



# Рослинництво, кормовиробництво

УДК 663.423:  
663:41:633.791  
© 2024

## **ФОРМУВАННЯ НАСАДЖЕНЬ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ СОРТІВ ХМЕЛЮ – ПЕРШОЧЕРГОВЕ ЗАВДАННЯ В УМОВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ І ВІДРОДЖЕННЯ ХМЕЛЯРСТВА**

*С.М. Рижук<sup>1</sup>, Л.В. Проценко<sup>2</sup>, Н.А. Кошицька<sup>3</sup>,  
М.І. Ляшенко<sup>4</sup>, Й.М. Юрківський<sup>5</sup>, В.О. Цибульський<sup>6</sup>*

*<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН*

*<sup>2</sup>кандидат технічних наук*

*<sup>3, 5</sup>кандидати сільськогосподарських наук*

*<sup>4</sup>доктор технічних наук*

*<sup>6</sup>кандидат економічних наук*

*<sup>1–5</sup>Інститут сільського господарства Полісся*

*Національної академії аграрних наук України*

*шосе Київське, 131, м. Житомир, 10007, Україна*

*<sup>6</sup>Фермерське господарство «Еліта Хміль»*

*вул. Миру, 9, с. Рея Бердичівського р-ну Житомирської обл., 13321, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>isgro\_zl@ukr.net, <sup>2</sup>Lidiya.procenko@ukr.net,*

*<sup>3</sup>Ninakoshitska@gmail.com, <sup>4</sup>mikola\_lyashenko@ukr.net,*

*<sup>5</sup>Ninakoshitska@gmail.com, <sup>6</sup>hmilua@ukr.net*

*ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-2931-5458, <sup>2</sup>0000-0002-7746-0270,*

*<sup>3</sup>0000-0002-5432-1630, <sup>4</sup>0000-0003-0294-6484,*

*<sup>5</sup>0009-0008-4501-1519, <sup>6</sup>0009-0004-3834-2302*

Надійшла 25.09.2024

**Мета.** Комплексне біохімічне і технологічне оцінювання якості хмелю ароматичних та гірких сортів на прикладі інноваційної моделі розвитку фермерського господарства для забезпечення виробництва конкурентоспроможної хмелепродукції. **Методи.** Монографічний – для вивчення наявного позитивного досвіду із зазначених питань; аналізу і синтезу – для вивчення результатів досліджень, узагальнення, систематизації, порівняння та формування висновків; фізико-хімічні: застосовували вискоєфективну рідинну хроматографію – для визначення кількості і складу гірких речовин; кондуктометрію – встановлення масової частки альфа-кислот; капілярну газову хроматографію – для дослідження компонентів ефірної олії; ефірну олію отримували методом гідродистиляції з наступною декантацією. **Результати.** Проведено технологічне оціню-

**вання хмелю ароматичних і гірких сортів (2020–2023 рр.) на прикладі фермерського господарства «Еліта Хміль», відзначено, що вони мають різні біохімічний склад і пивоварну цінність. Установлено відмінності за абсолютним значенням таких показників, як масова частка альфа- і бета-кислот, ефірної олії, ксантогумолу та їх складом. Визначено, що масова частка альфа-кислот у шишках хмелю тонкоароматичних сортів становить від 3,2% у сорту Клон 18 до 5,6% у сорту Перлина. У шишках хмелю гіркої групи сортів цей показник був у межах від 6,8% у сорту Промінь до 9,5% у сорту Магнум. Уміст бета-кислот у досліджуваних сортах становив від 4,3% (Клон 18) до 6,9% (Слов'янка). Частка бета-кислот у складі гірких речовин зазначених зразків хмелю була на рівні або перевищувала частку альфа-кислот. В ароматичних і гірких сортах української селекції кількість ефірної олії становила 0,54–2,32 мл/100 г сухого хмелю, це свідчить про те, що українські сорти мають високоякісний склад гірких речовин та ефірної олії. Висновки. Розширення асортименту хмелепродукції за рахунок формування високопродуктивних насаджень хмелю перспективних сортів із визначеними характеристиками дасть змогу забезпечити достатній рівень конкурентоспроможності української продукції хмелярства на світовому ринку.**

**Ключові слова:** *якість, гіркі речовини, ефірна олія, ароматичні та гіркі типи хмелю.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202411-04>

Одним із головних пріоритетів держави в аграрній сфері є формування ринку комерційних сортів сільськогосподарських культур. Завдяки природно-кліматичним умовам та історичним традиціям вирощування хмелю в Україні хмелярство завжди займало одне з провідних місць у народногосподарському комплексі областей поліської та лісостепової зон України [1, 2]. Особливо це стосується Житомирської обл., господарства якої вирощували і вирощують до 80% шишок хмелю українських сортів, забезпечуючи високоякісною хмелепродукцією вітчизняне пивоваріння та експортуючи сировину в інші країни [3].

