



УДК 634.85:551.583:663.222-026.781:54.06(477.7)

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF CABERNET SAUVIGNON AND MERLOT GRAPE VARIETIES FOR THE PRODUCTION OF RED WINES IN CONDITIONS OF SOUTH OF UKRAINE

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СОРТІВ ВИНОГРАДУ КАБЕРНЕ СОВІНЬОН ТА МЕРЛО ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЧЕРВОНИХ ВИН В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Tkachenko O.B. / Ткаченко О.Б.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-6969-6446

Larin V.V. / Ларін В.В.

PhD student / аспірант

ORCID: 0009-0006-8681-3345

*Odesa National University of Technology, Odesa, Kanatna 112, 65039**Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Канатна 112, 65039*

Анотація. В дослідженні аналізуються дати збору та основні фізико-хімічні показники сортів винограду Каберне Совіньон та Мерло для виробництва червоних вин за 2014-2024 роки в умовах теруару півдня України. Визначено тенденції до більш раннього збору і відхід від прийнятих термінів визрівання. Відзначено збільшення варіативності значення масової концентрації цукрів та відсутність кореляції між сортами. На противагу, різницею інтервалів варіювання значень масової концентрації титрованих кислот та показника рН доведено відмінності у адаптації до зміни клімату винограду сортів Каберне Совіньон та Мерло. Підтвердження необхідності оперативної адаптації енологічних прийомів для різних ділянок залежно від року. За допомогою методів статистичної обробки встановлені кореляції термінів збору та основних фізико-хімічних показників залежно від року та ділянок. Застосовану методологію рекомендовано екстрапольовати на інші теруари для кращого прогнозування.

Ключові слова: вино, виноград, теруар, Каберне Совіньон, Мерло, фізико-хімічні показники, цукор, кислотність, рН, потенційний вміст алкоголю, зміна клімату.

Вступ.

У XXI столітті людство стикається з кліматичними змінами, які створюють значний політичний, економічний та соціальний виклик. Відповідно до щорічного звіту Міжнародної організації винограду та вина (OIV), 2024 рік став другим поспіль з несприятливими кліматичними умовами, що призвели до історично низьких рівнів виробництва. У 2024 році загальний обсяг виробництва впав до 225,8 мільйона гектолітрів – найнижчого показника за понад 60 років, що на 4,8% менше, ніж у попередньому році [1].

У Франції вже розробляються кліматичні стратегії [2] для виноробної



промисловості з набором заходів у 8 напрямках: знання про виноробні райони, виноградарські практики, рослинний матеріал, виноробство, знання ринку, дослідження та розробки, пом'якшення наслідків, комунікація. Одним із важливих заходів вказується створення інструменту для управління виноградниками з метою передбачення кліматичних змін. Важливим аспектом лишається документування впливу змін на якість вина, щоб краще розуміти та врахувати наслідки [3].

Через потепління спостерігаються зміни темпів розвитку та якості винограду, неоднорідним впливом на врожайність та появою нових виноградарських районів [4]. Більш глибокі вивчення [5] кореляції якості молодих виноматеріалів до показників температури в період визрівання вказують, що дати збору винограду важливі для реконструкції клімату минулого.

Систематичний літературний огляд [6] показує що зумовлені зміною клімату коливання температури, сонячної радіації, кількості опадів та CO₂ погіршують склад цукрів, органічних кислот, фенольних та ароматичних сполук у винограді і, як наслідок, у вині. Відзначається, що однією з найнагальніших проблем виноробної промисловості є те, що вищі температури можуть негативно вплинути на фруктові характеристики та загальну якість вина [7]. У Греції досліджують взаємозв'язок між датами збору врожаю та складом ягід з температурою повітря протягом важливих періодів вегетаційного періоду [8]

Крім впливу зміни температурного режиму в період вегетації винограду, досліджуються [9] комплексні впливи фотосинтетично активної радіації, температури та стану води у лозі я та їхня важливість на накопичення цукру.

Впровадження нових сортів винограду залишається основною довготривалою стратегією адаптації та збільшення сортового різноманіття виноробного регіону в умовах зміни клімату [10]. У Новій Зеландії прогнозовані зміни в розвитку винограду вказують на те, що зміни сортів є можливим варіантом адаптації до зміни клімату [11]. Для сорту винограду Гренаж вказується [12] прямий вплив клімату на різні змінні зрілості та врожайності протягом останніх 50 років, що слугує основою для оцінки визначення



пріоритетів та оптимізації технічних засобів підтримки поточної якості та врожайності винограду

В той же час, формування адаптаційних стратегій існуючих сортів винограду в Україні визначаються актуальною проблемою до вивчення [13]. Важливо відмітити, що дослідження різних виноградарських практик як відповідь на розрив між технологічною та фенольною зрілістю через зміну клімату теж є актуальним напрямком [14].

У роботах [15,16] про вплив зміни клімату на динаміку дозрівання винограду в Північній Італії приходять до висновку, що оптимізація якості та здоров'я виноградної продукції повинна базуватися на глибоких знаннях клімату, оновлених поточними змінами клімату, та повинна бути орієнтована на вибір та розвиток адаптивних стратегій управління. В іншому дослідженні [17] відомих червоними винами регіонів Бордо у Франції та долина Напа в США констатується значне потепління за останні 60 років, і що досі це потепління сприяло підвищенню середньої якості вина. Однак взаємозв'язки у дозріванні показали, що досягається плато, і викликають занепокоєння, що наближається переломний моменту в традиційних виноробних регіонах. Також підкреслюються [18] взаємозв'язки між кліматом та якістю протягом усього року, включаючи раніше ігноровані сезонні ефекти та припускається, що з подальшою зміною клімату якість бордоських вин може продовжувати покращуватися.

В Україні досліджуються вплив ґрунтово-кліматичних умов вирощування винограду на якість столових червоних вин [19] зокрема на виділених теруарах. Відзначають вплив температурних режими визрівання та збирання винограду на основні показники якості червоних столових вин з сортів винограду Каберне Совіньон та Мерло. Крім того, в Україні вже займаються вивченням [20] особливостей продуктивності винограду сучасних технічних сортів, залежно від кліматичних умов і досліджуваних факторів Правобережного Лісостепу України

Дослідження в Аргентині відзначають, що розпізнавання вин за регіонами можливе завдяки визначенню впливу стиглості на хімічні показники червоних вин, зокрема фенольний комплекс [21].



Аналіз фенологічних стадій винограду та стадій зрілості під впливом зміни клімату вже дозволяють моделювати [22] баланс цукру та органічних кислот у винограді і колір сула для сорту винограду Туріга Насіональ в Португалії.

Різниця у мікрокліматі різних ділянок спричинює відмінності у показниках якості винограду, при цьому виноград *Vitis vinifera* має значний потенціал та пластичність, щоб витримувати підвищення температури, пов'язане зі зміною клімату [23].

Можливим напрямком подальших досліджень є вивчення показників якості винограду різних клонів та подальших застосуваннях різних енологічних прийомів при виробництві вина [24]. Крім того, дослідження взаємозв'язку між погодними умовами та якістю вина за однакової контрольованої технології виробництва надає інструменти для оцінки впливу зміни клімату [25]. Спостереження за температурою протягом вегетаційного періоду може надати змогу коригувати адаптаційні стратегії [26] та моделювати терміни визрівання [27].

Ефективна економічна адаптація виробників до мінливості якості та кількості врожаю важлива при формуванні стратегій адаптації до кліматичних змін [28].

В умовах півдня України у 2016-2019 роках вивчався [29] вплив зміни агрокліматичних умов вирощування винограду на якість вин. Для цієї цілі проводилась комплексна оцінка винограду для виробництва теруарних вин. Встановлено, що характеристики якості та співвідношення фізико-хімічних показників у всіх досліджуваних виноматеріалах відповідають нормативним документам України. Для збереження сортових особливостей і максимального прояву індивідуальних теруарних органолептичних характеристик рекомендовано звертати увагу на комплекси природно-кліматичних умов та агротехнічних прийомів за кожною ділянкою виноградника окремо.

Зібраний огляд охоплює як міжнародні тенденції, так і особливості України. В сучасних дослідженнях впливу кліматичних змін на характеристики різних сортів винограду для виробництва червоних вин представлені наступні



напрямки: аналіз змін для прогнозування, стратегії адаптації виноградників та технологічних прийомів, фокусування на специфіці країн, регіонів, теруарів або сортах винограду. Таким чином, дослідження комплексної оцінки різних сортів винограду з прив'язкою до особливостей теруару за попередній тривалий період для України є актуальним для визначення можливих стратегій адаптації виноградників та енологічних прийомів до впливу зміни клімату.

Матеріали та методи.

Матеріали дослідження: технічний виноград сортів Каберне Совіньон та Мерло з виноградників ШАБО, Україна, Одеська область, Білгород-Дністровський район, с. Шабо для виробництва червоних вин. В представленому дослідженні було проаналізовано терміни та основні фізико-хімічні показники під час збору за період з 2014 по 2024 роки.

Дослідження основних фізико-хімічних показників технічного винограду (масова концентрація цукрів, титрованих кислот та рН) проводились за кожною окремою ділянкою у виробничій лабораторії відповідно до внутрішніх регламентів, діючих нормативних стандартів України та OIV (International Organisation of Vine and Wine).

Для визначення оптимальних дат збору винограду враховували наступні показники: масові концентрації цукрів, титрованих кислот, значення показнику рН, а також результати дегустації винограду та ситуацію на конкретній ділянці (а саме, стан винограднику та погодні умови).

Відбір винограду для аналізів та дегустація винограду проводився по кожному сорту винограду та ділянці окремо.

Статистична обробка та графічна представленість результатів дослідження проводились з використанням програмного забезпечення Microsoft Office, Excel, надбудови «Пакет аналізу», та спеціалізованої програми PanelCheck V1.4.2.

Результати та їх обговорення. Дата збору.

На рисунку 1 представлено динаміку термінів збору винограду сорту Каберне Совіньон для виробництва червоних вин за 2014-2024 роки на п'яти окремих ділянках.

