

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет агротехнологій та природокористування**  
**Кафедра біотехнології та хімії**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Владислав КОВАЛЕНКО

---

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за бакалаврським рівнем вищої освіти

на тему: «**ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ УПАКОВКИ НА ЯКІСТЬ ПИВА**»

Виконала: Вікторія МИРОНЕНКО

Група: БІО 2101

Науковий керівник: Вікторія ІВЧЕНКО

Рецензент: Володимир ТОКМАНЬ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет агротехнологій та природокористування**

Кафедра біотехнології та хімії  
Освітній ступінь - "Бакалавр"  
Спеціальність – 162 "Біотехнології та біоінженерія"

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”:**  
**Завідувач кафедри**  
\_\_\_\_\_ В.М. Коваленко  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**Мироненко Вікторії Олегівни**  
ІІБ студента

1. Тема роботи " **Вплив матеріалу упаковки на якість пива** "  
Затверджено наказом по університету від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р. № \_\_\_\_
2. Керівник кваліфікаційної роботи к.т.н., доцент Івченко В.Д.
3. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_.
4. Вихідні дані до роботи:
  - *місце проведення досліджень:* ПрАТ «Охтирський пивоварний завод» (м. Охтирка, Сумська обл.), кафедра біотехнології та хімії
  - *методичне забезпечення:* Методичні рекомендації до кваліфікаційної (дипломної) роботи; ДСТУ 3888:2015 Пиво. Загальні технічні умови; ДСТУ 4853:2022 Пиво. Правила приймання та методи відбирання проб; ДСТУ 7103:2020 Пиво. Методи визначення органолептичних показників, об'єму продукції та герметичності закупорювання; ДСТУ 4850:2020 Пиво. Методи визначення масової частки діоксиду вуглецю та стійкості; ДСТУ 4851:2007 Пиво. Методи визначення кольору; ДСТУ 4852:2023 Пиво. Методи визначення кислотності; інструкції з техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії.
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: огляд наукової літератури з обґрунтуванням актуальності теми, підбір методики виконання дослідження, виконання досліджень, формулювання висновків, пропозицій для практичного використання, оформлення списку використаних джерел та додатків.
6. Перелік графічного матеріалу: таблиці з результатами досліджень – 13, рисунки з результатами досліджень – 5.

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
підпис

Вікторія ІВЧЕНКО

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
підпис

Вікторія МИРОНЕНКО

Дата отримання завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

## АНОТАЦІЯ

Мироненко В.О. Вплив матеріалу упаковки на якість пива. – Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю – 162. Біотехнології та біоінженерія – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив різних видів упаковки на збереження якості пива сорту «Охтирське світле».

На основі теоретичного аналізу літературних джерел встановлено, що основними чинниками погіршення якості пива є окислювальні процеси, гідролізні явища та фотохімічні реакції, що активно протікають за наявності кисню, світла та підвищеної температури. Обґрунтовано значення матеріалу упаковки як критичного чинника, що впливає на швидкість цих процесів.

Органолептичний аналіз зразків показав, що пиво, упаковане у скляні пляшки, має найкращі показники прозорості, аромату, смаку та хмelloвої гіркоти. Металева банка забезпечує високий захист від ультрафіолетового випромінювання та кисню, що дозволяє зберігати органолептичні характеристики на високому рівні протягом тривалого часу. Натомість пиво у пластиковій упаковці продемонструвало гіршу стабільність як за органолептичними, так і за фізико-хімічними показниками.

Фізико-хімічний аналіз засвідчив, що показники піноутворення, піностійкості, кислотності, кольору, рН та окисно-відновного потенціалу найбільш стабільні у зразках, упакованих у скляну та металеву тару. Спостерігалось зростання кислотності та зниження ОВП у всіх зразках протягом зберігання, проте темпи цих змін були найменшими для скляної упаковки.

Результати експерименту підтвердили доцільність використання скла та металу як основних матеріалів упаковки для забезпечення стабільності якості пива протягом усього терміну зберігання.

Таким чином, проведене дослідження дало змогу більш детально проаналізувати вплив пакувального матеріалу на збереження якості пива та розробити обґрунтовані рекомендації щодо вибору тари відповідно до очікуваного терміну зберігання й вимог до стабільності продукту.

*Ключові слова: пиво, біотехнологія слабоалкогольних напоїв, матеріал упаковки, фізико-хімічний аналіз, органолептичний аналіз, окисно-відновний потенціал, збереження якості продуктів біотехнологічного виробництва.*

## ANNOTATION

Myronenko V.O. Influence of Packaging Material on Beer Quality. – Bachelor's Qualification Thesis in fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor in specialty 162 – Biotechnology and Bioengineering – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

This qualification thesis investigates the influence of different packaging materials on the preservation of beer quality using the “Okhtyrske Svitle” beer variety as an example.

Based on theoretical analysis of scientific literature, it was established that the main factors contributing to beer quality deterioration are oxidative processes, hydrolytic reactions, and photochemical degradation, which are accelerated by the presence of oxygen, light, and elevated temperature. The importance of packaging material as a critical factor influencing the rate of these processes has been substantiated.

Organoleptic analysis revealed that beer packaged in glass bottles demonstrated the best transparency, aroma, taste, and hop bitterness. Metal cans provided a high degree of protection against ultraviolet radiation and oxygen, ensuring sustained organoleptic characteristics over time. In contrast, beer in plastic packaging showed lower stability in both sensory and physicochemical properties.

Physicochemical analysis confirmed that foam formation, foam stability, acidity, color, pH, and redox potential were most stable in samples stored in glass and metal containers. Although an increase in acidity and a decrease in redox potential were observed in all samples during storage, these changes were least pronounced in the glass packaging.

The experimental results confirmed the feasibility of using glass and metal as the main packaging materials to ensure beer quality stability throughout its shelf life.

Thus, the conducted study allowed a more detailed analysis of the influence of packaging material on beer preservation and made it possible to develop reasoned recommendations regarding packaging selection based on the expected shelf life and required product stability.

*Keywords: beer, biotechnology of low-alcohol beverages, packaging material, physicochemical analysis, organoleptic analysis, redox potential, preservation of biotechnological product quality.*

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- CAE (Capillary electrophoresis) – Капілярний електрофорез
- EBC (European Brewery Convention) – Європейська пивоварна конвенція
- ESR (Electron Spin Resonance) – Електронно-спіновий резонанс
- HS-SDME (Headspace Single Drop Microextraction) – Мікроекстракція з однією краплею у вільному просторі
- HS-SPME (Headspace Solid-Phase Microextraction) – Мікроекстракція твердої фази у вільному просторі
- MIMS (Membrane inlet mass spectrometry) – Мембранна інлетна мас-спектрометрія
- PBS (Polybutylene Succinate) – Полібутилен сукцинат
- PLA (Polylactic acid) – Полілактидна кислота
- PVPP (Polyvinylpyrrolidone) – Полівінілпіролідон
- SBSE (Stir Bar Sorptive Extraction) – Сорбційна екстракція за допомогою мішалки
- SRM (Standard Research Method) – Стандартний метод посилення
- TLC (Thin Layer Chromatography) – Тонкошарова хроматографія
- АФК – Активні форми кисню
- ВЕРХ – Високоєфективна рідинна хроматографія
- ГХ – Газова хроматографія
- ГХ-МС – Газова хромато-мас-спектрометрія
- НАДН – Нікотинамідаденіндинуклеотид
- ОВП – Окисно-відновний потенціал
- ПЕТ – Поліетилентерефталат
- ПЛР – Полімеразна ланцюгова реакція

## ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	13
1.1. Хімічні процеси, що впливають на збереження пива	13
1.2. Роль упаковки у збереженні якості пива	15
1.3. Місце біотехнологій у контролі якості пива	19
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1. Матеріали дослідження (характеристика сорту пива «Охтирське світле»)	23
2.2. Методи дослідження	24
2.2.1. Органолептичні методи аналізу пива	24
2.2.2. Фізико-хімічні методи аналізу пива	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ УПАКОВКИ НА ЯКІСТЬ ПИВА	31
3.1. Особливості біотехнології виробництва пива «Охтирське світле»	31
3.2. Вплив матеріалу упаковки на органолептичні властивості пива	32
3.3. Вплив матеріалу упаковки на фізико-хімічні показники пива	34
3.3.1. Дослідження показників якості піни та густини пива	34
3.3.2. Дослідження показників кольоровості пива	35
3.3.3. Дослідження показників кислотності пива	36
3.3.4. Дослідження окисно-відновних процесів у пиві	38
3.4. Вплив упаковки на антиоксидантні властивості пива	39
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44
ДОДАТКИ	49

## ВСТУП

Поняття «якість харчового продукту» тісно пов'язане з його терміном придатності та рівнем безпечності. У процесі зберігання і реалізації будь-яких харчових продуктів відбуваються фізико-хімічні, мікробіологічні, гідролітичні та окислювальні процеси, які можуть впливати на їхню якість. Для пивної продукції однією з головних причин «старіння» пива є розвиток окислювальних процесів, що змінюють склад продукту і знижують його органолептичні характеристики. Визначення оптимальних термінів зберігання потребує комплексного підходу, який включає аналіз сировини, типів упаковки, а також застосування методів систематизації виробничого досвіду, оптимізаційного моделювання і промислових досліджень. Актуальною проблемою є дослідження впливу матеріалу упаковки на якість пива.

В Україні ця тема ще недостатньо розглянута, хоча є певні роботи про дослідження впливу скла, пластику та металевої банки на процеси окислення пива. Такі дослідження теж проводяться на виробництві. Однак більшість з них відноситься до комерційної таємниці. Світові дослідження вказують на необхідність систематичного аналізу вибору тари залежно від типу пива, регіональних особливостей транспортування та споживання. Зокрема, роботи вчених з Японії, Німеччини та Данії підтверджують, що інтеграція інноваційних матеріалів, та сенсорних систем, може значно покращити зберігання пива.

Отже, тема впливу матеріалу упаковки на якість пива є важливим напрямком досліджень, оскільки цей аспект забезпечує можливість глибше зрозуміти механізми деградації органолептичних властивостей напою під час зберігання. Питання, пов'язані з порівняльним аналізом сучасних матеріалів для упаковки та їх вплив на процес «старіння» пива, потребують подальшого дослідження.

Наша робота є важливою спробою отримати експериментальні дані щодо впливу скла, пластику та металу на збереження пива на прикладі сорту

«Охтирське світле», а також розробити практичні рекомендації для оптимізації процесів зберігання.

**Метою роботи** є визначити вплив різних матеріалів упаковки (скло, пластик, метал) на термін зберігання та якість пива сорту «Охтирське світле», зокрема на його органолептичні характеристики та фізико-хімічні показники, а також надати рекомендації щодо оптимального вибору упаковки для забезпечення максимальної стабільності продукції.

**Об'єкт дослідження** – пиво сорту «Охтирське світле» в різних видах упаковки (скло, пластик, метал).

**Предметом дослідження** є проведення аналізу органолептичних та фізико-хімічних показників пива сорту «Охтирське світле» для становлення впливу матеріалів упаковки (скло, пластик, метал) на якість, стабільність та термін зберігання продукту.

**Завдання роботи:**

- здійснити теоретичний аналіз хімічних та біотехнологічних процесів, що впливають на якість пива, а також дослідити роль упаковки у забезпеченні стабільності продукту;
- обґрунтувати вибір об'єкта дослідження, підібрати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю якісних показників пива;
- описати методику та методи дослідження, які використовуються для оцінки якості пива в різних типах упаковки;
- провести аналіз впливу різних видів пакувальних матеріалів на органолептичні та фізико-хімічні характеристики пива (піностійкість, піноутворення, густину, кольоровість, рН, титровану кислотність, окисно-відновний потенціал) та сформулювати практичні рекомендації щодо впливу пакувальних матеріалів на показники якості, стабільності та терміну зберігання продукту.

**Практичне значення:** результати досліджень щодо впливу різних видів упаковки є важливими для подальшого моніторингу якості пивної продукції та оптимізації умов її зберігання. Отримані дані можуть бути використані

підприємствами пивоварної галузі для вибору ефективних матеріалів упаковки, що сприятиме збереженню органолептичних властивостей та подовженню терміну придатності напою.

Елементи роботи можуть бути використані для вдосконалення технологій виробництва та зберігання пива, а також під час викладання курсу «Біотехнології харчових продуктів» у вищому навчальному закладі.

**Інформаційна база дослідження:** нормативна документація, наукові публікації вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали наукових конференцій і досліджень, наукова та навчальна література із заданої тематики.

У роботі використовувались наступні **методи:** логіко-аналітичні, візуальні методи (складання схем, діаграм, таблиць), критичного аналізу літератури, вимірювальні (титрування, ареометрія, фотоелектроколориметрія, потенціометрія), органолептичний метод.

**Особистий внесок автора** полягає в безпосередній участі у виробничій практиці на ПрАТ «Охтирський пивзавод» (Сумська область) у 2024 році, проведенні збору матеріалу і систематизації отриманих даних, камеральній обробці даних, у формуванні відповідних висновків. Аналіз результатів дослідження здійснювався сумісно з науковим керівником.

**Апробація результатів роботи.** Результати дослідження були висвітлені на Всеукраїнській науковій конференції студентів і аспірантів, присвяченій Міжнародному дню студента (18–22 листопада 2024 р.) та у науковому журналі «Вісник Сумського національного аграрного університету».

**Публікації.** За матеріалами досліджень автор має 2 публікації (Додатки А та Б).

**Структура та обсяг роботи:** складається з трьох розділів, висновків, списку використаної літератури з 45 найменувань, в тому числі 25 іноземними мовами, додатків. Загальна кількість сторінок комп'ютерного набору становить 60 сторінок, що містять 5 рисунків і 13 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

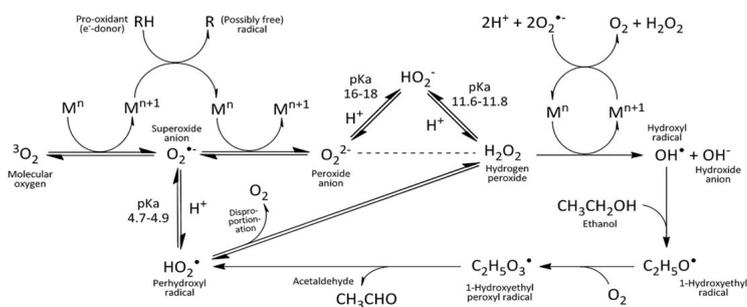
## ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ УПАКОВКИ НА ЯКІСТЬ ПИВА

## 1.1. Хімічні процеси, що впливають на збереження пива

Збереження якості пива є складним процесом, що залежить від ряду хімічних реакцій, які відбуваються в напої під час його зберігання. Основними факторами, що впливають на стабільність пива, є окислювальні процеси, фотохімічні реакції, гідролізні явища.

Окислення пива є ключовим процесом, що суттєво впливає на його органолептичні властивості [27]. На молекулярному рівні цей процес відбувається через дію активних форм кисню (АФК) – високоактивних молекул, які утворюються внаслідок взаємодії кисню з перехідними металами, такими як залізо, мідь і марганець, наявними в пиві. Основними АФК є гідроксильні радикали і супероксид-аніони, утворення яких ініціюється через каскад реакцій, наприклад реакції Фентона та Хабера-Вайса. Їх вплив на стабільність пива детально вивчали у Берлінському технічному університеті [40].

Науковці виявили, що ці метали сприяють перенесенню електронів, активуючи кисень та утворюючи активні форми кисню, як показано на схемі 1.1. Окрім того, деякі відновники, зокрема аскорбінова кислота та фенольні сполуки (особливо 3',4',5'-тригідроксифлавіни), можуть посилювати ці реакції, відновлюючи метали до їх нижчих валентних станів [30; 40].



J Institute Brewing, Volume: 127, Issue: 4, Pages: 348-357, First published: 28 October 2021, DOI: (10.1002/ib.673)

Схема 1.1. Механізм реакції Фентона та Хабера-Вейса та утворення активних форм кисню, де M = перехідний метал (Fe, Cu або Mn)

Такі процеси призводять до деградації основних смакових компонентів, зменшуючи свіжість та аромат напою. Для запобігання окисленню важливо не лише обмежувати надходження кисню, а й знижувати вміст каталітичних перехідних металів у пиві [31].

