

УДК 663.5:634.11

FORMATION OF THE AROMATIC COMPLEX OF FRUIT DISTILLATES (BASED ON THE EXAMPLE OF VINNYTSIA REGION)

O. Lukanin, <https://orcid.org/0009-0003-7786-5942>

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

N. Melnyk, <https://orcid.org/0009-0001-1667-6780>

Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Key words:

*Apple distillate
Aroma compounds
Fermentation*

Article history:

Received 10.11.2025
Received in revised form
21.11.2025
Accepted 16.12.2025

Corresponding author:

O. Lukanin

E-mail:

17natasha17@gmail.com

Citation: Луканін О. С., Мельник Н. Б. (2025). Формування ароматичного комплексу плодових дистилатів (на прикладі Вінницької обл.). *Наукові праці НУХТ*, 31(6), 295—306. DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-6-22

ABSTRACT

A comprehensive three-year study was conducted on the influence of varietal characteristics of Snow Calville, Aidedared, Jonathan, Boyken, and Montuan apples and the selection of yeast strains from the collection of the National Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (*Saccharomyces cerevisiae* "Cider 101", "Apple 7") and autochthonous wild yeasts on the concentration of higher alcohols and associated aromatic compounds in apple distillates. The analysis included the determination of the physicochemical indicators of the fruit, agrochemical parameters of the soil, and quantitative determination of volatile compounds by gas chromatography. The results showed that the concentrations of isoamyl alcohol ranged from ≈ 135 to 537 mg/100 cm^3 ; 2-phenylethanol — within ≈ 4 — 42 mg/100 cm^3 ; 1-hexanol — ≈ 6 — 30 mg/100 cm^3 ; ethyl acetate — ≈ 114 — 210 mg/100 cm^3 . Statistical analysis revealed correlations between agrochemical indicators of soil (primarily nitrogen content) and concentrations of higher alcohols, as well as a strong influence of the yeast strain on the ratio of higher alcohols to esters. Elevated concentrations of isoamyl alcohol and 1-hexanol negatively affect the sensory quality of distillates. The conclusions provide recommendations for selecting raw materials in order to obtain the desired sensory characteristics. The hypothesis is that the soil in which the apples were grown and the choice of yeast strain significantly affect the concentration of higher alcohols (in particular isoamyl alcohol) in the distillate. The results showed that the Boiken apple variety in combination with "Cider 101" produced the highest level of isoamyl alcohol (537 mg/100 cm^3), while the lowest levels of isoamyl alcohol were observed for the "Montuanske" variety when wild yeast was used (135 mg/100 cm^3). The data obtained allow to recommend optimal combinations of varieties and yeast strains for the production of apple distillates with a given profile of higher alcohols. The practical value of the study lies in the possibility of controlling the organoleptic properties of distillates through the selection of raw materials and the microbiological component of fermentation.

DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-6-22

ФОРМУВАННЯ АРОМАТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПЛОДОВИХ ДИСТИЛЯТІВ (НА ПРИКЛАДІ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛ.)

О. С. Луканін, <https://orcid.org/0009-0003-7786-5942>

Національна академія аграрних наук України

Н. Б. Мельник, <https://orcid.org/0009-0001-1667-6780>

Інститут агроекології і природокористування НААН України

Проведено комплексне трирічне дослідження впливу сортових особливостей яблук сортів Кальвіль сніговий, Айдаред, Джонатан, Бойкен, Монтуанське та вибору штамів дріжджів з колекції Національного інституту виноградарства і виноробства «Магарач» Національної академії аграрних наук України (*Saccharomyces cerevisiae* «Сидрова 101», «Яблучна 7») і автохтонних диких дріжджів на концентрації вищих спиртів і супутніх ароматичних сполук у яблучних дистилятах. Аналіз включав визначення фізико-хімічних показників плодів, агрохімічних параметрів ґрунтів і кількісне визначення летких сполук методом газової хроматографії. Результати показали, що концентрації ізоамілового спирту коливаються в межах $\approx 135\text{--}537$ мг/100 см³; 2-фенілетанол — у межах $\approx 4\text{--}42$ мг/100 см³; 1-гексанол — $\approx 6\text{--}30$ мг/100 см³; етилацетат — $\approx 114\text{--}210$ мг/100 см³. Статистичний аналіз виявив кореляції між агрохімічними показниками ґрунту (насамперед вміст азоту) і концентраціями вищих спиртів, а також сильний вплив штаму дріжджів на співвідношення «вищі спирти : естери». Підвищені концентрації ізоамілового та 1-гексанолу негативно впливають на органолептичну якість дистилятів. У висновках наведено рекомендації щодо вибору сировини з метою отримання бажаних органолептичних характеристик. Гіпотеза полягає в тому, що ґрунти, на яких вирощували яблука, та вибір штамів дріжджів суттєво впливають на концентрацію вищих спиртів (зокрема ізоамілового) у дистиляті. Результати показали, що сорт яблук Бойкен у комбінації із Сидровою 101 формує найвищий рівень ізоамілового спирту (537 мг/100 см³), найнижчі показники ізоамілового спирту спостерігались для сорту Монтуанське при використанні диких дріжджів (135 мг/100 см³). Отримані дані дозволяють рекомендувати ґрунти, на яких вирощують яблука, з оптимальним вмістом азоту та комбінації сортів і штамів дріжджів для виробництва яблучних дистилятів із заданим профілем вищих спиртів. Практична цінність проведених досліджень полягає в можливості контролю органолептичних властивостей дистилятів через вибір ґрунтів, сировини та мікробіологічної складової ферментації.