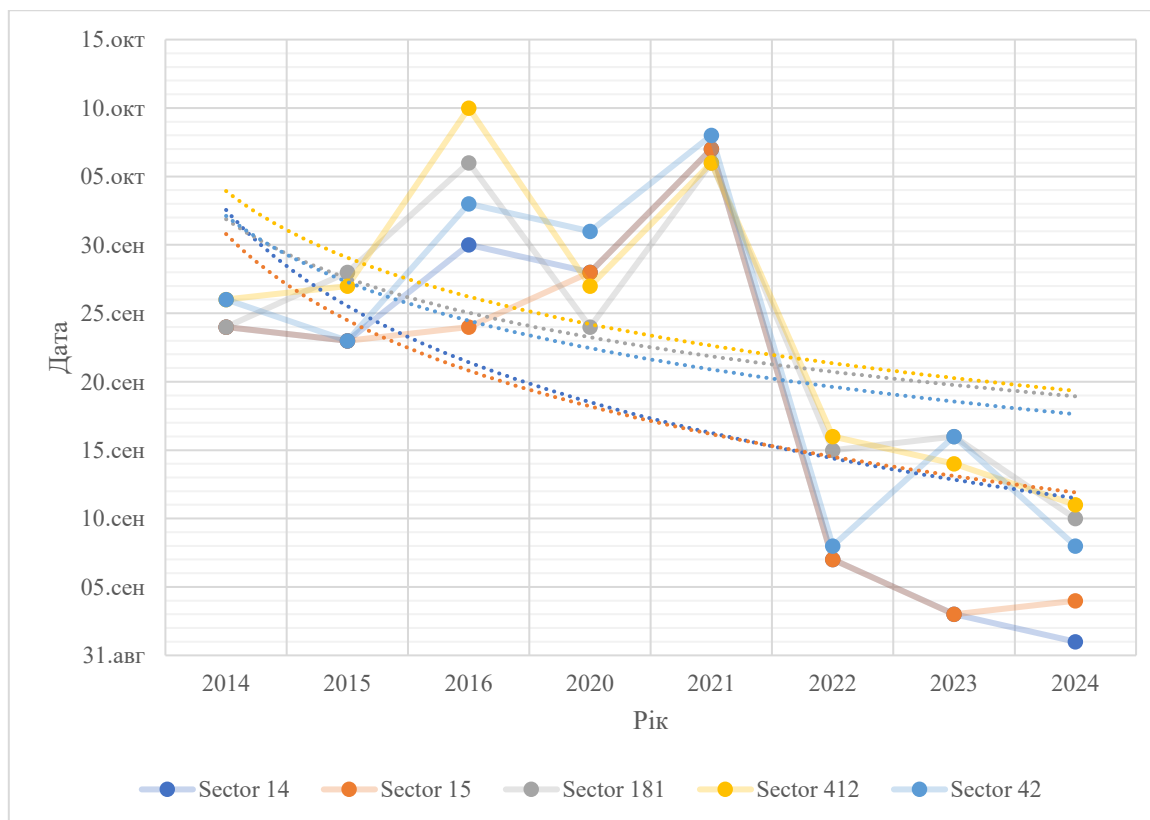


Рисунок 1 - Динаміка зміни дати збору винограду сорту Каберне Совіньон

Авторська розробка

Із даних рисунку видно, що в 2024 році дата збору для ділянки Sector 14 була 1 вересня. В 2015 році виноград з ділянки Sector 412 був зібраний 10 жовтня. Відповідно до ліній тренду, раніше всього виноград збирався з ділянок Sector 14 та Sector 15, а найпізніше з ділянки Sector 412. Дати збору для всіх ділянок в 2021, 2014 та 2015 році були дуже близькі: 6 - 8 жовтня, 24 - 26 вересня та 23 - 28 вересня відповідно. Найширші діапазони дат збору винограду спостерігались в 2016, 2023 та 2024: 24 вересня – 10 жовтня, 3 – 16 вересня та 1 – 11 вересня відповідно.

На рисунку 2 представлено динаміку термінів збору винограду сорту Мерло для виробництва червоних вин за 2014-2024 роки на трьох окремих ділянках.

В 2024 році дата збору винограду сорту Мерло для ділянки Sector 45 була найбільш ранньою, 26 серпня. В 2016 році виноград з ділянок Sector 20 та Sector 22 був зібраний 3 жовтня. Відповідно до ліній тренду, раніше всього виноград збирали з ділянки Sector 45, а найпізніше з ділянки Sector 22. Дати збору для всіх



ділянок в 2014, 2021 та 2022 роках були дуже близькі: 24 – 25 вересня, 25 - 27 вересня та 8 - 9 вересня відповідно. Найширші діапазони дат збору винограду спостерігались в 2020 та 2024 роках: 27 серпня – 15 вересня та 26 серпня – 17 вересня відповідно.

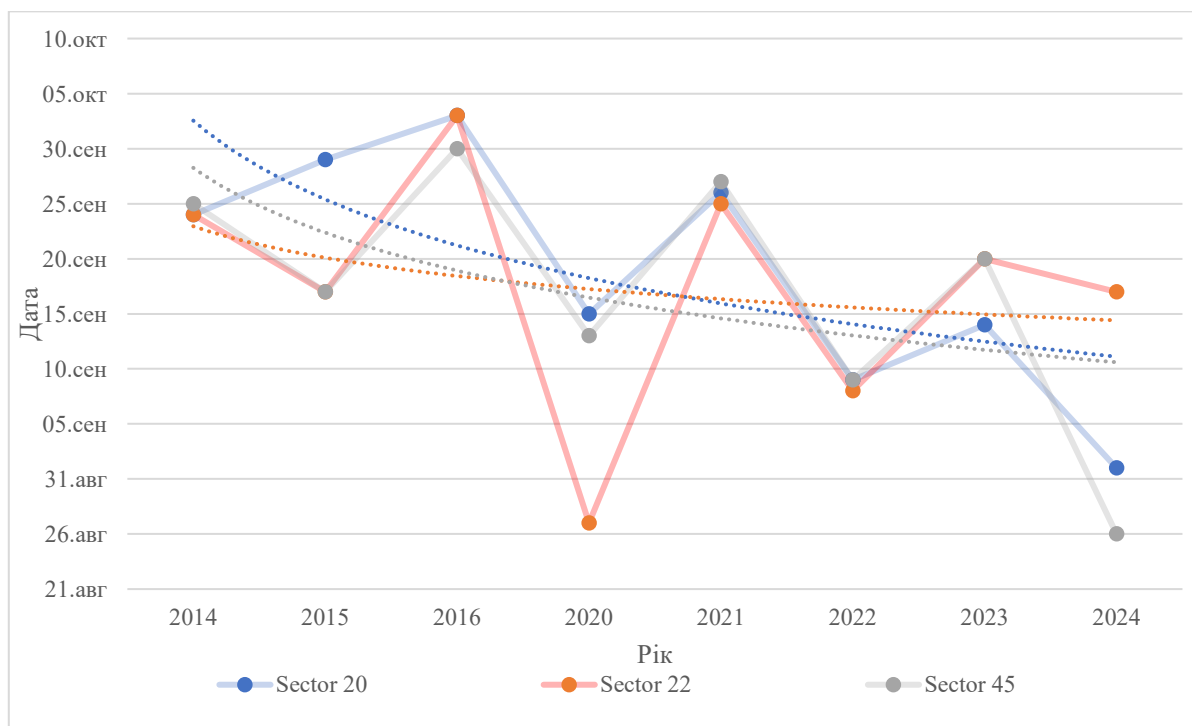


Рисунок 2 - Динаміка зміни дати збору винограду сорту Мерло

Авторська розробка

Результати основних даних описової статистики значень по датам збору винограду сорту Каберне Совіньон для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлені в таблиці 1.

Так, для ділянки Sector 14 відзначено найбільше значення інтервалу між датами збору в 2014-2024 роках, що складає 36 днів, між 1 вересня та 7 жовтня. Для інших ділянок діапазон інтервалу становить близько місяця (26-34 дні). Середнє значення дати збору винограду за досліджуваний період встановлено 18 вересня для ділянки Sector 15 та 24 вересня для ділянки Sector 412. При цьому значення медіани для всіх ділянок дуже близькі (23-26 вересня).

Результати основних даних описової статистики значень по датам збору винограду сорту Мерло для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках



представлені в таблиці 2.

**Таблиця 1 - Основні результати описової статистики даних дати збору
винограду сорту Каберне Совіньон**

	Sector 14	Sector 15	Sector 181	Sector 412	Sector 42
Mean	19.Вер	18.Вер	23.Вер	24.Вер	22.Вер
Standard Error	4,801181	4,422952	3,390836	3,664197	4,001953
Median	23.Вер	23.Вер	24.Вер	26.Вер	24.Вер
Standard Deviation	13,57979	12,51	9,590732	10,36391	11,31923
Range	36	34	26	29	30
Minimum	01.Вер	03.Вер	10.Вер	11.Вер	08.Вер
Maximum	07.Жов	07.Жов	06.Жов	10.Жов	08.Жов
Count	8	8	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	11,35299	10,45862	8,018053	8,664449	9,463114

Авторська розробка

**Таблиця 2 - Основні результати описової статистики даних дати збору
винограду сорту Мерло**

	Sector 20	Sector 22	Sector 45
Mean	10.Вер	18.Вер	17.Вер
Standard Error	5,008697792	4,004461797	4,022259493
Median	07.Вер	19.Вер	19.Вер
Standard Deviation	14,16673669	11,32632837	11,37666785
Range	39	37	35
Minimum	26.Сер	27.Вер	26.Вер
Maximum	03.Жов	03.Жов	30.Вер
Count	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	11,84368827	9,46904748	9,511132343

Авторська розробка

Так, для ділянки Sector 20 відзначено найбільше значення інтервалу між датами збору в 2014-2024 роках, що складає 39 днів, між 26 серпнем та 3 жовтнем. Для інших ділянок діапазон інтервалу становить близько 5 тижнів (35-



37 днів). Середнє значення дати збору винограду за досліджуваний період встановлено 17-18 вересня для ділянок Sector 45 та Sector 22 та 10 вересня для ділянки Sector 20. При цьому значення медіани аналогічно відрізняються: 19 вересня для ділянок Sector 22 та Sector 45 і 7 вересня для Sector 20.

Представлені результати дають змогу спостерігати загальну тенденцію до більш раннього збору винограду сортів Каберне Совіньон та, більш стриману, для Мерло. Одночасний або близький по датам збір призводить до різних можливих ускладнень на виробництві, пов'язаних з необхідністю прийому та переробки великої кількості винограду.

Варіювання термінів збору винограду на кожній окремій ділянці за досліджуваний період досягає 26-36 днів для сорту Каберне Совіньон та 35-39 днів для Мерло. Медіанні значення дат збору за ділянками варіюють у межах 23-26 вересня для винограду сорту Каберне Совіньон та 7-19 вересня для Мерло. У 2015 році різниця становила 1 тиждень, в 2020 – більше 10 днів, а в 2021 – два тижні. Однак, у 2014, 2016 та 2024 роках виноград обох сортів збирали приблизно в один час, 24-26 вересня, після 30 вересня та 26 серпня – 17 вересня відповідно. У 2022 році виноград сорту Каберне Совіньон на деяких ділянках збирали раніше за Мерло, а в 2023 році весь Мерло зібраний пізніше. За 50 років спостереження [30, 31] встановлено, що виноград сорту Каберне Совіньон в середньому збирають на 4-7 днів пізніше за Мерло. Отримані у дослідженні дані свідчать про поступовий відхід від прийнятих термінів визрівання в умовах зміни клімату теруару півдня України.

Масова концентрація цукрів. На рисунку 3 представлено масову концентрацію цукрів під час збору винограду сорту Каберне Совіньон за 2014 – 2024 роки з двадцяти окремих ділянок.

Масова концентрація цукрів варіювала від 18,9 %мас в 2023 році для ділянок Sector 14 та Sector 15 до 25,5 %мас у 2021 та 2022 роках для ділянок Sector 42 та Sector 182 відповідно. Середній вміст цукру в дату збору винограду за досліджуваний період становив 22,4 %мас. Максимальна різниця у масовій концентрації цукрів спостерігалась у винограді в 2023 році на ділянках Sector 15



(18,9 % мас) та Sector 42 і Sector 412 (23,1 %мас). Найменший діапазон значень зафіксований в 2020 році: між 22,5 (Sector 42 і Sector 14) та 23,8 %мас (Sector 181).