Крім того, неприємний «картонний» смак надають пиву окисленні ненасичені жирні кислоти, особливо лінолева кислота. В результаті утворюються альдегіди, зокрема транс-2-ноненаль. Залишкові концентрації транс-2-ноненалу навіть у малих дозах можуть суттєво погіршити якість пива [21]. Окислення жирних кислот також залежить від рівня кисню та температури: при високих температурах процес відбувається значно швидше, що прискорює утворення небажаних ароматичних сполук [41].

Швидкість реакції окислення також залежить від концентрації кисню в пиві, яка повинна бути не більше 0,1 мг/л після розливу. Високий вміст кисню також прискорює інші хімічні реакції, що призводить до погіршення смакових та ароматичних властивостей пива [31]. Для дотримання вказаної концентрації кисню під час розливу пивної продукції, тару спочатку заповнюють вуглекислим газом, а потім заповнюють пивом шляхом його витіснення. Це відбувається на конвеєрних лініях, максимально герметично.

Дослідження показують, що при підвищенні температури з 5°C до 25°C швидкість окислення збільшується в 4-6 разів, оскільки температура активує хімічні реакції, що сприяють утворенню побічних продуктів окислення, таких як альдегіди та кетони, що негативно впливають на смак пива. Кожні 10 градусів, що додаються до температури зберігання, значно скорочують термін придатності пива [2; 29].

Вплив ультрафіолетового світла також не можна ігнорувати. Під його дією хмільні сполуки, що містяться в пиві, зазнають фотохімічних змін, що призводять до утворення 3-метил-2-бутен-1-тіолу, сполуки з неприємним запахом, схожим на запах сунса. Цей ефект найчастіше спостерігається у пиві, розлитому в прозорі або зелені пляшки, що не забезпечують належного захисту від світла. Темно-коричневе скло або спеціальні полімерні покриття значно

знижують цей негативний ефект, а також застосування стабілізованих хмелевих екстрактів [35].

Гідролізні процеси у пиві впливають на його колоїдну стабільність і можуть спричинити помутніння. Гідроліз білків, полісахаридів та поліфенолів веде до утворення нерозчинних комплексів, які з часом осаджуються, знижуючи органолептичні характеристики напою. Білки під дією протеаз можуть розщеплюватися на пептиди та амінокислоти, що впливає на стабільність піни та структуру пива [44]. Полісахариди, зокрема бета-глюкани і арабіноксилани, можуть зазнавати деградації під впливом гідролітичних ферментів, що впливає на в'язкість і фільтрацію напою. Вплив на ці процеси мають температура зберігання, склад вихідної сировини та технологія фільтрації. Використання стабілізаторів, таких як полівінілпіролідон (PVPP), дозволяє ефективно зменшити негативні прояви поліфенольно-білкового помутніння, а ферментативна обробка на стадії виробництва допомагає запобігти утворенню осадів під час зберігання [42].

Не менш важливим фактором є подовження бродіння пива під впливом кисню. На початковій стадії процесу його наявність необхідна для синтезу стеролів і ненасичених жирних кислот у мембранах дріжджів, що забезпечує їхню життєздатність і здатність до активної ферментації. Оптимальна концентрація розчиненого кисню у суслі сприяє розмноженню дріжджів і створює умови для ефективного бродіння [2; 18].

Однак у подальшому кисень стає небажаним елементом, оскільки його потрапляння може спричинити окислення цукрів, що порушує метаболічний процес утворення спирту.

## **1.2. Роль упаковки у збереженні якості пива**

Традиційні функції упаковки полягають у захисті напоїв від процесів деградації під впливом факторів навколишнього середовища та наданні споживачам інформації про інгредієнти та поживну цінність продукту. Упаковка завжди асоціювалася з інертним матеріалом, який діє як «пасивний»

бар'єр між харчовим продуктом і зовнішнім середовищем, також запобігаючи міграції шкідливих речовин з упаковки в напої [35].

Традиційно для упаковки харчових продуктів використовувалися матеріали такі як картон, скло, метал, а також пластик. Правильний вибір пакувального матеріалу відіграє важливу роль не тільки у збереженні якості та свіжості продукту, а й під час логістичних операцій та зберігання. У таблиці 1.1. узагальнено деякі переваги та недоліки сучасних матеріалів, що використовуються виробниками як тара для напоїв, в тому числі і пива [10; 35].

*Таблиця 1.1.*

**Деякі переваги та недоліки типових матеріалів,  
що використовуються в упаковці напоїв**

<b>Матеріал</b>	<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
Скло	Без запаху та хімічно інертне. Непроникне для газів та парів. Забезпечує збереження свіжості продукту тривалий час без погіршення смаку чи аромату. Добра ізоляція. Різні кольори скла можуть захищати світлочутливий вміст. Прозорий. Можливість вторинної переробки.	Велика вага. Крихкість. Схильність до пошкоджень через внутрішній тиск або термічний удар.
Метал	Універсальність. Фізичний захист. Бар'єрні властивості. Можливість вторинної переробки. (знайти про бочки та з чого роблять банки). Можливість друку інформації про склад.	Алюміній: висока вартість порівняно з іншими металами та матеріалами (наприклад, сталлю). Неможливість зварювання, що робить його корисним лише для виготовлення безшовних контейнерів.
Пластик	Гнучкий і формований. Гнучкий. Хімічно стійкий. Недорогий. Легкий. Широкий діапазон фізичних і оптичних властивостей. Герметичний. Інтегрується у виробничі процеси, де упаковка формується, заповнюється і герметизується на одній лінії.	Змінна проникність для світла, газів, парів і низькомолекулярних речовин. Обмежені можливості повторного використання і переробки.

Упаковка пива виконує декілька важливих функцій:

- фізичний захист, що запобігає механічним ушкодженням напоїв, забезпечуючи амортизацію при ударах і вібраціях під час транспортування;

- біологічний захист від мікроорганізмів, комах, тварин;
- хімічний захист, що зменшує вплив зовнішнього середовища на склад напою, зокрема захищає від дії газів (переважно кисню), змін вологості (її надлишку або втрати), коливань температури та освітлення.

Не менш важливою метою упаковки є уповільнення хімічних процесів, що негативно впливають на фізико-хімічні та органолептичні характеристики пива (табл. 1.2.).

Таблиця 1.2.

### Характеристики різних упаковок пива

Характеристика	Скло	Метал	Пластик
Бар'єрні властивості	Високі, забезпечують захист від зовнішніх чинників	Відмінні герметично ізолюють вміст	Середні залежно від товщини та складу полімеру
Проникність для кисню	0,3 мл/м <sup>2</sup> /день	0,02 мл/м <sup>2</sup> /день	0,3–1,5 мл/м <sup>2</sup> /день
Проникність для вуглекислого газу	Практично відсутня, забезпечує збереження газованості	Мінімальна, зберігає стабільність продукту	Відносно висока, призводить до втрати газованості
Термін зберігання	Найдовший за умови правильного зберігання	Тривалий, за умов цілісного покриття	Скорочений через проникність матеріалу для газів
Захист від ультрафіолетового випромінювання	Високий для темного скла, середній для прозорого	Абсолютний, забезпечує повний захист	Низький, пропускає ультрафіолетові промені
Здатність взаємодіяти з леткими органічними сполуками напою	Відсутня, не змінює аромат та смак	Можлива при пошкодженні покриття	Відносно висока, можливі хімічні реакції із вмістом
Хімічна інертність	Повна, не взаємодіє з напоєм	Висока, але залежить від якості лакового шару	Обмежена, можливе виділення полімерів

Найвищі бар'єрні властивості мають серед інших мають металеві банки. Їх проникність для кисню становить 0,02 мл/м<sup>2</sup>/день при температурі 20°C, що дозволяє зберігати напій без суттєвих змін до 18 місяців. Вони також забезпечують повний захист від ультрафіолетового випромінювання, запобігаючи утворенню 3-метил-2-бутен-1-тіолу, який спричиняє небажаний запах [29].

Скляні пляшки темного кольору зменшують проникнення ультрафіолетового світла на 90-98%, знижуючи ймовірність утворення небажаних тіолів. Однак їх герметичність поступається металевій упаковці. Проникність кисню через скло становить 0,3 мл/м<sup>2</sup>/день, що обмежує термін зберігання до 6-12 місяців [29]. Захист від кисню залежить від якості герметизації ковпачка, що значно впливає на стабільність напою.

Пластикові пляшки характеризуються найнижчими бар'єрними властивостями серед усіх типів упаковки. ПЕТ-пляшки пропускають ультрафіолетове випромінювання, що негативно впливає на якість напоїв. Щоб підвищити захисні властивості матеріалу, до розплавленого грануляту під час виготовлення преформ додають бар'єрні речовини, наприклад, нейлон або амосорб. Ці добавки знижують прозорість пластику, проте це не помітно на виробках з кольорового матеріалу. Альтернативним способом захисту є виготовлення багатошарових ПЕТ-заготовок, де кожен шар містить захисний компонент [16]. Навіть із застосуванням допоміжних полімерів рівень проникності кисню становить 0,3–1,5 мл/м<sup>2</sup>/день при температурі 25°C, що обмежує термін придатності пива до 2-3 місяців. Крім того, пластикові матеріали мають здатність взаємодіяти з леткими органічними сполуками напою, що може змінювати його ароматичний профіль. Використання пластику також створює серйозні екологічні проблеми, тому зараз як новий спосіб покращення упаковки розробляють біополімери [37].

За результатами щорічного міжнародного конкурсу пива «Укрпиво» побудована діаграма, де чітко видно, яка тара є найбільш популярною серед споживачів (див. рис.1.2) [12].



**Рис. 1.2. Найбільш споживча пивна тара**

Отже, пиво в ПЕТ-пляшці обирають значний відсоток споживачів. Наступною за популярністю є скляна тара та металева банка.

### 1.3. Використання біотехнологій для оцінки якості

Біотехнології відкрили нові можливості для вдосконалення процесів контролю якості пива. Завдяки сучасним технологіям можна оперативно визначати хімічні, фізичні та органолептичні характеристики продукту на різних етапах виробництва і зберігання [11].

Основний контроль здійснюється за кількома групами показників:

- органолептичні – включають оцінку смаку, аромату, кольору, прозорості та гіркоти напою;
- фізико-хімічні – охоплюють розрахунок вмісту спирту і справжнього екстракту, початкову екстрактивність сусла, піноутворення та стійкість піни, кислотність, колір, стабільність пива, а також масову частку карбон (IV) оксиду;
- мікробіологічні – передбачають визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, колонієутворюючих одиниць, бактерій групи кишкової палички, наявності нітрозодиметиламіну та нітрозодіетиламіну, патогенних мікроорганізмів (зокрема сальмонел), а також загальної кількості дріжджів і пліснявих грибів [5; 8; 11; 36].

Контроль відбувається за допомогою низки методів, які представлені в таблицях 1.3-1.5. [9; 33; 39].

Таблиця 1.3

### Органолептичні показники пива

Параметри	Методи
Колір	Візуальна оцінка за допомогою стандартної шкали кольорів (наприклад, SRM, EBC); спектрофотометричний метод.
Прозорість	Візуальна оцінка на провіт; нефелометрія для визначення мутності
Аромат	Сенсорний аналіз експертною групою; газова хроматографія для визначення ароматичних компонентів.
Смак	Сенсорний аналіз експертною групою; профілювання смаку(дегустаційний аналіз)
Хмелева гіркота	Сенсорна оцінка хмелю

Таблиця 1.4

### Методи фізико-хімічного аналізу пива

Параметри	Методи
Визначення карбонільних сполук	Електронний язик, методи екстракції (рідинно-рідинна, твердофазна), SBSE у поєднанні з ГХ-МС
Аналіз карбонових кислот	Капілярний електрофорез із коелектроосмотичною зонною електрофорезією
Вимірювання нелетких сполук	Автоматичний метод Дюма, рідинна хроматографія з ультрафіолетовою детекцією
Визначення летких органічних сполук	ГМ-МС з використанням мембранної інлентної мас-спектрометрії (MIMS), твердофазна мікроекстракція (HS-SPME)
Визначення летких сірчаних сполук	ГХ з полум'яно-фотометричним детектором або хемілюмінесцентним детектором, HS-SDME, HS-SPME
Аналіз неорганічних солей та нуклеотидів	Метод ВЕРХ
Вимірювання радикальних форм кисню	Технологія електронного спінового резонансу (ESR), вимірювання хемілюмінесценції
Кількість розчиненого кисню в упаковці	Електроди для кисню
Кількісне визначення SO <sub>2</sub>	Спектрофотометричне вимірювання НАДН після окислення сірчистого газу до сульфату за допомогою ферменту
Мінімальна частка спирту	Газова хроматографія, дистиляція, ферментативні методи
Кількість різних полі фенолів	Спектрофотометрія за кольором, утвореним із ферум-амоній цитратом (600нм), ВЕРХ, ГХ, TLS, САЕ, біосенсиори
Кислотність	Титриметричний, потенціометричний методи
Густина	Гідрометричний, пікнометричний методи

## Продовження табл. 1.4

Кольоровість	Йодометричний метод визначення кольоровості.
Піноутворення, см	Об'ємно-аналітичний метод Бернтсона, манометричний, ваговий
Піностійкість, хв.	Метод визначення часу осідання піни (наприклад, стандартний метод NIBEM або Rudin).
Вміст токсичних елементів	Вольт-амперна фотометрія

Таблиця 1.5

## Методи мікробіологічного аналізу пива

Параметри	Методи
Виявлення, ідентифікація та кількісний підрахунок бактерій і дріжджів	Імунологічні методи/імуноаналіз (наприклад, моноклональні антитіла, імуноблотинг та епіфлюоресцентні антитіла)
	Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР)
	Поєднання технології імуноаналізу з детекцією люмінесценції
	Моноклональний хемілюмінесцентний імуоферментний аналіз із використанням охолодженої цифрової CCD-камери(життєздатний підрахунок зіпсованих бактерій молочної кислоти)
	ГХ для аналізу дикорослих дріжджів
Патогенні організми	Спектрометричний метод

Наприклад, деякі дріжджі здатні окислювати цукри та етиловий спирт до органічних кислот або перетворювати їх на вуглекислий газ і воду. Ці мікроорганізми належать до небажаних контамінантів у пивоварному виробництві. Їх розвиток на поверхні спиртовмісних напоїв супроводжується утворенням щільної зморшкуватої плівки, що спричиняє погіршення органолептичних властивостей, зокрема появу стороннього присмаку й запаху. Додаткову загрозу становлять оцтовокислі бактерії, здатні до спонтанного розвитку, що призводить до скисання пива. Для запобігання цьому пиво необхідно зберігати в герметично заповнених ємностях. У разі початкової стадії скисання можлива стабілізація продукту шляхом пастеризації при температурі 65 °С. [20]. Найчастіше для оцінки якості використовують хроматографію, електронні носи та біосенсори. Кожен із цих методів має свої особливості, які

дозволяють отримати точні результати з мінімальним втручанням у процес виробництва .

Високоєфективна рідинна хроматографія один із найбільш точних підходів для аналізу складових компонентів пива. Прилад дозволяє визначати концентрацію альдегідів, поліфенолів та інші органічних сполук. Наприклад, використання хроматографа дозволяє виявити наявність транс-2-ноненалу в концентраціях до 0,01 мкг/л, який надає небажаний смак [31; 45]. Завдяки цьому виробники можуть вчасно вживати заходів для покращення умов зберігання або транспортування. Газова хроматографія з мас-спектрометрією доповнює цей метод, забезпечуючи детальний аналіз летких речовин. З їх допомогою можна не лише кількісно оцінювати рівень таких альдегідів і кетонів, але й встановлювати їхній вплив на ароматичний профіль продукту .

Іншим цікавим підходом є використання комп'ютерних очей, електронних носів та язиків, які імітують людський нюх. Ці пристрої складаються з набору сенсорів, чутливих до летких сполук, що утворюються в пиві під час його зберігання. Використання такого приладу дозволяє швидко оцінювати властивості продукту без необхідності залучення необхідних експертів [43; 45]. Наприклад, вони можуть визначати зміни в ароматі, спричинені окисленням хмелевих сполук або утворенням 3-метил-2-бутен-1-тіолу. Важливим є те, що електронні носи надають об'єктивні результати, що мінімізує вплив упереджених висновків.