Тенденція зростання обсягів виробництва пива у світі стимулює попит на продукцію хмелярства й зумовлює необхідність збалансованого її розвитку для задоволення потреб пивоварної галузі [1, 4–6]. Впровадження високопродуктивних сортів дає змогу за мінімальних витрат отримувати високу врожайність і значно поліпшувати пивоварні якості хмелю [7]. Тому створення високопродуктивних

чистосортних насаджень хмелю — першочергове завдання в умовах інтенсифікації і відродження хмелярства в період війни та повоєнної відбудови. Проте без стабільно високої якості продукції хмелярства неможлива успішна інтеграція українських хмелепідприємств на зовнішній ринок [1]. Якість хмелепродукції стає пріоритетом для українського товаровиробника і важливою передумовою забезпечення достатнього рівня її конкурентоспроможності [1, 7].

Упродовж багатьох століть хміль як основний компонент при варінні пива надає йому не лише традиційну гіркоту, а й неповторний хмелювий аромат, особливі смакові нотки і вишукану пряність [5, 8–10]. Сучасні сорти хмелю здатні збагатити пиво різними смаками й ароматами — від свіжоскошеного різотрав'я до тропічних фруктів [2, 11–13]. Відбувається це завдяки гірким речовинам, ефірним оліям та ароматичним сполукам, що містяться в шишках сортів хмелю [10, 13, 14].

Підбір сортів хмелю для виготовлення хмелепродукції з потрібною гіркотою та ароматом — актуальне питання сьогодні для пивоварів асоціації Америки [15], Європи [5, 10, 11, 14] та українських виробників пива [16, 17]. Тому одним з основних завдань хмелярів України є виробництво конкурентоспроможної хмелепродукції затребуваних сортів та забезпечення її стабільно високої якості.

**Мета досліджень** — комплексне біохімічне і технологічне оцінювання якості хмелю ароматичних та гірких сортів на прикладі інноваційної моделі розвитку фермерського господарства для забезпечення виробництва конкурентоспроможної хмелепродукції.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили в 2020–2023 рр. в акредитованій лабораторії біохімії хмелю і пива Інституту сільського господарства Полісся НААН та у виробничих умовах фермерського господарства (ФГ) «Еліта Хміль», розташованого в Бердичівському р-ні Житомирської обл. Вивчали біохімічні показники якості зразків хмелю, відібрані від партій сортів української селекції, зокрема тонкоароматичних: Слов'янка, Клон 18, Злато Полісся, Перлина; ароматичних: Заграва, Національний, хміль гірко-ароматичного типу з особливими ароматичними профілями сорту Кванта та Руслан; гіркої групи: Альта, Промінь та німецької селекції Магnum. Маса середньої проби для ідентифікації та біохімічних досліджень — не менше 1 кг хмелю. Досліджували 7–10 зразків від партій кожного сорту хмелю.

Використано сучасні фізико-хімічні методи аналізу гірких речовин, ефірної олії хмелю і хмелепродуктів, зокрема вискоефективну рідинну хроматографію, капілярну газову хроматографію, спектрофотометрію, математико-статистичні з використанням кореляційно-регресійного аналізу для оцінювання достовірності отриманих результатів досліджень та інші методи контролю, гармонізовані з методиками Європейської пивоварної конвенції [18–21].

**Методи досліджень кількісного та якісного складу гірких речовин хмелю.** Кількість альфа-кислот — кондуктометричний показник гіркоти, визначали за міжнародним методом Аналітика ЕВС 7.4, який ґрунтується на кондуктометричному титруванні гексанового екстракту гірких речовин хмелю розчином оцтовокисло-го свинцю та розрахунку масової частки альфа-кислот [18, 19]. Уміст і склад альфа- і бета-кислот та ксантогумолу — методом вискоефективної рідинної хроматографії згідно з міжнародною методикою ЕВС 7.7 [18, 19]. Гіркі речовини хмелю: альфа- та бета-кислоти, зокрема їх складові, когумулон, колупулон і ксантогумол екстрагували органічним розчинником — метанолом. Співвідношення між масою хмелю та екстрагентом становило 1:10. Хроматографування здійснювали за допомогою рідинного хроматографа Ultimate 3000 з УФ детектором за температури 35 °С. Використовували колонку розміром 100 × 2,1 мм, заповнену сорбентом Pinacle ДВ С18 3 мк. Як рухоми фазу застосовували розчин метанолу, води та ацетонітрилу у співвідношенні 38:24:38. Для кількісного визначення ксантогумолу використовували стандарт-еталон ксантогумолу з умістом цієї сполуки 99,8%, для компонентів гірких речовин: альфа- і бета-кислот — міжнародний еталон ICF-3 [19].