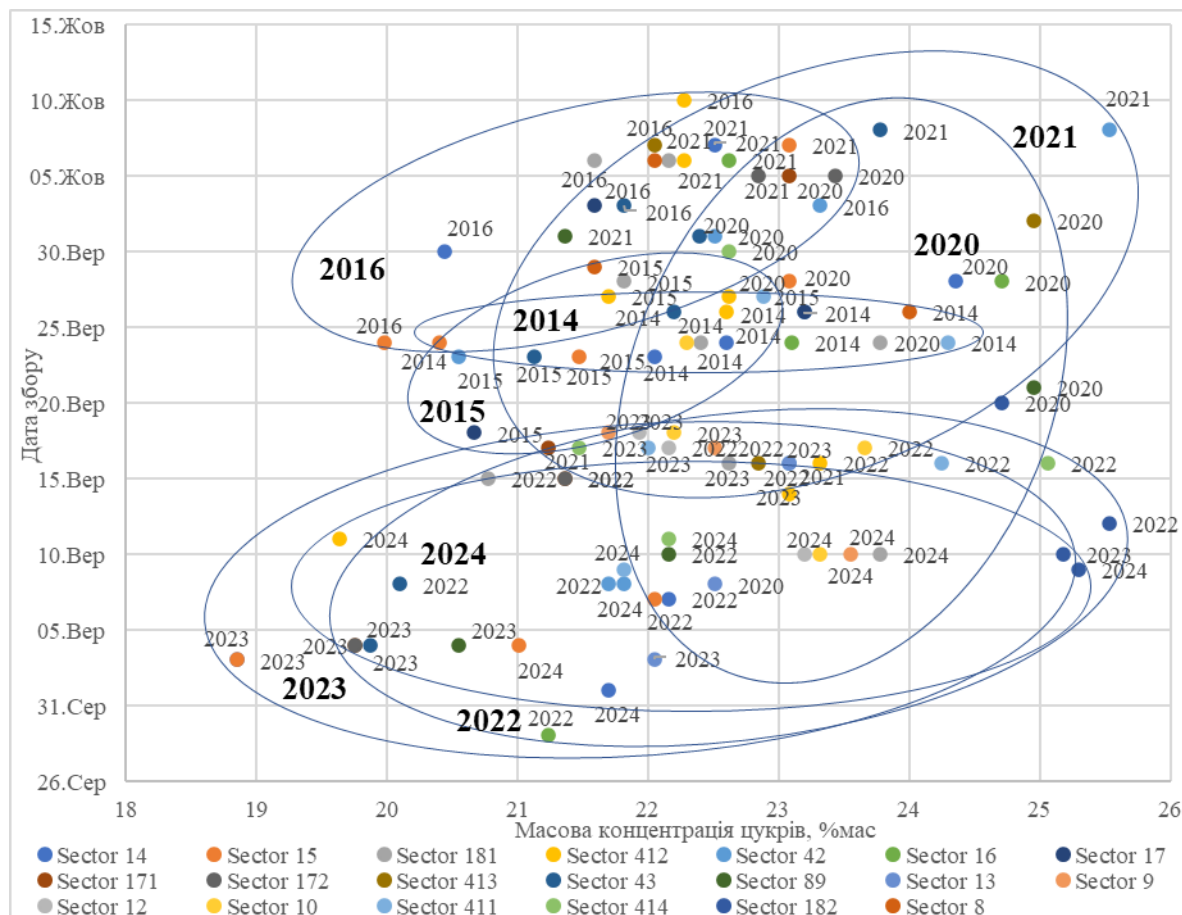


Рисунок 3 – Масова концентрація цукрів під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

Авторська розробка

Найбільша варіація масової концентрації цукрів спостерігалась для ділянок Sector 14 (між 18,9 %мас в 2023 і 24,4 %мас в 2021 році) та Sector 42 (між 20,0 %мас і 25,5 % мас у 2015 і 2021 відповідно). Найменший діапазон значень за досліджувані роки у винограді сорту Каберне Совіньон з ділянки Sector 181 (20,8 %мас в 2022 та 23,8 %мас в 2020 і 2024)

Масова концентрація цукрів у винограді сорту Каберне Совіньон з ділянки Sector 14 в 2024 році, коли відбувся найбільш ранній збір винограду 1 вересня, становив 21,7 % мас. В той же час найпізніший збір винограду сорту Каберне



Совіньон з ділянки Sector 412, 10 жовтня 2016 року, відбувся при вмісті цукру 22,3 %мас.

На рисунку 4 представлено масову концентрацію цукрів під час збору винограду сорту Мерло за 2014 – 2024 роки з восьми окремих ділянок.

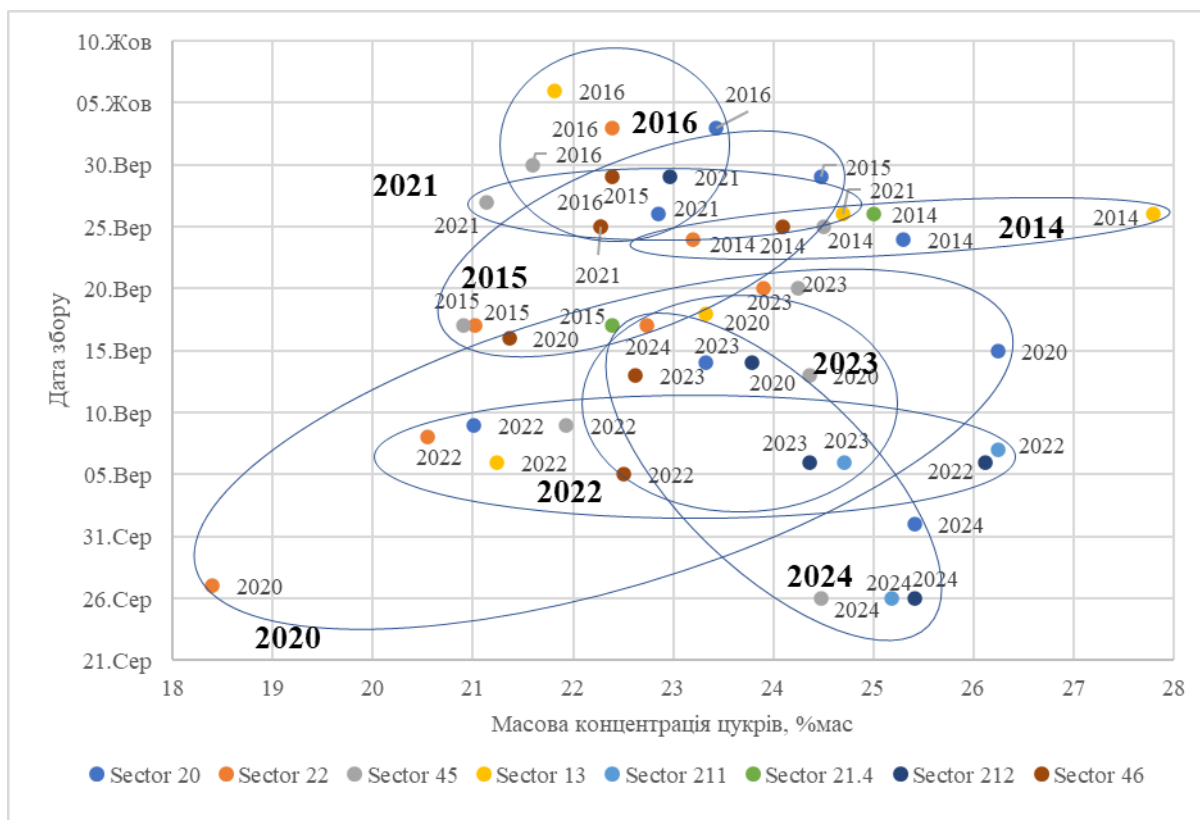


Рисунок 4 – Масова концентрація цукрів під час збору винограду сорту Мерло

Авторська розробка

Масова концентрація цукрів варіювала від 18,4 %мас в 2020 році для ділянки Sector 22 до 27,8 %мас у 2014 році для ділянки Sector 13. Середня масова концентрація цукрів під час збору винограду за досліджуваний період становив 22,4 %мас. Максимальна різниця вмісту цукру спостерігалась в 2020 році на ділянках Sector 22 (18,4 % мас) та Sector 20 (26,2 %мас). Найменший діапазон значень масової концентрації цукрів зафіксований в 2016 році: між 21,6 %мас (Sector 45) та 23,4 (Sector 20).

Найбільша варіація спостерігалась для ділянок Sector 13 (між 21,2 %мас в 2022 і 27,8 %мас в 2014 роках) та Sector 22 (між 18,4 %мас і 23,9 % мас у 2020 і



2023 відповідно). Найменший діапазон значень за досліджувані роки у винограду сорту Мерло з ділянки Sector 46 (21,4 %мас в 2020 та 24,1 %мас 2014)

Масова концентрація цукрів у винограді сорту Мерло з ділянок Sector 14 в 2024 році, коли відбувся найбільш ранній збір, 26 серпня, становив 24,5 % мас на ділянці Sector 45, 25,2 %мас – Sector 211, 25,4 %мас – Sector 212. В той же час, найбільш пізній збір винограду сорту Мерло з ділянки Sector 13, 6 жовтня 2016 року, відбувся при масовій концентрації цукрів 21,8 %мас.

Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Каберне Совіньон для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Основні результати описової статистики даних масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

	Sector 14	Sector 15	Sector 181	Sector 412	Sector 42
Mean	21,8	21,2	22,4	22,2	22,7
Standard Error	0,5738776	0,5267556	0,3665132	0,4048986	0,5213168
Median	22,1	21,2	22,3	22,4	22,8
Standard Deviation	1,6231709	1,4898897	1,0366559	1,1452261	1,4745066
Range	5,5	4,2	3	3,7	4,9
Minimum	18,9	18,9	20,8	19,6	20,6
Maximum	24,4	23,1	23,8	23,3	25,5
Count	8	8	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	1,3570049	1,2455790	0,8666660	0,9574330	1,2327183

Авторська розробка

Так, для ділянки Sector 14 відзначено найбільше значення інтервалу масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Каберне Совіньон, що складає 5,5 %мас. В той же час, для ділянки Sector 181 значення інтервалу складає лише 3 %мас. Середнє значення масової концентрації цукрів встановлено на рівнях від 21,2 %мас для ділянки Sector 15 до 22,7%мас для Sector 42. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 21,2 %мас та 22,8 %мас.



Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Мерло для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 4.

Таблиця 4 - Основні результати описової статистики даних масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Мерло

	Sector 20	Sector 22	Sector 45
Mean	24,0	21,8	22,9
Standard Error	0,597252639	0,620515339	0,579407795
Median	24,0	22,3	23,1
Standard Deviation	1,689285563	1,755082416	1,638812724
Range	5,2	5,5	3,6
Minimum	21,0	18,4	20,9
Maximum	26,2	23,9	24,5
Count	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	1,412278074	1,467285619	1,370081724

Авторська розробка

Для ділянки Sector 22 відзначено найбільше значення інтервалу масової концентрації цукрів під час збору винограду сорту Мерло, що складає 5,5 %мас. В той же час, для ділянки Sector 45 значення інтервалу складає 3,6 %мас. Середнє значення встановлено на рівнях від 21,8 %мас для ділянки Sector 22 до 24,0%мас для Sector 20. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 22,3 %мас та 24,0 %мас.

Медіанні значення масової концентрації цукрів для винограду сорту Каберне Совіньон за досліджуваний період на різних ділянках знаходяться в межах 21,2-22,8 %мас, для Мерло – 22,3-24,0 %мас. В 2015, 2016 та 2020 роках зафіксовані діапазони значення масової концентрації цукрів у винограді сорту Каберне Совіньон в межах 20,6-23,2 %мас, 20,0-23,1 %мас та 22,2-25,0 % мас відповідно. На противагу, 2022, 2023 та 2024 роки відзначаються дуже широким діапазоном вмісту цукрів: 20,1-25,5 %мас, 18,9-25,2 % мас та 19,6-25,3 %мас. В 2014 – 20,4-24,3%, 2021 – 21,2-25,5 % мас.



Для винограду сорту Мерло зафіксовано діапазони значення масової концентрації цукрів 21,6-23,4 % мас у 2016 році, 22,6-24,7 %мас – у 2023 році, 22,7-25,4 % мас – у 2024 році, 20,9-24,5 %мас – у 2015, 21,1-24,7 % мас – у 2021, 23,2-27,8 %мас – у 2014 році, 20,6-26,2 % мас – у 2022 році, 18,4-26,2 % мас – у 2020 році.