Ключові слова: яблучний дистилят, ароматичні речовини, ферментація.

Постановка проблеми. Українська плодопереробна промисловість, зокрема виробництво плодових дистилятів з яблук, має високий потенціал завдяки багатим місцевим сировинним ресурсам. Однак, її розвиток стримується відсутністю науково обґрунтованого вибору регіонів з необхідними ґрунтами та кліматичними

умовами, придатними для вирощування яблук, що використовуються в промисловому переробленні, підбору необхідних технічних сортів яблук, а також штамів дріжджів.

Вплив характеристик ґрунту та місцевих штамів дріжджів на утворення ключових летких сполук (вищих спиртів, ефірів, альдегідів) досі залишається недостатньо вивченим. Відсутність інтегрованих агрономічних, хімічних і мікробіологічних даних перешкоджає створенню стандартизованих, орієнтованих на теруар українських плодових дистилятів зі стабільною якістю та виразними сенсорними профілями.

Вітчизняна плодопереробна галузь — є важливою складовою агропромислового комплексу та національної культури України, однак сьогодні вона стикається з низкою серйозних викликів. Трансформація агропромислового комплексу актуалізує потребу в нових векторах розвитку харчової промисловості, зорієнтованих на використання локальної сировини, екологічну сталість і диференціацію продукції. Одним із перспективних напрямів є виробництво плодових дистилятів, зокрема яблучних, що поєднують традиційність сировинної бази з високим потенціалом створення напоїв з виразним ароматичним профілем. За даними FAOSTAT (2024) Україна посідає 9-е місце у світі за обсягами вирощування яблук, що формує потужну основу для національного виробництва міцних плодових напоїв. Особливо сприятливі умови для цього має Вінницька область, де зосереджено значні площі промислових садів і розвинена інфраструктура зберігання й перероблення плодів.

Додатковим обмеженням є наслідки повномасштабного вторгнення: зменшення площ садів, пошкодження потужностей переробних підприємств та загальний спад виробництва, що призвели до суттєвого скорочення площ садів і виноградників, руйнування підприємств та зменшення обсягів виробництва продуктів перероблення плодів, ягід і винограду (Беженар, 2025). За цих умов особливої ваги набуває вдосконалення вибору ґрунтів і регіонів, придатних для зростання садів для промислового перероблення яблук, а також вдосконалення технологічних процесів ферментації і дистиляції з урахуванням якісних показників локальної сировини й автохтонної мікрофлори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється летким сполукам, що визначають ароматичний комплекс плодових дистилятів. До ключових компонентів відносять вищі спирти, естери та альдегіди, співвідношення яких зумовлює характерні фруктові, квіткові чи трав'янисті ноти напою. Надлишок окремих фракцій, зокрема ізоамілового спирту чи 1-гексанолу, призводить до погіршення органолептичних властивостей продукту (Śliwińska, Wiśniewska, & Namieśnik, 2015; Spaho et al., 2021).

Дослідження дріжджових штамів підтверджують їхню вирішальну роль у формуванні профілю летких сполук. Комерційні штами *Saccharomyces cerevisiae* забезпечують стабільність процесу, тоді як автохтонні дикі дріжджі сприяють збагаченню дистилятів індивідуальними ароматичними характеристиками. У сучасній практиці набуває поширення комбіноване застосування промислових і локальних штамів для досягнення балансу між технологічною передбачуваністю та сенсорним різноманіттям (Januszek, Satora, & Tarko, 2020; Pham et al., 2022).

Окремий напрям досліджень стосується впливу агрохімічних властивостей ґрунту на якість сировини та кінцевого продукту. Встановлено, що рівень азотного живлення є критичним чинником утворення вищих спиртів, тоді як баланс елементів живлення загалом формує передумови для стабільної ферментації та розвитку бажаного ароматичного профілю (Guichard, Lemesle, & Picoche, 2003).

Узагальнення результатів публікацій показує, що на формування органолептичних властивостей яблучних дистилятів суттєво впливають три взаємопов'язані фактори: сортові особливості плодів, склад мікрофлори, залученої у ферментації, та агрохімічні параметри ґрунту. Саме інтеграція цих чинників визначає можливість створення продукції зі стабільною якістю та теруарним характером.

