

О. Л. Ходаков, канд. техн. наук, доцент, Г. О. Саркісян, д-р екон. наук, професор,
О. В. Василик, канд. техн. наук, доцент, О. М. Мирошніченко, доцент,
Т. М. Афанасьєва, канд. техн. наук, доцент, Л. О. Ткаченко, ст. викладач,
І. Г. Ковальчук, магістр

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЯКІСТЬ ЧЕРВОНИХ МІЦНИХ ВИН СПЕЦІАЛЬНОГО ТИПУ (СТИЛЬ ПОРТВЕЙНУ) В УМОВАХ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ

Одеський національний технологічний університет, Одеса

Ключові слова: технологія, якість, червоне міцне вино спеціального типу, портвейн, регіон, Одеський чорний.

Одеський регіон традиційно займає провідне місце у виноградарсько-виноробному комплексі України, що зумовлено поєднанням сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, значних площ промислових виноградників та сформованої науково-виробничої бази. Саме в цьому регіоні зосереджена значна частка виноградних насаджень країни, а також виробництво основних обсягів різних типів вин, які характеризуються стабільною якістю та сортовою типовістю [1, 2].

Разом з тим, сучасні кліматичні зміни, що спостерігаються впродовж останніх десятиліть, призводять до трансформації агрокліматичних умов регіону. Зокрема, відзначається тенденція до підвищення середньорічних температур, збільшення суми активних температур у період вегетації винограду та подовження тривалості теплої пори року. Такі зміни істотно впливають на фізіолого-біохімічні процеси формування врожаю винограду, зокрема на накопичення цукрів, фенольних сполук та екстрактивних речовин, що є визначальними для виробництва міцних вин спеціального типу [3, 4, 5].

У зазначених умовах зростає науковий та практичний інтерес до можливостей виробництва спеціальних міцних вин, зокрема типу портвейну, в нетрадиційних для них регіонах. Водночас аналіз наукових публікацій свідчить про недостатню кількість комплексних досліджень, спрямованих на вдосконалення технологічних підходів до виробництва таких вин саме в умовах одеського теруару, з урахуванням його кліматичних особливостей та сортового складу виноградників.

Особливо актуальною є робота у цьому напрямку з місцевими сортами винограду, адаптованими до кліматичних і ґрунтових умов Одеського регіону, зокрема теруару дослідницького господарства ІВіВ ім. В.Є. Таїрова. Одним із таких сортів є Одеський чорний (також відомий під назвою «Аліберне»), який вирізняється глибиною кольору і потенціалом для створення вин з характером [1, 6, 7].

Задля цього у даній роботі проведено дослідження, спрямоване на наукове обґрунтування доцільності виробництва спеціальних червоних міцних вин типу портвейну в умовах Одеського регіону, а також на оцінку впливу технологічних факторів на показники якості отриманої виноробної продукції.

Відомо, що портвейн є всесвітньо визнаним міцним вином із захищеним географічним зазначенням походження, виробництво якого дозволене виключно в регіоні Дору на північному сході Португалії і використання найменування «Porto» (портвейн) для вин, виготовлених за межами цього регіону, є юридично неприпустимим відповідно до

чинного законодавства Європейського Союзу та міжнародних угод у сфері охорони географічних зазначень (Регламент (ЄС) № 1308/2013). Тому треба зазначити, що метою даного дослідження не є відтворення портвейну, як категорії захищеного походження, а наукове обґрунтування можливості виробництва в умовах Одеського регіону спеціальних червоних міцних вин з автохтонних сортів винограду за вдосконаленою прискореною технологією, стилістично максимально наближених до витриманих червоних вин портвейнового типу португальського походження.

Класична технологія виробництва вин типу портвейну включає складний технологічний процес, що поєднує в собі вирощування винограду, контрольоване бродіння, кріплення виноградним спиртом і тривалу витримку в особливих умовах [8, 9]. Кінцева якість та унікальність різних стилів портвейну значною мірою залежать від технологічних параметрів, що використовуються під час виробництва та витримки [10].

Технологічна еволюція виробництва портвейну охоплює понад два століття, з інноваціями, що з'явилися з кінця XVIII століття і продовжуються донині [11]. Традиційні методи, такі як топтання винограду в гранітних лагарах, поступово доповнювалися або замінювалися сучасними механізованими системами, тоді як методи витримки еволюціонували від простого зберігання бочок до складних, контрольованих процесів [12].

Сучасна технологія виробництва портвейну охоплює широкий спектр підходів із використанням передових аналітичних методів контролю якості на всіх технологічних етапах виробництва вина, починаючи від виноградного грона до розливу готового вина у пляшку [13,14].

Науковцями Інституту харчових досліджень лабораторії Редінга (Великобританія) спільно зі співробітниками Католицького університету (Португалія) було проведено всебічне порівняння традиційного бродіння у гранітних лагарах та бродіння у резервуарах з механічним подрібненням [8]. У дослідженні відстежувалися динаміка зростання дріжджів, зниження масової концентрації цукрів та утворення етилового спирту, а також зміни амінокислотного складу під час бродіння. Суттєвих відмінностей у цих основних характеристиках бродіння між системами лагару та резервуарів виявлено не було. Це відкриття мало важливе технологічне значення, оскільки воно підтвердило доцільність використання сучасних механізованих систем бродіння без шкоди якості кінцевого вина. Сучасне виробництво використовує закриті резервуари з нержавіючої сталі, які забезпечують кращий контроль за параметрами бродіння, зберігаючи при цьому стандарти якості, встановлені традиційними методами [12].

Критичним параметром якості у виробництві вин типу портвейну є екстракція кольору при мацерації, особливо для червоних вин. Короткий період ферментації перед збагаченням обмежує час, доступний для екстракції пігментів та фенольних сполук зі шкірки винограду. Тому Баккер та ін. [9] досліджували використання пектолітичних ферментних препаратів, для посилення екстракції кольору під час вініфікації. Авторами було показано, що використані ферментні препарати значно покращили екстракцію кольору протягом короткого періоду обробки подрібненого виноградного суслу перед збагаченням. Інструментальний аналіз показав, що вина, оброблені ферментами, були темнішими, і ці відмінності в кольорі зберігалися після 15 місяців дозрівання. Безумовно, використання ферментативної обробки дозволяє виробникам досягти покращеного вилучення кольору та сенсорних характеристик, зберігаючи при цьому короткий час ферментації, що є важливим для збереження залишкового вмісту цукру, характерного для портвейну.

