

УДК 663.5:634.11

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.122>

ВПЛИВ РАСИ ДРІЖДЖІВ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ НА АРОМАТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ПЛОДОВИХ ДИСТИЛЯТІВ НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Олександр Сергійович Луканін

доктор технічних наук, професор, академік НААН

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

Національна академія аграрних наук України

01010, Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9

Наталія Борисівна Мельник

провідний фахівець відділу охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання

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

Інститут агроєкології і природокористування НААН

03143, Україна, м. Київ, вул. Метрологічна, 12

Анотація. У статті представлено комплексне теоретичне узагальнення сучасного стану виробництва плодових (яблучних) дистилятів Чернівецькій області. Дослідження проводили на базі садівничої корпорації «Дністер» з особливим акцентом на вплив штамів дріжджів з колекції Національного інституту винограду і вина «Магарач» НААН («Сидрова 101», «Яблучна 7» та автохтонні дикі дріжджі) на кінетику процесу ферментації яблучного суслу та вихід етанолу. Було досліджено ґрунти садівничої корпорації Дністер в Чернівецькій області, проведено їх аналіз, досліджено 5 розповсюджених сортів яблук, визначені фізико-хімічні показники суслу та концентрації ароматичних речовин у яблучному дистиляті.

Метою дослідження було вивчення впливу штамів дріжджів («Сидрова 101», «Яблучна 7» та місцевої епіфітної мікрофлори), а також агрохімічних показників ґрунтів на динаміку ферментації та формування ароматичного профілю яблучних дистилятів, вироблених у садівничій корпорації «Дністер» м. Сокиряни Чернівецької області. Дослідження проводили в сезон дозрівання і переробки 3 роки поспіль.

У дослідженні використано яблука сортів Монтуанське, Голден делішес, Спартан, Чемпіон, Айдаред, зібрані в садівничій корпорації «Дністер». Яблука збиралися у фазі технічної зрілості, транспортувалися та зберігалися у певних умовах. Результати дослідження свідчать про те, що вибір дріжджів та, можливо, управління ґрунтовими умовами сприяє досягненню бажаних ароматичних характеристик, підвищення якості продукції та створення регіональних брендів з унікальними органолептичними властивостями. Були використані штами *Saccharomyces cerevisiae* «Сидрова 101» та «Яблучна 7», а також автохтонних штамів дріжджів, виділені з поверхні яблук м. Сокиряни.

Наукова новизна цього дослідження полягає у проведенні довгострокового (3-річного) комплексного вивчення взаємодії агрохімічних факторів ґрунту, обраних штамів дріжджів та їхнього впливу на ароматичний профіль яблучних дистилятів у конкретному регіоні. Буде ідентифіковано потенційні ароматичні маркери, пов'язані з терруарними особливостями м. Сокиряни. Результати застосовні до підприємств яблучної промисловості, розробників національних стандартів, державних регуляторних органів та дослідників, які займаються розробкою сучасних моделей розвитку харчових технологій у посткризовому контексті.

Ключові слова: технологічне регулювання, ферментована сировина, органолептична якість, сорти яблук, ароматичні маркери, газова хроматографія

UDC 663.5:634.11

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.122>

EVALUATION AND ANALYSIS OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF FRUIT (APPLE) DISTILLATES ON THE EXAMPLE OF THE CHERNIVTSI REGION

Oleksandr Lukanin

Doctor of Technical Sciences. Professor, Academician of NAAS

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

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovicha-Pavlenko St., 9

Nataliya Melnyk

Leading Specialist, Department of Landscape Protection, Biodiversity Conservation and Nature Conservation <https://orcid.org/0009-0001-1667-6780>

Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS

03143, Ukraine, Kyiv, Metrologicalhna St., 12

Abstract. The article presents a comprehensive theoretical generalization of the current state of fruit (apple) distillate production in the Chernivtsi region. The research was conducted at the Dnister Horticultural Corporation with a particular focus on the influence of yeast strains from the collection of the National Institute of Grapes and Wine “Magarach” of the National Academy of Agrarian Sciences (“Cider 101,” “Apple 7” and autochthonous wild yeasts) on the kinetics of apple must fermentation and ethanol yield. The soil in the Chernivtsi region was investigated, and its composition was analyzed. Five varieties of apples were studied, and a physico-chemical analysis of the juice was performed to determine the content of aromatic substances in apple distillate.

Research objective: To study the influence of yeast strains (Cider 101; Apple 7, and epiphytic microflora of local wild races), as well as agrochemical soil parameters, on the dynamics of fermentation and the formation of the aromatic profile of apple distillates produced at the Dnister Horticultural Corporation in Sokyryany, Chernivtsi region. The study was conducted during the ripening and processing season for three consecutive years.

The study used apples of the Montuanske, Golden Delicious, Spartan, Champion, and Idared varieties, collected at the Dnister Horticultural Corporation. The apples were collected in the phase of technical maturity, transported, and stored under certain conditions. The results of the study indicate that the selection of yeast and, possibly, the management of soil conditions contribute to achieving the desired aromatic characteristics, improving product quality, and creating regional brands with unique organoleptic properties. Strains of *Saccharomyces cerevisiae* 'Sidrova 101' and 'Yabluchna 7' were used, as well as local wild yeast races isolated from the surface of apples in the town of Sokyryany.

The scientific novelty of this study lies in its comprehensive, long-term (3-year) investigation of the interaction between agrochemical soil factors, selected yeast strains, and their impact on the aromatic profile of apple distillates in a specific region. Potential aromatic markers associated with the terroir features of the town of Sokyryany will be identified. The results are applicable to enterprises in the apple industry, developers of national standards, state regulatory bodies, and researchers involved in the development of modern models of food technology in the post-crisis context.

Keywords: *technological regulation, fermented raw materials, organoleptic quality, apple varieties, aromatic markers, gas chromatography*

Вступ. В останні десятиліття в Україні спостерігається зростання інтересу до виробництва високоякісних плодових дистилатів, зокрема на основі яблук (Zahorko et al., 2020). Яблуко є однією з найпоширеніших плодових культур на території країни, що зумовлює його стратегічне значення як сировинної бази для 554 виробництва як столової продукції, так і алкогольних напоїв (Ibragimova, 2024). Яблучні спиртні напої можна отримати шляхом ферментації як свіжої (сирої)

фруктової м'якоті та соку, так і з вичавок, тобто твердого залишку, отриманого після переробки яблук.

Мета дослідження: Вивчити вплив комерційних штамів дріжджів («Сидрова 101», «Яблучна 7») та місцевих диких рас, а також агрохімічних показників ґрунту, на динаміку ферментації та формування ароматичного профілю яблучних дистилятів, вироблених у садівництві смт. Сокиряни, Чернівецька область, протягом трирічного періоду.

