

С.І. Воронцова, асп.

П.О. Троценко, В.Є. Носенко, кандидати фіз.-мат. наук

В.Л. Прибильський, канд. техн. наук

ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ХЛІБНОГО КВАСУ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ

Хлібний квас — один з найпоширеніших продуктів бродіння. Це напій з приємним ароматом свіжовипеченого житнього хліба та кислувато-солодким смаком, насичений двоокисом вуглецю. В ньому містяться продукти спиртового і молочнокислого бродіння, клітини дріжджів і молочнокислих бактерій, біологічно активні речовини — вітаміни групи В, РР, А і D, амінокислоти, ферменти, органічні кислоти та легкозасвоювані цукри. Вживання хлібного квасу вгамовує спрагу та підвищує життєвий тонус людини. Вітамін В₁ — тіамін — тонізує нервову систему, а невелика кількість спирту (до 1,2 %) та двоокис вуглецю сприяють усуненню стомленості та стимулюють працездатність.

Хлібний квас є продуктом комбінованого незакінченого спиртового і молочнокислого бродіння. Процес бродіння триває і в готовому напої. Це сприяє зростанню в ньому вмісту органічних кислот і спирту внаслідок зброджування цукру. За своїм складом квас є сприятливим середовищем для розвитку різноманітних мікроорганізмів [1]. Псування квасу викликають дріжджі, зокрема *Candida krusei*, *C. valida* і *C. guilliermondii*, оцтовокислі та слизоутворювальні бактерії (лейконостоки, сінна паличка та ін.), а також міцеліальні гриби. Розвиваючись у квасі, сапрофітні мікроорганізми окиснюють етиловий спирт до оцтової кислоти, внаслідок чого різко підвищується його кислотність, знижується вміст сухих речовин, зменшується активність та пригнічується життєдіяльність культур дріжджів і молочнокислих бактерій. На поверхні ураженого квасу з'являється плівка, характерний пліснявий запах, напій ослизнюється. Квас стає кислим, неприємним за смаковими та ароматичними властивостями.

Чинною нормативно-технічною документацією встановлено межі зниження концентрації сухих речовин, зростання кислотності та вмісту спирту в готовому напої. Гарантійний термін зберігання хлібного квасу становить дві доби при температурі не вище ніж 12 °С.

Отже, безалкогольний напій бродіння з більш ніж тисячолітньою історією на території нашої країни має один суттєвий недолік — низьку біологічну стійкість. Тому питання продовження терміну зберігання цього надзвичайно корисного та смачного напою має важливе значення. У разі виготовлення пляшкового квасу це питання розв'язують, застосовуючи пастеризацію. Проте такий спосіб зменшує у квасі вміст біологічно активних речовин і погіршує органолептичні показники. Разом з тим, можна успішно підвищити біологічну стійкість безалкогольних напоїв за допомогою фізичних методів.

Останнім часом у харчовій технології все більшого поширення набувають методи оброблення ультрафіолетовим та НВЧ випромінюванням, ультразвуком, сильними короткодіючими електричними та магнітними полями. Застосування таких методів дає змогу суттєво продовжити термін зберігання харчових продуктів, зокрема зменшити їх мікробіологічну засадженість. В процесі оброблення середньомасова температура продук-

тів майже не зростає, при цьому енерговитрати є незначними [2, 3]. Нижче наведено результати досліджень з розроблення способу підвищення біологічної стійкості хлібного квасу за допомогою ультразвуку.

Встановлено, що можна підвищити біологічну стійкість квасу при мінімальних енерговитратах, якщо обробити його ультразвуком. На запропонований спосіб одержано деклараційний патент України [4]. Зауважимо, що хлібний квас — це складна біологічна система, тому дослідження впливу ультразвуку на таку систему є досить нелегким завданням. Дія ультразвукових коливань на біологічні системи залежить від інтенсивності, тривалості оброблення, а також частоти коливань. Залежно від цих параметрів в обробленому середовищі можна досягти як інгібування, так і активування життєдіяльності мікроорганізмів. Так, у роботі [5] показано, що дія ультразвуку тривалістю до 30 с активізує молочнокислі бактерії, що проявляється у збільшенні швидкості кислотоутворення. Більш тривале оброблення ультразвуком знижує швидкість кислотоутворення, тобто відбувається інгібування культури.