Щодо питання покращення екстракції, на нашу думку, ще одним із найбільш

ефективних способів інтенсифікації екстракційних процесів під час мацерації мезги є її спиртування після часткового підброджування. Етиловий спирт, виконуючи функцію ефективного екстрагенту, сприяє максимальному переходу фарбувальних, фенольних та екстрактивних речовин у виноматеріал, що зумовлює формування його повноти, насиченості забарвлення та потенціалу майбутнього ароматичного букета. Зазначені процеси створюють передумови для виробництва спеціальних міцних вин портвейнового типу підвищеної якості та з великим потенціалом до витримки. Саме це зумовило включення технологічної операції спиртування мезги до переліку факторів, досліджуваних у межах даної наукової роботи.

Інший найважливіший фактор формування вин портвейнового типу – їх дозрівання. Класична технологія витриманих портвейнів передбачає тривалу витримку в дубових бочках з помірним споживанням кисню. Аналіз наукових досліджень свідчить, що формування якості та стилістичних особливостей вин портвейнового типу значною мірою визначається умовами витримки та дозрівання, які включають матеріал ємностей, окисно-відновний режим, температурні параметри та тривалість контакту з дубом. У традиційній португальській практиці різні стилі портвейну потребують принципово відмінних режимів витримки: так, вина типу Tawny дозрівають в умовах контрольованого окисного старіння в дубових бочках, тоді як Ruby та Vintage Port характеризуються переважно редуکتивною витримкою у великих резервуарах або пляшках з обмеженим доступом кисню [15].

Вплив матеріалу ємності на процеси дозрівання портвейнових вин був детально досліджений Но та співавт. [16], які вивчали еволюцію кольору та фенольного складу вин, витриманих у дубових бочках, резервуарах з нержавіючої сталі та скляних ємностях протягом 311 діб за температури 18 °С. Було встановлено, що зразки, витримані в дубі, дозрівали значно інтенсивніше порівняно з винами, що зберігалися у неокисних середовищах. Незважаючи на відносну стабільність загального вмісту фенольних сполук, відбувалося швидке зниження концентрації мономерних антоціанів та інтенсивне утворення полімерних пігментів, що зумовлювало зростання інтенсивності забарвлення, зміну відтінку та прискорення процесів побуріння. Відмінності редокс-потенціалу між зразками, витриманими в деревині та інертних матеріалах, свідчили про визначальну роль розчиненого кисню у формуванні швидкості та напрямку хімічних перетворень [16].

Ключову роль полімерних пігментів у стабілізації кольору портвейнових вин підтверджено також дослідженнями Mateus та співавт. [17], які простежили кінетику деградації основних антоціанідин-3-глюкозидів і продуктів їх конденсації з піровиноградною кислотою у винах, витриманих у дубових бочках протягом трьох років. Показано, що всі пігменти підкоряються кінетиці першого порядку, однак антоціанін-піровиноградні продукти характеризуються значно вищою стабільністю порівняно з мономерними формами, що обумовлює їх внесок у довготривалу стабільність кольору витриманих вин.

Сучасні напрями розвитку енології пов'язані з упровадженням концепцій прецизійного виноробства та моніторингу процесів витримки в реальному часі. Cosme та співавт. [18], а також Morgais та співавт. [19] продемонстрували можливості розподілених сенсорних систем для контролю температури, редокс-потенціалу та вмісту розчиненого кисню під час витримки портвейнових вин типу Tawny у дубових бочках. Авторами встановлено значну варіабельність показників між окремими бочками, що безпосередньо впливає на швидкість окисно-відновних реакцій, еволюцію фенольного комплексу та колірні характеристики вин. Такі результати підтверджують багатофакторний харак-

тер процесів старіння та визначальну роль температури й доступу кисню у керуванні якістю продукції.

Вплив температури та окисного режиму на кінетику дозрівання портвейнових вин ґрунтовно досліджено Martins та співавт. [21], які із застосуванням багатопараметричного кінетичного моделювання показали, що утворення сотолону – ключової ароматичної сполуки, відповідальної за характерні горіхово-пряні тони витриманого портвейну, має виражений синергічний зв'язок з температурою та наявністю кисню. При цьому температура зберігання має значно сильніший вплив на вина, витримувані в ємностях з високою проникністю для кисню, ніж у пляшках з обмеженим газообміном.

Узагальнення літературних даних свідчить, що традиційна португальська технологія формування портвейнового стилю ґрунтується на тривалій багаторічній витримці в дубових бочках за помірних температур без застосування інтенсивних термічних впливів. Водночас результати сучасних досліджень переконливо свідчать про визначальну роль режимів отримання виноматеріалу, температури, кисню та контакту з деревиною при дозріванні вина. З огляду на це, поєднання технології, яка охоплює процес контрольованого нагрівання виноматеріалу з помірною кількістю кисню та застосування альтернативної витримки на дубовій щепі може розглядатися як перспективний шлях отримання спеціальних міцних вин портвейнового типу прискореним способом з високими органолептичними показниками. Саме необхідність наукового обґрунтування доцільності такої технологічної комбінації в умовах Одеського регіону й зумовила проведення даного дослідження.

На цієї підставі нами була сформована трьохфакторна модель експерименту, що дозволяє встановити оптимальні комбінації технологічних прийомів для отримання високоякісного міцного вина спеціального типу, максимально наближеного до стилю витриманих портвейнів, але із суттєво зменшеною тривалістю виробництва в умовах Одеського регіону.

Згідно з прийнятою схемою, першим фактором, який аналізувався, був технологічний прийом спиртування мезги. Як умовний контроль – використовували технологічний прийом спиртування суслу. Обидва варіанти піддавали подрібненню та гребене-виділенню, після чого вносили чисту культуру дріжджів і проводили часткове підброджування мезги. При необхідних кондиціях в першому варіанті бродячу мезгу пресували і проводили спиртування суслу, що бродить (зазвичай у виробництві найчастіше практикується саме такий технологічний прийом, оскільки дає можливість мінімізувати втрати спирту при спиртуванні та більш точно розраховувати необхідну кількість спирту). Другий варіант – спиртували всю мезгу, що дає можливість отримати кращу екстракцію речовин із твердих частин винограду, але передбачає перевитрату спирту. Після цього у другому варіанті проводився настій спиртованої мезги протягом 1 місяць та її пресування. Спиртування суслу (або мезги) проводили з розрахунку отримання червоних міцних вин з наступними кондиціями: об'ємна частка етилового спиту 18%об.; масова концентрація цукрів 100 г/дм³. Далі освітлені молоді виноматеріали залишали у скляних балонах для проходження природного освітлення.