**Методи досліджень кількісного та якісного складу ефірної олії хмелю.** Кількість ефірної олії досліджували міжнародним методом Аналітика ЕВС 7.10, який ґрунтується на визначенні вмісту ефірної олії в мл на 100 г повітряносухої речовини одержанням її гідродистилляцією з наступною декантацією та збиранням спеціальним уловлювачем [20]. Хімічний склад ефірної олії визначали газорідинною хроматографією, дотримуючись офіційного методу в Analytica ЕВС 7.12 [21]. Чотири вибрані основні компоненти ефірної олії (мірцен, каріофілен, фарнезен, гумулен) були ідентифіковані та кількісно визначені за допомогою капілярного газового хроматографа «Кристал-2000М», оснащеного полум'яно-іонізаційним

детектором. Виділену із шишок хмелю ефірну олію розділяли на окремі сполуки методом газової хроматографії на колонках 50–60 м (Restek Stabilwax® виробник USA) з використанням 20–30 см<sup>3</sup> хроматографічного інертного газу — носія азоту. Створювали умови хроматографування, щоб забезпечити розподіл основних компонентів ефірної олії. Температурна програма була такою: 60 °С (витримка 1 хв), 60–190 °С (4 °С/хв), 190–220 °С (витримка в ізотермічному режимі 40 хв). Температура інжектора становила 220 °С, об'єм впорскування 0,3–0,4 мкл, температура детектора — 250 °С. Результати виражали як відносний відсоток певної сполуки в ефірній олії.

**Результати досліджень.** Нині виробництво хмелю в країні зосереджено в 4 областях лісостепової та поліської зон: Житомирській, Львівській, Хмельницькій та Рівненській. Вирощування хмелю в Україні завжди було орієнтоване на потреби вітчизняної пивоварної галузі з урахуванням національних багатотисячолітніх традицій вирощування цінних сортів хмелю з тонким ароматом. Тому більша частина хмеленасаджень України — це тонкоароматичні та ароматичні високопродуктивні сорти хмелю, які відповідають усім вимогам пивоварного виробництва. У Житомирській обл. майже 10 господарств, розташованих у Житомирському, Бердичівському та Коростенському р-нах, мають хмелярський напрям.

Фермерське господарство «Еліта Хміль» у Бердичівському р-ні Житомирської обл. також спеціалізується на вирощуванні хмелю та його переробці. За співпраці спеціалістів зазначеного підприємства з науковцями Інституту сільського господарства Полісся НААН відбувається обмін досвідом щодо технології вирощування та переробки хмелю.

Площа хмільників у господарстві становить понад 60 га, із них майже 15 га — молоді насадження. Ефективне ведення галузі хмелярства та відтворення високопродуктивних хмелеплантацій потребують забезпечення якісним садивним матеріалом сортів за затребуваними

господарськими і технологічними показниками, оздоровленими від хвороб та вірусів. За сприяння науковців Інституту сільського господарства Полісся НААН значну частину молодих насаджень хмелю закладено високоякісним садивним матеріалом, оздоровленим від хвороб і вірусів, вирощеним через культуру *in vitro*.

У господарстві вирощують сорти тонкоароматичного, ароматичного та гірко-гірко типу, зокрема тонкоароматичні сорти: Слов'янка, Клон 18, Злато Полісся, Перлина; ароматичні: Заграва, Національний; гіркої групи: Альта, Промінь і німецької селекції Магnum. Також вирощують хміль гірко-ароматичного типу з особливими профілями ароматів сортів Ксанта та Руслан.

Найціннішими сполуками хмелю та продуктів його переробки є гіркі речовини. Найважливіші з них — альфа-кислоти, які є основним ціноутворювальним фактором оцінювання хмелю та хмелепродуктів. Один із критеріїв біохімічної оцінки хмелю — кількість у ньому гірких речовин, зокрема альфа-кислот. Середні показники вмісту альфа-кислот у досліджуваних сортах хмелю, вирощеного в цьому господарстві в 2020–2023 рр., наведено в табл. 1.

Масова частка альфа-кислот у шишках хмелю тонкоароматичних сортів згідно з даними табл. 1 становить від 3,2% у сорту Клон 18 до 5,6% у сорту Перлина. Вищий показник умісту альфа-кислот був у шишках ароматичного сорту Заграва — 5,2–6,1%, середнє значення якого — 5,8%. У шишках хмелю гіркої групи сортів цей показник становив від 6,8% у сорту Промінь до 9,5% — у сорту Магnum.

Найбільше славиться господарство своїми тонкоароматичними сортами. Сорт Слов'янка належить до елітної групи ароматичних сортів, сорт Клон 18 є носієм історичної традиції українського хмелярства і пивоваріння, Злато Полісся — особливий сорт зі специфікою солодкого букета різнотрав'я і фруктів, його вирощують лише в цьому господарстві. Хміль зазначених сортів забезпечує ідеальний

**1. Уміст альфа-кислот у шишках хмелю досліджуваних сортів за 2020–2023 рр. (середнє при  $n=3$ ,  $P \geq 0,95 \pm$  стандартне відхилення)**

