

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЗМІВ ДІВЕ НА ЗМІНУ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ, МОЛОКА ТА ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СУХИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Коник А.В., канд. техн. наук, старший науковий співробітник  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

*У статті представлено результати експериментальних досліджень впливу безреагентних методів обробки рідин, що ґрунтуються на механізмах дискретно-імпульсного введення енергії, а саме адіабатичне закипання для обробки води і молока та високочастотні гідродинамічні коливання для процесу відновлення сухих молочних продуктів. Наведено дослідження впливу термовакуумної обробки рідини на водневий показник, фізико-хімічні властивості води і молока, а також встановлено вплив обробленої води на активну і титровану кислотність в процесі відновлення сухих молочних продуктів.*

*The results of experimental researches of influence of безреагентних methods of об-робку liquids that are base on mechanisms of discretely-impulsive introduction of energy are presented in the article, namely adiabatic effervescence for treatment of water and milk and high-frequency hydrodynamic vibrations are for the process of віднов-лення of dry dairies. Research of influence of термовакуумної treatment of liquid is brought around to a вод-невий index, physical and chemical properties of water and milk and also influence of a treat water is set on active and титровану acidity in the process of proceeding in dry milk*

Ключові слова: дискретно-імпульсне введення енергії, безреагентна обробка, відновлення, вода, молоко, водневий показник, титрована і активна кислотність.

Вода – це унікальний розчинник, який у природі не існує у чистому вигляді, це завжди багатокомпонентний розчин різних мікроелементів, мікроорганізмів, хімічних сполук та газів. Вона є основною складовою будь-якого технологічного процесу, використовується не тільки як компонент, але й для технологічних потреб ведення процесів. В результаті такого всебічного і ємкого використання води, безумовно, необхідно піклуватись про якість водних ресурсів, що використовує промисловість, а також стан стічних вод, які утворились після технологічних процесів. Наприклад, щорічне світове споживання мінеральних ресурсів складає 7-8 млрд. т., в той час як води - 7-8 млрд т. щодня. Для отримання 1 л пива необхідно витратити 12÷18 л води, щоб виростити 1 т пшениці, необхідно 1,5 т води, 1 т рису - більше 7000 т, а для 1 т бавовни - близько 10 000 т води. Для отримання банки овочевих або фруктових консервів, буде витрачено 40 л води, для надою 1 л молока корова молочної породи повинна випити 4 л води.