У працях українських вчених особливу увагу приділено вибору сировини й оптимізації біотехнологічних процесів для отримання високоякісних плодово-ягідних дистилятів. Так, у дослідженнях наголошується на важливості правильного підбору сортів яблук для виробництва сидрових матеріалів, що характеризуються оптимальним співвідношенням цукрів, кислот та ароматичних речовин (Байлук, 2010).

Досліджено штами дріжджів, здатні ефективно зброджувати сусло в умовах низьких температур, що дозволяє зберігати природний ароматичний профіль майбутнього продукту. Під час перегонки сидрових матеріалів досягнуто високого виходу етилового спирту, а отримані плодово-ягідні дистиляти відповідали встановленим фізико-хімічним стандартам та вирізнялися високими органолептичними характеристиками (Токар та ін., 2019).

Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва плодово-ягідних дистилятів, що мають практичне значення для впровадження у промисловість (Мамай, Кузьміна, & Березовський, 2025).

Подальший розвиток напрямку досліджень пов'язаний зі створенням сенсорних профілів українських напоїв, що дозволяє формувати стандартизовані критерії оцінки якості та споживчих характеристик. Висвітлено методологію та результати створення сенсорного профілю українських алкогольних напоїв. Дослідження спрямоване не лише на забезпечення високих органолептичних показників, але й на підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках (Манолі, Афанасьєва, & Каплан, 2025).

Вітчизняні дослідники (сортологія, агротехніка, технологія перероблення) надають практичні рекомендації щодо відбору сортів, термінів збору й агроконтролю (Shevchuk et al., 2021), але вони були недостатньо пов'язані з аналітикою летких сполук і мікробіологією процесу ферментації. Дослідження направлене на інтегрування агрономічних показників (ґрунт, азот, рН, вміст фенолів) з газохроматографічними аналізами дистилятів і з характеристиками дріжджових штамів, заповнюючи цю прогалину. Це створює основу для формування місцевих «теруарних» продуктів із контрольованою якістю.

Міжнародні дослідження підтверджують вирішальну роль летких сполук: вищих спиртів, естерів та альдегідів, у формуванні ароматичного комплексу плодово-ягідних дистилятів (Spaho et al., 2021; Sliwińska, Wiśniewska, & Namieśnik, 2015; Januszczek, Satora, & Tarko, 2020). Зокрема, у (Guichard, Lemesle, & Picoche, 2003) підкреслено, що співвідношення ізоамілового, ізобутилового спиртів, 1-пропанолу,

2-фенілетанолу та 1-гексанолу визначає фруктові, квіткові чи трав'янисті ноти напою. У (Pham et al., 2022) довели залежність концентрацій цих компонентів від дріжджового штаму та параметрів ферментації. Проте більшість досліджень базуються на класичних сортових зразках і комерційних штамах дріжджів, майже не враховуючи впливу локального мікробіому. Аналіз літератури підтвердив, що тема є актуальною і потребує подальших досліджень.

Мета дослідження: встановити вплив структури та хімічного складу ґрунтів і штаму дріжджів на формування концентрацій ключових летких компонентів, насамперед вищих спиртів, у яблучних дистилятах із сировини садів Вінницької області.

Матеріали і методи. Дослідження проводилося протягом трьох років на базі садівничого господарства Вінницької області. Для експериментів використовували яблука сортів Кальвіль сніговий, Айдаред, Джонатан, Бойкен та Монтуанське. Ферментація здійснювалася із застосуванням штамів дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* («Сидрова 101», «Яблучна 7») та автохтонних диких мікроорганізмів.

Аналітичні процедури включали:

агрохімічний аналіз ґрунтів: визначення рН, вмісту гумусу, азоту, фосфору та калію;

фізико-хімічні показники суслу: концентрація розчинних сухих речовин, цукрів, титрованих кислот, фенольних речовин, показник рН;

газохроматографічний аналіз летких сполук у дистилятах (вищі спирти, естери, альдегіди).

Визначення складу летких домішок етилового спирту у плодових дистилятах проводили газохроматографічним методом із використанням газового аналізатора «Хроматек Кристал-2000М», обладнаного полум'яно-іонізаційним детектором. Для розділення компонентів застосовували капілярну полярну колонку Stabilwax довжиною 60 м, внутрішнім діаметром 0,32 мм та товщиною стаціонарної фази 0,5 мкм.

Як газ-носії використовували азот (N_2) зі швидкістю подачі 3 мл/хв. Температурну програму термостата задавали у діапазоні від 65 °С (із витримкою 12 хв 20 с) до 210 °С. Нагрівання здійснювали у два етапи: спочатку зі швидкістю 20 °С/хв до 100 °С, потім зі швидкістю 4 °С/хв до 210 °С. Температура випаровувача становила 160 °С, а детектора — 220 °С.

