

УДК 664.84

**ДІЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ ТА НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА
МІКРООРГАНІЗМИ МОРКВЯНОГО СОКУ**

М.М. ЖЕПЛІНСЬКА, Л.В. ЗОТКІНА, кандидати технічних наук

В.Є. НОСЕНКО, кандидат фізико-математичних наук

С.В. МАТКО

Національний університет харчових технологій

Вивчено можливість підвищення якості непастеризованого морквяного соку фізичними діями, в першу чергу за допомогою ультразвукової кавітації і СВЧ випромінювання. Встановлено, що під впливом ультразвуку при деяких режимах обробки соку в ньому різко зменшується кількість мікроорганізмів.

Ключові слова: ультразвук, кавітація, мікроорганізми, гетерогенні системи.

**ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ И СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА
МИКРООРГАНИЗМЫ МОРКОВНОГО СОКА**

М.М. ЖЕПЛИНСКАЯ, Л.В. ЗОТКИНА, кандидаты технических наук

В.Е. НОСЕНКО, кандидат физико-математических наук

С.В. МАТКО

Национальный университет пищевых технологий

Изучена возможность повышения качества непастеризованного морковного сока физическими действиями, в первую очередь с помощью ультразвуковой кавитации и СВЧ излучения. Установлено, что под воздействием ультразвука при некоторых режимах обработки сока в нем резко уменьшается количество микроорганизмов.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, микроорганизмы, гетерогенные системы.

**EFFECTS OF ULTRASONIC CAVITATION AND MICROWAVE
RADIATION ON MICROORGANISMS OF CARROT JUICE**

M.M. ZHEPLINSKAYA, L.V. ZOTKINA, Ph.D.

V.E. NOSENKO, candidate of Physical and Mathematical Sciences

S.V. MATKO

National University of Food Technologies

The opportunity to improve the quality of nonpasteurization carrot juice with a help of physical activities, especially with the help of ultrasonic cavitation and microwave radiation was researched. It was found that under the influence of ultrasound for certain modes of processing juice in it the amount of microorganisms sharply decreases.

Keywords: *ultrasound, cavitation, microorganisms, heterogeneous systems.*

Нерідко виникає потреба приготувати свіжий непастеризований сік для мережі громадського харчування. В такому разі треба підвищувати якість продукту завдяки зменшенню в ньому кількості мікроорганізмів.

Зовнішніми факторами, які впливають на життєдіяльність мікроорганізмів, є фізичні (температура, висушування, світло, випромінювання радіоактивних речовин), хімічні (карболова кислота, сулема, хлорне вапно), біологічні (антибіотики, бактеріофаги, лізоцим).

Ми проводили дослідження впливу фізичних методів оброблення, а саме ультразвуку (УЗ) та НВЧ випромінювання, на мікроорганізми морквяного соку.

Ультразвук здатний переносити значну кількість енергії. Інтенсивність поширення УЗ в гомогенному середовищі залежить від довжини його хвилі та густини середовища. З підвищенням частоти УЗ і зменшенням густини інтенсивність поширення його зменшується і збільшується поглинальна енергія, при цьому частина її витрачається на руйнування середовища.

У НВЧ апаратах можуть бути реалізовані різноманітні теплові режими: розігрівання, розморожування, руйнування. При реалізації різних режимів мають бути обґрунтовані параметри проведення процесу залежно від електрофізичних і теплофізичних властивостей оброблюваних продуктів і технічної характеристики НВЧ установки — робоча частота, коливальна потужність, геометричні розміри робочої камери, періодичність або неперервність нагрівання. Врахування всіх цих вимог дає змогу обґрунтувати

процес і визначити техніко-економічні показники — питому витрату енергії, продуктивність і т. ін.

При НВЧ нагріванні внутрішні джерела теплоти можуть створювати в клітинах, порах, капілярах продукту великий надлишковий тиск, який може призвести до руйнування (подрібнення). Це явище можна використати в деяких технологічних процесах.