Після повного освітлення кожен із цих двох варіантів знов поділяли на два варіанти – в один вносили дубові чіпси (середнього обсмажування, кількість 2 г/дм³), в другий – відповідно, ні. Таким чином, другий фактор, який було проаналізовано – застосування альтернативної витримки.

Надалі кожен із цих (4-х) варіантів піддавали різному впливу теплової обробки. Їх знову розділили на 2 варіанти, перший з яких дозрівав з помірною кількістю кисню у скляному балоні без застосування додаткового теплового навантаження протягом року,

другий – попередньо поміщали в теплову шафу на 30 діб при температурі 45 °С, після чого вино також дозрівало протягом року в скляному балоні при температурі 12–20 °С. Тобто, третій фактор – тепла обробка виноматеріалів.

В результаті комбінування трьох факторів було отримано 8 варіантів виноматеріалів (табл. 1):

- $M_0 C_0 H_0$ — спиртування сусла, без чіпсів, без нагріву.
- $M_0 C_0 H_1$ — спиртування сусла, без чіпсів, + нагрів.
- $M_0 C_1 H_0$ — спиртування сусла, + чіпси, без нагріву.
- $M_0 C_1 H_1$ — спиртування сусла, + чіпси, + нагрів.
- $M_1 C_0 H_0$ — спиртування мезги, без чіпсів, без нагріву.
- $M_1 C_0 H_1$ — спиртування мезги, без чіпсів, + нагрів.
- $M_1 C_1 H_0$ — спиртування мезги, + чіпси, без нагріву.
- $M_1 C_1 H_1$ — спиртування мезги, + чіпси, + нагрів.

Таблиця 1 – Загальні фізико-хімічні властивості вин

№	Абревіатура схеми	Короткий опис технологічної схеми	Об’ємна частка етилового спирту	Масова концентрація цукрів	Масова концентрація титрованих кислот	Масова концентрація летких кислот
		Одиниці вимірювань	%	г/дм ³	г/дм ³	г/дм ³
1	$M_0 C_0 H_0$	спиртування сусла, без чіпсів, без нагріву	18,1	103	5,2	0,36
2	$M_0 C_0 H_1$	спиртування сусла, без чіпсів, + нагрів	18,0	101	5,2	0,41
3	$M_0 C_1 H_0$	спиртування сусла, + чіпси, без нагріву	17,9	100	5,3	0,38
4	$M_0 C_1 H_1$	спиртування сусла, + чіпси, + нагрів	18,1	105	5,2	0,40
5	$M_1 C_0 H_0$	спиртування мезги, без чіпсів, без нагріву	18,1	96	5,3	0,37
6	$M_1 C_0 H_1$	спиртування мезги, без чіпсів, + нагрів	18,0	103	5,3	0,43
7	$M_1 C_1 H_0$	спиртування мезги, + чіпси, без нагріву	18,1	101	5,3	0,38
8	$M_1 C_1 H_1$	спиртування мезги, + чіпси, + нагрів	18,0	104	5,4	0,42

Як видно за таблиці 1, об’ємна частка етилового спирту во всіх зразках дорівнювала $18 \pm 0,1\%$ об.; масова концентрація цукрів – 100 ± 5 г/дм³, масова концентрація титрованих кислот також суттєво не відрізнялась та во всіх зразках була в діапазоні 5,2–5,4 г/дм³. Щодо впливу технологічних варіацій на масову концентрацію летких кислот нами були виявлені певні закономірності: режим нагріву (Н1) корелює зі збільшенням показника масової концентрації летких кислот у всіх відповідних парах порівняння (порівняння варіантів 1→2, 3→4, 5→6, 7→8). Найвищі значення показника спостеріга-

ються при комбінації спиртування мезги + нагрів (варіант 6 – 0,43 г/дм³), а також при М₁ Ч₁ Н₁ (варіант №8 – 0,42 г/дм³). Очевидно, що під дією підвищеної температури (45 °С, 30 діб) спостерігаються кілька процесів, які сприяють підвищенню летких кислот у виноматеріалі – активізація хімічного гідролізу естерів та ацетильованих сполук, що приводить до утворення вільної оцтової кислоти, прискорення окисних перетворень (наприклад окиснення етанолу або побічних метаболітів) з утворенням оцтових або альдегідних проміжків. Але насправді різниця показника летких кислот від 0,36 до 0,43 г/дм³ є практично незначною з точки зору явної оцтової дефектності, хоч і в деякій мірі може посилити відчуття гостроти та знизити фруктовість; при комбінованих ефектах (високі феноли + підвищена летка кислотність) сприйняття може зміщуватись у бік «сухофруктових/марочних» ноток.

Крім основних показників якості вин згідно ДСТУ 4806 було проведено визначення масової концентрації фенольних речовин (табл. 2) та оптичних характеристик (табл. 3).

Таблиця 2 – Масова концентрація фенольних речовин вин

№	Абревіатура схеми	Короткий опис технологічної схеми	Масова концентрація фенольних речовин
		Одиниці вимірювань	г/дм ³
1	М ₀ Ч ₀ Н ₀	спиртування сусла, без чіпсів, без нагріву	2305
2	М ₀ Ч ₀ Н ₁	спиртування сусла, без чіпсів, + нагрів	2220
3	М ₀ Ч ₁ Н ₀	спиртування сусла, + чіпси, без нагріву	2535
4	М ₀ Ч ₁ Н ₁	спиртування сусла, + чіпси, + нагрів	2510
5	М ₁ Ч ₀ Н ₀	спиртування мезги, без чіпсів, без нагріву	2740
6	М ₁ Ч ₀ Н ₁	спиртування мезги, без чіпсів, + нагрів	2670
7	М ₁ Ч ₁ Н ₀	спиртування мезги, + чіпси, без нагріву	3000
8	М ₁ Ч ₁ Н ₁	спиртування мезги, + чіпси, + нагрів	2960

Як видно з таблиці 2, масова концентрація фенольних сполук у дослідних зразках знаходилась в межах 2220–3000 мг/дм³, що відповідає досить високому рівню фенольного потенціалу вин з сорту винограду Одеський чорний. Встановлені значення свідчать про суттєвий вплив технологічних факторів – типу спиртування, використання дубових чіпсів та теплової обробки – на інтенсивність екстрагування та подальшу стабільність фенольних речовин.

