчином новокаїну, 5%-им ефедрином – 1 мл, димедролом 1%-им – 1 мл. ПРОТИПОКАЗАНО ВИКЛИКАТИ БЛЮВОТУ ШТУЧНО!

АВАРІЙНА КАРТКА № 5

НЕБЕЗПЕЧНА РЕЧОВИНА		
С	Н	Ступінь токсичності
096	Спирт етиловий технічний	4
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИДИ НЕБЕЗПЕКИ		
Основні властивості	Безкольорова, помірно кипляча рідина з характерним запахом. Легше води. Розчиняється в воді. Пари важче повітря, скупчуються на низьких ділянках поверхні, в підвалах і тунелях.	
Пожежна і вибухова небезпека	Легко загоряється від іскор і полум'я. Розлита рідина виділяє легко займисті пари. Пари з повітрям створюють вибухонебезпечні суміші. В порожніх ємностях виникають вибухонебезпечні суміші. Ємності при нагріванні можуть вибухати. Небезпека вибуху парів на повітрі і в приміщенні.	
Небезпека для людини	Небезпечний при вдиху. Отруйний при прийому внутрішньо. Пари викликають роздратування слизистих оболонок і шкіри. При витіканні забруднюють водою. Головна біль, головокружіння, нудота, блювотина, болі в шлунку, різь в очах, слъозотеча, сухість і почервоніння шкіри.	
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ		
Ізолюючий протигаз. Респіратор РПГ-67А. Захисний костюм типу То. Гумові чоботи і рукавички. Фільтруючий протигаз марки А, М, БКФ.		
НЕОБХІДНІ ДІЇ		
Загального характеру	Вивести сторонніх. Триматися навітряної сторони. Уникати низьких ділянок місцевості. Ізолювати небезпечну зону і не допускати сторонніх. Зону аварії входити тільки в захисному костюмі і дихальному апараті. Дотримувати заходи пожежної безпеки. Не палити. Потерпілим надати першу долікарняну допомогу.	
При викиді і розливу	Ліквідувати джерела іскор, вогню. При наявності спеціалістів ліквідувати течію, якщо це не являє собою небезпеку, або перекачати в справжню ємність з дотриманням заходів безпеки. Відвести вагон в безпечне місце. При інтенсивній течії огородити земляним валом місце розливу, перекачати в авто- або залізничну цистерну.	

	<p>Ізолювати район в радіусі 200 м. Використовувати розпилену воду для осадження парів.</p> <p>Визвати, у разі необхідності, на місце аварії пожежну службу району (міста обласного підпорядкування). Оповістити про небезпеку місцеві органи виконавчої влади і цивільну оборону району (міста обласного підпорядкування).</p> <p>Не допускати попадання речовини в водойми, тунелі, підвали, каналізацію. При зараженні води повідомити СЕС.</p> <p>Місця розливу засипати піском, землею або іншим не горючим матеріалом, промити водою.</p> <p>Винести пошкодженні упаковки в безпечне місце, перелити в резервну ємність.</p>
При пожежі	<p>Ізолювати небезпечну зону в радіусі 800 м. Убрати з зони пожежі, якщо це не являє собою небезпеку. Не наближатися до ємностей, що горять. Охолоджувати ємності водою з максимальної відстані. Гасити вогонь з максимальної відстані тонко розпиленою водою, повітряною механічною піною.</p>
При загоранні	<p>Використовувати сухий пісок, землю, кошму, покривало та інші підручні матеріали. Користуватися вогнегасником марок ОП, ОУ.</p>
ЗАХОДИ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ	
Долікарська	<p>Вивести на свіже повітря. Забезпечити спокій і тепло. Дати кисень карбогеном.</p>

Заходи першої допомоги:

- *долікарська*: термінова допомога, яка необхідна потерпілому під час аварії. Цей пункт слугує для надання необхідної швидкої допомоги співпрацівникам, що значно зменшує наслідки або ймовірність смерті для постраждалого;

- *лікарська*: допомога потерпілому в лікарні, яка надається фахівцями, для збереження життя та здоров'я постраждалого.

На пивоварному виробництві, зокрема, у бродильному відділенні використовують такі небезпечні речовини: вуглекислий газ, аміак, кислота соляна, кислота оцтова, спирт етиловий.

