

УДК 663.423:663:41:633.791

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.150.29>

МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ХМЕЛЕПРОДУКТІВ

Кошицька Н.А. – к.с.-г.н., ст. досл.,

провідний науковий співробітник відділу біохімії хмелю та пива і біотехнології,

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-5432-1630

Проценко Л.В. – к.т.н., с.н.с.,

завідувачка відділу біохімії хмелю та пива і біотехнології,

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-7746-0270

У даній статті наведено моніторинг якості українських хмелепродуктів. На основі біохімічної оцінки та ідентифікації встановлено якість гранул хмелю типу 90 тонкоароматичних і ароматичних (Клон 18, Злато Полісся, Слово 'янка, Національний, Заграва, Перлина) та гірких (Хсанта, Альта, Магнум, Промінь.) сортів. Визначено вміст α -кислот, β -кислот, колулулон в складі β -кислот, когумулону в складі α -кислот, співвідношення кислот β/α . Проаналізовано вміст олії в гранулах та основні компоненти, такі як: мірцен, каріофілен, фарнезен і гумулен. Дослідження проводилися в Інституті сільського господарства Полісся НААН у 2024–2025 роках в сертифікованій лабораторії. Для досліджень використані лабораторні сучасні міжнародні фізико-хімічні методи визначення якісних показників хмелю, спеціальні та загальноприйняті в хмелярській галузі згідно ДСТУ 4099:2009 «Хміль. Правила відбирання проб та методи випробування». Проаналізовано зразки від виробничих партій гранульованого хмелю та на основі отриманих даних зроблено висновок що, біохімічний склад гірких речовин та ефірної олії хмелю як тонкоароматичних і ароматичних так і гірких сортів є сортовою особливістю. В тонкоароматичних та ароматичних гранулах сортів хмелю вміст α -кислот знаходиться в межах від 3,0 % у сорту Клон 18 до 5,4 % сорту Перлина. Вміст β -кислот в досліджуваних гранулах становить від 3,7 % у сорту Клон 18 до 5,7 % у гранулах сортів Заграва та Перлина. Вміст когумулону в складі α -кислот у досліджуваних сортах становить 21,2–28,2 %, а колулулону в складі β -кислот відповідно 38,4–50,4 %. Всі сорти гранул хмелю мають різний вміст ефірної олії. Найвищий показник у гранулах гіркоароматичного сорту Магнум (2,13 мл/100 г гранул хмелю), а найменший у тонкоароматичного Клон 18 (0,35 мл/100 г гранул хмелю).

Підтверджено, що у досліджуваних хмелепродуктах українського виробництва вміст та склад гірких речовин та ефірної олії знаходиться на високому рівні та відповідає паспортним даним сортів. Проведення даних досліджень дає можливість підвищити якість пива та розширити асортимент продукції.

Ключові слова: гранули хмелю, якість, біохімічна оцінка, гіркі речовини, ефірна олія хмелю, сорти хмелю.

Koshytska N.A., Protchenko L.V. Monitoring the quality of Ukrainian hop products

This article presents the monitoring of the quality of Ukrainian hop products. Based on biochemical assessment and identification, the quality of hop granules type 90 of finely aromatic and aromatic (Clone 18, Zlato Polissya, Slovyanka, National, Zagrava, Perlyna) and bitter (Xanta, Alta, Magnum, Promin.) varieties was established. The content of α -acids, β -acids, colupulone in the composition of β -acids, cohumulone in the composition of α -acids, the ratio of β/α acids was determined. The oil content in the granules and the main components, such as: myrcene, caryophyllene, farnesene and humulene, were analyzed. The studies were conducted



