

О. М. Нагурська, Р. В. Небесний, О. Б. Федотова, Л. І. Шевчук, Б. О. Дзіняк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра технології органічних продуктів
oksana.m.orobchuk@lpnu.ua

ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ВІНОМАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ КРАФТОВИХ ВИРОБНИЦТВ. ОГЛЯД

<https://doi.org/10.23939/ctas2025.01.121>

Розглянуто вплив різних факторів на вміст органічних кислот у сировині виноробної галузі. Проаналізовано експрес-методи визначення кислотності у виноробстві, зокрема, потенціометричні, титриметричні та комбіновані підходи, доступні для малих виробництв. Розглянуто переваги та обмеження кожної з методик, а також перспективи використання природних індикаторів. Зазначено, що найбільш точним є метод ВЕРХ, однак його застосування обмежене через високу вартість і потребу в спеціалізованому обладнанні. Для первинного аналізу доцільно використовувати потенціометричні та титриметричні методи, вдосконалення яких дозволить підвищити точність оцінки кислотного складу.

Ключові слова: виноматеріал, вино, загальна кислотність, титрована кислотність, індикатор, вимірювання рН.

Вступ

Українське виноградарство та виноробство має глибоке історичне коріння, значні перспективи та неабиякий потенціал – від культивування винограду до успішного виходу на світові ринки [1].

В Україні офіційно зареєстровано 160 виноробних підприємств, серед яких 40 – крафтові, з річним виробництвом до 100 тис. л. Загальна площа виноградників становить 30,2 тис. га (без урахування окупованих територій, оскільки достовірні дані щодо їхнього стану відсутні). Основними регіонами виноградарства та виноробства залишаються Причорномор'я та Закарпаття. Водночас останніми роками галузь активно розвивається і в інших регіонах, зокрема, на заході, в центрі та на півночі країни. Виноградники й невеликі виноробні нині розвиваються на Київщині, Львівщині, Тернопільщині, Чернігівщині та в інших областях. У 2021 році було створено Асоціацію крафтових виноробів України, яка сьогодні об'єднує понад 70 виноробів, серед яких не лише малі та середні виробники, а й великі підприємства, що приєдналися зовсім недавно [1, 2]. Українські крафтові виробники зорієнтовані на високу якість вин, оскільки їхня продукція представляється на міжнародних виставках, євро-

пейському ринку [1]. Крім того, прийнята законодавча база сприятиме підвищенню якості української виноробної продукції та зміцненню її конкурентних позицій на міжнародному ринку. Чинне законодавство передбачає запровадження стандартів, які відповідають вимогам Європейського Союзу, зокрема, щодо виробництва та обігу вин, виноградно-виноробної продукції й ароматизованих винних напоїв із географічними зазначеннями. Однією з ключових норм закону є заборона на купажування українського вина з імпортованими, що гарантує чистоту та високу якість національного продукту [3].

Контроль якості вина здійснюється на всіх етапах виноробства – від збору врожаю до розливу в пляшки. Якість вин залежить від багатьох факторів, зокрема складу ґрунту, агротехнічних методів, рельєфу місцевості, використаних добрив, методів обробки винограду та кліматичних умов регіону. Важливу роль також відіграють обладнання й апарати, технологічні процеси, режими переробки винограду та виробництва виноматеріалів. Окрім того, якість вина значною мірою визначається умовами обробки, зберігання та витримки продукції [4, 5].

Під час дозрівання винограду загальна кислотність у плодах знижується передусім завдяки

зменшенню яблучної кислоти; під час збору врожаю в плодах зазвичай міститься більше винної кислоти, ніж яблучної, причому точні концентрації і співвідношення між ними залежать від сорту і дати збору врожаю [6]. У винограді, порівняно з іншою сировиною виноробної промисловості, міститься найвищий відсоток винної кислоти. Вона наявна як у вільному вигляді, так і у вигляді солей, наприклад, бітартрату калію ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$), бітартрату натрію ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) і бітартрату кальцію ($\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$). Присутність тієї чи іншої сольової форми є важливою складовою, що впливає на рН і стійкість вина до холоду [7].

