



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 663.423:663:41:633.791

© 2024

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ХМЕЛЮ АРОМАТИЧНИХ І ГІРКИХ СОРТІВ ЗА БІОХІМІЧНИМИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ

С.М. Рижук¹, Л.В. Проценко², Н.А. Кошицька³,
Т.П.Гринюк⁴, А.С. Власенко⁵, А.В. Бобер⁶

¹доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

²кандидат технічних наук

^{3,6}кандидати сільськогосподарських наук

¹⁻⁵Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

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

⁶Національний університет біоресурсів і природокористування України

Міністерства освіти і науки України

вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041

e-mail: ¹isgpo_zt@ukr.net, ²Lidiya.procenko@ukr.net,

³Ninakoshiitska@gmail.com, ⁴tatjana.ch74@gmail.com,

⁵alenavlasenko27@gmail.com, ⁶Bober_1980@i.ua

ORCID: ¹0000-0002-2931-5458, ²0000-0002-5432-1630, ³0000-0002-7746-0270,

⁴0009-0005-7047-1435, ⁵0009-0009-3837-4845, ⁶0000-0003-1660-1743

Надійшла 7.06.2024

Мета. Сформувати науково-методичні підходи до оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів за біохімічними та технологічними критеріями щодо їхньої придатності для використання в різних галузях промисловості, зокрема в пивоварінні, хлібопеченні, фармакології. **Методи.** Монографічний — для вивчення наявного позитивного досвіду із зазначених питань; аналізу і синтезу — для вивчення результатів досліджень, узагальнення, систематизації, порівняння та формування висновків; графічний — для візуалізації даних та ілюстрації досліджуваних явищ. Також застосовували сучасні фізико-хімічні методи визначення біохімічних показників якості хмелю і хмелепродукції, як-от: високоефективну рідинну хроматографію — для визначення кількості і складу гірких речовин; кондуктометрію — для встановлення масової частки альфа-кислот; капілярну газову хроматографію — для визначення кількості ефірної олії та її компонентів; методом спектрофотометрії визначали індекс окислення гірких речовин хмелю. **Результати.** Аналіз даних, отриманих вітчизняними і зарубіжними науковцями, і результа-

тів досліджень авторів підтвердив широкий спектр та високий рівень біологічної активності сполук хмелю, що свідчить про перспективність його використання у низці галузей промисловості. Для розширення сфери застосування культури сформовано науково-методичні підходи до комплексного оцінювання якості хмелепродукції ароматичних і гірких сортів. Йдеться насамперед про визначення органолептичних, біохімічних господарсько-технологічних показників, а також про оцінювання за вмістом біологічно активних речовин, аналіз лікувально-профілактичних властивостей, необхідних для застосування досліджуваних сортів у фармацевтиці та медицині. Такий підхід дає можливість науково обґрунтувати придатність хмелю селекційних сортів для використання відповідно до призначення цільового продукту, а також розробити біохімічні й технологічні критерії оцінювання його якості. Запропонована методологія оцінювання включає методи визначення пивоварних якостей хмелю та продуктів його переробки, що гармонізовані до методик аналізу хмелепродукції Європейської пивоварної конвенції. Висновки. Отримані результати дадуть змогу оцінювати якість хмелю і хмелепродуктів згідно з європейськими нормами, розширити сферу їх використання та позиціонувати українські сорти культури на внутрішньому і зовнішньому ринках, що сприятиме розвитку галузі хмелярства загалом.

Ключові слова: хміль, якість, сорти хмелю, біохімічні критерії, технологічна оцінка, методологія оцінювання.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202408-03>

Хмелярство і пивоваріння є важливими господарськими галузями України, які мають не тільки соціальне, а й економічне призначення. Тенденція до зростання обсягів виробництва пива у світі стимулює попит на продукцію галузі хмелярства та зумовлює необхідність збалансованого її розвитку задля задоволення потреб пивоварної промисловості [1]. Хміль для пивоварів є незамінною сировиною, що визначає смак та аромат пива [2, 3]. Впродовж багатьох століть хміль використовують у пивоварінні для отримання характерної гіркоти та неповторного аромату пива [4, 5]. Це забезпечується різноманіттям гірких речовин та ароматичних сполук ефірної олії, які містяться в шишках хмелю [3, 5].

