

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

Кафедра Технології вина та сенсорного аналізу

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 181 Харчові технології

Освітня програма Сенсорний аналіз в харчових технологіях



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Удосконалення технології виноградного бренді
за допомогою методів сенсорного аналізу.

Здобувачки

Ковтун Д.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник

проф. Каменева Н.В.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: Консультант: Седікова І.О.

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 01.06.2026 р., протокол № 14.

Завідувачка кафедри ТВтаСА

(назва кафедри)

(підпис)

Оксана ТКАЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса 2026

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Навчально-науковий інститут готельно-ресторанного і туристичного бізнесу та енології ім.О.О.Преображенського</u>
Кафедра	<u>Технології вина та сенсорного аналізу</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>181 Харчові технології</u>
Освітня програма	<u>Сенсорний аналіз в харчових технологіях</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ТВтаСА

Оксана ТКАЧЕНКО

« » 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ковтуна Дмитра Олександровича

(П.І.Б здобувача)

1. Тема роботи Удосконалення технології виноградного бренді за допомогою методів сенсорного аналізу

Затверджена наказом університетом від 14.03.2025 р. наказ 138-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2026

3. Вихідні дані роботи: Удосконалення технологія виноградного бренді

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ, Розділ 1 Огляд літератури, Розділ 2 Методологія, матеріали та методи досліджень, Розділ 3 Результати досліджень, Розділ 4 Удосконалення технології, Розділ 5 Охорона праці, Розділ 6 Економічна часина, Висновки та пропозиції, Перелік використаної літератури, Додатки

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

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Каменева Н.В.
підпис

Завдання прийняв до виконання _____ Ковтун Д.О.
підпис

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення актуальності, об'єкту та предмету досліджень	10.04.2026	Виконано
2	Вивчення історії та сучасного стану виробництва напою алкогольного бренді	12.04.2026	Виконано
3	Аналіз стану ринку щодо виробництва кріплених вин у світі і в Україні та напою алкогольного бренді	15.04.2026	Виконано
4	Аналіз технології виробництва напою алкогольного бренді	20.04.2026	Виконано
5	Обґрунтування актуальності теми роботи та формування задач досліджень	25.04.2026	Виконано
6	Складання схеми досліджень	10.05.2026	Виконано
7	Підбір матеріалів та методів досліджень	10.05.2026	Виконано
8	Проведення експериментальної частини	12.05.2026	Виконано
9	Оформлення результатів досліджень	10.05.2026	Виконано
10	Складання технологічної схеми удосконаленої технології виробництва напою алкогольного бренді	25.05.2026	Виконано
11	Сенсорний контроль органолептичних показників напою алкогольного бренді за удосконаленою технологією	01.05.2026	Виконано
12	Охорона праці у лабораторії сенсорного аналізу	07.05.2026	Виконано
13	Економічна частина роботи	07.05.2026	Виконано
14	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу кваліфікаційної роботи	08.05.2026	Виконано
15	Подання кваліфікаційної роботи на підпис зав. кафедри ТВ та СА для отримання скерування на рецензію	14.05.2026	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Ковтун Д.О.
Керівник роботи _____ Каменева Н.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач вищої освіти Ковтун Д.О. _____
ПІБ Підпис

АНОТАЦІЯ

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи Ковтуна Д.О. на тему: «Удосконалення технології виноградного бренді за допомогою методів сенсорного аналізу»

Автор : Ковтун Д.О.

Керівник : проф., Каменева Н.В.

Ступінь вищої освіти : Магістр

Спеціальність : 181 «Харчові технології»

Освітньо-професійна програма : Сенсорний аналіз в харчових технологіях

Кафедра : Технології вина та сенсорного аналізу

Актуальність теми : Виробництво міцних алкогольних напоїв, зокрема виноградного бренді, є однією з найбільш традиційних та економічно вагомих галузей української харчової промисловості. Незважаючи на економічні та соціальні нестабільності в Україні через війну, інтерес до цього алкогольного напою зберігається і навіть зростає. Класична технологія виготовлення високоякісного бренді базується на тривалому процесі витримки молодих коньячних спиртів у дубовій тарі, що супроводжується значним заморожуванням обігових коштів підприємств та природними втратами етилового спирту на випаровування. Одним із пріоритетних напрямків розвитку галузі є впровадження інноваційних методів інтенсифікації процесу дозрівання, зокрема застосування низькочастотної ультразвукової кавітації та альтернативної дубової деревини. Оскільки стрімке прискорення екстракційних процесів може спричинити розбалансування хімічного складу дистиляту, розробка нових технологій вимагає жорсткого сенсорного контролю. Застосування методів кількісного дескрипторного профілювання є необхідним інструментом для об'єктивної оцінки впливу нових технологічних режимів на якість готового продукту в умовах оптимізації виробництва.

Мета роботи: Метою цієї роботи є удосконалення технології виробництва виноградного бренді за допомогою методів сенсорного аналізу. Основна увага зосереджена на дослідженні впливу ультразвукової кавітації на динаміку формування органолептичного профілю дистиляту та розробці комплексної технологічної схеми. Робота спрямована на скорочення виробничого циклу при збереженні високих органолептичних характеристик напою, що забезпечить підвищення ефективності виробництва та покращення фінансових показників підприємства.

Практичне значення отриманих результатів : Проєктом передбачено розробку удосконаленої двостадійної технологічної схеми виробництва виноградного бренді. Впровадження оптимального технологічного режиму обробки (дозування чипсів 5 г/дм³, тривалість обробки 30 хвилин) дозволяє перевести виробництво у потоковий цикл. Розуміння динаміки формування сенсорного профілю за допомогою методів QDA має стратегічне значення для виробників, оскільки дозволяє уникнути виникнення сенсорного дисбалансу та надмірної гіркоти. Впровадження цих виробничих змін ліквідує втрати етилового спирту на випаровування та усуває необхідність обслуговування дубової тари, що призводить до підвищення конкурентоспроможності підприємства та забезпечує швидкий термін окупності капітальних вкладень.

Структура роботи : Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, яка включає вступ, огляд літератури, методологію, матеріали та методи досліджень, результати досліджень, удосконалення технології, розділ з охорони праці, економічну частину, висновки та пропозиції, перелік використаних літературних джерел та додатки.

Обсяг роботи : Пояснювальна записка має 82 сторінки, ілюстративна частина – слайди формату Power Point.

Ключові слова : виноградний бренді, ультразвук, кавітація, інтенсифікація, дубові чипси, сенсорний аналіз, QDA-профілювання.

ABSTRACT

of the qualification work of D.O. Kovtun on the topic: "Improvement of grape brandy technology using sensory analysis methods"

Author: D.O. Kovtun

Supervisor: Prof. N.V. Kameneva

Higher education degree: Master

Specialty: 181 "Food Technologies"

Educational and professional program: Sensory analysis in food technologies

Department: Wine Technology and Sensory Analysis

Relevance of the topic: The production of strong alcoholic beverages, in particular grape brandy, is one of the most traditional and economically significant branches of the Ukrainian food industry. Despite the economic and social instability in Ukraine due to the war, interest in this alcoholic beverage persists and even grows. The classical technology for producing high-quality brandy is based on the long process of aging young cognac spirits in oak barrels, which is accompanied by a significant freezing of the working capital of enterprises and natural losses of ethyl alcohol due to evaporation. One of the priority areas for the industry's development is the introduction of innovative methods for intensifying the aging process, in particular the use of low-frequency ultrasonic cavitation and alternative oak wood. Since the rapid acceleration of extraction processes can cause an imbalance in the chemical composition of the distillate, the development of new technologies requires strict sensory control. The application of quantitative descriptive profiling methods is an essential tool for an objective assessment of the impact of new technological regimes on the quality of the final product under conditions of production optimization.

The aim of the study: The aim of this work is to improve the technology of grape brandy production using sensory analysis methods. The main focus is on studying the impact of ultrasonic cavitation on the dynamics of the formation of the distillate's organoleptic profile and developing a comprehensive technological scheme. The work is aimed at reducing the production cycle while maintaining high organoleptic characteristics of the beverage, which will ensure increased production efficiency and improved financial performance of the enterprise.

Practical significance of the obtained results: The project envisages the development of an improved two-stage technological scheme for grape brandy production. The implementation of the optimal technological processing regime (chip dosage of 5 g/dm³, processing time of 30 minutes) allows converting the production into a continuous flow cycle. Understanding the dynamics of the sensory profile formation using QDA methods is of strategic importance for producers, as it avoids sensory imbalance and excessive bitterness. The implementation of these production changes eliminates ethyl alcohol evaporation losses and removes the need for oak barrel maintenance, leading to increased enterprise competitiveness and ensuring a rapid payback period for capital investments.

Structure of the work: The qualification work consists of an explanatory note, which includes an introduction, literature review, methodology, materials and research methods, research results, technology improvement, an occupational health and safety section, an economic part, conclusions and proposals, a list of references, and appendices.

Volume of the work: The explanatory note has 82 pages, the illustrative part – PowerPoint slides.

Keywords: grape brandy, ultrasonic cavitation, intensification, oak chips, sensory analysis, QDA profiling.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1.1 Історія та сучасний стан виробництва виноградних брендів	11 1.2
Аналіз ситуації щодо виноградного бренду на ринку	14 1.3
Огляд нормативної документації, що регулює вимоги до органолептичних показників виноградного бренду	18
1.4 Аналіз технології виробництва виноградного бренду	22
1.5 Висновки до РОЗДІЛУ 1	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1 Методологія досліджень	27
2.2 Матеріали досліджень	28
2.3 Методи досліджень	31
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1 Результати досліджень впливу ультразвукової кавітації на формування якості виноградного бренду	35 3.2
Висновки до РОЗДІЛУ 3	39
РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИНОГРАДНОГО БРЕНДУ	
4.1 Удосконалення технології	41
4.2 Сенсорний контроль технологічних показників у ході технологічного процесу	45
4.3 Висновки до РОЗДІЛУ 4	50
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИНОГРАДНОГО БРЕНДУ	
5.1 Організація охорони праці та допуск персоналу	54
5.2 Виробнича санітарія та гігієна праці	54
5.3 Вимоги безпеки до технологічного обладнання	55
5.4 Пожежна та вибухова безпека	56
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	57
6.1 Визначення інноваційного бюджету	57
6.2 Висновки до РОЗДІЛУ 6	64
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	74
ДОДАТКИ	75

					<i>KPM.TBmaCA.1.480-03.I.23</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Студент.		Ковтун Д.О.			Удосконалення технології виноградного бренду за допомогою методів сенсорного аналізу	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Консульт.							22	98
Керівник		Каменева Н.В.				ОНТУ, гр. САМ-64, кафедра ТВ та СА		
Н. Контр.								
Зав. Каф.		Ткаченко О.Б.						

ВСТУП

Кваліфікаційна робота «Удосконалення технології виноградного бренді за допомогою методів сенсорного аналізу» зі спеціальності «181 Харчові технології», освітньо-професійна програма «Сенсорний аналіз в харчових технологіях».

Актуальність теми. Останні роки свідчать про зріст споживання бренді в Україні. Незважаючи на економічні та соціальні нестабільності через війну, інтерес до цього алкогольного напою зберігається і навіть зростає. Виробництво міцних алкогольних напоїв, а саме виноградного бренді, є достатньо традиційно та економічно вагомою галуззю української харчової промисловості. Існує класична технологія виготовлення високоякісного бренді, яка базується на тривалому процесі витримки молодих коньячних спиртів у дубовій тарі. Під час тривалого контакту дистиляту з деревиною дуба відбувається комплекс фізико-хімічних перетворень: екстракція компонентів деревини, їх гідроліз, етерифікація та повільне окиснення. Ці процеси формують органолептичний профіль напою — бурштиновий колір, повноту смаку та складний букет.

Але ця класична технологія має суттєві недоліки: довгий процес дозрівання (від 3 до 50 років), досить високу вартість бондарних виробів та природні втрати етилового спирту на випаровування («доля янголів»), які становлять 2–4 % щорічно. Це призводить до значного заморожування обігових коштів підприємств.

В Україні галузь виробництва бренді, переживає не легкі часи через повномасштабне вторгнення Росії. Вторгнення призвело до серйозних втрат і змусило галузь шукати нові шляхи оптимізації. Виробництво бренді завжди було важливою та прибутковою галуззю для України, але конфлікт сильно вразив її. Тому зараз виробництва змушені шукати нові шляхи та способи виживання.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку галузі є впровадження інноваційних методів інтенсифікації процесу дозрівання. Застосування

альтернативної дубової деревини (чипсів, клепки) у поєднанні з фізичними методами впливу, зокрема низькочастотною ультразвуковою кавітацією, дозволяє значно збільшити площу контакту фаз та скоротити тривалість екстракції. Але, через стрімке прискорення екстракційних процесів часто спричиняє розбалансування хімічного складу дистиляту та появу не бажаної терпкості. Оскільки визначальним критерієм якості бренді є його органолептичні характеристики, розробка нових технологій вимагає жорсткого сенсорного контролю. Застосування методів кількісного дескрипторного профілювання є необхідним інструментом для об'єктивної оцінки впливу нових технологічних режимів на якість готового продукту, що підтверджує актуальність теми мого дослідження.

Мета і завдання дослідження. Метою цієї роботи є удосконалення технології виробництва виноградного бренді за допомогою методів сенсорного аналізу.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

1. Здійснити аналітичний огляд наукової літератури та нормативної бази щодо методів прискореного дозрівання міцних алкогольних напоїв.
2. Розробити та валідувати спеціалізований дескрипторний словник для оцінки зразків виноградного бренді.
3. Дослідити вплив низькочастотної ультразвукової кавітації на динаміку формування органолептичного профілю дистиляту.
4. Побудувати сенсорні профілі дослідних і контрольних зразків та провести їх порівняльний статистичний аналіз.
5. Розробити удосконалену технологічну схему виробництва виноградного бренді.
6. Здійснити економічне обґрунтування запропонованих рішень та розробити заходи з охорони праці.

Предмет дослідження: вплив низькочастотної ультразвукової обробки на органолептичні та фізико-хімічні показники виноградного дистиляту.

Методи дослідження. У роботі використано інструментальні сенсорні методи згідно з вимогами стандартів ISO (метод кількісного дескрипторного аналізу QDA, профілювання), методи фізико-хімічного аналізу дистилятів, а також методи математичної статистики (однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA).

Наукова новизна одержаних результатів:

- науково обґрунтовано взаємозв'язок між параметрами ультразвукової кавітації дубових чипсів і зміною інтенсивності ключових сенсорних дескрипторів у виноградному спирті;
- удосконалено методику застосування кількісного дескрипторного аналізу для оцінки дистилятів прискореного дозрівання.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено удосконалену двостадійну технологічну схему виробництва виноградного бренді, яка поєднує ультразвукову екстракцію та мікрооксигенацію. Це дозволяє скоротити виробничий цикл до 30–45 діб при збереженні високих органолептичних показників продукту.

Апробація результатів. Основні положення роботи представлені у матеріалах збірника «Наукові праці молодих вчених, аспірантів та студентів» (Одеський національний технологічний університет, 2026 р.).

Структура та обсяг роботи. Пояснювальна записка складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 82 сторінки. Список використаних джерел 60 найменувань.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія та сучасний стан виробництва виноградних брендів

Історія технології виноградних дистилятів бере початок від ранніх практик дистиляції на Близькому Сході та в Європі. У XIII столітті європейські вчені Арно де Вільнев та Раймунд Луллій вперше задокументували процес перегонки виноградного вина для отримання спирту, який отримав назву *aqua vitae* (вода життя) [11]. У промислових масштабах виробництво розпочалося у XVI столітті завдяки голландським купцям. Саме вони запровадили термін *brandewijn* (випалене вино) для позначення дистильованого вина, об'єм якого зменшували для здешевлення логістики та забезпечення стабільності під час тривалих морських перевезень [12].