У зв'язку зі зміною суми середньодобових температур дозрівання винограду і, як наслідок, підвищенням рівня рН, часто виникає необхідність підкислення суслу або вина під час виноробства [8, 9]. Глобальне потепління безпосередньо пов'язане зі зниженням концентрації органічних кислот у виноградних ягодах, що призводить до підвищення рівня рН у вині. Через дефіцит кислотності порушуються й інші важливі фізико-хімічні взаємодії, оскільки кислотність і рН вина відіграють вирішальну роль у цих процесах. Дійсно, нижча кислотність і вищий рН змінюють характеристики вина, такі як наявність вільного і молекулярного діоксиду сірки, колір і сенсорні профілі. Тому для виноробів постійним викликом є контроль вмісту кислот у вині і, таким чином, збереження його фізико-хімічних властивостей та запобігання передчасному псуванню спричиненому в тому числі високим рівнем рН [7–9]. Через підвищення температури ягоди дозрівають набагато швидше, з вищим рівнем цукру і нижчою концентрацією органічних кислот. Тенденція до підвищення значень рН призводить до зростання ризику мікробної інфекції та загальної нестабільності вина [9].

Однією з вагомих причин зміни кислотності вже в готовому продукті чи напівпродуктах є активність оцтовокислих бактерій *Acetobacter* та *Gluconobacter* за наявності кисню [9].

Відомо, що бактерії, такі як *Lactobacillus sp.* і *Pediococcus sp.*, є продуцентами небажаних летких кислот; таким чином, вважається, що вони спричиняють псування вина [10]. Щоб визначити зіпсоване вино, ключовими факторами є його органолептичні показники – смак і аромат. Однак проблема виникає на початку оцтовокислого

бродиння, коли вміст оцтової кислоти є низьким і органолептично її можна прийняти за природну летку кислотність вина. В тих випадках винороби повинні додатково використовувати хімічні методи аналізу вмісту кислот.

Метою огляду є узагальнення відомих доступних методик експерес-контролю рівня кислотності виноматеріалів для використання в неспеціалізованих умовах крафтового виробництва.

Кислотність вина

та методи визначення вмісту кислот

Кислотність вина охоплює такі параметри:

- 1) значення рН вина та виноматеріалів;
- 2) вміст індивідуальних кислот;
- 3) загальна кислотність;
- 4) вміст летких кислот.

В Європі загальна кислотність у суслас і винах визначається нормами Міжнародної організації виноградарства та виноробства (OIV) [11] як сума кислот, що титруються до рН 7,0 за допомогою розчину NaOH шляхом автоматизованого титрування з індикатором бромтимоловим синім. Ні вугільна кислота, ні діоксид сірки не включають у визначення загальної кислотності. У США Асоціацією офіційних хіміків-аналітиків (AOAC) [12] встановлено рН 8,2, використовуючи індикатор титрування із фенолфталеїном як кінцеву точку. Загальна кислотність зазвичай виражається в грамах винної кислоти на літр (г/л) [13]. Зокрема, нормативно-законодавчою базою України встановлено визначення загальної кислотності (ЗК) контрольним методом (порівняння) шляхом потенціометричного титрування рН 7,0 чи титрування за участю індикатора бромтимолового синього порівняно із забарвленим еталонним розчином [14]. Визначення нелетких кислот нормується законодавчо та включає метод порівняння за участю індикатора бромтимолового синього. Загальну кислотність і вміст нелетких кислот виражають в мекв/л або в грамах винної кислоти на літр [15].

Титрована кислотність (ТК) – це визначення кислотності шляхом титрування сильною основою (NaOH) до рН 8,2 (АОАС, США), а кислотою для порівняння є винна кислота. Тобто ТК – це сума вмісту кислот і катіонів, таких як калій (K^+), натрій (Na^+) і кальцій (Ca^{2+}) [13, 16].