Завдання дослідження:

1. Провести комплексний агрохімічний аналіз ґрунтів дослідної ділянки в смт. Сокиряни протягом 3 років.

2. Вивчити вплив штамів дріжджів («Сидрова 101», «Яблучна 7», Автохтонні штами) на кінетику ферментації яблучного сусла та вихід етанолу протягом 3 років.

3. Здійснити якісний та кількісний аналіз летких ароматичних сполук у зразках яблучних дистилятів, отриманих з використанням різних штамів, за допомогою ГХ.

4. Провести органолептичну оцінку дистилятів з акцентом на ароматичні характеристики.

5. Встановити кореляційні зв'язки між агрохімічними показниками ґрунту, активністю дріжджів та ароматичним профілем готових дистилятів.

Наукова новизна даного дослідження полягає у проведенні довгострокового (3–річного) комплексного вивчення взаємодії агрохімічних факторів ґрунту, обраних штамів дріжджів та їхнього впливу на ароматичний профіль яблучних дистилятів у конкретному регіоні. Буде ідентифіковано потенційні ароматичні маркери, пов'язані з територіальними особливостями смт. Сокиряни.

Практична значущість роботи полягає у розробці науково обґрунтованих рекомендацій для виробників яблучних дистилятів у регіоні Чернівецької області. Отримані дані дозволять оптимізувати вибір дріжджів та, можливо, управління ґрунтовими умовами для досягнення бажаних ароматичних характеристик, підвищення якості продукції та створення регіональних брендів з унікальними органолептичними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі (Spaho et al., 2025) проблематика виробництва плодових дистилятів з яблук розглядається з різних позицій – від технологічних і хімічних до маркетингових. Вітчизняна статистична та галузева аналітика не дає уявлення про якісно–сенсорні властивості плодових дистилятів (Khlibyshyn & Pochabska, 2022). Проблеми залишкових пестицидів у яблуках ставлять під сумнів безпекові аспекти продукції (Shchuka, 2020), однак у контексті дистиляції не проводиться аналіз термічної деградації цих залишків (Ilchuk & Dmytruk, 2019). Основні сполуки, пов'язані з ферментацією та дозріванням, у яблучних дистилятах, отриманих за допомогою різних методів дистиляції (Śliwińska et al., 2015).

Особливий вклад у дослідження виробництва плодових дистилятів зробили вчені Nermi Spaho, Guichard, H., Lemesle, S., Ledauphin, J., Barillier, D., Picoche, B. Провели багато досліджень щодо виробництва плодових дистилятів, зокрема з яблук. Також у співпраці з науковцями з інших країн. Дослідили і сенсорні і фізико – хімічні показники плодових спиртів. (Guichard et al., 2023).

У працях українських дослідників особливу увагу приділено вибору сировини та 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 (Bailuk, 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 (Tokar et al., 2019).

Окремо варто відзначити роботи, де розроблено як технологічну, так і апаратурно-технологічну схеми виробництва плодово-ягідних дистилатів, що мають практичне значення для впровадження у промисловість.

Подальший розвиток напрямку досліджень пов'язаний зі створенням сенсорних профілів українських напоїв, що дозволяє формувати стандартизовані критерії оцінки якості та споживчих характеристик. Прикладом є робота (Manoli et al., 2025), де висвітлено методологію та результати створення сенсорного профілю українських алкогольних напоїв. Дане дослідження спрямоване не лише на забезпечення високих органолептичних показників, але й на підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Даний аналіз літератури показує, що дана тема актуальна і потребує подальших досліджень.

Матеріали та методи. У дослідженні використовувалися яблука сортів *Монтуанське*, *Голден делішес*, *Спартан*, *Чемпіон*, *Айдаред*, зібрані в садівництві смт. Сокиряни, Чернівецька область, протягом 3 років. Яблука збиралися у фазі технічної зрілості, транспортувалися та зберігалися у певних умовах. Дріжджові штами: Були використані комерційні штами *Saccharomyces cerevisiae* «Сидрова 101» та «Яблучна 7», а також місцеві дикі раси дріжджів, виділені з поверхні яблук м. Сокиряни.

Аналіз ґрунту

Проби ґрунту відбиралися на дослідній ділянці в смт. Сокиряни. Раз на рік восени протягом 3 років з глибини. 0–30 см та 30–60 см. Вимірювалися наступні агрохімічні показники:

рН ґрунту: [Метод: потенціометричний метод з використанням рН-метра, ДСТУ 4264 : 2003].

Вміст гумусу: [Метод за методом Тюріна у модифікації Орлова–Гріндель, ДСТУ 4287 : 2004].

Рухомі форми азоту, фосфору, калію: [Методи: за Чиріковим (N), за Мачигінім (P_2O_5 , K_2O), ДСТУ 4114 : 2002].

Матеріалами для дослідження слугували національні стандарти України (зокрема ДСТУ 7072 : 2009 та ДСТУ 4700 : 2006), технічні регламенти Європейського Союзу (зокрема Регламент ЄС № 2019 / 787).

Приготування яблучного соку

Яблука милися, пресувалися, прес Voran (прес прямого віджиму) мезга одразу відділяли, сік – сусло. Початкові показники соку: (вміст цукрів 12–15, рН 3,5 – 3,8, титрована кислотність 4.5–5.5 г/л.). Сусло розділяли на експериментальні варіанти. Інокуляція дріжджами проводилася з розрахунку 20 млн клітин/мл. Контрольний варіант ферментувався за рахунок диких дріжджів, що природно присутні в суслі (без інокуляції). Ферментація проводилася в ідентичних умовах (температура (10–14°C), об'єм бродильних ємностей (25 л)) упродовж (10–14 днів) або до повного зброджування цукрів. Щоденно проводився моніторинг рН та температури. Кожен варіант експерименту виконувався у трьох повторностях щорічно протягом 3 років.

Процес дистиляції. Після завершення ферментації отриманий зброджений матеріал піддавали дистиляції. Використовувався лабораторний мідний алабмік об'ємом 25 л. Дистиляція проводилася двічі з відбором фракцій.

Фізико-хімічні показники дистилатів: Визначали вміст етанолу (об. %), вміст летких кислот (титруванням). Вміст метанолу, вищих спиртів (пропанол, ізобутанол, ізоаміловий спирт) та ефірів (етилацетат) визначали методом ДСТУ.

