

ВИКОРИСТАННЯ ВОДЯНОГО ГОРІХА *TRAPA NATANS L.* ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ФЕРМЕНТОВАНИХ НАПОЇВ

Л. О. КОСОГОЛОВА¹, К. М. ЯБЛОНСЬКА¹, З. М. РОМАНОВА²

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Національний університет харчових технологій, м. Київ

Досліджено склад та властивості водяного горіха для ферментованого напою, підібрано оптимальні співвідношення водного екстракту водяного горіха і необхідної кількості концентрата квасного суслу для одержання збалансованого за компонентним складом напою з гармонійним смаком.

Ключові слова: *водний екстракт водяного горіха, концентрат квасного суслу, екстракція, фізико-хімічні показники, нетрадиційна сировина.*

Водяний горіх *Trapa Natans L.* займає великі площі у водоймах півдня Одеської області, особливо в деяких частинах Дунайського біосферного заповідника НАН України. Загальна продуктивність водяного горіха була визначена в межах від 1054,4 до 1339,6 т/рік сирих плодів, що складає 0,264–0,335 кг/м² заростів водяного горіха. Він утворює густі зарості, які заважають росту інших водних рослин. Після відмирання велика кількість кисню з води йде на розкладання цієї рослини, що негативно впливає на екологічний стан водних басейнів України. Існує регіональна проблема щорічного вилову значної частини водних горіхів і їх подальшого раціонального використання.

З літературних джерел відомо, що водяний горіх багатий на біологічно-активні речовини. Усі частини рослини містять вуглеводи, флавоноїди, фенольні сполуки, тритерпеноїди, дубильні речовини, вітаміни, азотисті сполуки, мінеральні солі. У плодах горіха міститься крохмаль, тригліцериди, вуглеводи, велика кількість вітамінів та мікроелементів [2].

В останні роки ринок безалкогольних напоїв Україні розвивався стрімкими темпами. Проте безалкогольні напої завжди були продуктом високої сезонності.

З подальшим розвитком ринку України все більше буде з'являтися дешевих функціональних напоїв, такі, як холодні чаї, енергетичні напої. Тому доцільним буде запропонувати виробляти ферментовані напої на основі водяного горіха. Таким чином, буде вирішено низку питань екологічного характеру, щодо забруднення водою та економічного характеру при виробництві напоїв, адже водяний горіх може стати досить дешевою сировиною, а розробка технології виробництва напоїв з альтернативної сировини, а саме водяного горіху, надає можливість розширити асортимент напоїв [1].

Метою роботи було розроблення ферментованого напою на основі водяного горіху *Trapa natans L.*

Для цього необхідно було проаналізувати склад, характеристики та можливості використання водяного горіху, підібрати розчинник для кращого вилучення екстракційних речовин з ядер водяного горіха, підібрати ферментні препарати для розщеплення крохмалю водяного горіху та розробити ферментований напій.

Водяний горіх, як реліктова рослина, за хімічним складом близький до зерна злакових та бобових культур, перш за все за вмістом у ядрі крохмалю.

Амінокислотний склад білка водяного горіха є добре збалансованим. Він не поступається за цим показником іншим рослинним продуктам. Більш того, біологічна цінність білка водяного горіха (74 % по лізину) така ж, як у соєвого білка і вище, ніж у білка рису (69 %), грецького горіха (51 %) [5] і жита (58 %) [7].

Вуглеводний склад ядер водяного горіха повністю характеризується полісахаридами – крохмалем (54,5 %) і целюлозою (6,7 %).

Щодо ліпідів (3,1 %), то їх в ядрі водяного горіха менше, ніж у класичних горіхах, таких як грецький горіх або арахіс.

Звертає на себе увагу велика концентрація у водяному горісі таких важливих мікроелементів як залізо, мідь, цинк і магній.

Відомо, що при тонкому подрібненні сировини покращуються умови гідролізу його складових. Внаслідок цього отримується додаткова кількість зброджуваних цукрів у порівнянні з переробкою цілого ядра горіха.

На процес екстрагування рослинного матеріалу здійснює вплив ряд факторів, що необхідно враховувати при виборі умов екстрагування: розмір і форма часток, ступень і характер подрібнення, різниця концентрацій, тривалість екстракції, температура екстрагенту, гідродинаміка процесу, природа та в'язкість екстрагенту [11].