Серед біотехнологічних інструментів для оцінки характеристик пива особливе місце займають біосенсори. Ці пристрої базуються на специфічних біохімічних реакціях, які дозволяють визначати концентрацію певних речовин у напої. Наприклад, вони використовуються для визначення рівня кисню, що є критичним фактором для запобігання окисленню. Крім того, застосовуються для аналізу антиоксидантної активності поліфенолів, які впливають на стабільність пива. Завдяки високій чутливості біосенсори дозволяють виявляти навіть мінімальні концентрації речовин, що є особливо важливим для контролю якості преміальних сортів напою [22; 38].

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Матеріали дослідження (Характеристика сорту пива «Охтирське світле»)

Для досягнення поставленої мети та завдань дипломної роботи проведено дослідження зразків пива «Охтирське світле» (виробник - корпорація Оболонь на потужностях ПрАТ «Охтирський пивоварний завод» (Сумська обл.), розлитих у три види упаковки: скляні пляшки, пластикові пляшки (ПЕТ) та металеві банки. Заявлені виробником характеристики контрольного зразка відповідають ДСТУ для світлого пива, а саме:

- вміст сухих речовин у початковому суслі – 11.0%
- масова частка спирту – 3.44%
- об'ємна частка спирту – 4.4%
- кислотність – 1,2 – 2,8 см<sup>3</sup>\*1моль/дм<sup>3</sup>
- колір – 0,2 – 1,8 см<sup>3</sup>\*0,1моль/дм<sup>3</sup>
- масова частка діоксиду вуглецю – не менше 0,3%
- стійкість піни – 20мм/2хв
- гіркота – 2-30 ОГ

Термін зберігання пива «Охтирське світле» залежить від типу пакування: скло – 150 діб, ПЕТ – 90 діб, кеги – 90 діб [15].

- У процесі виконання дипломної роботи також використовувались: лабораторне обладнання: холодильник, термостат, термометр, секундомір, лінійка, фотоелектроколориметр КФК-2, іономер лабораторний І-160МІ, електрод для вимірювання ОВП (зазвичай скляний корпус із платиновим диском), електрод порівняння (хлорсрібний, каломельний), титрувальна установка, рН-метр рХ-150.

- лабораторний посуд: хімічна склянка висотою 10 см та внутрішнім діаметром 7 см; штатив з кільцем, градуйовані піпетки об'ємом 1, 2, 5, 10 та 20

мл, келих дегустаційний, стерильні циліндричні пробірки, конічні колби, універсальний штатив для пробірок, стерильні пробки, банки для реактивів з гвинтовою пластиковою кришкою, груша та піпетатор поршневий, конічна колба об'ємом 200 см<sup>3</sup>, піпетки, кювети з товщиною поглинаючого шару 1 см.

- реактиви для дослідження: натрій гідроксид, 0,1 моль-екв/дм<sup>3</sup> розчин, дистильована вода.

Зазначений набір обладнання та матеріалів дозволив провести комплексне дослідження якісних характеристик пива в різних умовах зберігання, з подальшою об'єктивною оцінкою впливу типу упаковки.

## **2.2. Методи дослідження**

### **2.2.1. Органолептичний аналіз пива**

Аналіз органолептичних показників обраних зразків пива проводили за допомогою дегустації. Дегустація здійснювалася за дотриманням спеціальних умов, які забезпечували об'єктивність сприйняття. Результати оцінки фіксувалися у дегустаційних листах для подальшого аналізу. Оцінювання зразків пива здійснювали поетапно, з урахуванням загальноприйнятих стандартів аналізу: візуальна оцінка, дослідження аромату, смаку та післясмаку [13; 19].

Кожен етап дегустації мав специфічні вимоги до умов проведення та фіксації результатів, що детально описані нижче.

#### *I. Підготовка зразка та обладнання*

Перед проведенням аналізу забезпечили використання спеціалізованого посуду – келиха для білого вина, який оптимально підходить для розкриття ароматичного профілю пива [24]. Заповнили келих не більше ніж на третину його об'єму для концентрації аромату. Контролювали температуру напою відповідно до його типу. Для лагерів потрібна температура на кілька градусів вище нуля. Для досягнення оптимальної температури, келих обережно крутили в долонях, що сприяло рівномірному нагріванню рідини.

#### *II. Організація дегустаційного простору*

Проведення аналізу здійснювалося у спокійному, не перевантаженому зовнішніми подразниками середовищі. Забезпечили наявність дегустаційного аркуша (Додаток В) та олівця для фіксації отриманих вражень, що сприятиме концентрації уваги та стимулюватиме детальний аналіз смакових і ароматичних характеристик пива.

### III. Наливання зразка

Зразок пива налили так, щоб останній потік рідини направлявся вертикально у центр келиха, що сприяє утворенню оптимального шару піни та вивільненню вуглекислого газу. Цей крок дозволяє отримати додаткову інформацію про карбонізацію зразка.

### IV. Оцінка аромату

На початковому етапі, ще до безпосереднього контакту з рідиною, проводили келих під носом (пристрилювальна дегустація). Далі піднесли келих безпосередньо до носа і зробили кілька коротких вдихів. Зафіксували перші враження, визначили наявність ароматичних нот за допомогою пивної ароматичної спіралі (рис. 2.1.) [14; 17]. Для посилення аромату обережно покрутили келих у долонях. Після аналізу аромату провели огляд зразка у прохідному світлі. Оцінили ступінь прозорості пива, а також звернули увагу на формування та динаміку вивільнення бульбашок діоксиду вуглецю.



Рис. 2.1 – Пивна ароматична спіраль

### *V. Оцінка смаку*

Перехід до смакової оцінки починався з першого ковтка. Приділили увагу тому, як протягом часу змінюються сенсорні відчуття: початково домінує кислотність, після чого поступово послідовно розкриваються солодкість та гіркота. Утримували рідину у роті без поспішного ковтання для того, щоб дозволити слинним і бактеріальним ферментам сприяти вивільненню додаткових ароматичних сполук, що сприймаються ретроназально. Такий підхід дозволяє розрізнити первинні смакові відчуття (солодке, кисле, гірке) від ароматичних характеристик, що інтегруються в загальне органолептичне враження.

### *VI. Оцінка післясмаку*

Після ковтання пива продовжили аналіз шляхом оцінки післясмаку, який може зберігатися протягом деякого часу. Звернули увагу на тривалість і інтенсивність відчуттів, що виникають після ковтання, а також на гармонійність переходу від основного смаку до остаточного згасання післясмаку.

### *VII. Фіксація результатів*

Протокол аналізу відбувався шляхом оцінювання зразків за бальною системою. Найвища оцінка 20 балів, значення окремих показників наведені в шкалі бальної оцінки у табл. 2.3. [1].

*Таблиця 2.1*

### **Шкала бальної оцінки органолептичних властивостей пива**

Показник	Оцінка, бали			
	Відмінно	Добре	Задовільно	Незадовільно
Прозорість	3	2	1	1
Колір	3	2	1	1
Смак	5	4	3	2
Аромат	4	3	2	1
Хмельова гіркота	5	4	3	2

Результат органолептичної оцінки пива виражали сумою балів, отриманих у результаті проведення дегустації (табл. 2.2):

Таблиця 2.2

<b>Відповідність бальної оцінки органолептичним властивостям пива</b>	
<b>Бали</b>	<b>Органолептична оцінка</b>
17-20	Бездоганні аромат і смак, що відповідають даному сорту пива
14-16	Пиво хорошої якості
8-13	Пиво задовільної якості
7 і менше	Пиво незадовільної якості

### 2.2.2. Фізико-хімічні методи аналізу пива

**Визначення якості піни (піностійкість, піноутворення).** Для дослідження піностійкості використовували лабораторний штатив із закріпленим кільцем, верхня точка якого розташовувалася на висоті 25 мм від верхнього краю хімічної склянки. Попередньо пиво доводили до температури 10–12 °С, після чого пляшку відкорковували та розміщували в кільці штатива таким чином, щоб горло пляшки спиралося на нього. Повільне нахилання пляшки забезпечувало рівномірне виливання пива в центр склянки до моменту, коли поверхня піни зрівнювалася з верхнім краєм посудини. У момент різкого розділення шарів піни і рідини вмикали секундомір та вимірювали висоту шару піни за допомогою міліметрової лінійки. Завершенням експерименту вважали повне зникнення піни та утворення на поверхні напою вільних від неї областей. Після цього секундомір вимикали, а час спадання піни фіксували у хвиликах.

Оцінювання якості піноутворення здійснювали за висотою шару піни та часом її спадання. Пляшкове пиво, у якого висота піни становила понад 30 мм, а її спадання тривало щонайменше 4 хвилини, відзначалося як відмінне. Напої з висотою шару піни в межах 15–30 мм та часом її руйнування від 1,5 до 4 хвилин класифікували як такі, що мають добрі або задовільні характеристики. Пиво, у якого висота шару піни не перевищувала 15 мм, а піна спадала за 1,5 хвилини або швидше, вважали таким, що має низьку якість піноутворення.

**Визначення густини пива** здійснювали аерометричним методом. Ареометр занурювали в розчин з температурою 20 °С, вимірювання проводили три рази та розраховували середнє значення.

**Визначення кольору пива** проводили фотоелектроколориметричним методом, використовуючи відповідне рівняння. Метод базується на вимірюванні оптичної густини пива та обчисленні показника поглинання, що характеризує його колір. Наявність колоїдних частинок у складі пива може спричинити значні похибки у вимірюваннях, тому перед проведенням фотометричного аналізу зразки піддавали ретельному фільтруванню.

Після фільтрації пиво наливали у кювету з товщиною поглинаючого шару 1 см, попередньо промиту тим самим зразком пива для уникнення сторонніх впливів. Фотометричне вимірювання проводили при довжині хвилі 540 нм [13]. Оптичну густину визначали щонайменше для трьох зразків. Колір пива розраховували за рівнянням:

$$\text{КП} = \frac{D}{l} \times a \quad (2.1.)$$

де КП – колір пива,  $D$  – оптична густина пива,  $l$  – товщина поглинаючого шару (1 см),  $a$  – коефіцієнт перерахунку оптичної густини, який для 0,1 моль-екв/дм<sup>3</sup> розчину йоду в 100 см<sup>3</sup> пива при довжині хвилі 540 нм дорівнює 0,075.

**Визначення титрованої кислотності пива** здійснювалося відповідно до ДСТУ 4852:2023 із застосуванням алкаліметричного прямого титрування з використанням індикатора фенолфталеїну [7].

Для аналізу використовували пробу пива об'ємом 150–200 см<sup>3</sup>, поміщену у колбу, закриту пробкою зі зворотним холодильником для виходу газів. Після струшування протягом 15 хвилин відібрано 70 см<sup>3</sup> пива, яке перенесено у конічну колбу об'ємом 100 см<sup>3</sup>, нагріто до 35–40°C і витримано за цієї температури 10 хвилин із періодичним струшуванням. Далі пиво охолоджено до 20,0 ± 0,2°C. [13]

Методика передбачала заповнення бюретки титрованим 0,1 н. розчином гідроксиду натрію. За допомогою піпетки відібрано 20 см<sup>3</sup> пива, додано три

краплі розчину фенолфталеїну й відтитровано 0,1 н. розчином NaOH до появи стійкого рожевого забарвлення, що зберігалось щонайменше 30 секунд. Титрування проводилося тричі, додаючи титрант по краплях у безпосередній близькості до точки еквівалентності. Об'єм витраченого титранта фіксувався з точністю до 0,05 см<sup>3</sup>.

Розрахунок кислотності пива здійснювався за формулою:

$$K = \frac{C_{NaOH} \cdot V_{NaOH}}{V_n} \cdot 100 \quad (2.2.)$$

де  $C_{NaOH}$  – концентрація титранта, моль·екв/дм<sup>3</sup> ;  $V_{NaOH}$  – об'єм титранту, витрачений на титрування, см<sup>3</sup> ;  $V_n$  – об'єм проби пива, см<sup>3</sup> ; 100 – коефіцієнт перерахунку на 100 см<sup>3</sup> пива

**Визначення показника рН пива** виконували іонометричним методом відповідно до ДСТУ 4112.24-2002 [4]. Метод базується на електрохімічному принципі, який передбачає вимірювання активності іонів водню (H<sup>+</sup>) у розчині. Для цього використовувався рН-метр рХ-150, обладнаний хлорсрібним електродом, що забезпечує високу точність і надійність отриманих даних.

**Визначення окисно-відновного потенціалу пива** проводили за допомогою іономіра І-160МІ, попередньо відкаліброваного стандартними розчинами з відомими значеннями ОВП [28]. Перед проведенням вимірювань електроди промивали дистильованою водою, після чого занурювали у підготовлений зразок. Для забезпечення точності вимірювання видаляли газові бульбашки, які могли впливати на стабільність показань. Важливим фактором у вимірюванні є температура розчину, тому при проведенні вимірювань використовували температурний датчик. Після досягнення стабільного значення ОВП зчитували результати.

Аналіз проводили на 200 мл напою, попередньо звільненого від діоксиду вуглецю, який наливався у хімічний стакан. Вимірювали значення Eh та рН за допомогою рН-метра, після чого розраховували величину окисно-відновного потенціалу за рівнянням:

$$rH_2 = \frac{Eh}{29} + pH \times 2 \quad (2.3.)$$

де  $E_h$  – окисно-відновний потенціал (мВ), рН – кислотність, а коефіцієнти 29 і 2 є сталими величинами, що використовуються для розрахунку.

**Визначення стійкості пива в споживчій тарі** полягало в оцінці змін його фізико-хімічних характеристик за умов прискореного старіння. Зразки пива піддавали зберіганню в умовах 18-20 °С протягом 7 діб після відкриття тари. Щоденно проводили вимір титрованої кислотності та окислювально-відновного потенціалу за описаною вище методом, що дало змогу оцінити інтенсивність окислювальних процесів, а також встановити взаємозв'язок між типом упаковки та загальним рівнем збереження якості продукту.

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ УПАКОВКИ НА ЯКІСТЬ ПИВА

#### 3.1. Особливості біотехнології виробництва пива «Охтирське світле»

Пиво «Охтирське Світле» належить до категорії світлих лагерів і є представником живого, не пастеризованого пива, що зберігає біологічну активність дріжджів та характеризується вираженим солодовим і хмелевим смаком із помірною гіркотою. Виробництво цього напою здійснюється на акціонерному товаристві «Охтирський пивоварний завод» (Сумська область), що входить до складу корпорації «Оболонь». Цей продукт є прикладом поєднання традицій пивоваріння з інноваційним підходом до забезпечення стабільної якості та збереження органолептичних властивостей пива.

Технологічний процес пивоваріння ґрунтується на застосуванні сучасного високотехнологічного обладнання та ретельно відібраної сировини виключно натурального походження. У якості основної зернової сировини використовують високоякісні сорти ячменю, зокрема Скарлет і Толар, які відзначаються високою екстрактивністю та сприятливими пивоварними характеристиками. Для надання пиву характерного аромату та гіркоти застосовуються добірні сорти хмелю, такі як Зарево, Зміна, Клоні-17 та Поліські сорти, які вирощуються з урахуванням агротехнічних вимог для пивоварного виробництва.

Фізико-хімічний аналіз на Охтирському пивзаводі включає комплекс сучасних методів, серед яких газова хроматографія, титриметрія та спектрофотометрія. Вони дозволяють точно контролювати хімічні процеси, що відбуваються на всіх етапах виробництва. Аналіз фізико-хімічних показників допомагає коригувати процеси бродіння, фільтрації та зберігання, що може знизити витрати на сировину та енергію [11].

Не менш важливим є мікробіологічний контроль. Він сприяє запобіганню розвитку небажаних мікроорганізмів, які можуть негативно вплинути на смак, аромат, стабільність та безпечність продукту. У процесі виробництва пива на

Охтирському пивзаводі використовуються живі пивні дріжджі HeBru 30 (Lager) - німецький штам, який надає м'якості смаку. Методи мікробіологічного аналізу включають посіви на селективні середовища, ПЛР та інші сучасні підходи [11].