© Кошицька Н.А., Проценко Л.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

at the Institute of Agriculture of Polissya NAAS in 2024–2025 in a certified laboratory. For the research, modern international laboratory physicochemical methods for determining the quality indicators of hops, special and generally accepted in the hop industry according to DSTU 4099:2009 "Hops. Sampling rules and test methods" were used. Samples from production batches of granulated hops were analyzed and based on the data obtained, it was concluded that the biochemical composition of bitter substances and essential oil of hops of both fine-aromatic and aromatic and bitter varieties is a varietal feature. In fine-aromatic and aromatic granules of hop varieties, the content of α -acids is in the range from 3.0% in the Klon 18 variety to 5.4% in the Perlyna variety. The content of β -acids in the studied granules is from 3.7% in Klon 18 to 5.7% in granules of the Zagrava and Perlyna varieties. The content of cohumulone in the composition of α -acids in the studied varieties is 21.2–28.2%, and colupulone in the composition of β -acids is 38.4–50.4%, respectively. All varieties of hop granules have different contents of essential oil, which is a varietal feature. The highest indicator is in the granules of the bitter-aromatic variety Magnum (2.13 ml/100 g of hop granules), and the lowest in the finely aromatic Clone 18 (0.35 ml/100 g of hop granules).

It is confirmed that in the studied hop products of Ukrainian production the content and composition of bitter substances and essential oil is at a high level and corresponds to the passport data of the varieties. Conducting this research makes it possible to improve the quality of beer and expand the range of products.

Key words: hop pellets, quality, biochemical assessment, bitter substances, hop essential oil, hop varieties.

Постановка проблеми. Перспективність використання продуктів переробки хмелю не тільки у пивоварінні але й у інших галузях людської діяльності, підтверджують дані світових науковців та власні, які висвітлюють широкий спектр та високу біологічну активність хмелю.

Незважаючи на виклики сьогодення, сучасна пивоварна промисловість України намагається працювати на досить високому технологічному рівні. Питання збільшення об'ємів та асортименту хмелепродукції для виходу на європейський ринок вимагає, також, відповідності євро стандартам з підвищенням вимог до якості сировини.

Ефективне використання шишкованого та пресованого хмелю передбачає перероблення його в гранули, що забезпечує тривале зберігання зі збереженням цінних речовин, а також зручне транспортування за рахунок зменшення об'ємної маси. Найпоширенішого та раціонального застосування в пивоварінні набули гранули тип 90. Вони за хімічним складом практично не відрізняються від шишок хмелю. Використання гранул є на 10 % економніше та зручніше у пакуванні та дозуванні для суслу.

Основне завдання, яке стоїть нині перед галуззю хмелярства, – це підвищення урожайності та покращення якості хмелепродукції. Від якості хмелю та хмелепрепаратів, отриманих з нього, залежить не лише якість пива, але й ефективність пивоварного виробництва в цілому, а виробництво високоефективних хмелепродуктів та забезпечення їх стабільності, забезпечить вихід на закордонних товаровиробників.

В Інституті сільського господарства Полісся НААН України, майже щороку створюються нові та удосконалюються вже існуючі високопродуктивні сорти хмелю, які за якісними показниками можуть конкурувати зі світовими сортами. Але, враховуючі постійні зміни клімату, хмельові насадження зазнають негативного впливу від посухи, ранніх заморозків, шкідників та хвороб, інших несприятливих абіотичних та біотичних факторів, що впливають на зниження вмісту гірких речовин, поліфенолів, ефірної олії. Тому, для контролю показників якості хмелю та хмелепродуктів, науковцями інституту проводяться дослідження

з комплексної оцінки перспективних сортів хмелю на основі біохімічних та технологічних критеріїв, що дає можливість встановити їх конкурентоспроможність. Такі дослідження вкрай необхідні для пивоварної промисловості для підвищення якості пива, розширення асортименту продукції і в жодному науковому закладі України не проводяться.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Селекціонерами України виведено більше 30 сортів хмелю, особливістю яких є широке різноманіття за вмістом гірких речовин, поліфенолів та ефірної олії. Як відомо, хімічний склад шишок, а отже і виготовлених з них гранул, коливається у дуже широких межах. Він залежить від сорту, ґрунтових і кліматичних умов вирощування, термінів збирання, засобів післязбирального обробітку та умов зберігання хмелю [1].

