

УДК 663.252:[663.256.2:582.632.2]

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.15>

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЕРЕВИНИ ДУБУ У ВИНОРОБСТВІ

Олександр Васильович Василик,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0002-0546-4141>

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна

Едуард Робертович Городецький,

аспірант,

<https://orcid.org/0009-0006-1467-0170>

Одеський національний технологічний університет,

65039, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна

Анотація. Використання дубової деревини у виноробстві має багатовікову історію, де традиційні бочки слугують стандартом для преміальних вин, забезпечуючи унікальні органолептичні властивості. Зростання попиту на вино, економічні обмеження та потреба у сталому розвитку спричинили появу альтернативних препаратів дубу, таких як стружка, планки, кубики, спіралі та екстракти. Ці препарати дозволяють виноробам досягати бажаних смакових характеристик за нижчої вартості, що особливо важливо для масового виробництва. Метою дослідження є аналіз ефективності альтернативних препаратів у порівнянні з традиційними бочками з точки зору їхнього впливу на якість вина, економічну доцільність та екологічний аспект. Дослідження спирається на аналіз наукових джерел із баз Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar та інших, зосереджуючись на емпіричних даних про вплив альтернатив на фізико-хімічні та органолептичні характеристики вин. Альтернативи збагачують вино леткими сполуками, такими як ванілін, лактони, феноли, підвищують антиоксидантну активність і стабільність кольору, зокрема в червоних винах. Проте відсутність мікрооксигенації обмежує складність смаку порівняно з бочками, що робить альтернативи менш придатними для преміальних вин. Економічно вони значно вигідніші, та адаптивні до різних масштабів виробництва – від аматорського до промислового. Альтернативні препарати сприяють сталому розвитку, використовуючи відходи деревообробки та зменшуючи вирубку дубових лісів. Перспективи розвитку цього напрямку в галузі включають інноваційні форми, наприклад гібридні препарати чи інноваційні екстракти, а також технології, що імітують мікрооксигенацію. Альтернативи домінують у масовому сегменті, особливо в країнах Нового Світу (США, Австралія, Чилі), але бочки залишаються незамінними для преміальних вин через їхній унікальний вплив і престиж. Дослідження підкреслює баланс між якістю, економічною вигодою та екологічністю, пропонуючи напрями для подальших інновацій у виноробстві.

Ключові слова: Фенольні речовини, дубова бочка, альтернативні препарати деревини дубу, червоні вина, якість вин

UDC 663.252:[663.256.2:582.632.2]

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.14>

CURRENT STATE AND PROSPECTS OF THE USE OF ALTERNATIVE OAK WOOD PREPARATIONS IN WINEMAKING

Oleksandr Vasylyk

Ph.D., Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-0546-4141>

Odessa National University of Technology

65039 Kanatna St., 112, Odesa, , Ukraine

Eduard Gorodetsky

postgraduate student

<https://orcid.org/0009-0006-1467-0170>

Odessa National University of Technology

65039, Kanatna St., 112, Odesa, Ukraine

Abstract. *The use of oak wood in winemaking has a centuries-old history, with traditional barrels serving as the standard for premium wines, providing unique organoleptic properties. The growing demand for wine, economic constraints and the need for sustainable development have led to the emergence of alternative oak preparations, such as chips, strips, cubes, spirals and extracts. These preparations allow winemakers to achieve the desired taste characteristics at a lower cost, which is especially important for mass production. The aim of the study is to analyze the effectiveness of alternative preparations compared to traditional barrels in terms of their impact on wine quality, economic feasibility and environmental aspects. The study is based on the analysis of scientific sources from the databases Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar and others, focusing on empirical data on the impact of alternatives on the physicochemical and organoleptic characteristics of wines. Alternatives enrich wine with volatile compounds such as vanillin, lactones, phenols, increase antioxidant activity and color stability, particularly in red wines. However, the lack of microoxygenation limits the complexity of the taste compared to barrels, which makes alternatives less suitable for premium wines. They are economically much more profitable, and adaptable to different scales of production - from amateur to industrial. Alternative preparations contribute to sustainable development, using wood processing waste and reducing the deforestation of oak forests. Prospects for the development of this direction in the industry include innovative forms, such as hybrid preparations or innovative extracts, as well as technologies that mimic microoxygenation. Alternatives dominate the mass segment, especially in New World countries (USA, Australia, Chile), but barrels remain indispensable for premium wines due to their unique impact and prestige. The study highlights the balance between quality, economic benefit and environmental sustainability, suggesting directions for further innovation in winemaking.*

Keywords: *Phenolic substances, oak barrel, alternative preparations of oak wood, red wines, wine quality*

ВСТУП. Використання деревини дубу у виноробстві має багатовікову історію, що сягає часів, коли бочки спершу слугували для транспортування, а пізніше, також і для витримки вина, впливаючи на його якісні характеристики. У сучасному виноробстві традиційні дубові бочки залишаються стандартом для преміальних вин, але зростання попиту на вино, економічні обмеження та прагнення до сталого розвитку спричинили появу альтернативних препаратів дубової деревини, таких як стружка, планки, порошок, спіралі та екстракти. Ці альтернативи дозволяють виноробам досягати бажаних органолептичних властивостей вина за нижчої вартості та з більшою гнучкістю у процесі виробництва.

Альтернативні препарати дубу стали відповіддю на виклики сучасного виноробства, такі як

висока вартість бочок, потреба у швидшому виробничому циклі та забезпечення сталості смаку в умовах масового виробництва. Водночас ці методи викликають дискусії щодо їхньої здатності повністю відтворити складність смаку, яку забезпечують традиційні бочки через повільне окислення та мікрооксигенацію. Дослідження показують, що правильне використання альтернатив може наблизити якість вина до бочкового, хоча певні недоліки, наприклад, одномірність аромату, залишаються предметом критики (Chatonnet & Dubourdieu, 1998; Jackson, 2008).

Згідно регламенту ЄС (European Commission., 2019) та міжнародного енологічного кодексу (International Organisation of Vine and Wine, 2025), частини дубової деревини можуть використовуватись за переробки винограду та витримки, зокрема для бродіння свіжого винограду та виноградного суслу, щоб передати вину певні характеристики дубової деревини. Водночас шматочки дубу повинні походити виключно з роду *Quercus*. Їх можна залишити в природному стані або нагріти до низької, середньої або високої температури, але вони не повинні піддаватися спалюванню, включаючи поверхневе згоряння, а також бути вуглецевими або розсипчастими на дотик. Вони не повинні піддаватися жодним хімічним, ферментативним або фізичним процесам, окрім нагрівання.

Розміри частинок деревини повинні бути такими, щоб принаймні 95 % маси утримувалося сітчастим фільтром 2 мм (9 меш).

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою дослідження є аналіз ефективності використання альтернативних форм дубової деревини (стружка, планки, кубики, екстракти) у виноробстві як заміни або доповнення традиційним дубовим бочкам з точки зору їхнього впливу на якість вина, економічну доцільність та екологічний вплив. Дослідження прагне визначити потенціал використання альтернативних препаратів дубової деревини для оптимізації технологічних процесів і розробки інноваційних підходів у сучасній виноробній індустрії.

Завдання дослідження:

- дослідити вплив альтернативних дубових препаратів на фізико-хімічні показники вина, включаючи зміну компонентів ароматичного комплексу та смаку;
- оцінити зміни органолептичних властивостей вина (смак, аромат, колір) в результаті використання альтернативних препаратів деревини дубу;
- порівняти технологічні аспекти та витрати часу і ресурсів при використанні альтернативних методів витримки з традиційними бочками;
- проаналізувати екологічний вплив, зокрема зменшення споживання природних ресурсів при застосуванні альтернативних препаратів деревини дубу замість традиційних бочок;
- визначити напрямки та перспективи альтернативних технологій витримки у галузі виноробства.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. При проведенні дослідження проводився пошук у академічних базах даних, таких як Scopus, Web of Science, PubMed та Google Scholar, а також Researchgate, Науково-технічної бібліотеки ОНТУ та інших закладів.

З обраних джерел дані екстрагувалися та проводився аналіз впливу різних альтернативних препаратів деревини дубу на фізико-хімічний склад та сенсорні характеристики різних вин. Також отримана інформація синтезувалася для виявлення тенденцій, таких як ефективність певних препаратів та перспективи для використання на різних стадіях технологічного процесу. Оцінювалася якість досліджень, враховуючи розмір вибірки, статистичний аналіз та можливі обмеження.