При екстрагуванні рослинного матеріалу велике значення має ступінь подрібнення сировини. Подрібнення дозволяє збільшити міжфазну поверхню рослинної сировини при введенні технологічного процесу, тим самим впливати на ступінь вилучення екстрактивних речовин і динаміку екстракції.

Вибір екстрагенту залежить від гідрофільності біологічно активних речовин (БАР), що знаходяться у складі водяного горіха. Більшість БАР водяного горіха є гідрофільними або змішаними. Тому доцільно використовувати полярні або мало полярні розчинники для кращого виходу поживних речовин у екстракт. Проте екстракт у подальшому може використовуватись для виробництва напоїв, тому доцільно використовувати воду у якості екстрагенту, яка забезпечить достатній вихід поживних речовин і, у той самий час, не вплине на органолептичні показники майбутнього напою. Екстрагування водою дозволяє виділення у розчин таких сполук як моно-, ди- і полісахариди, дубильні речовини, пігменти, органічні кислоти, а також антиоксиданти – мікроелементи, вітаміни [3, 8].

Результати та їх обговорення. Подрібнення сировини до розміру часток не більше 0,25 мм дозволить проводити розварювання за температури 80–105 °С та збільшить вихід продукту на 2–2,5 %.

Дослідний матеріал подрібнювали на частинки розміром 0,25, 5 та 10 мм. Зразки заливали водою. Температуру екстрагенту поступово піднімали від 30

до 60 °С. Упродовж 30 хв відбирали проби через кожні 5 хв для визначення вмісту екстракційних речовин, що перейшли в екстракт. Досліджували три співвідношення маси сировини до екстрагенту, а саме при гідромодулі 1 : 1, 1 : 2 та 1 : 3. При гідромодулі 1 : 1 водяний горіх не повністю занурювався у екстрагент та екстрагування з верхніх шарів сировини не відбувалось [9]. При гідромодулі 1 : 3 відбувалось сильне розчинення і вихід екстракційних речовин був низький. Тому було обрано гідромодуль 1 : 2, який може забезпечувати оптимальний вихід екстрактивних речовин та відносно швидке фільтрування після закінчення екстракції (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив параметрів екстрагування на вихід екстрактивних речовин

Час екстрагування, хв	5	10	15	20	25	30
	Вміст екстрактивних речовин, %					
30 °С						
0,25	4,4	4,8	5	5,6	6	6,4
5	0,08	0,2	0,4	0,48	0,52	0,6
10	0,04	0,052	0,072	0,084	0,092	0,104
40 °С						
0,25	6,4	6,8	7,2	7,4	7,6	8
5	0,4	0,52	0,72	0,84	0,96	1,16
10	0,16	0,26	0,32	0,348	0,48	0,64
50 °С						
0,25	12,8	14,4	16,2	16,4	17,2	17,6
5	3,2	4,2	4,8	5,8	6,4	7,2
10	2,2	2,6	3,2	3,4	3,6	4
60 °С						
0,25	13,2	15,2	16,8	18	18,8	19,4
5	3,6	4,8	6,6	7,2	8,2	8,8
10	2,4	2,88	3,08	3,36	3,56	3,84

На швидкість переходу екстрактивних речовин у розчин впливає також температура екстрагенту (табл. 1). Під час визначення оптимальної температури екстракції враховувались енергетичні затрати, ефективність

переходу екстрактивних речовин та термочутливість основних компонентів водяного горіха. При температурі понад 50 °С відбувалися значні втрати цільових компонентів. Проте при температурі нижче 40 °С знижувався вихід екстрактивних речовин (рис. 1).

