

УДК 663.423:663.41:633.791

**Л.В. Проценко**

к. т. н.

**М.І. Ляшенко**

д. т. н.

**В.І. Бармакова**

**О.О. Венгер**

Інститут сільського господарства Полісся УААН

**А. А. Майстер**

к. с.-г. н.

Державний агроекологічний університет

### **НИЗЬКОСМОЛЬНИЙ ХМІЛЬ ЯК ПОЛІФЕНОЛЬНА ДОБАВКА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВУГЛЕКИСЛОТНОГО ЕКСТРАКТУ ХМЕЛЮ В ПИВОВАРІННІ**

*Вивчено вплив окремих компонентів низькосмольного хмелю на якісні показники сусла і пива. Експериментально доведена можливість і доцільність застосування в пивоварінні гранул низькосмольного хмелю в поєднанні з CO<sub>2</sub>-екстрактом як поліфенольної добавки.*

#### **Постановка проблеми**

Наразі у світі ще вирощується значна частина сортів хмелю з низьким вмістом альфа-кислот (АК). Не стала винятком і Україна. Переважна більшість хмелеплантацій України нині ще займає традиційний ароматичний сорт Клон 18 зі вмістом АК 3–4 %.

Аналіз сучасного стану використання хмелю показує, що при застосуванні спресованого хмелю в пивоварінні ефективність використання гірких речовин становить лише 25–30 % [1]. До того ж, при зберіганні найбільш цінні для пивоваріння альфа- і бета-кислоти легко окислюються під впливом зовнішніх факторів: кисню повітря, підвищеної температури середовища, сонячного світла, високої відносної вологості. Упродовж одного року зберігання навіть при температурі 0–2 °С хміль втрачає понад 30 % альфа-кислот і до 90 % ефірної олії [4, 8].

Зменшити втрати корисних речовин у процесі зберігання можна, переробивши хміль на хмельові препарати.

Необхідно відмітити, що потужні пивоварні заводи України у своїх технологіях використовують в основному гранульований хміль – 76 % від загальної потреби хмелепродукції. Але при охмелінні сусла лише гранулами зі вмістом АК 3–4 %, до суслотоварильного апарату вносять значну кількість хмельової маси і при цьому спостерігаються суттєві втрати сусла. Тому виникла необхідність в розробці методів підвищення

вмісту АК в гранулах фізичними способами, одним із яких є виготовлення гранул тип 45, які відносяться до збагачених хмельових препаратів [4].

Розроблений метод включає додаткову обробку шишок холодним повітрям при температурі  $-35^{\circ}\text{C}$ , при якій лупулінові зерна стають більш твердими і менш смолянистими, що дає можливість відокремити їх від пелюсток шишок хмелю шляхом трикратного просіювання [4]. Завдяки відокремленню лупуліну із шишок хмелю і додаванням його в певних співвідношеннях до розмеленого хмелю, вміст гірких речовин підвищується вдвічі. Маса збагаченого хмелю гранулюється і отримують гранули тип 45. У зв'язку з тим, що відділити лупулін повністю із шишок хмелю неможливо, в ньому залишається ще певна кількість гірких речовин. Тому й виникає проблема використання відходів ароматичного хмелю, що залишається при виготовленні гранул тип 45. Такий хміль, згідно чинних стандартів, за вмістом АК вважається нестандартним і його не можна використовувати для безпосереднього охмеління суслу, хоч за всіма іншими показниками він відповідає вимогам стандартів.

Тому одним із завдань наших досліджень було вивчення можливості щодо використання такого хмелю.

В пивоварінні поряд з гранулами використовуються також і вуглекислотні екстракти хмелю. Багаторічні дослідження показують [1, 2, 3], що при використанні лише вуглекислотного екстракту хмелю пива з відмінними смаковими якість отримати не можна. Це пов'язано з тим, що дані екстракти в основному виготовляють з хмелю гірких сортів. Ще одним їх недоліком є те, що на відміну від хмелю, вони зовсім не містять хмельових поліфенолів (ПФ).

*Завдання досліджень.* Нашим завданням було вивчення можливості застосування в пивоварінні хмелю з низьким вмістом альфа-кислот, який може бути відходами при виробництві гранул тип 45; винайдення способів використання та раціонального вжитку його цінних речовин.