Отже, за умови оброблення УЗ гетерогенних систем можна очікувати таких наслідків: деструкції компонентів систем через виникнення значних звукових тисків і кавітації; посилення дифузійного перенесення частинок; збільшення інтенсивності перемішування; перетворення енергії УЗ в теплову; відбивання УЗ від густіших поверхонь у вигляді своєрідного відлуння [1].

Оброблення УЗ виконували на приладі “Медікон” (потужність 1 Вт/см²), НВЧ випромінюванням — проводили у надвисокочастотній печі (частота 200 кГц).

Свіжоприготований морквяний сік піддавали обробленню УЗ та НВЧ. Відібрані проби обробляли в НВЧ печі 1,5; 2,2; 3,0 хв. Відразу після оброблення вміст СР у пробах зменшився з 7,8 до 5,8 %, що пов’язано з високою температурою оброблення. Через добу вміст їх дещо збільшився. Ми вважаємо, що це пов’язано із структурним перетворенням високомолекулярних сполук соку, внаслідок чого вони переходять у розчин. Через дві і три доби витримання вміст СР зменшився, що підтверджується значеннями рН (*рис. 1*).

Вплив УЗ на морквяний сік досліджували при тривалості 5, 10 та 15 хв. Оскільки фізико-хімічні показники проб, оброблених протягом 10...15 хв, суттєво не відрізняються, можна говорити про недоцільність оброблення соку УЗ понад 10 хв, щоб зменшити тривалість процесу, зекономити механічні елементи приладу.

Проведені дослідження дії УЗ на морквяний сік показали, що фізико-хімічні показники його поліпшуються порівняно з контрольною пробю, яка не оброблялася ним. Отримані результати (значення рН та вмісту СР) показано у вигляді діаграм (*рис. 2*), з яких видно, що рН після трьох діб зберігання під

вищується. Найкращі результати дає ультразвукова кавітація з тривалістю 5...10 хв. З підвищенням тривалості оброблення (15...20 хв) зменшується рН і вміст СР від 9,9 до 3,6 %, що підтверджує факт розвитку спороутворювальних бактерій, які є аеробами. У двох останніх пробах соку утворювалася слизиста плівка. Забарвленість соку також стає інтенсивнішою після 10 хв УЗ оброблення.

Велику харчову цінність у сокові мають вітаміни [3]. Ми визначили вміст β -каротину у морквяному соку. В *табл. 1* наведено результати ультразвукової кавітації морквяного соку при різній тривалості оброблення. Оброблення ультразвуком соку призводить до зменшення кількості вітаміну в ньому, що й відбувається навіть без втручання зовнішніх факторів. З результатів видно, що вміст β -каротину морквяного соку після трьох діб зберігання, починаючи з проби, що оброблялася протягом 15 хв, зменшується порівняно з контрольною пробою. Отже, цими дослідженнями підтверджується ефективність проведення ультразвукової кавітації протягом 5... 10 хв.