Значення масової концентрації цукрів для винограду сорту Каберне Совіньон для різних ділянок в досліджуваній період варіювалось в межах 3 %мас на Sector 181 до 4,9 %мас та 5,5 %мас на Sector 42 та Sector 14. У винограді сорту Мерло спостерігалось значення інтервалу 3,6 %мас на Sector 45, 5,2 %мас – Sector 20, 5,5 %мас – Sector 22. З отриманих даних відзначаємо збільшення варіативності масової концентрації цукрів, як основного якісного показника визрівання, у винограду для виробництва червоних вин за останні 10 років.

Потенційний вміст алкоголю.

На рисунку 5 представлено динаміку потенційного вмісту алкоголю в винограді сорту Каберне Совіньон з 2014 по 2024 роки під час збору.

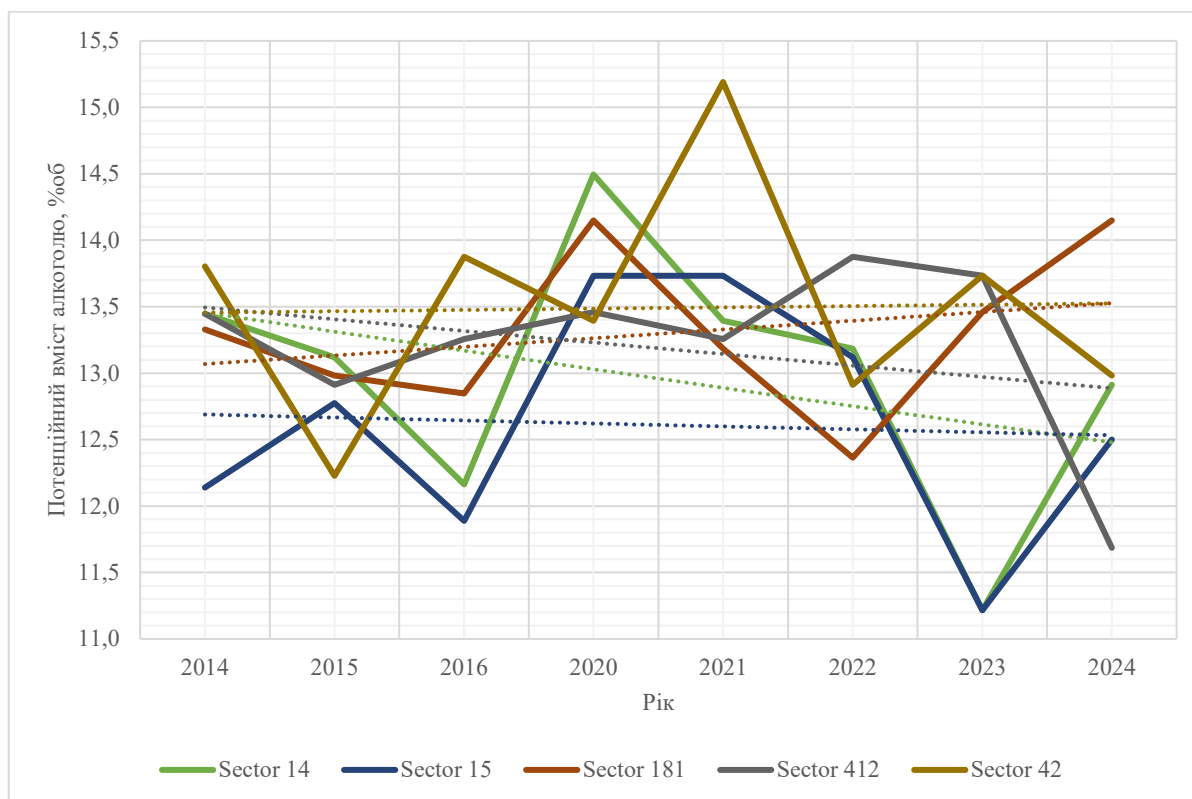


Рисунок 5 - Потенційний вміст алкоголю під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

Авторська розробка



Діапазон значень потенційного вмісту алкоголю знаходиться в межах від 11,2%об в 2023 році на ділянках Sector 14 та Sector 15 до 15,2%об в 2021 році на ділянці Sector 42. Експонентні лінії тренду показують відсутність значних коливань та залежності між потенційним вмістом алкоголю та роками врожаю.

На рисунку 6 представлено динаміку потенційного вмісту алкоголю у винограді сорту Мерло з 2014 по 2024 роки під час збору.

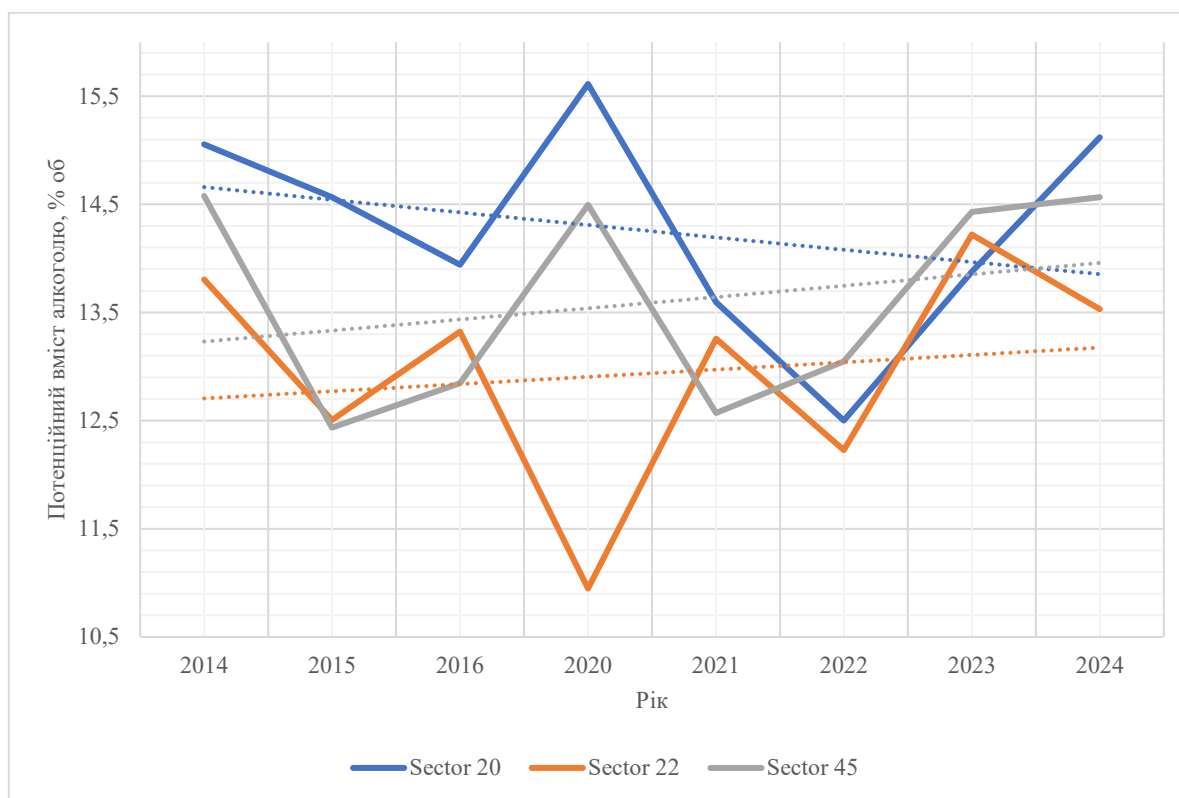


Рисунок 6 - Потенційний вміст алкоголю під час збору винограду сорту Мерло

Авторська розробка

Діапазон значень потенційного вмісту алкоголю знаходиться в межах від 11,0%об до 15,6%об в 2020 році на ділянках Sector 22 та Sector 20 відповідно. Експонентні лінії тренду показують відсутність значних коливань та вираженої залежності потенційного вмісту алкоголю та років збору.

Масова концентрація титрованих кислот.

На рисунку 7 представлено масову концентрацію титрованих кислот винограду сорту Каберне Совіньон під час збору за 2014 -2024 роки на п'яти різних ділянок.

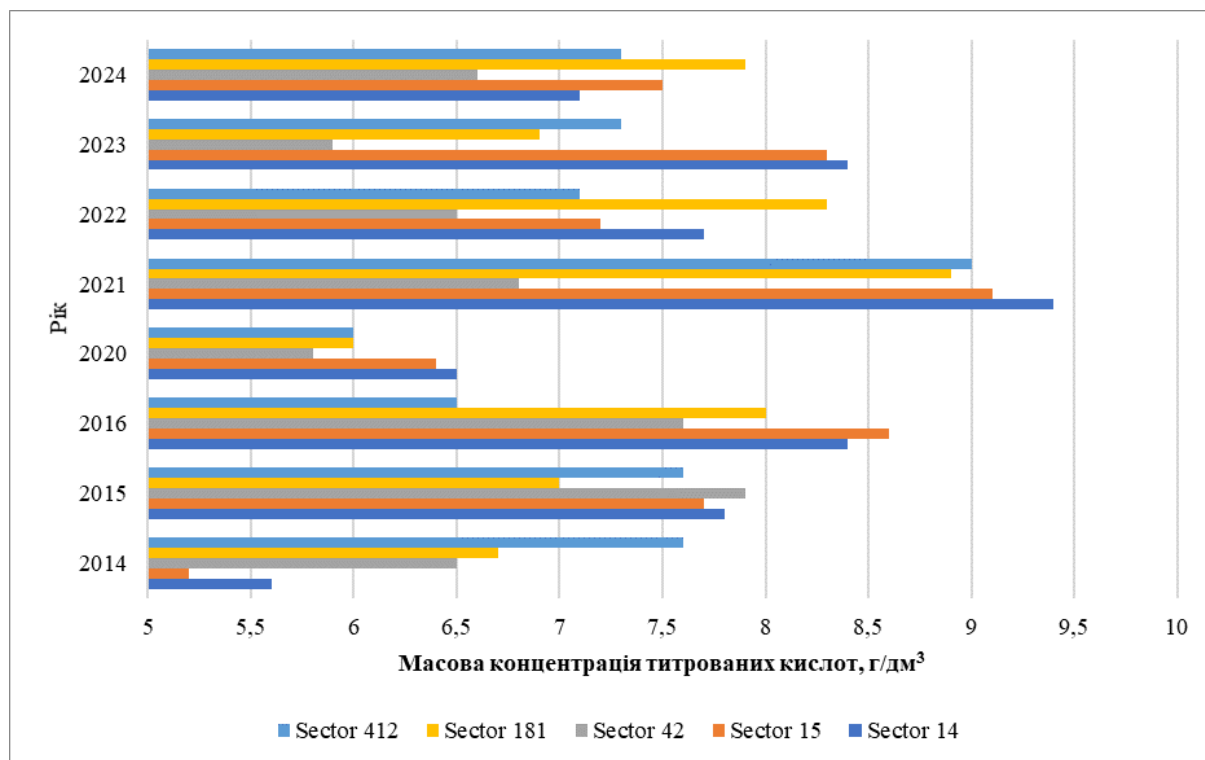


Рисунок 7 - Масова концентрація титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

Авторська розробка

Найнижча загальна кислотність зафіксована в 2014 році на ділянці Sector 15 – 5,20 г/дм³. Найвища – в 2021 році, ділянка Sector 14, 9,40 г/дм³. Значення масової концентрації титрованих кислот в досліджуваній період для винограду сорту Каберне Совіньон встановлено в діапазонах 2,4 г/дм³ в 2014, 0,90 г/дм³ в 2015, 2,10 г/дм³ в 2016, 0,7 г/дм³ в 2020, 2,60 г/дм³ в 2021, 1,80 г/дм³ в 2022, 2,50 г/дм³ в 2023 та 1,30 г/дм³ в 2024 роках.