*Об'єкти і методи досліджень.* Об'єктами досліджень був ароматичний хміль з низьким вмістом АК та вуглекислотний екстракт хмелю в процесі їх перероблення в пивоварінні.

Робота виконувалась у відділі біохімії хмелю та пива Інституту сільського господарства Полісся УААН. Експериментальні варки пива були проведені в лабораторії пива Інституту в лабораторних умовах та на міні-пивоварні продуктивністю 100 літрів пива за цикл, яка моделює середній пивоварний завод в масштабі 1:100.

В роботі використовувались сучасні фізико-хімічні методи аналізу речовин хмелю і хмельових препаратів та продуктів їх перетворення в процесі пивоваріння, проводився також контроль якості напівпродуктів та готового пива.

У хмелі альфа-кислоти визначали кондуктометрично за ДСТУ 4099-2002, загальні поліфенольні сполуки – за методом Фоліна [5], проантоціанідини – за модифікованим методом Ляшенко М.І., Солодюк Г.Д. [6]. У пиві вміст ПФ визначали за Єруманісом Г. [11], антоціаногенів – за Харрісом Й., Рікетсом С.[4]. Гіркі речовини сусла і пива – за методами ЕВС [9,10].

В готовому пиві, а також у суслі контролювали величину фракції високомолекулярних поліпептидів за методом ВНДПБП [2]. При розробці методу виходили із співвідношення інгредієнтів, прийнятих у методі Лундіна при визначенні фракції А високомолекулярних білкових речовин [7]. Колоїдну стійкість готового пива оцінювали і прогнозували за показником „ступінь осадження сульфатом амонію” за методом Басаржової Г. [12].

### Результати досліджень

Для вивчення впливу хмельових поліфенолів низькосмольного хмелю на якісні показники сусла і пива було проведено серію дослідів приготування пива, де поряд з вуглекислотним екстрактом використовували даний хміль.

Нормування хмелю на міні-пивоварні проводили згідно з "Технологічною інструкцією по застосуванню в пивоварінні хмелю і продуктів його переробки ТІ 10-04-06-136-87" за вмістом у ньому альфа-кислот.

Охмеління проводили в розрахунку 0,08 г/л гірких речовин.

Характеристика хмелепродуктів наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика хмелепродуктів

Хмелепродукти	Вміст, %			Маса хмелепродуктів для охмеління, г/л
	АК	ПФ	АГ	
Хміль	1,2	7,2	5,6	4,132
Вуглекислотний-екстракт	52,9	-	-	0,151

Як бачимо із даної таблиці вміст гірких речовин в вуглекислотному екстракті досить високий і становить 52,9 %, тому маса його для охмеління сусла в порівнянні з хмелем (0,151 г/дм<sup>3</sup> для вуглекислотного екстракту та 4,132 г/дм<sup>3</sup> для хмелю) незначна, в той час як даний хміль вміщує 7,2 % ПФ, яких зовсім немає в вуглекислотному екстракті.

Маса хмелю та екстракту, внесеного для охмеління у кожному варіанті дослідів, маса внесених у сусло ПФ хмелю, а також величина гіркоти сусла, вміст загальних ПФ та високомолекулярних поліпептидів наведені в табл. 2

Таблиця 2. Вплив співвідношення вуглекислотного екстракту і ароматичного низькосмольного хмелю на якісні показники охмеленого сусла

№ зразка	Внесено, %		Маса хмелепродуктів, г/л		Внесено ПФ хмелю, мг/л	ВГ сусла, од. ЕВС	Вміст	
	вуглекислотного екстракту	хмелю	вуглекислотного екстракту	хмелю			ПФ, мг/л	фракція А за Лундіним, мг/100 мл
1	100	-	0,1510	-	-	32,0	131,4	21,0
2	80	20	0,1208	0,826	52,3	33,5	143,6	20,7
3	60	40	0,0906	1,653	104,7	35,3	160,4	17,9
4	40	60	0,0604	2,480	157,1	37,6	188,8	14,5
5	20	80	0,0302	3,306	209,5	40,1	219,1	13,7
6	-	100	0	4,132	261,8	43,0	255,5	13,6

Співвідношення показників якості пива, виготовленого за даними варіантами та його біохімічна характеристика наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Вплив співвідношення вуглекислотного екстракту і низькосмольного хмелю на якісні показники пива