Для забезпечення релевантності відбиралися публікації, що безпосередньо стосувалися альтернативних препаратів дубу у виноробстві. Перевагу надавали:

- емпіричним дослідженням, які надавали дані про вплив на фізико-хімічні показники (вміст танінів, поліфенолів, летких сполук) та органолептичні характеристики (смак, аромат, колір) різних типів вин;

-дослідженням, що порівнювали альтернативні методи з традиційними бочками, зокрема щодо часу витримки, вартості та екологічного впливу;
-роботам, в яких були досліджені різні типи вин та етапи виноробства (ферментація, витримка);
-географічно різноманітним дослідженням, щоб відобразити вплив місцевих особливостей, наприклад, у США, Австралії, Чилі та Франції.
Даний підхід дозволив забезпечити баланс між лабораторними та виробничими дослідженнями, а також між теоретичними та практичними аспектами.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ

ФОРМИ ПРЕПАРАТІВ ДЕРЕВИНИ ДУБУ. Альтернативні препарати дубової деревини представлені різноманітними фізичними формами, кожна з яких має унікальні характеристики та призначення у виноробстві.

Технології використання дубу у виноробстві зазнали значних змін, пройшовши шлях від традиційних дубових бочок до сучасних методів екстракту дубу: починаючи з класичних дубових бочок, потім перейшовши до дубових клепок – далі, розвиваючись до інноваційних мікроклепок, – далі використання довгих циліндрів - потім прийняттям дубових чіпсів – і закінчуючи використанням екстракту дубу – "boise", який може бути як у сухому, так і у рідкому вигляді (Lukanin, 2023).

Дубові стружки (chips) є однією з найпоширеніших форм, виготовлених із подрібненої деревини, що зазвичай піддається термообробці для підсилення ароматичних властивостей. Їхній розмір варіюється від кількох міліметрів до сантиметрів, що забезпечує велику площу контакту з вином і швидку екстракцію сполук.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд "дубових чіпсів".

Планки (staves) або дощечки являють собою більші шматки деревини, які розміщують у нейтральних резервуарах, таких як резервуари з нержавіючої сталі, для імітації ефекту бочок.



Рисунок 2. Зовнішній вигляд дубових планок.

Дубові стружки варіюються за розміром і товщиною, що впливає на швидкість екстракції: дрібніші частинки забезпечують швидший вплив, тоді як більші імітують повільніший процес бочкової витримки. Планки, які часто мають товщину 1–2 см і довжину до 1 м, розміщуються у резервуарах із нержавіючої сталі, створюючи ефект, подібний до бочок, але з меншою площею контакту порівняно зі стружками.

Спіралі (spirals) — це сучасна форма, розроблена для рівномірного розподілу деревини у вині (Karasch et al., 2004).



Рисунок 3. Зовнішній вигляд дубових спіралей.

Серед альтернативних форм дубу також варто згадати дубові кубики (cubes) або блоки, які є проміжною ланкою між стружками та планками за розміром і площею контакту. Ці кубики, зазвичай 1–3 см у діаметрі, забезпечують більш контрольовану екстракцію порівняно зі стружками, але швидшу, ніж планки, що робить їх популярними для вин із середньою витримкою.



Рисунок 4. Зовнішній вигляд дубових кубиків та блоків.

Екстракти являють собою концентровані рідкі або порошкоподібні продукти, отримані з дубу шляхом хімічної обробки. Екстракти, отримані шляхом водної чи спиртової екстракції дубової деревини, пропонують найвищий рівень контролю, оскільки їх можна додавати у вигляді рідини або порошку з точним дозуванням. Ці форми часто комбінуються з різними рівнями термічної обробки, від легкого (нотки свіжого дерева) до сильного (димні та шоколадні відтінки), що розширює можливості для створення унікальних профілів вина. Дубовий порошок (powder) використовується рідше через його інтенсивний вплив і ризик перенасичення вина танінами (Alpaslan et al., 2023; Lukanin, 2023; Schwarz et al., 2024).



Рисунок 5. Сухий дубовий екстракт

Сухі екстракти отримують шляхом випаровування рідких екстрактів, в результаті чого утворюється концентрований порошок. Ці екстракти зберігають багато біоактивних сполук, що містяться в дубовій деревині, включаючи поліфеноли, такі як галова кислота, катехін та елагова кислота. Однак процес сушіння може призвести до деякої деградації летких сполук, що може змінити ароматичний профіль порівняно з деревиною дубу (Lisanti et al., 2021; Schwarz et al., 2024; Tanase et al., 2023).

Кожна форма має свої особливості обробки, такі як ступінь термічної обробки (легкий, середній, сильний), що впливає на профіль смаку — від ванільних і фруктових нот до спецій і димних відтінків. Дослідження показують, що стружки та планки є економічно вигідними альтернативами, які дозволяють досягти бажаного ефекту за тижні, а не місяці, як у випадку з бочками. Проте вибір форми залежить від типу вина та цілей винороба, оскільки надмірна екстракція може призвести до втрати балансу (Feng et al., 2022).

Використання різних форм також залежить від типу вина: наприклад, стружки частіше застосовуються для червоних вин через їхню здатність швидко додавати таніни, тоді як екстракти більш популярні для білих вин, де потрібен делікатний дубовий вплив без надмірної терпкості. Дослідження показують, що вибір форми та її підготовка (наприклад, термічна обробка при 180–220°C) суттєво впливають на кінцевий результат, що робить альтернативи гнучким інструментом у руках винороба (Bautista-Ortín et al., 2008).

Існують також інші форми альтернативних препаратів деревини дубу, що можуть використовуватись в залежності від технологічних завдань, це дубові гранули (granules), дубові кільця (rings) і дубові диски (discs), Крім того, деякі виробники пропонують дубові мікрочіпси (microchips) – найдрібнішу форму, призначену для швидкого додавання смаку у невеликих об'ємах вина, наприклад, під час мікровиробництва чи тестування (García-Carpintero et al., 2011; Petrozziello et al., 2021).

Ботанічне походження дубу істотно впливає як на хімічний склад, так і на органолептичні властивості препаратів. Наприклад, *Quercus robur*, як правило, багатший еллагітанинами, тоді як *Quercus petraea* містить більш високий рівень ароматичних сполук. (Buche et al., 2021).

МЕТА ТА ЦІЛЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ У ВИНОРОБСТВІ. Альтернативні препарати дубової деревини застосовуються у виноробстві з кількома ключовими цілями, що відображають як економічні, так і технологічні потреби галузі. Основною метою є скорочення часу витримки вина порівняно з традиційними дубовими бочками, які потребують від кількох місяців до кількох років для повного дозрівання. Наприклад, дубові стружки дозволяють досягти схожого профілю смаку за 2–6 тижнів, що значно прискорює виробничий цикл і знижує витрати на зберігання. Іншою важливою ціллю є забезпечення стабільності органолептичних характеристик вина, особливо у масовому виробництві, де однорідність смаку є критичною для комерційного успіху. Альтернативи також дають змогу виноробам експериментувати з різними стилями вина, адаптуючи інтенсивність дубового впливу до конкретного сорту винограду чи регіональних уподобань споживачів. Нарешті, використання таких препаратів сприяє сталому розвитку, зменшуючи потребу у вирубці дубових лісів для виготовлення бочок (García-Carpintero et al., 2011).

Однією з основних цілей використання препаратів з дубу є збагачення летких сполук і аромату вин. Деревина дубу містить різні ароматичні речовини, такі як ванілін, похідні фурану, лактони, які переходять у вино під час витримки. Ці сполуки сприяють розвитку бажаних ароматичних нот, у тому числі ванілі, карамелі та підсмажених відтінків (Laqui-Estaña et al., 2019; Pollon et al., 2023; Yoncheva et al., 2024).

Сполуки ваніліну та фурану видобуваються з деревини дубу та сприяють створенню ванільного та карамельного ароматів у вині. Вина, оброблені дубовими стружками або планками після бродіння, демонструють більш високий рівень ваніліну та фуранових сполук, які пов'язані з більш гладким і збалансованим профілем смаку (Asproudi et al., 2024; Dumitriu Gabur et al., 2019).