Аналіз проводився на газовому хроматографі Кристал 2000М полум'яно – іонізаційний детектор (ПІД/FID). Розділення компонентів здійснювалось на кварцовій капілярній колонці довжиною 30m, внутрішнім діаметром 0.25mm та товщиною стаціонарної фази 0.25 μ m. (30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм) Газом-носієм виступав азот високої чистоти (ос.ч.) з електронним регулюванням потоку зі швидкістю 1.0 mL/min. Температура випарника підтримувалася на рівні 250°C, температура детектора – 280 °C. Потоки водню та повітря для ПІД становили відповідно 30 mL/min та 300 mL/min.

Температурний режим термостата колонки був запрограмований таким чином: початкова температура 50 °С (витримка 2 хв), далі нагрівання до 200 °С зі швидкістю 10 °С/хв, а потім до 250 °С зі швидкістю 5 °С/хв (витримка 5хв). Об'єм введеної проби становив 1 мл/хв. Кількісне визначення проводилось методом абсолютної калібровки.

Результати досліджень та обговорення. Масштаби садівництва в Чернівецькій області були такими, що за тодішніх потужностей залізниці урожай, вирощений за один рік, треба було перевозити 2,5 роки. Тому більшість продукції псувалось, тоді й прийшла геніальна ідея робити концентрати. В 1995 р. була заснована корпорацію «Дністер» (названа на честь річки, яка протікає в Чернівцях) у Сокирянському районі вона запрацювала у 1997 році. Спочатку до корпорації увійшло дев'ять господарств, сьогодні ж їх налічується 200. Упродовж 15 років роботи підприємства висаджено 13,5 тис. га саду. Відновлено і занедбані насадження. Наразі багатьом із них понад 40 років, але вони ще й досі плодоносять та дають добрі врожаї (по 50–60 т/га).

Вибір яблучного дистиляту для дослідження обґрунтований його унікальними органолептичними властивостями, тому було:

1. Здійснено відбір зразків 5 сортів яблунь, загальною вагою 266,5 кг. Сорти яблук: Монтуанське – 53,50 кг, Голден Делішес – 56,85 кг, Чемпіон – 54,40 кг, Айдаред – 55,05 кг, Спартан – 46,70 кг.
2. Здійснено переробку даних сортів яблунь з метою визначення виходу соку.
3. Визначено фізико-хімічні показники яблучного соку, і закладено на ферментацію з внесенням двох рас дріжджів (сидрова 101, Яблучна 7).

Таблиця 1. Визначення виходу готової продукції

№	Назва сорту	Кількість яблук			Вихід, %
		До переробки, кг	Після переробки, л	М'язга, кг	
1	Монтуанське	53,50	31,0	16,70	57,94
2	Голден Делішес	56,85	25,5	13,40	44,85
3	Чемпіон	54,40	32,0	12,65	58,82
4	Айдаред	55,05	34,0	12,95	61,76
5	Спартан	46,70	32,0	17,55	68,52
	Всього	266,5	154,5	73,25	58,38

Досліджено рН соків, значення якого перебували в діапазоні від 3,32 до 4,00, що відповідає загальноприйнятому діапазону 3,0–4,5 згідно з ДСТУ, Codex Alimentarius та Директивами ЄС щодо методів вимірювання та загальних вимог до якості.

Таблиця 2. Характеристика фізико-хімічних показників 1 рік дослідження

Сорт яблук	Густина, г/см ³	Сухих розчинних речовин, %	Масова концентрація			
			цукрів, г/100 см ³	титрованих кислот, г/дм ³	фенольних речовин, г/дм ³	рН
ЗОНА 1 – ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТЬ (м. Сокиряни)						
Монтуанське	1,048	12,4	10,0	5,4	0,482	3,50
Голден Делішес	1,058	14,8	12,7	4,8	0,406	3,45
Чемпіон	1,048	12,6	10,0	3,4	0,604	3,45
Айдаред	1,052	13,2	10,8	6,4	0,456	3,32
Спартан	1,052	12,2	10,8	3,6	0,422	3,50

Перший рік досліджень був посушливий (табл. 2), не вистачало дощів, проводилося, додаткове зрошення обприскування водою з машин. Аналізуючи табл. 1 і табл. 2 можна зробити певні висновки, що ґрунтово–екологічні умови Сокирянського району Чернівецької області, зокрема переважання сірих лісових середньосуглинкових ґрунтів на лісовидній глині, мають істотний вплив на якість яблучної сировини для виробництва дистилятів. Досліджені ґрунти характеризуються достатнім вмістом гумусу. Такий агрохімічний склад ґрунтів сприяє накопиченню в плодах цукрів і фенольних сполук, що є важливими чинниками для подальшої ферментації та формування збалансованого органолептичного профілю дистилятів.

Таблиця 3. Визначення фізико-хімічних показників 2 рік дослідження

Сорт яблук	Густина, г/см ³	Сухих розчин- них речовин, %	Масова концентрація			
			цукрів, г/100 см ³	титрованих кислот, г/дм ³	фенольних речовин, г/дм ³	pH
ЗОНА 1 – ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТЬ (м. Сокиряни)						
Монтуанське	1,059	14,5	13,0	5,71	0,905	3,81
Голден Делішес	1,063	15,9	14,0	4,89	1,130	3,95
Чемпіон	1,053	13,5	11,4	3,28	0,824	3,75
Айдаред	1,055	13,8	11,9	5,16	0,745	3,49
Спартан	1,054	13,6	11,6	2,68	0,954	4,00

Уміст екстракту, цукру та кислотності є ключовими параметрами фруктів, що використовуються у виробництві ферментованих алкогольних напоїв. На вміст екстракту у фруктах впливають умови вегетаційного періоду, а також час збору врожаю та період зберігання (Al Daccache, et al., 2020). Екстракт аналізованих яблук коливався від 10 % до 14 % та залежав від сорту яблук та року дослідження. Найвищий вміст було виявлено в м'якоті сорту Голден Делішес (табл. 2–4).

Ферментація – це багатостадійний анаеробний процес, що здійснюється мікроорганізмами, такими як дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, у якому цукри переважно перетворюються на клітинну енергію, а піруват, що утворюється в результаті метаболізму глюкози, розщеплюється на етиловий спирт та вуглекислий (IV) діоксид.

Таблиця 4. Визначення фізико-хімічних показників 3 рік дослідження

Сорт яблук	Густина, г/см³	Сухих розчин- них речовин, %	Масова концентрація			
			цукрів, г/100 см³	титрованих кислот, г/дм³	фенольних речовин, г/дм³	pH
ЗОНА 1 – ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТЬ 3 РІК (м. Сокиряни)						
Монтуанське	1,055	13,5	12,3	5,71	0,905	3,81
Голден Делішес	1,061	15,2	13,7	4,89	1,130	3,95
Чемпіон	1,050	13,2	11,4	3,28	0,824	3,75
Айдаред	1,053	13,6	11,0	5,16	0,745	3,49
Спартан	1,052	13,0	11,5	2,68	0,954	4,00

Ґрунти впливають на мінеральне живлення дерев. Особливо K, P₂O₅ і N. Калій – посилює забарвлення плодів і значно зменшує твердість плодів. Достатня концентрація калію підвищує вміст цукру в яблуках, покращує якість плодів, колір поверхні, аромат і смак. Було досліджено pH ґрунту: в межах від 5.28 до 7.25, загальноприйнятий діапазон 5.5–7.0. (слабокисле середовище) вважається ідеальним для вирощування яблунь, сприяє кращому засвоєнню елементів.