Після завершення аналізу колонку продували при температурі 215 °С протягом 5 хв при тиску газу-носія 150 кПа. Тривалість одного хроматографічного аналізу становила 1 год 10 хв.

Статистичну обробку результатів для виявлення кореляцій між агрохімічними характеристиками ґрунтів, сортовими особливостями та профілем ароматичних компонентів проводили за (Zeng et al., 2025).

Переробка плодів здійснювалася у промислових умовах з використанням сучасних технологічних ліній дроблення, пресування та дистиляції. Це забезпечило відтворюваність умов і достовірність результатів.

Викладення основних результатів дослідження. Вінницька область є одним із провідних центрів садівництва України, де на площах понад 60 тис. га вирощується широкий асортимент плодових культур. Клімат регіону характеризується помірно-континентальним типом з вираженими сезонними коливаннями, достатньою кількістю опадів (550—600 мм на рік) та значними добовими амплітудами

температур у період досягання плодів (Садовський, 2024). Ці чинники забезпечують інтенсивний синтез цукрів, збереження органічних кислот і формування ароматичних попередників, що обумовлює високу технологічну придатність яблук до переробки на дистиляти (Токар та ін., 2019).

Відбір яблук проводився на ПАТ «Дружба» (Вінницька обл.). Господарство спеціалізується на промисловому садівництві, має багаторічні насадження яблуні. Кліматичні умови Вінницької області (помірно-континентальний клімат, контраст добових температур у період досягання) сприяють формуванню оптимального співвідношення цукрів і кислот у плодах, а також збагаченню їх ароматичними попередниками, що зумовлює високу технологічну придатність сировини для виробництва дистилятів (Orcheski, Hedderley, & Volz, 2023).

Перероблення плодів здійснювалася на виробничій базі ТОВ «Серсіаль» (Київська обл.), що спеціалізується на переробці винограду та яблук, як сировини, у тому числі і для виробництва плодових дистилятів. Підприємство оснащено сучасними технологічними лініями для дроблення та пресування фруктів, пресом прямого віджиму фірми Voran (Австрія), універсальними дистиляційними апаратами типу алямбік (подвійної перегонки) та колонного типу, ферментації в сталевих резервуарах з автоматичним контролем температури, а також дистиляційними апаратами типу алямбік і колонного типу. Наявність власної науково-виробничої лабораторії дозволяє здійснювати контроль основних фізико-хімічних параметрів та аналітику летких компонентів дистилятів, що забезпечило високий рівень достовірності проведених досліджень (Balcerek, Pielech-Przybylska, & Bartosik, 2023; Spaho et al., 2021).

У дослідженні було використано п'ять сортів яблук — Кальвіль сніговий, Айдаред, Бойкен, Джонатан та Монтуанське. За результатами аналізу всі досліджені сорти відповідали вимогам до сировини для виробництва дистилятів: вміст розчинних сухих речовин коливався в межах 11,2—14,1, титрована кислотність — 5,1—8,0 г/л, рН — 3,2—3,6. Таке поєднання показників забезпечує достатній вміст субстрату для ферментації та формування стабільного кислотно-лужного середовища, що є критично важливим для розвитку дріжджів і запобігання контамінації (Balcerek, Pielech-Przybylska, & Bartosik, 2023).

Також було проведено дослідження агрохімічних показників ґрунтів під яблуневими насадженнями у Вінницькій області (табл. 1).

Таблиця 1. Агрохімічні показники ґрунтів під яблуневими

№ п/п	Місце відбору	Назва сорту	Назва квадрату відбору	Глибина відбору	pH	Гумус, %	N	P	K
1.	Вінницька обл.		15 кв.	0—0,28	4,73	2,71	70,0	67	56
2.	Тульчинський район			0,28—0,83	4,90		38,5	62	50
3.	С. Шура Копіївська			0,83—1,1	4,99		17,5	41	28
4.	ПАТ «Дружба»			1,1—1,5	4,85		14,0	24	22
5.		Айдаред		0—0,28	5,31	2,83	92,75	194	177

Продовження таблиці 1

6.				0,28—0,83	5,25		78,75	111	88
7.				0,83—1,1	5,15		27,5	67	55
8.				1,1—1,5	5,25		18,0	49	38

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Вміст азоту є одним з основних чинників при вирощуванні яблук і виробництві плодових дистилятів. Оскільки вміст азоту впливає на вміст вищих спиртів, підвищує концентрацію таких вищих спиртів, як пропіловий спирт, 2-метилпропанол, ізоаміловий спирт, 2-метилбутанол (Schön et al., 2024). У зразках ґрунту вміст азоту дещо підвищений. Потрібно провести дослідження вищих спиртів, щоб побачити, який вміст вищих спиртів у цьому регіоні.