Таким чином, маючи на підприємстві аварійні картки на небезпечні речовини потрібно ознайомити з ними виробничий персонал підприємства та прикріпити їх в місцях використання описаних речовин. Тоді у випадку техногенної аварії працівник самостійно зможе зменшити небезпеку виробничого персоналу і населення, а також зменшити ступінь забруднення навколишнього середовища та прийняти заходи щодо ліквідації наслідків небезпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлено, що у світі щороку виробляють біля 170 тис. тон хмелю переважно для потреб пивоваріння. Основними країнами, де вирощують хміль і найбільше виробляють хмелепродуктів є США – 40%, Німеччина – 35%, Китай – 6%, Чехія 6%, Польща – 3%. Україна виробляє біля 650 тон хмелю на рік.

2. Середня урожайність понад 100 сортів хмелю в країнах світу, коливається у межах від 1,10 до 2,53 т/га. Урожайність ароматичних сортів хмелю менша від гірких приблизно на 35% .

3. Визначено що конкурентоспроможні сорти гіркого хмелю повинні давати стабільно високий врожай, містити 7...18% α -кислоти, необхідне відношення α -кислот до β -кислот не менше 2, а вміст когумулону, який надає пиву неприємну гіркоту не більше 25%.

4 Обгрунтовано, що конкурентоспроможні ароматичні сорти хмелю, що застосовують у технології холодного охмелення пива, повинні містити до 6% α -кислот, підвищений вміст β -кислот, які формують м'яку гіркоту та збалансований вміст таких ароматичних речовин в ефірній олії, як фарнезен, каріофілен, гумулен, ліналоол, гераніол та інші корисні для пивоваріння речовин.

5. На основі аналізу властивостей, і застосуванню в різних сортах пива понад 30 найпоширеніших сортів хмелю встановлено, що складний хімічний склад хмелевої олії і недостатнє знання закономірностей змін компонентів олії хмелю, під час процесів пивоваріння є причиною того, що встановлені імперичні критерії використання сорту хмелю в технології охмелення є приблизною оцінкою, а основним критерієм лишається органолептична оцінка пива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Асортимент хмелю *Hopsteiner*: веб-сайт. URL:<https://www.hopsteiner.com/uk>.
(дата звернення: 10.01.2020).
2. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І. Основи цивільного захисту: навч. посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. 417 с.
3. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: підручник. Київ: Каравела, 2011. 384 с.
4. Главачек Ф., Лхотский А. Пивоварение; пер. с чеш. Москва: Пищевая промышленность, 1977, 628 с.
5. Ермолаева Г. А. Е64 Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. – СПб.: Профессия, 2004. – 536 с.
6. Кунце В. Г. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
7. Матвеева Н.А., Титов А.А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления. Научный журнал НИУ ИТМО. 2014. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. № 4. С. 120–125.
8. Матвеева Н.А., Титов А.А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 1. С. 111–118.
9. 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.
10. Новикова И.В., Рукавицын П.В., Муравьев А.С. Обзор: сухое охмеление в пивоварении. Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 144–149. DOI:10.20914/2310-1202-2018-2-144-149

11. Роздобудько Б. В. Технологія пива зі збалансованою кількістю сірковмісних речовин: дис. канд. техн. наук: 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння», НУХТ. Київ, 2015. 133 с.
12. Рукавицын П. В., Новикова И. В., Коростелев А. В. Условия реализации способа "сухого" охмеления в пивопроизводстве. // Актуальные вопросы нутрициологии; биотехнологии и безопасности пищи материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием, 2017. С. 213–216.
13. Сорти українського хмелю. «ТОВ «Хміль України»: веб сайт. <https://hop.net.ua/uk>. Дата звернення (10.01.2020)
14. Хіврич Б. І., Пшенична А. О., Руденко О. О, Дегустаційна оцінка сортів пива одержаних за технологією холодного охмелення. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"*: тези доповідей 85 ювілейної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2019 р. Київ: НУХТ, 2019. Ч. 1. С. 283.
15. Хоконова М. Б. Применение хмеля в пивоваренном производстве // Символ науки. 2015. №7-1.
16. Aberl A., Coelhan M. Determination of volatile compounds in different hop varieties by headspace-trap GC/MS – in comparison with conventional hop essential oil analysis // Journal of agricultural and food chemistry. 2012. V. 60. № 11. P. 2785–2792.
17. Callemien D., Collin S. Use of RP-HPLC-ESI(–)-MS/MS to Differentiate Various Proanthocyanidin Isomers in Lager Beer Extracts // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 66. № 2. P. 109–115.
18. Characterisation of novel single-variety oxygenated sesquiterpenoid hop oil fractions via headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry: J. Agric. Food Chem. / Van Opstaele F., Praet T., Aerts G., De Cooman L. 2013. 61. P. 10555–10564.