№ варіанту	ВГ пива, од. ЕВС	Вміст у пиві, мг/л		Індекс полімеризації	Фракція А за Лундіним, мг/100 мл	Ступінь осадження (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , мг/10 мл
		ПФ	АГ			
1	20,0	120,1	29,3	4,1	16,0	1,0
2	21,0	132,3	33,1	4,0	15,4	1,1
3	22,5	146,2	38,5	3,8	14,2	1,2
4	24,3	163,1	46,6	3,5	12,8	1,6
5	26,0	183,2	57,3	3,2	12,2	1,7
6	28,0	208,6	72,0	2,9	11,9	1,7

Дані таблиці свідчать, що зі збільшенням дози низькосмольного хмелю збільшується гіркота сусла та пива. Це збільшення відбувається за рахунок участі в її створенні не лише АК екстракту та хмелю, а й β-фракції низькосмольного хмелю.

Збільшується також кількість як внесених в сусло ПФ, так і визначених їх у суслі та пиві. Слід відмітити, що ПФ хмелю більш полімеризовані, ніж феноли солоду, тому показник індексу полімеризації при виготовленні пива із збільшенням частки вуглекислотного екстракту хмелю значно зростає з 2,9 до 4,1. Також поліфеноли хмелю більш інтенсивно взаємодіють з протеїнами сусла з утворенням нерозчинних комплексів, що позитивно впливає на колоїдну стійкість пива. Проантоціанідини є найбільш активні сполуки щодо утворення поліфенольно-білкових комплексів. Тому у випадку їх більшої кількості в хмельових препаратах утворюється значно більше брухту при охмелінні сусла і воно краще

освітлюється. Це і спостерігалось в наших дослідженнях при охмелінні сусла лише вуглекислотним екстрактом, екстрактом та низькосмольним хмелем в різних співвідношеннях та одним низькосмольним хмелем. У випадку охмеління сусла лише екстрактом при відсутності ПФ хмелю брукту утворюється мало, трохи більше його утворюється у 2-ому варіанті. Нами було відмічено, що у 3 та 4-ому варіантах значно збільшилась кількість осаду. Найбільше його було у 5 і 6-ому варіантах, але в цих варіантах найбільшими були і втрати сусла.

В суслі та пиві зі збільшенням дози низькосмольного хмелю зменшується і показник високомолекулярних поліпептидів та збільшується ступінь осадження білкових речовин насиченим розчином сульфату амонію, що прогнозує високу колоїдну стійкість пива.

За результатами дегустаційної оцінки найкраще за смаковими і ароматичними якостями було пиво, виготовлене з використанням 40 % гіркоти низькосмольного хмелю та 60 % гіркоти за рахунок вуглекислотного екстракту та навпаки. Сполуки низькосмольного хмелю позитивно впливають на грубу гіркоту екстракту, пом'якшуючи та згладжуючи її, збалансовують загальну гіркоту пива.

Пиво, виготовлене лише з вуглекислотного екстракту мало грубу, оголену та залишкову гіркоту. Причиною незадовільної якості гіркоти є гіркі сорти хмелю, з яких виготовляють вуглекислотні екстракти та відсутність у них поліфенольних сполук.

Пиво на стадії дозрівання не зовсім освітлилось. Через нестачу ПФ хмелю у суслі, залишилась значна кількість високомолекулярних поліпептидів, що і викликало його помутніння. Крім того, надлишок високомолекулярних білків, залишаючись у суслі, взаємодіє з гіркими речовинами хмелю і знижує ступінь їх використання. Комплекси гірких речовин з білками також надають пиву характерної неприємної залишкової гіркоти.

Покращилась якість гіркоти пива, де наряду з вуглекислотним екстрактом використовували 20 % гіркоти низькосмольного хмелю.

Пиво 5-го і особливо 6-го варіанту, де використовували для охмеління лише низькосмольний хміль мало в'язучий присмак, характерний для надмірної кількості хмельових поліфенолів.

Отримані результати свідчать про те, що у формуванні повноти смаку приймають участь не тільки гіркі речовини, а й поліфеноли, причому не самотійно, а в комплексі з гіркими речовинами, білками та іншими специфічними сполуками хмелю та сусла.