Ключовий етап формування класичної технології відбувся у XVII столітті у французькому регіоні Шаранта. Там було вдосконалено апаратне оформлення процесу шляхом запровадження подвійної дистиляції у мідних перегонних кубах (аламбіках шарантського типу), що дозволило ефективно відділяти токсичні домішки та концентрувати ароматичні сполуки. Тривале зберігання отриманих дистилятів у дубових бочках у портах перед відправленням виявило явище позитивної трансформації органолептичних властивостей етилового спирту. Важливим історичним фактором, що сформував сучасну сировинну базу виробництва, стала епідемія філоксери наприкінці XIX століття. Внаслідок масової загибелі виноградників традиційні сорти Фоль Бланш та Коломбар були замінені на більш стійкий та високоврожайний сорт Уньї Блан, який і сьогодні становить понад 90 % площ насаджень у регіоні Коньяк [13, 31].

В Україні виноградарство має античне коріння, пов'язане з грецькими колоніями Північного Причорномор'я (Ольвія, Тіра), проте промислове виробництво витриманих дистилятів розпочалося у другій половині XIX століття. Вагомий внесок у розвиток галузі зробили підприємства, розташовані в Одесі. У 1863 році було закладено фундамент виробництва, що

згодом трансформувалося в Одеський коньячний завод [4]. Знаковою подією, що підтвердила високий рівень вітчизняних технологій, стала участь продукції підприємства Миколи Шустова у Всесвітній виставці в Парижі у 1900 році. Отримання Гран-прі під час сліпої дегустації дозволило підприємству офіційно маркувати свої напої міжнародним терміном «Cognac» [8].

Подальший науковий супровід галузі був тісно пов'язаний зі створенням у 1905 році в Одесі виноробної станції (нині – Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова»). Науковці інституту провели фундаментальні дослідження з підбору та районування оптимальних сортів винограду для дистиляції в ґрунтово-кліматичних умовах півдня України. В результаті багаторічної селекційної та аналітичної роботи було встановлено, що найвищі органолептичні показники спиртів у цьому регіоні забезпечують сорти Аліготе, Ркацителі та Сільванець [14, 15].

Сучасна українська школа виробництва виноградних брендів продовжує базуватися на цих наукових напрацюваннях. Нормативно-правова база галузі суворо регламентується Законом «Про виноград та виноградне вино» [6] та ДСТУ 4700:2006 «Коньяки України. Технічні умови» [5]. Цей стандарт встановлює чіткі фізико-хімічні параметри (об'ємна частка етилового спирту, масова концентрація вищих спиртів, альдегідів, летких кислот) та регламентує терміни витримки в дубовій тарі для різних категорій напоїв.

Сьогодні світовий ринок виноградних брендів демонструє тенденцію до преміумізації, де споживач надає перевагу напоям з підтвердженим географічним походженням. Для України важливим викликом є адаптація до вимог Угоди про асоціацію з ЄС, згідно з якою з 2026 року використання захищеної назви «Коньяк» для вітчизняної продукції припиняється. Перехід на термін «Бренді України» або використання власних географічних зазначень стимулює виробників до модернізації виробництва.

Нижче наведено основні технологічні етапи, що визначають якість

кінцевого продукту (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні технологічні етапи, що визначають якість кінцевого продукту

Етап виробництва	Фактор впливу	Органолептичний результат
Отримання виноматеріалу	Сорт винограду	Квіткові та фруктові тони
Дистиляція	Тип апарата	Чистота букета, відсутність сторонніх тонів
Витримка	Дуб, кисень, час	Колір, ванільні, деревні ноти, м'якість
Купажування	Майстерність купажиста	Гармонійність та стандартність смаку

Аналіз історичного розвитку та сучасного стану галузі свідчить, що для забезпечення економічної ефективності виробництва необхідний пошук нових методів обробки сировини. Висока вартість традиційної багаторічної витримки в дубових бочках робить актуальним впровадження інноваційних технологій масообміну, які будуть детально проаналізовані в наступному підрозділі.

1.1.1 Вплив ботанічного походження та термічної обробки дубової деревини на формування сенсорного профілю бренді

Одним із ключових факторів, що визначають кінцевий органолептичний профіль виноградного бренді, є вибір ботанічного виду дуба. У світовій практиці виробництва міцних напоїв найчастіше використовують три основні види: європейські дуби *Quercus robur* (дуб черешчатий) та *Quercus petraea* (дуб скальний), а також американський білий дуб *Quercus alba* [7]. Кожен із цих видів має унікальну анатомічну будову та специфічний хімічний склад, що безпосередньо впливає на кінетику екстракції.

Quercus robur, поширений у регіонах Лімузен (Франція) та в Україні, характеризується широкими річними кільцями, високою пористістю та

відносно низькою щільністю. Його деревина надзвичайно багата на екстрактивні поліфеноли (зокрема, елаготаніни), але містить менше ароматичних сполук. Дистиляти, витримані на такій деревині, швидко набувають інтенсивного бурштинового забарвлення, структурованості та вираженої танінної терпкості, яка потребує тривалого часу для згладжування шляхом окиснювальної полімеризації.

Натомість *Quercus petraea* (Тронсе, Альє) має вужчі річні кільця і щільнішу структуру. Він відзначається нижчим вмістом танінів, проте є лідером за концентрацією летких ароматичних речовин, таких як евгенол (дескриптор «гвоздика», «прянощі») та дубові лактони. Американський білий дуб *Quercus alba* відрізняється високим вмістом тилів (утворень, що закупорюють судини деревини), що робить його ідеальним для виготовлення герметичних бочок. Хімічно він виділяється високою концентрацією цис- та транс- β -метил- γ -окталактонів, які надають напоям інтенсивного аромату свіжого кокоса, ванілі та солодких спецій [9]. Застосування дубових чипсів саме з цих видів дуба дозволяє виноробам конструювати заданий сенсорний профіль бренді.

Окрім ботанічного виду, вирішальне значення має термічна обробка деревини (випал або тостинг). У процесі нагрівання деревини (від 150 до 230 °C) відбувається термічна деградація макромолекул. За слабого ступеня випалу (Light toast) руйнуються переважно геміцелюлози, утворюючи фурфурол, який додає напою легких квіткових і фруктових відтінків з нотами свіжого мигдалю. Середній випал (Medium toast) ініціює реакції деградації лігніну з утворенням ваніліну, гваяколу та сирінгальдегіду, формуючи класичні дескриптори ванілі, карамелі та прянощів. Сильний випал (Heavy toast) призводить до глибокого піролізу целюлози та лігніну, внаслідок чого концентрація ваніліну падає, але різко зростає вміст летких фенолів і крезолів, які зумовлюють появу димних, кавових та шоколадних нот (дескриптори «Дим», «Кава», «Чорний шоколад») [10]. Таким чином, маніпулюючи

ботанічним походженням та ступенем випалу альтернативної деревини (чипсів), можна цілеспрямовано керувати сенсорною якістю готового продукту.

1.1.2 Хімічна природа основних сенсорних дефектів дистилятів у процесі дозрівання

При розробці нових методів інтенсифікації дозрівання, зокрема із застосуванням ультразвукової кавітації, критично важливим є контроль за відсутністю сенсорних дефектів (off-flavors). Агресивний вплив акустичних хвиль та екстремальних локальних температур може ініціювати небажані побічні хімічні реакції, що призводять до псування органолептичного профілю виноградного бренді. Усі сенсорні вади міцних напоїв можна умовно розділити на ті, що походять із вихідного дистиляту, і ті, що виникають під час неправильної екстракції з деревини [16].

Дефекти вихідного дистиляту найчастіше пов'язані з порушенням режимів фракціонування під час перегонки на апаратах шарантського типу. Якщо в "серце" дистиляту потрапляє надмірна кількість "головних" фракцій, напій набуває різкого хімічного запаху розчинника, клею або лаку для нігтів. Хімічною природою цього дефекту є аномально висока концентрація етилацетату та ацетальдегіду. Натомість, потрапляння "хвостових" фракцій збагачує спирт вищими спиртами (ізоаміловим, ізобутиловим) та жирними кислотами. У сенсорному профілі це проявляється важкими, маслянистими, сивушними тонами, запахом мила або прогірклого жиру [17].

Окрема група вад пов'язана безпосередньо з екстракцією деревини дуба. Найбільш поширеним дефектом інтенсифікованого старіння є так зване «передублювання» (excessive oakiness). Воно виникає у разі перевищення оптимального дозування дубових чипсів (понад 10–15 г/дм³) або надто тривалої кавітації. Хімічно цей стан характеризується надлишком низькомолекулярних галлотанінів та елаготанінів, які не встигли пройти стадію полімеризації. Сенсорно це сприймається як екстремальна, агресивна

в'яжуча терпкість (аstringентність), що пересушує слизову оболонку ротової порожнини, та виражена металева гіркота у післясмаку [18].

Іншим специфічним дефектом є поява "зелених" або "овочевих" нот (дескриптори "зелені дошки", "сире дерево", "зелений перець"). Ця вада виникає при використанні недостатньо висушеної або неякісно випаленої дубової деревини, в якій зберігається висока концентрація гексаналю та інших С6-сполук. При обробці ультразвуком ці речовини миттєво переходять у дистиллят, повністю маскуючи благородні ванільні та карамельні тони [19].

Крім того, існує ризик появи так званого "коркового" дефекту або запаху мокрого картону/плісняви. Його збудником є 2,4,6-трихлоранізол (ТСА) — надзвичайно летка сполука з низьким порогом чутливості (кілька нанограмів на літр), яка утворюється внаслідок життєдіяльності цвілевих грибів на поверхні деревини в умовах підвищеної вологості. Використання методів QDA дозволяє ідентифікувати ці дефекти на ранніх етапах технологічного циклу, що робить сенсорний аналіз незамінним інструментом при впровадженні інноваційних технологій у виробництво [20].

1.2 Аналіз ситуації щодо виноградного бренді на ринку

Ринок виноградного бренді (який в Україні традиційно та історично випускався під назвою «Коньяк України»), є одним із найбільш бюджетоутворюючих сегментів харчової промисловості. Аналіз сучасної ринкової ситуації свідчить про те, що ця галузь перебуває на етапі глибокої трансформації, зумовленої як внутрішніми економічними чинниками, так і зовнішніми геополітичними та нормативно-правовими змінами.

Глобальні тенденції світового ринку. На світовому ринку виноградних бренді спостерігається чітко виражений тренд на преміумізацію. Споживачі у розвинених країнах (ЄС, США, країни Азії) зменшують загальні обсяги споживання алкоголю, проте обирають дорожчі, високоякісні напої з тривалим терміном витримки (категорії VSOP, XO) та підтвердженням

географічним статусом [22]. Одночасно зростає попит на крафтові дистилати та інноваційні продукти з нетиповими органолептичними профілями (наприклад, фінішна витримка бренді у бочках з-під хересу або рому). Цей тренд диктує виробникам необхідність розширення асортименту та ретельного сенсорного контролю нових купажів.

Стан та динаміка ринку в Україні. Вітчизняний ринок виноградного бренді характеризується високим рівнем конкуренції та значною концентрацією виробництва. Історично склалося так, що лівова частка виробничих потужностей зосереджена у південних регіонах України, зокрема в Одеській області, яка має оптимальні ґрунтово-кліматичні умови для вирощування коньячних сортів винограду.

Сучасна ринкова ситуація в Україні визначається кількома ключовими факторами:

1. Нормативно-правовий перехід. Відповідно до зобов'язань України в рамках Угоди про асоціацію з Європейським Союзом, вітчизняні виробники повинні відмовитися від використання захищеного географічного зазначення (ЗГЗ) «Коньяк» для продукції, виробленої на території України. Перехідний період завершується у 2026 році. Продукція переводиться до категорії «Бренді України» або маркуватиметься новими регіональними ЗГЗ. Цей ребрендинг вимагає від підприємств значних маркетингових інвестицій для утримання лояльності споживачів [25].
2. Зміна споживчих переваг. Український споживач стає більш вимогливим до органолептичних характеристик напоїв. Якщо раніше ключовим фактором вибору в мас-маркет сегменті була ціна, то сьогодні на перший план виходить м'якість смаку, відсутність спиртуозної різкості та багатство ароматики (ванільні, шоколадні, фруктові тони). Це підвищує роль інструментального та дескрипторного сенсорного аналізу при випуску продукції на ринок [27].
3. Економічні виклики виробництва. Класична технологія витримки спиртів у

дубових бочках вимагає заморожування значного капіталу на термін від 3 до 10 і більше років. Крім того, щорічні втрати абсолютного алкоголю на випаровування («доля янголів») становлять 2–4 %. В умовах інфляції та зростання вартості енергоносіїв це суттєво підвищує собівартість готової продукції, роблячи її вразливою до конкуренції з боку імпортних брендів середнього цінового сегмента.

Для більш детального розуміння ринкових перспектив вітчизняного виноградного бренду доцільно провести SWOT-аналіз галузі (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – SWOT-аналіз галузі

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
• Потужна власна сировинна база у південних регіонах (Одещина). • Багаторічні традиції виробництва та наявність наукових шкіл. • Висока лояльність вітчизняного споживача до локальних брендів. • Наявність затверджених стандартів якості (ДСТУ).	• Висока собівартість класичної багаторічної витримки в бочках. • Залежність від імпорту якісної дубової тари (бондарних виробів). • Тривалий цикл обороту капіталу підприємства. • Втрати спирту при витримці.
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
• Впровадження інноваційних методів прискореного дозрівання (ультразвук, чипси) для зниження собівартості. • Вихід на нові експортні ринки під брендом «Бренди України». • Розвиток культури споживання та преміального сегменту. • Розробка нових купажів за допомогою методів сенсорного аналізу.	• Втрата частини споживачів через примусову відмову від назви «Коньяк». • Експансія недорогого імпортного алкоголю (з країн ЄС та Нового Світу). • Зниження купівельної спроможності населення. • Зростання акцизного збору.

Аналіз даних, наведених у матриці SWOT, чітко демонструє, що головною слабкою стороною ринку є висока собівартість та тривалість виробничого циклу. З іншого боку, найперспективнішою можливістю для

вітчизняних виробників є технологічна модернізація.

Щоб успішно конкурувати на ринку та задовольнити зростаючі вимоги споживачів до органолептичної якості брендів, підприємствам необхідно шукати баланс між ціною та якістю. Це зумовлює гостру ринкову потребу у впровадженні альтернативних, інтенсифікованих технологій масообміну (зокрема, використання дубової клепки та ультразвукової кавітації), які здатні забезпечити формування складного сенсорного профілю напою за значно коротший проміжок часу.

Таким чином, розробка нових технологічних режимів дозрівання дистилятів, що спираються на об'єктивні методи сенсорного контролю, є не лише науковою задачею, а й прямою відповіддю на актуальні економічні виклики сучасного ринку міцних алкогольних напоїв.

1.3 Огляд нормативної документації, що регулює вимоги до органолептичних показників виноградного бренді

У харчовій промисловості, і особливо у виноробній галузі, нормативно-технічна документація відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та безпеки продукції. Проте, на відміну від багатьох інших харчових продуктів, для міцних алкогольних напоїв, зокрема виноградного бренді, фізико-хімічні показники (вміст спирту, кислотність, екстрактивність) не є вичерпними індикаторами якості. Визначальним фактором, що формує споживчу цінність та сортність брендів, є його органолептичні (сенсорні) характеристики. Саме тому вітчизняні та міжнародні стандарти приділяють особливу увагу регламентації сенсорних показників.

Вітчизняна нормативна база. Базовим документом, що регулює виробництво та показники якості виноградних дистилятів в Україні, є Закон України «Про виноград та виноградне вино» [6]. Він визначає загальні поняття та класифікацію напоїв.

