

tific bases of engineering solutions in the area of technique and technology of CO<sub>2</sub> – processing have been revealed.

2. The full-scale chemical and biological researches on more than 100 kinds of domestic and imported fruit-vegetable, spicy, aromatic, oily and other kinds of raw material, including nontraditional kinds of raw material and byproducts of food raw material have been carried out, the adaptability of this raw material for industrial application has been revealed, the raw material most suitable for the CO<sub>2</sub> – technology has been tested.

3. The scientific basis for new areas of food and cooling techniques, such as selective extraction and line-spray treatment in gasdynamic chillers has been elaborated and the peculiarities of substance crystallization in the “CO<sub>2</sub> – component” complex systems have been revealed.

4. Using the methods of system analysis, a conception of a new scientific direction in the application of CO<sub>2</sub>

– technologies in food industry for processing various kinds of food raw material has been formulated.

5. The scientific basis of selective extraction has been worked out and the conditions of “coextraction” effect have been described.

6. The combined methods of process thermodynamic effectiveness analysis (directed line spray crystallization, selective extraction etc.) have been worked out.

7. The methodology of selecting and determining the sequence of designing have been worked out to estimate the interdependent mode and technological characteristics of the new equipment for CO<sub>2</sub> – extraction.

8. The generalized approaches to the processes have been worked out, which made it possible to find out the interactive factors in the development of new technological solutions, to formulate the directions of scientific researches and to sum up the ways of the solving problems.

Поступила 06.2011

## REFERENCES

1. Kasyanov, G. I. Natural food flavoring agents CO<sub>2</sub> – extracts [Tekst] / G. I. Kasyanov, A.V. Pehov, A.A. Taran. – M.: Food Industry, 1978. – 176 p.
2. Kasyanov, G. I. Technological bases of CO<sub>2</sub> – treatment of vegetative raw material [Tekst] / G. I. Kasyanov. – M.: Russian Agricultural Academy, 1994. – 132 c.
3. Kasyanov, G. I. The extraction of valuable components from vegetative raw material by methods of sub- and supercritical CO<sub>2</sub> - extraction [Tekst] / G. I. Kasyanov, V.S. Korobitsyn. – Krasnodar: Publishing house – Yug, 2010. – 132 c.
4. Stasyeva, O.N. CO<sub>2</sub> – extracts of Caravan Company – new class of natural food additives [Tekst] / O.N. Stasyeva, N.N. Latin, G.I. Kasyanov. – Krasnodar: KRIAPSP, 2008. – 324 c.
5. Rozzi, N.L. Supercritical Fluid Extraction of Lycopene from Tomato Processing Byproducts [Tekst] / N.L. Rozzi, R.K. Singh, R.V. Vierling, B.A. Watkins // J.Agric.Food Chem. – 2002.- 50, p. 2638-2643.
6. Shi, J. A mass transfer model applied to the supercritical extraction with CO<sub>2</sub> of curcumins from turmeric rhizomes. [Tekst] / J. Shi, S.Yang, H.Li и M.Le Maguer // Braz.J.Chem.Eng. – Sept., 2000, – v.17, – N3.

УДК 628.161.08:537.6

**ТЕЛЕЖЕНКО Л.М., д-р. техн. наук, професор, ШТЕПА Є.П., канд. техн. наук, доцент,  
МИХАЙЛОВА К.А., аспірант, ПАУЛІНА Я.Б., с. н. с.**

Одеська національна академія харчових технологій

## **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА МОЛОЧНОКИСЛІ БАКТЕРІЇ**

Показано вплив електромагнітного оброблення молока на молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus plantarum*. Встановлено, що даний вид оброблення не пригнічує розвиток корисної мікрофлори, а при силі струму 0,6 А (93 кА/м) і 1 А (165 кА/м) навіть виявляє незначну стимулюючу дію.