Сорт хмелю	Масова частка $\alpha$ -кислот, % до СР				Середнє за 2021–2023 рр., $\pm$ SD
	2020	2021	2022	2023	
<i>Тонкоароматичні та ароматичні сорти</i>					
Клон 18	3,3 $\pm$ 0,38*	3,0 $\pm$ 0,47*	3,4 $\pm$ 0,53*	3,0* $\pm$ 0,47	3,2 $\pm$ 0,47*
Злато Полісся	4,3 $\pm$ 0,51	3,7 $\pm$ 0,47	3,9 $\pm$ 0,64	4,2 $\pm$ 0,40	4,1 $\pm$ 0,51
Слов'янка	5,3 $\pm$ 0,68	4,6 $\pm$ 0,63	5,1 $\pm$ 0,65	5,4 $\pm$ 0,49	5,1 $\pm$ 0,67
Перлина	6,5 $\pm$ 0,37	5,2 $\pm$ 0,27	5,4 $\pm$ 0,47	5,6 $\pm$ 0,22	5,6 $\pm$ 0,45
Національний	4,5 $\pm$ 0,77	3,9 $\pm$ 0,79	4,4 $\pm$ 0,69	4,7 $\pm$ 0,73	4,4 $\pm$ 0,82
Заграва	5,6 $\pm$ 0,58	5,2 $\pm$ 0,54	5,9 $\pm$ 0,67	6,1 $\pm$ 0,57	5,8 $\pm$ 0,78
<i>Гіркі сорти</i>					
Альта	7,7 $\pm$ 0,67	7,8 $\pm$ 0,62	6,4 $\pm$ 0,70	7,3 $\pm$ 0,73	7,3 $\pm$ 0,69
Промінь	6,9 $\pm$ 0,52	6,6 $\pm$ 0,66	7,1 $\pm$ 0,62	6,9 $\pm$ 0,61	6,8 $\pm$ 0,60
Ксанта	8,8 $\pm$ 0,71	9,2 $\pm$ 0,77	7,3 $\pm$ 0,68	8,4 $\pm$ 0,74	8,5 $\pm$ 0,47
Руслан	8,6 $\pm$ 0,68	9,0 $\pm$ 0,73	7,7 $\pm$ 0,62	7,8 $\pm$ 0,54	8,3 $\pm$ 0,66
Магнум	9,6 $\pm$ 0,83	9,3 $\pm$ 0,88	9,7 $\pm$ 0,95	9,5 $\pm$ 0,85	9,5 $\pm$ 0,87
* Середні значення показника X за 2020–2023 рр. досліджень, $\pm$ стандартне відхилення SD (для табл. 1–3).					

баланс між солодкуватим смаком ячмінного солоду та іншими складовими, що визначають стиль і сорт пива.

Результати ідентифікації хмелю ароматичних і гірких сортів за хімічним складом гірких речовин, ефірної олії і ксантогумолу, вирощеного в ФГ «Еліта Хміль», наведено в табл. 2.

За даними досліджень біохімічного складу зразків шишок досліджуваних сортів (див. табл. 2), уміст бета-кислот у них становить від 4,3 (Клон 18) до 6,9% (Слов'янка). Бета-кислоти негіркі на смак, але в процесі охмеління суслу утворюються сполуки, які мають приємну м'яку гіркоту. Одна з основних властивостей бета-кислот — висока антисептична дія, що важливо для підвищення стійкості пива під час зберігання.

Характерною особливістю тонкоароматичних та ароматичних сортів є перевага в складі гірких речовин частки бета-кислот над часткою альфа-кислот, тобто в них зберігається позитивний коефіцієнт ароматичності між умістом бета- і альфа-кислот, що становить від 1,10 (Заграва) до 1,33 (Клон 18). Цей показник один із головних

критеріїв оцінки якості хмелю. Чим більше це співвідношення, тим м'якша і ніжніша гіркота пива, що значно впливає на смакове сприйняття бурштинового напою.

У всіх тонкоароматичних та ароматичних сортах української селекції вміст когулону — в межах 22,1–26,7%, колулуону — 39,3–45,9% відповідно. Це свідчить про те, що українські сорти мають високоякісний склад гірких речовин, який в ароматичних сортах хмелю поєднується з тонким ароматом, характерним для найкращих європейських сортів, таких, як Жатецький, Любельський, Тетнангер.

Ефірна олія, як і гіркі речовини, синтезується і накопичується при формуванні та дозріванні шишок і зосереджена переважно в лупулінових зернах шишок хмелю. Причому основна кількість ефірної олії накопичується наприкінці синтезу гірких речовин. Під час формування та дозрівання шишок хмелю її кількість зростає, досягаючи максимуму на стадії фізіологічної стиглості. Результати досліджень загальної кількості накопичення ефірної олії та її складу в зразках шишок хмелю врожаю 2020–2023 рр. наведено в табл. 3.