Аналіз пливу способу спиртування (суслу або мезги) показав, що виразне збільшення фенольної концентрації спостерігається при спиртуванні саме мезги, а не суслу. Масова концентрація фенольних речовин в зразках першого варіанту (спиртування суслу, без чіпсів, без нагріву) склала 2305 мг/дм³, що було на 15,9 % менше, ніж в варіанті 5 (спиртування мезги, без чіпсів, без нагріву). Якщо порівнювати зразки, 1–4 (спиртування суслу) зі зразками 5–8 (спиртування мезги), також помітка суттєва різниця. В зразках 1–4 масова концентрація фенольних сполук знаходилась в діапазоні 2220–2510 мг/дм³, а в зразках 5–8, відповідно, 2740–3000 мг/дм³. Це узгоджується з тим, що спирт у концентрації ~18 %об. є потужним екстрагентом, який активно вилучає поліфенольні сполуки зі шкірки мезги при прямому контакті з твердою фазою. Тому у варіантах зі спиртуванням суслу екстракція мінімальна, оскільки основний масив фенольних речовин залишається у відтиснутій меззі.

Наступним фактором впливу на фенольні речовини, які ми досліджували, було використання дубових чіпсів. Для цього проводилось порівняння двох пар: з використанням спиртування суслу (варіант 1 – без чіпсів та варіант 3 з внесенням чіпсів), та використанням спиртування мезги (варіант 5 – без чіпсів та варіант 7 з внесенням чіпсів). Згідно отриманих даних, показано, що додавання дубових чіпсів сприяло збільшенню загальної фенольної концентрації в обох схемах:

1 → 3: 2305 мг/дм³ → 2535 мг/дм³ (+230 мг/дм³);

5 → 7: 2740 мг/дм³ → 3000 мг/дм³ (+260 мг/дм³).

Відомо, що дубові матеріали середнього ступеня обсмаження (чіпси) містять елаготаніни, фенольні кислоти, лігнінові похідні. Їх перехід у вино пояснює підвищення показників. Ефект чіпсів більш виражений у варіантах зі спиртуванням мезги, оскільки висока концентрація спирту посилює екстракцію фенолів із дубу, наявність уже значного фенольного фону з мезги сприяє додатковому утворенню стабільних полімерних структур.

Третім фактором, вплив якого ми досліджували на зміст фенольних сполук, був вплив теплової обробки (30 діб, 45 °С). У всіх випадках термічний вплив приводив до незначного зниження концентрації фенольних сполук. Це добре узгоджується з відомими закономірностями, згідно з якими нагрівання викликає окиснення та часткове руйнування термолабільних фенольних компонентів (катехинів та, особливо, антоціанів), полімеризацію та осадження високомолекулярних комплексів.

Однак зниження є помірним, що свідчить про достатню стійкість фенольного комплексу портвейнових виноматеріалів у присутності спирту та за відносно короткої тривалості термічної експозиції.

Треба також зазначити динаміку змін концентрації фенольних сполук в парах без чіпсів:

1 → 2: 2305 мг/дм³ → 2220 мг/дм³ (зниження на 85 мг/дм³, або 3,7 %);

5 → 6: 2740 мг/дм³ → 2670 мг/дм³ (зниження на 70 мг/дм³, або 2,6 %);

та зміни в парах з чіпсами

3 → 4: 2535 мг/дм³ → 2510 мг/дм³ (зниження на 25 мг/дм³, або 1,0 %);

7 → 8: 3000 мг/дм³ → 2960 мг/дм³ (зниження на 40 мг/дм³, або 1,3 %).

Як можна побачити з наведених даних, при використуванні дубових чіпсів вплив теплової обробки на загальну кількість фенольних сполук зменшується з 2,6–3,7 % до 1–1,3 %.

Показано, що тепловий вплив дещо знижує показники масової концентрації фенольних сполук, але не змінює загальних закономірностей між групами.

Масова концентрація фенольних сполук у дослідних зразках показала чітку за-

лежність від умов технологічної обробки виноматеріалу. Основним фактором, що визначає рівень фенольності портвейнів із сорту Одеський чорний, є спосіб спиртування: пряме спиртування мезги забезпечило на 15–25 % вищу екстракцію фенольних речовин порівняно зі спиртуванням сусла. Дубові чіпси системно підвищували фенольну концентрацію внаслідок переходу дубильних компонентів у вино. Теплова обробка призвела до часткових втрат фенолів у межах 1–3,7 %, що відповідає термолабільності антоціанів і продуктів їх полімеризації. Найбільш насиченим за фенольним складом є варіант «спиртування мезги + дубові чіпси», який забезпечив максимальний екстрактивний потенціал та формування структурованого фенольного комплексу, характерного для портвейнів, наближених до стилю марочних вин тривалої витримки.

Оптичні властивості дослідних зразків червоних міцних вин типу портвейн характеризувалися комплексною залежністю від трьох технологічних факторів — способу спиртування, застосування дубових чіпсів та теплового навантаження (табл. 3).