У цій роботі наведено експериментальні дані змінення показників хлібного квасу при різних режимах ультразвукового оброблення. Визначено вплив ультразвукових коливань на загальну кислотність, вміст сухих речовин та органолептичні показники напою. Також встановлено та доведено у графічному і табличному вигляді ефективність оброблення напою для сповільнення процесу скисання та його необоротність під дією ультразвуку, що відбувається у складній біологічній системі, зокрема в хлібному квасі.

Дослідження впливу ультразвуку на біологічну стійкість квасу було проведено на зразках хлібного квасу, виготовленого з концентрату квасного суслу в лабораторних умовах кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв НУХТ згідно з вимогами НТД [6]. У роботі використовували ультразвукові генератори УЗДН-2Т (22 кГц) та "Медитон" (44 кГц). Досліди проводили на таких рівнях інтенсивності ультразвуку, які забезпечують кавітаційний режим. Проте умови були досить "м'які" для того, щоб, з одного боку, досягти ультразвуковий бактерицидний ефект, а з другого — не порушити фізико-хімічні та органолептичні показники напою. Ефективність оброблення визначали залежно від тривалості перебування зразків в активній зоні дії ультразвуку (від 5 хв до 1 год) як у безперервному, так і в періодичному режимах. У кожній із серій дослідів одна частина квасу від загального об'єму була контрольним зразком, а решта однакових частин була оброблена ультразвуком у режимі кавітації. Контрольний і дослідні зразки зберігали за однакових умов у термостаті при температурі 30 °С протягом кількох тижнів. Зразки квасу відбирали згідно з санітарними вимогами до стерильності. За час зберігання фіксували динаміку змінення таких показників, як вміст у квасі сухих речовин (СР) (визначали рефрактометричним методом) та його загальну кислотність (визначали методом титрування).

Початковий вміст СР (СР₀) і загальна кислотність (К₀) становили відповідно 5,4 % і 2,15 мл розчину NaOH концентрацією 1 моль/л на 100 мл квасу.

Показники дослідних зразків квасу (загальну кислотність K та вміст CP) визначали відразу після оброблення ультразвуком і протягом 19 діб з періодичністю один раз через кожні 24 год зберігання.

Одержані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Динаміка змінення показників квасу від тривалості оброблення ультразвуковими коливаннями

№ дос-лїду	Тривалість оброблення, хв	Параметри після оброблення		
		Загальна кислотність, мл розчину NaOH концентрацією 1 моль/л на 100 мл квасу	Ефект змінення загальної кислотності, %	Вміст сухих речовин, %
1	5	0,97	55	5,4
2	10	0,92	57	5,4
3	15	1,12	48	5,4
4	20	1,3	40	5,4
5	30	1,3	40	5,4
6	40	1,3	40	5,4
7	60	1,3	40	5,4

*Під ефектом змінення слід розуміти $\frac{K_n - K_0}{K_0} \cdot 100$.

Встановлено, що в процесі оброблення ультразвуковими коливаннями загальна кислотність усіх дослідних зразків на відміну від вмісту CP змінилася (зменшилася) порівняно з контрольним (табл. 1). Ефект

змінення загальної кислотності $\frac{K_v - K_0}{K_0} \cdot 100$ для різних

зразків становив 40...57 %.

Через три доби зберігання у контрольному зразку спостерігали зменшення вмісту CP до 4,9% та зростання загальної кислотності K_0 до 2,7 мл розчину NaOH концентрацією 1 моль/л на 100 мл квасу (табл. 2).