**Ключові слова:** електромагнітне оброблення, молочнокислі бактерії, накопичення біомаси, ліпіди молока.

It is showed influence of electromagnetic treatment on lactobacillus of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum*. It is set that the type of treatment is given not represses development of useful microflora, but at strength of current 0,6A (93 kA/m) and 1A (165 kA/m) even finds out an insignificant stimulant an action in relation to some lactobacillus.

**Keywords:** electromagnetic treatment, lactobacillus, biomass accumulation, milk fats.

Людина і середовище, що її оточує, знаходяться у постійній біологічній рівновазі. Загальновідомо, що здоров'я людини значною мірою залежить від якості води та напоїв, рівня їх мінералізації та величини кристалогідратів.

Сьогодні однією із найважливіших проблем є вдосконалення методів оброблення води і харчових систем. Постає питання про необхідність впровадження нових способів і технологій.

Одним із найбільш реальних напрямів оброблення напоїв з метою поліпшення засвоєння мінеральних речовин є застосування електрофізичних методів. Розвиток цього напряму зумовлюється електричною природою продуктів споживання. Відомо, що найактивніше на електрично зарядженні частинки

можна впливати за допомогою електричних, магнітних і електромагнітних полів [1]. Електромагнітне оброблення застосовується в багатьох галузях промисловості з метою інтенсифікації технологічних процесів. Воно технологічне, просте в апаратурному оформленні, екологічне, не вимагає значних енергетичних витрат.

Відомо [1], що при електрофізичному обробленні використовують електромагнітні поля різної частоти, електричні поля високої напруженості, постійні і пульсуючі магнітні поля. Так, наприклад, в Національному університеті харчових технологій під керівництвом професора Українця А.І. проводились роботи по дослідженню і впровадженню у виробництво електроіскрових і магніто-імпульсних методів оброблення харчових продуктів, також в окремих випадках використовувались ультразвукові установки [2].

Всі перераховані чинники в реальних умовах діють на біологічні об'єкти в тому або іншому поєднанні спільно, і тому важко, а часом неможливо роздільно досліджувати процеси, що мають різну фізичну природу. Об'єктивною оцінкою впливу різних факторів на біологічні об'єкти може бути дослідження стійкості культур мікроорганізмів до їх дії.

Дослідники [2] вивчали вплив електроіскрового оброблення на дріжджі роду *Saccharomyces cerevisiae*; оцтовокислі бактерії *Acetobacter acetii* і молочнокислі

Таблиця 1

Найбільш вірогідне число молочнокислих бактерій в молоці в залежності від режимів оброблення

№ досліду	Режими оброблення молока		НВЧ молочнокислих бактерій
	I, А	t, сек	
контроль	0	0	$7 \times 10^7$
перший	0,4	5	$7 \times 10^7$
другий	0,6	5	$1,1 \times 10^8$
третій	1,0	5	$1,1 \times 10^8$

бактерії роду *Lactobacillus*, оскільки через них погіршується харчо-смакові властивості продуктів. Технологічні переваги електроіскрового оброблення молока можуть бути нівелювані його руйнівним впливом на молочнокислі бактерії (біомаса яких зменшується в 1,5...2 рази), що негативно може відзначитися на мікрофлорі шлунку і кишківника. Крім того, установки для здійснення такого оброблення складні і електро-небезпечні, що потребує додаткових заходів, і це є їх недоліком.

Біологічна дія ультразвуку визначається головним чином інтенсивністю і тривалістю оброблення та може впливати як позитивно, так і негативно на життєдіяльність мікроорганізмів. При порівнянно невеликій інтенсивності ультразвуку ( $1\ldots2 \text{ Вт}/\text{см}^2$ ) виникають механічні коливання частинок і це викликає своєрідний мікромасаж тканин, що сприяє кращому обміну речовин. Підвищення інтенсивності ультразвуку може привести до виникнення в біологічних середовищах акустичної кавітації і нагрівання, що супроводжується механічним руйнуванням клітин [2].