19. Characterisation of novel varietal floral hop aromas by headspace solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry: J. Agr. Food Chem. / Van Opstaele F., De Causmaecker B., Aerts G., De Cooman L. 2012. 60(50). P. 12270–12281.
20. Chemical-analytical and sensory characterisation of kettle hoppy aroma of beer Praet, Tatiana; De Vos, Dirk (Supervisor); De Cooman, Luc (Supervisor) ; Van Opstaele, 2016.
21. Daenen L. (2008). Glycoside hydrolase activity of *Saccharomyces* and *Brettanomyces* yeasts. Flavour potential on hop and sour cherry glycosides. PhD dissertation, KU Leuven, Leuven, Belgium.
22. Deinzer M. and Yang X. (1994). Hop aroma: character impact compounds found in beer, methods of formation of individual components. In: EBC Monograph 22, EBC Symposium on hops, Zoeterwoude, The Netherlands, Fachverlag Hans Carl, Nurnberg, Germany, pp 181–195.
23. Forster A., Gahr A, On the Fate of Certain Hop Substances during Dry Hopping, July / August 2013 (Vol. 66)
24. Hahn C. D., Lafontaine S. R., Pereira C. B., Shellhammer T. H. Evaluation of Nonvolatile Chemistry Affecting Sensory Bitterness Intensity of Highly Hopped Beers // Journal of agricultural and food chemistry. 2018. V. 66. № 13. P. 3505–3513.
25. Havig V. Maximizing hop aroma and flavor through process variables. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. 2010. (47) P. 1–6.
26. Kishimoto T. (2008). Hop-derived odorants contributing to the aroma characteristics of beer. PhD dissertation, Kyoto University, Kyoto, Japan.
27. Kolpin K.M. and Shelhammer T.H. The human bitterness detection threshold of iso-alpha-acids in lager beer. J. Am. Soc. Brew. Chem. 2009. 67(4). C. 200–205
28. Lam K.C., Foster II R.T. and Deinzer M.L. (1986). Aging of hops and their contribution to beer flavour. J. Agric. Food Chem. 34: 763–770.

30. Lermusieau G. and Collin S. (2002). Hop aroma extraction and analysis. In: Molecular Methods of Plant Analysis. Jackson, JF, Kinskens, HF and Inman, Springer Verlag, Analysis of Taste and Aroma, Berlin, Germany, pp 69–88.
31. McLaughlin I. R., Lederer C., Shellhammer T. H. Bitterness-Modifying Properties of Hop Polyphenols Extracted from Spent Hop Material // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 66. № 3. P. 174–183.
32. Opstaele F. Van, Rouck G. de, Clippeleer J. de, Aerts G. et al. Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers // Cere-visia. 2011. V. 36. № 2. P. 47–59.
33. Opstaele F. Van: Hoppy aroma of beer: Characterisation of sensory differentiated hop aromas and technological evaluation in brewing practice; PhD thesis, KAHO Sint-Lieven, Gent, 2011.
34. Opstaele F. Van; De Causmacker B.; Aerts G. and De Cooman L.: Characterisation of Novel Varietal Floral Hop Aromas by Headspace Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography – Mass Spectrometry/Olfactometry; J. Agric. Food Chem. 60 (2012), P. 12270-12281.
35. Peacock V.E. The value of linalool in modeling hop aroma in beer. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. 2010. 47(4) P. 29–32.
36. Peppard T.L. (1981). Volatile organosulphur compounds in hops and hop oils. A review. J. Inst. Brew. 87: 376–385.
37. Podeszwa T., Harasymm J. New methods
38. hopping dry-hopping and their impact on sensory properties of beer // Acta Innovations. 2016. № 21. P. 79–86.
39. Praet T., van Opstaele F., Jaskula-Goiris B., Aerts G., Cooman L. de. Biotransformations of hop-derived aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* upon fermentation // Cerevisia. 2012. V. 36. № 4. P. 125–132.
40. Quifer-Rada P., Vallverdú-Queralt A., Martínez-Huélamo M., Chiva-Blanch G. et al. A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high

- resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS) // Food chemistry. 2015. V. 169. P. 336–343.
41. Seaton J.C. and Moir M. (1987). Sulphur compounds and their impact on beer flavour. In: EBC Monograph 13, EBC Symposium on hops, Freising, Germany, Fachverlag Hans Carl, Nurnberg, Germany, pp 130–144.
 42. Steinhaus M. and Schieberle P. (2007). Transfer of the potent hop odorants linalool, geraniol and 4-methyl-4-sulfanyl-2-pentanone from hops into beer. In: Proceedings of the 31st European Brewery Convention Congress, Venice, Italy, Fachverlag Hans Carl, Nurnberg, Germany, pp 1004–1011.
 43. Steenackers B., De Cooman L. and De Vos D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: a review. Food Chem. 2015. 172. P. 742–756.
 44. Takoi K. Biotransformation of monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the citrus flavor of beer: paper 40 at ASBC Annual Meeting, Sanibel. Florida. 2011.
 45. Taniguchi Y., Matsukura Y., Ozaki H., Nishimura K. et al. Identification and Quantification of the Oxidation Products Derived from α -Acids and β -Acids During Storage of Hops (*Humulus lupulus* L.) // Journal of agricultural and food chemistry. 2013. V. 61. № 12. P. 3121–3130.
 46. The contribution of geraniol metabolism to the citrus flavour of beer: synergy of geraniol and citronellol under coexistence with excess linalool. / Takoi K., Itoga Y., Koie K., Kosugi T., Shimase M., Katayama Y., Nakayama Y. And Watari J. J. Inst. Brew. 2010. 116(3). P. 251–260.
 47. Wolfe P., Qian M. C., Shellhammer T. H. The Effect of Pellet Processing and Exposure Time on Dry Hop Aroma Extraction. // Flavor Chemistry of Wine and Other Alcoholic Beverages. Washington, DC: American Chemical Society, 2012. P. 203–215.
 48. Wolfe P., Shellhammer T.: A Study of Factors Affecting the Extraction of Flavor When Dry Hopping Beer, 2012.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Затверджено на засіданні кафедри
біотехнології продуктів
бродиння і виноробства НУХТ
Протокол № 1 від «31» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ А. М. Куц

РОБОЧА ПРОГРАМА

магістерської роботи

на тему:

«Обґрунтування і вибір ефективних способів охмелення сусла і пива для підвищення вмісту смако-ароматичних речовин»

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ХМІЛЬ - НЕЗАМІННА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПИВА (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Ботаніка і морфологія хмелю

1.2 Вирощування хмелю

1.3 Хімічний склад і властивості компонентів хмелю

1.4 Сорти хмелю

1.5 Хмелепродукти

1.6 Вплив способів і режимів охмелення на смак і аромат пива

1.7 Висновки

2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.4 Об'єкт і предмети досліджень

2.5 Методика досліджень

2.6 Методи досліджень

2.6.1 Визначення вмісту ізогумулону в хмелі

- 2.6.2 Визначення вмісту поліфенольних речовин за методом ЕВС
- 2.6.3 Визначення вмісту ізогумулону в суслі та пиві
- 2.6.4 Визначання вмісту ефірної олії
- 2.6.5 Метод кількісного визначання компонентів гірких речовин
- 2.6.6 Метод визначання кондуктометричного показника гіркоти
- 2.6.7 Визначання вмісту поліфенолів
- 2.6.8 Хроматографічні методи дослідження летких компонентів ефірної олії хмелю
- 2.6.9 Методи визначення органолептичних показників пива
- 2.6.10 Підготовка зразків для досліджень

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС СУХОГО ОХМЕЛЕННЯ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)

- 3.1 Дослідження ресурсного потенціалу виробництва хмелю і хмелепродуктів у світі
- 3.2 Дослідження впливу гірких і основних ароматичних речовин хмелю на його властивості і призначення в пивоварінні
- 3.3 Дослідження впливу вмісту важливих для пивоваріння компонентів в хмелі на тип пива і технологію його охмелення
- 3.4 Висновки