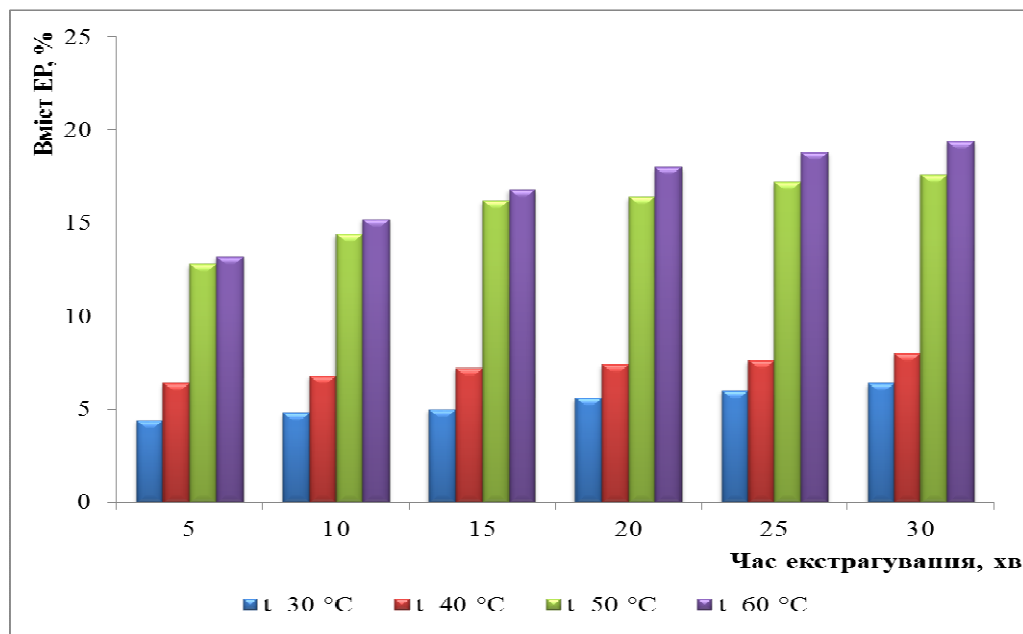


Рис. 1. Залежність вмісту екстрактивних речовин від температури екстракції

Отже, оптимальними умовами для отримання екстракту водяного горіха є подрібнення на частки розміром 0,25 мм, гідромодуль 1 : 2, температура екстрагенту 50 °С, час екстракції – 30 хв.

Так як екстракт водяного горіха має високий вміст білку та крохмалю, є доцільним розщепити ці сполуки до низькомолекулярних під дією ферментів. Для цього необхідно використовувати протеолітичні та амілолітичні ферментні препарати.

Сутність ферментативного гідролізу крохмалю полягає у розриві глюкозидних зв'язків амілози і амілопектину і у приєднанні за місцем розриву цих зв'язків молекули води. Він відбувається при одночасній дії на крохмаль α - і β -амілаз. Таке розщеплення крохмалю призводить до утворення цукрів.

Такі ферментні препарати, які сьогодні використовуються при виробництві напоїв «АмілоЛюкс-А», «Ламінекс 750» є амілолітичними з активністю 1600 од/г, що містять α -амілазу: α -амілаза гідролізує внутрішні α -1,4-глікозидні

зв'язки крохмалю, які призводять до швидкого зниження в'язкості клейстеризованих розчинів крохмалю, тим самим забезпечують підготовку екстракту до дії глюкоамілази. Кінцевими продуктами дії бактеріальної α -амілази на крохмаль є низькомолекулярні розчинні декстрини з невеликим вмістом моно- і дисахаридів (глюкози і мальтози). Комплексні ферментні препарати «ГлюкоЛюкс-А», «Діазим FA», з активністю 5000 од/г, 6800 од/г, відповідно, застосовуються для оцукрювання частково розщеплених полімерних молекул крохмалю, при цьому глюкоамілаза послідовно гідролізує α -1,4- і α -1,6-глікозидні зв'язку, відокремлюючи з нередукуючих кінців молекул крохмалю, декстринів олігосахаридів залишки глюкози, яка є кінцевим продуктом гідролізу. Ферментні препарати «Ламінекс 750» та «Діазим FA» мають найбільшу активність – 1600 од/г та 6800 од/г (табл. 2) [6].