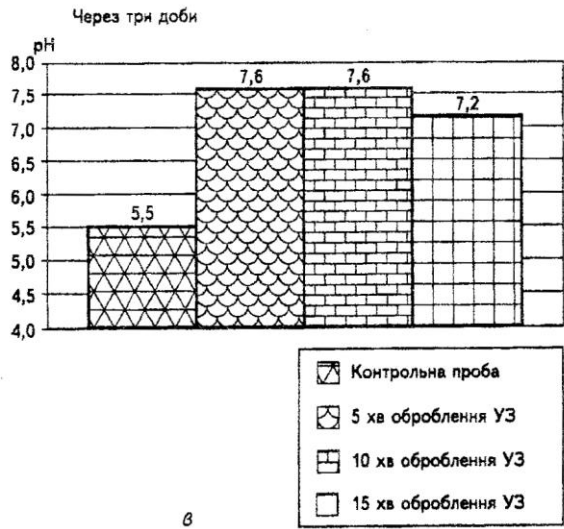
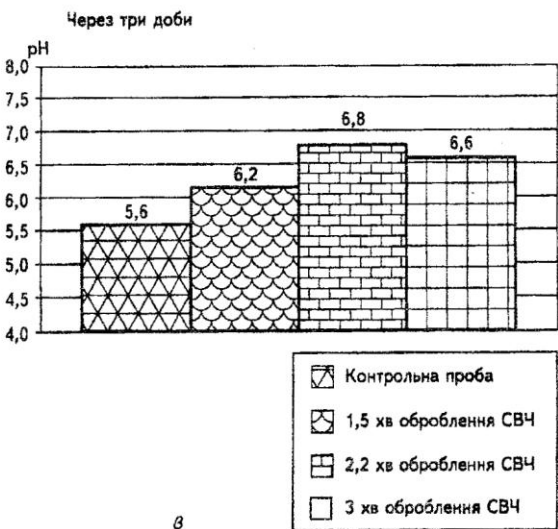
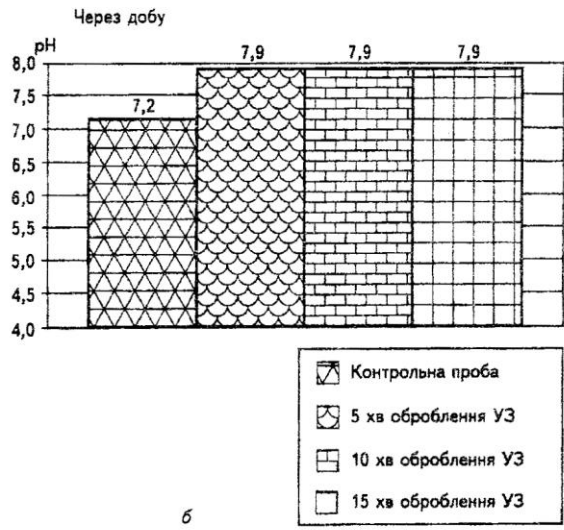
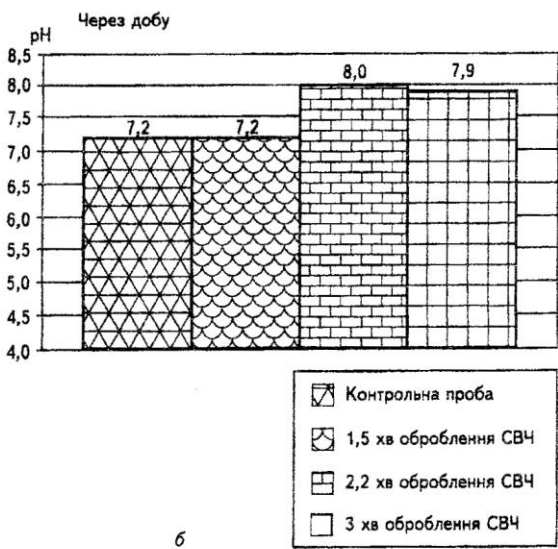
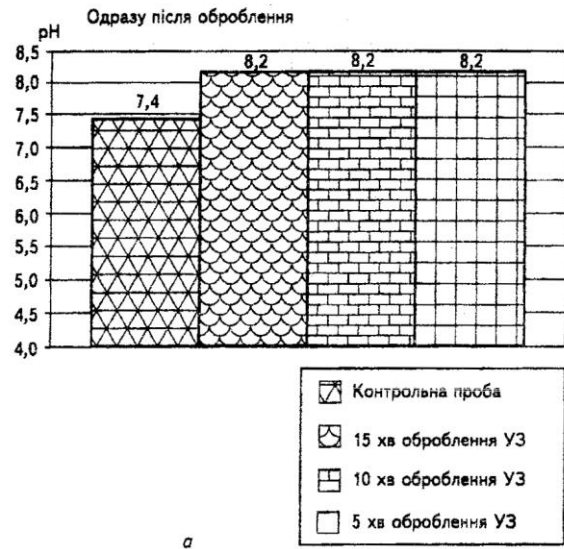
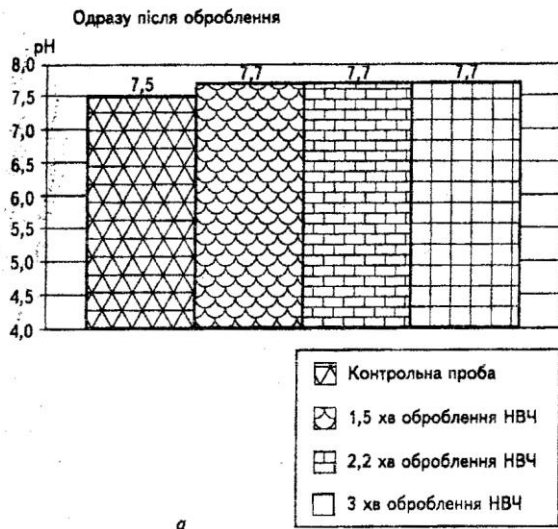