Хміль культивується переважно в Азії, Північній Америці та Європі, у країнах з помірним кліматом. Специфічні ґрунтово-кліматичні умови для його вирощування має Україна — вони вигідно відрізняються від характерних для країн-лідерів

із виробництва хмелю: Німеччини, Чехії, Словенії, Китаю та США [6]. Вирощування хмелю в нашій державі зосереджено в межах Поліської та Лісостепової зон, зокрема в Житомирській області, де збирається до 80% шишок хмелю. Розвиток хмелевиробництва тут відбувається зі збереженням багатовікових національних традицій пивоваріння, перевага надається цінним сортам хмелю з тонким ароматом [7, 8]. Україна має гарні можливості для розвитку галузевого комплексу хмелярства, вирощування необхідної кількості хмелесировини та переробки її на хмелепродукти задля забезпечення власних потреб пивоваріння та формування експортного потенціалу [9].

Оскільки Україна отримала статус кандидата на вступ до Європейського Союзу і вітчизняне хмелярство перебуває на етапі входження в систему ринку хмелю ЄС, успішна інтеграція української хмелепродукції у зовнішній ринок неможлива без стабільно високої якості [10]. Адже

у конкурентній боротьбі на ринку збуту перемагає той, хто робить свою продукцію кращою за якістю та дешевшою за ціною [9]. Тому випуск якісної хмелепродукції є пріоритетним завданням для українського товаровиробника і важливою передумовою забезпечення достатнього рівня її конкурентоспроможності [10].

Мета досліджень — сформулювати науково-методичні підходи до оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів за біохімічними та технологічними критеріями, визначити їхню придатність для використання у різних галузях промисловості: пивоварінні, хлібопеченні, фармакології тощо.

Матеріали і методи досліджень. Роботи проводили у 2019–2023 рр. в акредитованій лабораторії біохімії хмелю і пива Інституту сільського господарства Полісся НААН, у виробничих умовах низки хмелегосподарств, як от: ФГ «Еліта хміль», ПАФ «Дружба», ТОВ «Украгротехтрейд», СФГ «Мирне», ПП «Зарічне» Житомирської обл., ПА «Щедрий урожай» Львівської, ПрАТ «Дубнохміль» Рівненської, ДП ДГ «Пасічна» Хмельницької обл., а також у виробничих умовах гранулювання хмелю у ТОВ «Хміль України», ПП «Гальчин-Агро» та низки пивоварних підприємств України.

Досліджували шишки хмелю сортів української та закордонної селекції, вирощеного в хмелярських господарствах України, продуктів його переробки українського й європейського виробництва, методи оцінювання якості хмелю ароматичних та гірких сортів й хмелепродуктів залежно від сфери їх використання.

Для реалізації поставлених завдань застосовували такі методи досліджень: монографічний — для вивчення існуючого досвіду із зазначених питань; аналізу й синтезу — для оцінювання результатів досліджень, узагальнення, систематизації, порівняння і формування висновків; графічний — для візуалізації даних та ілюстрації досліджуваних явищ. Автори також використовували сучасні фізико-хімічні методи визначення біохімічних показників якості хмелю і хмелепродукції, зокрема високоефективну рідинну

хроматографію — для визначення кількості і складу гірких речовин; кондуктометрію — для розрахунку масової частки альфа-кислот; капілярну газову хроматографію — для визначення кількості ефірної олії та її компонентів; метод спектрофотометрії — для встановлення індексу окиснення гірких речовин хмелю [11–14].

Результати досліджень. Сучасні економічні та ринкові умови потребують використання хмелю як сировини не лише для пивоваріння, а й для інших галузей харчової промисловості. Однією із таких галузей є хлібопечення. Для розширення асортименту хлібобулочних виробів, задоволення різноманітних потреб споживача та збагачення хліба біологічно активними сполуками широкого розповсюдження набуло виробництво хліба з додаванням шишок цієї унікальної за вмістом гірких речовин, поліфенольних сполук, ароматичних та ефірних олій рослини [15, 16]. Завдяки використанню хмелю поліпшуються сенсорні характеристики хлібобулочних виробів та подовжується термін їх зберігання [17]. Хміль використовують і під час консервації — як компонент захисту, що володіє антиоксидантною та антимікробною активністю, завдяки чому подовжує термін зберігання продукції [18]. Застосування екстрактів хмелю в харчовій промисловості зумовлено зростанням попиту на нові добавки рослинного походження, здатні підвищувати поживну та оздоровчу цінність продуктів [19].