Найвищий уміст ізоамілового спирту ($565,54 \pm 2,12$ мг/100 см³) було визначено після ферментації яблучного суслу сорту Спартан з дріжджами штаму Яблучна 7, тоді як партії інших сортів яблук показали подібну концентрацію спирту, яка коливалася від $139,97 \pm 3,23$ мг/100 см³ до $467,67 \pm 2,14$ мг/100 см³ інші спирти і ацилати наведені в таблиці 5.

Таблиця 5. Визначення К, Р і N у ґрунті

Місце відбору	Період	Глибина відбору	pH	Гумус	N	P	K
Чернівецька обл..	1 кв.	0 – 0,28	5,98	1,01	56,0	76	64
м. Сокиряни		0,28 – 0, 83	6,02		50,75	65	52
Садівнича		0,83 – 1,1	7,10		24,5	59	43
корпорація		1,1 – 1,5	7,55		10,5	56	41
«Дністер»	2 кв.	0 – 0,28	5,99	1,41	64,75	65	47
		0,28 – 0, 83	4,47		40,5	26	22
		0,83 – 1,1	6,11		10,5	65	48
		1,1 – 1,5	6,12		7,0	100	73
	Айдаред	0 – 0,28	5,43	1,31	56,0	50	38
		0,28 – 0, 83	5,28		33,25	26	21
		0,83 – 1,1	4,69		19,25	21	16
		1,1 – 1,5	7,25		7,0	14	11

Однак, під час оцінки виходу спиртів відносно теоретичного значення, розрахованого на основі вмісту цукрів, присутніх у плодах, усі зразки ферментації, незалежно від сорту яблук, показали подібні значення. Янушек та ін. (2020) провели дослідження характеристик ферментованих яблучних суслів, отриманих з десяти різних сортів яблук (Елізе, Рубін, Топаз, Голден Делішес, Шампйон, Глостер, Пінова, Флоріна, Айдаред та Джонагоред), які були зібрані в садах Малопольського регіону (Польща). Автори спостерігали, що динаміка ферментації суслів змінювалася залежно від використання сорту яблук.

Під час ферментації в реакції між спиртами та ацетил-КоА, що каталізується ацетилтрансферазами та іншими ферментами, може утворюватися багато ефірів. Ефіри зазвичай асоціюються з приємним фруктовим та квітковим ароматом. Вони є важливим класом смакових сполук у дистилятах, оскільки мають низькі сенсорні пороги; однак їхній внесок у смак сильно залежить від їх концентрації. Переважним ефіром, синтезованим дріжджами, є етилацетат, який утворюється з етанолу та ацетил-КоА. У наших дослідженнях його найвища концентрація була визначена на рівні $177,82 \pm 3,1$ мг/100 см³ спирту 100 % об./об. у дистиляті, отриманому після ферментації сирової пульпи сорту Голден Делішес (табл. 6).

Таблиця 6. Визначення вмісту спиртів в дистиляті

Сорт	Штам дріжджів	Ізоаміловий спирт 2 дистиляція (мг/100см ³)	Ізобутиловий Спирт (мг/100см ³)	гексанол (мг/100см ³)	бутанол (мг/100см ³)	Пропанол (мг/100см ³)	2-феніл етанол (мг/100см ³)	Ацетальдегід (мг/100см ³)	Етилацетат (мг/100см ³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Монтуанське	Сидрова 101	258,54–323, 6	35,43 ± 0.5	6,80 – 8,10	24.6 ± 0,5	39,87 ±0,5	14,2±0,5	31,48–31,8	86,09 ± 0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Яблучна 7	139,42 – 207,5	34,74 ± 0, 8	8,34– 13,53	17,7 ± 3,02	26,25± 4,02	37,85–38,42	28,2–30,12	68,07± 0,5
	Дикі	359, 32–370,4	40 ± 0, 8	10,43– 15,34	35,0± 5,0	37,4 ± 3,0	37,25–39,01	39,18 –40,18	98,03± 0,5
Голден Делішес	Сидрова 101	209,42–342,5	27,50 –44,92	16,43– 18,34	52.74± 2,05	38,54± 1,5	28,5–31,39	45,39–47,13	167,13± 0,5
	Яблучна 7	190,22–220,2	20,23 –23,45	24,0± 0.5	34,56–45,25	19,8± 0.5	20,96–21,05	48,03–48,92	168,01± 0,5
	Дикі	184,9–193,12	20,27 – 23,84	10.19± 0.5	15,56–30.25	39,5± 0.5	31,63–48,9	33,73–48,8	177,82± 0,5
Чемпіон	Сидрова 101	229,06 – 252,32	23,27–28,46	11.46± 0.5	21.97± 0.5	31,5± 0.5	18,55–20,66	41,11–44,29	116,16± 0,5
	Яблучна 7	302,21–323,94	28,83–41,56	14.51± 0.5	14,26–22,25	23,5 ± 0,5	17,60–19,00	18,65–30,92	118,03± 0,5
	Дикі	314,13–418,54	58,34–76,65	11,43± 0.5	19,26– 26,56	28,5 ± 0.5	21,71–29,65	27,65–38,53	146,81± 0,5
Айдаред	Сидрова 101	269,15 –455	39,38 – 64,3	18.52± 0.5	27,54–49,94	35,5± 5,5	13,02–23,55	48,81–49,94	103,5– 106,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Яблучна 7	234,36 – 546,38	48,39 – 62,53	27,46± 0.5	41,54–53,07	35,6 ± 2	12,45–21,67	44,34–48,13	112,12 –119,32
	Дикі	290,67–481,53	54,34 –89,34	12.54± 0.5	23,55–30,48	32,5 ± 0.5	49,53–51,15	41,54–50,02	120.65–126,43
Спарган	Сидрова 101	310,54– 314,65	27,23 – 29,34	18.98± 0.5	25,5 ± 0.5	37,2 ± 0.04	33,96–36,90	47,25–49,41	47,06± 0,5
	Яблучна 7	565,54– 567,66	29,34 – 71,45	23.35± 0.5	26,54–42,54	39,57± 0.5	14,01–36,7	14,78–16,25	49,01± 0,5
	Дикі	149,34 – 155	23,34– 27, 54	25,5± 3	22,55–35,48	44± 0.5	11,92–19,52	39,03–41,25	56,03± 0,5