У роботі досліджено зразки пива «Охтирське світле» з трьох видів упаковки: скляної пляшки, ПЕТ-пляшки та алюмінієвої банки. Ми провели комплексне дослідження якісних характеристик пива та здійснили порівняльну оцінку впливу кожного типу тари на стабільність показників якості пива протягом зберігання.

### 3.2. Вплив матеріалу упаковки на органолептичні властивості пива

Органолептична оцінка пива є одним із ключових етапів у визначенні його якості. Дослідні зразки аналізували згідно з чинними стандартами та інструкцією технохімічного контролю, зазначеними у табл. 3.1. [4-9; 11; 13].

Таблиця 3.1

#### Органолептичні показники пива

Назва показника	Характеристика
Прозорість	Прозора харчова рідина без осаду і зайвих включень, що не властиві пиву. В процесі зберігання не допускається утворення частинок білково-дубильних з'єднань.
Аромат	Чистий, зброджений солодовий, з хмелевим ароматом, без сторонніх запахів.
Смак	Чистий, зброджений, солодовий з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків
Колір	Колір повинен бути від світло-жовтого до золотистого, прозорий, без осаду. Відповідність заявленому виду пива, без помутнінь та дефектів.
Хмелева гіркота	Ступінь гіркоти, що визначається через смакові відчуття, характерні для пива, в залежності від кількості і виду використаного хмелю. Не повинно бути надмірної гіркоти, яка перебиває інші смакові ноти пива.
Примітка. Додаткові вимоги до органолептичних показників пива встановлює виробник у технологічній інструкції (рецептурі) на кожний сорт пива	

Аналіз здійснювався за п'ятьма показниками: прозорість, колір, аромат, смак і хмельова гіркота. Кожному з них надавався визначений бал, згідно з 20-бальною шкалою. Результати оцінювання наведено у таблиці 3.2. Профіль аромату кожного зразка був оцінений за допомогою сенсорного методу з використанням дегустаційної спіралі (рис.3.1.).

Таблиця 3.2

### Органолептична оцінка пива «Охтирське світле» у різних видах упаковки

Тип упаковки	Прозорість	Колір	Аромат	Смак	Хмельова гіркота	Сума балів
Скло	3	3	4	5	5	20
Пластик	2	2	3	4	4	15
Метал	2	2	3	4	4	15

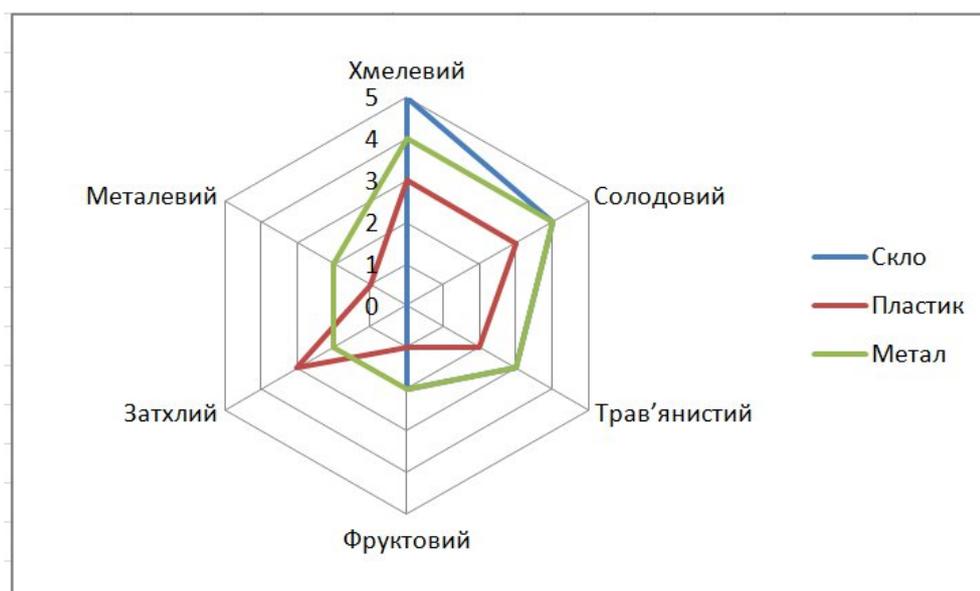


Рисунок 3.1– Профілограма ароматів пива в різних видах упаковки

Аромат пива у скляній пляшці мав класичний солодовий та хмелевий профіль з нотками хлібної скоринки та легким квітковим шлейфом. У зразках з ПЕТ-пляшок аромат був менш інтенсивним, з наявністю ледь вловимих оксидативних відтінків (вологий картон, сірчані ноти). Пиво у металевій банці зберегло гіркувато-солодкий аромат, проте відчувалась легка затхлість.

Хоча результати досліджень Bratu, M.M. et al. (2023) та Fromuth K. et al. (2023) показали, що тип пакувального матеріалу не має основного впливу на концентрацію фенолів у пиві, профілограма ароматів пива в різних видах упаковки вказує, що пластикова й металева упаковки можуть спричиняти деяку зміну фенольних сполук у пиві, що впливає на стабільність смаку під час зберігання [23; 25].

Отже, за результатами органолептичного аналізу зразки пива мають відмінності смаку та аромату. Пиво у скляній тарі найбільш наближене до вимог ДСТУ. Вона найкраще зберігає ароматичний профіль пива, зокрема через меншу проникність до кисню та відсутність взаємодії з упаковкою, а в зразках із металу та ПЕТ відчувається наявність сторонніх ароматів, що погіршує склад летких ароматичних сполук.

### **3.3. Вплив матеріалу упаковки на фізико-хімічні показники пива**

#### **3.3.1. Дослідження показників якості піни та густини пива**

Піноутворення та піностійкість є важливими характеристиками якості пива, що визначають його візуальну привабливість та впливають на споживчі вподобання. Піностійкість пива визначається як проміжок часу від моменту утворення піни до її повного руйнування, що вимірюється в секундах або хвилинах [13].

Пінистість характеризується висотою шару піни, яка утворюється під час переливання пива з відкритої пляшки у мірний циліндр. Формування та стійкість піни залежать від кількості та розміру розчинених бульбашок вуглекислого газу, що виділяються під час наливання пива в бокал, а також від кількості бульбашок повітря, яке захоплюється в процесі наливання. Зменшення розміру бульбашок пива спостерігається при підвищенні масової частки сухих речовин у первинному суслі. Важливо, щоб під час наливання пива у бокал відбувалося утворення стійкої піни.

Густина, у свою чергу, є показником вмісту сухих речовин і впливає на загальну консистенцію напою. Для комплексної оцінки цих властивостей пива

проведено вимірювання висоти утвореної піни, часу її осідання та густини дослідних зразків у різних видах упаковки. Результати експериментів подано у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

### Показники пінності та густини пива у різних видах упаковки

Параметр	Матеріал упаковки		
	Скло	Метал	Пластик
Піноутворення, см	4,2	5,5	5,0
Піностійкість, хв.	5,45	4,53	4,43
Густина, г/см <sup>3</sup>	1,009	1,010	1,010

За результатами дослідження встановлено, що пиво у скляній тарі характеризується найкращим рівнем піностійкості (5,45 хвилини), що свідчить про високу стабільність білкових комплексів, відповідальних за формування та збереження піни. При цьому герметичність металевої тари забезпечила найбільшу висоту піни через краще збереження розчиненого CO<sub>2</sub>. Зразки у пластикових упаковках, продемонстрували дещо гірші показники: час осідання піни знизився до 4,43 хвилини, що пов'язане з газопроникністю матеріалу.

Щодо густини, істотних відмінностей між зразками не виявлено: показники варіювалися у межах 1,009–1,011 г/см<sup>3</sup>. Незначне підвищення густини після відкриття може бути зумовлене частковою втратою вологи через випаровування та вивільнення вуглекислого газу.

Отже, скляна та металева тара забезпечують оптимальні умови для збереження стабільності піни. Пластикові упаковки характеризуються високою проникністю для вуглекислого газу, тому зниження показників піноутворення та піностійкості можуть бути наслідком часткової втрати газованості.

### 3.3.2. Дослідження показників кольоровості пива

Прозорість і кольоровість є важливими візуальними характеристиками пива, які впливають на споживче сприйняття якості продукту. Зміни кольору можуть вказувати на перебіг окислювальних процесів та загальну стабільність

напою. З метою дослідження впливу типу упаковки на ці показники було проведено вимірювання оптичної густини фотоколориметричним методом при довжині хвилі 540 нм та кольоровості зразків в перерахунку на 0,1 моль-екв/дм<sup>3</sup> розчину йоду в 100 см<sup>3</sup> пива. Результати дослідження подано у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

### Фотоколориметричні показники прозорості та кольоровості пива

Параметр	Матеріал упаковки		
	Скло	Метал	Пластик
Оптична густина	0,73	1,01	1,07
Колір, в см <sup>3</sup> 0,1 моль екв/дм <sup>3</sup> розчину I <sub>2</sub>	0,0547	0,0758	0,0802

За результатами дослідження встановлено, що пиво у скляній тарі, має найнижчі показники оптичної густини та кольоровості, що свідчить про найкращу стабільність кольору. У зразках, розлитих у пластикову та металеву тару, спостерігалось підвищення оптичної густини і кольоровості, що вказує на активацію окислювальних процесів.

Згідно з результатами досліджень Gagula et al. (2020), підвищення кольоровості пива у пластиковій упаковці може бути зумовлене взаємодією компонентів полімеру з вмістом напою, що каталізує окислювальні реакції [26]. Відомо, що алюмінієві банки для пива мають шар полімерного внутрішнього покриття, якість і цілісність якого є критичною для запобігання окисленню пива.

Отже, отримані дані підтверджують перевагу скляної тари у збереженні стабільності оптичних властивостей пива. Зростання оптичної густини та кольоровості пива у металевій та пластиковій упаковці може бути опосередкованим свідченням окиснення органічних складових пива.

### 3.3.3. Дослідження показників кислотності пива

Кислотність є одним із ключових показників якості пива, що безпосередньо впливає на його смакові характеристики, мікробіологічну

стабільність і стійкість при зберіганні. Для оцінки кислотності пива проведено вимірювання рН та титрованої кислотності у зразках, розлитих у різні види упаковки [7].

Результати дослідження наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.5

**Показники кислотності пива у різних видах упаковки**

Параметр	Матеріал упаковки		
	Скло	Метал	Пластик
рН	4,56	4,42	4,48
Титрована кислотність, моль/дм <sup>3</sup>	1,815	1,68	1,75

Досліджуване пиво у всіх видах упаковки відповідає Національному стандарту для світлого пива з вмістом спирту 4,2-4,6 %, де рН нормується в межах 4,4 - 4,6, а титрована кислотність в нормі становить 1,6–4,5 моль/дм<sup>3</sup>.

Результати показали, що найвищу стабільність кислотно-лужного балансу демонструє пиво, розлите у скляні пляшки. Значення рН у склі склало 4,56, що є оптимальним показником для світлого пива. У пластиковій та металевій упаковках спостерігалось зниження рН до 4,48 і 4,42 відповідно, що свідчить про активніші процеси окиснення. Аналогічну тенденцію відображає зниження титрованої кислотності в пластиковій і металевій упаковці порівняно із скляною.

Отже, скляна тара забезпечує найкращий захист кислотності пива під час зберігання. Зміна показників кислотності пива в пластиковій упаковці повністю узгоджується з літературними даними, враховуючи проникність матеріалу для кисню в межах 0,3–1,5 мл/м<sup>2</sup>/день залежно від товщини і виду пластику. Згідно з Pavlečić et al. (2012), наявність кисню в упаковці призводить до розкладання органічних сполук, що погіршує загальну стабільність напою [34]. Підвищені рівень рН та титрована кислотність в металевій банці свідчать про протікання окислювальних процесів, що вірогідно пов'язане з реакціями складових пива з матеріалом упаковки і потребує детальніших досліджень.

### 3.3.4. Дослідження динаміки окисно-відновних процесів у пиві

З метою встановлення динаміки процесів окислення нами досліджено окисно-відновний потенціал (Eh) та потенціал  $rH_2$ , що враховує сумарну дію показників рН та Eh за формулою 2.3. Зразки пива «Охтирське світле» в різних видах упаковки досліджували одразу після відкупорки та на сьому добу зберігання в тарі при температурі  $(20 \pm 2) ^\circ C$ , створюючи умови штучного зістарення. Результати дослідження наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

#### Окисно-відновний потенціал пива у різних видах упаковки

№	Період дослідження	Окисно-відновний потенціал, Eh, мВ		
		Матеріал упаковки		
		Скло	Метал	Пластик
1	Свіжовідкрите	192,3	181,0	202
2	Зістарене в тарі впродовж 7 днів	206,9	205,7	227,2

Динаміку змін окисно-відновного потенціалу  $rH_2$  залежно від матеріалу упаковки наведено на рис. 3.1.

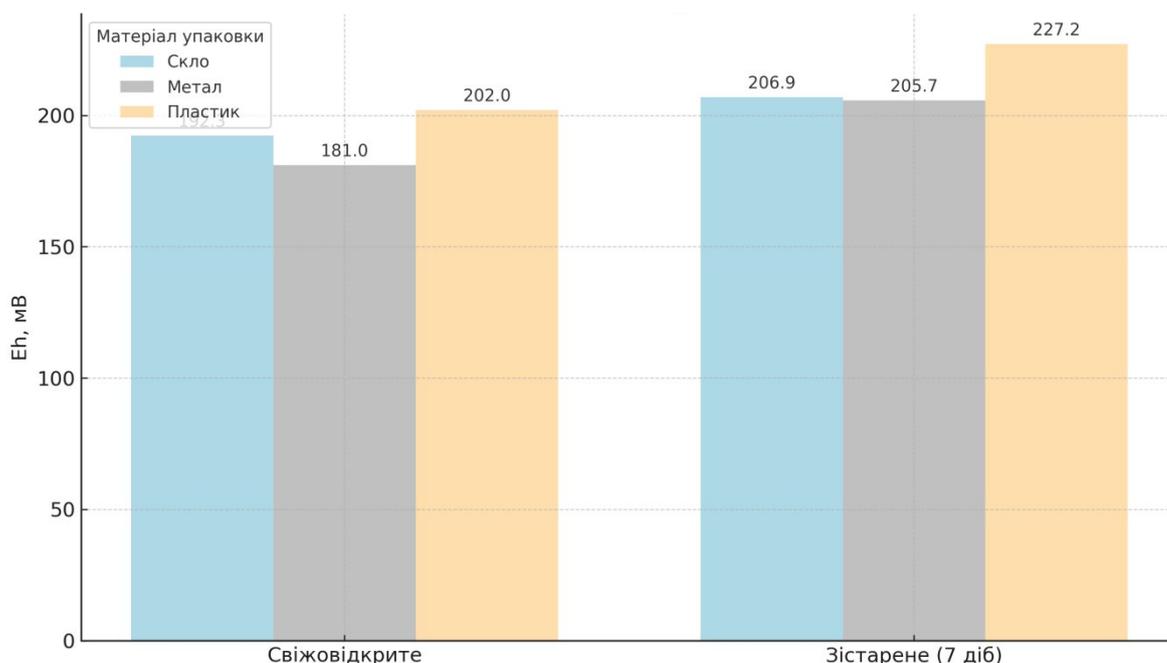


Рис. 3.1. Зміна окисно-відновного потенціалу пива залежно від матеріалу упаковки

Аналіз даних показує, що всі зразки пива проявляли антиоксидантну активність. Однак пиво розлите у скляну тару, має найменший приріст окисно-відновного потенціалу після зберігання, що свідчить про вищу антиоксидантну стабільність. Найбільш значне підвищення потенціалу  $rH_2$  спостерігалось у зразках у пластиковій упаковці, що підтверджує гірший захист від проникнення кисню. Металева тара показала проміжні результати між склом і пластиком. Матеріал цієї тари – алюміній сам по собі інертний і здатен утворювати захисну оксидну плівку, яка захищає метал від взаємодії з вмістом банки. Крім того всередині банки є захисне лакове покриття, яке може виготовлятися з епоксидних смол, поліестру, акрилу або поліолефінів у різних виробників. Якість і тип цього покриття критично важливі для стабільності напою.