Нові наукові дані про функціональні фізіологічні властивості певних компонентів хмелю потребують пошуку способів його використання у фармакології, медицині, сільському господарстві тощо [20–22].

В Україні хміль та продукти його переробки для пивоварної галузі характеризуються показниками якості, рівень яких встановлюється чинними нормативними документами — стандартами [23–25]. Що стосується використання хмелю в інших галузях, нормативні документи, що регламентували б показники та критерії, необхідні саме для створення того чи іншого цільового продукту, відсутні. Тому для

розширення сфери застосування хмелю та продуктів його переробки сформовано науково-методичні підходи до оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів та їхньої придатності для використання відповідно до призначення (рис. 1).

Отже, науково-методичні підходи до оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів та хмелепродуктів передбачають урахування органолептичних показників згідно з нормативно-технічною документацією, біохімічних та господарсько-технологічних показників, а також визначення вмісту біологічно активних речовин (БАР), аналіз лікувально-профілактичних властивостей зазначених сортів, необхідних для застосування у фармацевтиці та медицині.

Органолептичне оцінювання якості шишок хмелю згідно з нормативно-технічною документацією [23, 24] передбачає визначення аромату, кольору, стану лупулінових зерен, масової частки насіння та хмельових домішок (листя, стебел, відходів із хмелю), ступінь ушкодження шишок шкідниками та пліснявою.

Органолептичне оцінювання якості гранул хмелю ароматичного та гіркового типу 90 включає, згідно з нормативно-технічною документацією [25], визначення аромату та кольору.

Взаємний обмін різних країн хмелесировиною і хмелепродукцією зумовило потребу визначати показники їх якості і під час виробництва хмелю та продуктів його переробки, і під час їх використання у пивоварінні в різних країнах за однаковими методами. Останнім часом у світі відбувається інтенсивна міжнародна універсалізація методів аналізу, створюються нові системні методики оцінювання якості хмелю. Їх відображають у чинних документах та спеціальних джерелах інформації [11, 12, 14, 26, 27], в яких висвітлено модифікації відомих і новітні методи аналізу окремих речовин хмелю та їх комплексів під час накопичення в рослинах при формуванні шишок, перероблення в хмелепродукти та перетворення в технології пива.

Зустріч пивоварів у 1886 р. в Лондоні посприяла організації Інституту пивоваріння (Institute of Brewing, *IoB*) і започаткувала



Рис. 1. Науково-методичні підходи до оцінювання якості хмелю

створення універсальних методів аналізу. В завдання цього інституту безпосередньо входили розробка і публікація стандартизованих методів аналізів. Ці методи є основою системи контролю, затвердженою Європейською пивоварною конвенцією (European Brewing Convention, EBC) [11, 12, 14]. Уніфікацією методів контролю пивоварного виробництва також займається спеціальна Аналітична комісія країн Центральної Європи (МЕВАК). Останнім часом до цієї роботи активно долучається Американське співтовариство хіміків-аналітиків (American Society of Brewing Chemists, ASBC). Між методами цих організацій існують як відмінності, так і багато спільного. Наразі вживаються заходи щодо їх узагальнення.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень, аналізу баз даних біохімічних показників хмелю ароматичних і гірких сортів, продукція з яких є найзатребуванішою в технологіях українських виробників пива, авторами розроблено

біохімічні та технологічні критерії оцінки якості хмелю сортів як вітчизняної, так і закордонної селекції для пивоваріння й інших галузей застосування. Це дало можливість сформулювати методологію оцінювання хмелю і хмелепродуктів [13], що об'єднала основні методи визначення якості системи контролю хмелю та продуктів його переробки, гармонізовані до вимог Європейської пивоварної конвенції. Ці методи дають змогу визначати якість хмелю у процесі його вирощування, зберігання, перероблення на хмелепродукти, а також під час виготовлення пива та іншої продукції.

Біохімічне оцінювання якості шишкового і гранульованого хмелю ароматичних і гірких сортів передбачає визначення його фізико-хімічних показників (рис. 2).

