

УДК 633.423:665.948  
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/07>

**Татар Л.В.**

Державний біотехнологічний університет

**Соколова Є.Б.**

Державний біотехнологічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ШИШКАХ ХМЕЛЮ ТА ХВОЇ СОСНИ

*Метою статті є дослідження вмісту біологічно-активних речовин (БАР) висушеної хвої сосни та шишок хмелю, як альтернативної сировини для виробництва пива. Із метою виявлення основних аспектів заміни хмелю вивчено комплекс біологічно активних фітокомпонентів висушеної хвої сосни, порівняно з шишками хмелю, як нетрадиційної пряно-ароматичної рослинної сировини за умови його використання для формування якості пива.*

*Встановлено, що ароматично-смаковий комплекс хвої та хмелю включає ненасичені реакційно-активні речовини, такі як ефірна олія, низькомолекулярні фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), флавонолові глікозиди (за рутином), поліфенольні (дубильні) речовини, смоли та гіркі речовини. Високий вміст зазначених БАР (низько- та високомолекулярних фенольних сполук, ефірної олії) має хвоя сосни – в 1,5...5,0 разів більше, ніж шишки хмелю.*

*Встановлено, що в складі хвої сосни є вітаміни групи В, кількість яких перевищує вміст у хмелі в 3–10 разів та вітамін С – в 20 разів. Мікроелементи в рослинній сировині представлені калієм, кальцієм, магнієм, фосфором, залізом. Кількість їх у гранулах досить висока порівняно з шишками хмелю та хвою сосни.*

*Досліджено ступінь накопичення важких металів та радіонуклідів у хвої сосни. Встановлено, що питома активність радіонуклідів становить:  $^{137}\text{Cs}$  – 0,46 Бк/дм<sup>3</sup>,  $^{90}\text{Sr}$  – 0,81 Бк/дм<sup>3</sup>, що значно менше за допустимі норми.*

*За результатами досліджень встановлено, що хвоя за своїми властивостями та хімічним складом наближена до хмелю та має переваги над шишками та гранулами за кількісним вмістом БАР: смоли, ефірна олія, поліфенольні (дубильні) та низькомолекулярні фенольні сполуки, які впливатимуть на формування смаку й аромату пива.*

*Доведено, що хвоя сосни є джерелом природних антиоксидантів, має високий вміст біологічно активних речовин та важливе практичне значення для формування споживних характеристик готового продукту. Це дає можливість використовувати її як допоміжну сировину з одночасною заміною хмелю на хвою під час виробництва пива, а отже, сприятиме формуванню оригінального смаку та аромату крафтового пива, збагачуватиме його склад, підвищить антиоксидантні властивості.*

**Ключові слова:** хвоя сосни, шишки хмелю, гранули хмелю, крафтове пиво, смак, аромат.

**Постановка проблеми.** На сьогодні в Україні є перспективи розвитку пабів та пивоварень, орієнтованих на оригінальні напої, що створюються з кращих натуральних інгредієнтів із застосуванням авторського підходу. Але в умовах високої конкуренції запорукою ринкового успіху для такого підприємства можуть стати лише висока якість продукції та ефективна маркетингова стратегія. Під час розробки нового крафтового продукту увагу споживачів необхідно звертати на органолептичні та певні корисні характеристики напою, зумовлені покращенням технологічного процесу або додаванням додаткових інгредієнтів.

Застосування рослинної сировини та/або рослинних екстрактів спрямоване на отримання

функціональних продуктів, збагачених БАР, що мають антиоксидантні й імуномодельючі властивості, необхідні в умовах екологічного забруднення навколишнього середовища та зниження захисних сил організму людини.

У виробництві пива шишки хмелю є основна і найдорожча сировина, яка надає пиву специфічного аромату, сприяє піностійкості та стійкості під час зберігання [1]. Пивовари віддають перевагу гранулам хмелю, оскільки вони мають велику гомогенність, легко перемішуються, зручніші у використанні. Під час гранулювання хмелю більшість лупулінових зерен руйнуються, тому гіркі речовини гранул хмелю краще розчиняються під час охмелення суслу порівняно з шишковим хмелем [2].

Пивовари і ресторатори створюють нові сорти нефільтрованого пива формуючи нові смакові властивості за рахунок додавання натуральної рослинної сировини та розширюючи асортимент відповідної галузі. Особливу увагу заслуговує хвоя сосни, оскільки вона характеризується високим умістом поліфенольних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук, ефірної олії, смол, які беруть участь у формуванні смаку, аромату й можуть впливати на споживні властивості напою з її використанням [3].