Таблиця 3 – Оптичні характеристики вин

№	Технологічна схема	D ₄₂₀	D ₅₂₀	Інтенсивність фарбування (I)	Відтінок фарбування (Т)
$M_0 \text{ Ч}_0 \text{ Н}_0 / M_0 \text{ Ч}_0 \text{ Н}_1$					
1	спиртування сусла, без чіпсів, без нагріву	0,603	1,160	1,763	0,520
2	спиртування сусла, без чіпсів, + нагрів	0,630	1,100	1,730	0,573
$M_0 \text{ Ч}_1 \text{ Н}_0 / M_0 \text{ Ч}_1 \text{ Н}_1$					
3	спиртування сусла, + чіпси, без нагріву	0,620	1,168	1,788	0,531
4	спиртування сусла, + чіпси, + нагрів	0,650	1,110	1,760	0,586
$M_1 \text{ Ч}_0 \text{ Н}_0 / M_1 \text{ Ч}_0 \text{ Н}_1$					
5	спиртування мезги, без чіпсів, без нагріву	0,621	1,183	1,804	0,525
6	спиртування мезги, без чіпсів, + нагрів	0,664	1,153	1,817	0,576
$M_1 \text{ Ч}_1 \text{ Н}_0 / M_1 \text{ Ч}_1 \text{ Н}_1$					
7	спиртування мезги, + чіпси, без нагріву	0,634	1,182	1,816	0,537
8	спиртування мезги, + чіпси, + нагрів	0,670	1,131	1,801	0,592

Отримані результати свідчать про диференційований внесок кожного з факторів у формування інтенсивності забарвлення та його спектрального відтінку.

Вплив способу спиртування (спиртування сусло або мезги). Зразки, отримані шляхом спиртування мезги (варіанти 5–8), демонструють вищу інтенсивність забарвлення порівняно з відповідними зразками, де спиртування проводилося після пресуван-

ня сусла. Такі відмінності зумовлені більш повною екстракцією антоціанів та інших фенольних сполук зі шкірочки та насіння, що підтверджується збільшенням показників оптичної щільності D_{420} та D_{420} , а також інтегральної інтенсивності (I). якщо в варіантах зі спиртуванням суслу показник інтенсивності дорівнював 1,730–1,788, то в варіантах 5–8 (спиртування мезги) його значення збільшувалися до 1,804–1,817. Особливо це проявляється у варіантах 6–7, де інтенсивність досягає 1,816–1,817, що корелює з підвищеним фенольним потенціалом вин, спиртованих на меззі.

Вплив дубових чіпсів. Практично во всіх варіантах додавання дубових чіпсів сприяло зростанню оптичної щільності D_{420} , яка умовно відражає жовті компоненти кольору (D_{420}); приріст оптичної щільності при довжині хвилі 520 нм (червоний спектр) також був, але значно менш вираженим. Це узгоджується з відомим впливом дубу на поглинання в коротшій частині видимого спектра — екстракція елаготанінів, фенольних альдегідів та продуктів термічної деградації деревини посилює абсорбцію в області жовтих хвиль.

У порівнянні варіантів 1 (без чіпсів) і 3 (+чіпси) інтенсивність зростає від 1,763 до 1,788, переважно з допомогою збільшення величини D_{420} . Відтінок також незначно підвищується (0,520 → 0,531), що вказує на деяку зміну спектрального балансу вин у напрямку жовтих тонів.

У варіантах 7 та 8, де поєднані максимальна екстракція з мезги та вплив дубових чіпсів, інтенсивність залишається найвищою серед усіх зразків (1,801–1,816).

Вплив теплової обробки. Термічна дія (45 °С, 30 діб) у всіх випадках спричиняла: зменшенню D_{520} – наслідок часткової полімеризації та конденсації антоціанів; зростанню D_{420} – утворення жовтих та бурштинових полімерних пігментів; підвищення відтінку (Т) – ознака "старіння" кольору. Так, у варіантах 1 (спиртування сусла, без чіпсів, без нагріву) та 2 (спиртування сусла, без чіпсів, + нагрів) величина відтінку збільшувалась на 10,2 % ($T_1 \rightarrow T_2$: 0,520 → 0,573). Аналогічний ефект спостерігається у варіантах 4, 6 та 8 (0,586; 0,576; 0,592 відповідно). Зростання відтінку на 10–13 % відповідає розвитку окисно-полімеризаційних процесів, притаманних раннім етапам старіння вин в процесі портвейнізації.

Отримані результати дозволяють сформулювати кілька ключових закономірностей. Найвища інтенсивність забарвлення притаманна винам, спиртованим на меззі, особливо без нагрівання (варіанти 6–7). Але відомо, що нагрів з обмеженою кількістю кисню формують типічні «портвейнові» тони, тому, якщо технологія не передбачає багаторічну витримку в бочках, і перед технологом стоїть завдання протягом 1-2-х років отримати у вині яскравий виразний стиль портвейну, нагрівання абсолютно необхідне. Дубові чіпси забезпечують зростання жовтої компоненти, що відображено у підвищенні D_{420} та відтінку. Нагрівання стабільно спричиняє «тепліший» спектральний профіль (зростання Т) внаслідок деструкції частини антоціанів та формування полімерних пігментів.

Сенсорна оцінка опитних зразків проводилась групою експертів за 100-бальною шкалою. Були проаналізовані такі показники вин, як прозорість, колір, чистота букета, інтенсивність букета, якість букета, чистота смаку, інтенсивність смаку, післясмак, якість смаку і загальна гармонія.

Результати сенсорного аналізу дозволили констатувати, що поєднання технологічних факторів (спиртування сусла/мезги, використання дубових чіпсів та проведення теплової обробки) істотно впливає на формування кольорових, ароматичних та смакових характеристик, а також на загальну типовість отриманих вин як продуктів портвейнового стилю. Особливо важливо, що тепла обробка у всіх випадках сприяла ви-

разнішій типовості, формуванню тонів карамелізованих фруктів, сухофруктів та легких прянощів, що відобразилося у підвищенні загальних балів (рис. 1).