Для оцінювання якості хмелю різних сортів застосовували методи, що відповідали цільовим завданням:

- обов'язкові для повсякденного використання під час виробництва хме-

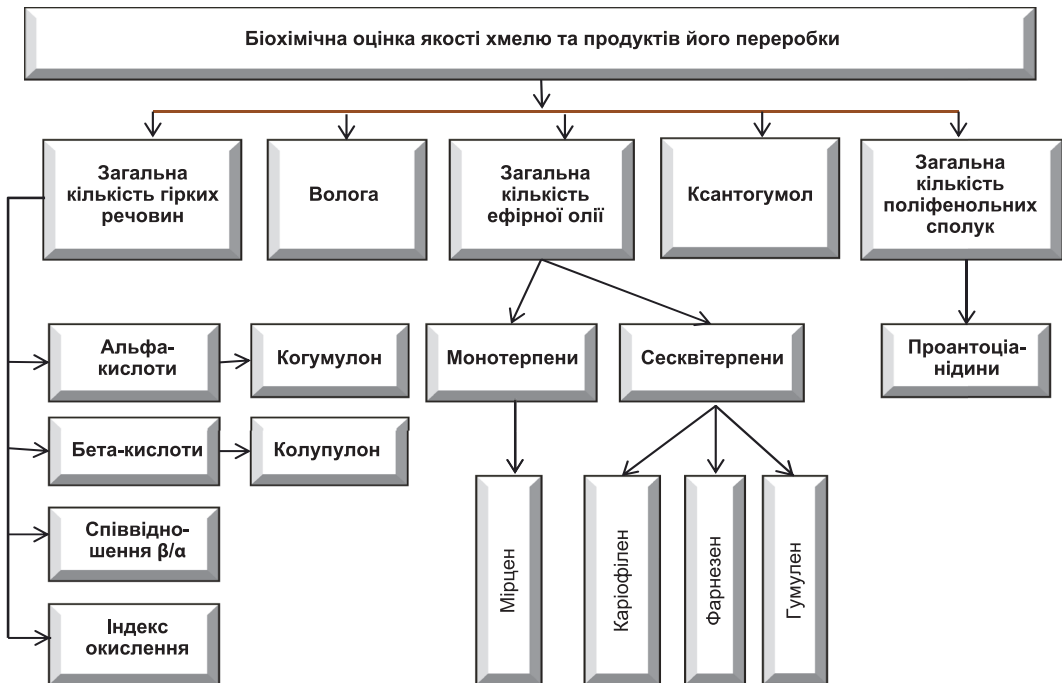


Рис. 2. Схема оцінювання біохімічних показників якості хмелю ароматичних і гірких сортів та продуктів його переробки

лю та продуктів його переробки згідно з Національними стандартами на хміль та хмелепродукти;

- спеціальні методи для використання у виробничих і дослідницьких умовах з метою оцінювання основних гірких, фенольних та ефірних речовин хмелю;
- методи аналізу перетворень цінних речовин хмелю у виробничих процесах для максимально повного їх використання як у кількісному, так і в якісному вимірах.

Технологічний метод оцінювання якості продукції (рис. 3) включає дослідження і наукове обґрунтування впливу біохімічних сортових особливостей хмелю та продуктів його переробки на якість виробничого процесу та готової продукції, зокрема на її фізико-хімічні й органолептичні показники.

Отже, метод технологічного оцінювання пивоварних якостей хмелю селекційних сортів і продуктів його переробки передбачає поєднання органолептичного й біохімічного аналізу певного сорту

хмелю з приготуванням пива на мініпиво-варні, його дегустацією та фізико-хімічним аналізом.

Установлено можливість та доцільність використання вітчизняних сортів хмелю, як-от Слов'янка, Злато Полісся та Клон 18, у виробництві хліба для поліпшення його смакових і фізико-хімічних показників (враховувалися особливості біохімічного складу та хіміко-технологічні показники зазначених сортів). Науково обґрунтовані критерії господарсько-технологічного оцінювання сортів хмелю ароматичного типу з погляду їх придатності для використання у хлібопеченні, а саме: ніжно-хмельовий аромат, колір — від світло-жовто-зеленого до золотисто-зеленого, вміст альфа-кислот — 0,5–3,5%, коефіцієнт ароматичності β/α — 1,2–3,0, уміст поліфенольних сполук — 5–8%, їх навантаження на 1 г альфа-кислот — понад 2,0 та фарнезеновий тип ефірної олії. Це сприятиме розширенню асортименту, виготовленню виробів профілактично-оздоровчого спрямування, покращенню смаку й аромату хліба, його