Лактони віскі відповідають за «буазе» або підсмажені нотки у вині. Наприклад, було показано, що використання дубової стружки підвищує концентрацію цис-віскі-лактону та транс-віскі-лактону у винах, оброблених дубом, при чому походження дубу також має значення. Лактони віскі є бажаними компонентами у певних стилях вина (Dumitriu Gabur et al., 2019; Petrozziello et al., 2021). Окрім цього, сенсорний профіль вин, оброблених виробами з дубової деревини, додатково покращується завдяки введенню прямих, димних і підсмажених нот, які високо цінуються як у червоних, так і в білих винах (Zamora, 2019; Zhang et al., 2015).

Подібним чином додавання дубової стружки під час ферментації або витримки може посилити вивільнення летких фенолів, таких як евгенол та ізоевгенол, які пов'язані з пряними та гвоздичними ароматами (Tastry, 2023).

Рівень термічної обробки дубової деревини істотно впливає на її хімічний склад. Більш високі рівні підсмажування призводять до утворення нових сполук, таких як продукти реакції Майяра, які сприяють ароматичній складності витриманого продукту. Однак надмірне підсмажування може зменшити екстракцію корисних фенольних сполук або привести до їх деструкції (González-Centeno et al., 2021; Ligas & Kotseridis, 2024; M. P. Navarro et al., 2018).

Препарати з дубу відіграють важливу роль у стабілізації кольору та фенольних сполук вин, особливо червоних. Компоненти деревини дубу сприяють полімеризації антоціанів і танінів, що призводить до утворення стійких пігментів і більш інтенсивного кольору червоних вин. Фенольні речовини дубу, такі як елагові таніни та галові таніни, також є важливими для пом'якшення смаку вин (Baiano et al., 2016a; Jordão et al., 2019; Liu et al., 2016).

Окрім цього, фенольні сполуки, витягнуті з деревини дубу, також сприяють антиоксидантній активності вин, захищаючи їх від окислення та забезпечуючи довгострокову стабільність (Alencar et al., 2020; L. Li et al., 2020). Наприклад, вироби з дубової деревини багаті на елаготаніни, які є потужними антиоксидантами, та сприяють загальній антиоксидантній здатності вин. Зокрема, було показано, що використання дубової стружки підвищує вміст елаготаніну та значно посилює антиоксидантну активність вин (Othon-Díaz et al., 2023).

Також, елаготаніни відіграють значну роль в органолептичній якості витриманих вин і спиртних напоїв, надаючи терпкість і гіркоту. Елаготаніни з дубової деревини можуть

уповільнити деградацію катехінів та проціанідинів у вині, а також впливати на полімеризацію антоціанів. Це призводить до більш стабільних і складних танінових структур, які впливають на смакові якості та потенціал старіння вина. Окрім цього, елаготаніни з дубу взаємодіють із білками вина, що може зменшувати каламутність і покращувати прозорість, однак у великих кількостях вони можуть значно підвищувати терпкість та гіркоту, що вимагає ретельного контролю часу витримки (Baiano et al., 2016b; Gadrat et al., 2021; Watrelot & Waterhouse, 2018).

Слід зазначити, що підвищена антиоксидантна активність вин, витриманих із продуктами з дубової деревини, також може мати позитивні наслідки для здоров'я людини, оскільки відомо, що антиоксиданти сприятливо впливають на серцево-судинні та інші фізіологічні процеси (Burlacu et al., 2020; S.-Y. Li & Duan, 2019).

Вироби з дубу часто використовують для прискорення процесу старіння вин, особливо молодих вин, що дозволяє виноробам досягти бажаного рівня впливу дубу за більш короткий період порівняно з традиційною витримкою в бочках (Bautista-Ortín et al., 2008; Toulaki et al., 2023). Дубова стружка вивільняє леткі та фенольні сполуки у вино набагато швидше, ніж бочки, завдяки більшому співвідношенню площі поверхні до об'єму. Така швидка екстракція може бути корисна для вин, які потребують швидкого дозрівання.

Зазначені цілі можуть бути досягнуті завдяки контрольованому додаванню дубових сполук, таких як ванілін, лактони та елаготаніни, які впливають на аромат, структуру та стабільність вина. В першу чергу альтернативні препарати дубу можуть бути корисними для молодих вин, які потребують швидкого покращення смаку перед продажом, а також для вин середнього цінового сегменту, де висока вартість бочок є економічно невиправданою. Проте важливо враховувати, що надмірне використання може призвести до втрати автентичності, що є критичним для преміальних вин (Martínez-Gil et al., 2025; Tao et al., 2013).

В окремих випадках альтернативні препарати деревини дубу можуть бути використані для корекції недоліків вина, таких як недостатня структура чи слабкий ароматичний профіль. У цьому контексті дубові екстракти стають інструментом для "налаштування" вина перед розливом, що особливо корисно для вин із коротким циклом виробництва. Дослідження показують, що до 30% виноробів у Новому Світі регулярно застосовують альтернативи для таких цілей, що підкреслює їхню практичну цінність (Harding, 2015; Jordão & Cosme, 2022).

ВПЛИВ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВИНА. Після потрапляння до резервуару, альтернативні препарати дубу взаємодіють із багатьма компонентами вина, такими як поліфеноли, антоціани, спирти та кислоти, через процеси екстракції та окислення, хоча механізми суттєво відрізняються від тих, що відбуваються у бочках. Лігнін деревини розщеплюється під час термічної обробки, утворюючи ароматичні альдегіди, такі як ванілін, що додають солодкі та кремові нотки. Геміцелюлоза, у свою чергу, вивільняє цукри, які при термічній обробці трансформуються у сполуки з карамельними та тостовими ароматами. На відміну від бочок, де мікрооксигенація через пори деревини відбувається повільно, альтернативи забезпечують швидку екстракцію без значного доступу кисню, що впливає на кінцевий профіль вина (Oberholster et al., 2015). Ця швидка взаємодія може бути як перевагою, так і недоліком. Наприклад, дубові екстракти дозволяють точно дозувати концентрацію фенольних сполук, але їхнє використання може призвести до надмірної інтенсивності смаку, якщо не контролювати час контакту.

Механізми взаємодії альтернативних препаратів із вином залежать від їхньої фізичної форми та хімічного складу. Дубові стружки та планки швидко екстрагують фенольні сполуки, такі як галова та елагова кислоти. Леткі сполуки, такі як гуаякол (димний аромат) і евгенол (ноти гвоздики), також швидко переходять у вино, особливо при середній чи сильній термообробці. На відміну від бочок, де окислення відбувається поступово через проникнення кисню крізь пори, альтернативи діють переважно шляхом дифузії, що призводить до більшої концентрації сполук за короткий час. Наприклад, дослідження показують, що вміст ваніліну у вині, обробленому стружками, може досягати 0,5–1 мг/л уже через 20 днів, тоді як у бочках цей процес займає 6–12 місяців (Rubio-Bretón et al., 2018).

Екстракти дубу, навпаки, дозволяють вводити специфічні сполуки, минаючи природний процес дифузії. Це може бути корисним для корекції смаку, але іноді призводить до штучного профілю, якщо не враховувати баланс із природними компонентами вина.

Важливо також зазначити, що взаємодія залежить від рН вина та вмісту спирту, які впливають на розчинність дубових сполук (Corona et al., 2021).

Хімічна взаємодія альтернативних препаратів з вином також включає вплив на вміст сірчистого ангідриду (SO₂), який використовується у виноробстві як консервант. Дубові стружки та планки можуть частково поглинати SO₂, що вимагає корекції його рівня під час виробництва (Sonni et al., 2009). Крім того, дубові екстракти, які часто містять концентровані таніни, впливають на редокс-потенціал вина, підвищуючи його стійкість до окислення, але іноді змінюючи баланс кислотності. Препарати з деревини дубу можуть трохи підвищити рН вин за рахунок вилучення іонів калію з деревини. Цей ефект більш виражений у вин, витриманих з сильно підсмаженою дубовою стружкою (Kyraeou et al., 2016).