В цілому, алюмінієва банка – ефективна тара, проте при порушенні лакового покриття або умов зберігання може сприяти окисленню. Мікропошкодження або деградація лаку можлива через неправильне зберігання, високу температуру, тертя і механічні ушкодження при транспортуванні. Це відкриває шлях контакту напою з іонами металу або сприяє потраплянню кисню.

Отже, матеріал упаковки значно впливає на швидкість деградації антиоксидантів у пиві через дифузію кисню. Результати нашого дослідження узгоджуються з отриманими експериментальними даними Bratu, M.M. et al. (2023) за допомогою аналізу DPPH [23].

### **3.4. Вплив упаковки на антиоксидантні властивості пива**

Антиоксидантна активність пива є показником його здатності протидіяти окислювальним процесам під час зберігання. На основі проведеного комплексного дослідження встановлено, що вибір матеріалу споживчої тари безпосередньо впливає на якість та збереження основних характеристик пива під час зберігання. Результати оцінки органолептичних, фізико-хімічних та ароматичних показників дозволили сформулювати обґрунтовані рекомендації

щодо оптимального вибору упаковки залежно від цільового терміну реалізації продукції.

Скляна тара – оптимальний вибір для довготривалого зберігання. Скло забезпечує найкращі умови для збереження смаку, аромату та антиоксидантної стабільності пива. У зразках пива, розлитих у скляну тару, аромат мав класичний солодовий та хмелевий профіль із нотками хлібної скоринки та квітковим шлейфом. Такі зразки відповідали вимогам ДСТУ та не мали сторонніх запахів. Крім того, у скляній упаковці зафіксовано найвищий рівень піностійкості (5,45 хв), найнижчі показники оптичної густини (0,055) і кольоровості (0,730  $\text{cm}^3 \text{I}_2$ ), а також мінімальний приріст окисно-відновного потенціалу після 7 діб зберігання (з 15,17 до 15,80 мВ), що вказує на відмінну антиоксидантну стабільність.

Також у склі спостерігався найстабільніший кислотно-лужний баланс: рН зберігався на рівні 4,56, що відповідає оптимальному значенню для світлого пива. Таким чином, скляна тара є найдоцільнішим вибором для преміального сегменту продукції або пива з експортною орієнтацією, де важлива якість упродовж усього терміну придатності.

Металева тара – компромісне рішення для продукції середнього терміну зберігання. Пиво у металевій банці зберігає основні сенсорні характеристики, проте у смаковому профілі з'являються незначні ознаки затхлості. Показники піностійкості (4,53 хв) та оптичної густини (0,075) залишаються прийнятними, хоча кольоровість пива підвищується порівняно з скляною тарою. Це може бути наслідком окислення антиоксидантних речовин пива, зокрема поліфенолів, з утворенням пігментів темного кольору. На користь цього свідчить приріст окисно-відновного потенціалу, який був дещо вищим (з 14,86 до 15,60 мВ), ніж у склі. Значення рН (4,42) свідчить про певну деградацію кислотного балансу.

Металева тара доцільна для продуктів, що реалізуються у середньостроковій перспективі, за умови використання високоякісного

внутрішнього лакового покриття. Особливо актуальною вона є для форматів "on-the-go", завдяки зручності та легкості упаковки.

ПЕТ-тара – тимчасове рішення для короткотермінового зберігання. Аналіз зразків у пластиковій ПЕТ тарі засвідчив найгірші результати за всіма ключовими показниками. В ароматі виявлено оксидативні відтінки (вологий картон, сірчані ноти), піностійкість знижена до 4,43 хв, кольоровість і оптична густина зросли до 1,070  $\text{cm}^3 \text{I}_2$  і 0,080 відповідно, що вказує на активізацію окислювальних процесів. Приріст  $\text{rH}_2$  становив 1,00 мВ (від 15,70 до 16,70), що є найвищим серед усіх зразків. Рівень рН знизився до 4,48, що свідчить про порушення кислотно-лужної рівноваги і зниження антиоксидантних властивостей.

Використання пластикової тари рекомендується лише для локального збуту у межах обмеженого терміну реалізації. Уникаючи тривалого зберігання та дії світла, можна частково мінімізувати втрату якості.

Таким чином, вибір упаковки повинен узгоджуватися з технологічною специфікою виробництва, умовами логістики, очікуваним терміном зберігання та споживчими вимогами до стабільності продукції.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Дана кваліфікаційна робота присвячена збереженню якості продуктів біотехнологічного виробництва — слабоалкогольних напоїв. Досліджено вплив упаковки зі скла, металу та пластику на органолептичні та фізико-хімічні показники якості пива сорту «Охтирське світле».

1. Встановлено істотний вплив матеріалу упаковки на органолептичні властивості. Визначено, що пиво у скляних пляшках має найкращі показники прозорості, аромату, смаку та хмельової гіркоти. Металева банка забезпечує високий захист від ультрафіолетового випромінювання та кисню, що дозволяє зберігати органолептичні характеристики на високому рівні протягом тривалого часу. Натомість пиво у пластиковій упаковці продемонструвало появу сторонніх відтінків та зниження балів органолептичної оцінки.

2. Наведено результати аналізу фізико-хімічних показників пива в різних видах упаковки. Досліджено, що скляна та металева тара забезпечують оптимальні умови для збереження стабільності піни і демонструють найвищі піностійкість у склі (5 хв 45 с) та піноутворення у металічній упаковці (5,5 см). Час осідання піни у пластиковій тарі знизився до 4 хв 43 с, що пов'язане з газопроникністю матеріалу.

3. Підтверджено перевагу скляної тари у збереженні стабільності оптичних властивостей пива — оптична густина 0,73, кольоровість 0,0547 в см<sup>3</sup> 0,1 моль екв/дм<sup>3</sup> розчину I2. Зростання оптичної густини пива у металевій (1,01) та пластиковій (1,07) упаковці може бути опосередкованим свідченням окиснення органічних складових.

4. Визначено, що кислотно-лужний баланс найбільш стабільний у пиві зі скляної пляшки: рН становить 4,56, а титрована кислотність — 1,815 моль/дм<sup>3</sup>, що є оптимальним для світлого пива. Зниження рН у пластиковій (4,48) і металевій (4,42) упаковці свідчить про перебіг окисних реакцій і зниження стабільності продукту.

5. Досліджено динаміку антиоксидантної стійкості шляхом визначення окисно-відновного потенціалу пива в умовах штучного зістарення. Відмічено зростання кислотності та зниження ОВП у всіх зразках протягом зберігання, проте темпи цих змін були найменшими для скляної упаковки + 13,7 мВ за 7 днів, тоді як у алюмінієвій банці і пластику складала близько +25 мВ.

6. Встановлено, що основними чинниками погіршення якості пива є окислювальні процеси, що активно протікають за наявності кисню, світла та підвищеної температури. Обґрунтовано значення матеріалу упаковки як критичного чинника, що впливає на швидкість цих процесів.

Результати виконаного дослідження можуть бути корисними для практичного використання виробниками світлого пива. Зокрема підтверджено доцільність скла та металу як основних матеріалів упаковки для забезпечення стабільності якості пива. Рекомендовано обмежити термін використання ПЕТ-упаковки з обов'язковим дотриманням умов зберігання (захист від світла, контроль температури), посилити вимоги до вибору металевої тари з урахуванням якості внутрішнього покриття з підвищеною хімічною інертністю та рекомендувати для експрес-контролю антиоксидантної активності пива вимірювання показників окисно-відновного потенціалу ( $E_h$ ,  $rH_2$ ) на етапі зберігання й логістики, що дозволить своєчасно коригувати технологічні параметри.

Таким чином, виконане дослідження дозволило глибше зрозуміти роль матеріалу упаковки у процесах збереження якості пива та сформулювати практичні рекомендації щодо вибору тари залежно від вимог до терміну придатності та стабільності продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грицай Є.В. Розроблення системи управління безпечністю виробництва світлого пастеризованого пива «RIGAS» збагаченого вітаміном С відповідно до вимог стандарту BRC GS FOOD для ПрАТ «Фірма «Полтавпиво». Рукопис. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра зі спеціальності 181. Харчові технології. Навчально-науковий інститут харчових технологій. Київ, 2024. С. 23-24.
2. Домарецький В. А. Технологія солоду і пива: підручник для студ. вищих закл. освіти, що навч. за спец. «Технологія бродильних виробництв і виноробства». К.: ІНКОС, 2004. 426 с.
3. ДСТУ 3888:2015 Пиво. Загальні технічні умови [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2015. 29 с.
4. ДСТУ 4112.24-2002 Вина і виноматеріали. Метод визначення рН [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2002. 8 с.
5. ДСТУ 4850:2020 Пиво. Методи визначення масової частки діоксиду вуглецю та стійкості [Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2020. 15 с.
6. ДСТУ 4851:2007 Пиво. Методи визначення кольору [Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2020. 15 с.
7. ДСТУ 4852:2023 Пиво. Методи визначення кислотності. [Чинний від 2024-03-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2023. 9 с.
8. ДСТУ 4853:2022 Пиво. Правила приймання та методи відбирання проб [Чинний від 2023-03-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2022. 7 с.
9. ДСТУ 7103:2020 Пиво. Методи визначення органолептичних показників, об'єму продукції та герметичності закупорювання. [Чинний від 2023-03-05]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2020. 11 с.
10. Електронний навчальний посібник - основи технології пивоваріння. *Навчальні матеріали ТДАТУ*. URL: [https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_18/index.html](https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/index.html) (дата звернення: 02.12.2024).

11. Івченко В. Д., Мироненко В. О. Методи визначення якості пива: досвід ПРАТ «Охтирський пивоварний завод». *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (18–22 листопада 2024 р.)*. Суми, 2024. С. 42
12. Меленчук Ю. Т. Використання маркетингу при виборі тари для пива. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій (11–12 грудня 2013 р.)*. Тернопіль, 2013. С. 302-303
13. Методи контролю якості харчових продуктів : метод. рекомендації до лаб. робіт. Ч. 1 / укл. І.М. Кобаса, М.М. Воробець, А.В. Сачко. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2013. 32 с.
14. Мошер Р. Смак пива. Інсайдерський путівник у світі найвидатнішого напою людства. Львів: Видавництво Старого Лева, 2019. 388 с.
15. Офіційний сайт ТОВ ПрАТ «Охтирський пивоварний завод»  
URL: <https://ok.obolon.ua/>
16. Пивні ПЕТ-кеги: сучасні рішення для ринку.  
URL: <https://dzp.com.ua/articles/pivni-pet-kegi> (дата звернення: 12.01.2025).
17. Петровський А.М.; Білько, М. В. Дослідження ароматичного комплексу та органолептичних характеристик витриманих пивних дистилатів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2024. Т. 30, № 1. С. 129–140.
18. Проценко Л. В., Ляшенко М. І., Свірчевська О. В., Гринюк Т. П., Власенко А. С. Методологія оцінювання хмелю і хмелепродуктів: монографія / за ред. Л. В. Проценко. Житомир: Рута, 2020. 272 с.
19. Сучасна траєкторія розвитку науково-технічного прогресу в Україні та світі : колективна монографія / за заг. ред. Т.А. Ємел'янової. Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2021. С. 269 – 272
20. Чорна Т. М. Мікробіологія : навчальний посібник. Серія «На допомогу студенту УДФСУ». Т. 62. Ірпінь : УДФСУ, 2020. 412 с.
21. Bart Vanderhaegen, Hedwig Neven, Hubert Verachtert, Guy Derdelinckx, The

- chemistry of beer aging – a critical review. *Food Chemistry*, 2006. Vol. 95. Issue 3. P. 357-381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.006>.
22. Benadouda, K.; Sajid, S.; Chaudhri, S.F.; Tazally, K.J.; Nielsen, M.M.K.; Prabhala, B. K. Current State of Sensors and Sensing Systems Utilized in Beer Analysis. *Beverages*, 2023. Vol. 9. Issue 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages9010005>.
23. Bratu, M.M. et al. Influence of Packaging Material on Polyphenol Content and Antioxidant Activity in Some Commercial Beers. *Processes*, 2021. Vol. 9. Iss. 4. Article 620. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9040620>
24. Charles Spence, George Van Doorn Does the Shape of the Drinking Receptacle Influence Taste/Flavour Perception? A Review. *Beverages*, 2017. Vol. 3. № 3. Article 33. URL: <https://www.mdpi.com/2306-5710/3/3/33>
25. Fromuth Kathryn et al. Characterizing the Impact of Package Type on Beer Stability. *ACS Food Sci. Technol.*, 2023. Vol. 3. № 4. P. 616–625 DOI: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00351>
26. Gagula, D., et al. Influence of packaging on the sensory stability of lager beer *Foods*, 2020. Vol. 9. № 10. P. 1451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foods.2020.100496>
27. Goran Gagula, Kristina Mastanjević, Krešimir Mastanjević, Vinko Krstanović, Daniela Horvat, Damir Magdić, The influence of packaging material on volatile compounds of pale lager beer. *Food Packaging and Shelf Life*, 2020. Vol. 24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foods.2020.100496>.
28. Grundl, T., Haderlein, S., Nurmi, J., Tratnyek, P. Introduction to Aquatic Redox Chemistry. *ACS Symposium Series*, 2011. Vol. 1071. P. 1–14. DOI: 10.1021/bk-2011-1071.ch001
29. Hughes, P. S., Baxter, E. D., & Hornsey, I. S. (2019). Beer: Quality, Safety and Nutritional Aspects. RSC Paperbacks, 1st Edition, Kindle Edition. Royal Society of Chemistry. 223 p. URL: <https://www.research1.com/BrewingLibrary/Beerqualsafety.pdf>
30. Irwin A.J, Barker R.L, Pipasts P. The role of copper, oxygen, and polyphenols

- in beer flavor instability. *J Am Soc Brew Chem.*, 1991. Vol. 49(3). P. 140–149.
31. Kunze, W. *Technology Brewing and Malting*. 6th revised English edition, 2019. VLB Berlin. 948 p.
32. Lehnhardt, F.; Steiner, J.; Gastl, M.; Becker, T. Prediction power and accuracy of forced ageing. Matching sensory and analytical results for lager beer. *Brew. Sci.*, 2018. Vol. 71. P. 39–48.
33. Olayide Oladokun, Amparo Tarrega, Sue James, Katherine Smart, Joanne Hort, David Cook, The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. *Food Chemistry*, 2016. Vol. 205. P. 212-220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.023>.
34. Pavlečić, I., Horvat, G., Lovrić, T., & Jurina, T. (2012). Influence of packaging on beer quality during storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. Vol. 62(1). P. 55–61.
35. Ramos, M., Valdes, A., Mellinas, A.C., Garrigos, M.C. New Trends in Beverage Packaging Systems: A Review. *Beverages*, 2015. Vol. 1(4). P. 248-272 DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages1040248>
36. Ryanne C. , Held Michael A. Methods for detection and identification of beer-spoilage microbes. *Frontiers in Microbiology*, 2023. Vol.14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1217704>
37. Santos, M. R. d. et al. Biotechnology in Food Packaging Using Bacterial Cellulose. *Foods*, 2024. Vol.13. № 20. P. 3327. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13203327>
38. Singh, R., Kumar, S. (2023). Intelligent Nano-based Sensor for Quality Detection of Food Products. In: *Nanotechnology Advancement in Agro-Food Industry*. Springer, Singapore. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-99-5045-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-99-5045-4_4).
39. Sohrabvandi, S., Mortazavian, A. M., Rezaei, K. (2011) Advanced analytical methods for the analysis of chemical and microbiological properties of beer. *Journal of Food and Drug Analysis*. Vol. 19. Iss. 2. Article 1. DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2228>