Таблиця 2
Динаміка змінення показників квасу від тривалості оброблення ультразвуковими коливаннями через три доби зберігання

№ дос-лїду	Тривалість оброблення, хв	Параметри після оброблення		
		Загальна кислотність, мл розчину NaOH концентрацією 1 моль/л на 100 мл квасу	Ефект змінення загальної кислотності, %	Вміст сухих речовин, %
1	5	2,2	18	5,2
2	10	2,1	22	5,3
3	15	2,1	22	5,3
4	20	2,1	22	5,2
5	30	2,2	18	5,1
6	40	2,3	15	5,0
7	60	2,3	15	5,0

У дослідних зразках також спостерігали зменшення вмісту CP та зростання загальної кислотності, що свідчить про проходження процесу бродіння. Але в зразках, оброблених ультразвуком, вміст CP був вищим, ніж у контрольному зразку, тобто процес бродіння квасу проходив повільніше. При цьому загальна кислотність

оброблених зразків була меншою, ніж у контрольному, приблизно на 0,5 мл розчину NaOH концентрацією 1 моль/л на 100 мл квасу — це також було прямим доказом сповільнення процесу скисання.

Вплив ультразвуку на складний біологічний об'єкт — хлібний квас можна поділити на два етапи. Перший етап відбувається протягом доби і включає в себе безпосередньо оброблення квасу ультразвуком, під час якого внаслідок кавітації за час оброблення зменшується загальна кислотність напою. Вірогідно, що таке різке змінення кислотності може бути пов'язане із зміненням кислотності води під час оброблення ультразвуком внаслідок проходження як первинних, так і вторинних реакцій під впливом кавітації [7]. Слід зазначити, що вже через 24 год ефект змінення кислотності становив лише 15...22 %. Тобто за цей проміжок часу біологічна система частково відновлює свою початкову кислотність, але не повною мірою. Загальна кислотність контрольного зразка залишилася вищою порівняно з обробленими зразками (табл. 2).

Другий етап дії ультразвуку триваліший. Він пов'язаний з відновленням життєдіяльності мікроорганізмів, під впливом яких кислотність квасу з часом зростає. Результати проведених досліджень наведено на рис. 1.

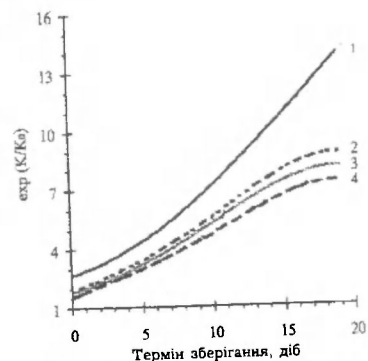


Рис. 1. Залежність відносної кислотності від терміну зберігання: 1 — контрольний зразок; 2, 3, 4 — зразки, оброблені ультразвуком 5, 15 і 60 хв відповідно

Експериментальні дані подано у вигляді експоненти з показником, що визначається відношенням загальної кислотності, яку мав квас на певну добу, до початкової загальної кислотності K/K_0 . Цю величину будемо називати відносною кислотністю. Як видно з рис. 1, відносна кислотність оброблених зразків завжди залишається нижчою, ніж у контрольному зразку, і навіть не має тенденції до того, щоб зрівнятися з ним. З цього можна зробити висновок, що вплив ультразвуку на таку біологічну систему, якою є хлібний квас, це процес необоротний. Кислотність напою після оброблення ультразвуком не відновлюється до рівня кислотності контрольного зразка.

Змінення концентрації CP з часом наведено подібно до змінення загальної кислотності. По осі ординат відкладено експоненту в степені, що визначається відношенням концентрації CP у певний момент часу до концентрації CP на початок досліджень. На відміну від змінення загальної кислотності концентрація CP не зазнає суттєвих змін під дією ультразвуку — експоненціальний хід відносної концентрації CP вказує, що бродіння квасу сповільнюється, але в цілому ультразвук кардинально не впливає на динаміку змінення концентрації CP , що і видно з ходу наведених графіків для сухих речовин (рис. 2).