**2. Біохімічні показники якості шишок хмелю досліджуваних сортів за 2020–2023 рр. (середнє при  $n=3$ ,  $P \geq 0,95 \pm$  стандартне відхилення)**

Сорт хмелю	Масова частка, %		$\beta/\alpha$ , ЕВС 7,7	Масова частка, %		
	$\alpha$ -кислот, ЕВС 7.5	$\beta$ -кислот, ЕВС 7.7		когумулону в складі $\alpha$ -кислот	колулулону в складі $\beta$ -кислот	Ксантогумолу
<i>Тонкоароматичні та ароматичні сорти хмелю</i>						
Клон 18	3,2±0,47*	4,3±0,38	1,33±0,47	26,7±0,62	45,9±0,97	0,34±0,051
Злато Полісся	4,1±0,51	4,7±0,36	1,25±0,26	24,9±0,88	43,1±1,04	0,43±0,032
Слов'янка	5,1±0,67	6,9±1,08	1,28±0,43	23,3±1,11	41,2±1,38	0,35±0,043
Перлина	5,6±0,45	6,3±0,21	1,19±0,33	25,7±0,44	45,0±0,47	0,35±0,028
Національний	4,4±0,82	5,1±0,86	1,16±0,49	22,1±1,09	39,3±1,49	0,46±0,056
Заграва	5,8±0,78	6,2±1,02	1,10±0,72	23,8±2,17	44,1±3,07	0,37±0,062
<i>Гіркі сорти хмелю</i>						
Альта	7,3±0,69	5,1±0,81	0,69±0,47	23,9±1,08	44,7±1,16	0,21±0,037
Промінь	6,8±0,60	4,6±0,78	0,67±0,35	25,8±1,13	47,3±1,09	0,32±0,032
Ксанта	8,5±0,47	6,5±0,67	0,77±0,36	36,3±0,79	53,9±0,71	0,78±0,039
Руслан	8,3±0,66	5,1±0,62	0,75±0,39	39,6±0,81	57,2±0,70	0,88±0,037
Магнум	9,5±0,87	5,3±0,99	0,55±0,44	23,8±1,87	45,7±1,88	0,32±0,041

**3. Кількість ефірної олії та її якісний склад у шишках досліджуваних сортів хмелю за 2020–2023 рр. (середнє при  $n=3$ ,  $P \geq 0,95 \pm$  стандартне відхилення)**

Сорт хмелю	Кількість ефірної олії, мл/100 г сухого хмелю	% до загального вмісту			
		мірцену	каріофілену	гумулену	фарнезену
<i>Тонкоароматичні та ароматичні сорти хмелю</i>					
Клон 18	0,54*±0,13	30,4±3,32	7,7±1,38	23,5±5,01	17,4±2,07
Злато Полісся	0,55±0,11	27,7±3,81	9,3±1,11	24,9±3,81	16,7±2,01
Слов'янка	1,56±0,33	32,9±5,37	8,8±1,08	15,4±3,12	17,5±1,98
Перлина	1,29±0,12	30,3±2,31	7,6±1,27	16,0±2,03	15,9±1,15
Національний	0,77±0,14	29,2±6,17	8,5±1,13	14,3±3,16	19,9±3,76
Заграва	1,52±0,35	33,1±6,44	6,1±1,28	17,3±4,01	15,4±4,17
<i>Гіркі сорти хмелю</i>					
Альта	1,32±0,22	33,9±2,38	11,7±1,01	25,3±4,08	0,3±0,09
Промінь	1,67±0,31	40,8±6,71	7,1±1,22	16,1±3,31	16,4±3,81
Ксанта	1,29±0,27	33,3±4,88	13,1±1,68	28,7±5,02	0,7±0,11
Руслан	2,32±0,41	48,1±6,51	8,9±1,27	19,8±2,29	0,8±0,12
Магнум	1,75±0,35	29,2±4,76	6,6±1,16	29,3±4,12	0,50±0,08

Середній вміст ефірної олії становить від 0,54 мл/100 г сухого хмелю у сорту Клон 18 до 2,32 мл/100 г сухого хмелю у сорту Руслан.

Хміль досліджуваних сортів у складі ефірної олії містить від 27,7% мірцену в шишках сорту Злато Полісся до 40,8%

в сорту Промінь. Каріофілен в ароматичних сортах перебуває в межах 6,1–9,3%, що характерно для європейських сортів. У досліджуваних зразках спостерігається значна варіабельність вмісту фарнезену в складі ефірної олії із середніми показниками від 0,3% (Альта) до 19,9%

у шишках хмелю сорту Національний. Усі тонкоароматичні та ароматичні сорти мають досить високий уміст цієї сполуки — 15,4–19,9%. Також фарнезен у значній кількості (до 16,4%) міститься в ефірній олії шишок сорту Промінь, який із гірких сортів єдиний має фарнезеновий тип ефірної олії. У решті гірких сортів міститься менше 1% фарнезену. Найбільша його кількість у складі ефірної олії в досліджувані роки була у хмелю сорту Національний (до 20%). Доведено, що хімічний склад ефірної олії хмелю гірких і ароматичних сортів є сортовою особливістю. Підтверджено, що в досліджуваних вітчизняних і закордонних сортах хмелю вміст і склад ефірної олії відповідає паспортним даним цих сортів.