Електромагнітне оброблення харчових продуктів має суттєву перевагу щодо наведених методів фізичного оброблення. Сьогодні не виявлено його руйнівної дії на біологічні об'єкти. Проте, необхідно встановити, наскільки суттєвим є вплив електромагнітного оброблення на молочнокислі бактерії, зокрема *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus plantarum* в залежності від величини і характеру магнітного поля та інших факторів.

Такий підхід пов'язаний з тим, що організм людини містить велику кількість мікроорганізмів, значна частина яких є необхідними для нормального обміну речовин.

Мікроби-симбіонти, які є складовою частиною макроорганізму, не тільки формують мікрофлору організму людини, але й безпосередньо приймають участь у регулюванні багатьох фізіологічних реакцій і процесів, що проходять у ньому, захищають від заселення патогенними бактеріями, допомагають процесам травлення, регулюють обмін речовин, синтезують вітаміни і деякі незамінні амінокислоти, нейтралізують токсичні речовини тощо [3].

Внаслідок несприятливих екологічних факторів, антибіотикотерапії, інфекційних і неінфекційних захворювань, імунодефіцитних станів, а також незбалансованого харчування порушується мікробіоценоз шлунково-кишкового тракту людини, що у свою чергу призводить до розвитку різних захворювань.

Останніми роками лікарі все частіше називають нормальну (симбіотичну) мікрофлору своєрідним екстракорпоральним органом, що є інтегральною части-

ною організму (у тому числі, і органом системи травлення), щоб підкреслити велике значення, яке вона має для здоров'я людини.

У зв'язку з цим нами було досліджено вплив електромагнітної обробки на деякі види молочнокислих бактерій, оскільки вони суттєво впливають на мікрофлору шлунку і кишківника.

*Lbc. acidophilus* - це ацидофільні бактерії, які як правило присутні в травному тракті людини. Ацидофільна паличка, яка використовується для виготовлення ацидофіліну і інших ацидофільних напоїв, належить до молочнокислих бактерій. Вона не руйнується під дією травних соків, краще, ніж інші молочнокислі бактерії, приживляється в товстому кишківнику людини, а продукти її життєдіяльності мають широку бактерициду дію.

Науково доведено, що ацидофільні палички і біфідобактерії є представниками нормальної мікрофлори кишківника. Ацидофільні палички – активні кислотоутворювачі, що знижують pH поживного середовища в процесі розвитку до 4,3...3,8. Окрім цього, вони здатні продукувати антибіотичні речовини: ацидофілін і лактоцидін, що пригнічують ріст гнилісних бактерій, стрептококів і стафілококів, збудників черевного тифу, паратифів, туберкульозу, дизентерії, дифтерії [3].

Антагоністична активність біфідобактерій пов'язана з продукуванням ними органічних кислот (ацетату і лактату) і бактеріоцинів з широким спектром antimікробної дії (інгібування росту кишкових паличок, клострідій, сальмонел, шигел, лістерій, вібріонів тощо), блокуванням рецепторів на слизовій кишківника, що запобігає фіксації на них потенціально патогенних мікроорганізмів [4 – 6]. Відомо також, що культури *Lbc. plantarum* утворюють речовину – лактолін, що затримує ріст бактерій роду *Clostridia*, а *Lbc. casei* володіє антагоністичними властивостями у відношенні сінної палички, бактерії тифу, дизентерії і

Таблиця 2  
Ефект дії електромагнітної обробки на молочнокислі бактерії

№ штаму	Біомаса молочнокислих бактерій після дії електромагнітної обробки		
	при силі струму		
	0,4 А	0,6 А	1,0 А
<i>Lactobacillus acidophilus</i>			
12	++	+++	+++
29/8	++	+++	+++
37/4	++	+++	+++
<i>Lactobacillus plantarum</i>			
30/1	++	+++	+++
31/1	++	+++	+++
29	++	+++	+++

+ – накопичення біомаси молочнокислих бактерій

дріжджам роду *Candida*.