Аналіз результатів дослідних варок пива, проведений нами, показує, що поліфеноли низькосмольного ароматичного хмелю сприяють видаленню з сусла шляхом коагуляції високомолекулярних поліпептидів з утворенням складних комплексів, завдяки чому досягається більш висока колоїдна стійкість пива та підвищується ступінь використання гірких речовин на 15-20 %. Поліфеноли низькосмольного ароматичного хмелю також позитивно впливають на грубу гіркоту вуглекислотного екстракту, пом'якшуючи та згладжуючи її, роблячи загальну гіркоту пива збалансованою.

Таким чином, низькосмольний хміль можна використовувати в пивоварінні як поліфенольну добавку в поєднанні з екстрактами, переробивши його на гранули, вартість яких буде значно нижча щодо звичайних хмельових гранул.

Техніко-економічний аналіз свідчить, що використання поліфенольних добавок низькосмольного ароматичного хмелю в поєднанні з вуглекислотним екстрактом в оптимальних умовах не тільки підвищує якість пива, а ще є й ефективним засобом для попередження колоїдних помутнінь без застосування стабілізуючих препаратів, знижує його собівартість та підвищує конкурентоспроможність.

### Висновки

1. Експериментально доведена взаємозалежність комплексу основних гірких, ефірних та фенольних сполук хмелю на формування смаку і аромату пива.
2. Ароматичний хміль з низьким вмістом альфа-кислот рекомендуємо використовувати в пивоварінні як поліфенольну добавку, переробивши його на гранули, якщо за всіма іншими показниками він відповідає стандартам.
3. При використанні в пивоварінні лише вуглекислотного екстракту отримати пиво з високими смаковими якостями неможливо. Його доцільно використовувати в поєднанні з ароматичним, при наявності – з ароматичним низькосмольним хмелем, враховуючи при цьому кількісний вміст та якісний склад хмелепродуктів та дотримуючись певної технології виготовлення пива.

### Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження слід зосередити на вивченні поліфенольних добавок із низькосмольного хмелю. Необхідно розробити технологію виготовлення гранул з даного хмелю та способи оптимізації технології сумісного перероблення низькосмольного хмелю та вуглекислотного екстракту, що дозволить досягти суттєвої економії хмелесировини та підвищити якість пива.

### Література

1. Годованый А.А., Ляшенко Н.И., Рейтман Й.Г., Ежов И.С. Хмель и его использование. – К.: Урожай, 1990. – 336 с.
2. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: – К.: Урожай, 1999. – 544 с.
3. Хмель и хмелевые препараты в пивоварении. / И.С. Ежов, Й.Г. Рейтман, З.Н. Аксенова, и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 168 с.
4. Ляшенко Н.И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов. – Житомир: Полісся, 2002. – 388 с.

5. Ляшенко Н.И., Солодюк Г.Д. Методы количественного определения полифенолов хмеля // Хмелеводство. – 1980. – Вып. 2. – С. 57–64.
  6. Ляшенко Н.И., Солодюк Г.Д., Романенко Л.В. Определение отдельных групп фенольных соединений в хмеле // Хмелеводство. – 1982. – Вып. 4. – С. 49–52.
  7. Покровская Н.В., Каданер Я.Д. Биологическая и коллоидная стойкость пива. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. – 271 с.
  8. Рейтман И.Г., Бармакова В.И., Проценко Л.В. О потерях и нормах предельно допустимых потерь альфа-кислот при хранении хмеля в складах с нерегулируемыми параметрами среды // Хмелеводство. – 1988. – Вып. 10. – С. 55–60.
  9. *Analitica EBC*, third eddition, issued by the Analysis Committee EBC – 1975.
  10. *Ahalitika* – EBC, European Brebery Convention, fourth edition. – 1987. – 271 p.
  11. *Jerumanis G.* Über die Veränderung der Polyphenols in Verlauf des Mälzens ind Maisches // *Brawissechaft*. – 1972. – Т.23, № 10. – P. 313–318.
  12. *Basarova G., Cerna J., Kovarikova J.* Objctivni stanoveni koncentrace latek vysoltelnych nasycenyn roztokem sirani ammoneho z piva // *Kvasny prum.* – 1975. – 21.10. – P. 217–220.
- 
-