Визначено, що співвідношення середніх значень масових концентрацій цукрів та титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон у 2014 році становило 22,2 %мас та 6,32 г/дм³, в 2022 - 22,0 та 7,36 відповідно. Однак, на ділянці Sector 42 в 2014 році при вмісті цукру 23,2 %мас титрована кислотність становила 6,50 г/дм³, тоді як на ділянці Sector 15 – 20,4 та 5,20 відповідно.

В 2020 році при середньому значенні масової концентрації цукрів 23,3 %мас масова концентрація титрованих кислот становила 6,14 г/дм³. В 2021: 23,1 та 8,64



відповідно. Аналогічно, в 2021 році при вмісті цукру 25,5 %мас на ділянці Sector 42 титрована кислотність становила 6,80 г/дм³, тоді як на ділянці Sector 15 - 23,1 та 9,10 відповідно. В 2024 році на ділянках Sector 181 та Sector 412 – 23,8 і 7,9 та 19,6 і 7,3.

Для ділянки Sector 14 зафіксовано масова концентрація цукрів під час збору в 2014 році на рівні 22,6 %мас при титрованій кислотності 5,60 г/дм³, в 2021 році 22,5 та 9,40 відповідно.

На рисунку 8 представлено масову концентрацію титрованих кислот винограду сорту Мерло під час збору за 2014 -2024 роки з трьох різних ділянок.

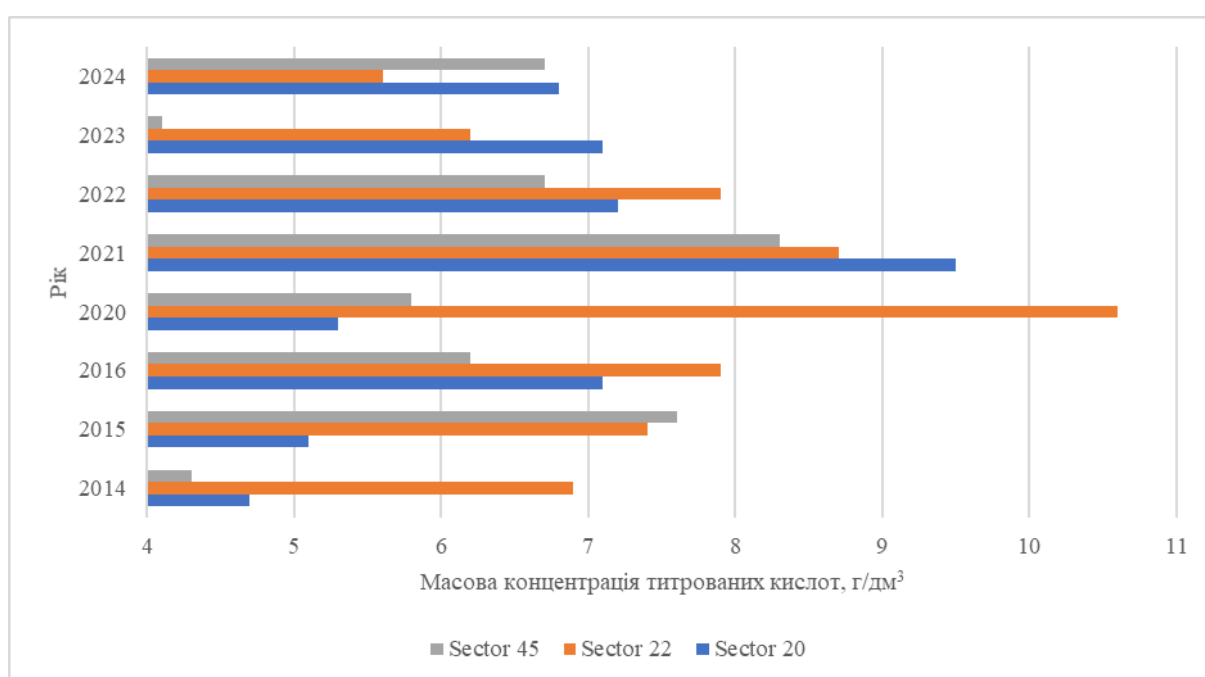


Рисунок 8. Масова концентрація титрованих кислот під час збору винограду сорту Мерло

Авторська розробка

Найнижче значення зафіксоване в 2023 році на ділянці Sector 45 – 4,10 г/дм³. Найвище – в 2020 році, ділянка Sector 22, 10,60 г/дм³ та в 2021 році на ділянці Sector 20 – 9,50 г/дм³. Значення масової концентрації титрованих кислот в досліджуваний період для винограду сорту Мерло встановлено в діапазонах 4,30-6,90 г/дм³ в 2014, 5,10-7,60 г/дм³ в 2015, 6,20-7,90 г/дм³ в 2016, 5,30-10,60 г/дм³ в 2020, 8,30-9,50 г/дм³ в 2021, 6,70-7,90 г/дм³ в 2022, 4,10-7,10 г/дм³ в 2023 та 5,60-6,80 г/дм³ в 2024 роках.



Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 5.

Таблиця 5 - Основні результати описової статистики даних масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

	Sector 14	Sector 15	Sector 181	Sector 412	Sector 42
Mean	7,61	7,50	7,46	7,30	6,70
Standard Error	0,423184	0,444008	0,34066	0,311677	0,260494
Median	7,75	7,60	7,45	7,30	6,55
Standard Deviation	1,196946	1,255843	0,963531	0,881557	0,736788
Range	3,80	3,90	2,90	3,00	2,10
Minimum	5,60	5,20	6,00	6,00	5,80
Maximum	9,40	9,10	8,90	9,00	7,90
Count	8	8	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	1,000671	1,049911	0,805532	0,737	0,615971

Авторська розробка

Для ділянок Sector 15 та Sector 14 відзначено найбільші значення інтервалу масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон, що складає 3,80 та 3,90 г/дм³ відповідно. В той же час, для ділянки Sector 42 значення інтервалу складає лише 2,10 г/дм³. Середнє значення масової концентрації титрованих кислот встановлено на рівнях від 6,70 г/дм³ для ділянки Sector 42 до 7,61 г/дм³ для Sector 14. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 6,55 та 7,75 г/дм³.

Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Мерло для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 6.

Для ділянки Sector 22 відзначено найбільші значення інтервалу масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Мерло, що складає 5,00 г/дм³. В той же час, для ділянки Sector 45 значення інтервалу складає 4,20 г/дм³. Середнє значення масової концентрації титрованих кислот



встановлено на рівнях від 6,21 г/дм³ для ділянки Sector 45 до 7,65 г/дм³ для Sector 22. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 6,45 та 7,65 г/дм³.

Таблиця 6 - Основні результати описової статистики даних масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Мерло

	Sector 20	Sector 22	Sector 45
Mean	6,60	7,65	6,21
Standard Error	0,548699762	0,54869976	0,518389505
Median	6,95	7,65	6,45
Standard Deviation	1,55195729	1,55195729	1,466226936
Range	4,80	5,00	4,20
Minimum	4,70	5,60	4,10
Maximum	9,50	10,60	8,30
Count	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	1,297468764	1,29746876	1,225796395

Авторська розробка

Значення інтервалів масової концентрації титрованих кислот для винограду сортів Каберне Совіньон та Мерло по кожній окремій ділянці за досліджуваний період відрізняються. Так, для Каберне Совіньон в середньому інтервал складав 3,00 г/ дм³, тоді як для Мерло – 4,60 г/дм³. Варіативності масової концентрації титрованих кислот, як і у випадку масової концентрації цукрів, також збільшуються у винограді для виробництва червоних вин за останні 10 років. Крім того, відмінності у інтервалах у винограді сорту Каберне Совіньон та Мерло свідчать про різницю у чуттєвості до умов зміни клімату. Відслідковування та контроль таких змін є додатковим інструментом для своєчасного визначення напрямку переробки винограду та набору енологічних прийомів. Варіативність та чутливість до впливу зміни клімату підтверджується і відповідає актуальним світовим дослідженням [32, 33, 34].

pH. На рисунку 9 представлено значення показника рН винограду сорту Каберне Совіньон під час збору за 2014 -2024 роки з п'яти різних ділянок.

Найнижче значення показника рН зафіксовано в 2016 році на ділянці Sector 42 – 3,07. Найвище – в 2015 році, ділянка Sector 412 - 3,46.

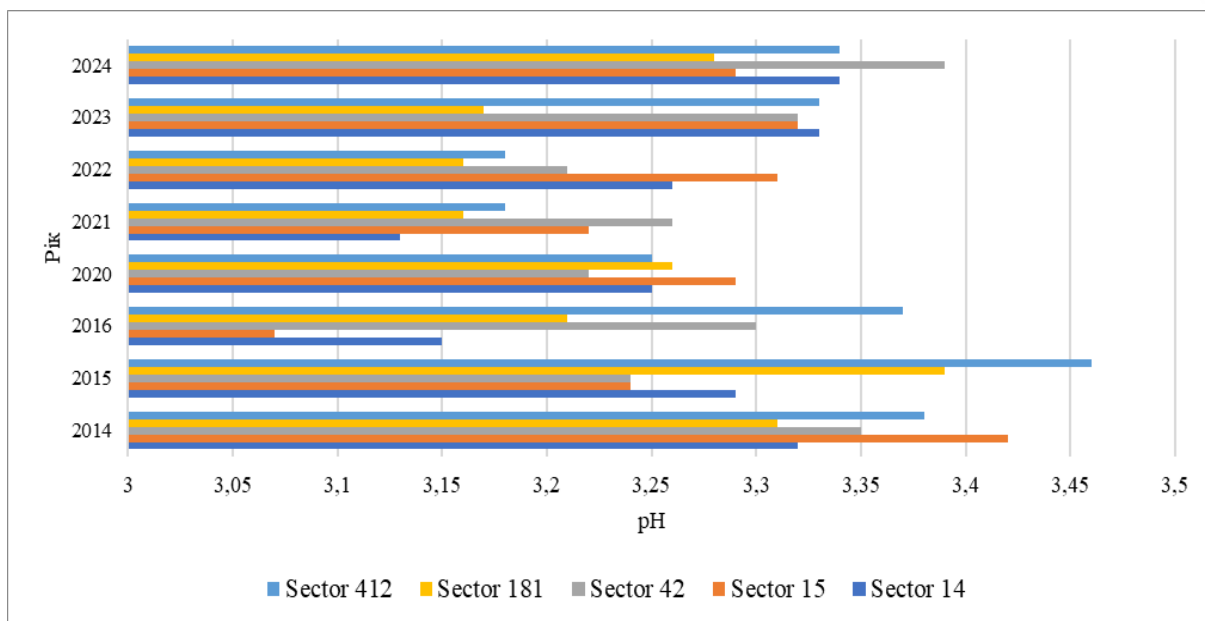


Рисунок 9 – Значення показника рН під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

Авторська розробка

На рисунку 10 представлено значення показника рН винограду сорту Мерло в дати збору за 2014 -2024 роки з трьох різних ділянок.