Як вже було відмічено, дубова деревина є джерелом летких сполук, які збагачують ароматичний профіль вина. До ключових сполук належать дубові лактони, ванілін, гваякол, евгенол і фурфурол, які додають вину ноти кокосу, ванілі, прянощів і тостів. Таким чином, альтернативні препарати дубу суттєво впливають на якісні показники вина, зокрема на аромат, смак, текстуру та стабільність. Дубові стружки та планки додають вину інтенсивні аромати ванілі, спецій, тосту чи кокосу залежно від типу дубу (французький чи американський) і ступеня термічної обробки. Як показують дослідження, американський дуб (*Quercus alba*) частіше асоціюється з солодкими нотками ванілі завдяки високому вмісту лактонів, тоді як французький дуб (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) сприяє більш тонким і пряним відтінкам. Елаготаніни підвищують терпкість і структуру вина, що особливо корисно для червоних сортів, таких як Каберне Совіньйон чи Мерло. Однак надмірне використання порошку чи екстрактів може призвести до грубої астрінгентності (терпкості), що погіршує сприйняття вина (Martínez-Gil et al., 2022; Valdés et al., 2021).

Дубові лактони (цис-β-метил-γ-окталактон та транс-β-метил-γ-окталактон) є одними із найважливіших компонентів, що формують аромат вин, витриманих із дубом. Ці сполуки відповідають за характерні кокосові, деревні та горіхові ноти, які часто асоціюються з якісними винами. Поріг сприйняття дубового лактону людиною становить 75 мкг/л у 12% етанолі. Концентрація цих сполук у винах значно варіюється залежно від типу вина та походження дубу. Наприклад, в австралійських білих винах вона коливається від 57 до 142 мкг/л, а в червоних — від 13 до 433 мкг/л. В іспанських винах ці показники ще більш різноманітні: для білих вин — від 42 до 538 мкг/л, а для червоних — від 208 до 479 мкг/л. Такі відмінності пояснюються не лише видом дубу, але й умовами його обробки (наприклад, ступенем обпалу) та тривалістю контакту з вином (Piggott et al., 1995).

Дослідження також показали, що американський дуб (*Quercus alba*) зазвичай містить більше цис-ізомерів дубового лактону, ніж європейський (*Quercus petraea*), що сприяє інтенсивнішим кокосовим нотам. Водночас європейський дуб надає більш тонкі деревні відтінки, що робить його кращим для вин преміум-класу. Альтернативні препарати, такі як тріска чи порошки, дозволяють швидко вводити ці сполуки у вино, хоча їхній ефект менш складний порівняно з бочками через відсутність мікрооксигенації. Перехід цих сполук у вино також залежить від температури витримки: при 20–25°C екстракція відбувається швидше, ніж при 15°C, що типово для бочок у підвалах (Martínez-Gil et al., 2022; Zamora, 2019).

Використання альтернативних препаратів дубової деревини впливає на трансформацію антоціанів, які відповідають за червоний колір вин. Деякі дослідження показують, що препарати дубової деревини можуть знижувати вміст специфічних антоціанів, таких як мальвідін-3-глюкозид, одночасно сприяючи загальній стабільності кольору (Coninck et al., 2006).

В залежності від сорту винограду та стилю виробництва альтернативні препарати дубу можуть мати різний вплив на вина. Так, наприклад, для легких червоних вин, таких як Піно Нуар, дубові спіралі додають структури без надмірного пригнічення делікатних ягідних ноток, тоді як

для повнотілих сортів, таких як Шираз, стружки підсилюють пряні та деревні відтінки. У білих винах, зокрема Шардоне, дубові кубики можуть додавати маслянистість і горіхові відтінки, але при тривалому контакті (понад 30 днів) іноді призводять до втрати кислотності, що погіршує свіжість. Щодо довготривалого зберігання, вина з альтернативами демонструють менший розвиток порівняно з бочковими через відсутність мікрооксигенації. Дослідження показують, що через 2 роки після розливу бочкові вина мають на 15–20% вищий вміст складних ефірів, тоді як вина з альтернативами зберігають стабільний, але менш розвинутий профіль (Carpena et al., 2020).

Препарати з дубової деревини можуть замаскувати або доповнювати фруктові-квіткові атрибути вин. Помірний рівень підсмажування та контрольований час контакту допомагають підтримувати баланс між деревними та фруктовими ароматами, забезпечуючи гармонійний сенсорний профіль (Dumitriu Gabur et al., 2017; Stegăruș et al., 2021).

Деревина дубу збагачує вино елаготанінами, такими як вескалгін і касталгін, які беруть участь у копігментації антоціанів і захищають вино від окислення. У червоних винах ці сполуки сприяють формуванню більш насиченого рубінового кольору та м'якої текстури (Zhang et al., 2015). Рівень елаготанінів залежить від виду дубу та його походження. Наприклад, *Quercus petraea* із французького регіону Лімузен має вищий вміст танінів порівняно з американським дубом, що робить його кращим для вин із вираженою терпкістю. Водночас надмірна кількість елаготанінів може зробити смак вина занадто грубим, що вимагає ретельного контролю часу витримки.

Фенольні кислоти, такі як галова та елагова кислоти, є ще однією групою сполук, які впливають на органолептичні характеристики вина. У білих винах фенольні кислоти можуть додавати легкі горіхові ноти, тоді як у червоних вони підсилюють стабільність антоціанів (Васа-Восанегра et al., 2017). Порівняно з бочками, тріска забезпечує швидший, але менш стійкий вплив фенольних кислот. Бочки, завдяки повільній дифузії, дозволяють цим сполукам інтегруватися в структуру вина поступово, що сприяє гармонійному смаку.

Безсумнівно, що червоним винам альтернативи додають багатства та глибини, але без тривалої витримки в бочках вони рідко досягають тієї м'якості, що виникає через повільне окислення. Сенсорні аналізи показують, що вина з альтернативами часто оцінюються як менш складні порівняно з бочковими, хоча різниця зменшується при правильному дозуванні та виборі форми. Таким чином, вплив на якість є позитивним за умови точного контролю процесу (Alamo-Sanza et al., 2019; Crump et al., 2015; Martínez-Gil et al., 2020).

Зазвичай, вина, витримані в дубових бочках, мають вищу сенсорну складність завдяки повільній взаємодії деревини з вином. Цей процес включає не лише екстракцію сполук, але й окислювальні реакції, які додають вину горіхові, пряні та карамельні відтінки. Бочки надають більш виражені деревні ноти, тоді як тріска частіше асоціюється з ванільними та димними відтінками (Alañón et al., 2018; Botha et al., 2020).

Дубові екстракти у рідкій формі також набирають популярності. Вони дозволяють точно дозувати ароматичні та смакові сполуки, що особливо зручно для великих обсягів виробництва. Проте їхнє використання вимагає ретельного тестування, щоб уникнути штучного присмаку.

Окрім додавання препаратів дубу у вино, був запропонований інноваційний підхід — розпилення дубових екстрактів на виноград перед ферментацією. Цей метод підвищує вміст фурфуролового спирту та прямих нот у вині, дозволяючи виноробам контролювати смак ще на етапі сировини. Такі техніки відкривають нові перспективи для створення унікальних вин із мінімальними витратами часу (Jiménez-Moreno et al., 2017).

За рахунок постійної екстракції компонентів дубу з дубової бочки, вміст зазначених компонентів у діжці поступово зменшується. Визначено, що найбільш інтенсивна екстрагування компонентів дубу у новій бочки (49-71 %) відбувається у перший цикл витримки коньячних спиртів. Мінімальна кількість концентрації компонентів дубу (менше 10 %) екстрагується у коньячний спирт після четвертого циклу заливки. Під час шостого і подальшого циклів використання бочки внутрішня поверхня деревини клепок має виснаження більш ніж на 90 % (Lukanin et al., 2009, 2010). Перспективним напрямком прискорення дозрівання напоїв є

додавання компонентів дубу у на початковій стадії витримки, особливо при використанні старих бочок. Це сприяє відновленню технологічних властивостей тари та надає «ефекту нової бочки» (Lukanin, 2023).

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЕРЕВИНИ ДУБУ У ПОРІВНЯННІ З ТРАДИЦІЙНИМИ ДУБОВИМИ БОЧКАМИ. Альтернативні препарати дубу мають низку переваг над традиційними бочками, зокрема економічну доступність і швидкість впливу. Вартість дубових стружок або планок у десятки разів нижча за ціну бочки, яка може коштувати від 500 до 1000 доларів США залежно від походження та якості деревини. Крім того, альтернативи дозволяють досягти бажаного смаку за короткий час, що ідеально для вин, призначених для швидкого споживання. Вони також забезпечують гнучкість: винороби можуть регулювати дозування та комбінувати різні форми дубу для створення унікальних профілів (Alamo-Sanza & Nevares, 2017; Aleksovych & Tkachenko, 2024).

