

УДК:637.142.2

О.А. ЧЕРНЮШОК,  
О.В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО,  
А.Г. ПУХЛЯК

Національний університет харчових технологій

## ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРЯДІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВАТКИ МОЛОЧНОЇ

В статті наведено результати мікробіологічних досліджень сироватки молочної, що оброблена електроіскровими розрядами з напругою 30...45 кВт та кількістю імпульсів від 5 до 25 з кроком 5. Експериментально встановлено, що обробка електричними розрядами з напругою 45 кВ та кількістю розрядів 15...25 найефективніша, оскільки загальна кількість мікроорганізмів сироватки молочної, зменшилась в середньому на 50...55 %.

Доведено, що електрогідралічний ефект має інактивуючу дію на всі види мікроорганізмів, що досліджувались.

**Ключові слова:** сироватка молочна, електроскрові розряди, мікробіологічні показники, інактивація.

Сучасний ринок молочних продуктів характеризується все більшою конкурентністю готової продукції, яка, в свою чергу, дуже чутлива до умов зберігання та транспортування. Відомо, що саме мікробіологічна активність в молочних продуктах, зокрема продуктах на основі сироватки, викликає погіршення їх якості, а саме: підвищення кислотності і розпад білку, окислення жиру в жировмісних продуктах, а також погіршення залежних від них органолептичних показників (зовнішній вигляд, смак та запах). Одним із основних завдань виробників є пошук способів покращення мікробіологічних показників молочної сировини та забезпечення готової продукції антибактеріальних умов протягом усього технологічного циклу до вживання споживачем.

Традиційними способами знищення патогенної та максимальної кількості іншої мікрофлори під час виробництва молочних продуктів є такі технологічні операції як бактофугування, пастеризація та стерилізація.

В останні роки для забезпечення необхідної бактеріологічної чистоти в технології молочних продуктів все частіше почали використовувати більш жорсткі режими пастеризації з високою температурою (95...97 °С) або тривалою витримкою навіть до 20...30хв та ультрависокотемпературне (УВТ-) оброблення (135...145 °С протягом 4...5 с), що не тільки підвищують енергозатрати, але й більш суттєво впливають на складові частини молока (особливо білки, вітаміни, кальцій) [1].

Серед альтернативних ресурсо- та енергоощадних методів оброблення молочної сировини, направлених на інактивацію мікроорганізмів, значний науковий інтерес мають електрофізичні та електротехнічні способи оброблення молока і молочної сировини: ультразвукове, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, енергія надвисокої частоти (НВЧ) в неперервному та імпульсному режимах, акустичні, магнітні коливання тощо [2, 3, 4].

Проте, переважно всі ці методи справляють не загальний, а вибірковий позитивний вплив як на мікробіологічні показники, так й на ті, чи інші складові компоненти продукту. Також їх застосування може викликати зміни хімічних та фізичних властивостей молока, що

© О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, А.Г. Пухляк, 2012

обмежує можливості його перероблення, особливо при виробництві кисломолочних продуктів та сирів. До того ж більшість з цих методів досі не знайшли широкого використання внаслідок складності впровадження в промислових умовах та високої вартості устаткування.

У зазначеному вище напрямі на увагу заслуговує спосіб оброблення молочної сироватки електричними розрядами за допомогою електрогідравлічної установки (Патент України № 22033 від 10.04.2007р.), схема якої наведена на рис. 1 [5, 6].

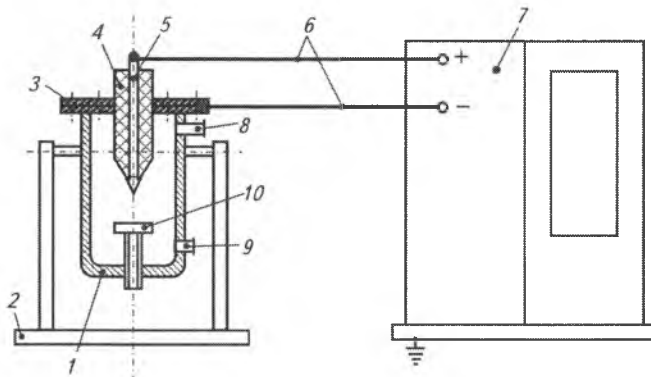


Рис. 1. Схема експериментальної електрогідравлічної установки:  
 1 — електророзрядна камера, 2 — станина, 3 — кришка камери, 4 — ізолятор,  
 5 — позитивний електрод, 6 — високовольтні кабелі, 7 — генератор імпульсних струмів,  
 8, 9 — патрубки для вводу та виводу оброблюваного продукту, 10 — негативний електрод