40. Tuur Mertens et al. Complexation of transition metals by chelators added during mashing and impact on beer stability. *Journal of the Institute of Brewing*, 2021. Vol. 127. Iss. 4. P. 345-357  
DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.673>
41. Vanderhaegen, B., Neven, H., Verachtert, H., & Derdelinckx, G. The chemistry of beer aging – a critical review. *Food Chemistry*, 2006. Vol. 95 (3)
42. Wang Y., Ye L. Haze in Beer: Its Formation and Alleviating Strategies, from a Protein–Polyphenol Complex Angle. *Foods*, 2021. Vol. 10. № 12. P. 3114.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10123114>
43. Wu, D.; Sun, D.W. Food colour measurement using computer vision. In *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*, 1st ed.; Kilcast, D., Ed.; Woodhead Publishing Ltd.: Cambridge, UK, 2013; pp. 165–189.
44. Wu M.J, Clarke F.M, Rogers P.J, et al. Identification of a protein with antioxidant activity that is important for the protection against beer ageing. *Int J Mol Sci*. 2011. Vol. 12(9). P. 6089–6103.
45. Zhang, H., Zou, G., Liu, W., & Zhou, Z. (2020). Beer Taste Detection Based on Electronic Tongue. *Sensors and Materials*, 32(9), 2949.  
DOI: <https://doi.org/10.18494/sam.2020.2710>

## ДОДАТКИ

Додаток А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРІАЛИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ  
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ  
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА**

(18-22 листопада 2024 р., м. Суми)

Баранік Д. А. ВПЛИВ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БУЛЬБ НА ВРОЖАЙНІСТЬ РІЗНИХ ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ.....	37
Виганяйло Г. В., Касатська І. В. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГМО У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКСПРЕС ТЕСТУ.....	38
Галицький В. О. ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ.....	39
Головко Д. М. ІСТОРІЯ ВИНОГРАДУ І ВИНОГРАДАРСТВА.....	40
Жалдак Д. С. ВИКОРИСТАННЯ ТРИХОГРАМИ У БОРОТБІ З <i>Ostrinia Nubilalis</i> Hbn. В ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ.....	41
Мироненко В. О. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПИВА: ДОСВІД ПРАТ «ОХТИРСЬКИЙ ПИВОВАРНИЙ ЗАВОД».....	42
Молоданович Я. С. ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ, ЯК БІОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ.....	43
Олійник О. М., Гришак К. О. ВПЛИВ РЕЖИМУ ОСВІТЛЕННЯ НА БУЛЬБООУТВОРЕННЯ ВИРОЩЕНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ З МІНІ БУЛЬБ.....	44
Сердюк О. В. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ ЗІ СПРАВЖНЬОГО НАСІННЯ.....	45
Тищенко Є. В., Галицький В. О. ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СОЇ «АПОЛЛО» ТА «УЛЬТРА» В УМОВАХ БІЛОПІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	46
Христенко А. С. СТІЙКІСТЬ МІЖВИДОВИХ ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ ПРОТИ АЛЬТЕРНАРІОЗУТА ФІТОФТОРОЗУ.....	47
Швець Е. І., Шимченко О. П., Лях О. В. РЕАКЦІЯ НА РІЗНІ ТИПИ ТОРОСУМІШІ МЕРИСТЕМНИХ РОСЛИН КАРТОПЛІ (АБО МІНІ БУЛЬБ РІЗНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ) В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ.....	48
Шевич А. С., Горпинченко О. РЕАКЦІЯ ДІЄТИЧНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ НА ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ.....	49
Швець Б. С. БІОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	50
Швець Е. І., Кругляк І. В. АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РІЗНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ ТА ЇХ РЕАКЦІЯ НА РЕЖИМ ЖИВЛЕННЯ.....	51
Яценко А. В. ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯ КАРТОПЛІ.....	52
Авраменко М. О. ОНТОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЇ <i>CHENOPodium ALBUM</i> L. В ПОСІВАХ ЗЕРНОВИХ.....	53
Армен С. Е. ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГЛУХІВСЬКОЇ ТГ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ.....	54
Артеменко Д. В. ОЦІНКИ СТАНУ ПОПУЛЯЦІЇ РІДКІСНОГО ВИДУ <i>PULSATILLA PATENS</i> (L.) MILL. НА ТЕРИТОРІЇ НПП «ДЕСНЯНСЬКО-СТАРОГУТСЬКИЙ».....	55
Аршакян Р. А. ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ЛАНДШАФТНИХ ЗАКАЗНИКІВ ПРИКОРДОННИХ ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ КРАСНОПІЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ).....	56
Бердін І. В. ПАРАМЕТРИ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОНЯШНИКА ЗА РІЗНОЇ ГУСТОТИ ПОСІВУ.....	57
Биваліна В. В. АНАЛІЗ СТАНУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ОХТИРСЬКОГО РАЙОНУ.....	58
Богова К. В. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД ОХТИРСЬКОГО РАЙОНУ.....	59
Богуш А. М. ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ҐРУНТИ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	60
Бондарев М. А. ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРИРОДНИХ ЗАПЛАВНИХ ЛУК Р. СУЛИ.....	61
Ващенко Є. О. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД РОМЕНСЬКОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	62
Гончаренко А. П. ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В РЛП "СЕЙМСЬКИЙ".....	63
Данченко О. Б. ВІТАЛІТЕТНИЙ АНАЛІЗ ПОПУЛЯЦІЇ РОСЛИН ЛУЧНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ р. ПСЕЛ ЗА УМОВ ГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ.....	64
Заїка Д. С. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ.....	65
Клименко І. М. СТІЙКІСТЬ ПОПУЛЯЦІЇ РІДКІСНОГО ВИДУ <i>DACTYLORHIZA INCARNATA</i> В АНТРОПОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	66
Ковальова М. А. ФІТОСОЗОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА «ВОРОЖБЯНСЬКИЙ».....	67
Коротенко Д. О. СМІТТЄЗВАЛИЩА ЯК ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ В КОНТЕКСТІ ВІЙНИ.....	68
Кочкало В. О. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ СИРОВИННОГО ПОТЕНЦІАЛУ <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> L. У КОНТЕКСТІ РЕГУЛЯЦІЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ ЙОГО ПОПУЛЯЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ ШОСТКИНСЬКОЇ ОТГ.....	69
Лейко С. А. ПОПУЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ЛІКАРСЬКИХ ВИДІВ РОСЛИН ЗАПЛАВИ Р. ПСЕЛ У МЕЖАХ М. СУМИ.....	70
Лещенко Д. О. ХАРАКТЕРИСТИКА <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> L. ТА ЙОГО ОНТОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА В МЕЖАХ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МИХАЙЛІВСЬКА ЦІЛИНА».....	71

**МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПИВА: ДОСВІД ПРАТ «ОХТИРСЬКИЙ ПИВОВАРНИЙ ЗАВОД»**

Миرونенко В. О., студ. 4 курсу ФАТП, спец. «Біотехнологія та біоінженерія»

Науковий керівник: доц. В. Д. Івченко

Сумський НАУ

Забезпечення високої якості пива є одним із пріоритетів сучасного пивоварного виробництва оскільки цей напій потребує дотримання стабільних показників смаку, аромату, кольору чи густини. Методи визначення якості пива охоплюють широкий спектр аналітичних підходів, що дозволяють контролювати хімічний склад, мікробіологічну чистоту, фізичні властивості та органолептичні характеристики кінцевого продукту. На ПрАТ «Охтирський пивоварний завод» забезпечення високої якості пива досягається методами, вказаними на рис. 1.



Рис. 1. Схема методів визначення якості пива

Фізико-хімічний аналіз є одним із найважливіших етапів, оскільки він дозволяє такі критично важливі показники, як вміст алкоголю, кислотність, концентрація вуглекислого газу, колір, прозорість, в'язкість і стабільність пива. Фізико-хімічний аналіз на Охтирському пивзаводі включає комплекс сучасних методів, серед яких газова хроматографія, титриметрія та спектрофотометрія. Вони дозволяють точно контролювати хімічні процеси, що відбуваються на всіх етапах виробництва. Аналіз фізико-хімічних показників допомагає коригувати процеси бродіння, фільтрації та зберігання, що може знизити витрати на сировину та енергію.

Не менш важливим є мікробіологічний контроль. Він сприяє запобіганню розвитку небажаних мікроорганізмів, які можуть негативно вплинути на смак, аромат, стабільність та безпечність продукту. У процесі виробництва пива на Охтирському пивзаводі використовуються живі пивні дріжджі HeVru 30 (Lager)- німецький штам, який надає м'якості смаку. Методи мікробіологічного аналізу включають посіви на селективні середовища, ПЛР та інші сучасні підходи.

Органолептичні показники - це ключові критерії якості пива для споживачів. До органолептичного аналізу належать оцінка прозорості та кольору, піноутворення, смаку та ароматики. Смак пива формують різноманітні компоненти, зокрема якість води, солоду, хмелю, а також технологічні процеси, які впливають на баланс гіркоти, солодкості та кислотності. Типові сорти пива розрізняються між собою ароматом. Для світлих сортів пива характерний хмільний, а для темних – солодовий аромат. Колір і прозорість пива є видимими показниками його якості. Світле пиво повинно бути яскравим і прозорим, у той час як темні сорти можуть мати більш насичені відтінки. Наприклад, пиво «Охтирське козацьке» має насичений янтарний колір, який привертає увагу споживачів. Прозорість оцінюють, враховуючи відсутність помутніння, а також побічних домішок. Візьмемо до уваги, світле пиво, таке як «Лагер», повинно мати високий рівень прозорості. Для цього виробники часто застосовують фільтрацію, щоб усунути домішки.

Якість сировини безпосередньо впливає на кінцевий продукт. Наприклад, відбір сортів хмелю з оптимальними ароматичними властивостями дозволяє досягти збалансованої гіркоти та аромату. Вода, що використовується у виробництві, також має значення, оскільки її хімічний склад впливає на смакові нюанси пива.

Видається з 1996 року

Засновник і видавець –  
Сумський національний аграрний  
університет

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих  
медіа: Рішення Національної ради  
України з питань телебачення і  
радіомовлення № 1176 від 11.04.2024  
року. Ідентифікатор медіа R30-03869

Редаційні колеги серії

**Зубко В.М.**, доктор технічних наук, професор,  
головний редактор, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Тарельник В.В.**, доктор технічних наук, професор,  
заступник головного редактора, Сумський  
національний аграрний університет (Україна)

**Друшак М.Ю.**, кандидат технічних наук,  
відповідальний секретар, Сумський національний  
аграрний університет (Україна)

**Антошківська Богдана**, доктор технічних наук,  
професор, Київський технологічний університет  
(Польща)

**Кригеря Чеслав**, доктор технічних наук, професор,  
Київський технологічний університет (Польща)

**Кірик Г.В.**, доктор технічних наук, доцент, Сумський  
національний аграрний університет (Україна)

**Льбодя В.В.**, кандидат фізико-математичних  
наук, професор, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Козолотченко С.В.**, кандидат технічних  
наук, доцент, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Галочка О.П.**, доктор технічних наук, професор,  
Сумський державний університет (Україна)

**Хавка Руби**, кандидат технічних наук,  
Чеський університет наук про життя (Чехія)

**Давид Харва**, кандидат технічних наук,  
Чеський університет наук про життя (Чехія)

**Шульк М.Л.**, доктор технічних наук, професор,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Харченко С.О.**, доктор технічних наук, професор,  
Полтавський державний аграрний університет  
(Україна)

**Льбодя А.Т.**, доктор технічних наук, професор,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Селарьов О.О.**, кандидат технічних наук, Сумський  
національний аграрний університет (Україна)

**Ротівський І.В.**, доктор технічних наук, професор,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України (Україна)

**Степан В.І.**, кандидат сільськогосподарських  
наук, доцент, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Мельник А.В.**, доктор сільськогосподарських наук,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Троценко В.І.**, доктор сільськогосподарських  
наук, професор, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Перцевий Ф.В.**, доктор технічних наук, професор,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Сабдан С.М.**, кандидат технічних наук, доцент,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Мазуренко І.К.**, доктор технічних наук, старший  
науковий співробітник, академік Академії вищої  
освіти України, Сумський національний аграрний  
університет (Україна)

**Селічук Т.А.**, доктор технічних наук, професор,  
Національний університет харчових технологій  
(Україна)

**Мельник О.Ю.**, кандидат технічних наук, доцент,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Бо П.**, доктор філософії, професор, Хімакський  
інженерно-дослідний центр переробки фруктів  
і овочів та контролю безпеки якості Хімакського  
науково-технічного інституту (Бразилія)

**Паван Кумар**, доктор філософії (тваринництво),  
Університет ветеринарії та тваринництва  
Гуру Ангара Дев (Мальдіви)

**Бондаренко Ю.В.**, кандидат технічних наук,  
Національний університет харчових технологій  
(Україна)

**Савіткін М.М.**, кандидат технічних наук, доцент,  
Сумський національний аграрний університет  
(Україна)

**Назаренко Ю.В.**, кандидат технічних наук, Сумський  
національний аграрний університет  
(Україна)

Міністерство освіти і науки України

# ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 4 рази на рік.

Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»  
Випуск 1 (59), 2025

## ЗМІСТ

<b>Болгова Н. В., Карачов В. В.</b> Харчова цінність напоїв швидкого приготування на основі порошку моринги.....	<b>3</b>
<b>Ванссв С. М., Мірошніченко Д. В., Мірошніченко О. І., Бага Т. С., Мелейчук О. С.</b> Аналіз конструкцій та створення класифікації струмінно-реактивних розширювальних машин.....	<b>8</b>
<b>Губа С. О., Тищенко В. І., Божко Н. В.</b> Маринади для м'ясних напівфабрикатів на основі натуральних інгредієнтів.....	<b>17</b>
<b>Доброворський С. С., Алексенко Б. О., Басова Є. В.</b> Комп'ютерне моделювання багатопульсного лазерного впливу, що забезпечує зберігання первісної мікроструктури.....	<b>25</b>
<b>Івченко В. Д., Іншина Н. М., Швець О. Г., Пономарьова Л. М., Большанина С. Б., Мироненко В. О.</b> Аналіз впливу матеріалу упаковки на показники якості пива.....	<b>32</b>
<b>Кулай В. П.</b> Аналіз ефективності роботи обладнання для виготовлення будівельних розчинів на основі контролю якісних показників вихідного продукту.....	<b>39</b>
<b>Куліков О. А., Ратушний О. В., Івченко О. В., Андрусак В. О., Герасименко В. О.</b> Насоси контрторторні та насоси інших типів: порівняльний аналіз ефективності.....	<b>43</b>
<b>Орлов Р. О., Кушніров П. В., Думанчук М. Ю., Динник О. Д., Приходько О. М., Басов А. С.</b> Настроювання збірних торцевих фрез із похилими різальними вставками.....	<b>51</b>
<b>Піддубний В. А., Осокіна Н. М., Костецька К. В., Ткаченко Г. В.</b> Розробка апаратних засобів зниження травмування та втрат насіння сої у процесах її первинної переробки.....	<b>58</b>
<b>Пурігін І. О., Назаренко Ю. В.</b> Сиркові пасти, збагачені порошком грушевих вичавок.....	<b>64</b>
<b>Пуховський Є. С., Громовий О. А., Гуменюк А. А., Підтиченко О. В.</b> Групово технологія гнучкого автоматизованого виробництва.....	<b>70</b>
<b>Пушкаренко О. Ю.</b> Інтелектуальне керування паливною економічністю дизеля шляхом відключення циліндрів і оптимізації упорскування.....	<b>77</b>



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2025

УДК 663.4

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАТЕРІАЛУ УПАКОВКИ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПИВА****Івченко Вікторія Дмитрівна**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-5985-9712  
ivchenkovd@gmail.com**Іншина Наталія Миколаївна**кандидат біологічних наук, доцент  
Сумський державний університет, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-8204-8547  
inshyna.n@gmail.com**Швець Ольга Григорівна**кандидат педагогічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-9872-3829  
olgvasenko@gmail.com**Пономарьова Людмила Миколаївна**кандидат хімічних наук, доцент  
Сумський державний університет, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-1637-3229  
l.ponomarova@chem.sumdu.edu.ua**Большаніна Світлана Борисівна**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0002-9482-8620  
s.bolshanina@chem.sumdu.edu.ua**Мироненко Вікторія Олегівна**студентка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
vikamirocosinus2021@gmail.com

У статті наведені результати дослідження впливу матеріалу упаковки (скло, пластик, метал) на фізико-хімічні показники якості світлого пива, виготовленого трьома виробниками: ПрАТ «Оболонь» («Охтирське світле»), ПрАТ «Carlsberg Ukraine» («Львівське 1715») і ТОВ «Перша приватна броварня» («Закарпатське оригінальне»). Дослідження здійснювали з метою визначення оптимального матеріалу упаковки для зберігання пива, що забезпечує найкращі характеристики напою протягом його терміну придатності. Для визначення змін основних показників якості пива використовували аналітичні методи. Показники прозорості та кольору пива оцінювали фотоколориметричним методом, загальну кислотність визначали титриметричним методом, а аустину – ареометричним методом. Окисно-відновний потенціал пива визначали за допомогою іоніміру I-160M. Дослідження проводили у стандартизованих умовах, що дозволило об'єктивно оцінити вплив матеріалу упаковки на якість пива протягом його зберігання. Аналіз отриманих даних свідчить, що скляна тара є оптимальним вибором для зберігання пива. Вона забезпечує стабільність основних фізико-хімічних показників, зокрема піноутворення, окисно-відновного балансу та збереження антиоксидантних властивостей напою. Скляна упаковка також забезпечує відсутність взаємодії між матеріалом тари та складовими пива, що є важливим для збереження його органолептичних властивостей. За результатами проведених досліджень як альтернатива скляній може розглядатися металева упаковка, що має певні переваги. Вона ефективно захищає пиво від фотохімічних змін, сприяє кращому утриманню вуглекислого газу, що позитивно впливає на формування піни. Однак підвищені значення рН і титрованої кислотності пива «Закарпатське оригінальне» в металевій банці можуть свідчити про можливу взаємодію компонентів напою з поверхнею упаковки. Це може впливати на хімічний склад напою, що потребує подальших досліджень. Найменш придатними для зберігання пива виявилися ПЕТ-пляшки. Вони сприяють проникненню кисню та світла, що активізує окиснювальні процеси, змінює колір напою, погіршує його органолептичні властивості та загальну якість. Крім того, ПЕТ-упаковка сприяє швидкій втраті вуглекислого газу, що негативно позначається на стабільності піни. Отримані результати

підтверджують необхідність посилення вимог до терміну зберігання та умов реалізації пива в ПЕТ-упаковці. Це дозволить мінімізувати втрати смакових і корисних властивостей напою та зберегти його якість протягом усього періоду придатності.