Рис. 1. Дія СВЧ випромінювання на фізико-хімічні показники морквяного соку

Рис. 2. Дія УЗ оброблення на фізико-хімічні показники морквяного соку

Таблиця 1

Конт- рольна проба	Вміст β -каротину, мг/100 г, при тривалості оброблення УЗ			
	5	10	15	20
6,5/6,3	6,3/6,1	6,2/6,0	5,7/5,5	5,4/5,2

Щоб зберігати продукти свіжими довгий час, треба дотримуватися особливих умов, в яких розвиток мікроорганізмів сповільнюється або унеможлиблюється. Це досягається заморожуванням і зберіганням продуктів при температурі $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проте існують ще й інші способи зберігання харчових продуктів. Насамперед — це знищення в них мікроорганізмів і припинення всіх біохімічних процесів під дією високої температури. Проте тривалий вплив нагрівання чи дуже висока температура знижують смакові й харчові властивості харчових продуктів, а також погіршують зовнішній вигляд (продукт надміру розварюється, змінюється його колір тощо).

Серед зовнішніх факторів найбільше значення мають фізичні фактори, які сприяють розвитку мікроорганізмів чи, навпаки, пригноблюють їх.

На ефективність дії УЗ хвиль впливають хімічний склад середовища, в'язкість, рН, температура. При підвищеній температурі посилюється ефективність дії УЗ хвиль. Механізм дії їх ще мало вивчений. Встановлено, що у зоні поширення ультразвукової хвилі відбуваються стиснення і розрідження. У місці розрідження оброблюване УЗ середовище розривається з утворенням пустот, куди надходять пари навколишньої рідини і дифундують розчинені в ній гази. Це явище дістало назву “кавітація” [2].

Ультразвукові коливання з частотою порядку 300 кГц чинять певний біологічний вплив, який пригноблює життя. Змінний і постійний електричні струми не впливають на мікроорганізми. Нагрівання струмами високої чи ультрависокої частоти відрізняється від звичайних способів нагрівання, тому що відбувається одночасно в усіх точках продукту зі швидкістю в кілька

секунд. Ці відомості ми перевірили у процесі дослідження впливу фізичних методів оброблення УЗ та НВЧ на мікроорганізми морквяного соку.

Наявність і кількість мікроорганізмів ми визначали методом посіву на густі середовища. Метод набув широкого застосування для визначення кількості мікроорганізмів у природних і готових продуктах. Вважали, що кожна жива клітина при посіві на густому середовищі утворює колонію. Аналіз включає три етапи: приготування розведень, посів на густому середовищі в чашки Петрі та мікроскопіювання отриманих зразків.

Щоб отримати окремі колонії, проби дослідного матеріалу попередньо розводили. Для цього стерилізовану водопровідну воду чи фізіологічний розчин (0,5-відсотковий розчин хлориду натрію) розливали по 9 мл в стерильні сухі пробірки. Один мілілітр (чи 1 г) вихідної проби асептично вносили в першу пробірку, закривали ватною пробкою, добре перемішували і отримували I розведення — 1:10.