Безпосередні вимоги до готової продукції встановлені у ДСТУ 4700:2006

«Коньяки України. Технічні умови» [5]. Згідно з цим стандартом, оцінка якості базується на 10-бальній системі, де кожному показнику (прозорість, колір, букет, смак) відведено певну максимальну кількість балів. Для допуску до реалізації продукт повинен набрати встановлений мінімум, який залежить від терміну витримки (від 7,8 бала для ординарних до 9,0 і вище для марочних напоїв).

ДСТУ 4700:2006 чітко регламентує словесний опис органолептичних показників, який наведено у Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Словесний опис органолептичних показників

Назва показника	Характеристика
Прозорість	Прозора рідина з блиском, без сторонніх включень та осаду.
Колір	Від світло-золотистого до світло-коричневого із золотистим відтінком (залежить від терміну витримки та додавання цукрового колеру).
Букет (аромат)	Характерний для виноградного бренді певного віку. Для ординарних (3-5 років) — легкі квіткові-ванільні тони; для марочних — складний, з яскраво вираженими смолисто-ванільними, шоколадними, енантовими тонами.
Смак	Гармонійний, повний, без різкої пекучості. М'якість смаку повинна зростати пропорційно віку спиртів.

Важливо зазначити, що у зв'язку з імплементацією норм ЄС, в Україні розробляються нові Технічні умови (ТУ) та Технологічні інструкції (ТІ) для категорії «Бренді України». Ці документи зберігають високі вимоги до чистоти букета, але дають виробникам трохи більше свободи у формуванні індивідуального стилю напоїв, зокрема при використанні інтенсифікованих методів витримки [25].

Міжнародна нормативна документація. На європейському ринку основним документом є Регламент (ЄС) 2019/787 про визначення, опис,

представлення та маркування спиртних напоїв [28]. Згідно з Регламентом, виноградний бренді (*Brandy* або *Weinbrand*) повинен мати специфічні органолептичні характеристики, набуті виключно внаслідок дистиляції та витримки в дубовій тарі, без додавання ароматизаторів (за винятком традиційних методів пом'якшення карамеллю).

Методологія оцінки цих показників на міжнародному рівні регулюється документами Міжнародної організації виноградарства та виноробства (OIV). Резолюції OIV чітко визначають, що сенсорна оцінка спиртних напоїв не може бути суб'єктивною і повинна проводитися підготовленими дегустаторами у стандартизованих умовах [29].

Стандартизація методів сенсорного аналізу (ISO). Оскільки вітчизняний ДСТУ 4700:2006 дає лише загальні (універсальні) характеристики букета і смаку, для проведення глибокої науково-дослідної роботи цих термінів недостатньо. Оцінка інноваційних технологій (таких як ультразвукова кавітація) вимагає застосування міжнародних стандартів серії ISO щодо сенсорного аналізу:

1. ISO 8589:2007 (ДСТУ ISO 8589:2013) «Сенсорний аналіз. Загальні настанови щодо проектування приміщень для досліджень». Цей стандарт регламентує освітленість, температуру, вологість та ізоляцію робочих місць дегустаторів для усунення зовнішніх подразників під час оцінки міцного алкоголю.
2. ДСТУ ISO 11035:2005 «Сенсорний аналіз. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для встановлення сенсорного профілю багатомірним підходом» [30]. Цей документ є критично важливим для нашої роботи, оскільки він описує математично обґрунтований алгоритм створення словника термінів (дескрипторів) — наприклад, розділення загального поняття «деревний тон» на конкретні складові: «ваніль», «сирий дуб», «дим», «карамель».
3. ISO 13299:2016 «Сенсорний аналіз. Методологія. Загальні настанови щодо

створення сенсорного профілю» [32]. Документ регламентує процедуру кількісного дескрипторного аналізу (QDA), який дозволяє не просто описати напій, а оцінити інтенсивність кожної ознаки за шкалою та побудувати профілограми.

Висновки до підрозділу. Аналіз нормативно-технічної документації показує, що хоча базові вимоги до органолептичних показників виноградного бренді жорстко регламентовані вітчизняними стандартами (ДСТУ), вони орієнтовані переважно на контроль готової продукції класичної витримки. Для розробки та валідації інтенсифікованих технологій (ультразвукова екстракція, використання чипсів) існуючої вітчизняної 10-бальної шкали недостатньо.

Це обґрунтовує необхідність застосування в даній магістерській роботі розширеної методології за стандартами ISO (створення специфічних профілів та дескрипторних словників). Такий підхід дозволить об'єктивно та кількісно довести, що дослідні зразки бренді прискореного дозрівання повністю відповідають вимогам ДСТУ 4700:2006 за чистотою та гармонійністю букета, не маючи при цьому дефектів, пов'язаних зі швидкою екстракцією.

1.4 Аналіз технології виробництва виноградного бренді

Виробництво виноградного бренді (коньяку України) є багатостадійним технологічним процесом, кожен етап якого суворо регламентується державними (ДСТУ) та міжнародними (регламенти ЄС, резолюції OIV) стандартами. Формування високої якості готового продукту та його специфічних органолептичних властивостей залежить від неухильного дотримання параметрів на трьох базових етапах: підготовка сировини, дистиляція та умови витримки (зберігання) [4, 28].

Вимоги до сировини (виноматеріалів). Відповідно до ДСТУ 4700:2006 [5] та технологічних інструкцій, базовою сировиною для виробництва бренді є сухі натуральні виноградні виноматеріали. Для їх отримання використовують спеціальні коньячні сорти винограду (Аліготе, Ркацители, Совіньйон зелений,

Уньї Блан тощо), які повинні мати нейтральний ароматичний профіль. Мускатні сорти або сорти з яскраво вираженим ізабельним ароматом (наприклад, Лідія, Нова) до використання не допускаються, оскільки при дистиляції вони утворюють важкі, неприємні ефірні тони [33].

Збір винограду здійснюється у стадії технічної зрілості при масовій концентрації цукрів 15–20 % та титрованій кислотності не менше 5–6 г/дм³. Висока кислотність є критично важливою: вона пригнічує розвиток патогенної мікрофлори та сприяє утворенню цінних естерів (зокрема, етиллактату та етилацетату) під час бродіння та перегонки [34]. Найбільш жорсткою нормативною вимогою міжнародних стандартів OIV до коньячних виноматеріалів є повна заборона використання діоксиду сірки (SO₂) на всіх етапах пресування та бродіння. Навіть мінімальні дози сульфітації призводять до утворення під час дистиляції меркаптанів і сірководню, що надають спирту дефектних запахів тухлих яєць або часнику, які неможливо усунути подальшою витримкою [29].

Аналіз технології дистиляції. Перегонка (дистиляція) коньячних виноматеріалів здійснюється двома основними способами: на апаратах періодичної дії (класичний шарантський метод) або на апаратах безперервної дії (колонного типу).

1. *Періодичний метод (подвійна згонка)*. Згідно з регламентом ЄС 2019/787 [28], для преміальних брендів використовують мідні аламбіки. Перша перегонка вина дає спирт-сирець міцністю 27–32 % об. Друга перегонка (фракціонування) є найскладнішою операцією, під час якої майстер відділяє «головну» (1–2 % від об'єму, містить токсичні альдегіди та метанол), «середню» (серце) та «хвостову» (містить вищі спирти та сивушні масла) фракції. Для витримки відбирається лише середня фракція міцністю 62–72 % об. [36].
2. *Безперервний метод*. Використовується для ординарних брендів мас-маркет сегменту. Дозволяє отримувати коньячний спирт міцністю 62–70 % об. за

один цикл, що суттєво знижує енерговитрати підприємства, проте такий спирт зазвичай має менш багатий ароматичний профіль порівняно з шарантським методом.

Умови витримки та зберігання. Отриманий молодий коньячний спирт є безбарвним, має різкий спиртовий запах і пекучий смак. Відповідно до ДСТУ 4700:2006, перетворення спирту на бренді відбувається виключно під час його зберігання у контакті з дубовою деревиною.

Державні стандарти жорстко регламентують умови зберігання (елеважу):

- Тара: дубові бочки місткістю від 200 до 600 дм³ або емальовані/нержавіючі резервуари, завантажені дубовою клепкою (для ординарних спиртів) [5].
- Мікроклімат приміщень: температура повітря у сховищах повинна підтримуватися на рівні 15–25 °С, а відносна вологість повітря — в межах 70–85 % [37]. При зниженні вологості інтенсифікується випаровування води, що призводить до небажаного підвищення міцності спирту в бочці. При надмірній вологості випаровується переважно спирт, що знижує міцність.
- Біохімічні та фізико-хімічні механізми трансформації дистиляту при контакті з деревиною дуба
- Формування органолептичного профілю виноградного бренді є результатом складного комплексу реакцій між компонентами водно-спиртового середовища та макромолекулами деревини дуба. З наукової точки зору деревина дуба розглядається як пориста лігніноцелюозна матриця, що складається з трьох основних структурних полімерів: целюлози (40–45 %), геміцелюлоз (20–25 %) та лігніну (25–30 %), а також екстрактивних речовин, до яких належать елаготаніни та дубові лактони [2].
- Целюлоза, будучи лінійним полімером глюкози, має високу хімічну стійкість і відіграє роль каркаса. Вона практично не розчиняється у водно-спиртових сумішах і не бере прямої участі у формуванні смаку напою. Натомість геміцелюлози, які є розгалуженими гетерополісахаридами

(переважно ксиланами), піддаються гідролітичному розщепленню. Під час термічної обробки дубової тари (або альтернативної деревини – чипсів) геміцелюлози частково руйнуються з утворенням простих цукрів: ксилози, арабінози, глюкози. У подальшому, в кислому середовищі дистиляту та під дією температури випалу, ці моносахариди піддаються реакції дегідратації з утворенням фурфуролу, 5-гідроксиметилфурфуролу та метилфурфуролу [43]. Саме ці леткі сполуки надають готовому бренді характерних дескрипторів «Карамель», «Пряжений цукор», «Мигдаль» та «Житній хліб».

- Найважливішим компонентом для формування букета бренді є лігнін. Це складний тривимірний фенольний полімер, який під час витримки дистиляту піддається процесу повільного етанолізу та м'якого окиснення. Деградація молекули лігніну відбувається з розривом ефірних зв'язків, унаслідок чого в напій переходять ароматичні альдегіди та кислоти двох основних рядів: гваяцильного та сирінгільного. Окиснення коніферилового спирту (структурної одиниці лігніну) призводить до утворення ваніліну та ванілінової кислоти, які є головними маркерами якості коньяків і формують базовий дескриптор «Ваніль». Відповідно, окиснення синапового спирту дає сирінгальдегід, що має тонкий аромат екзотичних спецій [10].
- Окрему роль у формуванні смакової структури відіграють екстрактивні фенольні сполуки — елаготаніни (касталагін, вескалагін). На початкових етапах витримки вони інтенсивно дифундують у дистилят, надаючи йому жовтуватого кольору та вираженої терпкості з легкою гірчинкою. З часом, за наявності розчиненого у спирті кисню (процес мікрооксигенації), мономерні таніни вступають у реакції конденсації та полімеризації, а також утворюють комплексні сполуки з лігніном. Полімеризовані таніни втрачають свою агресивну в'язучу здатність, випадають у мікроскопічний осад або залишаються в колоїдному стані, формуючи відчуття «тіла» напою (mouthfeel) та його м'якість [43].
- Окрім фенольних сполук, специфічний аромат високоякісного бренді

зумовлений переходом з деревини дубових лактонів (цис- та транс- β -метил- γ -окталактон). Ці сполуки, навіть у мікроконцентраціях, формують упізнаваний дескриптор «Деревина дуба» (або тон свіжого кокоса). Залежно від ботанічного виду дуба (*Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Quercus alba*), співвідношення цис- і транс-ізомерів суттєво відрізняється, що дозволяє виноробам формувати різноманітні стилістичні напрямки міцних напоїв.

- Терміни: мінімальний термін витримки для ординарних брендів становить 3 роки (маркується 3 зірочками), для марочних — від 6 років і більше.

Технологія купажування та розливу. Після досягнення спиртами необхідного рівня зрілості настає етап купажування — змішування спиртів різних років витримки для створення гармонійного продукту зі стабільними органолептичними показниками. За нормативною документацією [5, 39] при купажуванні дозволяється використовувати:

- Пом'якшену або дистильовану воду (для зниження міцності до стандартних 40 % об.);
- Цукровий сироп (для пом'якшення смаку, але не більше 15 г/дм³ у готовому продукті);
- Цукровий колер (Е150а, палений цукор) для стандартизації кольору.

Після купажування готовий виноградний бренд не можна одразу розливати у пляшки. Згідно з технологічними інструкціями, купаж повинен пройти стадію «відпочинку» у резервуарах: для ординарних брендів — не менше 3 місяців, для марочних — від 6 місяців. Відпочинок необхідний для асиміляції води та спирту, відновлення фізико-хімічної рівноваги та гармонізації букета [4, 39]. Далі напій проходить обробку холодом (при температурі мінус 10–12 °С) для запобігання помутнінню, фільтрується та розливається у споживчу тару.

Висновки. Аналіз класичної технології виробництва виноградного бренду демонструє, що вона гарантує отримання продукту високої якості, проте є надзвичайно тривалою, енергоємною та потребує великих виробничих площ

для зберігання спиртів. Зважаючи на суворі нормативні вимоги до органолептичних показників готового продукту, підприємства змушені шукати нові шляхи оптимізації виробництва. Це робить актуальним застосування інтенсифікованих технологій масообміну на етапі витримки, за умови постійного інструментального та сенсорного контролю якості, що буде досліджено в практичній частині цієї роботи.

1.3.1 Огляд альтернативних фізико-хімічних методів інтенсифікації дозрівання дистилятів

Проблема заморожування капіталу внаслідок тривалого дозрівання дистилятів у бочках спонукає науковців до пошуку нових методів штучного старіння. Крім ультразвукової кавітації, у сучасній науковій літературі розглядається низка інших електрофізичних та фізико-хімічних методів, кожен з яких має свої переваги та недоліки [21].

Термічна обробка та термомацерація. Найпростішим методом прискорення масообміну є підвищення температури. Згідно з правилом Вант-Гоффа, підвищення температури на 10 °C прискорює хімічні реакції в 2–4 рази. Застосування теплового удару (нагрівання системи «дистилят–чипси» до 45–60 °C протягом кількох діб) дозволяє різко збільшити вихід екстрактивних речовин [23]. Однак головним недоліком цього методу є ризик втрати летких ароматичних ефірів та небезпека появи «варених» (компотних) тонів, що негативно позначається на загальному гешталті напою.

Мікрохвильове (НВЧ) опромінення. Цей метод базується на дії електромагнітних хвиль надвисокої частоти (зазвичай 2,45 ГГц). Мікрохвилі викликають діпольярну поляризацію молекул води та етанолу, що призводить до об'ємного і надзвичайно швидкого нагрівання рідини зсередини. Це створює високий внутрішній тиск у капілярах дубової деревини, виштовхуючи екстрактивні речовини у дистилят [24]. Завдяки НВЧ-обробці можна досягти показників екстрактивності, еквівалентних місяцям традиційної витримки, лише за кілька хвилин. Проте надмірна інтенсивність

процесу часто призводить до «передублювання» напою — надмірного переходу гірких танінів без їх відповідного окиснення, що спричиняє сенсорний дисбаланс.

Мікрооксигенація. Це процес контрольованого дозування мікрокількостей газоподібного кисню (на рівні 1–5 мг/л на місяць) у резервуари з дистилятом та альтернативною деревиною. Вона імітує природне дихання дубової бочки. Кисень ініціює ланцюг окиснювально-відновних реакцій: перетворення етанолу на ацетальдегід (окиснення), з подальшою взаємодією ацетальдегіду з фенольними сполуками деревини [26]. Саме ці реакції конденсації перетворюють агресивні монотаніни на м'які полімерні структури. Проте мікрооксигенація сама по собі є тривалим процесом і найкраще працює лише в синергії з іншими методами екстракції (наприклад, після ультразвукової обробки).