Проте недоліки також значні. Відсутність мікрооксигенації, яка відбувається через пори бочок, обмежує розвиток складних ароматів і м'якості, що є ключовими для преміальних вин. Недоліком альтернативи є її схильність до надмірної екстракції летких сполук за короткий час, що може призвести до одноманітності аромату або навіть до появи неприємних різких нот, якщо контакт із вином не контролюється ретельно. Дослідження вказують, що вина, витримані з альтернативами, часто мають більш інтенсивний, але одномірний смак порівняно з бочковими винами. Альтернативні препарати допомагають зменшити окислення завдяки швидкому вивільненню антиоксидантів, але водночас відсутність повільного доступу кисню обмежує еволюцію смакових характеристик. Тріска, клепки та порошки не здатні забезпечити мікрооксигенацію, якщо вони використовуються у статичному середовищі (наприклад, у сталевих резервуарах) (Arfelli et al., 2011; Gómez-Plaza & Bautista-Ortín, 2019).

Однією з головних переваг дубових бочок є їхня здатність забезпечувати мікрооксигенацію — повільне проникнення кисню через пори деревини. Цей процес сприяє окислювальним реакціям, які пом'якшують таніни, стабілізують колір і додають складності смаку. Бочки дозволяють точно контролювати кисневий режим, що залежить від товщини клепок, рівня обпалу та пористості деревини. Наприклад, бочки з середнім обпалом забезпечують до 20 мг/л кисню на рік, що ідеально для червоних вин преміум-класу, таких як Бордо чи Тоскана (Del Alamo-Sanza & Nevares, 2014).

Бочки з *Quercus robur* під час мікрооксигенації сприяють утворенню складних ефірів, які надають вину фруктові (наприклад, яблуко чи груша) та квіткові (жасмин, троянда) ноти. Цей процес займає місяці або роки, але результатом є більш інтегрований і гармонійний ароматичний профіль, недосяжний для альтернативних методів (Jordão & Cosme, 2022).

Поліфеноли, зокрема елаготанінни (вескалгін, касталгін, робурин), які відіграють ключову роль у формуванні смаку, терпкості та стабільності кольору вина, при використанні традиційних бочок переходять у вино поступово, що сприяє сталій копігментації антоціанів у червоних винах та захист від окислення. Цей процес триває від 6 місяців до кількох років, що ідеально підходить для преміальних вин (Zhang et al., 2015).

Тріска також містить елаготаніни, але через високу швидкість екстракції їхній вплив є короточасним і може призводити до надмірної терпкості. При витримці з тріскою протягом 4–6 тижнів концентрація елаготанінів досягає піку, після чого починає знижуватися через деградацію або осадження. Це робить тріску менш придатною для тривалої витримки, а також ускладнює досягнення стабільності кольору, характерної для бочок (Matejicek, 2004).

Недоліками використання альтернативних препаратів деревини дубу є не лише відсутність мікрооксигенації, а й потенційна втрата престижу. У країнах із сильними виноробними традиціями, таких як Франція чи Італія, бочки асоціюються з високою якістю, і відмова від них може негативно вплинути на сприйняття бренду (Brown, 2009). Споживачі преміум-сегменту можуть сприймати використання альтернатив як зниження якості, що впливає на маркетингову привабливість продукту.

До переваг альтернативних методів використання дубу, можна віднести можливість

забезпечити однорідну обробку вина в великих резервуарах об'ємом до 10 000 літрів і більше, що складно при використанні традиційних бочок (225–300 л). Технології використання альтернативних препаратів деревини дубу адаптуються до різних масштабів виробництва — від домашнього (1–10 л) до промислового (понад 100 000 л), і не потребують складного догляду, знижуючи трудові витрати. Витрати на дубові стружки становлять лише 5–10% від вартості бочок на літр вина, а логістичні витрати — 2–3% проти 20%, що особливо вигідно для віддалених регіонів, як Нова Зеландія чи Аргентина. Альтернативні препарати легші у транспортуванні та зберіганні, займають на порядок менше місця, ніж бочки, і не потребують спеціальних умов (вологість, температура), що знижує операційні витрати. Наприклад, мішок тріски вагою 10 кг може замінити 5–6 бочок об'ємом 225 літрів кожна, спрощуючи логістику для невеликих виробників. Альтернативи інтегруються з сучасними технологіями, такими як автоматизовані системи з датчиками, забезпечуючи точний контроль екстракції та знижуючи ризик контамінації (потрапляння в середовище будь-якого домішку, який змінює властивості цього середовища) (García-Alcaraz et al., 2020; Nevares & Alamo-Sanza, 2018).

Оскільки світовий попит на дерев'яні бочки постійно зростає, вирубка всіх старих дерев (наприклад, дубів старше ста років) негативно впливає на навколишнє середовище, а також загрожує майбутньому бондарної галузі через відсутність і високу вартість дубової деревини (Smailagić et al., 2019).

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ДУБУ У ВИНОРОБНІЙ ГАЛУЗІ. У сучасній виноробній галузі альтернативні препарати дубу широко використовуються у виноробних країнах із різними підходами та результатами. У США, зокрема в Каліфорнії, дубові стружки та планки є популярними для вин середнього цінового сегменту, таких як Зінфандель і Шардоне, завдяки доступності американського дубу та прагненню до швидкого виробництва. В Австралії альтернативи застосовуються для створення вин із виразними дубовими нотками, що відповідають уподобанням місцевого ринку, наприклад, для Ширазу. У Франції, де традиція бочкової витримки має глибоке коріння, використання стружок дозволено лише для вин нижчої категорії, тоді як преміальні апеласьйони (АОС) суворо дотримуються бочок (Jackson, 2008).

У країнах Нового Світу, таких як Чилі та Аргентина, альтернативи активно застосовуються для експортних вин, де важлива конкурентна ціна. Наприклад, чилійські вина Мальбек часто обробляються дубовими планками для підсилення структури. У Південній Африці використання дубових альтернатив стало популярним завдяки їхній здатності рівномірно впливати на вино в резервуарах. Цей міжнародний досвід підкреслює адаптивність альтернатив до локальних умов і потреб.

Перспективи розвитку альтернативних препаратів дубу у виноробстві пов'язані з інноваціями та зміною споживацьких уподобань. Розробка нових форм, таких як гібридні спіралі чи інноваційні екстракти, може покращити контроль над екстракцією та наблизити смак до бочкового. Технології точного дозування та аналізу хімічного складу дубу також обіцяють підвищити якість вин, витриманих із альтернативами. Зростання попиту на екологічно чисті продукти стимулює дослідження вторинного використання дубових відходів, що може знизити вплив галузі на довкілля. Зростання попиту на вина з низьким вуглецевим слідом може стимулювати перехід до біорозкладних альтернатив, виготовлених із переробленого дубу. Зміна клімату може додатково стимулювати розвиток альтернатив, оскільки зростання температури впливає на якість дубових лісів, роблячи бочки менш доступними (Cortiella et al., 2021; Leeuwen et al., 2024; Rudnitskaya et al., 2017).

Вірогідно, що майбутнє альтернатив пов'язане з розробкою технологій, які імітуватимуть мікрооксигенацію бочок. Наприклад, системи з контрольованим введенням кисню в поєднанні з дубовими планками вже тестуються в Австралії та США. Ще однією перспективою є створення біоактивних екстрактів дубу, які міститимуть лише цільові сполуки (наприклад, ванілін чи елаготаніни) для точного впливу на вино. Зростання попиту на органічні вина також стимулює

дослідження нетоксичних методів обробки дубу без хімічних добавок (M. Navarro et al., 2020; Toit & Aleixandre-Tudo, 2022).

Водночас майбутнє залежить від балансу між традиціями та інноваціями. Преміальні вина, ймовірно, зберігатимуть перевагу бочок через їхній унікальний внесок у смак і статус, тоді як альтернативи домінуватимуть у масовому сегменті.