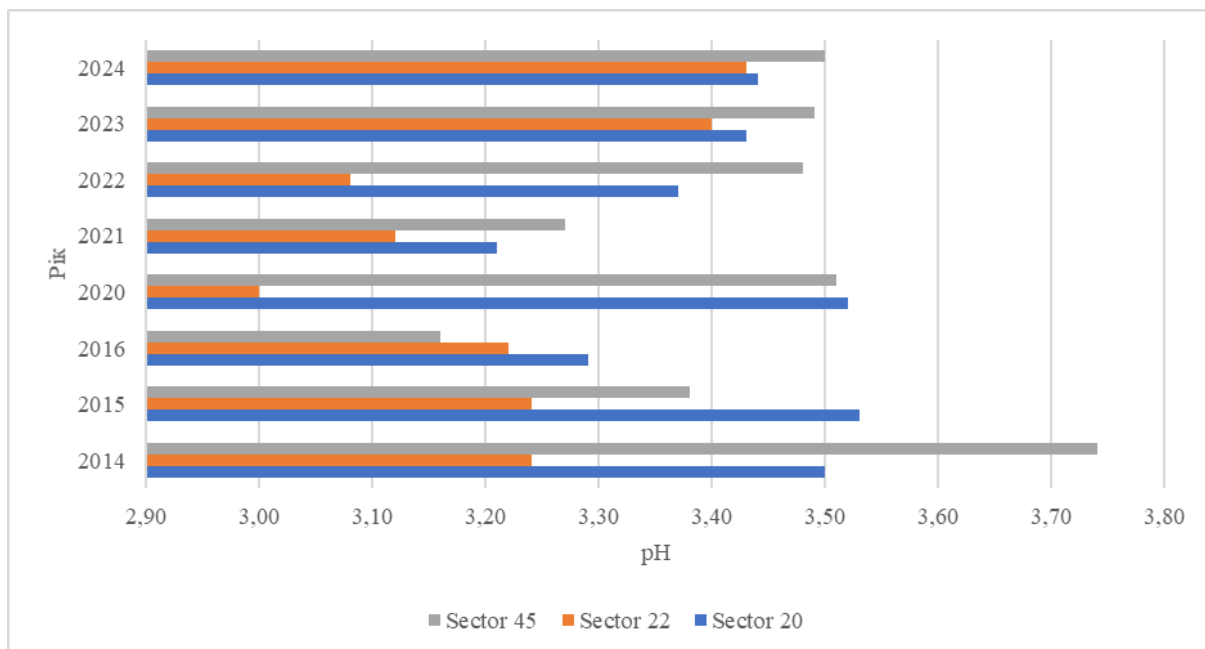


Рисунок 10 – Значення показника рН під час збору винограду сорту Мерло

Авторська розробка



Найнижче значення зафіксовано на ділянці Sector 22 в 2020 році – 3,00 та в 2022 році – 3,08. Найвище – в 2014 році, ділянка Sector 45 - 3,74.

Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 7.

Для ділянки Sector 15 відзначено найбільші значення інтервалу показника рН під час збору винограду сорту Каберне Совіньон, що складає 0,35. В той же час, для ділянки Sector 42 значення інтервалу складає лише 0,18. Середнє значення показника рН встановлено на рівнях від 3,24 для ділянки Sector 181 до 3,31 для Sector 412. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 3,24 та 3,34.

Таблиця 7 - Основні результати описової статистики даних значення показника рН під час збору винограду сорту Каберне Совіньон

	Sector 14	Sector 15	Sector 181	Sector 412	Sector 42
Mean	3,26	3,27	3,24	3,31	3,29
Standard Error	0,02831	0,03556	0,02926	0,03528	0,02283
Median	3,28	3,29	3,24	3,34	3,28
Standard Deviation	0,08008	0,10057	0,08276	0,09978	0,06457
Range	0,21	0,35	0,23	0,28	0,18
Minimum	3,13	3,07	3,16	3,18	3,21
Maximum	3,34	3,42	3,39	3,46	3,39
Count	8	8	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	0,06695	0,08408	0,06919	0,08342	0,05398

Авторська розробка

Результати основних даних описової статистики значень масової концентрації титрованих кислот під час збору винограду сорту Каберне Совіньон для кожної досліджуваної ділянки у 2014-2024 роках представлено в таблиці 8.

Для ділянки Sector 45 відзначено найбільші значення інтервалу показника рН під час збору винограду сорту Мерло, що складає 0,58. В той же час, для ділянки Sector 20 значення інтервалу складає 0,32. Середнє значення показника рН встановлено на рівнях від 3,22 для ділянки Sector 22 до 3,44 для Sector 45. Медіанні значення знаходяться на схожих рівнях між 3,23 та 3,49.



Таблиця 8 - Основні результати описової статистики даних значення показника рН під час збору винограду сорту Мерло

	Sector 20	Sector 22	Sector 45
Mean	3,41	3,22	3,44
Standard Error	0,040507385	0,05264224	0,061743638
Median	3,44	3,23	3,49
Standard Deviation	0,114572186	0,14889474	0,174637379
Range	0,32	0,43	0,58
Minimum	3,21	3,00	3,16
Maximum	3,53	3,43	3,74
Count	8	8	8
Confidence Level(95,0%)	0,095784744	0,12447912	0,146000503

Авторська розробка

Відзначено широку варіативність у інтервалах значення показника рН у винограді для виробництва червоних вин за досліджуваний період та відмінності між ними для Каберне Совіньон та Мерло. Це свідчить про різницю у адаптивності до впливу зміни клімату в умовах теруару півдня України.

Так, для винограду сорту Каберне Совіньон у 2022 році при середньому потенційному вмісті алкоголю 13,1%об значення показника рН становило 3,22, то в 2021 році – 13,8 %об і 3,19, а в 2024 році 12,8 %об і 3,33 відповідно. Крім того, у винограді на ділянці Sector 15 у 2014 році потенційний вміст алкоголю становив 12,1 %об при значенні показника рН 3,42, у 2016 – 11,9 %об і 3,07, у 2020 – 13,7 %об і 3,29, а в 2023 – 11,2 %об і 3,32 відповідно. Подібні коливання значень в досліджуваний період для різних ділянок одного сорту винограду вимагають від винороба оперативної адаптації енологічних прийомів та навіть зміни напрямку використання або стилю червоних вин в умовах теруару півдня України. Дані підтверджують актуальні світові дослідження впливу зміни клімату на вибір термінів та основні фізико-хімічні показники при зборі [32, 35, 36].

Однофакторний та двофакторний аналіз даних. Однофакторний дисперсійний аналіз вказує на послідовність та системність даних дат збору та масової концентрації цукрів у винограді сортів Каберне Совіньон та Мерло. Критерій Фішера значно більше критичного значення (для Каберне Совіньон: F



= 626,089, $F_{crit} = 2,663$; для Мерло: $F = 81,823$ $F_{crit} = 4,052$).

На рисунку 11.а зображена кореляція показників дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованих кислот та значення показнику рН на різних ділянках в різні роки.

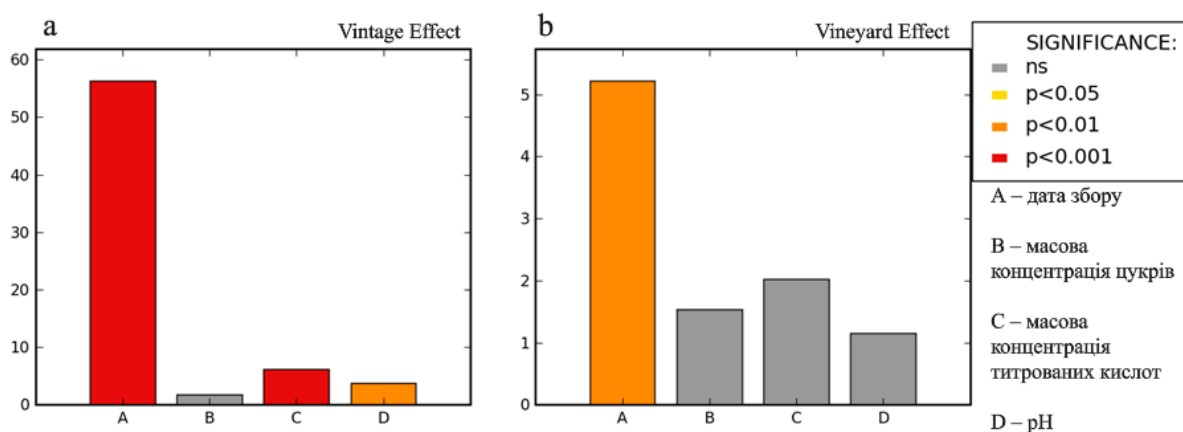


Рисунок 11 - Результати статистичної обробки даних дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованих кислот та значення показника рН винограду сорту Каберне Совіньон з різних ділянок за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу

Авторська розробка

В аналізованих даних корелюються дати збору винограду, масова концентрація титрованих кислот та рН в різні роки між ділянками, показник відхилення $p < 0,05$. Водночас, значення масової концентрації цукрів суттєво не варіюють між досліджуваними роками. Крім того, для різних досліджуваних даних по ділянкам в рамках окремих років (рисунок 11.б), найбільшої кореляції мають дати збору винограду, $p < 0,05$.

На рисунку 12.а зображена кореляція показників дат збору, масових концентраціях цукрів, титрованих кислот та значення показника рН на різних ділянках в 2014-2024 роках для винограду сорту Мерло.

В аналізованих даних корелюються дати збору винограду, показник відхилення $p < 0,05$. Водночас, значення масових концентрацій цукрів, титрованих кислот та рН суттєво не варіюють між досліджуваними роками. Крім



того, для різних досліджуваних даних по ділянкам в рамках окремих років (рисунок 12.b), найбільшої кореляції мають значення рН та масова концентрація цукрів, $p < 0,05$. Таким чином, дати збору винограду сорту Мерло не мають суттєвої кореляції за 2014-2024 роки між ділянками на відміну від винограду сорту Каберне Совіньон.

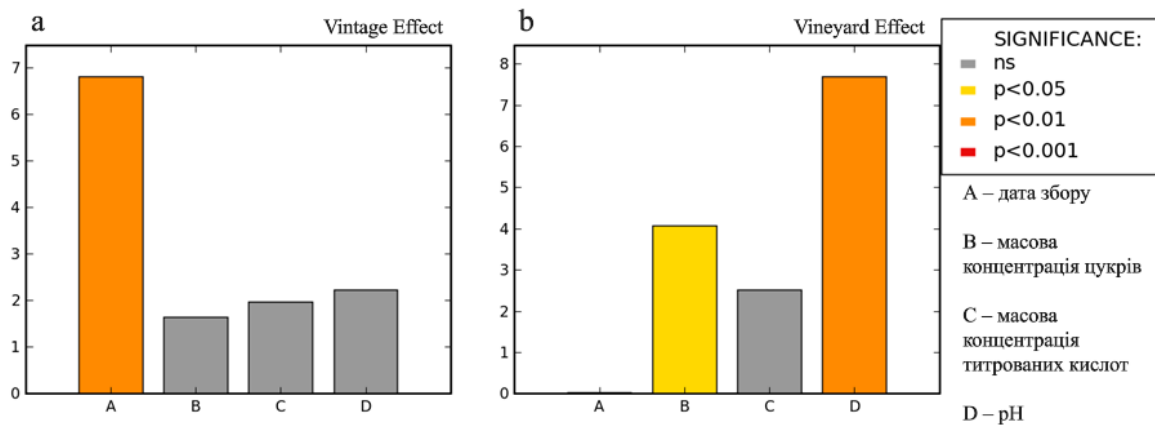


Рисунок 12 - Результати статистичної обробки даних дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованої кислотності та рН винограду сорту Мерло з різних ділянок за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу, де *A* – дати збору, *B* – масова концентрація цукрів, *C* – масова концентрація титрованих кислот, *D* – рН.

Авторська розробка

На рисунку 13, Principal Component Analysis (PCA-карта), зображено кореляцію показників дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованої кислотності та значення показника рН між собою та ділянок між собою.