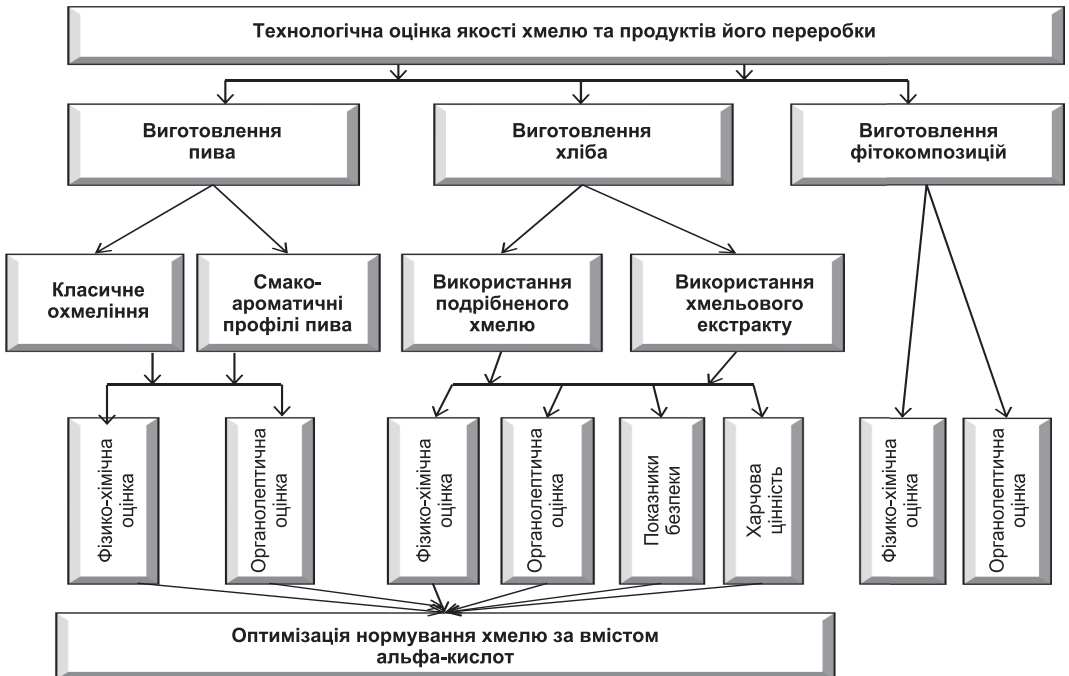


Рис. 3. Схема оцінювання технологічних показників якості хмелю ароматичних і гірких сортів та продуктів його переробки

збагаченню біологічно-активними речовинами, подовженню терміну зберігання хлібобулочних виробів та забезпеченню мікробіологічної чистоти.

На підставі результатів біохімічного оцінювання якості та технологічних випробувань найпоширеніших вітчизняних сортів обґрунтовано вибір сортів хмелю, придатних для пивоваріння, хлібопечення та фармакології з відповідними смако-ароматичними властивостями та характеристиками, визначеними на основі хіміко-технологічних критеріїв цих сортів.

Це дасть змогу позиціонувати українські сорти хмелю на внутрішньому та зовнішньому ринках, розширити сферу їх використання на мініпивзаводах та крафтових пивоварнях, які нині орієнтуються на смакоароматику закордонних сортів, у хлібопекарнях, що віддають перевагу виробництву бездріжджових хлібобулочних виробів, у фармацевтичних компаніях, продукція яких містить сполуки хмелю як рецептурний компонент.

Біологічно активні сполуки шишок хмелю відомі своїми антиоксидантними, протизапальними та протипухлинними властивостями [28], широким спектром інших фармакологічних ефектів і завдяки цьому можуть широко використовуватися у фармацевтичній промисловості. Ефірні олії та смоли хмелю мають заспокійливі й інші нейрофармакологічні властивості, характеризуються антибактеріальною та протигрибковою активністю [29]. Такі основні компоненти ефірної олії, як α -гумулен, α -мірцен і β -каріофіллен, виявляють активність проти низки штамів

грампозитивних і грамнегативних бактерій [29].

Інтерес до хмелю зростає у світлі можливого використання екстрактів з цієї рослини для боротьби зі шкідливими організмами — грибами, кліщами та комахами [30, 31]. Цей аспект видається надзвичайно актуальним, оскільки традиційно для боротьби з ними, зокрема зі шкідниками зернових запасів, застосовують синтетичні інсектициди — хлорорганічні, фосфаторганічні, бромистий метил, фосфін. Однак не завжди доцільне використання цих хімічних речовин негативно впливає на здоров'я людей та довкілля, насамперед через їх повільну деградацію в навколишньому середовищі та токсичні залишки у продуктах, а також через підвищення стійкості популяції шкідників до пестицидів. З огляду на це використання біологічно активних сполук хмелю є природною альтернативою синтетичним інсектицидам [30–32].