Отриману в I розведенні суспензію за допомогою стерильної піпетки ретельно перемішували, всмоктуючи в піпетку і видуваючи з неї суспензію кілька разів. Потім тією ж піпеткою відбирали 1 мл розведення і переносили у другу пробірку з 9 мл води. Це II розведення — $1:10^2$. Брали нову піпетку і таким же чином готували III розведення — $1:10^3$, потім так само — до $1:10^6$.

Кожне розведення висівали у дві паралельні чашки Петрі поверхневим способом з використанням шпателя Дригальського. Спочатку в стерильні чашки Петрі розливали по 15...20 мл розплавленого середовища агару. Чашки залишали на горизонтальній поверхні до застигання агару. Для посіву використовували стерильні мірні піпетки об'ємом 0,1 мл. Внесений об'єм агару стерильним шпателем рівномірно розподіляли по всій поверхні густого середовища. Висів проводили не менше ніж із трьох послідовних розведень. Для паралельних посівів користувалися однією і тією ж піпеткою. Посіви із різних розведень можна проводити однією піпеткою, але починати висів треба з більшого розведення. Для кожного розведення обов'язково треба використовувати новий стерильний шпатель. Засіяні і підписані чашки перевертали

догори дном і поміщали в термостат з температурою, яка є сприятливою для мікроорганізмів (близько 30 °С).

Результати виявлення мікроорганізмів наведено в *табл. 2*, з якої видно зниження мікрофлори в 2-3 рази. Це пояснюється тим, що УЗ кавітація призводить до механічного руйнування клітин, розривання клітинних оболонок під дією високого тиску, який виникає в кавітаційних бульбашках. Відбувається іонізація молекул води та інших речовин, що сприяє проходженню реакцій, які негативно впливають на мікроорганізми; вивільняються та інактивуються внутрішньоклітинні ферменти. Однак після такого оброблення сік не стає стерильним. Кількість життєздатних дріжджових клітин та інших мікроорганізмів залежить від інтенсивності ультразвукових хвиль. У пробах були виявлені дріжджі родів *Saccharomices*, *Candida*, мікроскопічні, гриби *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, молочнокислі бактерії — *Lactobacillus*, *Streptococcus*.

Мікроорганізми	Контрольна проба	Через 3 доби після УЗ кавітації при тривалості <i>n</i> , хв	
		5	10
Молочнокислі бактерії	$2,0 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^2$	$7,5 \cdot 10^2$
Дріжджі	$2,0 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$9,5 \cdot 10^1$
Мікроскопічні гриби	$1,0 \cdot 10^2$	$8,5 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^1$

Висновок. З отриманих результатів випливає, що для збільшення тривалості зберігання морквяного соку і використання його у свіжому непастеризованому вигляді найдоцільніше використовувати УЗ

оброблення, яке дає змогу порівняно з контрольною пробою підтримати на вищому рівні вміст СР та призводить до повної загибелі кокових форм мікроорганізмів. Це підтверджено результатами виявлення їх за загальним осіменінням. Щодо НВЧ, то воно не придатне для зберігання і споживання свіжого соку, оскільки після трьох діб термостатування проб виявлено різні мікроорганізми, що свідчить про меншу тривалість зберігання соку. Тим

більше, що НВЧ випромінювання призводить до розшарування соку на тверду і рідку фази, при цьому органолептичні показники його погіршуються.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бабиков О. И.* Ультразвук и его применение в промышленности. — М: Физматиздат, 1958.
2. *Северденко В.Г., Клубович Р.В.* Применение ультразвука в промышленности. — Минск: Вышэйш. шк., 1967.
3. Технологія консервування плодів, овочів, м'яса і риби /За ред. Б.Л. Флауменбаума. — К.: Вища шк., 1995. — 301 с.