Тому вивчення БАР хвої сосни має важливе практичне значення для формування споживних характеристик готового продукту, оскільки до їхнього складу можуть входити багато речовин, мінімальна масова частка яких може викликати як якісні, так і кількісні зміни смаку і аромату.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні популярністю користується нефільтроване крафтове пиво. Враховують декілька критеріїв під час вибору нетрадиційної лікарсько-технічної пряно-ароматичної рослинної сировини, яка застосовується для виготовлення пива, – це підвищення смакової стабільності, антиокиснювальної здатності та колоїдної стійкості готового напою, збереження гірких речовин хмелю, які містяться в кінцевому продукті. Гіркі речовини пригнічують ріст мікроорганізмів та забезпечують стійкість пива під час зберігання [4]. На формування смаку й аромату пива впливає ефірна олія [5], а поліфенольні (дубильні) речовини спричиняють денатурацію білків та освітлення пива [6; 7].

Науковці [8; 9] створюють нові сорти пива з оригінальними смаковими властивостями за рахунок уведення натуральної рослинної сировини. При заміні головного і найдорожчого інгредієнта рослинна сировина (хвоя сосни) за хімічним складом і властивостями повинна бути наближена до хмелю.

Останнім часом набули популярності напої з додаванням лікарської та нетрадиційної рослинної сировини, що містять широкий спектр БАР, таких як вітаміни, мікро- і макроелементи, фенольні сполуки, ароматичні речовини та ін. Використання у виробництві місцевої сировини дозволить зменшити витрати на її придбання і доставку та розширити асортимент продукції галузі.

Споживання синтетичних харчових добавок призводить до зниження захисних функцій організму, алергії, різноманітних хвороб. У зв'язку з цим актуальним є пошук нетрадиційних натуральних джерел рослинної сировини, що містять значну кількість БАР, розробка інноваційних технологій отримання з них природних добавок для

збагачення продуктів масового споживання та надання готовим продуктам певного смаку й аромату, статусу функціональних і оздоровчих продуктів [10].

У Східному регіоні України насадження сосни займають достатні площі. Сировину заготовляють спеціальні заготівельні пункти, реалізують її зазвичай у фітоаптеках, аптеках лікарських трав. Отже, дана сировина є в достатній кількості на споживчому ринку для застосування її у виробництві пива. Лікарську рослинну сировину обирали за фармакологічними властивостями. Високий вміст у хвої БАР визначає її цінність як сировини для отримання різних фармацевтичних препаратів та інших продуктів [11]. Хвоя сосни має високий вміст фенольних сполук, що визначає її антиоксидантні властивості та сприятиме зменшенню реакції перекисного окислення ліпідів. Вітаміни, мікро- та макроелементи рослинної сировини є дуже важливими складовими під час виробництва пива, оскільки формують його смак та збагачують готовий напій цими речовинами.

На основі проведених досліджень із метою виявлення основних аспектів заміни хмелю на хвою сосни, урахувавши фармакологічні дані та беручи до уваги літературні дані, для досліджень використовували хвою сосни, що дозволить збагатити пиво максимально можливою кількістю БАР та дозволить сформувати оригінальний смак і аромат готового продукту.

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження вмісту БАР висушеної хвої сосни та шишок хмелю, як альтернативної сировини для виробництва пива. Хвоя є лікарською сировиною, заготівлю якої рекомендовано проводити взимку [12], на відміну від хмелю, який є сезонним продуктом. Відомо, що під час заготівлі лікарської рослинної сировини відбувається втрата БАР [10].

Для проведення досліджень використовували шишки хмелю подрібнені згідно з ДСТУ 4098.1-2002; лікарську рослинну сировину – хвою сосни звичайної сушену ТУ У 15.8-31062507-022:2009, що реалізується у фіто-аптеках м. Харкова [11]; гранули хмелю (подрібнені шишки хмелю, пресовані в гранули) згідно з ДСТУ 7028:2009.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час переробки сировини та отримання на її основі екстрактів необхідно максимально зберегти біологічно активні фітокомпоненти вихідної сировини. До розчинних БАР рослинної сировини належать алкалоїди, ефірна олія, дубильні речовини, фенольні сполуки, глікозиди (сапоніни,

гіркоти, флавонолові глікозиди та ін.), вітаміни (каротиноїди, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С, Е, К, РР, холін, біотин та ін.), смоли.