Аналіз даних, отриманих вітчизняними та зарубіжними науковцями, і результати власних досліджень авторів свідчать про високий рівень біологічної активності сполук хмелю і продуктів його переробки, що робить його перспективним для використання у багатьох сферах промисловості.

Оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів та продуктів його переробки за вмістом біологічно активних речовин (рис. 4) передбачає аналіз лікувально-профілактичних властивостей рослини, що сприяють її застосуванню у сфері охорони здоров'я та на фармацевтичному ринку, розробку фармако-технологічних методів

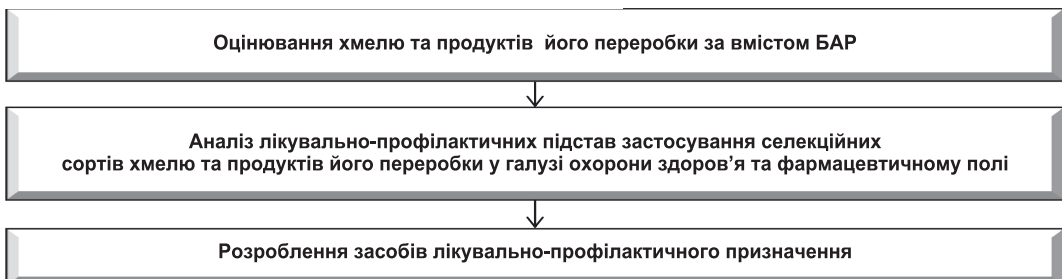


Рис. 4. *Схема оцінювання хмелю ароматичних і гірких сортів та продуктів його переробки за вмістом біологічно активних речовин*

вилучення фармакологічно-активних речовин з екстрактів хмелю різних сортів, збагачених біологічно активними сполуками, отримання субстанцій, які виявляють широкий спектр фармакологічних ефектів, та розробку засобів лікувально-профілактичного призначення.

Отримана авторами база знань сприятиме розробці інноваційних технологій ефективного використання комплексу господарськи цінних сполук хмелю

у пивоварній промисловості та хлібопеченні, що дасть змогу збагатити продукти споживання енергостимулюючими та імунопідтримуючими компонентами, покращити якість і безпечність продукції. Біологічно активні сполуки, що містяться в шишках хмелю, мають повернути увагу фармацевтичної промисловості з метою отримання протимікробних, протизапальних та інших засобів на основі компонентів хмелю.

Висновки

Підтверджено високу біологічну активність сполук хмелю, що робить цю рослину перспективною для використання не лише у пивоварінні, а й в інших галузях промисловості. Сформовано науково-методичні підходи до комплексного оцінювання якості хмелю ароматичних і гірких сортів та хмелепродукції, які включають органолептичний, біохімічний та господарсько-технологічний методи визначення показників якості, а також оцінювання за вмістом біологічно активних речовин та аналіз лікувально-профілактичних властивостей, необхідних для застосування цих сортів у фармацевтичній галузі та медицині. Це дає можливість науково обґрунтовувати придатність хмелю ароматичних і гірких сортів для використання відповідно до призначення цільового продукту.

Розроблено методологію оцінювання якості хмелю і хмелепродуктів, яка включає методи визначення пивоварних якостей хмелю та продуктів його переробки, що гармонізовані до методик аналізу хмелепродукції Європейської пивоварної конвенції. Отримані результати дадуть змогу оцінювати хміль і хмелепродукти відповідно до європейських норм на продукцію хмелярства та позиціонувати українські сорти культури на внутрішньому і зовнішньому ринках. Водночас це дасть можливість розширити сферу їх використання міні-пивзаводами, крафтовими пивоварнями, хлібопекарнями та фармацевтичними компаніями, у виробництві яких рецептурним компонентом є сполуки хмелю, що сприятиме розвитку галузі хмелярства загалом.