З достовірністю 97,1% відображено значну позитивну кореляцію досліджуваних показників в різні роки у ділянок Sector 191 та Sector 412, Sector 14 та Sector 15. В той же час кореляція цих показників у ділянки Sector 42 негативна до інших вказаних ділянок. Також, відображена негативна кореляція між собою в рамках одного року між датами збору, масових концентрацій цукрів, титрованих кислот та значенням показника рН.

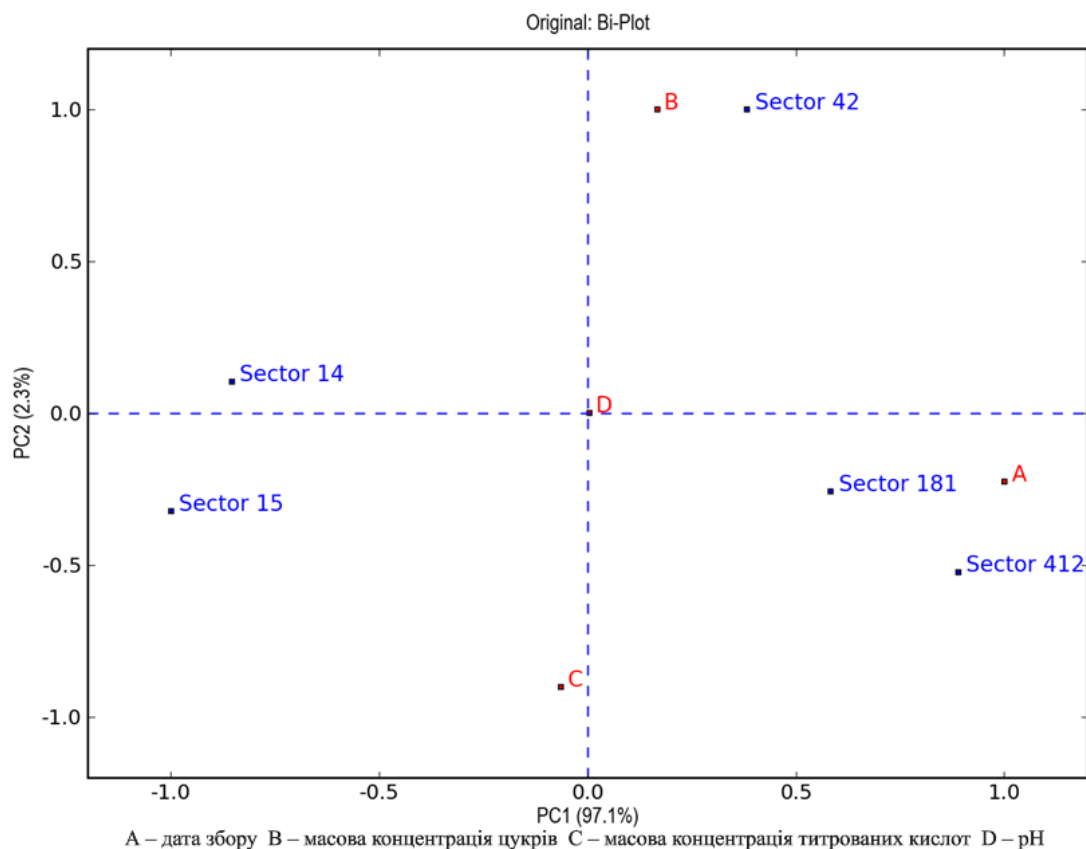


Рисунок 13 - Результати статистичної обробки даних дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованих кислот та рН винограду сорту Каберне Совіньон з різних ділянок за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу, Principal Component Analysis (PCA)

Авторська розробка

На рисунку 14, Principal Component Analysis (PCA-карта), зображено кореляцію показників дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованої кислотності та значення показника рН між собою та ділянок між собою.

З достовірністю 82,3% відображено значну негативну кореляцію досліджуваних показників в різні роки у всіх трьох ділянках Sector 20, Sector 22, Sector 45. Також, відображена негативна кореляція між собою в рамках одного року між датами збору, масовими концентраціями цукрів, титрованих кислот та значенням показника рН. Представлені дані підкреслюють особливості кожної окремої ділянки винограду сорту Мерло, можливість використання для широкого спектру стилів і необхідність підбору різних енологічних прийомів у процесі виробництва червоних вин.

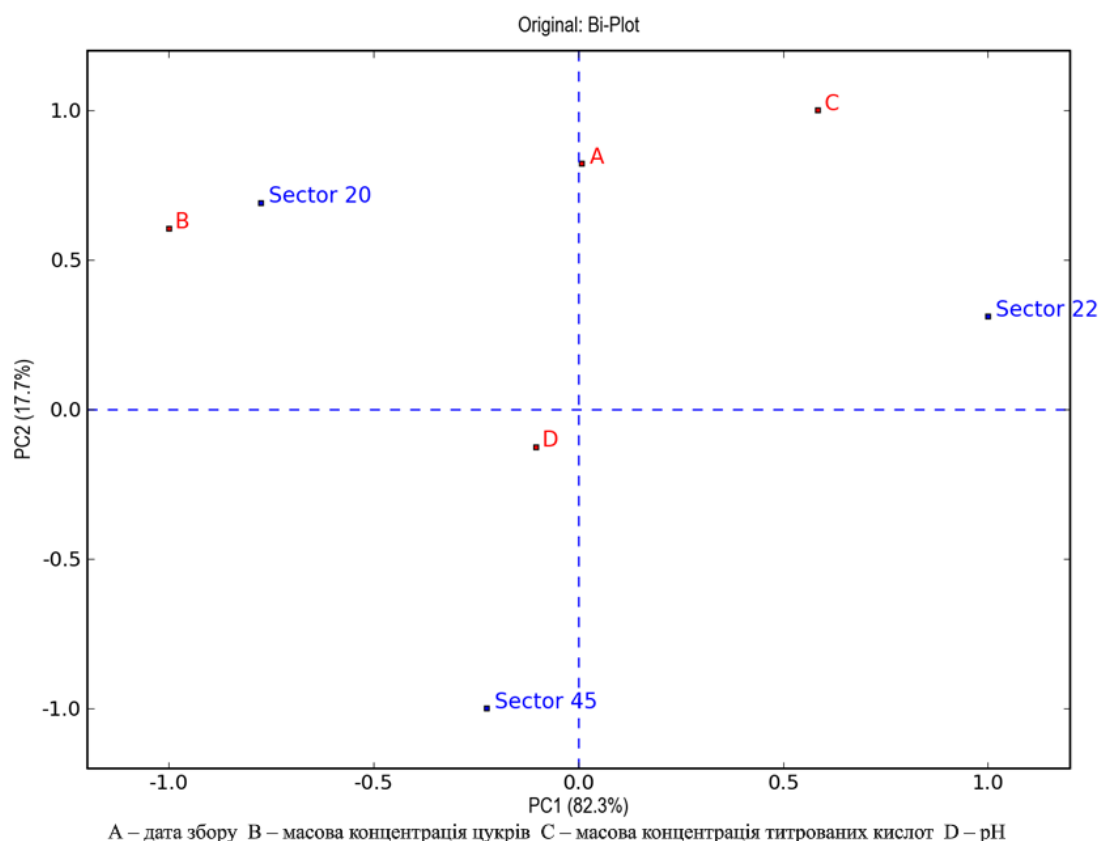


Рисунок 14 - Результати статистичної обробки даних дат збору, масових концентрацій цукрів, титрованої кислотності та рН винограду сорту Мерло з різних ділянок за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу, Principal Component Analysis (PCA), де A – дати збору, B – масова концентрація цукрів, C – масова концентрація титрованих кислот, D – рН.

Авторська розробка

Висновки

В проведеному дослідженні проаналізовано основні фізико-хімічні показники під час збору винограду сортів Каберне Совіньон та Мерло за 2014-2024 роки в умовах теруару півдня України та проведено статистичну обробку отриманих даних. Визначено тенденції формування основних показників якості винограду для виробництва червоних вин в умовах кліматичних змін півдня України.

Систематизовано та доведено вплив кліматичних змін на виноград сортів Каберне Совіньон та Мерло з різних ділянок в умовах теруару півдня України.



Встановлено, що варіювання термінів збору винограду на кожній окремій ділянці за досліджуваний період досягає 26-36 днів для сорту Каберне Совіньон та 35-39 днів для Мерло. Медіанні значення дат збору за ділянками варіюють у межах 23-26 вересня для винограду сорту Каберне Совіньон та 7-19 вересня для Мерло зі значними відхиленнями в окремі роки. Такі варіювання співвідношення термінів збору свідчить про поступовий відхід від прийнятих значень 4-7 днів.

З отриманих даних відзначено збільшення варіативності масової концентрації цукрів, як основного якісного показника визрівання, у винограду для виробництва червоних вин. Визначено, що інтервали значень масової концентрації цукрів суттєво не відрізнялись між виноградом сортів Каберне Совіньон та Мерло (3-5,5 %мас і 3,6-5,5 %мас) за досліджуваний період з різних ділянок. В той же час, інтервали значень масової концентрації титрованих кислот (3,00 г/ дм³ і 4,60 г/ дм³) та показника рН (0,18-0,35 і 0,32-0,58) відображають їхню відмінність у адаптивності до впливу зміни клімату в умовах теруару півдня України.

Підтверджено кореляцію отриманих даних та висновків світових досліджень впливу змін клімату на вибір термінів та основних фізико-хімічних показників при зборі. Так, коливання значень потенційного алкоголю та рН в досліджуваний період для різних ділянок одного сорту винограду вимагають від винороба оперативної адаптації енологічних прийомів та навіть зміни напрямку використання або стилю червоних вин.

За допомогою методів статистичної обробки даних встановлено кореляцію термінів збору, масової концентрації титрованих кислот та значення показника рН винограду сорту Каберне Совіньон залежно від року при відсутності такої для масової концентрації цукрів. Для винограду сорту Мерло така кореляція відзначено лише з датами збору. За досліджуваними ділянками встановлена кореляція між датами збору і її відсутність між основними фізико-хімічними показниками для винограду сорту Каберне Совіньон. Для винограду сорту Мерло відмічено кореляцію з масовою концентрацією цукрів та значенням показника рН.



Накопичення даних дає змогу аналізувати тенденції змін термінів збору, впроваджувати стратегії адаптації та краще прогнозувати відповідні навантаження на виробництві, застосування енологічних прийомів та формування портфелю різних стилів червоних вин. Застосована методологія в аналізі варіацій дат збору різних сортів винограду та їхніх основних фізико-хімічних показників може бути екстрапольована на інші теруари та регіони України.

Література:

1. International Organisation of Vine and Wine (OIV). State of the World Vine and Wine Sector in 2024 [Електронний ресурс]. — April 2025. — Режим доступу: https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV-State_of_the_World_Vine-and-Wine-Sector-in-2024.pdf (дата звернення: 15.12.2025)

2. Aigrain P., Bois B., Brugière F., Duchêne E., García de Cortázar-Atauri I., Gautier J., Hannin H., Ollat N., Touzard J. Quelles actions pour la filière vigne et vin face au changement climatique? [Електронний ресурс] / Rapport de recherche, INRAE, 2021. – DOI: 10.15454/ahd9-e468.

3. Koufos G. C., Mavromatis T., Koundouras S., Fyllas N. M., Theocharis S., Jones G. V. Greek Wine Quality Assessment and Relationships with Climate: Trends, Future Projections and Uncertainties // Water [Електронний науковий журнал]. — 2022. — Vol. 14, No. 4. — Article 573. DOI: 10.3390/w14040573.

4. Droulia F., Charalampopoulos I. A Review on the Observed Climate Change in Europe and Its Impacts on Viticulture // Atmosphere [Електронний науковий журнал]. — 2022. — Vol. 13, No. 5, Article 837. — DOI: 10.3390/atmos13050837.