Таблиця 2

Характеристика ферментних препаратів для виробництва напоїв з водяного горіху

Препарат	Оптимальні умови	Діапазон дії	Активність, од/г	Витрата товарного продукту, кг/т крохмалю
Ламінекс 750	<i>pH</i> 5,0-7,0 <i>Температура</i> 50-75 °С	<i>pH</i> 4,0-8,5 <i>Температура</i> 30-80 °С	1600	0,8–1,2
ГлюкоЛюкс - А	<i>pH</i> 4,0-5,5 <i>Температура</i> 55-60 °С	<i>pH</i> 3,0-8,5 <i>Температура</i> 30-70 °С	5000	0,6–1,2
Діазим FA	<i>pH</i> 5,0-5,2 <i>Температура</i> 50-55 °С	<i>pH</i> 4,4-6,2 <i>Температура</i> 40-65 °С	6800	0,8–1,3
Амілолюкс- А	<i>pH</i> 4,0-5,5 <i>Температура</i> 55-60 °С	<i>pH</i> 3,5-8,0 <i>Температура</i> 35-65 °С	1400	0,7–1,4

У результаті проведених досліджень можна зробити висновки, що при застосуванні комплексу ферментних препаратів «Ламінекс 750» та «Діазим FA» підвищується ефективність використання сировини за рахунок більш глибокого гідролізу, скорочується тривалість бродіння на 10–20 год., стабілізується технологічний процес, збільшується вихід продукту на 4 %, підвищується якість готової продукції, забезпечується безпечна експлуатація обладнання, підвищується культура виробництва.

Для розщеплення білку та крохмалю, що містяться у екстракті, вносили обрані ферментні препарати у екстракт та витримували 1 годину. Протягом цього часу необхідно контролювати рівень рН (5,0) та температуру (50 °C). Після обробки ферментним препаратом екстракт охолоджують, фільтрують та перекачують у ємність для тимчасового зберігання.

При виробництві ферментованих напоїв цукор використовується у вигляді цукрового сиропу. Процес отримання сиропу передбачає розчинення цукру-піску у воді, кип'ятіння розчину протягом 30 хв з метою попередження утворення у продукті слизеутворювальних бактерій, фільтрування та охолодження.

Масова частка сухих речовин у готовому сиропі повинна знаходитись у межах 60–65 %.

Розрахований об'єм води подають у сироповарочну ємність та нагрівають до кипіння. У процесі кипіння при перемішуванні додавали розраховану кількість цукру.

Кип'ятити розчин необхідно впродовж 30 хвилин, для забезпечення мікробіологічної чистоти сиропу. Сироп фільтрували у гарячому вигляді, використовуючи сітчасті фільтри, а потім охолоджували до температури 10–20 °C та використовували при купажуванні напою.

Для зброджування екстракту доцільно застосовувати комбіновану культуру дріжджів раси М та молочнокислих бактерій раси 11 та 13, які забезпечували приємний смак напою.

Молочнокислі бактерії за зовнішнім виглядом являють собою короткі палички, часто з'єднані попарно або у короткі ланцюжки з декількох паличок. Вони відносяться до гетероферментативних молочнокислих бактерій, які при зброджуванні глюкози утворюють 50 % молочної кислоти, 25 % CO₂, 25 % оцтової кислоти та етилового спирту [4, 10].

Дріжді раси М по морфологічним та фізіологічним властивостям відносяться до виду *Sac. minor*, тобто до дріжджів, виділених з житнього тіста. Вони добре зброджують глюкозу, сахарозу, трохи гірше мальтозу та не зброджують декстрини, арабінозу та лактозу. Особливістю дріжджів раси М є їх здатність разом з культурою молочнокислих бактерій накопичувати при бродінні до 0,04 % оцтовоетилового ефіру, що покращує смак та аромат напою.

Накопичення молочної кислоти до певної межі (рН 5,5–5,0) корисно для дріжджів, а продукти їх автолізу слугують живленням для молочнокислих бактерій.

Чисту культуру дріжджів та молочнокислих бактерій розводять на стерильному суслі. Дріжджова культура вважається готовою для приготування комбінованої закваски, коли кислотність середовища буде дорівнювати 6,8–7,0 мл 1 н розчину NaOH на 100 мл розведення.

Спільне бродіння дріжджів та молочнокислих бактерій триває 6 год. при температурі 30 °С. По закінченню 6 год. комбіновану закваску передають для засіву у бродильний апарат.