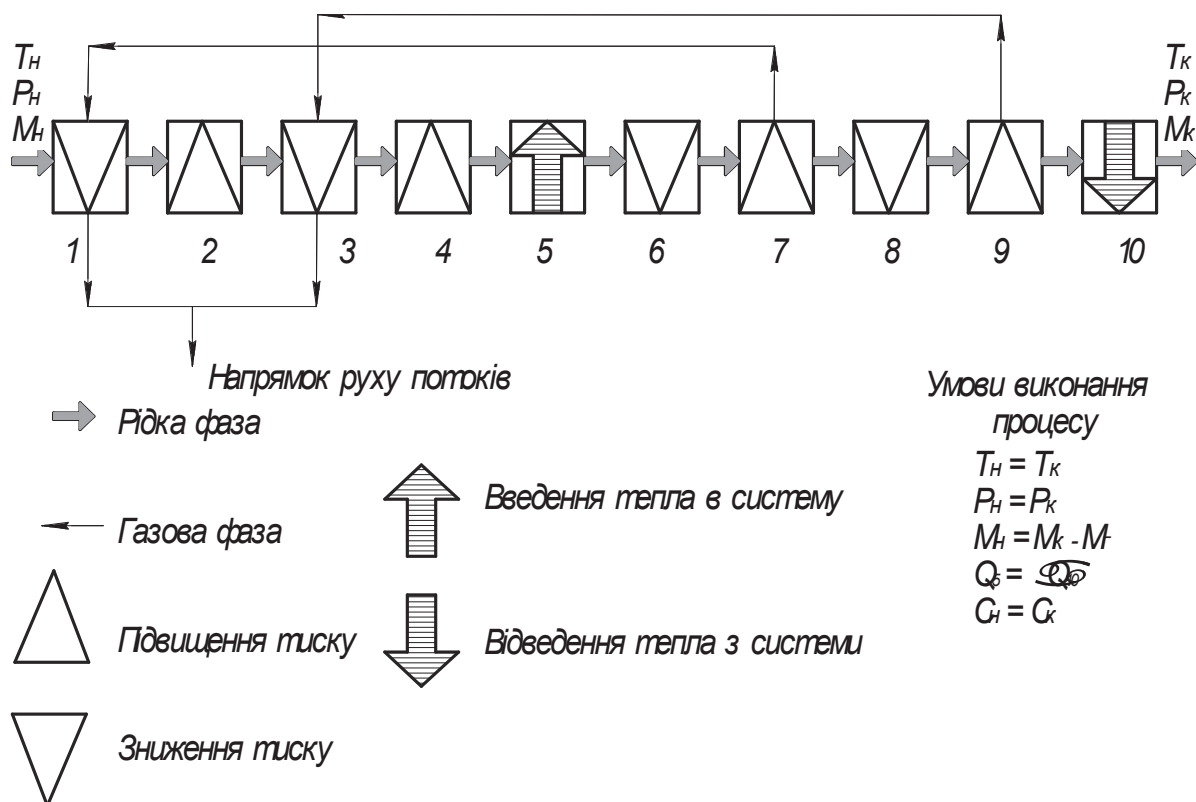
Таке активне використання водних ресурсів вимагає обережного ставлення до методів обробки води, тому актуальність використання безреагентних методів підготовки не викликає сумніву. В запропонованій статті представлено матеріали експериментальних досліджень обробки термолабільних рідин з використанням нових безреагентних методів обробки і сучасного ефективного обладнання для підготовки рідких середовищ екологічними, енергоефективними методами.

В Інституті технічної теплофізики НАН України в межах наукового направлення дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) розроблено, спроектовано і реалізовано обладнання, що дозволяє впливати на водневий показник (рН), фізико-хімічні, органолептичні показники води і водних систем.

Сутність методу ДІВЕ полягає в створенні умов локального введення енергії в систему, її дискретний розподіл у просторі і імпульсну дію в часі, створюючи градієнти (або розриви) значень технологічних параметрів тиску, швидкості, температури, концентрації та ін. Виникають такі явища, як кавітація, ефекти пов'язані з прискоренням руху неперервної фази, напруження зсуву, механізми адіабатичне закипання, збурювання міжфазної поверхні в газорідних бульбашкових середовищах та інші механізми [1,2]. Перераховані механізми покладено у основу тепло-масообмінних апаратів розроблених в ІТТФ НАНУ – це ферментатори, аератори, сатуратори, диспергатори, емульгатори, гомогенізатори різних типів і конфігурацій та інше обладнання, яке успішно використовується в промисловості [1, 3-5]

Однією з розробок, є термовакуумна обробка (ТВО) рідини, в основу якої покладено механізми адіабатичного закипання, збурювання міжфазної поверхні в газорідних бульбашкових середовищах, кавітації. Термовакуумна обробка – це комплекс послідовних взаємозалежних процесів, що протікають в імпульсному режимі зміни тиску, температури і концентрацій, а саме адіабатичне закипання, конденсація, нагрівання, випаровування і охолодження (рис. 1). Миттєве скидання тиску при різних температурах перегріву  $T_{\text{води}} > T_{\text{кип}}(P)$  спричиняє «вибухове» адіабатичне закипання. Параметри, при яких протікає про-

цес, це скидання тиску від 98,1 до 20÷10 кПа, в діапазоні температур від 10 до 95° С з продуктивністю обладнання від 2,5 до 15 т/год.