Титровані кислоти – це сума всіх кислот у вині, за винятком вугільної кислоти. Титровану

кислотність визначають титруванням вина (після видалення CO_2) до кінцевої точки титрування сильною основою і виражають протонним числом, отриманим як еквівалент концентрації обраної кислоти [16]. Кінцевою точкою титрування є $\text{pH} = 7,0$, а кислотою порівняння є сульфатна кислота. Титрована кислотність зазвичай знаходиться в діапазоні $6,0\text{--}12,0 \text{ г/дм}^3$, виражена в г винної кислоти в дм^3 досліджуваного продукту.

Вміст летких кислот – тест на стан “здоров’я” вина. Леткі кислоти представлені в основному оцтовою кислотою, яка може утворюватися в результаті окиснення етанолу мікроорганізмами *Mycoderma acetal*, розкладом винної кислоти в результаті життєдіяльності *Lactobacillus plantarum* або лимонної кислоти і *Leuconostoc oenos* [10, 16]. Для того, щоб правильно визначити концентрацію летких кислот, необхідно виключити CO_2 , консерванти, які могли бути додані. Наприклад, діоксид сірки, сорбінова кислота, саліцилова кислота та саліцилат натрію. Вміст летких кислот виражається в мекв/ дм^3 або в г/дм^3 сульфатної кислоти, або частіше оцтової кислоти. Метод передбачає перегонку з паром, оскільки 100 % відновлення оцтової кислоти неможливе при прямій дистиляції [11, 14].

Іноді виникає плутанина з термінологією, оскільки титровану кислотність (ТК) і загальну кислотність часто використовують як взаємозамінні. Загальний вміст кислот визначається як концентрація органічних кислот у винограді та вині, тоді як титрована кислотність – кількість йонів гідрогену, що витрачаються при титруванні стандартною основою до певної кінцевої точки [17].

Типовими показниками кислотності у виноградному соку та вині є pH та титрована кислотність (ТК), які широко використовують у виноградарстві. Вимірювання pH використовують для оцінки дозрівання винограду перед збором врожаю, наприклад, для розрахунку потреби в діоксиді сірки після ферментації та для оцінки ризику окиснення, оскільки вина з високим рівнем pH , як правило, більш схильні до окиснення. Титровану кислотність визначають для сенсорного сприйняття кислотності вина, тобто його терпкості, кислинки, різкості. Хоча pH і ТК пов’язані між собою, pH – це вимір ймовірності й швидкості протікання pH -залежних реакцій, в той час як ТК є

оцінкою кислотності вина, що сприймається органолептично.

У той час як кількісно вимірний показник ТК є завищеним за рахунок катіонів, вимірювання загальної кислотності є складним, оскільки вимагає можливості прямого кількісного визначення органічних кислот.

На виноробних підприємствах титрована кислотність є вираженням концентрації органічних кислот у суслі або вині. Основними органічними кислотами, що містяться у винограді, є винна, яблучна, в невеликій кількості лимонна та інші. На винну і яблучну кислоти припадає понад 90 % від загальної кількості наявних кислот, співвідношення винної та яблучної кислот становить приблизно 1:1 – 1:3. На фактичний склад і концентрацію кислот у суслі або вині впливає багато факторів, таких як сорт, кліматичний регіон і традиції вирощування. Знаючи точний склад органічних кислот у вині або суслі, виробник може приймати обґрунтовані рішення щодо вініфікації для оптимізації смаку та стабільності вина [18].

Оскільки на багато виноробних рішень впливає не тільки загальна або титрована кислотність, необхідно знати концентрацію окремих кислот, що становлять загальну кислотність вина. Існує широкий спектр методів вимірювання, доступних виноробам.