**Ключові слова:** Фізико-хімічні методи аналізу, титрована кислотність пива, піностійкість, окисно-відновний потенціал, пивоваріння, ПЕТ-упаковка, біотехнологія слабоалкогольних напоїв.

**Вступ.** Пиво є одним з найпопулярніших напоїв у світі завдяки унікальному складу та смаковим характеристикам (Blishch, 2024; Hoshko, 2023). До складу пива входять амінокислоти, білки, вуглеводи, вітаміни, мікроелементи, антиоксиданти, що мають позитивний вплив на здоров'я людини (Meza-Márquez, 2024; Li et al., 2020). Аналіз світового ринку пива свідчить про поширення попиту на безалкогольне пиво (Adamenko et al., 2020; Samoiluk et al., 2023). Це обумовило необхідність розробки і впровадження новітніх технологій виробництва пива з низьким вмістом алкоголю (Bellut & Arendt, 2019; Johansson et al., 2021) та створення сортів пива з додаванням фруктів (Gasiński, A. et al., 2020; Mohanasundaram et al., 2021; Imaizumi et al., 2022). В Україні досить активно розвивається крафтове виробництво пива, оскільки споживачі надають перевагу продукції преміум-категорії. Виробники постійно працюють над удосконаленням якості пива, дотримуючись найвищих стандартів (Blishch, 2021). Сучасні методи аналізу дозволяють оперативно визначати хімічні, фізичні та органолептичні характеристики продукту на різних етапах виробництва і зберігання (Benadouda et al., 2023; Sohrabvandi et al., 2020; Nahuma et al., 2020; Gonzalez Viejo et al., 2020).

Якість пива та його органолептичні характеристики значною мірою залежать від якості компонентів сировини (Meza-Márquez et al., 2024; Nahuma et al., 2023), води (Ludyn, 2023; Yevtushenko, 2020), особливостей технологічного процесу (Herez et al., 2021; Blishch, 2023; Michiels et al., 2023) та умов зберігання (Habschied et al., 2022). Зниження якості та споживчих характеристик напою відбувається внаслідок активізації окиснювальних процесів, що можуть посилюватися при контакті пива з певними сполуками, що входять до складу упаковки (Gagula, 2020).

**Метою даної роботи** є з'ясування впливу матеріалу упаковки (скло, метал, пластик) на фізико-хімічні показники якості світлого пива.

**Матеріали і методи досліджень.** У дослідженні використовували зразки пива: «Охтирське світле» світле фільтроване непастеризоване (виробник ПрАТ «Оболонь» на потужностях ПрАТ «Охтирський пивоварний завод» (м. Охтирка, Сумська обл.)), «Львівське 1715» світле пастеризоване (виробник ПрАТ «Carlsberg Ukraine, м. Запоріжжя»), «Закарпатське оригінальне» світле фільтроване пастеризоване (виробник ТЗОВ «Перша приватна броварня», м. Львів) упаковані в скляні пляшки темного скла з кронен-кришкою, ПЕТ-пляшки темно-зеленого кольору з пластиковим ковпачком та алюмінієві бляшані банки.

Визначення якості піноутворення (висота піни та піностійкість) проводилось відповідно до ДСТУ 7103:2020 Пиво. Методи визначення органолептичних показників,

об'єму продукції та герметичності закупорювання. Вимірювали висоту піни в мм та фіксували час її осідання у хвилинах (ДСТУ 7103:2020).

Густину продукту вимірювали аерометричним методом за температури 20 °С.

Визначення кольору пива здійснювали відповідно до ДСТУ 4851:2020 ПИВО. Використовували фотоелектрокопириметр КФК 2 при довжині хвилі 540 нм з товщиною поглинаючого шару 1 см.

Вимірювання рН проводили відповідно до ДСТУ 4112.24-200 Вина і виноматеріали за допомогою рН-метру рХ-150, обладнаного хлорсрібним електродом.

Титровану кислотність пива визначали алкаліметричним прямим титруванням з індикатором фенолфталеїном згідно ДСТУ 4852:2007 Пиво. Методи визначення кислотності. Значення кислотності пива (К) виражали в см<sup>3</sup>, 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію у перерахунку на 100 см<sup>3</sup> пива.

Для визначення антиоксидантної активності пива проводили вимірювання його окисно-відновного потенціалу.

Метод вимірювання окислювально-відновного потенціалу (ОВП) водних розчинів виконували за допомогою іоніміру І-60МІ з робочим (платиновим) електродом та хлорсрібним електродом порівняння.

З метою встановлення стійкості в споживчій тарі зразки примусово піддавали старінню, залишаючи відкорковане пиво в споживчій тарі при температурі 18–20 °С у темному місці впродовж 7 діб і визначали зміну окислювально-відновного потенціалу.

**Результати.** З метою оцінки якості пива досліджували характеристики піноутворення, стійкості піни, показники кольору, кислотності та окисно-відновний потенціал трьох сортів пива у тарі зі скла, пластику та металу. Оцінювали закономірності зміни показників залежно від матеріалу упаковки.

Піноутворення є одним із ключових показників якості пива. Густа та стійка піна свідчить про високу якість напою, а також забезпечує його свіжий і насичений смак. При оцінці піностійкості ми враховували такі параметри, як висота піни та піностійкість. Стійкість піни – важлива характеристика пива, яка визначається тривалістю часу до її повного розпаду. Вона залежить від поверхневого натягу та наявності колоїдних речовин (Sejnar et al. 2017, Li et al, 2020). Серед фізичних факторів, що впливають на стабільність піни, слід відзначити густину пива. У напоях з вищою густиною бульбашки CO<sub>2</sub> піднімаються повільніше, поглинаючи більше речовин, що підвищують стійкість піни. Результати наших досліджень показали, що металева тара сприяє кращому піноутворенню та стійкості пива (табл. 1).

Таблиця 1

Показники пінності та густини пива										
№	Сорт пива	Висота піни (h), мм			Піностійкість, хв			Густина, г/см <sup>3</sup>		
		Матеріал упаковки			Матеріал упаковки			Матеріал упаковки		
		скло	пластик	метал	скло	пластик	метал	скло	пластик	метал
1	Охтирське світле	50	40	55	5:00	4:30	5:00	1,007	1,008	1,005
2	Львівське 1715	50	25	65	4:00	3:00	4:30	1,005	1,007	1,005
3	Закарпатське оригінальне	45	30	60	2:30	2:00	3:00	1,007	1,007	1,008

Основним фактором, який визначає колір пива, є склад солодової засипки. Проте навіть при виробництві світлого пива одного типу із використанням солоду однакового кольору неможливо досягти повністю ідентичної кольорової інтенсивності та відтінку. Значні відхилення від стандартного забарвлення та нечіткі відтінки найчастіше спостерігаються саме у світлих сортів пива. Всі досліджені сорти відповідають національному стандарту (ДСТУ 3888:2015), який регламентує для світлого пива з вмістом масової частки спирту 4,2–4,6 % копій у межах 0,2–1,8 см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину йоду на 100 см<sup>3</sup> води (табл. 2).

Кислотність є одним із ключових параметрів, що визначають якість пива. Природно висока кислотність сприяє оптимальному перебігу виробничих процесів, зокрема прискорює гідролітичне розщеплення під час затирання солоду, сприяє ефективному осадженню та освітленню суслу на етапах обробки, покращує смакові характеристики та збільшує стійкість пива до псування (Puligundla et al., 2020). Згідно із стандартом (ДСТУ 3888:2015), титрована кислотність світлого розливного пива з масовою часткою спирту 4,2–4,6 % має становити 1,6–4,5 см<sup>3</sup> 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину NaOH на 100 см<sup>3</sup> пива. Нормальний рН пива коливається від 4,4 до 4,6, що узгоджується з отриманими результатами (табл. 3).

Окислювально-відновний потенціал характеризує ступінь активності електронів в окислювально-відновних реакціях. Чим вище концентрація компонентів, здатних до окислення, по відношенню до концентрації компонентів, що можуть відновлюватися, тим вище показник ОВП. Показник  $gH^2$  (редокс-потенціал у водних системах) відображає окисно-відновний стан середовища та співвідношення між окисленими та відновленими формами речовин.  $gH^2$  є безрозмірною величиною, яка пов'язана з ОВП (Eh), активністю протонів (pH) і парціальним тиском водню ( $P_{H_2}$ ). Значення  $gH^2$  дозволяє оцінити окисно-відновний баланс у водних розчинах: чим менше  $gH^2$ , тим вище відновлююча здатність розчину. Під час зістарення напоїв у тарі впродовж 7 днів спостерігали підвищення окисних процесів для всіх досліджуваних сортів, особливо при використанні пластикової тари (табл. 4).

**Обговорення.** Піну розглядають як дисперсну систему, що складається з бульбашок вуглекислого газу, вкритих тонкою плівкою пива, яка містить поверхнево-активні колоїдні речовини. У складі пива присутня не лише значна кількість розчиненого вуглекислого газу, що поступово вивільняється у вигляді дрібних бульбашок, але й різні колоїдні компоненти, зокрема білки, хмелеві смоли, декстрини, гуміноутворюючі речовини, пентози та меланоїдини (Scheurer & Nödler, 2021;

Таблиця 2

Фотоколориметричні показники прозорості та кольоровості пива							
№	Сорт пива	Оптична густина			Колір, в см <sup>3</sup> 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину I <sub>1</sub>		
		Матеріал упаковки			Матеріал упаковки		
		скло	пластик	метал	скло	пластик	метал
1	Охтирське світле	0,055	0,08	0,075	0,730	1,070	1,017
2	Львівське 1715	0,06	0,1	0,06	0,800	1,333	0,800
3	Закарпатське оригінальне	0,05	0,065	0,045	0,667	0,867	0,600

Таблиця 3

Показники кислотності пива							
№	Сорт пива	рН			Титрована кислотність, см <sup>3</sup> , 1 моль/дм <sup>3</sup> розчину NaOH на 100 см <sup>3</sup> пива		
		Матеріал упаковки			Матеріал упаковки		
		скло	пластик	метал	скло	пластик	метал
1	Охтирське світле	4,37	4,39	4,31	1,815	1,750	1,680
2	Львівське 1715	4,27	4,25	4,25	1,625	1,585	1,585
3	Закарпатське оригінальне	4,35	4,31	4,48	1,550	1,513	1,750

Таблиця 4

## Показники окислювально-відновного потенціалу пива

№	Сорт пива	Свіжо відкупорене пиво			Зістарене в тарі впродовж 7 днів		
		Потенціал $gH_2$			Потенціал $gH_2$		
		Матеріал упаковки			Матеріал упаковки		
		Скло	пластик	метал	скло	пластик	метал
1	Охтирське світле	15,17	15,7	14,86	15,8	16,7	15,6
2	Львівське 1715	14,94	14,06	15,85	16,4	16,2	16,1
3	Закарпатське світле	15,30	14,50	15,07	16,5	15,7	15,9

Zhang et al., 2020). Стабільність пін зазвичай пов'язана з міжфазними властивостями використовуваних білків та інших поверхнево-активних речовин у пиві (Wierenga et al., 2023). Дослідження впливу матеріалу упаковки на піноутворення показало, що пиво розлите у скляну тару забезпечує найбільш стабільні показники піноутворення: висота піни 45–50 мм, піностійкість до 5 хв (табл. 1), що відповідає вимогам для пива, розлитого у пляшки – висота піни не менше 30 мм, піностійкість не менше 4 хв. Разом з тим металева упаковка бляшаних банок та найбільш герметична їх закупорка забезпечила найбільшу висоту піни всіх сортів. Металева упаковка сприяє кращому збереженню розчиненого  $CO_2$ , що покращує піноутворення. Найменшу висоту і стійкість піни спостерігалася у зразках, розлитих в ПЕТ-пляшки, особливо у "Львівського 1715" та найменшу стійкість піни. Це пояснюється особливістю пластикового матеріалу, що має вищу проникність для газів (Ramos et al., 2015). Дещо вища густина пива в пластиковій тарі може також бути пов'язаною з швидшим вивітрюванням  $CO_2$ , що зменшує кількість розчиненого газу і робить рідину більш щільною. «Закарпатське оригінальне» має вищу густину (1,008 г/см<sup>3</sup> у металі), що може свідчити про більший залишковий екстракт.

Оптична густина та колір пива можуть змінюватися під впливом окислення, полімеризації поліфенолів, розчинення газів і світлового впливу. До впливу світла особливо чутливі світлі сорти пива, які в результаті можуть не лише темніти, а й погіршувати смак (Gagula et al., 2020). Найвищі показники оптичної густини і кольору демонстрували зразки в пластиковій упаковці (табл. 2), оскільки вона допускає вплив світла, що може змінювати колір пива та пропускати кисень, що сприяє окисленню поліфенолів (Pavlečić et al., 2012). Дещо вища оптична густина «Охтирського світлого» пояснюється присутністю колоїдних частинок, що допустимо для непастеризованого пива (Sejnar et al., 2017).

Величина рН виявилася найбільш стабільною для всіх аналізованих сортів пива не залежно від матеріалу тари. Привертає увагу найвище значення рН для пива "Закарпатське оригінальне" у металевій упаковці (табл. 3), що може свідчити про взаємодію пива з алюмінієвою поверхнею банки або зміну карбонізації але дане твердження потребує додаткових досліджень.

Титрована кислотність є важливим показником, що визначає кислотний баланс пива, його смакові характеристики та стабільність під час зберігання. Вона

залежить від вмісту органічних кислот (молочної, оцтової, лимонної), вуглекислоти та вихідної сировини і технології виготовлення напою (Blishch, 2023). Оптимальна титрована кислотність для світлого пива з масовою часткою спирту 4,0–5,0 % нормується Національним стандартом України «Пиво. Загальні технічні умови» в межах 1,5–3,2 см<sup>3</sup>, 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію на 100 см<sup>3</sup> пива. Цей показник відповідає вимогам для всіх досліджуваних зразків незалежно від тари пакування (таб. 3). Разом з тим, ми відмічали зниження титрованої кислотності пива у ПЕТ-пляшках, порівняно з скляною тарою, що вказує на можливий вплив кисню через проникність матеріалу упаковки.