При електроіскрових розрядах у рідині відбувається перетворення електричної енергії в звукову з достатньо високим коефіцієнтом корисної дії. Електрогідравлічний ефект, який при цьому створюється, — це складний комплекс фізичних і хімічних явищ, що виникають під час проходження високовольтних електроімпульсних розрядів у рідині: високий тиск, потужні ударні хвилі, кавітаційні процеси, утворення парогазової бульбашки та її пульсація, світлове свічення каналу розряду, іонізація та розкладання молекул речовини в плазмі каналу і біля нього, інтенсивне ультрафіолетове та ультразвукове випромінювання, імпульсне магнітне поле. Ці процеси виникають миттєво і призводять до різноманітних фізико-хімічних та мікробіологічних змін самої рідини і тих складових, які знаходяться в ній [1].

При проходженні розряду пошкоджується цілісність шару рідини з подоланням молекулярного зв'язку частинок і утворення порожнини в середині її об'єму. Відразу після закінчення дії розряду відбувається змикання стінок утвореної порожнини, яке протікає зі звуковими чи надзвуковими швидкостями, що супроводжується, згідно з сучасними уявленнями, тими ж явищами, як і кавітація. Величина порожнин-пустот, що виникають у рідині при електрогідравлічних ударах, може досягати видимих розмірів. Змикання стінок порожнини викликає появу кавітаційного удару розряду, що доповнює основний удар [7].

Згідно з літературними даними [2, 3, 4, 6, 7] використання електроіскрових розрядів у рідині дозволяє досягти ефективного зменшення мікрофлори.

Враховуючи відсутність відомостей, щодо впливу електроіскрових розрядів на мікрофлору молочної сироватки, авторами було проведено ряд досліджень по вивченню застосування електрогідравлічного ефекту для інактивації мікроорганізмів молочної сироватки, як сировини для виробництва сироваткових напоїв.

Мета роботи полягала у дослідженні мікробіологічних показників сироватки молочної з-під сиру кисломолочного та антимікробної дії електроіскрових розрядів на вказану молочну сировину.

Завдання досліджень: вивчити ефект бактерицидної дії електроіскрових розрядів на сироватку молочну шляхом визначення мікробіологічних показників сироватки молочної, обробленої на електрогідравлічній установці.

Дослідження щодо впливу електроіскрових розрядів на мікрофлору молочної сироватки проводили таким чином: молочну сироватку з-під сиру кисломолочного ретельно перемішували, підігрівали до температури  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$  і спрямовували на установку (рис. 1), яка складалась з електророзрядної камери об'ємом  $3\text{ дм}^3$  та генератора, що забезпечує імпульсну подачу розрядів.

Враховуючи вивчений факт, що більшу бактерицидну дію мають розряди невеликої енергії (напруга до  $50\text{ кВ}$ ), а зі збільшенням напруги понад  $50\text{ кВ}$  спостерігається послаблення інактивуєючої дії електроіскрового оброблення, напругу під час дослідження змінювали в межах  $30\text{...}45\text{ кВ}$ , кількість імпульсів від  $5$  до  $25$  з кроком  $5$ . Далі оброблену сироватку пастеризували за температури  $(76 \pm 2)^\circ\text{C}$  з витримкою  $15\text{...}20\text{ с}$  та охолоджували до температури  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Проби відбирали в двох точках — одразу після електроіскрового оброблення та після пастеризації. В якості контролю виступала сироватка молочна із-під сиру кисломолочного необроблена (СМН) та пастеризована (СМП) за вищезазначеним режимом.

Після проведення експерименту відібрані в стерильні пробірки зразки досліджували в акредитованій мікробіологічній лабораторії ПрАТ «Обухівський молочний завод». В дослідних зразках визначали мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми (МАФанМ, КУО/см<sup>3</sup>) — ГОСТ 10444.15-93, бактерії групи кишкових паличок (БГКП) — ГОСТ 50474-93, плісняві гриби та дріжджі — ГОСТ 10444.12. Результати досліджень наведено в таблиці 1 та на рис. 2.