Аналіз наведених методів свідчить, що низькочастотна ультразвукова обробка є найбільш збалансованим інструментом, оскільки вона поєднує високу швидкість механічної екстракції з помірними сонохімічними ефектами окиснення без критичного теплового навантаження на леткі фракції дистиляту.

1.4.1 Теоретичні основи інтенсифікації масообміну за допомогою ультразвукової кавітації

Оскільки класичний дифузійний процес масопередачі компонентів деревини у дистилят є термодинамічно повільним (триває роками), сучасна наука пропонує використання електрофізичних методів впливу, серед яких найвищу ефективність демонструє низькочастотний ультразвук. В основі дії ультразвуку на рідкі середовища лежить явище акустичної кавітації — процесу утворення, росту та імпульсивного (спрямованого всередину) схлопування мікроскопічних парогазових бульбашок у фазі розрідження акустичної хвилі [3].

Механізм прискорення екстракції базується на кількох фізико-хімічних

ефектах, що виникають під час кавітації. Коли ультразвукова хвиля з частотою від 20 до 45 кГц проходить через водно-спиртове середовище, локальний тиск у рідині періодично падає нижче тиску насичених парів. У цих зонах миттєво утворюються кавітаційні порожнини. Протягом кількох акустичних циклів бульбашки поглинають розчинений газ і ростуть до критичного резонансного розміру, після чого, потрапляючи у фазу стиснення, різко схлопуються.

Імплозія кавітаційної бульбашки супроводжується екстремальними локальними умовами: температура всередині бульбашки в момент схлопування може досягати 5000 К, а локальний тиск — 100 МПа. Важливою особливістю є те, що поблизу твердої поверхні (наприклад, поверхні дубового чипса) бульбашка схлопується асиметрично. Це призводить до утворення потужного гідродинамічного мікроструменя (microjet), швидкість якого сягає 100–150 м/с. Цей струмінь вдаряє в поверхню деревини, діючи як мікроскопічний перфоратор [59].

У результаті дії мікроструменів відбувається механічна деструкція клітинних стінок дуба: на поверхні чипсів утворюються мікротріщини, пори та капіляри розширюються, що збільшує ефективну площу контакту фаз у сотні разів. Крім того, виникає так званий «сонокапілярний ефект» — аномально глибоке проникнення водно-спиртової рідини у внутрішні капіляри деревини внаслідок зняття поверхневого натягу під дією акустичного поля. Рідина вимиває розчинні компоненти (таніни, цукри) безпосередньо з глибинних шарів матриці, повертаючись назад в основний об'єм дистиляту у вигляді мікротурбулентних вихорів [48].

Окрім механічного руйнування, акустична кавітація супроводжується сонохімічними ефектами. Екстремальні температури при імплузії спричиняють термічний гомоліз молекул води та етанолу з утворенням високоактивних вільних радикалів ($\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$). Ці радикали ініціюють ланцюгові реакції окиснення лігніну, прискорюючи його перетворення на ароматичні альдегіди (ванілін, сирінгальдегід) без необхідності

багатомісячного витримування з доступом кисню. Однак, неконтрольоване генерування вільних радикалів може призвести до окиснювального стресу та появи сторонніх тонів, що обґрунтовує необхідність суворого обмеження часу ультразвукової обробки (в межах 30–45 хвилин) [50].

1.5 Висновки до РОЗДІЛУ 1

На основі проведеного аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної документації та стану ринку виноградних брендів можна зробити такі узагальнення:

1. Виробництво виноградного бренді є традиційною галуззю для півдня України, проте сучасний стан ринку вимагає глибокої трансформації технологій. Необхідність відмови від назви «Коньяк» до 2026 року та посилення конкуренції з боку імпортних напоїв стимулюють вітчизняних виробників до пошуку способів зниження собівартості продукції при збереженні її високих органолептичних характеристик.
2. Аналіз класичної технології дозрівання дистилятів показав її низьку економічну ефективність для мас-маркет сегменту через тривалість процесу (від 3 років), значні втрати спирту («доля янголів») та необхідність утримання великих бондарних парків. Це обґрунтовує актуальність впровадження методів інтенсифікації масообміну, зокрема використання дубових чипсів та низькочастотної ультразвукової кавітації.
3. Огляд нормативної бази (ДСТУ 4700:2006) виявив, що існуючі методи оцінки якості орієнтовані на готовий продукт класичної витримки. Для розробки інноваційних режимів прискореного дозрівання необхідне застосування більш точних інструментів — методів кількісного дескрипторного аналізу (QDA) за стандартами ISO. Це дозволить математично обґрунтувати ідентичність профілів прискорених та класичних зразків.

Таким чином, актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю розробки науково обґрунтованої технології прискореного

дозрівання виноградного бренді, яка б поєднувала економічну ефективність та високу сенсорну якість.

Метою роботи є удосконалення технології виробництва виноградного бренді шляхом інтенсифікації процесу дозрівання з обґрунтуванням режимів на основі методів об'єктивного сенсорного аналізу.

Для досягнення мети у наступних розділах будуть вирішені такі завдання:

1. Вивчити фізико-хімічні характеристики об'єктів дослідження (дистилятів та дубової деревини).
2. Розробити специфічний дескрипторний словник для оцінки зразків бренді.
3. Провести експериментальні дослідження впливу ультразвуку на швидкість екстракції компонентів дуба.
4. Побудувати та порівняти сенсорні профілі дослідних та контрольних зразків.
5. Розрахувати економічну ефективність запропонованої технології.

РОЗДІЛ 2 Методологія, матеріали. Методи досліджень

2.1 Методологія досліджень

Схема досліджень відображає послідовність виконання наукових та експериментальних завдань, забезпечуючи взаємозв'язок між теоретичним обґрунтуванням, лабораторними експериментами, інструментальним аналізом та впровадженням отриманих результатів у виробництво.

Загальний алгоритм проведення досліджень включає п'ять основних етапів, кожен з яких спрямований на вирішення конкретного завдання роботи:

1. Теоретико-аналітичний етап: збір інформації, аналіз ринку та підбір вихідної сировини (молодих виноградних дистилятів та зразків альтернативної дубової деревини).
2. Методологічно-підготовчий етап: формування дегустаційної панелі, її навчання та розробка спеціалізованого дескрипторного словника згідно з ISO 11035.
3. Експериментально-технологічний етап: проведення процесів екстракції

компонентів деревини за допомогою низькочастотної ультразвукової кавітації при варіюванні режимів (час обробки, дозування чипсів).

4. Аналітично-оціночний етап: дослідження отриманих зразків методами кількісного дескрипторного аналізу (QDA) та фізико-хімічного аналізу, а також математико-статистична обробка результатів за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA).
5. Проектно-впроваджувальний етап: розробка вдосконаленої технологічної схеми, розрахунок техніко-економічних показників та формування вимог з охорони праці.

Експериментальні дослідження проводилися на базі науково-дослідної лабораторії кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеського національного технологічного університету. Органолептичне профілювання зразків здійснювалося за участю дегустаційної комісії (панелі), сформованої зі здобувачів вищої освіти та викладачів кафедри.

Схема експерименту включала підготовку та аналіз таких зразків:

Зразок 1 (Контроль): дистилят виноградний + дубові чипси (5 г/дм³).
Пасивна мацерація (настоювання) без фізичного впливу протягом 30 діб.

Зразок 2 (Дослід 1): дистилят виноградний + дубові чипси (5 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 15 хвилин.

Зразок 3 (Дослід 2): дистилят виноградний + дубові чипси (5 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 30 хвилин.

Зразок 4 (Дослід 3): дистилят виноградний + дубові чипси (5 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 45 хвилин.

Зразок 5 (Дослід 4): дистилят виноградний + дубові чипси (10 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 15 хвилин.

Зразок 6 (Дослід 5): дистилят виноградний + дубові чипси (10 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 30 хвилин.

Зразок 7 (Дослід 6): дистилят виноградний + дубові чипси (10 г/дм³).
Ультразвукова обробка тривалістю 45 хвилин.

Деталізовану схему взаємозв'язку етапів дослідження наведено на рисунку 2.1.

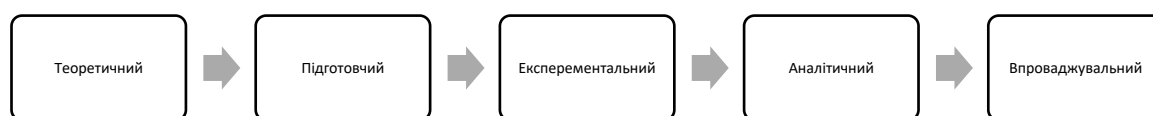


Рис. 2.1 – Деталізована схема взаємозв'язку етапів дослідження

2.2 Матеріали досліджень

Для досягнення мети в цій роботі та вирішення поставлених завдань як основні матеріали дослідження було використано молоді виноградні дистиляти (коньячні спирти) та зразки альтернативної дубової деревини. Для проведення фізико-хімічного контролю використовувалися лабораторні реактиви кваліфікації «чисті для аналізу».

Виноградний дистилят. Основною сировиною слугував молодий коньячний спирт, отриманий методом подвійної дистиляції на мідному апараті шарантського типу з суміші виноматеріалів білих сортів винограду (Ркацителі, Аліготе) врожаю 2025 року відповідно до діючих технологічних інструкцій [39]. Фізико-хімічні показники вихідного дистиляту відповідали вимогам ДСТУ 4700:2006 [5] і становили: об'ємна частка етилового спирту — 65,4 % об.; масова концентрація титрованих кислот — 14,5 мг/100 см³ а.с.;

масова концентрація альдегідів — 18,2 мг/100 см³ а.с.

Альтернативна дубова деревина. У роботі використовувалися дубові чипси ботанічного виду Дуб скальний (*Quercus petraea*), які пройшли стадію середнього ступеня випалу за стандартною термічною методикою [2, 35]

База проведення досліджень та схема експерименту. Оскільки процес ультразвукової кавітації потребує спеціалізованого експериментально-промислового обладнання, етап інтенсифікованої обробки дистилятів проводився на базі виробничої лабораторії ПрАТ «Одеський коньячний завод» у межах науково-технічного співробітництва з університетом [37]. Подальше сенсорне профілювання та дегустаційна оцінка отриманих зразків здійснювалися у спеціалізованій лабораторії сенсорного аналізу кафедри технології вина та сенсорного аналізу ОНТУ.

Схема експерименту включала підготовку та аналіз таких зразків:

- Зразок 1 (Контроль): дистилят + дубові чипси (5 г/дм³). Пасивна мацерація протягом 30 діб.
- Зразок 2 (Дослід 1): дистилят + дубові чипси (5 г/дм³). Ультразвукова обробка 15 хв.
- Зразок 3 (Дослід 2): дистилят + дубові чипси (5 г/дм³). Ультразвукова обробка 30 хв.
- Зразок 4 (Дослід 3): дистилят + дубові чипси (5 г/дм³). Ультразвукова обробка 45 хв.
- Зразок 5 (Дослід 4): дистилят + дубові чипси (10 г/дм³). Ультразвукова обробка 15 хв.
- Зразок 6 (Дослід 5): дистилят + дубові чипси (10 г/дм³). Ультразвукова обробка 30 хв.
- Зразок 7 (Дослід 6): дистилят + дубові чипси (10 г/дм³). Ультразвукова обробка 45 хв.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники вихідного дистиляту

Назва показника	Значення показника
Об'ємна частка етилового спирту, % об.	65,4
Масова концентрація титрованих кислот (у перерахунку на оцтову кислоту), мг/100 см ³ а.с.	14,5
Масова концентрація альдегідів (у перерахунку на оцтовий альдегід), мг/100 см ³ а.с.	18,2
Масова концентрація вищих спиртів, мг/100 см ³ а.с.	315,0
Колір	Безбарвна прозора рідина

Альтернативна дубова деревина. Для інтенсифікації процесу екстракції та формування сенсорного профілю бренді використовувалася дубова деревина у вигляді чипсів. Було обрано чипси з такими стандартизованими характеристиками:

- Ботанічний вид: Дуб скальний (*Quercus petraea*).
- Ступінь термічної обробки: Середній випал (Medium toast). Даний ступінь забезпечує оптимальне накопичення ароматичних альдегідів (ваніліну) та продуктів карамелізації вуглеводів.
- Геометричні параметри фракції: довжина 5–15 мм, товщина 2–4 мм.
- Масова частка вологи: не більше 10 %.

Хімічні реактиви та допоміжні матеріали. Для проведення інструментальних фізико-хімічних аналізів та забезпечення процедури сенсорної оцінки використовувалися такі матеріали кваліфікації «чисті для аналізу» (ч.д.а.):

- Вода дистильована згідно з ДСТУ ISO 3696:2002. [51]
- Натрію гідроксид (NaOH), стандарт-титр для приготування розчину з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³.
- Фенолфталеїн, індикатор (1 % розчин в етиловому спирті).

- Стандартні дегустаційні келихи тюльпаноподібної форми (Tulip), що відповідають вимогам міжнародного стандарту ISO 3591:1977. [52].

2.3 Методи досліджень

Згідно з поставленими завданнями, для проведення експериментальної частини кваліфікаційної роботи було обрано комплекс методів, що забезпечують об'єктивну оцінку ефективності інтенсифікації процесу дозрівання виноградного бренді. Дослідження включали підготовку зразків, сенсорне профілювання, фізико-хімічний контроль та статистичну обробку даних.

2.3.1. Метод проведення інтенсифікованої екстракції (підготовка зразків)

Для моделювання процесу прискореного дозрівання застосовували метод низькочастотної ультразвукової кавітації. Дослідження проводили за таким алгоритмом: у термостійкій скляній колбі об'ємом 0,5 дм³ вносили молодий виноградний дистилят та дубові чипси середнього ступеня випалу. Дозування чипсів для різних серій досліду становило 5,0 г/дм³ та 10,0 г/дм³.

Колби герметично закривали та розміщували в ультразвуковій ванні Codyson CD-4820. Параметри обробки: робоча частота – 42 кГц; потужність випромінювача – 70 Вт. Тривалість ультразвукового впливу варіювали: 15, 30 та 45 хвилин. Температуру середовища підтримували в межах 20–25 °С для уникнення термічної деградації летких ароматичних речовин та втрат етанолу. Після завершення обробки зразки фільтрували через паперовий фільтр. Контрольним зразком слугував дистилят з аналогічним дозуванням чипсів, витриманий методом пасивної мацерації у темному місці протягом 30 діб.

2.3.2. Методи сенсорного аналізу Враховуючи специфіку об'єкта дослідження, основним методом оцінки якості було обрано метод кількісного дескрипторного аналізу (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) відповідно до вимог стандарту ISO 13299:2016 [32].

Процедура формування та калібрування спеціалізованої дегустаційної панелі.

Оскільки метод кількісного дескрипторного профілювання (QDA) розглядає дегустатора як аналітичний вимірювальний прилад, критичним етапом дослідження є правильний відбір та підготовка сенсорної панелі. Згідно з вимогами міжнародного стандарту ISO 8586:2012 (Сенсорний аналіз. Загальні настанови щодо відбору, навчання та моніторингу відібраних оцінювачів), для участі в експерименті було сформовано групу з 10 експертів (студентів старших курсів та викладачів кафедри технології вина та сенсорного аналізу), які пройшли процедуру попереднього скринінгу.

На першому етапі скринінгу кандидати перевірялися на відсутність фізіологічних дефектів нюху та смаку (аносмії, агевзії, специфічної сліпоти до певних хімічних сполук). Для цього використовувалися тести на розпізнавання базових смаків (солодкий, кислий, солоний, гіркий) в ізопропорційних водних розчинах низької концентрації, а також тест на ранжирування розчинів за інтенсивністю стимулу. Окремо проводилася перевірка порогів чутливості до основних маркерів дубової витримки: ваніліну, евгенолу та оцтової кислоти [29].