ВИСНОВКИ 1. Альтернативні препарати дубу значно знижують витрати у виноробстві, усуваючи потребу в дорогих дубових бочках і тривалому процесі витримки. Це особливо вигідно для виробництва вин середнього цінового сегменту та масового ринку, де швидкість виробництва і доступність є пріоритетами. Крім того, альтернативи дозволяють гнучко регулювати дозування та комбінувати різні форми, що дає виноробам змогу швидко адаптувати продукт до ринкових вимог без значних капіталовкладень.

2. Альтернативні препарати збагачують вино важливими сполуками, що покращують аромат, текстуру, колір і стабільність продукту. Однак, на відміну від бочок, альтернативи не забезпечують мікрооксигенацію — повільне насичення киснем через пори деревини, що обмежує розвиток складних ароматів і м'якості танінів. Тому для преміальних вин, де глибина смаку та його еволюція відіграють ключову роль, бочки залишаються незамінними, тоді як альтернативи ідеально підходять для простіших стилів.

3. Альтернативні препарати дубу легко адаптуються до будь-яких обсягів виноробства — від невеликих домашніх партій до великих промислових резервуарів. Вони не потребують спеціального догляду чи умов зберігання, як бочки, що знижує операційні витрати та спрощує логістику. У великих ємностях альтернативи забезпечують однорідність обробки, що складно досягти з бочками через їхній обмежений об'єм. Ця властивість робить їх популярними в країнах Нового Світу (США, Австралія, Чилі, Аргентина), де винороби орієнтуються на масове виробництво доступних вин із виразними дубовими нотами, зберігаючи при цьому стабільну якість.

4. Використання альтернативних препаратів дубу сприяє сталому розвитку виноробної галузі, зменшуючи потребу у вирубці дубових лісів для виробництва бочок. Багато альтернатив виготовляються з відходів деревообробки, що сприяє раціональному використанню ресурсів. Розробка біорозкладних форм дубу та переробка матеріалів додатково знижують екологічний слід виноробства. У контексті зміни клімату та зростання попиту на екологічно чисті продукти, альтернативи стають важливим інструментом для створення вин із низьким вуглецевим слідом, що відповідає сучасним споживацьким трендам і регуляторним вимогам.

5. Майбутнє альтернативних препаратів дубу тісно пов'язане з технологічними інноваціями. Розробка гібридних форм (наприклад, комбінація альтернатив із системами мікрооксигенації), інноваційних екстрактів і біоактивних добавок відкриває нові можливості для створення вин із унікальними смаковими профілями. Технології точного дозування та аналізу хімічного складу дубу дозволяють виноробам досягати максимального контролю над процесом витримки. Хоча альтернативи, ймовірно, не замінять бочки у преміальному сегменті через їхній унікальний вплив і престиж, вони продовжуватимуть домінувати в масовому виробництві, стаючи дедалі досконалішими завдяки прогресу в науці та техніці.

Отже, альтернативні препарати дубу є цінним інструментом сучасного виноробства, що поєднує економічну вигоду, швидкість і гнучкість. Вони ідеально підходять для вин середнього сегменту та масового виробництва, але не можуть повноцінно замінити бочки у преміальних винах через відсутність мікрооксигенації та складності смаку. Вибір методу витримки залежить від цілей винороба: швидкий результат і доступність — для альтернатив, глибина та престиж — для бочок. Інновації в технологіях і зміна споживацьких уподобань обіцяють подальший розвиток цього напрямку, роблячи альтернативи дедалі важливішою частиною виноробної галузі.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Alamo-Sanza, M. del, Nevares, I., Martínez-Gil, A. M., Rubio-Bretón, P., & Garde-Cerdán, T. (2019). Impact of long bottle aging (10 years) on volatile composition of red wines micro-oxygenated with oak alternatives. *Lwt - Food Science and Technology*, 101, 395–403. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.11.049>
- Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2017). Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16), 2711–2726. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1330250>
- Alañón, M. E., Marchante, L., Alarcón, M., Díaz-Maroto, I. J., Pérez-Coello, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2018). Fingerprints of acacia aging treatments by barrels or chips based on volatile profile, sensorial properties, and multivariate analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5795–5806. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9129>
- Aleksovych, V., & Tkachenko, O. (2024). Use of oak alternative products in vinification. *Food Science and Technology*, 18(1). <https://doi.org/10.15673/fst.v18i1.2856>
- Alencar, N. M. M., Cazarin, C. B. B., Correa, L. C., Maróstica Júnior, M. R., Silva, D. J., Biasoto, A. C. T., & Behrens, J. H. (2020). *The use of oak chips during the fermentation process: Effects on phenolic compounds profile and antioxidant activity in Syrah young wines* (p. 10). <https://doi.org/10.31665/JFB.2020.10228>
- Alpaslan, D., Dudu, T. E., & Aktas, N. (2023). Synthesis of poly(Oak bark) particles from oak bark extract and its utilization as a drug carrier material. *Vietnam Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/vjch.202200177>
- Arfelli, G., Sartini, E., Corzani, C., & Fabiani, A. (2011). Chips, lees, and micro-oxygenation: Influence on some flavors and sensory profile of a bottled red Sangiovese wine. *European Food Research and Technology*, 233(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S00217-011-1480-2>
- Asproudi, A., Barera, S. R., Panero, L., Cravero, M. C., Bonello, F., Mulinazzi, W., Castagna, M., Copart, A., Piano, F., & Petrozziello, M. (2024). *Enhancing the volatile compounds and sensory profile of Nebbiolo wines through wood formats alternative to traditional barrels*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5058972/v1>
- Baca-Bocanegra, B., Nogales-Bueno, J., Hernández-Hierro, J. M., & Heredia, F. J. (2017). Evaluation of extractable polyphenols released to wine from cooperage byproduct by near infrared hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 244, 206–212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.027>
- Baiano, A., Gianni, A., Mentana, A., Quinto, M., Centonze, D., & Del Nobile, M. A. (2016a). Colour-related phenolics, volatile composition, and sensory profile of Nero di Troia wines treated with oak chips or by micro-oxygenation. *European Food Research and Technology*, 242(10), 1631–1646. <https://doi.org/10.1007/S00217-016-2662-8>
- Baiano, A., Gianni, A., Mentana, A., Quinto, M., Centonze, D., & Del Nobile, M. A. (2016b). Effects of the treatment with oak chips on color-related phenolics, volatile composition, and sensory profile of red wines: The case of Aglianico and Montepulciano. *European Food Research and Technology*, 242(5), 745–767. <https://doi.org/10.1007/S00217-015-2583-Y>
- Bautista-Ortín, A. B., Lencina, A. G., Cano-López, M., Pardo-Mínguez, F., López-Roca, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2008). The use of oak chips during the ageing of a red wine in stainless steel tanks or used barrels: Effect of the contact time and size of the oak chips on aroma compounds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14, 63–70. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00008.x>
- Botha, A., Toit, W., Brand, J., Kidd, M., & Groenewald, N. (2020). The Effect of Different Oak Products Used during Fermentation and Ageing on the Sensory Properties of a White Wine over Time. *Foods*, 9(9), 1220. <https://doi.org/10.3390/foods9091220>