У господарстві значну площу відведено під хмеленасадження перспективного сорту Ксанта, закладено його маточні насадження. Це універсальний гіркоароматичний хміль з унікальним складом гірких речовин, ефірної олії та поліфенолів, у пиві утворює дивовижний букет пікантної гіркоти, має насичений пряно-квітковий і цитрусовий аромат. Смакові якісні властивості найкраще проявляються наприкінці кип'ятіння сусла або за використання технологічного способу «холодного» охмеління. Цей сорт хмелю з високим умістом пренільованого флавоноїду — ксантогумолу є біологічно активною сполукою і має антиоксидантні, протизапальні, антивірусні та антиканцерогенні властивості. Його використовують у фармакології, при виробництві безалкогольних напоїв та інших харчових продуктів для збагачення їх енергостимулювальними та імунопідтримувальними компонентами хмелю (див. табл. 2).

Особливу увагу у ФГ «Еліта Хміль» приділяють вирощуванню нового сорту хмелю тонкоароматичного типу Перлина, впровадженого на площі 10 га, закладені його маточні насадження. Сорт створений методом індивідуального добору з популяції рослин-регенерантів калусних штамів *in vitro* сорту Слов'янка. Отримано патент № 230201 на сорт хмелю звичайного Перлина (Заявка: № 22072001, дата

пріоритету: 15.07.2022, дата державної реєстрації майнових прав інтелектуальної власності на сорт рослин: 09.03.2023). Сорт Перлина належить до елітної групи тонкоароматичних і ароматичних сортів хмелю. Характеризується унікальним складом гірких речовин та ефірної олії фарнезенового типу, має оптимальне співвідношення (майже 1) між кількістю бета- і альфа-кислот.

Аромат хмелю сорту Перлина створено завдяки збалансованому складу його ефірної олії, кількість якої в окремі роки становила до 2,3 мл/100 г сухого хмелю. Хміль сорту Перлина має в складі ефірної олії до 17% фарнезену, утворює в пиві букет пікантної гіркоти. Забезпечує ідеальний баланс між солодкуватим смаком ячмінного солоду та іншими складовими, що визначають стиль і сорт пива, має насичений трав'янисто-квітковий аромат із тонами лайма та тропіків.

Інтенсивне впровадження цих сортів хмелю у виробництво з подальшою переробкою в сучасні хмелепродукти, що відповідають вимогам міжнародних стандартів, дасть змогу забезпечити виробників пива вітчизняними продуктами переробки хмелю в необхідних обсягах, досягти достатнього рівня конкурентоспроможності української продукції хмелярства на світовому ринку.

Господарство має всі необхідні засоби для вирощування хмелю, механізованого збирання, післязбиральної обробки, переробки та його зберігання.

Нині в Україні і в усьому світі мініпивоарні й потужні пивзаводи в своїх технологіях використовують різні продукти переробки хмелю. Проте найбільшим попитом користується виробництво і застосування гранульованого хмелю, зокрема гранул тип 90, які за хімічним складом і властивостями не відрізняються від шишок. Перевага гранульованого хмелю над шишковим у тому, що в ньому під час зберігання значно нижчі втрати цінних для пивоваріння сполук, підвищується ефективність використання комплексу гірких речовин при виготовленні пива та забезпечується автоматичне дозування

при їх застосуванні. Також зменшуються транспортні й складські витрати. Завдяки грануляції і подальшому зберіганню у вакуумній упаковці в холодильнику в ньому до 2-х років майже повністю зберігаються всі цінні компоненти [16].

Тому одним із головних завдань господарства є збереження максимальної кількості цінних речовин свіжозібраного хмелю для ефективнішого їх зберіганню та використання в пивоварінні. Для цього ще в 2018 р. було придбано й змонтовано чеську лінію грануляції хмелю MGL 400, яка дає змогу щогодини виробляти до 300 кг гранул. За 5 років лінія успішно пройшла виробничі випробування, переробляючи за сезон до 100 т шишкового хмелю у високоякісні гранули тип 90.

Фасування гранул хмелю в упаковки 5–20 кг здійснюється в умовах вакууму в інертному середовищі за допомогою спеціальної установки. На підприємстві звертають особливу увагу на унеможливлення проходження окислювальних процесів у шишках хмелю після збирання врожаю і в продуктах його переробки. Для зберіганню шишкового та гранульованого хмелю в господарстві побудовано склади-холодильники.

На підприємстві впроваджено систему управління безпечністю та якістю харчових продуктів HACCP та ISO 22000, що систематизує численні санітарні і технологічні норми та правила виробництва, полегшує поточний контроль, що сприяє підвищенню якості виробленої продукції.