Із метою виявлення основних аспектів заміни хмелю доцільно вивчити комплекс біологічно активних фітокомпонентів висушеної хвої сосни, порівняно з шишками хмелю, як нетрадиційної пряно-ароматичної рослинної сировини за умови його використання для формування якості пива. Результати дослідження зразків хвої різних партій наведено в табл. 1.

На основі проведених досліджень умісту БАР встановлено, що ароматично-смаковий комплекс хвої та хмелю включає ненасичені реакційно-активні речовини, такі як ефірна олія, низькомолекулярні фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), флавонолові глікозиди (за рутином), поліфенольні (дубильні) речовини, смоли та гіркі речовини.

Поліфенольні (дубильні) речовини спричиняють денатурацію білків та освітлення пива [13]. Їх вміст у хвої сосни складає 16,4%, що значно перевищує показники шишок та гранул хмелю. Вміст низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) в шишках знаходиться майже в однаковій кількості. Масова частка флавонолових глікозидів (за рутином) в хвої складає в 2 рази більше ніж в хмелі. Досліджена лікарська рослинна сировина має високий вміст фенольних сполук, що визначає її антиоксидантні властивості та сприятиме зменшенню реакції перекисного окиснення ліпідів.

Гіркі речовини пригнічують ріст мікроорганізмів та забезпечують стійкість пива під час зберігання. На формування смаку й аромату пива впливає ефірна олія. Масова частка ефірної олії та смоли у хвої сосни більше, ніж у шишках – 0,5% та 7,0% та гранулах хмелю – 0,62% та 7,30% відповідно.

Отже, більший вміст зазначених БАР (низько- та високомолекулярних фенольних сполук, ефір-

ної олії) має хвоя сосни – в 1,5...5,0 разів більше, ніж шишки хмелю. Вологість шишок хмелю та хвої сосни становить 9–10%, гранул хмелю 7–8%, цим пояснюється більший вміст БАР у гранулах, ніж у шишках хмелю.

Вітаміни, мікро- та макроелементи рослинної сировини є дуже важливими складовими під час виробництва пива, оскільки формують його смак та збагачують готовий напій цими речовинами. З огляду на це визначено основний вітамінно-мінеральний комплекс у шишках та гранулах хмелю, хвої сосни (табл. 2).

У складі хвої сосни є вітаміни групи В, кількість яких перевищує вміст у хмелі в 3–10 разів та вітамін С – в 20 разів. Мікроелементи в рослинній сировині представлені калієм, кальцієм, магнієм, фосфором, залізом. Кількість їх у гранулах досить велика порівняно з шишками хмелю та хвою сосни.

За результатами досліджень визначено, що хвоя за своїми властивостями та хімічним складом наближена до хмелю та має переваги над шишками та гранулами за кількісним вмістом БАР: смоли, ефірна олія, поліфенольні (дубильні) та низькомолекулярні фенольні сполуки, які впливатимуть на формування смаку й аромату пива. Пивовари віддають перевагу гранулам хмелю, оскільки вони мають велику гомогенність, легко перемішуються, зручніші у використанні. Під час гранулювання хмелю більшість лупулінових зерен руйнуються, тому гіркі речовини гранул хмелю краще розчиняються під час охмелення суслу порівняно з шишковим хмелем [14].

Якість вихідної сировини визначає гігієнічну безпечність продуктів харчування. Ураховуючи несприятливу екологічну обстановку і розглядаючи перспективу виробництва продуктів харчування в умовах радіоактивного забруднення, слід відзначити актуалізацію проблеми здорового харчування. Сполуки важких металів є найбільш

Таблиця 1

**Уміст біологічно активних речовин фенольної і терпеноїдної природи, % (n = 5, P ≥ 0,95)**

Біологічно активні речовини	Пряно-ароматична лікарська рослинна сировина		
	Хвоя сосни	Шишки хмелю	Гранули хмелю
Ефірна олія	3,8	0,55	0,62
Смола	27,3	7,0	7,3
Гіркі речовини	4,0	8,5	9,2
Поліфенольні (дубильні) речовини	16,4	5,2	5,8
Низькомолекулярні фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	4,0	3,1	3,9
Флавонолові глікозиди (за рутином)	2,7	1,3	1,6
β-каротин, мг/100 г	15,6	4,8	5,7