- Brown, A. (2009). *Wine: An Alternative Investment*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374522-4.00011-1>
- Buche, G., Colas, C., Fougère, L., Giordanengo, T., & Destandau, E. (2021). Untargeted UHPLC-Q-TOF-HRMS based determination of discriminating compounds for oak species *Quercus robur* L. And *Quercus Petraea* Liebl. Identification. *Phytochemical Analysis*, 32(5), 660–671. <https://doi.org/10.1002/PCA.3013>
- Burlacu, E., Nisca, A., & Tanase, C. (2020). A Comprehensive Review of Phytochemistry and Biological Activities of *Quercus* Species. *Forests*, 11(9), 904. <https://doi.org/10.3390/F11090904>
- Carpena, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. *Foods*, 9(9), 1160. <https://doi.org/10.3390/foods9091160>
- Chatonnet, P., & Dubourdieu, D. (1998). Restricted access Comparative Study of the Characteristics of American White Oak (*Quercus alba*) and European Oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) for Production of Barrels Used in Barrel Aging of. *Wines*American Journal of Enology and Viticulture*, 49, 79–85. <https://doi.org/10.5344/ajev.1998.49.1.79>
- Coninck, G., Jordão, A. M., Ricardo-da-Silva, J. M., & Laureano, O. (2006). Evolution of phenolic composition and sensory properties in red wine aged in contact with Portuguese and French oak wood chips. *OENO One*, 40(1), 25–34. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2006.40.1.881>
- Corona, O., Bambina, P., Filippi, D., & Cinquanta, L. (2021). Influence of pre-fermentative addition of aqueous solution tannins extracted from oak wood (*Quercus petraea*) on the composition of Grillo wines. *European Food Research and Technology*, 247(7), 1595–1608. <https://doi.org/10.1007/S00217-020-03668-9>
- Cortiella, M., Ubeda, C., Covarrubias, J. I., Laurie, V. F., & Peña-Neira, Á. (2021). Chemical and Physical Implications of the Use of Alternative Vessels to Oak Barrels during the Production of White Wines. *Molecules*, 26(3), 554. <https://doi.org/10.3390/molecules26030554>
- Crump, A. M., Johnson, T. E., Wilkinson, K. L., & Bastian, S. E. P. (2015). Influence of oak maturation regimen on composition, sensory properties, quality, and consumer acceptability of cabernet sauvignon wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1593–1600. <https://doi.org/10.1021/JF5044025>
- Del Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2014). Recent advances in the evaluation of the oxygen transfer rate in oak barrels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(35), 8892–8899. <https://doi.org/10.1021/jf502333d>
- Dumitriu Gabur, G.-D., Lerma, N., Zamfir, C.-I., Cotea, V. V., & Peinado, R. A. (2017). Volatile and phenolic composition of red wines subjected to aging in oak cask of different toast degree during two periods of time. *Lwt - Food Science and Technology*, 86, 643–651. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.08.057>
- Dumitriu Gabur, G.-D., Teodosiu, C., Gabur, I., Cotea, V. V., Peinado, R. A., & Lerma, N. (2019). Evaluation of Aroma Compounds in the Process of Wine Ageing with Oak Chips. *Foods*, 8(12), 662. <https://doi.org/10.3390/FOODS8120662>
- European Commission. (2019, March 12). *Commission Delegated Regulation (EU) 2019/934 of 12 March 2019 supplementing Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council as regards wine-growing areas where the alcoholic strength may be increased, authorised oenological practices and restrictions applicable to the production and conservation of grapevine products, the minimum percentage of alcohol for by-products and their disposal, and publication of OIV files* (Vol. 149). EUR-Lex. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/934/oj/eng
- Feng, Z., Martínez-Lapuente, L., Ayestarán, B., & Guadalupe, Z. (2022). Volatile and sensory characterization of Tempranillo wines aged in *Quercus alba* oak barrels of different geographical origins in USA6. *LWT*, 114328. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114328>
- Gadrat, M., Lavergne, J., Emo, C., Teissedre, P.-L., & Chira, K. (2021). *Ellagitannins quantification in oak wood and cognac eaux-de-vie: Sourced from the research article “Validation of a Mass*

- Spectrometry Method to Identify and Quantify Ellagitannins in Oak Wood and Cognac during Aging in Oak Barrels*. <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4610>
- García-Alcaraz, J. L., Montalvo, F. J. F., Cámara, E. M., Parte, M. M. P. de la, Jiménez-Macías, E., & Blanco-Fernández, J. (2020). Economic-environmental impact analysis of alternative systems for red wine ageing in re-used barrels. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118783. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118783>
- García-Carpintero, E. G., Gómez Gallego, M. A., Sánchez-Palomo, E., & González Viñas, M. A. (2011). Sensory descriptive analysis of Bobal red wines treated with oak chips at different stages of winemaking. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 368–377. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00161.x>
- Gómez-Plaza, E., & Bautista-Ortín, A. B. (2019). *Emerging Technologies for Aging Wines: Use of Chips and Micro-Oxygenation* (pp. 149–162). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00010-4>
- González-Centeno, M. R., Teissedre, P.-L., & Chira, K. (2021). Impact of oak wood modalities on the (non)-volatile composition and sensory attributes of red wines. *OENO One*, 55(2), 285–299. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2021.55.2.4673>
- Harding, J. (2015). In J. Robinson (Ed.), *The Oxford Companion to Wine*. Oxford University Press. <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780198705383.001.0001/acref-9780198705383>.
- International Organisation of Vine and Wine. (2025). *International Oenological CODEX*. <https://www.oiv.int/standards/international-oenological-codex>
- Jackson, R. S. (2008). *Wine science*. In Elsevier eBooks. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-373646-8.x5001-x>.
- Jiménez-Moreno, N., Moler, J. A., Urmeneta, H., Suberviola-Ripa, J., Cibriain-Sabalza, F., Gandía, L. M., & Ancín-Azpilicueta, C. (2017). Oak wood extracts applied to the grapevine. An alternative to obtain quality Garnacha wines. *Food Research International*, 105, 628–636. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.070>
- Jordão, A. M., & Cosme, F. (2022). The Application of Wood Species in Enology: Chemical Wood Composition and Effect on Wine Quality. *Applied Sciences*, 12(6), 3179. <https://doi.org/10.3390/app12063179>
- Jordão, A. M., Lozano, V., & González-Sanjosé, M. L. (2019). Influence of Different Wood Chip Extracts Species on Color Changes and Anthocyanin Content in Synthetic Wine Solutions. *Foods*, 8(7), 254. <https://doi.org/10.3390/FOODS8070254>
- Karasch, R. D., Theisen, P. S., & Theisen, J. A. (2004). *Beverage infusion spiral and methods of making and using the same*. <https://patents.google.com/patent/US7357069B1/en>
- Kyrleou, M., Tzanakouli, E., Kotseridis, Y., Chira, K., Ligas, I., Kallithraka, S., & Teissedre, P.-L. (2016). Addition of wood chips in red wine during and after alcoholic fermentation: Differences in color parameters, phenolic content and volatile composition. *OENO One*, 50(4), 209–222. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2016.50.4.885>
- Laqui-Estaña, J., López-Solís, R., Peña-Neira, Á., Medel-Marabolí, M., & Obreque-Slier, E. (2019). Wines in contact with oak wood: The impact of the variety (Carménère and Cabernet Sauvignon), format (barrels, chips and staves), and aging time on the phenolic composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 436–448. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9205>
- Leeuwen, C., Sgubin, G., & Bois, B. (2024). Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nat Rev Earth Environ*, 5, 258–275. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>
- Li, L., Li, Z., Wei, Z., Yu, W., & Cui, Y. (2020). Effect of tannin addition on chromatic characteristics, sensory qualities and antioxidant activities of red wines. *RSC Advances*, 10(12), 7108–7117. <https://doi.org/10.1039/C9RA09846A>
- Li, S.-Y., & Duan, C.-Q. (2019). Astringency, bitterness and color changes in dry red wines before and during oak barrel aging: An updated phenolic perspective review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(12), 1840–1867. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1431762>