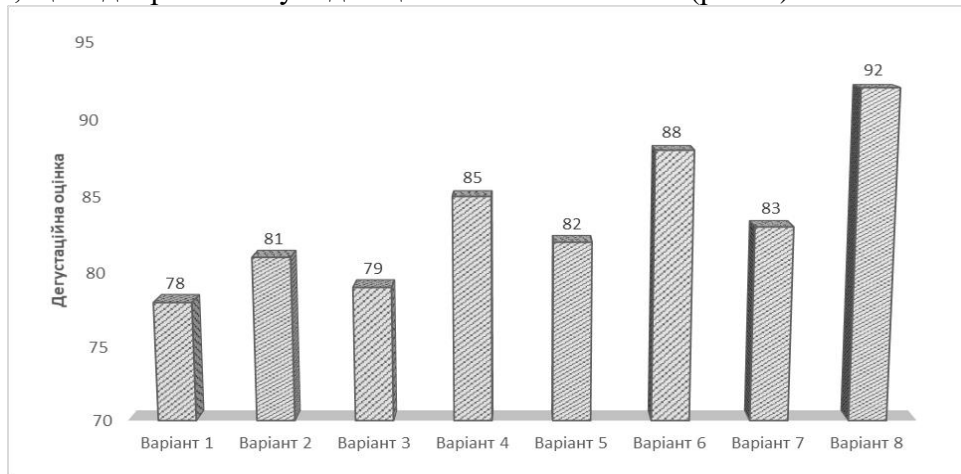


Рисунок 1 – Результати сенсорного аналізу за 100-бальною шкалою

Варіант 1 (сусло, без чіпсів, без нагріву) характеризувався чистим, середньої інтенсивності ароматом з домінуванням ягід чорної смородини та ожини, з незначним присмаком свіжої черешні. Смак м'який, рівний, але не досить структурний, з коротким післясмаком. Загальна оцінка – 78 бали, типовість портвейну виражена слабо.

Варіант 2 (сусло, без чіпсів, з нагрівом) демонстрував більш теплий колір та легкі портвейнові відтінки у букеті; відчувається печені ягоди, легкі тони сухих квітів, сушеної журавлини. Смак округліший, із ледь відчутними тонами карамелізованої сливи та легких прянощів. Нагрів посилив типовість портвейну, що відповідно підвищило сенсорну оцінку до 81 балів.

Варіант 3 (сусло, чіпси, без нагріву) мав інтенсивний рубіновий колір та виразний аромат, де поєднувались тони чорної смородини, ожини, ванілі та легких кокосових відтінків, характерних для дубових чіпсів середнього обсмаження. Смак став структурним, з відчутною, але гармонійною терпкістю і тривалішим післясмаком. Оцінка – 79 балів.

Варіант 4 (сусло, чіпси, нагрів) поєднав ноти витримки (ваніль, легкий тон коко-су та горіхів) із тепловими тонами (сухофрукти, інжир, карамелізований виноград). Букет найбільш комплексний серед варіантів із спиртуванням суслу. Смак повний, округлий, із гармонійним балансом фруктових тонів і відтінків витримки. Нагрів суттєво посилив типовість портвейну. Оцінка – 85 балів.

Варіант 5 (мезга, без чіпсів, без нагріву) відзначався високою інтенсивністю кольору та чистим, яскравим ароматом чорних ягід, сливи та легких квіткових тонів. Смак повний, з добре вираженою структурою, тривалим ягідно-пряним післясмаком. Оцінка – 82 балів, типовість середня.

Варіант 6 (мезга, без чіпсів, нагрів) демонстрував більш зрілий ароматичний профіль: до ягідних тонів додалися сухофрукти (родзинки, чорнослив), легкі пряні ноти (гвоздика, кориця). Смак став округлішим, теплішим, з виразною портвейнковою типовістю. Оцінка – 88 бали.

Варіант 7 (мезга, чіпси, без нагріву) характеризувався найвищою інтенсивністю кольору та надзвичайно виразним букетом – стиглі чорні ягоди, фіалка, ваніль, легкі горіхові та кокосові ноти, тонкі димні відтінки, але не вистачає типових портвейнових тонів. Смак дуже насичений, структурний, з тривалим, багат шаровим післясмаком. Оцінка – 83 бали.

Варіант 8 (мезга, чіпси, нагрів) мав найвищу загальну типичність червоного

портвейну. У букеті поєднувались сухофрукти (родзинки, інжир), печені ягоди, легкі десертні тони, ваніль, кокос, спеції та ледь відчутна димність. Смак максимально повний, округлий, танінно збалансований, з найдовшим післясмаком серед усіх зразків. Оцінка – 92 балів.

Поєднання трьох аспектів – спиртування мезги, нагріву вина при його дозріванні та контакту з дубовими чіпсами має синергетичний ефект. У варіантах 6–8 спостерігалися максимальні рівні фенольної екстракції (до 3000 мг/дм³), найбільша оптична інтенсивність, найбагатший ароматичний профіль (сухофрукти, печені ягоди, ваніль, кокос, прянощі, горіх, димність) та найповніший смак із тривалим післясмаком.

На підставі сумарних фізико-хімічних, оптичних та сенсорних показників нами встановлено, що найкращим варіантом є варіант 8, який отримав найвищу сенсорну оцінку. Саме він характеризувався максимальною портвейновою типовістю, найповнішим смаком, найтривалішим післясмаком та найрозвиненішим букетом із десертно-сухофруктовими й дубовими тонами, що дає підстави рекомендувати впровадження технології комплексного застосування нагріву, дубових чіпсів та спиртування мезги як оптимальної моделі для отримання високоякісних міцних вин спеціального портвейного типу із скороченим циклом виробництва.

Література

1. Pechko V., Kovalova I., Muliukina N., Lyashenko H., Belous I. Regional development of wine tourism in the context of climate change: the experience of the Odesa region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10(3). Art. 06. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.03.06>.

2. Vlasov V., Lyashenko H., Buzovska M., Bulayeva Y., Popova H. et al. Assessment of condition of vineyards in Odesa Oblast according to Ukrainian Vineyard Cadastre Database. *Journal of Uman National University*. 2023. Issue 103. Part 1. P. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-42-52>.

3. Tkachenko O., Trinkal O., Pashkovskiy A. The influence of agrometeorological conditions of the vegetation period on the technological properties of grapes. *Technology Audit and Production Reserves*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44024>.

4. Tkachenko O., Pashkovskiy A., Shtirbu A. Influence of viticultural practices on the sensory characteristics of wine grape varieties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98423>.

5. Leeuwen C., Darriet P. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*. 2016. Vol. 11(1). P. 150–167.

6. Таїров О. Є., Герасименко В. Г., Ляшенко Г. М. Сорт винограду Одеський чорний: біологічні особливості та напрями технологічного використання. *Виноградарство і виноробство*. 2014. № 51. С. 42–47.

7. Ляшенко Г. М., Мулюкіна Н. А., Герасименко В. Г. Фенольний комплекс та забарвлюючі речовини вин із сорту винограду Одеський чорний. *Наукові праці Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова»*. 2016. Вип. 43. С. 88–95.

8. Bakker J., Bridle P., Bellworthy T., Garcia-Viguera M., Reader H., Watkins S. J. Two methods of Port vinification: a comparison of changes during fermentation and of characteristics of the wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1996.