Для пивоваріння найбільше значення має вміст у гранулах хмелю специфічних сполук, а саме гірких речовин, яких у хмелі налічується близько 100, 325 компонентів ефірної олії та понад 90 поліфенольних сполук. Вони надають пиву оригінальної гіркоти, сприяють пінистості та разом з іншими чинниками формують особливості бажаного букета пива. Також, сполуки хмелю є ефективними інгредієнтами для осадження високомолекулярних азотовмісних речовин із суслу, беруть участь у освітленні пива, а також чинять бактерицидну і консервуючу дію на кінцевий продукт, підвищуючи стійкість пива під час його зберігання до вживання [2].

На сьогоднішній день пивзаводи України використовують в своїх технологіях різні продукти переробки хмелю але основними гранули тип 90, гранули тип 45, збагачені лупуліном гранули, ізомеризовані гранули, екстракти (етанольні, вуглекислотні, ізомеризовані, редуруючі) та хмелева олія і емульсії ефірних олій [3, 4].

В Україні хміль в переробляють у гранули тип 90, які практично за хімічним складом не відрізняються від шишкового хмелю [5, 6]. Перевагою використання хмелевих гранул перед шишковим хмелем є те, що при охмелінні суслу поліпшується дисперсія, екстракція і ізомеризація альфа-кислот. Економія хмелю при їх використанні складає близько 10 %. При гранулюванні хмелю більшість лупулінових залозок травмується і смоли, що містяться в них краще розчиняються в порівнянні з шишковим хмелем. Гранульований хміль зручніше дозувати як при пакуванні, так і при охмелінні суслу. До того ж, об'ємна маса гранульованого хмелю значно менша, ніж спресованого, тож зменшуються транспортні й складські витрати [4, 5].

Сучасні підприємства для якісної переробки шишок хмелю розташовані в Житомирській області, що є центральним регіоном виробництва хмелю в Україні. Завод із переробки хмелю на гранули компанії ТОВ «Хміль України» з сучасною пакувальною лінією, розташований в місті Житомир. На сучасному обладнанні німецької фірми PROBST, щогодини може виготовлятися 500–550 кг високоякісних гранул хмелю. Інше підприємство із виробництва гранул хмелю розташоване у фермерському господарстві «Еліта-Хміль» в Бердичівському районі Житомирської області. Це сучасний комплекс, в основі якого працює чеська лінія грануляції хмелю MGL 400, яка може щогодини виробляти до 300 кг високоякісних гранул хмелю.

На даних підприємствах налагоджено виробництво гранул хмелю за удосконаленою науковцями Інституту сільського господарства Полісся НААН технологією, яка передбачає оптимізацію масової частки вологи гранульованого хмелю до 7–8 %. Це дало змогу покращити біохімічні показники гранул хмелю та подовжити термін їх зберігання [3].

Постановка завдання. Метою дослідження було встановити якість хмелепродукції українського виробництва в сучасних умовах на основі біохімічної оцінки та ідентифікації. Дослідження проводились в 2024–2025 роках, в умовах акредитованої

лабораторії відділу біохімії хмелю і пива та біотехнології Інституту сільського господарства Полісся НААН (ІСГП НААН). Досліджувались гранули хмелю тонкоароматичних та ароматичних сортів хмелю української селекції: Клон 18, Злато Полісся, Слов'янка, Національний, Заграва, Перлина, а також гіркі сорти з добре вираженим хмелевим ароматом: Ксанта, Альта, Магнум, Промінь. Гранули хмелю виготовлені на сучасному грануляторі у фермерському господарстві «Еліта-хміль», що спеціалізується на вирощуванні та переробці хмелю. Господарство розташоване в Бердичівському районі Житомирської області. Відбір зразків гранул хмелю кожного сорту проводили безпосередньо після їх виготовлення відповідно до чинних нормативних документів [3].