Майже усі досліджуванні зразки показали хороші співвідношення між вмістом вищих спиртів і естерів близько 3:1, хоча були звичайно зразки, які відповідають нормам за значенням ДСТУ 7088:2009 Спирт плодовий молодий для виробництва міцних напоїв. Технічні умови. Масова концентрація вищих спиртів, у перерахунку на ізоаміловий спирт безводного спирту, мг/100 см³ – 100 –600, (рис.1). Масова концентрація альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід безводного спирту, мг/100 см³ – не більше 50, Масова концентрація середніх ефірів, у перерахунку на оцтово–етиловий ефір безводного спирту, мг/100 см³ – 50–250 , але не відповідають цьому правилу, яке у світі застосовують для визначення високоякісних спиртів. Наприклад сорт Спарган, усі роки і всі повторюваності.

Особливої уваги заслуговують дослідження автохтонних диких рас дріжджів, в Інституті мікробіології імені академіка Заболотного. Українська колекція мікроорганізмів (ІМВ ім. Д.К. Заболотного НАН України. Інститут мікробіології імені Д.К. Заболотного Національної академії наук України активно досліджує автохтонних диких штамів дріжджів. Особлива увага приділяється нетрадиційним винним дріжджам як перспективним виробникам гідролітичних ферментів і заквасок у виноробстві.

Було досліджено 36 штамів дріжджів з родів *Torulaspora*, *Kloeckera*, *Candida*, *Metschnikowia*, *Pichia* та *Zygosaccharomyces*. Виявлено високу ферментативну активність (ліполітичну, протеолітичну, β–глюкозидазну). *Pichia anomala* та *Metschnikowia pulcherrima*

виявилися найбільш перспективними завдяки своїй стресостійкості та здатності поліпшувати смакові властивості вина.

Штам *P. anomala* UCM Y-216 рекомендується як найбільш перспективний для виноробства. Контекст у виноробстві *Saccharomyces cerevisiae* традиційно використовується у виноробстві, але рідко зустрічається на поверхні винограду.

На ранніх стадіях спонтанного бродіння переважають інші дріжджі (*Pichia*, *Kluyveromyces*, *Zygosaccharomyces* тощо), але пізніше їх замінюють *S. cerevisiae*.

Нетрадиційні дріжджі здатні синтезувати вторинні метаболіти, які покращують аромат і смак вина, а також мають унікальні гідролітичні ферменти, яких немає у *Saccharomyces*.

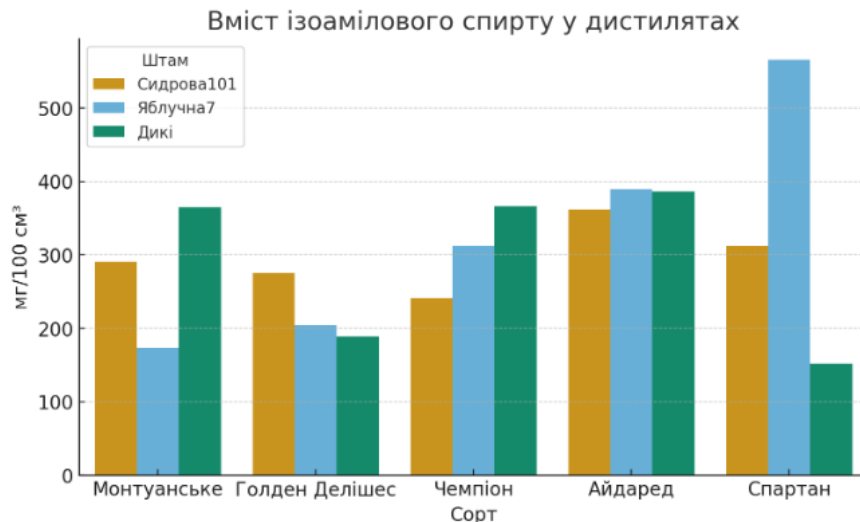


Рисунок 2. Вміст ізоамілового спирту у дистилятах з різних сортів яблук.

Дослідження автохтонних рас дріжджів і використання з поверхні шкірки яблук у дослідженні садівничої корпорації «Дністер» показали, що вміст ефірів та вищих спиртів, був у встановлених межах норми згідно ДСТУ 7088:2009 Спирт плодовий молодий для виробництва міцних напоїв. Технічні умови. Хоча деякі зразки викликають питання. Наприклад зразки сорту Спартан з використанням мали високі показники ізоамілового спирту в межах 565 мг/100см³, в той самий час показники естерів в межах 46 мг/100см³. Тобто співвідношення вищих спиртів складає 10:1. Це дуже велике співвідношення. Спирти виготовлені з таким співвідношенням не можна вважати якісними, хоча вони і є в межах чинного ДСТУ. Існують критерії, згідно яких можна вважати спирти якісними.

Вчені з Китаю Xie, J., Tian, X.-F., He, S.-G., Wei, Y.-L., Peng, B., & Wu, Z.-Q. у 2018 році випустили статтю «Evaluating the Intoxicating Degree of Liquor Products with Combinations of Fusel Alcohols, Acids, and Esters». У цій статті вони відзначили конкретні співвідношення чотирьох основних органічних кислот (оцтова кислота/л-молочна кислота/п-масляна кислота/п-гексанова кислота) та відповідних етилових ефірів (етилацетат /етиллактат /етилбутират /етилгексаноат) становили відповідно **3 : 2,5 : 1 : 1,5** та **5 : 6 : 1 : 6**. Загальний вміст фузельних спиртів (ізоаміловий спирт, ізобутиловий спирт, 1 пропанол, 1 бутанол) до середніх естерів (етилацетат) менше – **3 : 1**. У дослідженні вони зазначили, що такі співвідношення **використовуються під час визначення високоякісних спиртів**.

Співвідношення вищих спиртів до естерів 3 : 1 називається «Правилом Троста». Цей критерій, використовують як науковці, так і виробники продукції.

Крім науковців, виробники також зазначають, що співвідношення фузельних спиртів до ефірів повинно бути менше 3 : 1, вищі рівні часто є наслідком неправильного управління Дистиляти, що отримують з винограду на вапняних та крейдових ґрунтах департаменту Шаранта та регіону Арманьяк, мають мінімальний вміст вищих спиртів, вторинних та побічних продуктів спиртового бродіння.