9. Bakker J., Bridle P., Watkins S. J. Effect of enzymes during vinification on color and sensory properties of port wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1999.

10. Cosme I., Morais A. R., Inácio J., Falcão A. C. Precision enology in Tawny Port wine aging process: monitoring barrel to barrel variation in oxygen, temperature and redox

potential. *Proceedings of the 42nd World Congress of Vine and Wine*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/BIOCONF/20191502026>.

11. Palma N., Reis J. From convergence to divergence: Portuguese demography and economic growth. *GGDC Research Memorandum*. 2016. 1500–1850.

12. Brito C., Ramos J., Mota P., Ramos P. The port wine network. *Working Paper*. No. 70. Faculdade de Economia do Porto. 1997.

13. Ho P., Silva M. C. M., Hogg T. A. Effect of skin contact and oxygenation of musts on the composition of white port wines. *Sciences des Aliments*. 1999.

14. Palstra S. W. L., Meijer H. A. J. Verification of the age of 10- and 20-year-old Tawny Port wines using radiocarbon. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 448.

15. Jackson R. S. *Wine science: principles and applications*. 5th ed. Academic Press. 2020.

16. Ho P., Silva M. C. M., Hogg T. A. Changes in colour and phenolic composition during the early stages of maturation of port in wood, stainless steel and glass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. Vol. 81(9). P. 811–818. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.938>.

17. Mateus N., de Freitas V. Evolution and stability of anthocyanin-derived pigments during Port wine aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50(7). P. 2110–2116. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0106547>.

18. Cosme F., Morais J., Jordão A. M. Monitoring oxygen, redox potential and temperature during Tawny Port wine ageing. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 229. P. 601–609.

19. Morais J., Cosme F., Jordão A. M. Precision enology: monitoring oxidative aging of fortified wines. *OENO One*. 2018. Vol. 52(3). P. 241–252.

20. Martins R. C., Monforte A. R., Silva Ferreira A. C. Port wine oxidation management: a multiparametric kinetic approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61(22). P. 5371–5379. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf4005109>.

Bibliography (transliterated)

1. Pechko V., Kovalova I., Muliukina N., Lyashenko H., Belous I. Regional development of wine tourism in the context of climate change: the experience of the Odesa region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10(3). Art. 06. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.03.06>.

2. Vlasov V., Lyashenko H., Buzovska M., Bulayeva Y., Popova H. et al. Assessment of condition of vineyards in Odesa Oblast according to Ukrainian Vineyard Cadastre Database. *Journal of Uman National University*. 2023. Issue 103. Part 1. P. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-42-52>.

3. Tkachenko O., Trinkal O., Pashkovskiy A. The influence of agrometeorological conditions of the vegetation period on the technological properties of grapes. *Technology Audit and Production Reserves*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44024>.

4. Tkachenko O., Pashkovskiy A., Shtirbu A. Influence of viticultural practices on the sensory characteristics of wine grape varieties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98423>.

5. Leeuwen C., Darriet P. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*. 2016. Vol. 11(1). P. 150–167.

6. Tairov O. Ye., Herasymenko V. H., Liashenko H. M. Sort vynuohradu Odeskyi chornyi: biolohichni osoblyvosti ta napriamy tekhnolohichnoho vykorystannia. *Vynohradarstvo i vynorobstvo*. 2014. No. 51. P. 42–47.

7. Liashenko H. M., Muliukina N. A., Herasymenko V. H. Fenolnyi kompleks ta zabarvliuiuchi rechovyny vyn iz sortu vynuohradu Odeskyi chornyi. *Naukovi pratsi Natsional-*

noho naukovooho tsentru «Instytut vynohradarstva i vynorobstva im. V. Ye. Tairova». 2016. Vyp. 43. P. 88–95.

8. Bakker J., Bridle P., Bellworthy T., Garcia-Viguera M., Reader H., Watkins S. J. Two methods of Port vinification: a comparison of changes during fermentation and of characteristics of the wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1996.

9. Bakker J., Bridle P., Watkins S. J. Effect of enzymes during vinification on color and sensory properties of port wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1999.

10. Cosme I., Morais A. R., Inácio J., Falcão A. C. Precision enology in Tawny Port wine aging process: monitoring barrel to barrel variation in oxygen, temperature and redox potential. *Proceedings of the 42nd World Congress of Vine and Wine*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/BIOCONF/20191502026>.

11. Palma N., Reis J. From convergence to divergence: Portuguese demography and economic growth. *GGDC Research Memorandum*. 2016. 1500–1850.

12. Brito C., Ramos J., Mota P., Ramos P. The port wine network. *Working Paper*. No. 70. Faculdade de Economia do Porto. 1997.

13. Ho P., Silva M. C. M., Hogg T. A. Effect of skin contact and oxygenation of musts on the composition of white port wines. *Sciences des Aliments*. 1999.

14. Palstra S. W. L., Meijer H. A. J. Verification of the age of 10- and 20-year-old Tawny Port wines using radiocarbon. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 448.

15. Jackson R. S. Wine science: principles and applications. 5th ed. Academic Press. 2020.

16. Ho P., Silva M. C. M., Hogg T. A. Changes in colour and phenolic composition during the early stages of maturation of port in wood, stainless steel and glass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. Vol. 81(9). P. 811–818. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.938>.

17. Mateus N., de Freitas V. Evolution and stability of anthocyanin-derived pigments during Port wine aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50(7). P. 2110–2116. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0106547>.

18. Cosme F., Morais J., Jordão A. M. Monitoring oxygen, redox potential and temperature during Tawny Port wine ageing. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 229. P. 601–609.

19. Morais J., Cosme F., Jordão A. M. Precision enology: monitoring oxidative aging of fortified wines. *OENO One*. 2018. Vol. 52(3). P. 241–252.

20. Martins R. C., Monforte A. R., Silva Ferreira A. C. Port wine oxidation management: a multiparametric kinetic approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61(22). P. 5371–5379. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf4005109>.