Для досліджень використані лабораторні сучасні міжнародні фізико-хімічні методи визначення якісних показників хмелю, спеціальні та загальноприйняті в хмелярській галузі згідно ДСТУ 4099:2009 «Хміль. Правила відбирання проб та методи випробування», зокрема: методи аналізу гірких речовин хмелю і хмелепродуктів та продуктів їх перетворення в процесі пивоваріння: високоефективна рідинна хроматографія, газова хроматографія, кондуктометрія, спектрофотометрія, тощо, а також методи контролю, гармонізовані з методиками Європейської Пивоварної Конвенції; математико-статистичні з використанням дисперсійного і кореляційно-регресивного аналізу для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень [3, 7–9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження біохімічного складу гранул хмелю сортів, які використовуються на пивоварних заводах України показали, що в тонкоароматичних та ароматичних гранулах кількість α -кислот згідно даних табл. 1 коливається від 3,0 % у сорті Клон 18 до 5,4 % гранулах сорту Перлина. Уміст β -кислот в досліджуваних гранулах становить від 3,7 % у Клон 18 до 5,7 % у гранулах сорту Заграва та Перлина.

Таблиця 1

Біохімічні показники якості гранул хмелю українського виробництва за 2024–2025 роки (середнє при $n=3$, $P \geq 0.95 \pm$ стандартне відхилення)

№ п/п	Гранули сорту хмелю	Масова частка, %		β/α, ЕВС 7.7	Когумулон в складі α-кислот, %	Колупулон в складі β-кислот, %
		α-кислот, ЕВС 7.5	β-кислот, ЕВС 7.7			
Гранули тонкоароматичного та ароматичного типу хмелю						
1	Клон – 18	3,0±0,35	3,7±0,42	1,23	23,7±0,45	42,5±0,90
2	Злато Полісся	3,5±0,29	4,4±0,34	1,25	22,9±0,74	40,5±1,01
3	Слов'янка	4,7±0,41	5,6±0,51	1,29	22,1±1,01	41,2±1,35
4	Національний	4,5±0,45	5,1±0,48	1,13	21,2±1,03	38,4±0,63
5	Заграва	5,3±0,59	5,7±0,65	1,07	23,0±2,35	44,5±3,17
6	Перлина	5,4±0,52	5,7±0,56	1,05	24,3±1,51	43,5±2,34
Гранули гіркого типу хмелю						
7	Ксанта	6,9±0,61	5,0±0,59	0,72	28,2±0,71	50,4±2,1
8	Альта	7,5±0,40	5,1±0,57	0,67	24,6±1,60	46,9±1,30
9	Магнум	11,4±0,81	7,9±0,42	0,75	25,2±2,10	45,7±2,01
10	Промінь	6,1±0,35	3,8±0,29	0,62	26,4±1,61	45,8±1,98

Важливо нагадати, що серед комплексу сполук, що належать до загальних смол хмелю, найбільш цінними для пивоваріння є α -кислоти. Уміст α -кислот, залежно від селекційного сорту досліджуваних гранул хмелю, коливається від 3,0 до 11,4 %. Вони мають основне значення в утворенні гіркоти пива при охмелінні суслу. Кількість α -кислот є також основним ціноутворюючим фактором оцінки хмелю та продуктів його переробки.

Разом з α -кислотами гіркоту хмелю зумовлюють і β -кислоти. Вони не гіркі на смак, але в процесі окислення утворюються сполуки, що мають приємну гіркоту [3, 10]. Уміст β -кислот також залежно від селекційного сорту коливається від 3,7 до 7,9 % в українських сортах. У складі гірких речовин хмелю міститься не менш 30–42 % α -кислот та 20–58 % β -кислот.