Бродіння сусла та купажування напою здійснюється у герметичній бродильній ємності. Бродильний апарат заповнювали ферментованим екстрактом водяного горіха (70 % від рецептурної норми) температурою 30–35 °С. Потім додавали 25 % цукру (від рецептурної норми) у вигляді цукрового сиропу та добре перемішували. Після внесення цукрового сиропу екстракт повинен містити 2,6 г сухих речовин на 100 г екстракту. У приготовлене таким чином сусло вносять 2–4 % (за об'ємом сусла) комбінованої закваски чистої культури дріжджів та молочнокислих бактерій за постійного перемішування. Після перемішування апарат герметично закривали.

Бродіння відбувалося за температури 25–28 °С до зниження концентрації сухих речовин на 0,8–1,0 % та досягнення кислотності 2,5 мл 1н розчину NaOH на 100 мл напою. Коли концентрація суслу зменшувалась на 1 % бродіння сповільнювали охолодженням напою до 10 °С шляхом пропускання напою у зовнішній холодильник. З пониженням температури збільшувалась розчинність CO₂ у напої.

Отриманий напій охолоджували до 6 °С, що супроводжувалось осадженням дріжджів.

Звільнений від дріжджового осаду напій купажували, додаючи у нього 30 % екстракту, що залишився, 75 % цукрового сиропу з вмістом 60–65 % сухих речовин та інгредієнти за рецептурою. Після купажування напій перемішували та визначали показники, передбачені стандартом.

Питання про збільшення терміну стійкості напою має важливе промислове значення, особливо при виробництві напою у пляшках. Стійкість напою може бути збільшена шляхом його пастеризації (табл. 3).

Таблиця 3

Мікробіологічні показники ферментованого напою після пастеризації

№ зразка	Показники пастеризації	МАФAM, КУО/см ³	Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	Мікроскопічні гриби, КУО/см ³	Дріжджі, КУО/см ³
К	Контроль	250	143	40	21
1	30 хв, 55 °С	90	70	0	0
2	60 хв, 55 °С	10	50	0	0
3	30 хв, 65 °С	3	0	0	0
4	60 хв, 65 °С	0	0	0	0

Отримані результати показують, що після проведення пастеризації при 1 та 2 температурному режимах кількість МАФAM та молочнокислих бактерій суттєво знижувалась, а після пастеризації при 4 режимі ріст взагалі не спостерігався. Мікроскопічні гриби та дріжджі після пастеризації були відсутні.

Аналізуючи отримані дані та враховуючи економічний фактор, можна зробити висновок, що найоптимальнішим є режим пастеризації напою ($\tau = 65 \pm 2$ °С, $t = 60$ хв).

Напій можна рекомендувати для громадського, дитячого та лікувально-профілактичного харчування.

Характеристика готової продукції наведено в таблицях.

Таблиця 4

Органолептичні показники

Колір	Консистенція	Смак і аромат	Сторонні домішки
Світло жовтий	Прозорий розчин	приємний	Не допускаються

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники

Масова частка сухих речовин, %, не менше	10–12
pH, не менше	5,0–5,5
Вміст вітаміну С, мг/100г	1,5–1,8
Токсичні елементи, мг/кг, не більше	–
Свинець	0,1
Кадмій	0,02
Миш'як	0,2
Мідь	4,0
Цинк	10

Таблиця 6

Мікробіологічні показники

Кількість МАФАМ, КУО в 1 г продукту, не більше	$2,0 \cdot 10^3$
Бактерії групи кишкової палички, в 1 г продукту	Не допускається
Плісняві гриби, в 1 г продукту	Не допускається
Дріджді, в 1 г продукту	$1,0 \cdot 10^3$
Патогенні мікроорганізми, в 1 г продукту	Не допускається

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що ядра водяного горіху містять до 52 % крохмалю, 7,5 % жирів, 5 % білків, 3 % цукру. Великий вміст у водяному горісі мікроелементів – заліза, міді, цинку і магнію. Тому водяний горіх може бути запропонований для виробництва ферментованих напоїв.

2. Встановлено, що кращим розчинником для вилучення екстрактивних речовин є вода. Оптимальними умовами для отримання екстракту водяного горіху є подрібнення на частинки розміром 0,25 мм, гідромодуль – 1 : 2, температура екстрагенту – 50 °С, час екстракції – 30 хв.