УДК 663.252

О. Л. Ходаков, канд. техн. наук, доцент, Г. О. Саркісян, д-р екон. наук, професор,
О. В. Василик, канд. техн. наук, доцент, О. М. Мирошніченко, доцент,
Т. М. Афанасьєва, канд. техн. наук, доцент, Л. О. Ткаченко, ст. викладач,
І. Г. Ковальчук, магістр

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЯКІСТЬ ЧЕРВОНИХ МІЦНИХ ВИН СПЕЦІАЛЬНОГО ТИПУ (СТІЛЬ ПОРТВЕЙНУ) В УМОВАХ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ

У статті наведено результати комплексного дослідження впливу технологічних чинників на формування якості червоних міцних вин спеціального типу портвейнового стилю, виготовлених в умовах Одеського регіону з використанням сорту винограду

Одеський чорний. Актуальність роботи зумовлена поєднанням кліматичних змін, що сприяють накопиченню високих концентрацій цукрів і фенольних сполук у винограді півдня України, та зростанням інтересу до виробництва спеціальних міцних вин з автохтонних і селекційних сортів, адаптованих до місцевого теруару.

Метою дослідження було наукове обґрунтування доцільності застосування вдосконаленої прискореної технології виробництва червоних міцних вин портвейнового типу в умовах Одеського регіону, а також оцінка впливу ключових технологічних прийомів на фізико-хімічні, фенольні, оптичні та органолептичні показники якості готової продукції. Зазначено, що дослідження не має на меті відтворення портвейну як захищеного географічного найменування походження, а спрямоване на створення стилістично наближених вин спеціального типу.

Експериментальні зразки були отримані на основі трьохфакторної моделі, яка включала спосіб спиртування (сусла або мезги), застосування альтернативної витримки з використанням дубових чіпсів середнього обсмаження та проведення теплової обробки виноматеріалів (45 °C протягом 30 діб) з подальшим дозріванням. Комбінування зазначених факторів дозволило сформувавши вісім технологічних варіантів виноматеріалів, які після освітлення та дозрівання були проаналізовані за основними показниками якості відповідно до вимог чинних нормативних документів, а також за вмістом фенольних речовин, оптичними характеристиками та сенсорними властивостями. Встановлено закономірності впливу кожного з цих факторів на формування якісних показників вин. Оптичні характеристики вин чітко корелювали з фенольним складом і режимами технологічної обробки. Встановлені також закономірності впливу технологічних особливостей та складу вин на їх сенсорну оцінку. За сукупністю фізико-хімічних, фенольних, оптичних та органолептичних показників оптимальним визнано варіант із поєднанням спиртування мезги, альтернативної витримки на дубових чіпсах та теплової обробки виноматеріалу. Отримані результати свідчать про високу перспективність застосування прискорених технологічних схем для виробництва червоних міцних вин спеціального типу портвейнового стилю з сорту Одеський чорний в умовах Одеського регіону та створюють наукове підґрунтя для їх подальшого впровадження у виробничу практику.

Ключові слова: технологія, якість, червоне міцне вино спеціального типу, портвейн, регіон, Одеський чорний (Аліберне).

O. L. Khodakov, G. O. Sarkisian, O. V. Vasylyk, O. M. Myroshnichenko, T. M. Afanasieva,
L. O. Tkachenko, I. H. Kovalchuk

STUDY OF THE TECHNOLOGY'S INFLUENCE ON THE QUALITY OF RED FORTIFIED WINES OF A SPECIAL TYPE (PORT-STYLE) IN THE ODESSA REGION

The article presents the results of a comprehensive study on the influence of technological factors on the formation of quality characteristics of red fortified wines of a special Port-style type produced under the conditions of the Odesa region using the Alibernet grape variety. The relevance of the study is determined by the combined effect of climate change, which contributes to the accumulation of high concentrations of sugars and phenolic compounds in grapes grown in southern Ukraine, and the growing interest in the production of special fortified wines from autochthonous and bred grape varieties adapted to the local terroir.

The aim of the research was to scientifically substantiate the feasibility of applying an improved accelerated technology for the production of red fortified wines of the Port type under the conditions of the Odesa region, as well as to evaluate the impact of key technological practices on the physicochemical, phenolic, optical, and organoleptic quality indicators of the

finished product. It is emphasized that the study does not aim to reproduce Port wine as a protected geographical indication, but rather focuses on the development of stylistically similar wines of a special type.

Experimental samples were obtained based on a three-factor model that included the method of fortification (of must or pomace), the application of alternative aging using medium-toast oak chips, and thermal treatment of wine materials (45 °C for 30 days) followed by maturation. The combination of these factors made it possible to form eight technological variants of wine materials which, after clarification and maturation, were analyzed according to the main quality parameters in compliance with current regulatory requirements, as well as for phenolic content, optical characteristics, and sensory properties. The regularities of the influence of each factor on the formation of wine quality indicators were established.

The optical characteristics of the wines showed a clear correlation with phenolic composition and technological processing regimes. Regular patterns of the influence of technological features and wine composition on sensory evaluation were also identified. Based on the overall set of physicochemical, phenolic, optical, and organoleptic parameters, the optimal variant was determined to be the combination of pomace fortification, alternative aging on oak chips, and thermal treatment of the wine material. The obtained results demonstrate the high potential of accelerated technological schemes for the production of red fortified wines of a special Port-style type from the Alibernet grape variety under the conditions of the Odesa region and provide a scientific basis for their further implementation in winemaking practice.

Keywords: technology, quality, red fortified wine of special type, Port-style wine, region, Alibernet.

Отримано редколегією 26.01.2026

Ходаков Олексій Леонідович (Oleksii Khodakov), канд. техн. наук, доцент Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0002-6564-2552>;

Саркісян Ганна Овсенівна (Ganna Sarkisian), д-р екон. наук, професор Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0001-7362-3637>;

Василик Олександр Васильович (Oleksandr Vasylyk), канд. техн. наук, доцент Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0002-0546-4141>;

Мирошніченко Олена Михайлівна (Olena Myroshnichenko), канд. техн. наук, доцент Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0002-7376-8008>;

Афанасьева Тетяна Миколаївна (Tetiana Afanasieva), канд. техн. наук, доцент Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0003-2791-0779>;

Ткаченко Людмила Олексіївна (Lyudmila Tkachenko), ст. викладач Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0000-0003-2607-0384>;

Ковальчук Іван Георгійович (Ivan Kovalchuk), магістр Одеського національного технологічного університету, <https://orcid.org/0009-0009-0484-4087>.