В лупулінових зернах шишок хмелю синтезуються лише α -кислоти, β -кислоти та ксантогумол, всі інші компоненти утворюються під час перетворення (окиснення, трансформації) цих сполук. Процес окиснення нативних гірких речовин і перетворення їх в м'які смоли починається вже під час дозрівання шишок. Але в свіжозібраному хмелі уміст неохарактеризованих м'яких смол незначний. Збільшення кількості м'яких смол і поява твердих смол відбувається у результаті сушіння та зберігання хмелесировини, коли умови для процесу окислення стають більш сприятливими [3, 11].

Необхідно відмітити, що гранули хмелю, виготовлені з сортів української селекції Заграва та Слов'янка мають значно вищі, порівняно з гранулами закордонних сортів, показники вмісту β -кислот – 5,7 та 5,6 % відповідно. Однією з основних властивостей β -кислот є висока антисептична дія, що важливо для підвищення стійкості пива при зберіганні [12].

Великого значення в утворенні смаку напою та якості гіркоти пива має якісний склад гомологів (когумулону), що входять до складу вихідних α -кислот хмелю після їх ізомеризації. Кількісний уміст когумулону у фракції α -кислот є одним з характерних ознак селекційного сорту. Сорти хмелю з умістом когумулону 40–50 % використовуються, в основному, для одержання екстрактів, ізомеризованих препаратів, оскільки в натуральному вигляді не застосовуються при виробництві пива [13]. Когумулону в складі α -кислот знаходиться в межах 21,2–24,4 % у тонкоароматичних та ароматичних досліджуваних сортів, та в межах 24,6–28,2 % у гірких сортів.

Вміст колупулону в гранула хмелю, одного з гомологів β -кислот, знаходиться в межах паспортних даних і становить у тонкоароматичних і ароматичних сортах 38,4–44,5 %, а в гірких 45,7–50,4 %.

Ефірна олія хмелю, яка в значній мірі визначає смак і аромат пива, являє собою суміш з більш 300 компонентів [14]. Склад їх представлений різними класами органічних сполук і залежить від сорту, року врожаю, місця вирощування, термінів збирання врожаю, технології сушіння та зберігання. Характеристики компонентів ефірної олії хмелю, зокрема склад монотерпенів та сесквітерпенів, постійно змінюються – від початку формування шишок хмелю, настання технічної та фізіологічної стиглості, переробки хмелю у відповідний хмелепродукт та використання його в пивоварінні [15, 16]. Склад ефірної олії досліджуваних сортів хмелю представлений в табл. 2.

Отже, склад олії змінюється залежно, насамперед, від сорту хмелю і від безлічі інших чинників, але більшість їх компонентів, як видно з даних табл. 2 – це терпени, а саме: моно- і сесквітерпени, що становлять 50–80 % від загальної кількості ефірної олії.

Таблиця 2

Біохімічні показники ефірної олії гранул хмелю українського виробництва за 2024 рік (середнє при $n=3$, $P \geq 0.95 \pm$ стандартне відхилення)

№ п/п	Гранули сорту хмелю	Загальна кількість ефірної олії, мл/100 г гранул хмелю	Мірцен	Каріофілен	Гумулен	Фарнезен
Гранули тонкоароматичного та ароматичного типу хмелю						
1	Клон – 18	0,35±0,52	22,1±1,25	9,2±0,85	25,5±1,15	16,7±0,97
2	Злато Полісся	0,40±0,53	21,5±1,34	9,5±0,21	25,7±1,19	16,1±1,16
3	Слов'янка	0,80±0,55	28,0±1,48	8,7±0,18	17,5±0,14	14,5±0,22
4	Національний	0,70±0,44	24,2±1,31	9,8±0,20	18,6±0,18	17,8±0,24
5	Заграва	1,20±0,55	24,7±1,24	12,8±0,24	26,9±0,37	14,5±0,19
6	Перлина	1,10±0,16	24,5±0,48	8,9±0,13	17,2±0,16	14,3±0,18
Гранули гіркого типу хмелю						
7	Ксанта	0,87±0,53	38,1±1,15	8,1±0,12	14,6±0,29	<1,0
8	Альта	1,20±0,65	28,5±1,11	8,8±0,12	16,1±0,31	<1,0
9	Магнум	2,13±0,55	27,3±1,13	5,7±0,22	22,6±0,36	<1,0
10	Промінь	1,00±0,34	31,5±1,10	5,6±0,26	18,6±0,29	12,8±0,28