Як і у коньячному у плодovому спирті, ідентифіковано низку ефірів (етилформіат, етилацетат, етилпропіонат, етилбутират, ізобутилізовалеріонат, ізоамілацетат, ізоамілбутират, ізоамілкапронат) і кислот (мурашина, оцтова, пропіонова, ізоолійна, ізовалеріанова, капронова і каприлова).

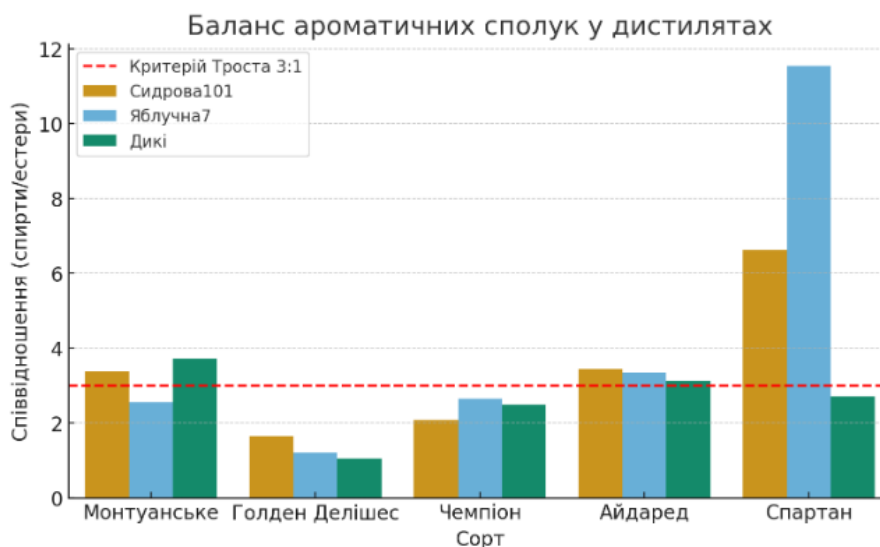


Рисунок 2. Співвідношення вищих спиртів до естерів, згідно «Правила Троста»

З усіх вищих спиртів, найнебажанішим є ізоаміловий спирт, що має сильний запах із сивушним відтінком, який залишається за будь-якого розведення. Зниження небажаних концентрацій вищих спиртів (сивушних олій) на різних етапах виробництва ферментацією, поганого відділення осаду або неправильної аерації. Ці сполуки є найважливішими побічними продуктами ферментації і часто відрізняють один сорт напою від іншого, тому важливо розпізнавати їхні ознаки та дізнатися, як їх можна контролювати. У Франції контроль в обов'язковому порядку проводять як на стадії ферментації сусла, так і на стадії фракціонування в процесі дистиляції.

Тому за органолептичними характеристиками французькі дистиляти є легкими та чистими в сортовому ароматі та смаку.

Дистиляти України.

У зв'язку з тим, що ґрунти основних сировинних зон виробництва України – здебільшого чорноземи звичайні, тому й містять підвищені концентрації азоту. Сировина, що виростає на таких ґрунтах, накопичує високі для виробництва концентрації амінокислот.

Низька якість вітчизняних виноматеріалів обумовлена підвищеною концентрацією в їхньому складі вищих спиртів, що пов'язано з високим вмістом азоту в ґрунтах. Більшість винних дистилятів мають «важкий» та складний аромат і смак. Підтвердженням цього є: згідно з правилом Г. Троста, концентрація вищих спиртів в українських коньячних спиртах у 2,5–3 рази вища, ніж концентрація середніх ефірів.

Небажані вищі спирти, ефіри та кислоти знижують якість, або органолептичні показники вітчизняних коньячних спиртів, що призводить до збільшення терміну їхньої витримки в дубовій бочці не менше як 3 роки. За цей період відбуваються їхні окисно-відновні процеси у наявності компонентів деревини дуба бочки, трансформація, пом'якшення та часткове очищення небажаних відтінків всього ароматичного та смакового комплексу.

Науковці Інституту винограду і вина «Магарач» провели дослідження, що забезпечують регульоване зниження надлишкової кількості вищих спиртів виноградного сусла на стадії ферментації, де вони здебільшого й утворюються в результаті реакцій окислювального дезамінування амінокислот. Встановлено, що за аміачної підгодовлі дріжджів у період ферментації сусла з дріжджами *Schizosaccharomyces pombe* вміст вищих спиртів у

виноматеріалах і кон'ячних спиртах істотно знижується. Однак промислового застосування у вітчизняному виробництві кон'яків цей спосіб не отримав.

Яблука для виробництва плодових дистилятів вирощенні на території садівничої корпорації «Дністер», тип ґрунту – сірі лісові, з вмістом азоту до 64 мг/кг ґрунту, не утворюють надлишку азоту, а отже і вміст вищих спиртів залишається нижчим, в порівнянні з чорноземами. Клімат регіону вирощування яблук – помірно континентальний, кількість опадів 500-575 мм. Площі насаджень яблуні понад 500 га, часто урожайність перевищує 50 тонн з гектара.

Встановлення кореляційних зв'язків між агрохімічними показниками ґрунту, активністю дріжджів та ароматичним профілем готових дистилятів.

Для з'ясування потенційного впливу фізико-хімічних характеристик ґрунтів на синтез летких спиртів, було проведено кореляційний аналіз між основними агрохімічними показниками ґрунту (рН, вміст гумусу, загального азоту, рухомих форм фосфору та калію) та концентрацією ізоамілового спирту та інших ароматичних речовин у яблучних дистилятах, отриманих із плодів різних сортів за участі дріжджів різних штамів.

Для цього експериментальні дані було приведено до уніфікованого табличного формату, де кожен стовпець відображав унікальну комбінацію умов: сорт × штам дріжджів, а кожен рядок певну характеристику ґрунту.

На наступному етапі було застосовано моделювання на основі лінійних регресійних рівнянь.

Візуалізація результатів здійснювалася за допомогою матриць кореляцій.

Отже, застосований статистичний підхід забезпечує комплексну оцінку залежності між ґрунтовими характеристиками та вторинним метаболізмом дріжджів, зокрема біосинтезом ізоамілового спирту, і створює підґрунтя для подальшої оптимізації агротехнологій у виробництві фруктових дистилятів.

Нижче детально описані кореляції сорту Айдаред. Дослідження за 3 роки. Для ферментації використовували дріжджами штамів з колекції Інституту винограду і вина «Магарач»: Сидрова 101, Яблучна 7 та автохтонні штами на поверхні плодів із території садівничої корпорації «Дністер», Чернівецької обл.