Для визначення впливу електромагнітного оброблення на молочнокислі бактерії *Lbc. acidophilus* 317/402 робили закваску на молоці. Дослідження властивостей лактобацил проводили після їх культивування в молоці протягом  $24 \pm 1$  год. при інокуляції 0,5 % посівного матеріалу. Для проведення кожного досліду молоко із внесеною в нього закваскою корот-

**Таблиця 3**

**Основні показники зразків молока з лактобацилами**

№ штаму	Титр клітин, КУО/см <sup>3</sup>	Кислотність	
		Активна (pH)	Титрована, °Т
<i>Lactobacillus acidophilus</i>			
12	3,0×10 <sup>9</sup>	4,3	85,5
29/8	9,0×10 <sup>8</sup>	4,4	83,0
37/4	2,5×10 <sup>9</sup>	4,3	86,0
<i>Lactobacillus plantarum</i>			
30/1	4,0×10 <sup>9</sup>	4,5	75,5
31/1	3,5×10 <sup>9</sup>	4,7	73,0
29	8,0×10 <sup>8</sup>	4,6	74,5

кочасно протягом 5 с. обробляли у обертовому електромагнітному полі на дослідній установці власної конструкції [7] при різних значеннях сили струму: перший зразок обробляли при значенні 0,4 А, другий – 0,6 А, третій – 1 А і контрольний зразок – без оброблення.

Після цього для кожного з дослідних зразків проводили послідовні десятикратні розведення. З отриманих розведень робили посів у дві пробірки із стерилізованим молоком і поміщали у термостат на 72 год. при температурі 37 °С.

Для підрахунку загальної кількості молочнокислих бактерій користувалися ГОСТ 10444.11 – 89 [8].

**Таблиця 4**

**Зміна показників якості ліпідів молока при електромагнітному обробленні (n = 3, p ≥ 0,95)**

Сила струму, А	Показники якості ліпідів після оброблення протягом зберігання			
	Кислотне число, мг КОН		Пероксидне число, г I <sub>2</sub> /100 г продукту	
	0	24	0	24
Молоко свіже	0	0,56	0,56	0,02
Молоко оброблене	0,4	0,56	0,56	0,02
	0,6	0,56	0,56	0,02
	1,0	0,56	0,56	0,02

За числовою характеристикою за таблицею [8] знаходили найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, які накопичувались в молоці після оброблення.

Дослідження показали, що наведений штам молочнокислих бактерій є стійким до дії електромагнітного оброблення при силі струму 0,4 А, а при режимах 0,6 А і 1 А навіть виявлена незначна стимулююча дія щодо *Lactobacillus acidophilus*.

Результати досліджень стійкості деяких інших штамів культур молочнокислих бактерій до дії електромагнітного опромінювання за тих же умов наведені у табл.2.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Капліна, Т.В. Прогресивні технології продуктів харчування з використанням електромагнітних полів [Текст] / Т.В. Капліна; Полтавський університет споживчої кооперації України. – Полтава : ПУСКУ, 2008.– 212 с.
2. Технология пищевых продуктов: Учебник [Текст] / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.И. Украинца. – К.: Издательский дом «Аскания», 2008. – 736 с.
3. Квасников, Е.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования [Текст] / Е.И. Квасников, О.А.Нестеренко. – М.: Наука – 1975, - С. 32 – 45, 58 – 65.
4. Бойцов, А.Г. Как победить дисбактериоз у детей и взрослых [Текст] / А.Г. Бойцов, В.Г. Лифляндский. – М.: Олма-Пресс, - 2002.
5. Лянная, А.М. Биологические и микробиологические особенности рода *Bifidobacterium* [Текст] / А.М. Лянная, М.М. Интизаров, Е.Е. Донских // Бифидобактерии и их использование в клинике, медицинской промышленности и сельском хозяйстве. – М., 1986. – С. 32 – 38.
6. Шендеров, Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание [Текст] / Б.А. Шендеров. – М.: Гранть, - 1998, Т.2.

Таким чином, в результаті проведення дослідів встановлено позитивний вплив електромагнітного оброблення на молочнокислі бактерії. Доведено, що даний вид оброблення не пригнічує розвиток корисної мікрофлори.