У гранулах українських сортів хмелю в складі ефірної олії міститься мірцену від 21,5 % сорту Злато Полісся до 27,3 % в сорту Магнум. Каріофілен в ароматичних сортах знаходиться в межах 8,7–12,8 %, що характерно для європейських сортів. Всі тонко ароматичні та ароматичні сорти мають в складі ефірної олії досить високий вміст від 14,3 до 17,8 % фарнезену (табл. 2).

Також дана сполука в значній кількості 12,8 % міститься в ефірній олії гранул сорту Промінь, який є серед гірких сортів єдиним представником, що має фарнезеновий тип ефірної олії. Однак, найбільшу кількість фарнезену в складі ефірної олії має сорт Національний, вміст якого становить до 17,8 %. Вміст гірких речовин та ефірної олії у досліджуваних сортах хмелю відповідає паспортним даним [17].

Серед досліджуваних сортів, які внесені до реєстру рослин, можна відзначити новий сорт Перлина виведений науковцями ІСГП НААН, що належить до елітної групи тонкоароматичних та ароматичних сортів хмелю, вирізняється унікальним складом гірких речовин й ефірної олії фарнезенового типу та має вищий порівняно з еталонним сортом Слов'янка вміст α -кислот та оптимальне співвідношення (біля 1) β - й α -кислот. Масова частка когумулону в складі α -кислот у досліджувані роки варіювала в межах 24,3 %, колупулону в складі β -кислот – 43,5 %, тобто сорт Перлина має високоякісний склад гірких речовин, що характерно для найкращих сортів світової колекції.

Завдяки своїм біохімічним та технологічним характеристикам сорт Перлина позитивно зарекомендував себе в пивоварів. Порівняно з раніше створеним еталонним сортом Слов'янка він має кращі органолептичні та біохімічні показники, а саме: вищий вміст та кращу якість ефірної олії, від якої безпосередньо залежать смакоароматичні властивості пива. Новий сорт відповідає критеріям моделі хмелепродуктів для пивоваріння, як-от: ніжно-хмелевий аромат, колір, що змінюється від світло-жовто-зеленого до золотисто-зеленого, вміст β/α -кислот на рівні 4,5–9,2 %, коефіцієнт ароматичності β/α – 0,9–1,2, вміст поліфенольних сполук – 4,0–5,5 % і навантаження їх на 1 г α -кислот понад 2,0, фарнезеновий тип ефірної олії [18].

Висновок. Проведеними дослідженнями доведено, що хімічний склад ефірної олії хмелю як гірких так і ароматичних сортів є сортовою особливістю.