Вітамінно-мінеральний комплекс, мг/100 г (n = 5, P ≥ 0,95)

Харчова речовина	Пряно-ароматична лікарська рослинна сировина		
	Хвоя сосни	Шишки хмелю	Гранули хмелю
Тіамін, В <sub>1</sub>	12,0	0,8	0,9
Рибофлавін, В <sub>2</sub>	5,0	0,6	0,7
Піридоксин, В <sub>6</sub>	1,8	0,4	0,5
Нікотинова кислота, РР (В <sub>3</sub> )	26,0	7,0	8,4
Біотин, Н (В <sub>7</sub> )	0,15	0,05	0,07
Аскорбінова кислота, вітамін С	335,5	15,7	16,4
Калій	98,0	560,0	680,0
Фосфор	0,92	388,0	423,3
Магній	10,12	303,60	383,1
Кальцій	10,7	216,0	264,7
Нагрій	4,5	9,500	10,1
Залізо	2,2	3,2	3,5

Таблиця 3

Результати дослідження вмісту показників безпечності хвої сосни (n = 5, P ≥ 0,95)

Назва елемента	Вимоги ГН 6.6.1-130-2006, ДСанПіН 4.2-180-2012, допустимий рівень, не більше	Хвоя сосни (сушена)
Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	Не виявлено
Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,02
Миш'як, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	Сліди
Кадмій, мг/дм <sup>3</sup>	0,03	Сліди
<sup>137</sup> Cs, Бк/дм <sup>3</sup>	200,0	0,46
<sup>90</sup> Sr, Бк/дм <sup>3</sup>	50,0	0,81

небезпечними, оскільки накопичуються в організмі та спричиняють різні хвороби і мутації [12]. Досліджено ступінь накопичення важких металів та радіонуклідів у хвої сосни (табл. 3).

Аналіз отриманих результатів показує, що вміст свинцю у хвої не перевищує ГДК. Важкого металу ртуті в сировині не виявлено, проте є сліди кадмію та миш'яку.

Питома активність радіонуклідів у досліджуваній сировині значно менше за допустимі норми. Результати дослідження свідчать, що вміст токсичних елементів та радіонуклідів у хвої значно менше за ГДК.

Отже, можна зробити висновок, що хвоя сосни є джерелом природних антиоксидантів, має високий вміст біологічно активних речовин. Це дає можливість використовувати її як допоміжну сировину з одночасною заміною хмелю на хвою під час виробництва пива, а отже, сприятиме формуванню оригінального смаку та аромату пива, збагачуватиме його склад, підвищить антиоксидантні властивості.

**Висновки.** За результатами досліджень визначено, що хвоя за своїми властивостями та хімічним складом наближена до хмелю та має переваги над шишками та гранулами за кількісним вмістом БАР: смоли, ефірна олія, поліфенольні (дубильні) та низькомолекулярні фенольні сполуки, які впливатимуть на формування смаку й аромату пива.

Виявлено, що більший вміст БАР фенольної та терпеноїдної природи (особливо низько- та високомолекулярних фенольних сполук та ефірних олій) має хвоя сосни – в 1,5–5 разів більше, ніж у шишках хмелю.

Підсумовуючи результати, можна зробити висновок, що хвоя сосни є джерелом природних антиоксидантів, має високий вміст біологічно активних речовин. Це дає можливість використовувати її як допоміжну сировину з одночасною заміною хмелю на хвою під час виробництва пива, а отже, сприятиме формуванню оригінального смаку та аромату пива, збагачуватиме його склад, підвищить антиоксидантні властивості.

#### Список літератури:

1. Kunze W. Technology Brewing and Malting. VLB: Berlin, 2014. 960 p.
2. Бобер А. В., Пашковська Я. І. Технологічна оцінка якості шишок та гранул хмелю для пивоваріння. *Мир науки и інновацій*. Івано-Франківськ, 2016. Вип. 1 (3), т. 3. С. 17–20.