3. Використання комплексу ферментів дозволяє значно прискорити процеси оцукрювання сировини та її зброджування. Були підібрані ферментні препарати для оцукрювання крохмалю, які містяться у ядрі водяного горіху, при виробництві напою такі, як «Ламінекс 750» та «Діазим FA», що мають амілолітичну та глюколітичну активність – 1600 од/г та 6800 од/г. Оптимальними умовами обробки ферментними препаратами є температура 50 °С, рН 5,0, час обробки – 60 хв.

4. Підібрано оптимальний режим пастеризації ферментованого напою: $t=65\pm 2$ °С, $\tau=60$ хв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буткова О. Л. Качество минеральных вод, безалкогольных напитков и особенности водоподготовки в их производстве / О. Л. Буткова, А. В. Орещенко. // Пищевая промышленность. – 1998. – №11. – С. 17–18.

2. Функциональные напитки как основной сегмент рынка функциональных продуктов / [Дьяченко М. А., Филатова И. А., Колеснов А. Ю., Кочеткова А. А.]. // Пиво и напитки. – 1999. – № 2. – С. 37–40.

3. Дымова А. Ю. Здоровые функциональные напитки / А. Ю. Дымова // Пиво и напитки. – 2001. – № 1. – С.41–42.

4. Капрельянц Л. В. Функціональні продукти / Л. В. Капрельянц, К. Г. Іоргачова. – Одеса: Друк, 2003. – 333 с.
5. Красінько В. О. Технологія біологічно-активних сполук. Конспект лекцій / В. О. Красінько. – К.: НУХТ, 2007. – 129 с.
6. Пат. CN1085603 КНР, МКИ C12G3/02. Making method for water chestnut wine / Bin Tang (КНР); Yuguì Тао (КНР); Опубл. 20.04.94.
7. Скурихин И. М. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2. / И. М. Скурихин. – М.: ВО «Агропромиздат», 2004. – 458 с.
8. Федосова К. С. Біохімічний склад ядра водяного горіха (*Trapa natans L.*) / К. С. Федосова // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2004. – Вип. 15. – С. 46–48.
9. Безусов А. Т. Перспективи використання водяного горіха в харчовій промисловості (огляд) / А. Т. Безусов, К. С. Федосова. – Одеса: [б. в.], 2004. – 23 с.
10. Филонова Г. А. Безалкогольные напитки на натуральной основе / Г. А. Филонова // Пиво и напитки. – 2003. – №1. – С. 48–49.
11. Rahman M. M. *In vitro* Antibacterial Activity of the Compounds of *Trapa bispinosa* Roxb / M. M. Rahman, M. I. I. Wahed // Journal of Medical Sciences. – 2001. – Vol.1, N 4. – P. 214–216.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЯНОГО ОРЕХА TRAPA NATANS L. ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ НАПИТКОВ

Л. А. КОСОГОЛОВА¹, К. М. ЯБЛОНСЬКАЯ¹, З. М. РОМАНОВА²

¹Національний авіаційний університет, г. Київ

²Національний університет харчових технологій, г. Київ

Исследовано состав и свойства водяного ореха для ферментированного напитка, подобраны оптимальные соотношения водного экстракта водяного ореха и необходимого количества концентрата квасного сула для получения

сбалансированного за компонентным составом напитка с гармоничным вкусом.

Ключевые слова: *водный экстракт водяного ореха, концентрат квасного сусла, экстракция, физико-химические показатели, нетрадиционное сырье.*

USE WATER NUTS TRAPA NATANS L. FOR PRODUCING FERMENTED BEVERAGES

L. A. KOSOHOLOVA¹, K. M. YABLONSKA¹, Z. M. ROMANOVA²

¹National aviation universty, Kyiv

²National University of Food Technologies, Kyiv

Investigated the composition and properties of the water chestnut for fermented beverages, the optimum ratio of aqueous extract water chestnut and the required number of kvass wort concentrate to obtain balanced by the component composition of the drink with a harmonious taste.

Keywords: *aqueous extract water chestnut, kvass wort concentrate, extraction, physico-chemical properties, alternative raw materials.*