Підтверджено, що у досліджуваних хмелепродуктах українського виробництва уміст та склад ефірної олії відповідає паспортним даним досліджуваних сортів. Впровадження нових сортів дозволить розширити ринок асортименту хмелепродукції із визначеними характеристиками, що є важливою передумовою забезпечення достатнього рівня конкурентоспроможності української продукції хмелярства на світовому ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ляшенко М.І. Пивоварна якість сортів хмелю української селекції. Житомир: Агропромислове виробництво Полісся. 2011. № 4. С. 81-85.
2. Бобер А. В., Милимуха Б. В., Чихман О. В. Дослідження якості хмелю і хмелепродуктів, що використовуються у пивоварінні. Київ: Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. 2015. №. 210, ч. 1. С. 221-226. Режим доступу: <https://agriculturalscience.com.ua/uk/journals/210-ch-1-2015>
3. Проценко Л.В., Ляшенко М.І., Свірчевська О.В., Гринюк Т.П., Власенко А.С. Методологія оцінювання хмелю і хмелепродуктів (за ред. Л.В. Проценко). Житомир: «Рута». 2020. 72с. Режим доступу: <https://isgpnaan.org/vidavnicha-diyalnist/226.html>.
4. Ksenija Rutnik, Maša Knez Hrnčič & Iztok Jože Košir Hop Essential Oil: Chemical Composition, Extraction, Analysis, and Applications, Food Reviews International, 2022. 38: sup1, 529-551, DOI:10.1080/87559129.2021.1874413.
5. Кошицька Н. А., Проценко Л. В., Свірчевська О. В. Конкурентоспроможність хмелепродукції українського виробництва на основі біохімічної та технологічної оцінки. Київ: Вісник аграрної науки. 2023. №8. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-08>
6. Проценко Л. В. та ін. Порівняльна оцінка якості гранул хмелю українського та європейського виробництва. Food Science and Technology. 2023. 17(2). DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i2.2604>
7. Analytica EBC (Analytica European Brewery Convention). Methods 7.2, 7.4, 7.5, 7.7. 6th Ed. Nürnberg, Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, 2006.
8. Analytica-EBC(European Brewery Convention). Section 7 Hops, Method 7.10-Hop Oil Content of Hops and Hop Products,; European Brewery Convention; The Brewers of Europe, 2007.
9. Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.12 – Hop Essential Oils by Capillary Gas Chromatography Flame Ionization Detection; European Brewery Convention; The Brewers of Europe, 2007.
10. Rettberg N., Biendl M. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools – A Review. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. 76(1), 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1080/03610470.2017.1402574>.
11. Sharp D. C., Qian Y., Clawson J., Shellhammer T.H. Comparison of the Contributions of Hop Pellets, Supercritical Fluid Hop Extracts, and Extracted Hop Material to the Hop Aroma and Terpenoid Content of Kettle-Hopped Lager Beers. Tech. Q. Master Brew. Assoc. 2017. 54, 2–10. DOI: <https://doi.org/10.1094/TQ-54-1-0105-01>.
12. Protsenko L. et al. Influence of alpha acids hop homologues of bitter and aromatic varieties on beer quality. Ukrainian food journal. 2020. № 9 (2), pp. 425–436. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-2-13>.

13. Karabyn M., Khudtsova T., Yelinek L., Dostalek P. Biologically active hop compounds and prospects for their use. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2016. 00:1–26. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12201>
14. Eyres P. G, Dufour J. P. Hop essential oil: analysis, chemical composition and odor characteristics. *Preedy VR Beer in health and disease prevention.* Academic Press. San Diego. 2009. pp 239–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00022-5>.
15. Рижук С. М., Проценко Л. В. та ін. Оцінювання якості хмелю ароматичних та гірких сортів за біохімічними та технологічними критеріями. Київ: Вісник аграрної науки. 2024. №8(857). С. 31-40. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202408-03>
16. Ksenija Rutnik, Maša Knez Hrnčič & Iztok Jože Košir. Hop Essential Oil: Chemical Composition, Extraction, Analysis, and Applications, *Food Reviews International.* 2022. 38:sup1, 529-551, DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1874413>
17. Проценко Л.В., Рудик Р.І., Ляшенко М.І, Штанько І.П., Цибульський В.О., Черненко О.В., Гринюк Т.П., Власенко А.С. Атлас українських сортів хмелю. 2017. 74 с. Режим доступу: <https://isgpnaan.org/vidavnychia-diyalnist/231.html>.
18. Кошицька Н. А., Проценко Л. В., Юрківський Й. М. Біохімічне оцінювання нового сорту хмелю Перлина, рекомендованого для використання у пивоварінні. Київ: Вісник аграрної науки. 2025. № 10 (871). DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202510-04>

Дата першого надходження статті до видання: 15.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 03.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.08.2026