Було проведено кореляційний аналіз вихідних даних. Аналізувалися залежності параметрів вихідного дистиляту від кожного з обраних параметрів ґрунту. Для цього обраховувався вибіркового коефіцієнт кореляції - показник кореляції (лінійної залежності) між двома змінними X та Y , який набуває значень від -1 до $+1$ включно. За наявності двох вибірок даних, $(x_1, \dots, x_m)$ та $(y_1, \dots, y_m)$, коефіцієнт кореляції розраховується як

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}$$

де $\bar{x}$, $\bar{y}$ – вибіркові середні. Чим більше значення модуля r_{xy} , тим вищий рівень залежності між обраними даними.

Перевірялись лінійна, експоненціальна та логарифмічна залежності. Лінійна залежність передбачає можливість з достатнім рівнем точності побудувати для змінних x , у функцію вигляду $y = ax + b$, де a, b – певні сталі. Аналогічно, експоненціальна та логарифмічна залежності передбачають можливість побудови залежностей вигляду $y = ae^x + b$ та $y = a \ln(x) + b$.

Ми встановили, що при використанні штаму Сидрова 101 для ферментації, з колекції Інституту винограду і вина «Магарач», сорт Айдаред показує високий коеф. кореляції **ацетальдегід** з рН ґрунту – 0,85 сильна кореляція; з гумусом – 0,75 – також сильна кореляція, з азотом також – дуже сильна кореляція – 0,96. З фосфором (Р) і калієм (К) – 0,6 – середня кореляція. **Естери** – за використання штаму дріжджів Сидрова 101, сильна кореляція з рН – 0,72, та з азотом (N) – 0,89, середня з гумусом – 0,5, низька – з вмістом фосфору (Р) та калію (К) – 0,3. **Вищі спирти** – низька кореляція рН з Р і К – 0,2. Середня кореляція від вмісту гумусу та азоту. Кислоти – для кислот була відмічена низька кореляція для рН, вмісту гумусу і N, середня – Р і К.

За ферментації дріжджами штаму **Яблучна 7**, з колекції Інституту винограду і вина «Магарач» сильна кореляція альдегідів з усіма компонентами, крім К. Естери – сильна (0,7) кореляція з рН ґрунту і азотом (N). З вмістом. Вищі спирти – сильна кореляція з гумусом і азотом, низька з рН. Кислоти – низька з рН і вмістом азоту (N), середня з гумусом.

Дикі автохтонні дріжджі в протигагу до культурних штамів показали дуже сильну кореляцію з Р та К.

Якщо узагальнити дані кореляції по штамам за 3 роки досліджень то можна виділити такі залежності в кореляціях. **Ефіри** мають – сильну кореляцію з рН, середню – з гумусом, сильна з азотом, низьку – із фосфором (Р) і калієм (К). **Ацетальдегід** – сильну та дуже сильну кореляцію з гумусом і N. **Вищі спирти** мають сильну кореляцію з гумусом і вмістом азоту (N). **Кислоти** мали сильну кореляцію з вмістом фосфору (Р) і калію (К).

Висновки

Проведене трирічне дослідження дозволило комплексно оцінити вплив штамів дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* («Сидрова 101», «Яблучна 7») та автохтонної мікрофлори, а також агрохімічних характеристик сірих лісових ґрунтів Сокирянського району Чернівецької області на формування ароматичного профілю яблучних дистилятів.

Результати цього дослідження свідчать, що досліджені сорти яблук Монтуанське, Голден Делішес, Чемпіон, Айдаред можуть бути використані для ефективного виробництва яблучних спиртних напоїв. Сорт Спартан – дає гарні результати з використанням місцевої епіфітної мікрофлори дріжджів. Культурні штами «Сидрова 101» та «Яблучна 7» потребують більшого контролю при ферментації, щоб дотримувався баланс вищих спиртів до естерів у співвідношенні 3:1.

В дослідженнях проведених на базі садівничої корпорації «Дністер» виявили, що у яблуках сорту Айдаред, вміст сухих речовин складав –13,2–14,0 %, цукрів – 10,8–11,9, титрованих кислот – 5,16–6,4 г/дм³

У яблуках сорту Спартан вміст сухих речовин був 12,2–13,6, цукрів кислот 2,68–3,6 г/дм³. Для дослідження сортів в Чернівецькій обл., використовували чисті культури з колекції Інституту виноградарства і вина «Магарач» НААН «Сидрова101» і «Яблучна7», а також автохтонні місцеві дріжджі.

Результати досліджень дають нам чітку змогу побачити різницю, як відрізняються фізико-хімічні показники одного і того ж сорту яблук, якщо їх ферментація відбувалася під впливом різних культур.

Встановлено, що хімічний склад плодів безпосередньо корелює з агрохімічними показниками ґрунтів. Так, вміст азоту (56–65 мг/кг) і гумусу (1,0–1,4 %) зумовлював підвищений синтез вищих спиртів, тоді як високі концентрації К₂О (>60 мг/кг) забезпечували інтенсивніше накопичення цукрів у плодах та формування кращого фенольного профілю. Сильна позитивна кореляція між вмістом азоту та концентрацією ізоамілового спирту ($r = 0,89–0,96$) свідчить про необхідність регулювання азотного живлення для уникнення надмірного утворення сивушних масел.

Ґрунти Сокирянського району із вмістом гумусу 1,0–1,4 % та рівнем рН 5,5–7,0 сприяють накопиченню в плодах цукрів (12–15 % сухих речовин) та фенольних сполук (0,40–0,95 г/дм³). Встановлено сильну позитивну кореляцію між концентрацією азоту у ґрунті та вмістом ізоамілового спирту у дистилятах ($r = 0,89–0,96$), що підтверджує вплив мінерального живлення на біосинтез вторинних метаболітів дріжджів.

Штам «Сидрова 101» формував оптимальний баланс летких сполук із співвідношенням вищі спирти : естери у межах **2 : 1–3 : 1** (наприклад, сорт Чемпіон – 252 мг/100 см³ : 116 мг/100 см³). Натомість штам «Яблучна 7» у поєднанні з сортом Спартан продукував надмірну кількість ізоамілового спирту (565 мг/100 см³) при низькому рівні естерів (≈ 49 мг/100 см³), що спричинило небажане співвідношення 10:1 та різкий «сивушний» тон. Автохтонні дріжджі показали широку варіабельність, однак у деяких випадках досягали унікального балансу (Голден делішес – 184 мг/100 см³ спиртів : 177 мг/100 см³ естерів $\approx 1:1$), що може бути використано як **теруарний маркер** регіону.

Кореляційні зв'язки. Побудовані моделі підтвердили тісну залежність ароматичного профілю від поєднання ґрунтових факторів і біотехнологічних параметрів: естери – сильна кореляція з рН та азотом ($r = 0,72-0,89$); вищі спирти альдегіди – сильна кореляція з гумусом і азотом ($r = 0,75-0,96$); кислоти – середня та сильна кореляція з фосфором і калієм ($r = 0,6-0,7$).