Також було проведено визначення титру клітин, загальної (або титрованої) і активної кислотності молока до та після оброблення у електромагнітному полі (табл. 3). З наведених даних видно, що різні штами культур виду *Lactobacillus acidophilus* знижували кислотність продукту до значення pH 4,3...4,4, при цьому титр клітин підвищувався до 9,0×10<sup>8</sup>...3,0×10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>. Бактерії виду *Lbc. plantarum* продукували менше молочної кислоти, але накопичувались у титрі 8,0×10<sup>8</sup>...4,0×10<sup>9</sup>. Треба відзначити, що накопичення кислоти не корелює із ростом числа клітин, а активна кислотність продукту залежить від застосованої культури.

Наведені дані свідчать про те, що всі досліджувані штами молочнокислих бактерій після оброблення обертовим електромагнітним полем, що створювалось струмом 0,4 А, 0,6 А і 1,0 А накопичувались у достатньо високому титрі. Кислотність молока з уvedеними молочнокислими бактеріями після оброблення у електромагнітному полі з часом зростала за рахунок дії молочнокислих бактерій.

Для того, щоб виключити можливість збільшення кислотності через електромагнітне руйнування інгредієнтів сировини, а саме через гідроліз жирів, нами були досліджені показники якості ліпідів молока, що було оброблене електромагнітним полем.

Стабільність показників якості ліпідів молока показує, що електромагнітне оброблення не викликає гідролізу жиру або окиснення ненасичених жирних кислот. Тому підвищення кислотності молока при витримці визначається лише розвитком молочнокислих бактерій, а не процесами розпаду складових молока.

## Висновки

В результаті проведення дослідів по визначеню впливу електромагнітного оброблення на молочнокислі бактерії встановлено, що:

1. Оброблення у електромагнітному полі не пригнічує розвитку, а за деяких режимів навіть має позитивний вплив на молочнокислі бактерії.

2. Штами молочнокислих бактерій *Lactobacillus acidophilus* і *Lactobacillus plantarum* є стійкими до дії електромагнітного обробки.

3. Електромагнітне оброблення не викликає гідролізу жиру молока або окиснення ненасичених жирних кислот, що входять до його складу.

7. Штепа, Є.П. Спосіб активації мінеральних вод. [Текст] / Є.П. Штепа, К.А. Нурудінова (Михайлова) // Патент України № 40206 від 25.03.09.  
 8. ГОСТ 10444.11 – 89. Продукти пищеві. Методи определення молочнокислих микроорганизмов.  
 УДК 664.035:678:532.72

**СЕРГЄЄВА О.Є., д-р фіз.-мат. наук, професор, ФЕДОСОВ С.Н., д-р фіз.-мат. наук, професор**  
 Одеська національна академія харчових технологій

## **АНАЛІЗ ЯВИЩ ДИФУЗІЇ І КОНВЕКЦІЇ В РАЗІ РІДКОГО ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ В ОДНОШАРОВІЙ ПЛАСТИКОВІЙ УПАКОВЦІ**

Проаналізовані явища дифузії і конвекції домішок з полімерної одношарової упаковки в рідкій харчовий продукт. На основі розв'язання рівняння дифузії для цього випадку отримані профілі концентрації дифундуючої речовини після різної тривалості контакту упаковки з харчовим продуктом.

**Ключові слова:** харчова упаковка, дифузія, конвекція.

Diffusion and convection of impurities are analyzed from one layer plastic packaging into a liquid food. On the basis of solving the diffusion equation for this case, the concentration profiles of diffusing substance are obtained after different duration of contact with the food packaging.

**Keywords:** food packaging, diffusion, convection.

Можливість використання полімерного матеріалу в контакті з харчовими продуктами визначається в основному двома факторами: токсичністю мігрованих у продукт речовин та їх концентрацією в продукті. Вміст навіть біологічно нешкідливих речовин у продуктах харчування повинен бути чітко регламентований. Хоча такі речовини і не шкідливі для здоров'я, але підвищений вміст їх може привести до зниження харчової цінності продуктів [1]. Проблема наявності в харчовому продукті домішок полімеру, з якого вироблена упаковка, є дуже важливою. Тому аналіз явищ дифузії і конвекції речовини в пластиковій упаковці представляє значний інтерес.