3. Judzentiene A., Kupcinskiene E. Chemical Composition on Essential Oils from Needles of *Pinus sylvestris* L. Grown in Northern Lithuania. *Journal of Essential Oil Research*. 2008. №. 20(1). P. 26–29.
4. Гладкий Ф. Ф., Данилова Л. А., Березка Т. О., Півень О. М., Домарецький В. А. Визначення кількості рослинних антиоксидантів для захисту гірких хмелевих речовин від окисної деструкції. *Вісник Національного технічного університету Харківський політехнічний інститут*. Харків, 2010. № 57. С. 278–281.
5. Домарецький В. А. Технологія солоду і пива. Київ: ІНККОС, 2004. 426 с.
6. Кошова В. М., Мацулевич Н. Є. Вплив поліфенолів на колоїдну стійкість пива. *Наукові праці НУХТ*. 2011. № 37-38. С. 34–37.
7. Данилова Л. А., Домарецький В. А., Амбарцумян Г. А. Вплив антиоксидантів рослинної сировини на процеси коагуляції білків у суслі. *Харчова та переробна промисловість*. 2002. № 12. С. 15–16.
8. Ducruet Julien, Rébenaque Pierrick, Diserens Serge, Kosińska-Cagnazzo Agnieszka, Héritier Isabelle, Andlauer Wilfried. Amber ale beer enriched with Gobi berries – The effect on bioactive compound content and sensorial properties. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 226. P. 109–118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.047>
9. Кучинська А. М. Наукові засади вибору рослинної сировини для підвищення харчової цінності пива. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2013. № 3 (67). С. 264–273.
10. Дячок В. В. Науково-теоретичні основи екстрагування лікарської рослинної сировини: дис. ... д-ра техн. наук. Київ, 2010. 384 с.
11. ГУ У 15.8–31062507–022:2009. Сировина рослинна, натуральна для виробництва добавок дієтичних (визначають параметри стандартизації трави буркуну лікарського, квіток і плодів гіркокаштану звичайного і хвої сосни звичайної). Держспоживстандарт України, ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації». Харків, 2009. 24 с.
12. Antonio G., Corredor L. Biochemical changes in the kidneys after perinatal intoxication with lead and/or cadmium and their antagonistic effects when coadministered. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2004. № 57 (2). P. 184–189.
13. Кошова В. М., Мацулевич Н. Є. Вплив поліфенолів на колоїдну стійкість пива. *Наукові праці НУХТ*. 2011. № 37-38. С. 34–37.
14. Schönberger C., Kostecky T. 125th anniversary review: the role of hops in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*. 2011. № 117. P. 259–266.

#### **Tatar L.V., Sokolova Ye.B. STUDY OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN HOP CONES AND PINE NEEDLES**

*The aim of the article is to study the content of biologically active substances in dried pine needles and hop cones as an alternative raw material for beer production. In order to identify the main aspects of replacing hops, the complex of biologically active phytocomponents of dried pine needles, compared to hop cones, was studied as an unconventional spicy-aromatic plant material when used to form the quality of beer.*

*It has been established that the aroma and flavour complex of pine needles and hops includes unsaturated reactive substances such as essential oil, low molecular weight phenolic compounds (by chlorogenic acid), flavonol glycosides (by rutin), polyphenolic (tannins), resins and bitter substances. Pine needles have a high content of these bioactive substances (low- and high-molecular-weight phenolic compounds, essential oil) – 1.5...5.0 times higher than hop cones.*

*It has been established that pine needles contain B vitamins, the amount of which is 3–10 times higher than in hops, and vitamin C – 20 times higher. Trace elements in plant materials are represented by potassium, calcium, magnesium, phosphorus, and iron. The amount of them in the granules is quite high compared to hop cones and pine needles.*

*The degree of accumulation of heavy metals and radionuclides in pine needles was investigated. It was found that the specific activity of radionuclides is:  $^{137}\text{Cs}$  – 0.46 Bq/dm<sup>3</sup>,  $^{90}\text{Sr}$  – 0.81 Bq/dm<sup>3</sup>, which is significantly less than the permissible limits.*

*The research has shown that pine needles are close to hops in their properties and chemical composition and have advantages over cones and pellets in terms of the quantitative content of bioactive substances: resins, essential oil, polyphenolic (tannins) and low-molecular-weight phenolic compounds that will affect the taste and aroma of beer.*

*It has been proven that pine needles are a source of natural antioxidants, have a high content of biologically active substances and are of great practical importance for shaping the consumer characteristics of the finished product. This makes it possible to use it as an auxiliary raw material with the simultaneous replacement of hops with pine needles in beer production, which will contribute to the formation of the original taste and aroma of craft beer, enrich its composition, and increase its antioxidant properties.*

**Key words:** pine needles, hop cones, hop granules, craft beer, taste, aroma.