Штами дріжджів та ароматичний баланс. Штам «Сидрова 101» забезпечував гармонійне співвідношення вищих спиртів до ефірів (2:1–3:1), тоді як «Яблучна 7» у комбінації зі сортом Спартан дав надлишок фузельних спиртів (співвідношення 10:1), що знижувало органолептичну якість.

Значна частина зразків відповідала національним стандартам (ДСТУ 7088:2009), однак не всі відповідали міжнародним критеріям (правило Троста $\leq 3:1$). Це підкреслює необхідність тонкого біотехнологічного регулювання процесів бродіння, щоб відповідати європейським стандартам якості.

Прикладне значення. Результати підтверджують можливість створення місцевого бренду «Сокирянський яблучний дистилят» з географічною індикацією.

Науково обґрунтовані рекомендації включають моніторинг мінерального живлення садів, відбір оптимальних штамів дріжджів та управління співвідношенням вищих спиртів і ефірів.

Інтегроване управління системою «ґрунт - сорт – дріжджі» є ключовим фактором у виробництві конкурентоспроможних плодових, зокрема яблучних дистилятів європейського рівня та формуванні експортного потенціалу української індустрії фруктових напоїв.

Конфлікт інтересів. Немає.

Подяка. Колективу садівничої корпорації «Дністер» м. Сокиряни. Чернівецької обл. Особлива щира подяка Бабію Михайлу Олексійовичу за плідну багаторічну співпрацю.

References

- Al Daccache, M., Koubaa, M., Maroun, R. G., Salameh, D., Louka, N., & Vorobiev, E. (2020). Impact of the physicochemical composition and microbial diversity in apple juice fermentation process: a review. *Molecules*, 25(16), 3698. <https://doi.org/10.3390/molecules25163698>
- Bailuk, S. I. (2010). Influence of apple-growing conditions on chemical composition of fruits for cider production. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 11, pp. 58–61. [in Ukrainian].
- Bincheva, P. (2022). Influence of macro-environmental factors on forming the marketing mix of a fruit and berry sales enterprise. Herald of Khmelnytskyi National University. *Economic Sciences*, no. 312(6), pp. 264–269. [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6\(2\)-44](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6(2)-44)
- Burdyak, O. M., Kozub, I. I. (2024). Specifics of marketing of an agricultural producer enterprise in the apple market. *Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference "Potential of Sustainable Development under Modern Regional and Global Challenges"* (pp. 31–33). Chernivtsi.
- Guichard, H., Lemesle, S., Ledauphin, J., Barillier, D., Picoche, B. (2023). Chemical and sensorial aroma characterization of freshly distilled Calvados. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 51(2), pp. 424–432. <https://doi.org/10.1021/jf020372m>
- Ibragimova, I. V. (2024). *Hygiene regulation of new pesticides proposed for use in apple orchards and vineyards*. Doctoral dissertation. Kyiv. 352 pp.
- Ilchuk, M. M., Dmytruk, M. I. (2019). Development of grape production in Ukraine. *Economy of Agro-Industrial Complex*, no. 1, pp. 18–26. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201901018>
- Januszek, M.; Satora, P., Tarko, T. (2020). Oenological characteristics of fermented apple musts and volatile profile of brandies obtained from different apple. *Biomolecules*, 10, 853. <https://doi.org/10.3390/biom10060853>
- Khlibyshyn, Y., & Pochabska, I. D. (2022). Research of conditions for obtaining alcoholic beverages from apples. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, no. 5, pp. 154–159.

- Manoli, T., Afanasyeva, T., Vasilik, O., Barisheva, Ya., & Kaplan, G. (2025). CREATING A SENSORY PROFILE OF UKRAINIAN CIDERS. *Human and National Health*, 3(1), 7-20. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.7>
- Pankiv, N. Ye. (2021). Modern trends in the development of event tourism in Transcarpathia. *Bulletin of Khmelnytskyi National University*, pp. 127. [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5\(1\)-21](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5(1)-21)
- Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council No 2019/787 “Definition, description, presentation and labelling of spirit drinks, the use of the names of spirit drinks in the presentation and labelling of other foodstuffs, the protection of geographical indications for spirit drinks, the use of ethyl alcohol and distillates of agricultural origin in alcoholic beverages, and repealing Regulation (EC) No 110/2008”. (2019, April). Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/787/oj>
- Salo, I. A. (2020). Development of the fruit and berry market in Ukraine. *Economy of Agro-Industrial Complex*, no. 3, pp. 16–24. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202003016>
- Shchuka, H. (2020). On the issue of developing gastronomic tourism in Transcarpathia. *Proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific-Practical Conference “Innovative Technologies in Hotel and Restaurant Business”* (19–20 May) (pp. 76–77). Kyiv: NUHT.
- 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*, no. 30(3), pp. 197–207. <https://doi.org/10.1002/ffj.3237>
- Spaho, N., Đukić–Ratković, D., Nikićević, N., Blesić, M., Tešević, V., Mijatović, B., Smajić Murtić, M. (2019). Aroma compounds in barrel–aged apple distillates from two different distillation techniques. *Journal of the Institute of Brewing*, no. 125(3), pp. 389–397. <https://doi.org/10.1002/jib.573>
- Spaho, N., Urošević, I., Urošević, T., Žulj, M. M. (2025). Application of distillation in alcoholic beverage production. *Mass Transfer Operations in the Food Industry* (pp. 237–282). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819536-9.00007-2>
- Tokar, A. Yu. (2019). Selection of active dry yeast strains for the production of unfortified apple wine materials. *Collection of scientific works of Uman National University*.
- Tokar, A. Yu., Matenchuk, L. Yu., Kharchenko, Z. M., Myronyuk, S. S., Petrychenko, E. A., & Voitsekhivskiy, V. I. (2019). Optimization of the fermentation process of apples of the spartan variety for sweet wines. *EDITORIAL BOARD: Editor-in-chief – Nepochatenko Olena Oleksandrivna, Doctor of Economics*, 44. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-44-55>
- Xie, J., Tian, X.-F., He, S.-G., Wei, Y.-L., Peng, B., & Wu, Z.-Q. (2018). Evaluating the Intoxicating Degree of Liquor Products with Combinations of Fusel Alcohols, Acids, and Esters. *Molecules*, 23(6), 1239. <https://doi.org/10.3390/molecules23061239>
- Zahorko, N. P., Kolyadenko, V. V., Kashuba, A. A. (2020). Information on fruit and berry wine production in Ukraine. *Proceedings of Tavria State Agrotechnological University*, no. 20(2), pp. 211–218. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-2-211-219>