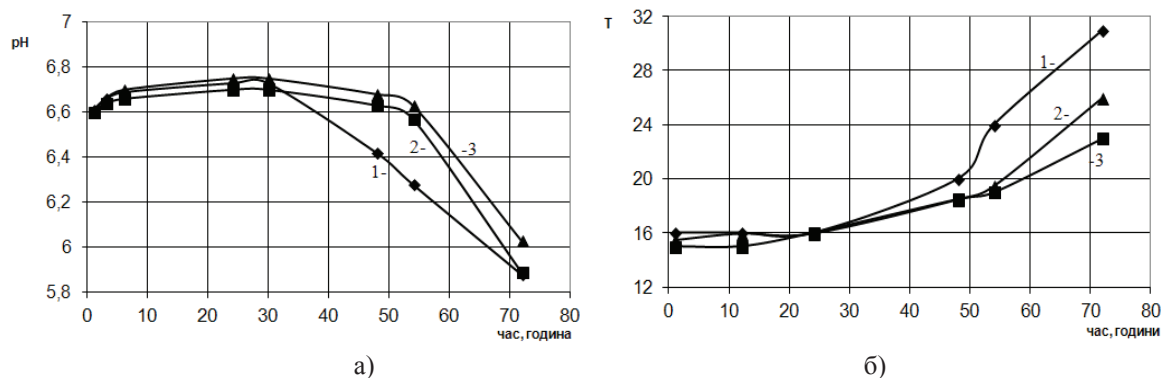
1 – камера конденсування; 2, 4, 7, 9 – насос відцентровий; 3 – камера конденсування;  
5 – теплообмінний апарат (процес нагрівання); 6 – камера закипання (процес випаровування); 8 - камера закипання (процес випаровування); 10 - теплообмінний апарат (процес охолодження).

Рис. 1 – Принципова схема перебігу термодинамічних процесів ТВО рідини

В результаті проведених комплексних досліджень, встановлено вплив адіабатичного закипання на фізико-хімічні і органолептичні параметри води і водних систем. Зокрема, після обробки молочної сировини, що постачається на підприємство не завжди високої якості, відбувається зниження кислотності на 1- 4°Т, підвищення термостійкості на 1 – 3 групи, збільшення терміну зберігання готового продукту до 10 днів, а також суттєве покращення органолептичних характеристик [6,7].

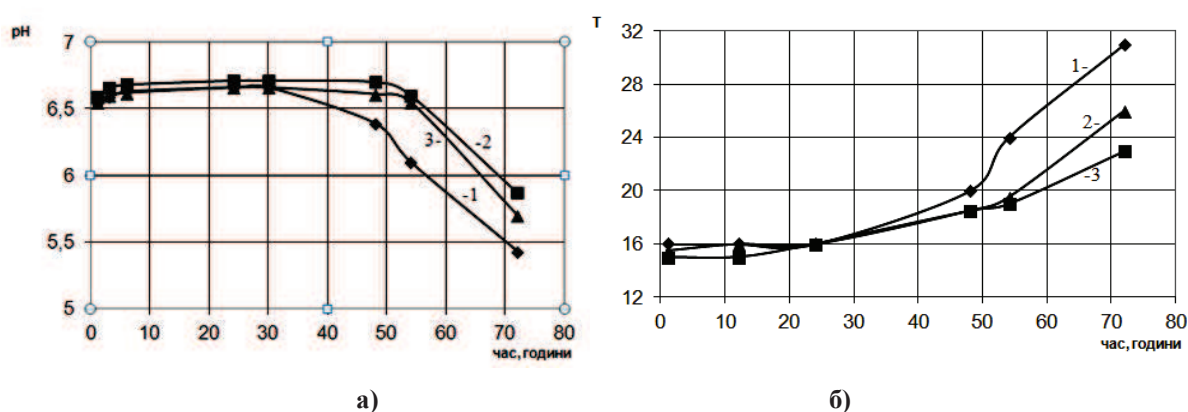
Після обробки артезіанської води водневий показник підвищується від 2 до 16,2 % і утримується протягом 24 місяців. Знижується загальна твердість на 35,2 %, загальна лужність на 27,4 %, кількість сухого залишку на 12,36 %, електропровідність на 14,6 %, сумарна концентрація домішок на 15 % та показник гальванічного струму на 8 %, підвищується питома теплота випаровування на 3,5 %. Змінюється мікроструктура сухого залишку води, зменшується середній розмір кристалів сухої речовини майже у 2 рази. Доведено, що при обробці води за ТВО з температурою перегріву  $\Delta T=22$  К відбувається пригнічення мікробіологічних показників за індексом групи бактерій кишкової палички на 85 %. Вода оброблена за термовакуумною технологією відповідає вимогам діючого держаного нормативу [8,9].