Одним з класичних методів ідентифікації органічних кислот є паперова хроматографія. Хроматографічний метод розділення суміші органічних кислот полягає в їхньому розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Отже, органічні кислоти послідовно проявляються залежно від швидкості, з якою зразки рухаються вгору по паперу, змоченому розчинником з одного боку. Проблема цього методу полягає в тому, що він не є кількісним і передбачає використання лінійки хімічних речовин і необхідність здійснювати аналіз у лабораторних умовах [19].

Іншим методом, який набув популярності на виноробних підприємствах, є ферментативний метод. У цьому методі використовують фермент, який вибірково використовує певну кислоту в хімічних перетвореннях, що призводить до зміни поглинання спектру та вимірюється спектрофотометром. Точність результатів, як правило, настільки ж висока, наскільки людина вміє піпетувати. Необхідне обладнання – спектрофотометр;

витратні матеріали включають набір ферментів і відповідні мікропіпетки. Слід зазначити, що ці набори мають термін придатності і повинні бути використані відразу після відкриття [20, 21].

Поряд із традиційними методами аналізу застосовують найсучасніші технології, зокрема високоефективна рідинна (ВЕРХ) та газова хроматографія (ГХ), молекулярно-ситова та афінна хроматографія із використанням іммобілізованих ферментів. Крім того, широко використовують хемо- та біосенсиори зі спектрофотометричним, хемілюмінометричним, флуоресцентним, амперометричним, потенціометричним та іншими способами реєстрації продукту. Серед інших високоточних методів – мас-спектрометрія (МС), атомна та молекулярна адсорбційна спектрометрія, зокрема електротермальна, а також електронна йонізація (ЕЙ). Для досягнення максимальної чутливості та селективності часто поєднують кілька методів аналізу, наприклад, ВЕРХ/МС, ГХ/МС, ВЕРХ/МС/МС,

МС/МС/ЕІ [22, 23]. Цими методиками досягається високоточний і детальний кислотний профіль продукту, проте методики є достатньо дорогими і вимагають наявності спеціалістів з роботи й обслуговування та лабораторних умов.

Аналізуючи вищенаведені методики, можна зробити висновки, що в умовах неспеціалізованих лабораторій найінформативнішими первинними показниками кислотності у виноробстві є визначення рівня рН та титрованої чи загальної кислотності виноградного соку або вина.

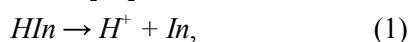
Експрес-методики визначення кислотності в неспеціалізованих умовах

Найпростішими методиками визначення рівня рН у вині та винограду соці є тест-смужки з нанесеним індикатором, які змінюють забарвлення залежно від значення рН середовища. У таблиці наведено перелік найпоширеніших кислотно-основних індикаторів зміни рН середовища [24].

Індикатори кислотності в діапазоні 2,8 – 3,2 – 3,6 – 4,0 – 4,4 [24]

№	Індикатор	Ідеальний діапазон (кислий) рН		Колір	
				Кислота	база
1	Тимоловий синій	1,2	2,8	Червоний	синій
2	Конго червоний	3,0	5,0	Синій	червоний
3	Метилловий оранжевий	3,0	6,3	Червоний	жовтий
4	Бромкрезоловий синій (зелений)	4,0	5,6	Жовтий	синій
5	Метилловий червоний	4,2	6,2	Рожевий	жовтий
6	Бромтимоловий синій	6,0	7,6	Жовтий	синій
7	Феноловий червоний	6,8	8,2	Жовтий	червоний

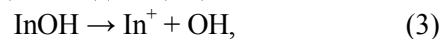
Виділяють дві теорії, що пояснюють принцип дії кислотно-основних індикаторів – теорія Оствальда і теорія хіноноїдів [25]. Згідно з першою теорією, кожен індикатор кислотно-основного стану є або слабкою кислотою, або слабкою основою. Вони можуть дисоціювати на відповідні йони і перебувають у рівновазі з дисоційованою формою. Згідно з принципом Ле-Шательє, щоб відновити рівновагу, яка порушується при додаванні надлишку кислоти або основи, індикатор стає йонізованим або нейонізованим та відповідно змінює колір. Слабокислі індикатори із загальною формою HIn піддаються дисоціації до H^+ та In^- [24]:



рівняння визначення константи рівноваги матиме такий вигляд:

$$pKa = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]}. \quad (2)$$

Аналогічно, коли взятий індикатор є слабкою основою, він може бути представлений як $InOH$, який піддається дисоціації таким чином:



і рівняння набуде такого вигляду:

$$pKa = \frac{[In^+][OH^-]}{[InOH]}. \quad (4)$$

Додавання кислоти або основи до цієї рівноваги призводить до того, що рівновага зміщується в бік, який може зменшити напругу.

Сторона, в яку змістилася рівновага, визначає колір індикатора [24].

Друга теорія ґрунтується на визначенні структурних змін в молекулі кислотного-основного індикатора, що відбуваються під час зміни рН. Вважають, що індикатори є таутомерами, здатними існувати як у бензеноїдальній, так і в хіноноїдальній формах. Індикатори мають світлий колір у бензеноїдальній формі та темний колір у хіноноїдальній формі існування, яка, у свою чергу, залежить від рН середовища. Зміна кольору відбувається внаслідок взаємоперетворення однієї таутомерної форми в іншу. Одна форма переважно існує в кислому середовищі, а інша – в лужному. Отже, під час титрування середовище змінюється з кислого на лужне або навпаки. Зміна рН перетворює одну таутомерну форму в іншу і, таким чином, відбувається зміна кольору.

Важливими характеристиками у виготовленні тест-смужок зміни рН є пропорції поєднання різних типів індикаторів з метою підвищення чутливості до зміни рН середовища, використання розчинників, спосіб нанесення на папір.

Запатентовано спосіб приготування індикатора шляхом розчинення метанілового жовтого, малахітового зеленого, кислотного бірюзового синього, бромфенолового синього, крезолового червоного, м-крезолового фіолетового і бромкрезолового зеленого у 30 % водному розчині етанолу. При цьому попередньо просочують основний папір рН-тесту в підготовленому розчині індикатора з подальшим сушінням гріючою парою 95–105 °С за нормального тиску. Метод є простим, передбачає вищу чутливість і точність порівняно зі звичайним тест-папером [26]. Реагенти для аналізу вина готують з 0,2–0,6 % метилового червоного, 0,2–0,6 % геліантину, 0,5–1,5 % феноталіну, 1,5–2,0 % бромтимолового синього, 6–7 % спиртового розчину і 90–95 % дейонізованої води [27].

Отже, методики одержання комбінованих індикаторів є доволі різноманітними в приготуванні, мають широке використання в галузі наукових досліджень, промисловості, сільського господарства, харчової промисловості. Що стосується специфіки виноробної промисловості чи виробництва соків, то слід врахувати кольоровість власне початково досліджуваного продукту.

Альтернативою синтетичних індикаторів, які забруднюють навколишнє середовище і дороги,

є індикатори з природних джерел, які були б економічно вигідними та мінімізували токсичність і забруднення довкілля [28]. Розглянуто лінійку індикаторів на основі природних речовин, таких як куркумін, лапахол, кохінеал, юглон, лоусон, що можуть мати індикаторні властивості. Завдяки молекулярній структурі, функціональності фітохімічних речовин, вони діють як індикатори. Виявлено, що сім рослинних екстрактів добре функціонують у титруванні сильних кислот і сильних основ: фіолетова капуста, буряк, червона квітка гібіскусу, порошок куркуми, квітка червоної троянди, листя лавсонії, або хна. Пігменти та фітокомпоненти були виділені методами екстракції із застосуванням різних розчинників, і як індикатор вони мають різку зміну кольору за різних рівнів рН при кислотно-основному титруванні.

Отже, враховуючи такі ознаки, як екологічність, простота, нешкідливість, перевагу було надано індикаторам на основі природних компонентів перед синтетичними. Аналіз літературних джерел свідчить про обмежену кількість фітокомпонентів та пігментів. Тож є потреба в нових природних пігментах для проведення експериментальних досліджень із точними та чіткими результатами [28–30].