Фізико-хімічні показники яблук. Аналіз соків із п'яти сортів показав стабільність основних параметрів протягом трирічного періоду. Найвищий вміст розчинних сухих речовин зафіксовано у сортів Монтуанське та Кальвіль сніговий (до 14,9%), що свідчить про їх підвищену цукристість і високу придатність для виробництва дистилятів із вираженим фруктовим характером (Jordão, Vilela, & Cosme, 2015).

Сорт Бойкен характеризувався найбільшою титрованою кислотністю (8,0—10,3 г/дм³), що зумовлює кислуватий смак і впливає на сенсорний профіль майбутнього дистиляту. Водночас Кальвіль сніговий мав найнижчий рівень кислотності (3,8—5,9 г/дм³), що формує м'якіший смак (Shevchuk et al., 2021).

Вміст фенольних сполук коливався від 0,5 до 0,9 г/дм³. Найвищі значення відзначені у сорту Монтуанське, що підвищує його антиоксидантний потенціал та надає легкі терпкі відтінки. Показник рН у межах 3,1—3,7 відповідає типовим значенням для яблучної сировини та забезпечує стабільність ферментаційних процесів (табл. 2).

Таблиця 2. Визначення фізико-хімічних показників сусла, отриманого з яблук, зібраних у ПАТ «Дружба» Шура Копівська

Сорт яблук	Густина, г/см ³	Сухі розчинні речовини, %	Цукри, г/100 см ³	Титровані кислоти, г/дм ³	Фенольні речовини, г/дм ³	рН
1 рік дослідження						
Монтуанське	1,053	14,0	11,4	5,7	0,576	3,44
Бойкен	1,049	12,2	10,3	10,3	0,761	3,10
Кальвіль сніговий	1,050	13,0	10,6	5,9	0,502	3,36
Айдаред	1,047	12,6	9,5	5,6	0,496	3,24
Джонатан	1,054	13,8	11,6	6,1	0,682	3,30
2 рік дослідження						
Монтуанське	1,058	14,0	12,7	4,42	0,886	3,70
Бойкен	1,048	12,0	10,0	8,04	0,657	3,22
Кальвіль сніговий	1,058	14,9	12,7	3,82	0,756	3,50
Айдаред	1,053	13,0	11,4	4,69	0,732	3,50
Джонатан	1,054	13,9	11,8	6,5	0,793	3,40

Продовження таблиці 2

3 рік дослідження						
Монтуанське	1,056	14,0	12,6	5,2	0,854	3,50
Бойкен	1,049	12,2	10,2	8,56	0,712	3,16
Кальвіль сніговий	1,058	13,9	12,5	4,5	0,604	3,31
Айдаред	1,052	12,8	11,0	5,0	0,642	3,26
Джонатан	1,054	13,9	11,8	6,3	0,706	3,36

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Ароматичні речовини у яблучних дистилятах. Аналіз концентрацій летких компонентів показав суттєві відмінності між сортами яблук і використаними штамами дріжджів:

ізоаміловий спирт у найбільших кількостях утворювався у дистилятах сортів Джонатан та Айдаред, де його вміст перевищував 500 мг/100 см³ (особливо при використанні диких дріжджів). Найнижчі показники зафіксовано в сорту Монтуанське (135—205 мг/100 см³);

1-гексанол, що відповідає за трав'яністі тони, мав мінімальні концентрації у Монтуанського, а максимальні — у Джонатана;

2-фенілетанол, який формує квітково-фруктовий аромат, найбільше накопичувався у дистилятах сорту Айдаред (понад 40 мг/100 см³ при використанні диких дріжджів);

вміст етилацетату коливався у межах 114—210 мг/100 см³. Найвищі значення зафіксовано у Айдареда з дикими дріжджами, що може посилювати фруктовий аромат, але в надлишку погіршує сенсорні характеристики (Мамай, 2025).

Загалом, результати підтверджують, що найбільш перспективними сортами для отримання збалансованого ароматичного профілю є Джонатан, Айдаред і Бойкен, тоді як Монтуанське демонструє м'якіший аромат із нижчим вмістом фузельних спиртів і підвищеною часткою фенольних сполук (табл. 3 та 4).