Отримані результати стали підґрунтям для подальших досліджень впливу води обробленої за ТВО на ступінь розчинності та кислотність відновлених молочних продуктів. Для досліджень використовували артезіанську воду Чернігівського регіону з параметрами 20 °С і рН=7,46, оброблену при температурі 80° С з рН=8,39, оброблену при 80° С з рН=7,93 і сухе цільне молоко (СЦМ) з жирністю 25 % та сухе знежирене молоко (СЗМ) з жирністю 0,5 %. Відновлення проводили у відповідності з [10], у отриманих зразках вимірювали титровану і активну кислотність [11-13] протягом 72 годин. Результати досліджень представлено на рис. 2-5.



1 – на вихідній артезіанській воді; 2 – на воді після ТВО при температурі 40 °С; 3 – на воді після ТВО при температурі 80 °С

Рис. 2 – Динаміка активної (а) і титрованої (б) кислотності молока відновленого з СЦМ



1 – на вихідній артезіанській воді; 2 – на воді після ТВО при температурі 40 °С; 3 – на воді після ТВО при температурі 80 °С

Рис. 3 – Динаміка активної (а) і титрованої (б) кислотності молока відновленого з СЗМ

У результаті проведених досліджень встановлено, що рівень водневого показника води не впливає на ступінь розчинності, активну і титровану кислотності відновленого продукту. Але дослідження кислотності протягом часу свідчать про швидке наростання титрованої кислотності і одночасне падіння активної кислотності в зразках відновлених на вихідній воді на 48 годині, продукт не відповідає вимогам [14]. Зразки відновлені на воді обробленій за термовакуумною технологією стійкі в часі і наростання кислотності відбувається на 60÷72 години. Таку стійкість можна пояснити впливом мікробіологічних показників, оскільки у оброблених зразках пригнічено мікрофлору та змінами в хімічному складі води, що відбулися під час обробки.

Одним з найважливіших етапів відновлення молока є процес розчинення сухого продукту у підготовленій воді. У Інституті технічної теплофізики розроблено і впроваджено у промисловість обладнання, що дозволяє проводити цей процес ефективно з незначними енергетичними витратами і отримувати продукт високої якості [4]. Розроблена технологія і створено технологічну лінію відновлення цільного молока продуктивністю 10 т/год з використанням спеціального змішуючого пристрою, принцип дії якого ґрунтується на застосуванні високочастотних гідродинамічних коливань. Використання такого способу відновлення на практиці дозволило отримати продукт без включень нерозчинного осаду, а значить знизити витрати наважки сухого продукту і отримати продукт з покращеними органолептичними характеристиками.

#### Висновки

Результати досліджень свідчать про значний вплив термовакуумної обробки на фізико-хімічні, органолептичні та мікробіологічні параметри води і водних систем. Особливе значення має підвищення водневого показника при обробці води до 16 %, а також термостійкості на 1 – 3 групи, зниження кислотності на 1- 4°Т при обробці молочної сировини. Дослідження процесу відновлення сухих молочних про-

дуктів свідчать про стійкість в часі і зниження темпів наростання кислотності у зразках відновлених на воді отриманій за термовакуумною технологією.