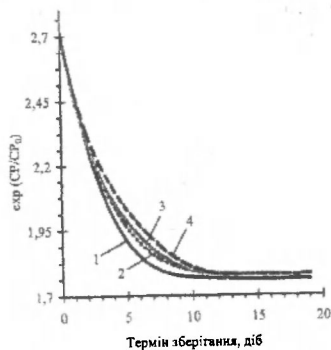


Рис. 2. Залежність вмісту СР від терміну зберігання: 1 — контрольний зразок; 2, 3, 4 — зразки, оброблені ультразвуком 5, 15 і 60 хв відповідно

Таким чином, встановлено, що вплив ультразвуку на скисання квасу є необоротним процесом. В роботі [1] це пояснюється тим, що коливання з частотою понад 20 кГц мають велику механічну енергію і швидко руйнують клітини мікроорганізмів. Одержаний результат вказує на необхідність проведення мікробіологічного дослідження впливу ультразвуку на конкретні види мікроорганізмів (як це виконано для молочнокислих бактерій в роботі [5]).

Як відмічають автори роботи [8], не існує єдиної теорії впливу ультразвуку на мікроорганізми, адже цей вплив залежить від дуже багатьох факторів. В подальших дослідженнях буде вивчено вплив ультразвуку на визначені штами мікроорганізмів з урахуванням властивостей цього середовища, що дасть можливість підвищити біологічну стійкість хлібного квасу не лише на кілька дб, як в одержаному результаті, а й значно продовжити термін зберігання, уникаючи пастеризації.

Висновки.

1. Оброблення хлібного квасу ультразвуком у кавітаційному режимі підвищує біологічну стійкість напою на 3 — 4 доби (у 2 рази).

2. Запропонований спосіб оброблення не призводить до помітних фізико-хімічних змінень квасу, не впливає на його органолептичні показники та є екологічно чистим.

3. Розглянутий спосіб дає змогу обробляти готовий квас, а також після попереднього звільнення зброженого суслу від мікроорганізмів, зокрема після фільтрації.

4. Низька температура оброблення (30...35 °С) є передумовою для збереження у квасі більшості термочутливих біологічно активних речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слюсаренко Т.П., Решетняк Л.Р. Основы микробиологии, гигиены и санитарии пивоваренного и безалкогольного производства. — М.: Агропромиздат, 1989. — 184 с.
2. Гладкая А.Д., Шевченко А.Д. Застосування ультразвуку для покращення якості безалкогольних напоїв // Изв. вузов СССР. Пищ. технология. — 1984. — № 5. — С. 102.
3. Гульй И.С., Украинец А.И., Мьколив И.М. Способы увеличения сроков хранения жидких пищевых продуктов. — К.: УкрНИИНТИ Госплана Украины, 1991. — 32 с.
4. Пат. 38972 А України, МПК⁷ А23L3/30. Спосіб оброблення хлібного квасу / Воронцова С.І., Носенко В.Є., Прибильський В.Л., Троценко П.О. — № 2000127228; Заявл. 15.12.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.
5. Зубченко В.С., Носенко В.Є., Ткаченко Л.В. Кислотоуворення бактерій після обробки ультразвуком // Харч. пром-сть, 2000. — Вип. 45. — С. 97—100.
6. Технологическая инструкция по производству безалкогольных напитков и кваса: ТИ 10-04-06-144-87. (Части I и II.). — М.: Государственный агропромышленный комитет СССР, 1988. — 295 с.
7. Эльпинер И.Е. Биофизика ультразвука. — М.: Наука, 1973. — 384 с.
8. Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування / А.І. Соколенко, В.Б. Костін, К.В. Васильківський та ін.; За ред. А.І. Соколенка. — К.: АртЕК, 2000. — 306 с.

Надійшла до редколегії 21.01.03 р.