- Ligas, I., & Kotseridis, Y. (2024). Impact of French Oak Chip Maturation on the Volatile Composition and Sensory Profile of Agiorgitiko Wine. *Beverages*, 10(4), 121. <https://doi.org/10.3390/beverages10040121>
- Lisanti, M. T., Capuano, R., & Moio, L. (2021). Wood powders of different botanical origin as an alternative to barrel aging for red wine. *Eur Food Res Technol*, 247, 2309–2320. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03791-1>
- Liu, S., Wang, S., Yuan, G., Ouyang, X., Liu, Y., Zhu, B., & Zhang, B. (2016). Effect of Oak Chips on Evolution of Phenolic Compounds and Color Attributes of Bog Bilberry Syrup Wine During Bottle-Aging. *Journal of Food Science*, 81(11). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13532>
- Lukanin, O. S. (2023). Oak barrel and its alternative in cognac production in Ukraine |. *Journal “Beverages. Technologies and Innovations”*. *Journal “Beverages. Technologies and Innovations.”* <https://techdrinks.info/dubova-bochka-ta-yiyi-alternatyva-u-konyachnomu-vyrobnystvi-ukrayiny/>
- Lukanin, O. S., Bailuk, S. I., Sidorenko, O. M., & Zrazhva, S. G. (2009). *Vining an oak barrel with cognac spirit*. Institute of Agroecology and Biotechnology.
- Lukanin, O. S., Bailuk, S. I., Sidorenko, O. M., Zrazhva, S. G., & Agafonov, M. F. (2010). Dynamics of depletion of oak barrel wood during repeated use. *Scientific Works of the NUFT*, 32, 55–56.
- Martínez-Gil, A. M., Alamo-Sanza, M. del, Nevares, I., Sánchez-Gómez, R., & Gallego, L. (2020). Effect of size, seasoning and toasting level of *Quercus pyrenaica* Willd. Wood on wine phenolic composition during maturation process with micro-oxygenation. *Food Research International*, 128, 108703. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108703>
- Martínez-Gil, A. M., Alamo-Sanza, M., Asensio-Cuadrado, M., Barrio-Galán, R., & Nevares, I. (2025). Impact of the Wood Species Used on the Chemical Composition, Color and Sensory Characteristics of Wine. *Foods*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/foods14122088>
- Martínez-Gil, A. M., Alamo-Sanza, M., Barrio-Galán, R., & Nevares, I. (2022). Alternative Woods in Oenology: Volatile Compounds Characterisation of Woods with Respect to Traditional Oak and Effect on Aroma in Wine. *A Review. Applied Sciences*, 12(4), 2101. <https://doi.org/10.3390/app12042101>
- Matejicek, D. (2004). Changes in contents of phenolic compounds during maturing of barrique red wines. *Food Chemistry*, 90(4), 791–800. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.057>
- Navarro, M., Mena, A., Giordanengo, T., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Fort, F., & Zamora, F. (2020). Influence of supplementing red wine with oak staves of various ellagitannin release potentials and different micro-oxygenation doses on wine colour and phenolic and volatile composition. *OENO One*, 54(3), 497–511. <https://doi.org/10.20870/oenone.2020.54.3.3487>
- Navarro, M. P., Kontoudakis, N., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Canals, J. M., Hermosín-Gutiérrez, I., & Zamora, F. (2018). Influence of the volatile substances released by oak barrels into a Cabernet Sauvignon red wine and a discolored Macabeo white wine on sensory appreciation by a trained panel. *European Food Research and Technology*, 244(2), 245–258. <https://doi.org/10.1007/S00217-017-2951-X>
- Nevares, I., & Alamo-Sanza, M. del. (2018). New Materials for the Aging of Wines and Beverages. In *Evaluation and Comparison* (pp. 375–407). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00011-7>
- Oberholster, A., Elmendorf, B. L., Lerno, L. A., King, E. S., Heymann, H., Brenneman, C. E., & Boulton, R. B. (2015). Barrel maturation, oak alternatives and micro-oxygenation: Influence on red wine aging and quality. *Food Chemistry*, 173, 1250–1258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.043>
- Othon-Díaz, E. D., Fimbres-García, J. O., Flores-Sauceda, M., Silva-Espinoza, B. A., López-Martínez, L. X., Bernal-Mercado, A. T., & Ayala-Zavala, J. F. (2023). Antioxidants in Oak (*Quercus* sp.): Potential Application to Reduce Oxidative Rancidity in Foods. *Antioxidants*, 12(4), 861. <https://doi.org/10.3390/antiox12040861>

- Petrozziello, M., Nardi, T., Asproudi, A., Carla Cravero, M., & Bonello, F. (2021). *Chemistry and Technology of Wine Aging with Oak Chips*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93529>
- Piggott, J. R., Conner, J. M., & Melvin, J. L. (1995). The contribution of oak lactone to the aroma of wood-aged wine. In *Developments in Food Science* (pp. 1695–1702). [https://doi.org/10.1016/s0167-4501\(06\)80258-x](https://doi.org/10.1016/s0167-4501(06)80258-x)
- Pollon, M., Río Segade, S., Giacosa, S., Botto, R., Montanini, C., & Rolle, L. G. C. (2023). Volatile Compound Release from Oak Chips in Model Wine Media: Combined Influence of Toasting Degree, Size, Time of Contact, and Ethanol Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03469>
- Rubio-Bretón, P., Garde-Cerdán, T., & Martínez, J. (2018). Use of Oak Fragments during the Aging of Red Wines. *Effect on the Phenolic, Aromatic, and Sensory Composition of Wines as a Function of the Contact Time with the Wood*, 4(4), 102. <https://doi.org/10.3390/BEVERAGES4040102>
- Rudnitskaya, A., Schmidtke, L. M., Reis, A., Domingues, M. R. M., Delgadillo, I., Debus, B., Kirsanov, D., & Legin, A. (2017). Measurements of the effects of wine maceration with oak chips using an electronic tongue. *Food Chemistry*, 229, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.013>
- Schwarz, B., Kappacher, C., & Huck, C. W. (2024). Phytochemical profiling of oak bark extract: A combined approach using near-infrared spectroscopy and liquid chromatography–mass spectrometry. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 325, 125089. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.125089>
- Smailagić, A., Veljović, S., Gašić, U., Zagorac, D. D., Stanković, M., Radotić, K., & Natić, M. (2019). Phenolic profile, chromatic parameters and fluorescence of different woods used in Balkan cooperage. *Industrial Crops and Products*, 132, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.017>
- Sonni, F., Cejudo Bastante, M. J., Chinnici, F., Natali, N., & Riponi, C. (2009). Replacement of sulfur dioxide by lysozyme and oenological tannins during fermentation: Influence on volatile composition of white wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 688–696. <https://doi.org/10.1002/JSFA.3503>
- Stegăruș, D. I., Călugăr, A., Tanase, C., Muscă, A., Botoran, O. R., Manolache, M., Babeș, A. C., Bunea, C., Gál, E., Bunea, A., & Coldea, T. E. (2021). Influence of Oak Chips and Oak Barrel Ageing on Volatile Profile in Chardonnay Wine of Romania. *Applied Sciences*, 11(8), 3691. <https://doi.org/10.3390/app11083691>
- Tanase, C., Babotă, M., Nisca, A., Nicolescu, A., Ștefănescu, R., Mocan, A., Farczadi, L., Mare, A., Ciurea, C. N., & Man, A. (2023). Potential Use of *Quercus dalechampii* Ten. And *Q. frainetto* Ten. Barks Extracts as Antimicrobial, Enzyme Inhibitory, Antioxidant and Cytotoxic Agents. *Pharmaceutics*, 15(2), 343. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020343>
- Tao, Y., García, J. F., & Sun, D. W. (2013). Advances in Wine Aging Technologies for Enhancing Wine Quality and Accelerating Wine Aging Process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 817–835. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.609949>
- Tastry. (2023, October 2). *Decoding Tastry's oak metrics*. Tastry. <https://tastry.com/decoding-tastrys-oak-metrics/>
- Toit, W. J., & Aleixandre-Tudo, J. L. (2022). Microoxygenation: Effect on wine composition and quality. In *Managing Wine Quality* (pp. 303–330). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102065-4.00012-2>
- Toulaki, A. K., Bozinou, E., Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Mantanis, G. I., Dourtoglou, V., & Lalas, S. (2023). Accelerating Xinomavro Red Wine Flavor Aging Using a Pulsed Electric Field and Various Wood Chips. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app132312844>
- Valdés, M. E., Ramírez, R., Martínez-Cañas, M. A., Frutos-Puerto, S., & Moreno, D. (2021). Accelerating Aging of White and Red Wines by the Application of Hydrostatic High Pressure and Maceration with Holm Oak (*Quercus ilex*. Chips. *Influence on Physicochemical and Sensory Characteristics*. *Foods*, 10(4), 899. <https://doi.org/10.3390/foods10040899>

- Watrelet, A. A., & Waterhouse, A. L. (2018). Oak barrel tannin and toasting temperature: Effects on red wine anthocyanin chemistry. *Lwt - Food Science and Technology*, 98, 444–450. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.09.025>
- Yoncheva, T., Stoyanov, N., & Dimitrov, D. (2024). Influence of oak wood on the chemical and organoleptic profile of white wines. *Food Science and Applied Biotechnology*. <https://doi.org/10.30721/fsab2024.v7.i1.315>
- Zamora, F. (2019). *Barrel Aging; Types of Wood*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00009-8>
- Zhang, B., Cai, J., Duan, C.-Q., Reeves, M. J., & He, F. (2015). A Review of Polyphenolics in Oak Woods. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(4), 6978–7014. <https://doi.org/10.3390/ijms16046978>

Отримано 29.05.2025 р., прийнято до друку 28.07.2025 р.