Поряд із індикаторними смужками широко використовують комплексні набори для визначення загальної кислотності, вільного SO₂, загального вмісту сульфіту (вільного і зв'язаного) у винах, сидрі, ігристих вин (напр. Vinoferm Vinotest (Німеччина), які є найпоширенішими у використанні для виробництв без лабораторного обладнання [31]. Комплексні набори містять мірний циліндр з однією чи кількома шкалами і набір реактивів залежно від спектру визначуваних показників. Методика визначення загальної кислотності ґрунтується на додаванні (прикапуванні) розчину луку до фіксованого об'єму зразка за наявності індикатора на основі бромтимолового синього.

Можливі варіанти поєднання сухого хімічного методу і тест-набору для швидкого кількісного аналізу загального вмісту кислоти у вині та суслі. До зразка, який аналізують, додають слаболужний буфер, а загальний вміст кислоти визначають за отриманим значенням рН за допомогою тест-палички з індикатором рН [32].

Для визначення вмісту кислот у всіх видах фруктів, сировини для приготування соків і вина

використовують найпростіші кислотоміри – прилади, призначені для вимірювання кислотності. Прилад складається з мірного циліндра із відповідною шкалою та ємності з індикатором бромтимоловим синім. Вимірювання кислотності ведуть шляхом прикапування індикатора при перемишуванні до першої зміни кольору.

Залежно від різновиду сировини на циліндрі є відповідні позначення. Показник загальної кислотності визначають прямим розрахунком в г кислоти/л вина. Кількість мл індикатора, що витратили на титрування, зчитують із шкали циліндра, що і визначає кислотність суслу. Вимоги до суслу – має бути очищеним від часточок фруктів.

Слід зазначити, що для суслу з винограду, що містить переважно винну кислоту, циліндр наповнюють до позначки “О”. Для суслу кісточкових фруктів, що містить переважно яблучну кислоту, – до рівня “J” і доливають воду до “О”. Для суслу з ягід з високим вмістом лимонної кислоти (чорниця, ожина, смородина, малина) – до рівня “С” і доливають воду до “О”. Таким чином “ручний” титриметричний метод дає можливість швидко визначити кислотність сировини, залежно від складу основних кислот, що містяться в ній.

Висновки

Проаналізовано основні експрес-методи оцінки вмісту кислот в сировині і напівпродуктах виноробної галузі, насамперед в умовах, доступних для крафтових виробників. Оцінено потенціометричний метод чи використання індикаторних тест-смужок як швидкий, простий, що не вимагає хімічних реагентів, проте враховує тільки силу кислотності без кількісної оцінки загальної кислотності. Перспективними в цій галузі є дослідження з використанням екологічних природних окисно-відновних індикаторів.

Тест-набори для швидкого визначення загальної кислотності ґрунтуються на принципі титрування зразка індикатором бромтимоловим синім (чи його поєднанням з іншими індикаторами). Розглянуто варіанти поєднання потенціометричного та титриметричного методів. Методи вимагають ретельного титрування і можуть бути менш точними за наявності сильних пігментів. Що стосується вмісту летких кислот, то методи вимагають спеціалізованого обладнання для їх відгонки.

Встановити високоточний і детальний кислотний профіль досліджуваних зразків можна тільки за використання високоефективної рідинної хроматографії. Ці дослідження є досить дорогими, вимагають наявності спеціалізованих умов та кваліфікованого персоналу для їх виконання.

Отже, потенціометричні й титриметричні методики та їх поєднання є первинними експрес-методами визначення кислотності виноматеріалів в неспеціалізованих умовах, удосконалення і розширення яких буде спрямовано на підвищення точності та відтворності.