### Література

1. Дискретно-импульсний ввід енергії / [Долинский А.А., Басок Б.И., Накорчевский А.И. Шурчкова Ю.А.]. – К.: ИТТФ НАНУ, 1996. – 196 с.
2. Долинский А.А. Адиабатически вскипающие потоки. Теория, эксперимент, технологическое использование / Долинский А.А., Басок Б.И., Накорчевский А.И. – Киев: Наукова думка, 2001. – 207 с.
3. Долинский А.А. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии / Долинский А.А., Иваницкий Г.К. – Киев: Наукова думка, 2008. – 381 с.
4. Долинский А.А. Отчёт о создании технологических линий по восстановлению сухого молока / Долинский А.А., Шурчкова Ю.А., Киев, 1986., - 30с
5. Накорчевский А.И. Гидродинамика и тепломассоперенос в гетерогенных системах и пульсирующих потоках / Накорчевский А.И., Басок Б.И., Долинского А.А.-Киев: Наукова думка, 2001.– 347с.
6. Иваницкий Г.К. Использование гидродинамической кавитации для разрушения бактериальных клеток в технологии обработки молока / Иваницкий Г.К., Шурчкова Ю.А., Недбайло А.Е. - Промышленная теплотехника. – 2012. –Т.34, №3. – С. 31–39.
7. Шурчкова Ю.О. Вплив технологій ДІВЕ на властивості води і молока / Шурчкова Ю.О., Проценко А., Коник А.В. Наукові праці. – 2008. № 30. – С. 116–119
8. Шурчкова Ю.А. Исследование влияния дискретно-импульсного ввода энергии на физико-химические показатели воды / Шурчкова Ю.А., Коник А.В. Промышленная теплотехника. – 2009. – Т.31, №3. – С. 108–112.
9. Долинский А.А. Изменение микроструктуры сухого остатка воды при различных способах её обработки / Долинский А.А., Шурчкова Ю.А. Коник А.В. Промышленная теплотехника. – 2009. – Т.31, №7. – С. 86 – 89.
10. Инихов Г.С. Методы анализа молока и молочных продуктов / Инихов Г.С., Брио Н.П. - М.: «Пищевая промышленность», 1971.-244 с.
11. ДСТУ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Методы определения кислотности»
12. Шалыгина А.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Химия и физика молока» для специальности 1017 всех форм обучения / Шалыгина А.М., Ромоданова В.А., Костенко Т.А. – Киев: КТИПП. 1988. - Ч2.—88 с.
13. ГОСТ 26781-85 «Молоко. Метод измерения рН»
14. Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови. ДСТУ 2661-94 Видання офіційне - [Чинний від 1995-07-01].- К. Держстандарт України, 1995. – 15 с. - (Державний стандарт України)

УДК 664.048.5.022.63

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЫПАРНОГО АППАРАТА НА БАЗЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТЕРМОСИФОНА

<sup>1</sup>Безбах И.В., канд. техн. наук, доц., <sup>2</sup>Омар Саид Ахмед, канд. техн. наук  
<sup>1</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина  
<sup>2</sup>Giad Trucks co., Al Khartoum, Sudan

*Рассмотрены аппараты на базе термосифонов для термообработки неньютоновских пищевых жидкостей. Приведены результаты экспериментальных исследований.*

*devices on the basis of thermosiphons for heat treatment of non-Newtonian food liquid are considered. Results of experimental researches are presented.*

Ключевые слова: термосифоны, неньютоновские жидкости.

Пищевой промышленностью производится и перерабатывается значительное количество продуктов, тепловое и механическое поведение которых отличается от поведения обычных ньютоновских жидкостей. К группе пищевых неньютоновских жидкостей (ННЖ) относят томатную пасту, различные пюре, кефир, сгущенное молоко и др. Анализ свойств ННЖ показывает, что энергозатраты при их обработке значительно выше в сравнении с группой ньютоновских жидкостей. Основными проблемами, возника-