Перенесення речовини, яке відбувається між полімерною упаковкою і рідким харчовим продуктом, контролюється або шляхом конвекції на границі рідина-тверде тіло, або шляхом дифузії через полімер. Конвекція завдяки руху рідини може бути результатом відмінностей в густині або концентрації, як у разі природної конвекції, або цей рух може бути ініційований за допомогою механічних засобів, як у разі примусової конвекції.

Математична теорія дифузії в ізотропних матеріалах заснована на припущення, що швидкість перенесення дифундуючої речовини через одиницю площини перерізу матеріалу пропорційна градієнту концентрації, як показано в рівнянні

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial x}, \quad (1.1)$$

де  $F$  – швидкість перенесення дифундуючої речовини через одиницю площини перерізу,

$C$  – концентрація дифундуючої речовини,

$x$  – координата, нормальна до перерізу, уздовж якої відбувається дифузія,

$D$  – коефіцієнт дифузії.

На границі упаковка-рідка харчова речовина (наприклад, вода або молоко) швидкість, з якою речовина упаковки (наприклад, домішка до полімеру) переходить у рідину дорівнює швидкості, з якою ця домішка приходить до поверхні завдяки внутрішній дифузії через полімерну упаковку, що призводить до співвідношення:

$$-D \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right) = h(C_{L,t} - C_{eq}), \quad (1.3)$$

де  $h$  – коефіцієнт передачі за рахунок конвекції в рідині поряд з поверхнею,

$C_{L,t}$  – концентрація дифундуючої речовини на поверхні твердого тіла,

$C_{eq}$  – концентрація дифундуючої речовини на цій поверхні, яка необхідна для підтримки рівноваги з концентрацією цієї ж речовини в рідині, в момент часу  $t$ .

Оскільки передача шляхом конвекції в рідині проходить набагато швидше, ніж передача за рахунок дифузії через твердий полімер, то концентрацію дифундуючої речовини в рідині можна вважати постійною і рівномірною.

Коефіцієнт конвекції досить низький в нерухомій рідині, але він збільшується із зростанням швидкості перемішування рідини до дуже великих значень. Коли коефіцієнт конвекції  $h$  є нескінченною величиною, то концентрація дифундуючої речовини на поверхні твердого тіла миттєво досягає відповідного значення в рівновазі з концентрацією в рідині, як тільки почнеться процес. Цей факт виражається співвідношенням:

$$t = 0, \quad C_{L,0} = C_{eq}, \quad h \rightarrow \infty. \quad (1.4)$$

Значення потоку дуже високе, що пояснює наявність вертикальної дотичної на початку кінетики переносу дифундуючої речовини

$$t = 0, \quad F_{L,0} \rightarrow \infty. \quad (1.5)$$

Відбувається також процес поглинання або виходу. Рівняння (1.3) відповідає як виходу добавки з полімеру в рідину, так і поглинанню рідини полімером. Відносні значення двох концентрацій втручаються в процес відповідно до наступних співвідношень:

$C_{L,t} > C_{eq}$  – вихід добавок в рідину. (1.6')

$C_{L,t} < C_{eq}$  – поглинання рідини полімером. (1.6'')

Треба сказати, що припущення про нескінченне значення коефіцієнта конвекції занадто часто зустрічається в наукових працях без будь-яких відповідних доказів.

З різних причин, по суті хімічних, у зв'язку з тим, що розчинність добавок значно більша в одному з двох середовищ «полімер-рідина», концентрації добавки не однакові в полімері і рідині в стані рівноваги. Цей факт можна записати у вигляді співвідношення концентрацій:

$$K = \frac{C_{L,\infty}}{C_{p,\infty}}, \quad (1.7)$$