References

1. Pechko, V. (2025, January) Pro tradytsii, yakist ta maibutnie vynorobnoi Ukrainy. *Napoi. Tekhnolohii ta Innovatsii*, 4(102), 6–10. [in Ukrainian]
2. Zvierkova, Yu. (2024). Zahartovani pid chas viiny. Shcho take Wines of Ukraine ta yak rozvyvaiutsia kraftovi vyna Ukrainy sohodni. *Food*. <https://nv.ua/ukr/food/eat/shcho-take-wines-of-ukraine-diyalnist-spiivpracya-z-mizhnarodnimi-partnerami-ta-populyarizaciya-vina-50400320.html> [in Ukrainian]
3. Pro vynohrad ta produkty vynohradarstva. No. 9139. (2023). [in Ukrainian]
4. Kichura, D. B., Nykulyshyn, I. Ie., Dzyniak, B. O. (2019). Suchasnyi pohliad na tekhnokhimichni kontrol produktii vynorobstva. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2(2), 85–90. doi: <https://doi.org/10.23939/ctas2019.02.085> [in Ukrainian]
5. Dzyniak, B. O., Subtelnyi, R. O. (2016). *Tekhnolohiia vyna. Elektronnyi navchalno-metodychnyi kompleks*. Lviv, vydavnytstvo NU “Lvivska politekhnika” [in Ukrainian]
6. Pavloušek, P., Kumšta, M. (2011). Profiling of primary metabolites in grapes of interspecific grapevine varieties: sugars and organic acids. *Czech J. Food Sci.*, 29(4), 361–372. doi: 10.17221/257/2010-CJFS
7. Ali, K., Maltese, F., Hae, Choi Y., Verpoorte R. (2009). Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. *Phytochemistry Reviews*, 9, 357–378.
8. Gambuti, A., Picariello, L., Forino, M., Errichiello, F., Guerriero, A., & Moio, L. (2022). How the Management of pH during Winemaking Affects Acetaldehyde, Polymeric Pigments and Color Evolution of Red Wine. *Applied Sciences*, 12(5), 2555. doi: <https://doi.org/10.3390/app12052555>
9. Payan, C., Gancel, A.-L., Jourdes, M., Christmann, M., & Teissedre, P.-L. (2023). Wine acidification methods: a review. *OENO One*, 57 (3), 113–126. doi: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.3.7476>