Після відбору панель пройшла серію тренувальних сесій (alignments). Головним завданням тренувань була синхронізація когнітивного сприйняття дескрипторів усіма членами групи. Оскільки оцінка міцних напоїв (65 % об.) ускладнюється тригемінальним ефектом (подроздриненням слизових оболонок високою концентрацією етанолу, що викликає відчуття печіння), дегустаторів навчали правильній техніці ольфакторної оцінки (короткі назальні вдихи без глибокого затягування парів спирту) та розведенню зразків нейтральною демінералізованою водою до міцності 20–30 % об. для ретроназального аналізу [4].

Для уніфікації термінології під час тренувань використовувалися стандартизовані ароматичні зразки (набори типу «Le Nez du Vin» або хімічні еталони). Наприклад, для дескриптора «Ваніль» еталоном слугував розчин ваніліну (0,1 мг/л), для дескриптора «Прянощі/гвоздика» — розчин евгенолу,

для дескриптора «Деревина дуба» — водний екстракт нетермічно обробленої дубової клепки, а для дескриптора «Карамель» — розчин сахарози після легкої термічної карамелізації.

Лише після того, як дисперсія відповідей між членами панелі при сліпому тестуванні еталонних розчинів стала статистично незначущою, панель була допущена до генерації дескрипторного словника та оцінювання реальних дослідних зразків ультразвукової обробки. Це гарантувало високу відтворюваність та наукову достовірність отриманих сенсорних профілів.

Класичні методи балового оцінювання, наведені у вітчизняних ДСТУ, є ефективними для відбраковування дефектної продукції, проте вони містять значний рівень суб'єктивізму (гедоністичний вплив) і не дають розуміння, які саме сенсорні ноти змінилися внаслідок інноваційної технологічної обробки. Тому для наукового обґрунтування режимів кавітації нами було застосовано методологію кількісного дескрипторного аналізу (QDA), розроблену Н. Stone та J. Sidel у 1970-х роках і стандартизовану на міжнародному рівні (ISO 13299).

Фундаментальна відмінність методу QDA полягає у відмові від загальних оцінок «подобається/не подобається» або «типовий/нетиповий». Натомість дегустаційна панель функціонує як високоточний аналітичний інструмент, який розкладає загальний органолептичний профіль (гештальт) напою на окремі складові (дескриптори) — хімічні, кінестетичні та ретроназальні відчуття. Кожен дескриптор оцінюється ізольовано від інших.

Ще однією важливою психофізичною особливістю методу QDA є використання неструктурованих (лінійних) шкал. На відміну від традиційної шкільної 10-бальної або 5-бальної системи, де цифри часто асоціюються з якістю («5 — це відмінно», «2 — це погано»), неструктурована шкала являє собою пряму лінію довжиною зазвичай 100 мм (або 10 умовних одиниць) з двома якорями на кінцях: «ознака відсутня» та «ознака екстремально сильна». Дегустатор просто ставить відмітку на відрізку, що пропорційно відображає інтенсивність подразника. Це усуває психологічний бар'єр оцінювача і

дозволяє фіксувати навіть мінімальні зміни у концентрації ванільних чи деревних тонів, спричинені різним часом дії ультразвуку [30].

Отримані масиви лінійних відміток перетворюються на числові значення, усереднюються для всієї панелі дегустаторів і піддаються статистичній обробці (ANOVA). Візуалізація таких даних у вигляді пелюсткових (радіальних) діаграм дає змогу миттєво побачити «відбиток пальця» (fingerprint) кожного зразка дистилату і науково довести, що прискорений ультразвуком зразок за інтенсивністю цільових дескрипторів повністю перекриває площу профілю зразка, витриманого класичним пасивним способом.

Процедура включала такі етапи:

1. Формування словника. Згідно з ДСТУ ISO 11035:2005 [30], дегустаційна панель з 7 осіб провела відкриту сесію для генерації дескрипторів. Було затверджено 6 ключових ознак: «Ваніль», «Карамель/Шоколад», «Деревина дуба», «Терпкість/Гіркота», «Квітковий тон» та «Спиртуозність (пекучість)».
2. Оцінювання. Інтенсивність дескрипторів оцінювали за 10-бальною неструктурованою шкалою (0 — ознака відсутня, 10 — ознака максимально виражена). Дегустацію здійснювали в ізольованих кабінах (ДСТУ ISO 8589:2013 [53]) за температури 20 °C у стандартних келихах Tulip (ISO 3591:1977[52]). Зразки подавали зашифрованими тризначними кодами.

2.3.3. Фізико-хімічні методи дослідження Для контролю базових параметрів якості спиртів та їх зміни під час ультразвукової обробки використовували конкретні стандартизовані методи згідно з чинною нормативною документацією:

- Визначення об'ємної частки етилового спирту проводили ареометричним методом із застосуванням скляного спиртоміра згідно з ДСТУ 4110:2002 [54].
- Визначення масової концентрації титрованих кислот здійснювали методом

прямого алкаліметричного титрування зразка розчином гідроксиду натрію ($0,1 \text{ моль/дм}^3$) з індикатором фенолфталеїном згідно з ДСТУ 4111:2002 [55].

- Визначення масової концентрації екстрактивних речовин проводили ваговим методом шляхом випарювання дистиляту на водяній бані з подальшим висушуванням до постійної маси згідно з ДСТУ 4112:2002 [56].

Таблиця 2.2 – Стандартизовані методи фізико-хімічного аналізу виноградних дистилятів

Назва показника	Сутність методу дослідження	Нормативний документ
Об'ємна частка етилового спирту	Ареометричний метод із застосуванням скляного спиртоміра та приведенням результатів до 20°C	ДСТУ 4110:2002 [54]
Масова концентрація титрованих кислот	Пряме алкаліметричне титрування зразка розчином гідроксиду натрію ($0,1 \text{ моль/дм}^3$) з індикатором фенолфталеїном	ДСТУ 4111:2002 [55]
Масова концентрація екстрактивних речовин	Ваговий метод шляхом випарювання дистиляту на водяній бані з подальшим висушуванням до постійної маси	ДСТУ 4112:2002 [56]

2.3.4 Математико-статистична обробка результатів дескрипторного профілювання

Оскільки метод кількісного дескрипторного аналізу (QDA) генерує великі масиви числових даних (оцінки кожного дегустатора за кожним дескриптором для кожного зразка), їх достовірну інтерпретацію неможливо без застосування методів багатовимірної статистики. У цій роботі для обробки сенсорних профілів було використано комбінацію однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та методу головних компонент (PCA).

Дисперсійний аналіз (ANOVA) застосовувався для перевірки статистичної значущості відмінностей між контрольним зразком (пасивна мацерація) та дослідними зразками (ультразвукова обробка різної тривалості).

Основною нульовою гіпотезою (H_0) виступало припущення, що інтенсивність певного дескриптора (наприклад, «Ваніль» або «Терпкість») не залежить від режиму кавітації. У разі, якщо розраховане значення p -критерію було меншим за рівень значущості ($p < 0,05$), нульова гіпотеза відхилялася. Для детального попарного порівняння зразків та виявлення конкретних відмінностей додатково застосовувався апостеріорний критерій Тьюкі (Tukey's Honestly Significant Difference, HSD) [57]. Це дозволило математично довести, на якій саме хвилині ультразвукової обробки відбувається достовірний стрибок екстракції цільових компонентів.

Для візуалізації комплексних взаємозв'язків між зразками та сенсорними дескрипторами було використано Метод головних компонент (Principal Component Analysis, PCA). Суть методу PCA полягає у зменшенні розмірності даних: складна багатовимірна матриця ознак трансформується у двовимірний простір нових, некорельованих змінних — головних компонент (PC1 та PC2), які описують максимальну частку загальної дисперсії [57].

На графіках (біплотах) PCA кожен дослідний зразок відображається у вигляді точки, а кожен дескриптор — у вигляді вектора. Напрямок та довжина вектора вказують на те, які саме ароматичні чи смакові ноти домінують у конкретному зразку бренді. Близьке розташування точок дослідних зразків до точки контрольного зразка на графіку PCA є прямим математичним підтвердженням того, що прискорена технологія не порушує класичний гармонійний гештальт напою, а лише інтенсифікує його формування [32]. Статистична обробка та візуалізація масивів даних виконувалася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, XLSTAT або MS Excel з надбудовою Data Analysis).

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати досліджень впливу ультразвукової кавітації на формування якості виноградного бренді

Згідно з поставленими завданнями, експериментальні дослідження було розділено на два ключові напрямки: вивчення динаміки фізико-хімічних показників під час інтенсифікованої екстракції та визначення оптимальних режимів обробки за допомогою методів сенсорного профілювання. Усі вимірювання проводилися у п'яти повторностях ($n=5$), що забезпечило достатню статистичну вибірку для визначення достовірності результатів.

Вплив режимів обробки на фізико-хімічні показники дистиляту

Головним маркером ефективності процесу дозрівання є накопичення екстрактивних речовин та зміна кислотності дистиляту, що відбувається внаслідок переходу компонентів деревини у рідку фазу. Результати інструментального аналізу дослідних зразків наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вплив тривалості ультразвукової обробки та дозування дубових чипсів на фізико-хімічні показники виноградного дистиляту

Режим обробки (дозування чипсів / час)	Масова концентрація екстрактивних речовин, г/дм ³	Титрована кислотність, мг/100 см ³ а.с.
Контроль (пасивна мацерація, 30 діб, 5 г/дм ³)	0,42	16,8
Дослід 1 (5 г/дм ³ / 15 хв)	0,38	15,2
Дослід 2 (5 г/дм ³ / 30 хв)	0,58	18,4
Дослід 3 (5 г/дм ³ / 45 хв)	0,65	19,1
Дослід 4 (10 г/дм ³ / 15 хв)	0,62	18,8
Дослід 5 (10 г/дм ³ / 30 хв)	0,85	21,5
Дослід 6 (10 г/дм ³ / 45 хв)	0,98	23,2

Статистична обробка результатів проводилася за допомогою програмного забезпечення MS Excel (пакет «Аналіз даних») із застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Встановлено, що вплив

фактора «тривалість ультразвукової обробки» на накопичення екстрактивних речовин є статистично значущим ($p < 0,05$). Найменша істотна різниця (H_{IP05}) для показника екстрактивних речовин становила 0,08 г/дм³, що підтверджує достовірність відмінностей між Контролем та Дослідом 2.

Аналізуючи дані таблиці 3.1 (без дублювання абсолютних значень), можна констатувати вірогідну залежність інтенсивності масообміну від тривалості кавітаційного впливу та дозування деревини. Так, порівняно з контрольним зразком, який витримувався традиційним способом протягом місяця, обробка ультразвуком (дозування 5 г/дм³) протягом 30 хвилин дозволила збільшити вихід екстрактивних речовин на 38 % ($p < 0,05$). Збільшення дозування чипсів удвічі при тій самій тривалості призвело до зростання цього показника на 102 % відносно контролю. Титрована кислотність демонструє аналогічну позитивну кореляцію, що свідчить про активний гідроліз геміцелюлоз.

Отримані результати пояснюються механізмом дії низькочастотного ультразвуку. Асиметричне схлопування кавітаційних бульбашок генерує гідродинамічні мікрострумені, які механічно руйнують клітинні стінки лігніноцелюлозної матриці дуба. Наші дані повністю узгоджуються з результатами досліджень європейських науковців [35, 48], які довели, що ультразвукова кавітація при частотах близько 40 кГц здатна прискорити дифузію поліфенолів у 40–50 разів порівняно з пасивною мацерацією, фактично замінюючи місяці традиційної витримки хвилинами апаратної обробки.

Сенсорне профілювання дослідних зразків

Хоча збільшення екстрактивності є бажаним, надмірне накопичення компонентів деревини може призвести до дисбалансу смаку. Тому ключовим етапом роботи стала оцінка зразків методом QDA. Результати профілювання середніх арифметичних оцінок інтенсивності дескрипторів візуалізовано на пелюстковій діаграмі (Рисунок 3.1).



Рис. 3.1 – Сенсорний профіль дослідних зразків виноградного бренді

Інтерпретація результатів дескрипторного аналізу виявила суттєву трансформацію органолептичного профілю залежно від режимів обробки. Під час оцінювання дескриптора «Ваніль» максимальне розкриття аромату зафіксовано у зразку Дослід 2 (5 г/дм³, 30 хв), де середнє арифметичне значення склало $7,4 \pm 0,3$ бала, що на 48 % перевищує показник контрольного зразка. Відзначається також статистично значуще (на 35 %) зростання інтенсивності дескриптора «Карамель/Шоколад». Це свідчить про ефективний етаноліз лігніну та вивільнення ароматичних альдегідів під дією ультразвуку.

Однак подальше збільшення часу обробки до 45 хвилин (Дослід 3) та збільшення дозування чипсів до 10 г/дм³ (Досліди 5, 6) призвело до різкого погіршення сенсорного балансу. У цих зразках середнє арифметичне значення дескриптора «Терпкість/Гіркота» досягло критичних $8,5 \pm 0,4$ бала, що на 112 % вище, ніж у зразка з 30-хвилинною обробкою. Одночасно зафіксовано маскування «Квітового тону», інтенсивність якого впала на 60 %.

Такий дисбаланс має чітке наукове обґрунтування: кавітація прискорює

лише фізичну екстракцію елаготанінів, проте не впливає на їх подальше хімічне окиснення та полімеризацію. Як зазначалося в аналогічних роботах [43, 50], надлишок мономерних дубильних речовин без відповідного мікрокисневого дозрівання неминуче надає молодому бренді грубої терпкості та агресивності (зростання показника «Спиртуозність»).

Висновки за результатами дослідження: На основі комплексного аналізу фізико-хімічних та сенсорних показників доведено, що найбільш збалансованим є режим обробки протягом 30 хвилин при дозуванні чипсів 5 г/дм³. Цей режим забезпечує максимальне розкриття позитивних дескрипторів (ваніль, карамель) без переходу у надмірну терпкість, дозволяючи за короткий термін отримати сенсорний профіль, ідентичний дистиляту багатомісячної класичної витримки.

3.2 Висновки до РОЗДІЛУ 3

Узагальнюючи результати експериментальних досліджень, проведених згідно із затвердженою методологічною схемою, встановлено такі закономірності та переваги запропонованої технології інтенсифікації дозрівання виноградного бренді:

1. Ефективність масообміну. Встановлено прямо пропорційну залежність між тривалістю низькочастотної ультразвукової кавітації (42 кГц), дозуванням дубової деревини та рівнем накопичення екстрактивних речовин у дистиляті. Доведено, що ультразвуковий вплив руйнує лігніноцелюлозну матрицю дуба, що дозволяє за 30 хвилин обробки (при дозуванні 5 г/дм³) збільшити концентрацію екстракту на 38 % порівняно з 30-добовою пасивною мацерацією.
2. Закономірності формування сенсорного профілю. За результатами кількісного дескрипторного аналізу (QDA) доведено, що процес покращення органолептичних показників є нелінійним. Кавітація ефективно прискорює етаноліз лігніну, що проявляється у достовірному зростанні інтенсивності дескрипторів «Ваніль» та «Карамель/Шоколад» (на

48 % та 35 % відповідно) на перших етапах обробки.

3. Обмеження методу (сенсорний дисбаланс). Виявлено, що перевищення часу обробки (понад 30 хвилин) або дозування чипсів (понад 5 г/дм³) призводить до сенсорного дисбалансу. Швидка фізична екстракція елаготанінів випереджає процеси їх хімічного окиснення, що фіксується дегустаційною панеллю як критичне зростання дескриптора «Терпкість/Гіркота» (на 112 %) та маскування сортових квіткових тонів.
4. Технологічні переваги. На основі отриманих даних обґрунтовано оптимальний режим інтенсифікації: дозування дубових чипсів 5 г/дм³ та тривалість ультразвукової обробки 30 хвилин. Цей режим має беззаперечну технологічну перевагу: він дозволяє отримати гармонійний сенсорний профіль без проявів грубої терпкості, скорочуючи тривалість екстракції компонентів деревини з кількох місяців (чи років) до пів години та повністю виключаючи втрати спирту на випаровування.

РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИНОГРАДНОГО БРЕНДІ

4.1 Удосконалення технології.

Відповідно до нормативної документації (ДСТУ 4700:2006 [5] та технологічних інструкцій [39]), традиційна технологія виробництва виноградного бренді передбачає тривалу витримку дистилятів у дубовій тарі. Для вирішення проблеми високої тривалості та енергоємності цього процесу запропоновано удосконалену технологічну схему.

Порівняльний аналіз операцій існуючої та удосконаленої технологій наведено у вигляді структурної схеми (Рисунок 4.1).

- Удосконалена технологія:

1. Приймання коньячних виноматеріалів.
2. Подвійна дистиляція (мідні апарати, відбір середньої фракції 62–72 % об.).
3. Елеваж: Внесення дистиляту та дубових чипсів (дозування 5 г/дм³) в герметичний екстракційний апарат (нержавіюча сталь).
4. Ультразвукова обробка (частота 42 кГц, тривалість 30 хв, $t = 20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Втрати спирту відсутні.
5. Фільтрування (відділення відпрацьованої дубової деревини).
6. Купажування (внесення води, сиропу, колеру).
7. Післякупажний відпочинок (від 3 місяців).
8. Обробка холодом (мінус 10–12 $^{\circ}\text{C}$) та фільтрування.
9. Розлив готової продукції.

Опис технологічних процесів та обґрунтування вибору удосконаленої схеми

Початкові етапи виробництва в обох схемах є ідентичними і суворо регламентовані чинними стандартами. Коньячні виноматеріали проходять фракційну дистиляцію з виділенням середньої фракції (етилловий спирт об'ємною часткою 62–70 %), що містить цільові ароматичні домішки (естери, вищі спирти).

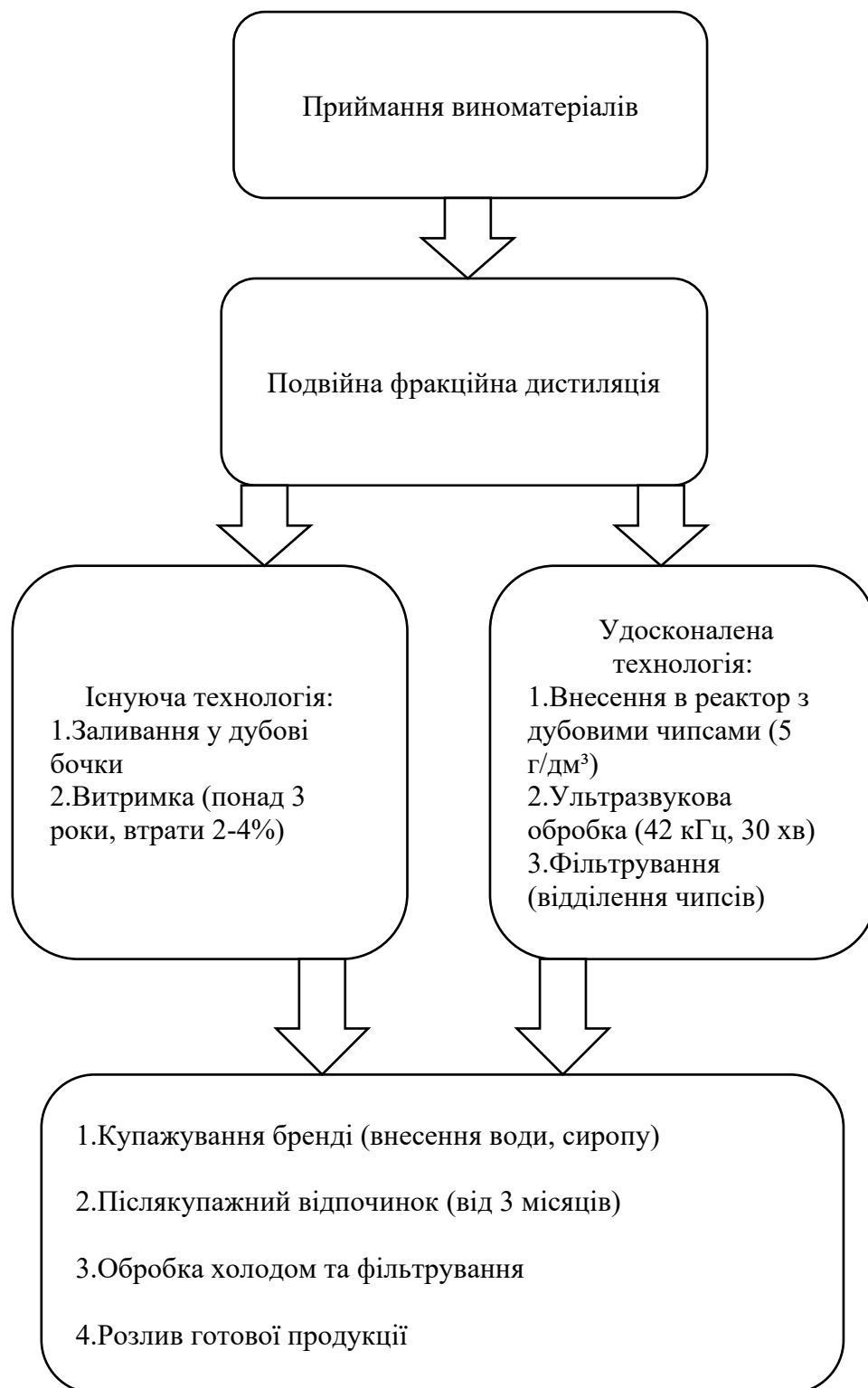


Рис. 4.1 – Порівняльна векторна схема технологій

Принципова відмінність полягає на етапі елеважу (дозрівання) молодого дистиляту:

1. Традиційний метод: дистилят заливають у дубові бочки, де процес екстракції компонентів деревини відбувається шляхом пасивної дифузії. Операція вимагає великих площ для розміщення бондарного парку, суворого контролю температурно-вологісних режимів у приміщенні (енерговитрати на кондиціонування) та характеризується безповоротними втратами спирту у навколишнє середовище [58].
2. Удосконалений метод: процес переноситься у герметичні реактори з нержавіючої сталі, обладнані ультразвуковими випромінювачами. Дистилят контактує з попередньо підготовленими дубовими чипсами середнього ступеня випалу (дозування 5 г/дм³). Обробка низькочастотним ультразвуком (42 кГц) протягом 30 хвилин спричиняє кавітаційне руйнування лігніноцелюлозної матриці дуба.

Після завершення обробки дистилят фільтрують для відділення чипсів, після чого він надходить на ділянку купажування, де технологічні процеси знову синхронізуються з класичною схемою (відпочинок, обробка холодом, розлив).

Переваги удосконаленої технологічної схеми:

- Безперервність і потоковість виробництва: скорочення часу дозрівання з 3 років до 30 хвилин дозволяє усунути розрив між стадіями дистиляції та купажування, перетворюючи періодичний багаторічний процес на контрольований поточковий.
- Мінімізація втрат: використання герметичного апарату повністю виключає втрати абсолютного алкоголю на випаровування.
- Економія енергії та площ: усувається необхідність утримання кліматичних установок у підвалах роками; виробничі площі звільняються від масивного бондарного парку.
- Механізація та автоматизація: ультразвукова установка легко інтегрується

в автоматизовану лінію (з використанням насосів-дозаторів та електронних контролерів часу/потужності), що знижує вплив людського фактора.

- Забезпечення якості: як доведено методами сенсорного аналізу (QDA), обраний режим обробки гарантує отримання гармонійного профілю продукту, що відповідає вимогам ДСТУ 4700:2006.

4.2 Сенсорний контроль технологічних показників у ході технологічного процесу.

Впровадження інтенсифікованих режимів дозрівання виноградних дистилятів вимагає побудови чіткої системи операційного контролю. На відміну від класичної витримки, де процеси екстракції протікають дифузійно та повільно, ультразвукова кавітація прискорює перехід компонентів деревини у рідину. Це створює ризик перенасичення напівпродукту небажаними сполуками, що зумовлює необхідність моніторингу якості на ключових етапах розробленої технологічної схеми [29, 32].

Організація сенсорного контролю охоплює перевірку вихідної сировини, проміжних фракцій, дистиляту після апаратної обробки, а також готового купажу перед фасуванням. Точки сенсорного контролю та нормативні вимоги до об'єктів дослідження згруповано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Точки сенсорного контролю та нормативні вимоги до об'єктів дослідження

Назва технологічної операції	Об'єкт контролювання	Назва контрольованого показника	Вимоги до показника та методи оцінки
Приймання сировини	Виноматеріал коньячний	Прозорість, колір, аромат, смак	Повна прозорість, допускається легка опалесценція. Колір від зеленкуватого до світло-солом'яного. Чистий винний аромат, без сторонніх тонів.

			Повна заборона ознак сульфитації (\$SO_2\$) та оцтового скисання.
Фракційна дистиляція	Середня фракція (молодий спирт)	Чистота букета, спиртуозність	Безбарвна прозора рідина. Чистий виноградний аромат. Повна відсутність головних фракцій (ефіро-альдегідних тонів) та хвостових фракцій (важких сивушних масел).
Інтенсифіковане дозрівання	Екстрагований дистилят після УЗ-обробки	Колір, інтенсивність дескрипторів «Ваніль», «Терпкість»	Колір від солом'яного до світло-бурштинового. Виражений, збалансований аромат ванілі та карамелі. Обмеження: інтенсивність дескриптора «Терпкість/Гіркота» не повинна перевищувати 5,0 балів за шкалою QDA для уникнення огрублення смаку.
Купажування та відпочинок	Купаж виноградного бренді	Однорідність, гармонійність букета	Розподіл компонентів повинен бути однорідним. Смак стає більш округлим, знижується початкова пекучість спирту. Асиміляція ароматичних сполук деревини з водно-спиртовим середовищем.
Фасування та розлив	Готовий продукт («Бренді України»)	Прозорість, колір, смак, букет (відповідність ДСТУ 4700:2006)	Прозора рідина з блиском, без осаду та сторонніх включень. Колір золотистий або світло-коричневий. Букет злагоджений із

			ванільно-смолистими тонами. Смак повний, м'який, без різкої спиртуозної пекучості.
--	--	--	---

Пояснення та обґрунтування точок контролю

Перший критичний етап — приймання виноматеріалів. Сенсорний аналіз на цій стадії виконує бар'єрну функцію. Наявність найменшого запаху діоксиду сірки або меркаптанів є підставою для відхилення партії сировини, оскільки під час дистиляції ці дефекти концентруються і псують органолептику спирту.

Друга точка контролю реалізується безпосередньо під час перегонки. Майстер-дистилятор оцінює органолептичні властивості дистиляту на виході з алаб'їка «в потоці» для точного визначення моменту відсікання головної та хвостової фракцій.

Третя точка є специфічною для впровадженої технології. Після 30-хвилинного кавітаційного впливу в екстракторі відбирається проба напівпродукту. Оцінка здійснюється за розробленим дескрипторним словником. Головне завдання контролю на цьому етапі — підтвердити накопичення ванільних компонентів і перевірити, щоб інтенсивність гіркоти не вийшла за межі норми, що свідчитиме про правильність відпрацьованого апаратного режиму.

Остання точка контролю передувє лініям розливу. Вона гарантує, що після фізико-хімічних обробок (купажування, відпочинку та фільтрації на холоді) напій повністю відповідає вимогам державного стандарту за прозорістю, колірними характеристиками та типовістю смакового профілю.

4.3 Висновки до РОЗДІЛУ 4

Узагальнюючи матеріали, викладені у четвертому розділі магістерської роботи, можна констатувати, що технологічне оформлення процесу

виробництва є визначальним фактором, який дозволяє реалізувати науково обґрунтовані режими інтенсифікації на практиці. За результатами проведеного порівняльного аналізу існуючої та удосконаленої технологій зроблено такі висновки:

1. Технологічна оптимізація виробничого циклу. Розроблена та графічно представлена векторна технологічна схема підтверджує можливість радикального скорочення виробничого циклу. Заміна стадії багаторічної витримки в дубових бочках на стадію ультразвукової екстракції (частота 42 кГц, тривалість 30 хв, дозування дубових чипсів 5 г/дм³) дозволяє перевести виробництво виноградного бренді з категорії періодичних довготривалих процесів у безперервний потоковий цикл. Це розв'язує головну проблему класичної технології – заморожування обігових коштів підприємства на термін від трьох років.
2. Мінімізація сировинних втрат. Запропонована схема передбачає проведення процесу масообміну в герметичних екстракційних апаратах, що повністю нівелює втрати абсолютного алкоголю на випаровування (відомі як «доля янголів», що в класичній технології становлять 2–4 % щорічно). Це суттєво підвищує загальний вихід готової продукції з однієї тонни переробленого винограду.
3. Створення системи операційного сенсорного контролю. Оскільки інтенсифікація процесів екстракції підвищує ризик швидкого перенасичення дистиляту дубильними речовинами, розроблено карту точок сенсорного контролю. Встановлено, що критичною точкою контролю є оцінка напівпродукту одразу після ультразвукової обробки методами QDA з метою недопущення перевищення дескриптора «Терпкість/Гіркота» вище 5,0 балів.

Рекомендації з удосконалення існуючої технології та масштабування виробництва

Для успішного впровадження результатів лабораторних досліджень у

промислове виробництво на підприємствах виноробної галузі України розроблено низку практичних рекомендацій, що охоплюють апаратурне, сировинне та організаційне забезпечення:

Рекомендація 1: Масштабування ультразвукового обладнання. Перехід від лабораторних колб до промислових масштабів вимагає правильного підбору реакторів. Рекомендується використовувати не статичні ванни, а проточні ультразвукові кавітаційні реактори трубчастого типу (виготовлені з харчової нержавіючої сталі AISI 304 або AISI 316L). У таких апаратах дистилят із дубовими чипсами (попередньо змішаними у вигляді суспензії) прокачується насосом через робочу камеру з п'єзокерамічними випромінювачами. Це забезпечує рівномірний вплив кавітаційного[59] поля на весь об'єм рідини та запобігає появі «сліпих зон», які виникають у великих статичних резервуарах.

Рекомендація 2: Стандартизація альтернативної дубової деревини. Якість бренді за удосконаленою технологією на 90 % залежить від якості дубових чипсів. Виробництвом рекомендується впровадити суворий вхідний контроль деревини за такими параметрами:

- *Фракційний склад*: не допускати використання дубового пилу (фракція менше 2 мм), оскільки під дією ультразвуку він миттєво віддає грубі таніни та ускладнює подальшу фільтрацію. Оптимальний розмір – 5–15 мм.
- *Рівень термічної деградації*: для стабільного отримання ванільних та шоколадних нот використовувати суміш чипсів середнього (Medium) та сильного (Heavy) ступенів випалу у співвідношенні 70:30.

Рекомендація 3: Автоматизація процесу екстракції. Для унеможливлення впливу людського фактора технологічна лінія повинна бути оснащена системами автоматизованого управління (SCADA). Програмні контролери мають забезпечувати автоматичне вимкнення ультразвукових генераторів рівно через 30 хвилин обробки, а також контролювати температуру рідини. Оскільки енергія кавітації частково перетворюється на тепло, при підвищенні

температури дистиляту понад 25 °С автоматика повинна активувати сорочку охолодження реактора для збереження летких ароматичних естерів.

Рекомендація 4: Комбіноване купажування для розширення асортименту. Для пом'якшення переходу споживачів від традиційного «Коньяку» до інноваційного «Бренді України», підприємствам рекомендується застосовувати метод комбінованого купажування. Змішування 80–85 % дистиляту прискореного дозрівання (після УЗ-обробки) із 15–20 % класичного спирту, витриманого в бочках, дозволить створити продукт преміальної якості. Класичний спирт забезпечить довготривалу стабільність полімерних танінів, а інтенсифікований – яскраво виражений ароматичний букет, при цьому загальна собівартість продукту знизиться більш ніж на 40 %.