Окисно-відновні потенціали Eh (мВ) та  $gH_2$  є важливими параметрами, що характеризують електрохімічний стан середовища та визначають рівень окиснення або відновлення і впливають на біохімічні процеси. Досліджені нами зразки мають  $gH_2$  середовища в межах 10–20, тобто належать до помірно відновних, що свідчить про наявність органічних речовин та низький вміст кисню (табл. 4). Разом з тим дослідження ілюструють інтенсифікацію процесів окиснення та втрату органічних компонентів у пиві з часом (Gagula et al., 2020). Під час зістарення напоїв у тарі впродовж 7 днів для всіх сортів констатували зростання  $gH_2$ . При цьому максимальні зміни потенціалу ми відмічали у напоях, розлитих в пластикові пляшки, а мінімальне зростання – у напоях з алюмінієвих банок. Найбільш показовим в цьому контексті виявився сорт «Львівське 1715», який демонстрував зростання  $gH_2$  в пластиковій тарі на 2,14 одиниці  $gH_2$ , а в металічній банці лише на 0,25 пункти. Отже, металева тара забезпечує найкращу стабільність, а пластик найменш придатний для зберігання відкритого пива.

Окислення органічних складових пива негативно позначається на смакових якостях пива через зміни у складі органічних сполук (Yevtushenko et al., 2020; Benadouda et al., 2023). Деякі хмелеві компоненти можуть перетворюватися на альдегіди під час витримки, особливо якщо пиво контактує з киснем. При тривалому зберіганні поліфеноли й білки в пиві можуть вступати в окисно-відновні реакції, сприяючи утворенню альдегідів. Одним із головних вивуватців старіння пива є транс-2-ноненаль – альдегід з низьким порогом сприйняття (~0,1 мкг/л), тому навіть незначні його концентрації значно впливають на смак і аромат напою, перетворюючи його на затхлий з паперовим відтінком.

Він утворюється переважно окисненням лінолевої кислоти та ліноленової кислоти, які містяться у зернових культурах (ячмені, пшениці). (Pavlečić et al., 2012).

Пластикові тара має свої переваги при транспортуванні (Magrussi et al., 2024) але вона проникна для ультрафіолетових променів та газів (пропускає кисень всередину та випускає вуглекислий газ). Тому термін зберігання пива в ПЕТ-пляшці менший, хоча в Україні допускається термін реалізації до шести місяців. Найрозповсюдженішою ємністю для скляної пляшки та алюмінієвої банки вважається 0,5 л або 0,33 л, а от стандартний об'єм ПЕТ-пляшок пива більший – 1 л, 1,5 л, 2 л. До того ж полімерну пляшку можна закрити повторно, на відміну від скляної чи бляшаної банки. Але пиво у відкритій пластиковій тарі швидко окиснюється, тому його варто споживати одразу.

**Висновки.** Аналіз фізико-хімічних показників якості пива різних виробників залежно від матеріалу упаковки свідчить, що скляна тара є оптимальним вибором для зберігання продукту, оскільки забезпечує збалансовані характеристики піноутворення і стабільності піни,

підтримує стабільний окисно-відновний стан і сприяє кращому збереженню антиоксидантних властивостей напою.

Металева упаковка ефективно запобігає фотохімічним змінам пива та сприяє кращому збереженню вуглекислого газу, що підтверджується низькими значеннями окисно-відновного потенціалу і максимальними показниками висоти піни. Разом з тим, найвищі значення рН і титрованої кислотності пива "Закарпатське оригінальне", порівняно з іншими сортами, свідчать про можливі реакції компонентів напою з металевою поверхнею банки, що потребує додаткового дослідження.

Зразки пива у пластиковій тарі мали найнижчі показники висоти і стійкості піни. Пластик є найменш придатним для збереження пива, оскільки допускає проникнення світла та кисню, що може змінювати колір, активізувати окиснювальні процеси, і, як наслідок, погіршення якості та органолептичних характеристик напою. З метою збереження смакових властивостей пива та вмісту в ньому корисних нутрієнтів варто посилити вимоги щодо терміну зберігання та умов реалізації пива, розлитого в ПЕТ-пляшки.

#### Бібліографічні посилання:

1. Adamenko, K., Kawa-Rygielska, J., & Kucharska, A. Z. (2020). Characteristics of Comelian cherry sour non-alcoholic beers brewed with the special yeast *Saccharomyces ludwigii*. *Food Chemistry*, 312, 125968. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125968>
2. Bellut, K., & Arendt, E. K. (2019). Chance and Challenge: Non-Saccharomyces Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 77(2), 77–91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>
3. Benadouda, K., Sajid, S., Chaudhri, S.F., Tazally, K.J., Marcus, & Bala Krishna Prabhala. (2023). Current State of Sensors and Sensing Systems Utilized in Beer Analysis. *Beverages*, 9(1), 5–5. <https://doi.org/10.3390/beverages9010005>
4. Blishch, R. O. (2023). Tekhnolohichni aspekty oderzhannia funktsionalnogo pyva [Technological aspects of obtaining functional beer]. *Herald of Lviv University of Trade and Economics Technical Sciences*, 33, 33–39. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2023-33-05> (in Ukrainian).
5. Blishch, R. O. (2024). Analiz ryzykiv ta krytychnykh kontrolnykh tochok (NASSR) pry vyrobnytstvi pyva nefiltrovanoho [Analysis of risks and critical control points (HACCP) in the production of unfiltered beer]. *Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical Sciences*, 39, 31–37. <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2024-39-04> (in Ukrainian).
6. Blishch, K. O., Petryshyn, N. Z., & Babych, I. M. (2021). Alternatyva khmeliu u vyrobnytstvi pyva [An alternative to hops in beer production]. *Herald of Lviv University of Trade and Economics Technical Sciences*, 25, 31–37. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-04> (in Ukrainian).
7. Cejnar, R., Hložková, K., Jelínek, L., Kotrba, P., & Dostálek, P. (2017). Development of engineered yeast for biosorption of beer haze-active polyphenols. *Applied microbiology and biotechnology*, 101(4), 1477–1485. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7923-8>
8. DSTU 3888:2015 Beer. General technical conditions – K.: SE "UkrNDNC", 2015 -17 p.
9. Gagula, G., Mastanjević, K., Mastanjević, K., Krstanović, V., Horvat, D., & Magdić, D. (2020). The influence of packaging material on volatile compounds of pale lager beer. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100496. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2020.100496>
10. Gasiński, A., Kawa-Rygielska, J., Szumny, A., Czubaszek, A., Gąsior, J., & Pietrzak, W. (2020). Volatile Compounds Content, Physicochemical Parameters, and Antioxidant Activity of Beers with Addition of Mango Fruit (*Mangifera Indica*). *Molecules*, 25(13), 3033. <https://doi.org/10.3390/molecules25133033>
11. Gonzalez Viejo, C., Fuentes, S., Godbole, A., Widdicombe, B., & Unnithan, R. (2020). Development of a low-cost e-nose to assess aroma profiles: An artificial intelligence application to assess beer quality. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 308, 127688. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.127688>
12. Habschied, K., Krstanović, V., & Mastanjević, K. (2022). Beer Quality Evaluation—A Sensory Aspect. *Beverages*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.3390/beverages8010015>
13. Herez, A., Dulka, O., & Prybylskyi, V. (2021). Ways to increase beer stability. *Débats Scientifiques et Orientations Prospectives Du Développement Scientifique*, 3, 35–36. <https://doi.org/10.36074/logos-05.02.2021.v3.09>
14. Hoshko, T. (2023). Vyrobnytstvo ta spozhyvannia pyva v rannomodernomu Polskomu korolivstvi [Beer Production and Consumption in the Early Modern Kingdom of Poland]. *Ukrainian Historical Review*, 2, 35–59. <https://doi.org/10.47632/2786-717x-2023-2-35-59> (in Ukrainian).
15. Imaizumi, V. M. (2022). Jaboticaba fruit beer: physicochemical and sensory evaluation. *Revista Tecnológica*, 30(1), 1–8. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v30i1.57643>

16. Johansson, L., Nikulin, J., Juvonen, R., Krogerus, K., Magalhães, F., Mikkelsen, A., Nuppenen-Puputti, M., Sohlberg, E., de Francesco, G., Perretti, G., & Gibson, B. (2021). Sourdough cultures as reservoirs of maltose-negative yeasts for low-alcohol beer brewing. *Food Microbiology*, 94, 103629. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103629>
17. Li, M., Du, J., & Zhang, K. (2020). Profiling of carbohydrates in commercial beers and their influence on beer quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7), 3062–3070. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10337>
18. Ludyn, A. M. (2023). Ions composition of mash water and their influence on beer quality. *Chemistry Technology and Application of Substances*, 6(1), 45–53. <https://doi.org/10.23939/ctas2023.01.045>
19. Meza-Márquez, O. G., Rodríguez-Hijar, A. R., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., & Ramos-Monroy, O. A. (2024). The Prediction of Quality Parameters of Craft Beer with FT-MIR and Chemometrics. *Foods*, 13(8), 1157. <https://doi.org/10.3390/foods13081157>
20. Michiels, P., Winok Debysier, Courtin, C., & Niels Langenaeken. (2023). Filtration enzymes applied during mashing affect beer composition and viscosity. *Journal of the Institute of Brewing*, 129(3), 176–191. <https://doi.org/10.58430/jib.v129i3.27>
21. Mohanasundaram, S., Ramirez-Asis, E., Quispe-Talla, A., Bhatt, M. W., & Shabaz, M. (2021). Experimental replacement of hops by mango in beer: production and comparison of total phenolics, flavonoids, minerals, carbohydrates, proteins and toxic substances. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(S1), 132–145. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01308-3>
22. Nahurna, N., Osypenkova, I., & Chepurna, O. (2020). Khemoretseptsiia u sviti pyva [Chemoreception in the world of beer]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 1, 32–39. <https://doi.org/10.24025/2708-494.9.1.2020.206438> (in Ukrainian).
23. Nahurna, N., Osypenkova, I., Chepurna, O., & Kurylenko, Y. (2023). Formuvannia smaku pyva [Beer flavor formation]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 1(7), 48–56. <https://doi.org/10.32782/2708-494.9.1.7.2023.9> (in Ukrainian).
24. Pavlečić M, Tepalović D, Ivančić Šantek M, Rezić T, Šantek B. (2012). The effect of total oxygen concentration in the bottle on the beer quality during storage. *Croat J Food Technol Biotech Nut* 7:118-125. <https://hrcaj.srce.hr/file/126551>
25. Puligundla, P., Smogrovicova, D., Mok, C., & Obulam, V. S. R. (2020). Recent developments in high gravity beer-brewing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102399. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102399>
26. Ramos, M., Valdés, A., Mellinas, A., & Garrigós, M. (2015). New Trends in Beverage Packaging Systems: A Review. *Beverages*, 1(4), 248–272. <https://doi.org/10.3390/beverages1040248>
27. Samoiluk, Iu., Mykolenko, I., Zyma, V., & Kolesnyk, V. (2023). Potensial vyrobnytstva pyvovomoho yachmeniu: transformatsiini tendentsii, chynnyky, efektyvnist [The malting barley production potential: transformational trends, factors, efficiency]. *Ahrosvit*, 20, 51–58. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.20.51> (in Ukrainian).
28. Scheurer, M., & Nödler, K. (2021). Ultrashort-chain perfluoroalkyl substance trifluoroacetate (TFA) in beer and tea – An unintended aqueous extraction. *Food Chemistry*, 351, 129304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129304>
29. Sohrabvandi, S., Mortazavian, A. M., & Rezaei, K. (2020). Advanced analytical methods for the analysis of chemical and microbiological properties of beer. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(2). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2228>
30. Wierenga, P. A., Basheva, E. S., & Delahaije, R. J. B. M. (2023). Variations in foam collapse and thin film stability with constant interfacial and bulk properties. *Advances in colloid and interface science*, 312, 102845. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.102845>
31. Yevtushenko, V., Semenchenko, O., & Bezpalchenko, V. (2020). Doslidzhennia yakosti pyva svitloho vitchyznianoho vyrobnytstva [Quality study of light beer of the domestic production]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli*, 1(96), 47–53. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2020-1-6> (in Ukrainian).
32. Zhang, H., Zou, G., Liu, W., & Zhou, Z. (2020). Beer Taste Detection Based on Electronic Tongue. *Sensors and Materials*, 32(9), 2949. <https://doi.org/10.18494/sam.2020.2710>

**Ivchenko V. D.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Inshyna N. M.**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Sumy State University, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Shvets O. G.**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Ponomarova L. M.**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Sumy State University, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Bolshanina S. B.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy State University, Sumy, Ukraine

**Myronenko V. O.**, Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **Analysis of the impact of packaging material on beer quality indicators**

The article presents the results of a study on the influence of packaging materials (glass, plastic, metal) on the physicochemical quality indicators of pale beer produced by three manufacturers: PJSC "Obolon" ("Okhtyrskoe Svitlo"), PJSC "Carlsberg Ukraine" ("Lvivske 1715"), and LLC "Persha Pryvatna Brovarnia" ("Zakarpatske Oryhinalne"). The study aimed to determine the optimal packaging material for beer storage that ensures the best characteristics of the beverage throughout its shelf life. Analytical methods were used to assess changes in the key quality indicators of beer. Transparency and color parameters were evaluated using a photocolometric method, total acidity was determined by the titrimetric method, and density was measured by the hydrometric method. The redox potential of beer was assessed using the I–160mV ion meter.

The research was conducted under standardized conditions, which allowed for an objective evaluation of the impact of packaging material on beer quality during storage. The analysis of the obtained data indicates that glass containers are the optimal choice for beer storage. They ensure the stability of the main physicochemical indicators, including foam formation, redox balance, and the preservation of the beverage's antioxidant properties. Glass packaging also prevents interactions between the container material and beer components, which is crucial for maintaining the organoleptic properties of the drink. Based on the research findings, metal packaging can be considered a viable alternative to glass, offering certain advantages. It effectively protects beer from photochemical changes and helps retain carbon dioxide better, which positively influences foam formation. However, the elevated pH values and titrated acidity of "Zakarpatske Oryhinalne" beer in a metal can may indicate potential interactions between the beverage components and the packaging surface. This could affect the chemical composition of the drink and requires further investigation. PET bottles were found to be the least suitable for beer storage. They allow oxygen and light penetration, which accelerates oxidation processes, alters the color of the beverage, and degrades its organoleptic properties and overall quality. Additionally, PET packaging leads to a faster loss of carbon dioxide, negatively impacting foam stability. The obtained results confirm the need to strengthen requirements for the storage duration and sales conditions of beer in PET packaging. This will help minimize losses in taste and beneficial properties of the beverage and preserve its quality throughout the entire shelf life.

**Key words:** Physicochemical analysis methods, titrated beer acidity, foam stability, oxidation-reduction potential, brewing, PET packaging, biotechnology of low-alcohol beverages.

## Розподіл балів щодо органолептичних характеристик пива

<b>Бали</b>	<b>Характеристика</b>
<b>Прозорість пива</b>	
3	переливається, має блиск
2	прозорість без блиску, з нечастими дрібними зваженими частинками
1	пиво мутне, слабо прозоре
знімається з дегустації	сильно опалесцююче або зовсім непрозоре
<b>Колір</b>	
3	Прозоре, без завислей та осаду, з блиском, світло-коричневого кольору; відповідає типу пива
2	на середньому рівні для світлого пива
1	на максимально допустимому рівні
не задовільне	пиво зовсім не відповідає типу кольору
<b>Аромат</b>	
4	легкий аромат з нотками хмелю і солоду; чистий, свіжий, явно виражений
3	хороший, чистий
2	зі сторонніми відтінками
1	з вираженими сторонніми тонами
<b>Хмелева гіркота</b>	
5	м'яка, швидко зникає
4	грубувата
3	груба, залишається або зовсім слабка
2	не хмелева
<b>Смак</b>	
5	повний, чистий, гармонійний солодовий смак із хмелевою гірчинкою; смак екстрактивних речовин майже непомітний
4	приємний, але не дуже гармонійний; без сторонніх присмаків
3	слабо виражений
2	порожній смак і сторонні присмаки та аромати

## Бланк результатів дегустації

	прозорість	колір	смак	хмельова гіркота	аромат	середнє значення
Зразок 1						
Зразок 2						
Зразок 3						
Зразок 4						