## Висновки

*Природно-кліматичні умови для вирощування хмелю в Україні та науково-селекційна база сприяють розвитку хмелярства в поліській та лісостеповій зонах України.*

*Важливою передумовою забезпечення достатнього рівня конкурентоспроможності вітчизняної хмелепродукції є розширення її асортименту за рахунок формування високопродуктивних насаджень хмелю нових перспективних сортів з визначеними характеристиками. Комплексним оцінюванням якості хмелю ароматичних і гірких сортів на основі інноваційної моделі розвитку ФГ «Еліта Хміль» встановлено, що хміль за роки досліджень за своїми біохімічними і технологічними характеристиками відповідає вимогам ДСТУ 7067:2009. Хміль. Технічні умови. Встановлено*

*стабільність хімічного складу хмелю зазначених сортів і відповідність їх паспортним даним. Відзначено, що сорти Слов'янка, Перлина, Заграва та Ксанта за складом гірких речовин та ефірної олії перевищують світові аналоги.*

*Завдяки широкому впровадженню перспективних сортів хмелю у виробництво, навіть у нинішніх важких умовах воєнного часу, є нові можливості і резерви для виробництва та експортування високоякісного товарного хмелю та продуктів його переробки, скориставшись якими можна досягти нового етапу розвитку та становлення хмелярської галузі в Україні. Це дасть змогу збільшити надходження до країни валютних ресурсів, що є важливою складовою її економічного відновлення і відбудови.*

**Ryzhuk S.<sup>1</sup>, Protsenko L.<sup>2</sup>, Koshytska N.<sup>3</sup>, Liashenko M.<sup>4</sup>, Yurkivskiy Y.<sup>5</sup>, Tsybul'skiy V.<sup>6</sup>**  
<sup>1–5</sup> Institute Polissia Agriculture of NAAS, 131, Kyivske Shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine, <sup>6</sup>«Elita-Hmyl» farm, 9 Myru Str., vil. Reya, Berdychiv district, Zhytomyr oblast, 13321, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>isgpo\_zt@ukr.net, <sup>2</sup>Lidiya.protsenko@ukr.net, <sup>3</sup>Ninakoshitska@gmail.com, <sup>4</sup>mikola\_lyashenko@ukr.net, <sup>5</sup>Ninakoshitska@

gmail.com, <sup>6</sup>hmilua@ukr.net; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-2931-5458, <sup>2</sup>0000-0002-7746-0270, <sup>3</sup>0000-0002-5432-1630, <sup>4</sup>0000-0003-0294-6484, <sup>5</sup>0009-0008-4501-1519, <sup>6</sup>0009-0004-3834-2302

**Formation of plantings of competitive hop varieties is a priority task in the conditions of intensification and revival of hop growing**

**Goal.** To make a comprehensive biochemical and technological assessment of the quality

of aromatic and bitter hop varieties using the example of an innovative model of farm development to ensure the production of competitive hop products. **Methods.** Monographic — to study the existing positive experience on the above issues; analysis and synthesis — to study the results of research, generalize, systematize, compare and draw conclusions; physicochemical — to determine with the use of high-performance liquid chromatography the amount and composition of bitter substances; conductometry — to establish the mass fraction of alpha acids; capillary gas chromatography — to study the components of essential oil (essential oil was obtained by hydrodistillation with subsequent decantation). **Results.** A technological assessment of aromatic and bitter hop (2020–2023) was carried out using the experience of the «Elita Khmil» farm, and it was noted that these varieties had different biochemical compositions and brewing values. Differences were established in the absolute value of such indicators as the mass fraction of alpha and beta acids, essential oil, xanthohumol, and their composition. It was determined that

the mass fraction of alpha acids in hop cones of finely aromatic varieties ranges from 3.2% in the Klon 18 variety to 5.6% in the Perlyna variety. In hop cones of the bitter group of varieties, this indicator ranged from 6.8% in the Promin variety to 9.5% in the Magnum variety. The content of beta acids in the studied varieties ranged from 4.3% (Klon 18) to 6.9% (Slovianka). The proportion of beta acids in the composition of bitter substances of the specified hop samples was equal to or exceeded the proportion of alpha acids. In aromatic and bitter varieties of Ukrainian selection, the amount of essential oil was 0.54–2.32 ml/100 g of dry hops, which indicated that Ukrainian varieties had a high-quality composition of bitter substances and essential oil. **Conclusions.** Expanding the range of hop products by forming highly productive hop plantations of promising varieties with certain characteristics will ensure a sufficient level of competitiveness of Ukrainian hop products on the world market.