5. Pfister C., Brönnimann S., Altwegg A., Brázdil R., Litzenburger L., Lorusso D., Pliemon T. 600 years of wine must quality and April to August temperatures in western Europe 1420–2019 // Climate of the Past [Електронний науковий журнал]. — 2024. — Vol. 20, p. 1387–1399. — DOI: 10.5194/cp-20-1387-2024.

6. Aloy K. G., Bergmann A. R., Costa V. B., Malgarim M. B. Impact of climate change on grape composition: a review // Ciência e Natura [Електронний науковий журнал]. — 2024. — Vol. 46, p. 1–12. — DOI: 10.1590/0034-7345-2024-0001.



журнал]. — 2024. — Vol. 46, Article e75359. — DOI: 10.5902/2179460X75359. — ISSN 2179-460X.

7. Torres N., Martínez-Lüscher J., Porte E., Kurtural S.K. Optimal ranges and thresholds of grape berry solar radiation for flavonoid biosynthesis in warm climates // *Frontiers in Plant Science* [Електронний науковий журнал]. — 2020. — Vol. 11, Article 931. — DOI: 10.3389/fpls.2020.00931.

8. Koufos G.C., Mavromatis T., Koundouras S., Jones G.V., ... Adaptive capacity of winegrape varieties cultivated in Greece to climate change: current trends and future projections // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2020. — Vol. 54, No. 4, p. 1201–1219. — DOI: 10.20870/oeno-one.2020.54.4.3129.

9. Suter B., Destrac Irvine A., Gowdy M., Dai Z., van Leeuwen C. Adapting wine grape ripening to global change requires a multi-trait approach // *Frontiers in Plant Science* [Електронний науковий журнал]. — 2021. — Vol. 12, Article 624867. — DOI: 10.3389/fpls.2021.624867.

10. Plantevin M. Exploring varietal diversity as a tool for adapting wine production to climate change, using an ecophysiological, chemical and sensorial approach. Application to the Bordeaux area : докторська дисертація / Université de Bordeaux. — Bordeaux, France, 2025. — [Електрон. джерело]. — Режим доступу: <https://theses.hal.science/tel-04988263v1> (дата звернення: 15.12.2025) — англ. мовою.

11. Ausseil A.-G.E., Law R.M., Parker A.K., Teixeira E.I., Sood A. Projected wine grape cultivar shifts due to climate change in New Zealand // *Frontiers in Plant Science* [Електронний науковий журнал]. — 2021. — Vol. 12, Article 618039. — DOI: 10.3389/fpls.2021.618039.

12. Bécart V., Lacroix R., Puech C., García de Cortázar-Atauri I. Assessment of changes in Grenache grapevine maturity in a Mediterranean context over the last half-century // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2022. — Vol. 56, No. 1, p. 53–72. — DOI: 10.20870/oeno-one.2022.56.1.4727.

13. Штірбу А.В., Ляшенко Г.В., Бузовська М.Б. Вплив зміни клімату на виноград (*Vitis vinifera* L.) та можливі адаптації культури // *Садівництво*. — 2024.



— Вип. 79. — С. 106–128. — DOI: 10.35205/0558-1125-2024-79-106-128.

14. Gil-Muñoz R., Giménez-Bañón M.J., Bleda-Sánchez J.A., Moreno-Olivares J.D. The Impact of Two Elicitors and Harvest Ripening Stage on the Quality of Monastrell Grapes and Wines // *Biomolecules* [Електронний науковий журнал]. — 2025. — Vol. 15, No. 4, Article 474. — DOI: 10.3390/biom15040474.

15. Meggio F. The interplay between grape ripening and weather anomalies in Northern Italy – a modelling exercise: This article is published in cooperation with Terclim 2022 (XIVth International Terroir Congress and 2nd ClimWine Symposium), 3-8 July 2022, Bordeaux, France // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2022. — Vol. 56, No. 2, p. 353–373. — DOI: 10.20870/oeno-one.2022.56.2.5438.

16. Faralli M., Mallucci S., Bignardi A., Varner M., Bertamini M. Four decades in the vineyard: the impact of climate change on grapevine phenology and wine quality in northern Italy // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2024. — Vol. 58, No. 3.

17. Gambetta G.A., Kurtural S.K. Global warming and wine quality: Are we close to the tipping point? // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2021. — Vol. 55, No. 3, p. 353–361. — DOI: 10.20870/oeno-one.2021.55.3.4774.

18. Wood A., Gascoigne S.J.L., Gambetta G.A., Jeffers E.S., Coulson T. Seasonal weather impacts wine quality in Bordeaux // *iScience* [Електронний науковий журнал]. — 2023. — Vol. 26, Article 107954. — DOI: 10.1016/j.isci.2023.107954.

19. Babych I.M., Bondar M.V., Boyko P.M., Demenyuk O.M. Influence of soil and climate conditions of grape growing on the quality of table red wines // *SWorldJournal* [Електронний науковий журнал]. — 2021. — Issue 7, Part 1, Article 049. — DOI: 10.30888/2663-5712.2021-07-01-049. — ISSN 2663-5712.

20. Padalko T. The effect of climate change on the productivity of technical varieties of grapes in the conditions of the right-bank forest-steppe [Електронний науковий журнал/стаття]. — 2023. — Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/369865791_VPLIV_ZMINI_KLIMATU_NA_PRODUKTIVNIST_TEHNICNIH_SORTIV_VINOGRADU_V_UMOVAN_PR_AVOBEREZNOGO_LISOSTEPU (дата звернення: 16.12.2025).



21. Varela A.C., Wagner M., Masseroni M.L., Sartor P.D., Zaldarriaga H., Jofré F.C., Sari S.E., Catania A.A., Prieto J.A., Savio M., Camiña J.M., Azcarate S.M., Fanzone M.L. Assessing chemical composition variations on vintage, vineyard location and grape ripeness: a regional study of red wines produced in the Colorado River middle basin, La Pampa (Argentina) // *Journal of Food Composition and Analysis* [Електронний науковий журнал]. — 2024. — Vol. 134, p. 1–15. — DOI: 10.1016/j.jfca.2024.106496.

22. Rodrigues P., Pedroso V., Reis S., Yang C., Santos J.A. Climate change impacts on phenology and ripening of cv. Touriga Nacional in the Dão wine region, Portugal // *International Journal of Climatology* [Електронний науковий журнал]. — 2022. — Vol. 42, p. 7117–7132. — DOI: 10.1002/joc.7633.

23. Gashu K., Sikron Persi N., Drori E., Harcavi E., Agam N., Bustan A., Fait A. Temperature shift between vineyards modulates berry phenology and primary metabolism in a varietal collection of wine grapevine // *Frontiers in Plant Science* [Електронний науковий журнал]. — 2020. — Vol. 11, Article 588739. — DOI: 10.3389/fpls.2020.588739.

24. Dabadie M. Differences between two plots of Cabernet Sauvignon in terms of viticultural and fermentation aspects [Звіт/Дисертація]. — *Agricultural sciences*, 2025. — Режим доступу: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-05285581v1/file/Internship%20report%20Stone%20Edge%20Farm.pdf> (дата звернення: 16.12.2025).

25. Blank M. Seasonal differences in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir fruit and ... // *OENO One* [Електронний науковий журнал]. — 2019. — Vol. 53, No. 2, p. 121–134. — DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.2.2427.

26. Jarvis C., Barlow E., Darbyshire R., Eckard R., Goodwin I. Relationship between viticultural climatic indices and grape maturity in Australia // *International Journal of Biometeorology* [Електронний науковий журнал]. — 2017. — Vol. 61, No. 10, p. 1849–1862. — DOI: 10.1007/s00484-017-1370-9.

27. Lyashenko G.V., Zhygailo O.L., Vlasov V.V., Mulyukina N.A., Kovalova I.A., Melnyk E.B., Bulaieva Iu.Iu. Modelling of the formation of grapevine



yield in Ukraine under climate change scenarios A1B and A2 until 2050 (on example of grapevine varieties Zagrey and Rubin tairovskyi) // Ukrainian Journal of Ecology [Електронний науковий журнал]. — 2021. — Vol. 11, Issue 8, p. 62–66. — DOI: 10.15421/2021_269.

28. Enjolras G., Viviani J.-L. The impact of climate change on the income of wine producers in the Bordeaux region // Business Strategy and the Environment [Електронний науковий журнал]. — 2025. — Vol. 34, No. 4, p. 4337–4353. — DOI: 10.1002/bse.4206.

29. Tkachenko O.B., Kameneva N.V., Iukuridze E.Zh., Suhacenko T.S., Titlova O.O. Комплексна оцінка винограду для виробництва теруарних вин // Вісник Уманського національного університету садівництва. — 2020. — № 2. — С. 89–94. — DOI: 10.31395/2310-0478-2020-2-89-94.

30. Cabernet-Sauvignon / PlantGrape. — URL: <https://www.plantgrape.fr/en/varieties/fruit-varieties/43> (дата звернення: 15.01.2026).

31. Merlot / PlantGrape. — URL: <https://www.plantgrape.fr/en/varieties/fruit-varieties/164> (дата звернення: 15.01.2026).

32. Rienth, M., Torregrosa, L., Sarah, G., Ardisson, M., Brillouet, J.-M., & Romieu, C. Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome // BMC Plant Biology. — 2016. — Vol. 16, Art. 164. — DOI: 10.1186/s12870-016-0850-0.

33. Dumas, V., de Mélicocq, A., Garcia, J., & Escudier, J.-L. Effects of terroir on phenolic compounds, sugars, and organic acids in grape berries of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot // OENO One. — 2024. — Vol. 58, № 4. — DOI: 10.20870/oeno-one.2024.58.4.8195.

34. Rienth, M., Poupin, P., Boursiquot, J.-M., & Torregrosa, L. Impact of rootstock on phenolic compounds, sugars, and organic acids in grape berries of *Vitis vinifera* L. // OENO One. — 2023. — Vol. 57, № 2. — DOI: 10.20870/oeno-one.2023.57.2.7399.

35. Antalick, G., Šuklje, K., Blackman, J. W., Schmidtke, L. M., & Deloire, A.



Performing sequential harvests based on berry sugar accumulation (mg/berry) to obtain specific wine sensory profiles // OENO One. – 2021. – Vol. 55, № 2. – DOI: 10.20870/oeno-one.2021.55.2.4527.

36. de Rességuier, L., Inchboard, L., Parker, A. K., Petitjean, T., & van Leeuwen, C. Rivers of grape berry sugar accumulation in field conditions at local scale // OENO One. – 2024. – Vol. 58, № 4.

***Abstract.** The study analyzes the harvest dates and main physicochemical indicators of Cabernet Sauvignon and Merlot grape varieties for the production of red wines for 2014-2024 in the terroir conditions of south of Ukraine. Trends towards earlier harvest and changed accepted ripening dates are identified. An increase in the variability of the mass concentration of sugars and the absence of correlation between varieties are noted. On the contrary, the difference in the intervals of variation of the mass concentration of titrated acids and the pH indicator proves the differences in the adaptation of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes to climate change, confirming the need for prompt adaptation of enological techniques for different areas depending on the year. Using statistical processing methods, correlations of harvest dates and main physicochemical indicators depending on the year and areas are established. It is recommended to extrapolate the applied methodology to other terroirs for better forecasting.*

***Key words:** wine, grapes, terroir, Cabernet Sauvignon, Merlot, physicochemical indicators, sugar, acidity, pH, potential alcohol, climate change.*

Статтю надіслано: 18.01.2026 р.

© Ткаченко О.Б., Ларін В.В.