Таблиця 3. Концентрації вищих спиртів у яблучних дистилятах с. Шура Копіївська за 3 роки дослідження

Сорт яблук	Штам дріжджів	Ізоаміловий спирт	Ізобутиловий спирт	1-гексанол	1-бутанол	1-пропанол
Кальвіль сніговий	Сидрова 101	230,37—453,72	44,23—75,87	16,80±3,10	28,6±5	56,87—105,2
	Яблучна 7	139,42—234,54	18,78—31,85	10±0,02	8,7±0,02	28,9—98,02
	Дикі	172,59—285,84	19,22—32,73	11±0,5	19,6±0,02	31,4—101,22
Айдаред	Сидрова 101	273,1—455,87	44,76—70,53	20,49±0,5	27,74±0,5	59,34—111,3
	Яблучна 7	212,31—343,43	23,78—39,53	17,19±0,5	23,25 ± 0,5	23,8—82,65
	Дикі	262,36—528,85	49,51—94,34	23,19±0,57	51,97 ± 0,5	31,5—116,52
Джонатан	Сидрова 101	491,36—502,04	95,39—98,45	30,46	57,98	60,02—120,7
	Яблучна 7	291,8—522,10	47,14—83,89	23,09	29,22	35,02—109,6
	Дикі	387,97—537,21	91,04—98,14	16,43	26,41	29,56—68,6
Бойкен	Сидрова 101	375,53—503,75	93,64—94,93	11	6,38	55,56—99,22
	Яблучна 7	298,27—412,42	48,54—60,12	10,78	3,35	35,69—108,4

Продовження таблиці 3

	Дикі	260,93—269,87	77,22—98,98	6,12	4,98	25,5—109,6
Монтуанське	Сидрова 101	207,62—305,56	22,06—40,25	10,98±0,5	5,55	77,2—135,0
	Яблучна 7	238,51—395,60	27,85—45,52	14,35±0,5	10,51	34,25—98,02
	Дикі	135,04—204,55	32,99—55,97	5,95±3	3,74	24,0—98,25

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Таблиця 4. Концентрації ароматичних і допоміжних сполук у яблучних дистилятах с. Шура Копіївська за 3 роки дослідження

Сорт яблук	Штам дріжджів	2-фенілетанол	Ацетальдегід	Етилацетат
Кальвіль сніговий	Сидрова 101	21,48—31,58	14,64—28,6	131,8—133,48
	Яблучна 7	29,59—30,45	20,98	131,72—133,54
	Дикі	18,73—32,98	31,31—43,28	129,35—133,9
Айдаред	Сидрова 101	14,97—24,37	55,53—75,22	138,2—154,05
	Яблучна 7	21,66—22,61	39,97—53,29	118,34—122,38
	Дикі	20,41—41,94	39,92—71,46	172,07—210,3
Джонатан	Сидрова 101	19,55—24,54	7,48	133,58—152,25
	Яблучна 7	15,07—17,54	35,79	114,06—133,5
	Дикі	4,21—8,32	91,45—125,8	131,48—163,5
Бойкен	Сидрова 101	32,51—33,16	111,07—112,65	116,42—117,37
	Яблучна 7	16,56—34,89	7,86—42,99	119,37—132,82
	Дикі	26,23—29,92	78,43—78,58	118,87—138,16
Монтуанське	Сидрова 101	26,19—26,79	74,80—99,93	119,31—122,40
	Яблучна 7	10,65—15,56	11,13—15,19	114,19—122,11
	Дикі	27,06—31,66	34,39—49,29	198,60—205,19

Джерело: створено авторами за результатами власних досліджень.

Практичне обґрунтування використання сировини. Поєднання високої якості плодів розвиненої інфраструктури садівничих господарств регіону створює передумови для стабільного забезпечення переробних підприємств яблучною сировиною (Rosend, Kalede, & Nisamedtinov, 2020). Використання локальних сортів дозволяє не лише зменшити витрати на транспортування, але й сприяє формуванню унікального сенсорного профілю дистилятів, що може слугувати основою для розвитку регіонального бренду (Orcheski, Hedderley, & Volz, 2023).

Вміст ароматичних речовин. Вищі спирти є основними ароматичними сполуками дистилятів. Оптимальний рівень надає фруктових ноток, тоді як надлишок зумовлює різкий запах і смак (Fejzullahu, Kun-Farkas, & Kun, 2024; Tešević et al., 2009). Серед досліджуваних переважав ізоаміловий спирт. У зразках із сировини Вінницької області найвищий вміст зафіксовано у сорту Джонатан (537,21 мг/100см³) та Айдаред (528,85 мг/100см³) при використанні автохтонних диких дріжджів, а також у сорту Бойкен (>500 мг/100см³). Найнижчі значення характерні для Монтуанського (135—204,55 мг/100см³) та Кальвілю снігового (139,42—234 мг/100см³).

Серед інших спиртів виділявся 1-пропанол: найбільший вміст визначено у сорту Монтуанське, штам «Сидрова 101» (77,2—135,0 мг/100см³), найменший — у сорту Айдаред, штам «Яблучна 7» (23,8—82,65 мг/100см³). Вміст інших спиртів був нижчим; найбільше 1-гексанолу зафіксовано у Джонатана (30,46 мг/100см³), а 2-фенілетанолу — у Айдареда з дикими дріжджами (41,94 мг/100 см³) (Fejzullahu et al., 2024).