**Key words:** quality, bitter substances, essential oil, aromatic and bitter types of hops.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-04>

## Бібліографія

1. Рижук С.М., Сухораба В.П., Надточій П.П. та ін. Стан галузі хмелярства в Україні та можливість підвищення її ефективності у сучасних умовах. *Наукові горизонти*. 2019. № 7 (80). С. 29–40. doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-29
2. Protsenko L., Janse L., Koshytska N. et al. Variability and stability of essential oil composition in Ukrainian hop varieties. *Kvasny prumysl*. 2023. 69 (6). P. 811–821. doi: 10.18832/kp2023.69.811
3. Kovalev V.B., Kozlik T.I., Protsenko L.V. et al. Extending and maintaining the in vitro collection of (inter)national hop varieties in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2020. 7(3). P. 61–71. doi: 10.15407/agrisp7.03.061
4. Júlio C., Machado M.A., Faria Is. M.P.L.V.O. Ferreira Hops: New Perspectives for an Old Beer Ingredient. *Natural Beverage. The Science of Beverages*. 2019. V. 13. P. 267–301. doi: 10.1016/B978-0-12-8116689-5.00010-9
5. Salanță L.C., Coldea T.E., Ignat M.V. et al. Functionality of Special Beer Processes and Potential Health Benefits. *Processes*. 2020. 8(12):1613. doi: 10.3390/pr8121613
6. Humia B.V., Santos K.S., Barbosa A.M. et al. Beer Molecules and Its Sensory and Biological Properties: A Review. *Molecules*. 2019. 24(8): P. 1568. doi: 10.3390/molecules24081568
7. Ратошнюк Т.М., Ратошнюк В.І. Виробництво хмелепродукції — світовий та український ринки. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 1. С. 278–283. doi: 10.31891/2307-5740-2022-310-5(1)-30
8. Nesvadba V., Olšovská J., Straková L. et al. Essential oils in Czech hop varieties. *Kvasny prumysl*. 2021. 67(3). P. 447–454. doi: 10.18832/kp2021.67.447
9. Rutnik K., Hrnčič M.K., Košir I.J. Hop Essential Oil: Chemical Composition, Extraction, Analysis, and Applications. *Food Reviews International*. 2022. V. 38. P. 529–551. doi: 10.1080/187559129.2021.1874413
10. Carbone K., Bianchi G., Petrozziello M. et al. Tasting the Italian Terroir through Craft Beer: Quality and Sensory Assessment of Cascade Hops Grown in Central Italy and Derived Monovarietal Beers. *Foods*. 2021. 10. 2085 p. doi: 10.3390/foods10092085
11. Nesvadba V., Charvátová J., Trnková S. Breeding of flavourhops in the Czech Republic. *Kvasny prumysl*. 2020. 66(6). P. 366–371. doi: 10.18832/kp2019.66.366
12. Bocquet L., Sahpa S., Hilbert J.L. et al. *Humulus lupulus* L., a very popular beer in gradient and medicinal plant: Overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochem. Rev*. 2018. 17. P. 1047–1090. doi: 10.1007/s11101-018-9584y

13. Lamberti L., Grillo G., Gallina L. et al. Microwave-Assisted Hydrodistillation of Hop (*Humulus lupulus* L.) Terpenes: A Pilot-Scale Study. *Foods*. 2021. 10. 2726 p. doi: 10.3390/foods10112726

14. Afonso S., Arrobas M., Rodrigues M. Agonomic and chemical evaluation of hop cultivars grown under Mediterranean conditions. *Spanish J. of Agricultural Research*. 2021. 19(3), 904. doi: 10.5424/sjar/2021193-17528

15. Rettberg N., Biendl M., Garbe L.-A. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools — A Review. *J. of the American Society of Brewing Chemists*. 2018. 76(1). P. 1–20. doi: 10.1080/03610470.2017.1402574

16. Bober A., Liashenko M., Protsenko L. et al. Biochemical composition of the hops and quality of the finished beer. *Potravinarstvo Slovak J. of Food Sciences*. 2020. 14. P. 307–317. doi: 10.5219/1311

17. Protsenko L., Ryzhuk S., Liashenko M. et al. Influence of alpha acids hop homologues of bitter and aromatic varieties on beer quality. *Ukrainian food j.* 2020. 9 (2). P. 425–436. doi: 10.24263/2304-974X-2020-9-2-13

18. Проценко Л.В., Ляшенко М.І., Свірчевська О.В. та ін. Методологія оцінювання хмелю і хмелепродуктів; за ред. Л.В. Проценко. Житомир: Пута, 2020. 72 с. URL: <https://isgpn.aan.org/vidavnicha-diyalnist/226.html>

19. *Analytica EBC* (Analytica European Brewery Convention) Methods 7.2, 7.4, 7.5, 7.7. 6th ed. Nürnberg: Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag. 2006. URL: <https://brewup.eu/ebc-analytica/hops-and-hop-products/hop-oil-content-of-hops-and-hop-products/7.5>

20. *Analytica EBC* (Analytica European Brewery Convention). Section 7. Hops. Method 7.10 — Hop Oil Content of Hops and Hop Products. European Brewery Convention. *The Brewers of Europe*. 2002. URL: <https://brewup.eu/ebc-analytica/hops-and-hop-products/hop-oilcontent-of-hops-and-hop-products/7.10>

21. *Analytica EBC* (Analytica 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. URL: <https://brewup.eu/ebc-analytica/hops-and-hop-products/hop-oilcontent-of-hops-and-hop-products/7.12>