10. Mitina, I., Grajdieru, C., Sturza, R., Mitin, V., Rubtov, S., Balanuta, A., Behta, E., Deaghileva, A., Inci, F., Haciosmanoğlu, N., Zgardan, D. (2025). Molecular Detection of *Acetobacter aceti* and *Acetobacter pasteurianus* at Different Stages of Wine Production. *Foods*, 14(1), 132. doi: <https://doi.org/10.3390/foods14010132>.
11. International Organisation of Vine and Wine. Retrieved from www.oiv.int
12. AOAC (2000). Official Methods of Analysis, Association of official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 17th edition.
13. Vicente, J., Baran, Y., Navascués, E., et al. (2022). Biological management of acidity in wine industry: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 375, 109726. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109726](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109726).
14. Vyna i vynomaterialy. Vyznachennia zahalnoi kyslotnosti. Kontrolnyi metod. DSTU 4112.13. (2002). [in Ukrainian]
15. Vyna i vynomaterialy. Metod vyznachennia neletkykh kyslot. DSTU 4112.15-2002. (2002). [in Ukrainian]
16. Rajković Miloš B., Sredović Ivana D. (2009). The determination of titratable acidity and total tannins in red wine. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 54(3), 223–246. doi: <https://doi.org/10.2298/JAS0903223R>
17. Darias-Martin, J., Socas-Hernández, A., Diaz-Romero, C., Diaz-Diaz, E. (2003). Comparative Study of Methods for Determination of Titratable Acidity in Wine, *J. of Food Composition and Analysis*, 16, 555–562.
18. Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., and Kunkee, R. E. (2013). Principles and practices of winemaking, *Springer-Verlag New York Inc.*
19. Meyer, V. R. (2005). Chromatography. Overview. *Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition)*, 89–98. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00090-X>
20. Khelfi, A. (2024). Enzymatic Methods. In Biomarkers of Oxidative Stress: Basics and Measurement of Oxidative Stress. *Cham: Springer Nature Switzerland*.
21. Passonneau, J. V., & Lowry, O. H. (2008). Enzymatic analysis: a practical guide. *Springer Science & Business Media*.
22. Teixeira dos Santos, C. A., Páscoa, R. N. M. J., Pérez-del-Notario, N., González-Sáiz, J. M., Pizarro, C., & Lopes, J. A. (2024). Application of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy for the Assessment of Wine Spoilage Indicators: A Feasibility Study. *Molecules*, 29(8), 1882. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules29081882>
23. Haida, H. Z., Klepach, H. M., Synenka, M. M., Stasiuk, N. Ye., Honchar, M. V. (2015). Suchasni metody analizu yakosti vyn. *Scientific Journal "ScienceRise"*, 6/1(11) doi: [10.15587/2313-8416.2015.45118](https://doi.org/10.15587/2313-8416.2015.45118) [in Ukrainian]
24. Sajin, K.A., et al. (2020). pH Indicators: A Valuable Gift for Analytical Chemistry. *Saudi J Med Pharm Sci*, 6(5), 393–400. doi: [10.36348/sjmps.2020.v06i05.001](https://doi.org/10.36348/sjmps.2020.v06i05.001)
25. Vishnoy, N. K., Shukla, R. J. (2010). Textbook of Physical chemistry, Vol 2, *Ane Books Pvt. Ltd, New Delhi*.
26. Hangzhou Special Paper Industry Co Ltd. (2012). Preparation method of accurate pH test paper. Patent No. CN103033511A.
27. Color wine testing agent. (2004). Patent No. CN1746664A.
28. Mrinmoy, N., Rakesh Kumar, P., Souvik, B., Debaprotim, D., Dipan, R., Pradeeptima, B., Souvik, Ch., Ankita, M. (2023). A Review on Application of Natural Indicators in Acid-base Titration. *Pharmacognosy Reviews*, 17(34), 308–319. doi: [10.5530/phrev.2023.17.1](https://doi.org/10.5530/phrev.2023.17.1)
29. Dara, S. R., et al. (2024). An Overview of the Use of Natural Indicators in Acid-Base Titrations UPI. *j. pharm. med. health sci*, 7(1), 29–35. doi: <https://doi.org/10.37022/jpmhs.v7i1.103>
30. Patil, S. B., Kondawar, M. S., Ghodke, D. S., Naikwade, N. S., Magdum, C. S. (2009). Use of flower extracts as an indicator in acid-base titrations. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 2(2), 421–422.
31. Vinfoerm Vinotest. Retrieved from <https://brouwland.com/en/sitemap>
32. Tanzer, D., Kratschmer, U. Verfahren und mittel zur bestimmung von gesamtsäure. (2002). Patent No. EP1438576B1.

O. M. Nahurska, R. V. Nebesnyi, O. B. Fedotova, L. I. Shevchuk, B. O. Dzinyak

Lviv Polytechnic National University,
Department of Organic Products Technology

DETERMINATION OF THE ACIDITY OF WINE MATERIALS IN THE CONDITIONS OF CRAFT PRODUCTION. REVIEW

The influence of various factors on the content of organic acids in the raw materials of the wine industry is considered. The express methods of acidity determination in winemaking, in particular potentiometric, titrimetric and combined approaches available for small producers, are analysed. The advantages and limitations of each of the methods, as well as the prospects for the use of natural indicators are considered. High-performance liquid chromatography (HPLC) is identified as the most accurate method, though its use is limited due to high cost and the need for specialized equipment. For preliminary analysis, potentiometric and titrimetric methods are recommended, with further improvement aimed at enhancing the accuracy of acid composition assessment.

Keywords: wine material, wine, total acidity, titratable acidity, indicator, pH measurement.