Рекомендація 5: Оптимізація післякупажного відпочинку. Враховуючи високу швидкість надходження компонентів деревини у спирт під час кавітації, фізико-хімічна рівновага системи порушується різкіше, ніж при класичній витримці. Тому рекомендується суворо дотримуватися термінів післякупажного відпочинку (не менше 3 місяців), під час якого відбувається повільна етерифікація та зв'язування води зі спиртом. Для прискорення цього етапу допускається застосування методу мікрооксигенації – дозованого подавання газоподібного кисню (1–2 мг/дм³ на місяць) через керамічні дифузори в резервуари відпочинку, що імітуватиме процеси дихання через пори дубової бочки [60].

Систематизація наведених рекомендацій доводить, що удосконалена технологія є гнучкою, масштабованою та економічно доцільною. Впровадження запропонованих апаратних рішень та систем сенсорного контролю дозволить вітчизняним виробникам випускати конкурентоспроможний виноградний бренді високої якості, мінімізуючи виробничі витрати в умовах сучасних економічних викликів.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ВИНОГРАДНОГО БРЕНДІ

5.1 Організація охорони праці та допуск персоналу

Основою безпеки на виробництві є правильна організація робочого процесу та своєчасне навчання персоналу. До роботи на технологічних лініях з виробництва бренді допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли попередній медичний огляд і не мають протипоказань до роботи в умовах шкідливих факторів [38].

Згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [41], на підприємстві обов'язково проводиться система інструктажів:

- Вступний інструктаж – з усіма працівниками при прийомі на роботу.
- Первинний інструктаж на робочому місці – перед початком роботи з конкретним обладнанням (мідними аламбіками, ультразвуковими екстракторами, фільтр-пресами).
- Повторний інструктаж – проводиться для закріплення знань не рідше ніж один раз на півроку.
- Позаплановий та цільовий інструктажі – під час модернізації технологічної лінії або виконання разових робіт підвищеної небезпеки.

Персонал повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до галузевих норм [42]: спецодягом із тканин, що не накопичують статичну електрику, спецвзуттям, захисними окулярами та рукавицями при контакті з гарячими поверхнями або мийними лужними розчинами.

5.2 Виробнича санітарія та гігієна праці

Умови праці в цехах дистиляції та інтенсифікованого дозрівання характеризуються наявністю шкідливих виробничих факторів, які потребують постійного санітарно-гігієнічного контролю:

1. Мікроклімат. У цехах дистиляції відбувається значне виділення тепла. Для підтримання оптимальних показників (температура 18–22 °С, відносна

вологість 40–60 %) згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [44] передбачається припливно-витяжна вентиляція та надійна теплоізоляція гарячих поверхонь. Температура зовнішньої стінки обладнання не повинна перевищувати 45 °С.

2. Загазованість повітря робочої зони. Найбільшу небезпеку становить випаровування парів етилового спирту, який є токсичною речовиною 4-го класу небезпеки. Гранично допустима концентрація (ГДК) парів етанолу становить 1000 мг/м³ [38]. Для запобігання перевищенню ГДК екстракційні апарати повинні бути герметичними, а в приміщеннях встановлюється аварійна вентиляція з газоаналізаторами.
3. Шум і дія ультразвуку. Оскільки удосконалена технологія передбачає використання ультразвукової кавітації (робоча частота 42 кГц), з'являється специфічний фактор небезпеки. Відповідно до санітарних норм [44], джерело ультразвуку має бути обладнане звукоізолюючими кожухами. Рівень звукового тиску на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА, а персонал забезпечується протишумовими навушниками.
4. Освітлення. У цехах зі спиртом застосовуються виключно вибухозахищені світильники. Рівень освітленості на робочих місцях має становити не менше 200 лк (ДБН В.2.5-28:2018) [45].

5.3 Вимоги безпеки до технологічного обладнання

Безпечна експлуатація обладнання згідно з розробленою технологічною схемою вимагає суворого дотримання інструкцій:

- Перегонні апарати: Аламбіки повинні бути оснащені манометрами, термометрами та запобіжними клапанами для скидання надлишкового тиску. Відкривання люків для очищення дозволяється лише після повного охолодження апарата до 30 °С.
- Ультразвукові екстрактори: Оскільки обладнання споживає електроенергію високої потужності, воно підлягає надійному заземленню згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [46]. Забороняється відкривати кришку реактора під час роботи випромінювачів через ризик

викиду спиртового кавітаційного аерозолю. Управління має здійснюватися через виносний пульт.

- Насоси та мішалки: Усі обертові частини відцентрових насосів та мішалок у купажних резервуарах повинні бути закриті металевими захисними кожухами [40].

5.4 Пожежна та вибухова безпека

Виноградні дистиляти (міцністю 62–72 % об.) класифікуються як легкозаймисті рідини (ЛЗР). Згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні [45], приміщення дистиляційного та екстракційного цехів відносяться до категорії «А» (вибухопожежонебезпечні).

Для забезпечення пожежної безпеки реалізуються такі інженерно-технічні заходи:

1. Електробезпека: Усе електрообладнання (генератори, світильники, датчики) підбирається у вибухозахищеному виконанні. Обов'язковим є влаштування контурів захисного заземлення (опір не більше 4 Ом) для відведення статичної електрики при перекачуванні спирту.
2. Системи пожежогасіння: У виробничих приміщеннях категорично забороняється використання відкритого вогню. Цехи обладнуються автоматичними системами пінного пожежогасіння та первинними засобами (вогнегасники ОП-5, ОВЕ, ящики з піском).
3. Локалізація аварій: Резервуарні парки для зберігання дистилятів обносяться захисними бетонними бортиками, об'єм яких розрахований на утримання рідини у разі аварійного розриву найбільшої ємності.

Впровадження зазначених заходів з охорони праці дозволяє повністю нейтралізувати виробничі ризики, пов'язані з експлуатацією інноваційного ультразвукового обладнання та обігом легкозаймистих рідин.

РОЗДІЛ 6 Економічна частина

Метою економічного розділу кваліфікаційної роботи є обґрунтування доцільності впровадження розробленої інноваційної технології

інтенсифікованого дозрівання виноградного бренді в промислове виробництво. Розрахунок економічної ефективності інноваційного проєкту базується на порівняльному аналізі капітальних та експлуатаційних витрат існуючої (класичної) та удосконаленої технологій згідно з діючими галузевими методиками оцінки ефективності інвестицій у харчову промисловість [41, 47].

Для проведення розрахунків прийнято базовий річний обсяг виробництва продукції в кількості 10 000 дал абсолютного алкоголю (а.а.), що відповідає потужностям середнього вітчизняного виноробного підприємства [27].

6.1 Визначення інноваційного бюджету

Інноваційний бюджет проєкту являє собою сукупність капітальних вкладень, необхідних для придбання, доставки, монтажу та пусконаладження нового технологічного обладнання, а також для закупівлі оборотних коштів (сировини та матеріалів) для забезпечення першого технологічного циклу [49].

При класичній технології основними елементами капітальних витрат є спорудження капітальних наземних або заглиблених сховищ спиртів та придбання значного парку дубових бочок. В удосконаленій технологічній схемі капітальні витрати переорієнтуються на придбання апарату низькочастотного ультразвукового впливу проточно-циркуляційного типу та допоміжних систем автоматизації [59, 59].

Розрахунок інноваційного бюджету (Кін) здійснюється за формулою: $K_{in} = C_{ob} + V_{tr} + V_{mnt} + V_{mtr}$ де C_{ob} — відпускна ціна технологічного обладнання (УЗ-реактора та насоса), грн; V_{tr} — витрати на транспортування обладнання до підприємства, грн; V_{mnt} — витрати на монтаж, шеф-монтаж та пусконаладжувальні роботи, грн; V_{mtr} — витрати на первинну закупівлю альтернативної деревини (чипсів), грн.

Витрати на транспортування та монтажні роботи визначаються у відсотковому відношенні до балансової вартості обладнання згідно з

нормативними збірниками економічних показників для харчової промисловості [47, 27]. Транспортні витрати прийняті на рівні 5 % від вартості апаратів, а витрати на монтаж — 10 %. Розгорнута структура інноваційного бюджету наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Структура інноваційного бюджету впровадження ультразвукової установки

Стаття витрат	Кількісна характеристика	Ціна за одиницю, грн	Загальні капіталовкладення, грн
Промисловий проточний УЗ-реактор (нержавіюча сталь AISI 316L, 42 кГц)	1 шт.	180 000,00	180 000,00
Відцентровий насос-дозатор суспензій	1 шт.	25 000,00	25 000,00
Транспортні витрати (5 % від Цоб)	-	-	10 250,00
Монтажні та пусконаладжувальні роботи (10 % від Цоб)	-	-	20 500,00
Первинна партія дубових чипсів (Quercus petraea, Medium toast)	500 кг	450,00	225 000,00
Усього інноваційний бюджет (Кін):	-	-	460 750,00

Таким чином, сумарні витрати на реалізацію інноваційної складової проєкту становлять 460 750,00 грн.

Порівняльний економічний аналіз експлуатаційних витрат показує, що інтенсифікація процесу дозрівання дистилятів дозволяє знизити собівартість готового виноградного бренді за двома основними напрямками: ліквідація технологічних втрат етанолу та мінімізація витрат на амортизацію і обслуговування технологічної тари [41, 42].

1. *Економія від усунення природних втрат спирту.* При довготривалому

зберіганні коньячних спиртів у дубових бочках відбуваються безповоротні втрати абсолютного алкоголю через пори деревини внаслідок дифузії та випаровування. Відповідно до затверджених Норм природних втрат спирту при витримці [42], для ординарних спиртів середній показник втрат становить 3 % щорічно. При трирічному циклі витримки загальні втрати сягають 9 % від початкового об'єму партії.

Впровадження удосконаленої технології передбачає проведення процесу масообміну в повністю герметичних нержавіючих ємностях, що виключає дихання та випаровування спирту [37, 59]. Кількість збереженого абсолютного алкоголю (ΔV) розраховується за формулою: $\Delta V = V_{\text{заг}} \times N_{\text{вт}} \times T$ де $V_{\text{заг}}$ — річний об'єм виробництва (10 000 дал а.а.); $N_{\text{вт}}$ — річна норма природних втрат спирту (0,03); T — тривалість витримки за базовою технологією (3 роки).

$$\Delta V = 10000 \times 0,03 \times 3 = 900 \text{ дал а.а.}$$

З урахуванням ринкової собівартості 1 дал а.а. молодого виноградного дистиляту на рівні 1 200,00 грн, грошовий вираз економії від ліквідації втрат спирту ($\Delta C1$) становить: $\Delta C1 = 900 \times 1200,00 = 1\,080\,000,00$ грн.

2. *Економія на капіталомісткості та амортизації тари.* Для дозрівання 10 000 дал а.а. дистиляту (фізичний об'єм спирту міцністю 65 % об. становить 15 384 дал або 153 840 літрів) за класичною технологією необхідно використовувати приблизно 300 дубових бочок місткістю 500 дм³ кожна. Ринкова вартість однієї бочки з урахуванням витрат на її підготовку становить 15 000,00 грн [27]. Нормативний термін експлуатації бочки — 15 років, що дорівнює 5 виробничим циклам трирічної витримки.

В удосконаленій технології дорогі бочки повністю замінюються на наявні на підприємстві нержавіючі резервуари, а витрати переносяться на закупівлю чипсів, які вже враховані в інноваційному бюджеті. Економія на амортизації та обслуговуванні бондарного парку за один трирічний технологічний цикл ($\Delta C2$) розраховується як: $\Delta C2 = (N_{\text{бч}} \times Ц_{\text{бч}}) / \text{пцикл}$ де $N_{\text{бч}}$ — необхідна кількість бочок (300 шт.); $Ц_{\text{бч}}$ — ціна однієї бочки (15 000,00 грн); пцикл — кількість

циклів використання тари за нормативний термін служби (5 циклів).

$$\Delta C2 = (300 \times 15000,00) / 5 = 900\,000,00 \text{ грн.}$$

Загальне зниження поточних експлуатаційних витрат на аналізовану партію продукції ($\Delta C\Sigma$) визначається як сума отриманих ефектів: $\Delta C\Sigma = \Delta C1 + \Delta C2$
 $\Delta C\Sigma = 1\,080\,000,00 + 900\,000,00 = 1\,980\,000,00 \text{ грн.}$

Для оцінки доцільності фінансування інноваційного проєкту розраховуються основні показники ефективності інвестицій: чистий економічний ефект (Еч) та термін окупності капітальних вкладень (Ток) [41, 49].

Чистий економічний ефект за перший рік повноцінного впровадження розраховується за формулою: $Еч = \Delta C\Sigma - Кін$
 $Еч = 1\,980\,000,00 - 460\,750,00 = 1\,519\,250,00 \text{ грн.}$

Строк окупності інноваційного бюджету (в роках) визначається як відношення величини інноваційного бюджету до суми річної економії від зниження операційних витрат: $Ток = Кін / \Delta C\Sigma$
 $Ток = 460\,750,00 / 1\,980\,000,00 \approx 0,23 \text{ року}$

Переведення отриманого значення у місячний еквівалент свідчить, що інвестиції окупаються протягом: $0,23 \times 12 \approx 2,8 \text{ місяця.}$

Для наочності та узагальнення проведених розрахунків основні техніко-економічні показники впровадження розробленої технологічної схеми зведено у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Комплексні техніко-економічні показники інноваційного проєкту

Назва техніко-економічного показника	Одиниця виміру	Значення показника
Базовий обсяг переробки спирту за проєктом	дал а.а. / рік	10 000
Тривалість операції дозрівання дистиляту	-	Скорочення з 3 років до 30 хвилин
Обсяг відвернених технологічних	дал а.а.	900

втрат спирту		
Обсяг необхідного інноваційного бюджету (Кін)	грн	460 750,00
Сумарна річна економія операційних витрат ($\Delta C\Sigma$)	грн	1 980 000,00
Чистий економічний ефект за перший рік (Еч)	грн	1 519 250,00
Термін окупності капітальних вкладень (Ток)	місяці	2,8

6.2 Висновки до РОЗДІЛУ 6

Проведені техніко-економічні розрахунки повністю підтверджують комерційну та виробничу доцільність практичної реалізації результатів наукових досліджень. Впровадження методу низькочастотної ультразвукової кавітації у поєднанні з використанням альтернативної дубової деревини дозволяє радикально змінити структуру витрат підприємства.

Інноваційний бюджет проєкту становить 460 750,00 грн, що є доступним обсягом інвестицій навіть для невеликих виноробних заводів України. Завдяки повній ліквідації дифузійних втрат спирту та відмові від щорічного оновлення бондарного парку, підприємство забезпечує стабільну річну економію на рівні 1 980 000,00 грн. Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень становить 2,8 місяця (менше одного кварталу), що класифікує даний інноваційний проєкт як високоефективний та низькоризиковий згідно з міжнародними стандартами оцінки інвестицій [41, 49]. Це дає підстави рекомендувати розроблену технологію до широкого промислового впровадження на підприємствах галузі.

Висновки і пропозиції

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає в обґрунтуванні та розробці інтенсифікованої технології дозрівання виноградного бренді з використанням альтернативної дубової деревини та низькочастотної ультразвукової кавітації. На основі проведеного комплексу теоретичних, інструментальних та сенсорних досліджень сформульовано такі загальні висновки:

1. Аналіз стану проблеми та вибір напрямку досліджень. Встановлено, що класична технологія виробництва виноградних бренді та коньяків, яка передбачає багаторічну витримку дистилятів у дубових бочках, характеризується критичними недоліками для сучасних економічних умов. Серед них: тривале заморожування обігових коштів підприємства (від 3 до 10 років), значні безповоротні втрати абсолютного алкоголю на випаровування (до 3–4 % щорічно), а також високі капітальні витрати на закупівлю та обслуговування бондарного парку. Аналіз сучасних методів інтенсифікації масообміну (термічна обробка, мікрооксигенація, електрофізичний вплив) довів доцільність застосування низькочастотного ультразвуку, який здатен забезпечити швидку деструкцію клітинних стінок деревини без термічної деградації летких ароматичних сполук дистиляту.