Найпоширенішим ефіром був етилацетат, який формує фруктовো-квітковий аромат у низьких концентраціях. У зразках Вінницької області його вміст коливався від 114,06 мг/100 см³ (Джонатан, Яблучна 7) до 210,3 мг/100 см³ (Айдаред, дикі дріжджі).

Кореляційний аналіз компонентів ґрунту з ароматичними речовинами. Кореляційний аналіз сорту Айдаред підтвердив ключову роль азотного живлення у формуванні ароматичного профілю. При використанні штаму «Сидрова 101» встановлено сильний зв'язок між легкозасвоюваним азотом і сумарним вмістом вищих спиртів ($r \approx 0,67$), а також між гумусом і спиртами ($r \approx 0,57$).

Штам «Яблучна 7» показав дуже сильну кореляцію з азотом ($r \approx 0,81$) і гумусом ($r \approx 0,77$), тоді як автохтонні дикі дріжджі — із вмістом фосфору ($r \approx 0,73$) та калію ($r \approx 0,82$). Це підтверджує, що мінеральне живлення садів прямо впливає на якість дистилятів (Zeng et al., 2024).

Органолептична оцінка. Дегустаційна оцінка підтвердила відповідність між хімічним профілем та сенсорними властивостями дистилятів. Айдаред і Кальвіль сніговий отримали найвищі бали (86—91), відзначаючись збалансованими фруктово-квітковими нотами та м'яким після смаком (Spaho, Urošević, & Žulj, 2025).

Джонатан і Бойкен мали інтенсивний аромат (80—84 балів) з бананово-тропічними відтінками, що відповідає високому вмісту ізоамілового спирту, але в окремих випадках відчувалася «сивушна» гострота (Fejzullahu, Kiss, & Kun, 2021).

Монтуанське вирізнялося ніжним, квітковим профілем (78—82 бали) завдяки високому вмісту 2-фенілетанолу та низькому рівню ізоамілового спирту. Зразки з дикими дріжджами мали найбільш «теруарний» характер, але з підвищеною варіабельністю (Satora, Kostrz, & Tarko, 2017).

Узагальнено, найстабільніший баланс аромату і смаку забезпечували поєднання сортів Айдаред і Кальвіль сніговий зі штамом «Сидрова 101».

Висновки

Проведене трирічне дослідження показало, що якість яблучних дистилятів визначається поєднанням агрохімічних характеристик ґрунтів, сортових особливостей плодів і вибору дріжджових штамів. Підвищений вміст азоту в ґрунті прямо корелює з накопиченням вищих спиртів, що впливає на ароматичний профіль.

Штам «Сидрова 101» забезпечив гармонійний баланс вищих спиртів та естерів, тоді як «Яблучна 7» і автохтонні дикі дріжджі формували більш варіативні профілі з підвищеним вмістом ізоамілового спирту.

Сорти Айдаред, Джонатан і Бойкен відзначилися високим вмістом вищих спиртів і вираженням фруктовим ароматом, тоді як Монтуанське та Кальвіль сніговий формували м'якіший профіль.

Отримані результати створюють основу для розвитку регіонального бренду яблучних дистилатів Вінницької області та їх просування на міжнародний ринок.

Література

Bezhenar, I. (2025). Ринок вина України у 2024 р. *Commodity science. Technologies. Engineering*, 53(1), 54—91. [https://doi.org/10.31617/2.2025\(53\)04](https://doi.org/10.31617/2.2025(53)04).

Мамай, О. І., Кузьміна, Т. О., Яковенко, Т. О., Валько, М. І., & Березовський, Ю. В. (2025). Удосконалення технології міцних напоїв з плодових дистилатів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 15(1), 319—330. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-40>.

Манолі, Т., Афанасьєва, Т., Василик, О., Барішева, Я., & Каплан, Г. (2025). Створення сенсорного профілю українських сидрів. *Здоров'я людини і нації*, 3(1), 7—20. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.7>.

Садовський, І. С. (2024). Особливості удобрення насаджень яблуні за різних систем утримання ґрунту. *Перлини степового краю: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Миколаїв: МНАУ. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21253/1/psk-2024-31-33.pdf>.

Токар, А. Ю., Матенчук, Л. Ю., Харченко, З. М., Миронюк, С. С., Петриченко, Є., & Войцехівський, В. І. (2019). Оптимізація процесу бродиння сусел з яблук сорту спартан для солодких вин. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-44-55>.

Balcerek, M., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U., & Bartosik, A. (2023). Effect of Apple Cultivar and Selected Technological Treatments on the Quality of Apple Distillate. *Foods*, 12(24), 4494. <https://doi.org/10.3390/foods12244494>.