Ryzhuk S.¹, Protsenko L.², Koshytska N.³, Hryniuk T.⁴, Vlasenko A.⁵, Bober A.⁶

¹⁻⁵Polissia Institute of Agriculture of NAAS, 131 Kyivske shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine; ⁶National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 13 Heroyiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine; e-mail: ¹isgpo_zt@ukr.net, ²Lidiya.procenko@ukr.net, ³Ninakoshiyska@gmail.com, ⁴tatjana.ch74@gmail.com, ⁵alena.vlasenko27@gmail.com, ⁶Bober_1980@i.ua; ORCID: ¹0000-0002-2931-5458, ²0000-0002-5432-1630, ³0000-0002-7746-0270, ⁴0009-0005-7047-1435, ⁵0009-0009-3837-4845, ⁶0000-0003-1660-1743

Evaluation of the quality of hop of aromatic and bitter varieties according to biochemical and technological criteria

Goal. To form scientific-methodical approaches to evaluating the quality of hop of aromatic and bitter varieties according to biochemical and technological criteria regarding their suitability for use in various industries, in particular in brewing, baking, pharmacology, etc. **Methods.** Monographic — to study existing positive experiences on the specified issues; analysis and synthesis — for studying the results of research, generalization, systematization, comparison, and formation of conclusions; graphic — for data visualization and illustration of the studied phenomena. Modern physicochemical methods for determining biochemical indicators of the quality of hop and hop production were also used, such as high-performance liquid chromatography — to determine the amount and composition of bitter substances; conductometry — to

determine the mass fraction of alpha acids; capillary gas chromatography — to determine the amount of essential oil and its components; the oxidation index of hop bitter substances was determined by spectrophotometry. **Results.** The analysis of the data obtained by domestic and foreign scientists and the results of the authors' research confirmed the wide spectrum and high level of biological activity of hop compounds, which indicated the prospects of its use in many industries. To expand the field of application of the culture, scientific-methodical approaches to the comprehensive assessment of the quality of hop production of aromatic and bitter varieties were formed. It is primarily about the determination of organoleptic, biochemical economic-technological indicators, as well as the evaluation of the content of biologically active substances, and the analysis of therapeutic and preventive properties necessary for the use of the researched varieties in pharmaceuticals and medicine. This approach

made it possible to scientifically substantiate the suitability of hops of breeding varieties for use in accordance with the purpose of the target product, as well as to develop biochemical and technological criteria for assessing its quality. The proposed evaluation methodology included methods for determining the brewing qualities of hops and their processing products, which were harmonized with the hop production analysis methods of the European Brewing Convention. **Conclusions.** The obtained results make it possible to assess the quality of hop and hop products following European standards, expand the scope of their use, and position Ukrainian culture varieties on the domestic and foreign markets. That may contribute to the development of the hop industry in general.

Key words: *hop, quality, hop varieties, biochemical criteria, technological evaluation, evaluation methodology.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202408-03>

Бібліографія

1. Júlio C. Machado, Miguel A. Faria, Isabel 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/B978-0-12-816689-5.00010-9

2. Nesvadba V., Olšovská J., Straková L. et al. Essential oils in Czech hop varieties. *KVASNY PRUMYSL*. 2021. 67(3). P. 447–454. doi: [org/10.18832/kp2021.67.447](https://doi.org/10.18832/kp2021.67.447)

3. 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. P. 2085. doi: 10.3390/foods10092085

4. Nesvadba V., Charvátová J., Trnková S. Breeding of flavour hops in the Czech Republic. *Kvasny prumysl*. 2020. 66(6). P. 366–371. doi: 10.18832/kp2019.66.366

5. Ksenija Rutnik, Maša Knez Hrnčič, Iztok Jože Košir. Hop Essential Oil: Chemical Composition, Extraction, Analysis, and Applications. *Food Reviews International*. 2022. 38, sup1. P. 529–551. doi: 10.1080/187559129.2021.1874413

6. 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

7. 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

8. 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

9. 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

10. 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

11. *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>

12. *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-oil-content-of-hops-and-hop-products/7.10>