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5. РОЗРАХУНОК СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Здобувач _____ О.В. Мялковська
Керівник, доцент _____ Б.І. Хіврич

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

86

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

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

2–3 квітня 2020 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2020

Зміст

1. Technology of functional ingredients and new food	7
2. Foodstuff expertise	47
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates	99
3.1 Technology of bread and pasta.....	102
3.2. Technology of pastry and food concentrates.....	119
4. Grain processing technology	139
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment	155
6. Technology of fermentation and wine	178
7. Technology of preservation	209
8. Technology of meat and meat products	242
9. Technology of milk and dairy products	288
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products	318
11. Ecological safety and labor protection	336
12. Biotechnology of microbial synthesis	367

Content

1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів	7
2. Експертизи харчових продуктів	47
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів	99
3.1 Технологія хліба та макаронних виробів.....	102
3.2. Технологія кондитерських виробів та харчоконцентратів.....	119
4. Технологія переробки зерна	139
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води	155
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства	178
7. Технологія консервування	209
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів	242
9. Технологія молока і молочних продуктів	288
10. Технологія жирів та парфюмерно-косметичних виробів	318
11. Екологічна безпека і охорона праці	336
12. Біотехнологія і мікробіологія	367

28. Трансформування ароматичних речовин впродовж сухого охмелення пива

Олександр Руденко, Анастасія Пшенична, Елена Можчіль, Борис Хіврич
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Сухе охмелення проводять на стадії головного бродіння, доброджування і дозрівання або безпосередньо перед розливом пива в тару з незначними втратами основних ароматичних компонентів. У цьому випадку доцільно припустити, що життєздатні дріжджі пива можуть метаболізувати різні ароматичні компоненти, екстраговані з хмелю, що може мати різноплановий вплив на аромат напою.

Матеріали і методи. Теоретичні обґрунтування можливостей життєздатних дріжджових клітин метаболізувати і трансформувати різні компоненти екстрагованих з хмелю ароматичних компонентів олії.

Результати. Аналіз літературних джерел вказує на те, що процеси трансформування хмелевих сполук може мати, як позитивний так і негативний вплив на аромат пива. Очевидно, що лише терпеноїди (окислені форми вуглеводневих терпенів) зазнають біотрансформування дріжджами, тобто метаболізуються і перетворюються в інші ароматичні речовини [1,2].

Роботи дослідників показали, що гераніол швидко перетворюється дріжджами в β -цитронеллол протягом перших 2-4 днів головного бродіння з утворенням геранілацетату та цитронеллілацетату. Кінг і Дікінсон запропонували схему, яка показала біотрансформацію гераніолу та неролу *S. cerevisiae* з 4 можливими результатами: цитронеллол, ліналоол, α -терпінеол та терпіновий гідрат. Терпеноїди піддаються біотрансформації під дією метаболізму дріжджів і помірно кислий рН (3,9-4,3) пива може стимулювати реакції гідролізу, такі як перетворення епоксиду гумулену в гумунол.

Карбонільні сполуки можуть бути модифіковані дріжджами до спиртів. Наприклад, метилові кетони частково редуковані до відповідних вторинних спиртів. Дегідрогенази та редуктази є ключовими ферментами, що каталізують відновлення карбонільної групи до гідроксильної групи [1]. Ефіри можуть гідролізуватися або перетворюватися дріжджами в етилові ефіри. Наприклад, метилові ефіри (особливо насичені) можуть піддаватися як гідролізу, так і переетерифікації в кислоти та етилові ефіри.

Вважається, що монотерпенові спирти можуть зазнати біотрансформації [2]. Дослідження показали, що рівень ліналоолу, гераніолу та α -терпінеолу поступово знижувався під час бродіння, тоді як нерол поступово збільшувався.

Висновки. Процеси біотрансформації хмелевих сполук протягом сухого охмелення є відносно новим напрямом досліджень. Однак уже очевидно, що взаємодія між дріжджовими та хмелевими сполуками може мати глибокий вплив на аромат готового пива.

Література

1. Chemical-analytical and sensory characterisation of kettle hoppy aroma of beer Praet, Tatiana; De Vos, Dirk (Supervisor); De Cooman, Luc (Supervisor) ; Van Opstaele, 2016.
2. Forster A., Gahr. A., On the Fate of Certain Hop Substances during Dry Hopping, July / August 2013 (Vol. 66).