Fejzullahu, F., Kiss, Z., Kun-Farkas, G., & Kun, S. (2021). Influence of non-Saccharomyces strains on chemical characteristics and sensory quality of fruit spirit. *Foods*, 10(6), 1336. <https://doi.org/10.3390/foods10061336>.

Fejzullahu, F., Kun-Farkas, G., & Kun, S. (2024). Enhancing fruit spirit quality: Novel approaches to mash acidification techniques. *Acta Alimentaria*, 53(3), 360—372. <https://doi.org/10.1556/066.2024.00039>.

Guiné, R. P., Barroca, M. J., Coldea, T. E., Bartkiene, E., & Anjos, O. (2021). Apple fermented products: An overview of technology, properties and health effects. *Processes*, 9(2), 223. <https://doi.org/10.1021/jf020372m>.

Guiné, R. P., Barroca, M. J., Coldea, T. E., Bartkiene, E., & Anjos, O. (2021). Apple fermented products: An overview of technology, properties and health effects. *Processes*, 9(2), 223. <https://doi.org/10.3390/pr9020223>.

Januszek, M., Satora, P., Wajda, Ł., & Tarko, T. (2020). Saccharomyces bayanus enhances volatile profile of apple brandies. *Molecules*, 25(14), 3127. <https://doi.org/10.3390/molecules25143127>.

Jordão, A. M., Vilela, A., & Cosme, F. (2015). From sugar of grape to alcohol of wine: Sensorial impact of alcohol in wine. *Beverages*, 1(4), 292—310. <https://doi.org/10.3390/beverages1040292>.

Orcheski, B., Hedderley, D., Hunt, M., Rowan, D., & Volz, R. (2023). Profiling apple volatile organic compounds in a New Zealand collection of germplasm as a resource for breeding cultivars with desirable flavors. *Euphytica*, 219(11), 116. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03239-5>.

Pham, T. M., Varjú, R., Bujna, E., Hoschke, Á., Farkas, C., Nguyen, T. B., ..., & Kókai, Z. (2022). Chemical and volatile composition of Pálinka produced using different commercial yeast strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Food Microbiology*, 381, 109891. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109891>.

Rosend, J., Kaleda, A., Kuldjärv, R., Arju, G., & Nisamedtinov, I. (2020). The effect of apple juice concentration on cider fermentation and properties of the final product. *Foods*, 9(10), 1401. <https://doi.org/10.3390/foods9101401>.

Satora, P., Kostrz, M., Sroka, P., & Tarko, T. (2017). Chemical profile of spirits obtained by spontaneous fermentation of different varieties of plum fruits. *European Food Research and Technology*, 243(3), 489—499. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2763-0>.

Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H., & Kondratenko, P. (2021). Fruit quality indicators of apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*, 29(2), 95—106. <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>.

Schön, A., Switulla, J., Luksch, L., Pesl, J., Kölling, R., & Einfalt, D. (2024). Impact of Nitrogen Supplementation and Reduced Particle Size on Alcoholic Fermentation and Aroma in Nitrogen-Poor Apple and Pear Mash. *Beverages*, 10(4), 93. <https://doi.org/10.3390/beverages10040093>.

Śliwińska, M., Wiśniewska, P., Dymerski, T., Wardencki, W., & Namieśnik, J. (2015). The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 30(3), 197—207. <https://doi.org/10.1002/ffj.3237>.

Spaho, N., Gaši, F., Leitner, E., Blesić, M., Akagić, A., Žuljević, S. O., ..., & Meland, M. (2021). Characterization of volatile compounds and flavor in spirits of old apple and pear cultivars from the Balkan region. *Foods*, 10(6), 1258. <https://doi.org/10.3390/foods10061258>.

Spaho, N., Urošević, I., Urošević, T., & Žulj, M. M. (2025). Application of distillation in alcoholic beverage production. In *Mass Transfer Operations in the Food Industry* (pp. 237—282). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819536-9.00007-2>.

Tešević, V., Nikićević, N., Milosavljević, S., Bajić, D., Vajs, V., Vučković, I., Vujisić, L., Đorđević, I., Stanković, M., Veličković, M. (2009). Characterization of volatile compounds of “Drenja”, an alcoholic beverage obtained from the fruits of Cornelian cherry. *J. Serb. Chem. Soc.*, 74, 117—128. <https://doi.org/10.2298/JSC0902117T>.

Zeng, C., Mu, Y., Yuan, J., Zhang, H., Song, J., & Kang, S. (2024). Effects of *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* co-fermentation on the physicochemical and flavor compounds of huaniu apple cider. *Molecules*, 29(8), 1750. <https://doi.org/10.3390/molecules29081750>.

Zeng, C., Mu, Y., Yuan, J., Zhang, H., Song, J., & Kang, S. (2025). Apple cultivar-influenced differences in cider: A comprehensive analysis of physicochemical and aroma compounds. *Microchemical Journal*, 208, 112382. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.112382>.