13. Проценко Л.В., Ляшенко М.І., Свірчевська О.В. та ін. Методологія оцінювання хмелю і хмелепродуктів; за ред. Л.В. Проценко. Житомир: Рута, 2020. 72 с. URL: <https://isgpnnaan.org/vidavnicha-diyalnist/226.html>
14. *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.*
15. Rak V., Yurchak V., Bilyk O., Bondar V. Research into techniques for making wheat bread on hop leaven. *Eastern-European j. of Enterprise Technologies*. 2018. V. 1. № 11 (91) P. 4–9. doi: 10.15587/1729-4061.2018.121677
16. Luana Nionelli, Erica Pontonio, Marco Gobetti, Carlo Giuseppe Rizzello. Use of hop extract as antifungal ingredient for bread making and selection of autochthonous resistant starters for sourdough fermentation. *International J. of Food Microbiology*. 2018. V. 266. February 2. P. 173–182. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.002 Get rights and content
17. Chaplygina I.A., Batura N.G., Matyushev V.V. et al. The hop sourdough use to improve bread microbiological safety. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 421(3). Article 032030. doi: 10.1088/1755-1315/421/3/032030
18. Carbone K., Macchioni V., Petrella G. et al. Humulus lupulus cone extract efficacy in alginate-based edible coatings on the quality and nutraceutical traits of fresh-cut kiwifruit. *Antioxidants*. 2021. 10(9). 1395. doi: 10.3390/antiox10091395
19. Arruda T.R., Pinheiro P.F., Silva P.I., Bernardes P.C. A new perspective of a well-recognized raw material: Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities and α - and β -acids profile of Brazilian hop (*Humulus lupulus* L.) extracts. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2021. 114. 110905. doi: 10.1016/j.lwt.2021.110905
20. Wei S., Sun T., Du J. et al. Xanthohumol, a prenylated flavonoid from hops, exerts anticancer effects against gastric cancer in vitro. *Oncology Reports*. 2018. P. 3213–3222. doi: 10.3892/or.2018.6723
21. Довга І.М., Казмірчук В.В., Євсюкова В.Ю. та ін. Ефірна олія хмелю, її склад і перспективи використання у медичній практиці. *Імунологія та алергологія: наука і практика*. 2023. № 3. С. 18–29. doi: 10.37321/immunology.2023.3.03
22. Di Lodovico S., Menghini L., Ferrante C. et al. Hop extract: An efficacious antimicrobial and anti-biofilm agent against multidrug-resistant Staphylococci strains and Cutibacterium acnes. *Frontiers in Microbiology*. 2020. № 1. P. 1852. doi: 10.3389/fmicb.2020.01852
23. ДСТУ 7067:2009. Хміль. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 11 с.
24. ДСТУ 7067:2009. Хміль. Правила відбирання проб та методи випробування. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 32 с.
25. ДСТУ 7028:2009. Рослиництво. Гранули хмелю. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 19 с.
26. Регламент комісії (ЄС) № 1850/2006, від 14 грудня 2006 р. «Про встановлення детальних правил для сертифікації хмелю і продуктів, які містять хміль» (ОВ L 355, 15.12.2006, С 72).
27. Регламент комісії (ЄС) № 1295/2008, від 18 грудня 2008 р. «Про ввезення хмелю з третіх країн» (OBL 340, 19.12.2008, С 45).
28. Paventi G., de Acutis L., de Cristofaro A. et al. Biological Activity of *Humulus lupulus* L. Essential Oil and Its Main Components against *Sitophilus granaries* L. *Biomolecules*. 2020. 10(8). 1108. doi: 10.3390/biom10081108
29. Jirovetz L., Bail S., Buchbauer G. et al. Antimicrobial testings, gas chromatographic analysis and olfactory evaluation of an essential oil of hopcones (*Humulus lupulus* L.) from Bavaria and some of its main compounds. *Scientia Pharmaceutica*. 2006. № 74. P. 189–201. doi: 10.3797/scipharm.2006.74.189
30. De Grandi-Hoffman G., Ahumada F., Probasco G., Schantz L. The effects of beta acids from hops (*Humulus lupulus*) on mortality of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental and Applied Acarology*. 2012. 58. P. 407–421. doi: 10.1007/s10493-012-9593-2
31. Aydin T., Bayrak N., Baran E., Cakir A. Insecticidal effects of extracts of *Humulus lupulus* (hops) L. cones and its principal component, xanthohumol. *Bulletin of Entomological Research*. 2017. 107(4). P. 543–549. doi: 10.1017/S0007485317000256
32. Bedini S., Flamini G., Cosci F. et al. Cannabis sativa and *Humulus lupulus* essential oils as novel control tools against the invasive mosquito *Aedes albopictus* and fresh watersnail *Physella acuta*. *Industrial Crops and Products*. 2016. 85. P. 318–323. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.008