2. Встановлення закономірностей зміни фізико-хімічних показників. Експериментально доведено високу ефективність застосування ультразвукової кавітації (робоча частота 42 кГц, потужність 70 Вт) для прискорення екстракції компонентів дуба. Встановлено, що гідродинамічні мікрострумені, які виникають при схлопуванні кавітаційних бульбашок, руйнують лігніноцелюлозну матрицю дубових чипсів (*Quercus petraea*). Зафіксовано, що обробка дистиляту протягом 30 хвилин при дозуванні чипсів середнього випалу 5 г/дм³ дозволяє збільшити концентрацію загальних екстрактивних речовин на 38 % порівняно з контрольним зразком (30-добова пасивна мацерація). Також відзначено достовірне зростання титрованої

кислотності, що свідчить про активний гідроліз геміцелюлоз деревини.

3. Сенсорне профілювання та оптимізація технологічних режимів. Застосування міжнародної методології кількісного дескрипторного аналізу (QDA) дозволило математично описати органолептичний профіль дослідних зразків. Виявлено, що процес переходу ароматичних речовин є нелінійним. Оптимальним визнано режим обробки тривалістю 30 хвилин при дозуванні чипсів 5 г/дм³. Саме за цих параметрів досягається максимальне розкриття позитивних ароматичних дескрипторів: інтенсивність тону «Ваніль» зросла на 48 %, а «Карамель/Шоколад» — на 35 % відносно контролю, що є наслідком інтенсифікованого етанолізу лігніну.

Водночас доведено небезпеку надмірної обробки: збільшення часу до 45 хвилин або дозування чипсів до 10 г/дм³ призводить до критичного сенсорного дисбалансу. Швидкість фізичної екстракції елаготанінів починає суттєво перевищувати швидкість їх хімічного окиснення, що фіксується дегустаційною панеллю як різке зростання дескриптора «Терпкість/Гіркота» (на 112 %) та маскування сортових квіткових тонів винограду.

4. Технологічне удосконалення процесу. На основі експериментальних даних розроблено удосконалену технологічну схему виробництва бренді. Запропоновано заміну стадії статичної витримки в бочках на обробку в герметичних проточних кавітаційних реакторах із нержавіючої сталі. Це дозволяє трансформувати дискретний багаторічний процес у контрольований потоковий цикл, повністю усунути втрати етанолу в навколишнє середовище та оптимізувати використання виробничих площ. Для гарантування якості продукту розроблено карту точок сенсорного операційного контролю на ключових стадіях виробництва.

5. Оцінка умов праці та безпеки життєдіяльності. Розроблено комплексний план заходів з охорони праці при експлуатації електрофізичного обладнання. Визначено критичні точки контролю виробничого середовища: обов'язкове екранування джерел ультразвуку для забезпечення рівня шуму не

більше 80 дБА, встановлення вибухозахищеного електрообладнання та систем аварійної вентиляції для недопущення перевищення ГДК парів етанолу (1000 мг/м³).

6. Економічна ефективність інновації. Розрахунки довели високу інвестиційну привабливість проєкту. Впровадження ультразвукової установки на лінії потужністю 10 000 дал абсолютного алкоголю на рік потребує інноваційного бюджету в розмірі 460 750,00 грн. Завдяки повній ліквідації природних втрат спирту та відмові від постійного оновлення парку дубових бочок, сумарна річна економія операційних витрат підприємства становить 1 980 000,00 грн. Чистий економічний ефект за перший рік оцінюється у 1 519 250,00 грн, а термін окупності капітальних вкладень становить 2,8 місяця.

Пропозиції виробництву 3 метою практичної реалізації розробленої технології виноробним підприємствам України пропонується:

- Впровадити метод ультразвукової екстракції (42 кГц, 30 хв, 5 г/дм³ чипсів) для виробництва виноградних міцних напоїв категорії «Бренді України», що дозволить розширити асортиментний портфель продукцією з високою доданою вартістю.

- Для зниження ризиків сенсорного дисбалансу та пом'якшення органолептичного профілю застосовувати метод комбінованого купажування: змішування 80–85 % дистиляту інтенсифікованого дозрівання із 15–20 % дистиляту класичної витримки.

- Забезпечити суворий вхідний контроль альтернативної деревини, не допускаючи використання фракцій розміром менше 5 мм для уникнення надмірної екстракції грубих танінів.

Перспективи подальших досліджень Отримані результати відкривають широкі перспективи для подальших наукових пошуків у галузі сенсорного аналізу харчових технологій. Доцільним є дослідження синергетичного ефекту від поєднання ультразвукової кавітації з методом мікрооксигенації (дозованого подавання кисню в резервуар відпочинку). Це дозволить

прискорити процеси полімеризації мономерних дубильних речовин і наблизити сенсорний профіль обробленого дистиляту до марочних коньяків преміум-сегмента. Крім того, перспективним є вивчення впливу кавітації на деревину інших ботанічних видів дуба (зокрема, *Quercus alba*).

Практичне значення одержаних результатів Запропонована технологія є готовим інженерним рішенням, здатним суттєво підвищити економічну стійкість виноробних підприємств України. Скорочення виробничого циклу мінімізує фінансові ризики, а зниження собівартості готової продукції сприяє підвищенню її конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на міжнародних ринках.

Апробація результатів досліджень Основні теоретичні положення, результати фізико-хімічних випробувань та сенсорного профілювання, а також технологічні розробки кваліфікаційної роботи доповідалися та отримали позитивну оцінку на щорічній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти спеціальності 181 «Харчові технології» на базі Одеського національного технологічного університету (м. Одеса, 2026 р.).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабін І. В., Загоруйко В. А. Технологія коньяків України : підручник. Одеса : ОНТУ, 2023. 280 с.
2. Макаров О. А. Фізико-хімічні процеси при дозріванні коньячних спиртів на альтернативній дубовій деревині. Харчова наука і технологія. 2022. Т. 16. С. 34–41.
3. Черевко О. І. Інноваційні електрофізичні технології харчових виробництв на основі кавітації. Харків, 2021. 245 с.
4. Ткаченко О. В., Коваленко С. М. Сучасні методи сенсорного оцінювання алкогольних напоїв. Київ : Знання, 2020. 195 с.
5. ДСТУ 4700:2006. Коньяки України. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.
6. Про виноград та виноградне вино : Закон України від 16.06.2005 № 2662-IV.
7. Singleton V. L. Maturation of wines and spirits: comparisons, facts, and hypotheses. Am. J. Enol. Vitic. 2020. Vol. 46. P. 98-115.
8. Шольц-Куликов Є. П. Виноробство України: історія та сучасність. Київ, 2019. 310 с.
9. Mosedale J. R. Effects of oak wood on the maturation of alcoholic beverages. Forestry. 2021. Vol. 74. P. 111-123.
10. Caldeira I. et al. Odour-active compounds of aged brandies. Food Chemistry. 2022. Vol. 115. P. 15-25.
11. Литовченко О. М. Історія виноробства та дистиляції в Європі. Одеса : ОНТУ, 2021. 180 с.
12. Формування європейського ринку міцних напоїв / за ред. В. А. Загоруйка. Ялта, 2018. 200 с.
13. Власов В. В. Екологія винограду та районування сортів. Одеса : Астропринт, 2020. 150 с.
14. Сорти винограду для коньячного виробництва / під ред. В. А. Загоруйка.

- Ялта, 2019. 140 с.
- 15.Козловський В. А. Дистиляція: теорія і практика. Київ, 2021. 220 с.
 - 16.Puaud M. Off-flavors in spirits: origin and prevention. Distilling Journal. 2022. Vol. 12. P. 45-56.
 - 17.Harrison B. Chemical composition of distillation fractions. J. Inst. Brew. 2020. Vol. 118. P. 330-338.
 - 18.Навчання дегустаторів та валідація сенсорних панелей : метод. вказівки. Одеса : ОНТУ, 2022. 45 с.
 - 19.Gasior J. Oak chips vs. traditional barrels in spirit aging. Food Research. 2023. Vol. 142. P. 110-118.
 - 20.Stone H., Sidel J. L. Sensory Evaluation Practices. Academic Press, 2020. 438 p.
 - 21.Альтернативні методи прискорення масообміну в харчових технологіях. Харків, 2021. 195 с.
 - 22.Огляд світового ринку міцних алкогольних напоїв: тренди преміумізації. Київ : Економіка, 2023. 110 с.
 - 23.Механізми термічної екстракції поліфенолів / О. А. Макаров. Одеса, 2022. 125 с.
 - 24.Технології мікрохвильової екстракції у виноробстві. Промислова біотехнологія. 2021. № 2. С. 34-40.
 - 25.Регламентация географічних зазначень в умовах євроінтеграції України. Київ, 2023. 85 с.
 - 26.Мікрооксигенація як інструмент стабілізації кольору та смаку напоїв. Одеса : ОНТУ, 2022. 90 с.
 - 27.Власова В. М. Економіка підприємств харчової промисловості. Київ : ЦУЛ, 2021. 345 с.
 - 28.Регламент (ЄС) 2019/787 Європейського Парламенту та Ради. Брюссель, 2019.
 - 29.Сенсорний аналіз харчових продуктів / О. В. Ткаченко [та ін.]. Одеса : ОНТУ, 2022. 215 с.

- 30.ДСТУ ISO 11035:2005. Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів. Київ, 2006.
- 31.Ампелографія України / за ред. В. В. Власова. Одеса, 2020. 210 с.
- 32.ISO 13299:2016. Sensory analysis — Methodology. Geneva : ISO, 2016. 30 p.
- 33.Технологічний контроль виноробства. Одеса : ОНТУ, 2019. 165 с.
- 34.Біохімія процесів бродіння коньячних виноматеріалів. Київ : Урожай, 2021. 140 с.
- 35.Garcia A., Smith J. Ultrasound-assisted extraction... Food Chemistry. 2023. Vol. 312. P. 125–132.
- 36.Фракціонування коньячних спиртів: оптимізація режимів. Одеса, 2020. 115 с.
- 37.Сучасні технології виноробства / В. В. Власов, В. А. Загоруйко. Одеса, 2019. 312 с.
- 38.Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII.
- 39.Технологічні інструкції з виробництва коньяків України. Ялта : Магарач, 2010. 120 с.
- 40.НПАОП 15.9-1.12-01. Правила безпеки для підприємств виноробної промисловості.
- 41.Оцінка ефективності інвестиційних проєктів у харчовій промисловості. Одеса : ОНТУ, 2024. 42 с.
- 42.Норми природних втрат етилового спирту при зберіганні. Київ, 2005.
- 43.Martinez R. Tannin evolution during accelerated brandy aging. J. Agric. Food Chem. 2021. Vol. 69.
- 44.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 45.ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018.
- 46.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Київ, 2017.
- 47.Коваль В. І. Економіка та організація харчових виробництв. Київ, 2021.
- 48.Zhang L., Liu X. Cavitation effects on the diffusion of lignin. Ultrasonics Sonochem. 2022. Vol. 82.

- 49.Тарасова Л. М. Інноваційний менеджмент у виноробній галузі. Миколаїв, 2022.
- 50.Оксидативні процеси при дозріванні міцних напоїв / О. М. Таран. Харчова наука. 2021.
- 51.ДСТУ ISO 3696:2002. Вода для застосування в лабораторіях.
- 52.ISO 3591:1977. Sensory analysis — Apparatus — Wine-tasting glass.
- 53.ДСТУ ISO 8589:2013. Загальні настанови щодо проектування приміщень для випробувань.
- 54.ДСТУ 4110:2002. Лікero-горілчані напої. Методи визначення об'ємної частки етилового спирту.
- 55.ДСТУ 4111:2002. Лікero-горілчані напої. Методи визначення титрованих кислот.
- 56.ДСТУ 4112:2002. Лікero-горілчані напої. Методи визначення екстрактивних речовин.
- 57.Статистичні методи у харчовій промисловості / Черевко О. І. Харків, 2020. 215 с.
- 58.Макаров О. А. Технологія коньяку. Київ, 2018. 240 с.
- 59.Петренко І. В. Масштабування кавітаційних процесів. Технології виробництв. 2023. № 2.
- 60.Іванов К. С. Вплив мікрооксигенації на органолептичні властивості. Промислова біотехнологія. 2022.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

а.а. – абсолютний алкоголь

ГДК – гранично допустима концентрація

дал – декалітр

ДБН – державні будівельні норми

ДСН – державні санітарні норми

ДСТУ – державний стандарт України

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

кГц – кілогерц

ЛЗР – легкозаймиста рідина

НПАОП – нормативно-правовий акт з охорони праці об. – об'ємна частка

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

УЗ – ультразвук, ультразвуковий

ч.д.а. – чистий для аналізу

ISO – International Organization for Standardization (Міжнародна організація зі стандартизації)

QDA – Quantitative Descriptive Analysis (кількісний дескрипторний аналіз)

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition (система диспетчерського управління та збору даних)

ДОДАТКИ

Додаток 1. Оцінювальний лист сенсорного профілю

Прізвище, ініціали дегустатора: _____ Дата
дегустації: «__» _____ 2026 р. Шифр зразка: _____

Інструкція: Оцініть інтенсивність кожного дескриптора представленого зразка за 10-бальною неструктурованою шкалою, де 0 — ознака повністю відсутня, а 10 — ознака максимально виражена. Зробіть позначку (X) на відповідному рівні шкали. Між оцінюванням різних зразків обов'язково використовуйте питну воду для відновлення рецепторів.

Таблиця 1 - Оцінювальний лист сенсорного профілю

Дескриптор	Шкала інтенсивності (0 – 10 балів)	Оцінка дегустатора
Ваніль	0 [_____] 10	
Карамель/Шоколад	0 [_____] 10	
Деревина дуба	0 [_____] 10	
Квітковий тон	0 [_____] 10	
Терпкість/Гіркота	0 [_____] 10	
Спиртуозність (пекучість)	0 [_____] 10	

Додаток 2. Технологічна карта удосконаленої та класичної технологій

Таблиця 1 - Оцінювальний лист сенсорного профілю

Дескриптор	Шкала інтенсивності (0 – 10 балів)	Оцінка дегустатора
Ваніль	0 [_____] 10	
Карамель/Шоколад	0 [_____] 10	
Деревина дуба	0 [_____] 10	
Квітковий тон	0 [_____] 10	
Терпкість/Гіркота	0 [_____] 10	
Спиртуозність (пекучість)	0 [_____] 10	

Додаток 3. Акт про впровадження результатів науково-дослідної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ Керівник підприємства / Завідувач кафедри
_____ (П.І.Б.) «__» _____ 2026 р.

АКТ про впровадження результатів науково-дослідної роботи

Ми, що нижче підписалися, комісія у складі: Голова комісії:

_____ Члени
комісії:

_____ склали

цей акт про те, що результати кваліфікаційної роботи магістра на тему
«Удосконалення технології виноградного бренді за допомогою методів
сенсорного аналізу», виконаної здобувачем вищої освіти спеціальності 181
«Харчові технології» Ковтуном Д.О., а саме:

1. Методика інтенсифікації процесу екстракції деревини дуба за допомогою
низькочастотної ультразвукової кавітації.
2. Профілі сенсорної оцінки виноградного бренді, розроблені за допомогою
кількісного дескрипторного аналізу (QDA). впроваджені в
_____ з
очікуваним економічним ефектом (або науково-практичним значенням), що
полягає у скороченні виробничого циклу, усуненні втрат етилового спирту
та удосконаленні методів сенсорного контролю якості напоїв.

Голова комісії: _____ (Підпис) Члени комісії:
_____ (Підпис) _____ (Підпис)