Таблиця 1. Вплив параметрів електроіскрового оброблення на загальну мікрофлору сироватки молочної

Кількість розрядів	$U = 30$		$U = 40$		$U = 45$	
	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см <sup>3</sup> , 10 <sup>3</sup>	Ступінь інактивації %	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см <sup>3</sup> , 10 <sup>3</sup>	Ступінь інактивації %	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см <sup>3</sup> , 10 <sup>3</sup>	Ступінь інактивації %
Контр.	150	—	143	—	147	—
5	138	8	106	24	95	35
10	132	12	102	28	85	42
15	114	24	98	31	78	47
20	102	32	92	35	70	52
25	90	40	81	43	62	58

В результаті аналізу експериментальних досліджень видно, що інактивуєюча дія електроіскрового оброблення зростає зі збільшенням кількості розрядів та напруги. Після електрогідролічної обробки сироватки молочної з напругою  $30\text{...}40\text{ кВ}$  та кількістю розрядів  $5\text{...}10$  спостерігалась часткова інактивація мікроорганізмів — їх кількість зменшилась в середньому на  $10\text{...}26\%$  порівняно з контролем. Після обробки електричними розрядами з напругою  $45\text{ кВ}$  та кількістю розрядів  $15\text{...}25$  виявлена найефективніша інактивація мікроорганізмів сироватки молочної, їх загальна кількість зменшилась в середньому на  $50\text{...}55\%$ .

Отриманий позитивний ефект щодо інактивації мікроорганізмів, на думку авторів, можна пояснити виникненням, при обробленні електроіскровими розрядами сироватки молочної, комплексу таких явищ як кавітаційні процеси, високий тиск, потужні ударні хвилі, інтенсивне ультрафіолетове та ультразвукове випромінювання, імпульсне магнітне поле тощо, які, як відомо з літературних джерел, володіють бактерицидними властивостями [3, 4].

Чутливими до знезаражуючої дії електрогідролічного ефекту виявилися плісняві гриби та дріжджі, їх кількість після оброблення зменшувалась на  $40\text{...}55\%$  залежно від напруги та кількості розрядів (рис. 2).

На підставі аналізу експериментальних даних встановлено, що раціональним параметром обробки сироватки молочної є напруга  $45\text{ кВ}$  з кількістю розрядів  $25$ , а використання під час оброблення напруги нижче  $35\text{ кВ}$  не є ефективним, як видно з таблиці 1 та рисунку 2.

На наступному етапі дослідження встановлювали мікробіологічну активність під час зберігання пастеризованої сироватки, обробленої на електрогідролічній установці, в порівнянні зі звичайною пастеризованою сироваткою. Зразки зберігали в стерильних умовах протягом  $5$  діб за температури  $4\text{...}6^\circ\text{C}$ . Результати отримані при обробленні сироватки за напруги  $45\text{ кВ}$  і кількості розрядів  $25$ , представлені в табл. 2.

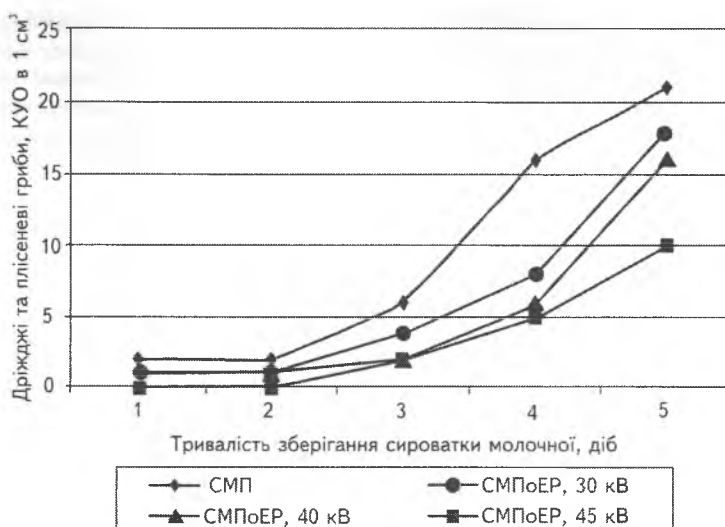


Рис. 2. Вплив електроіскрового оброблення на плісневі гриби і дріжджі залежно від напруги при фіксованій кількості розрядів 25

Таблиця 2. Зміна загальної кількості мікроорганізмів в процесі зберігання

Продукт	Загальна кількість мікроорганізмів, КУО/см <sup>3</sup>				
	1-ий день	2-ий день	3-ий день	4-ий день	5-ий день
Сироватка молочно пастеризована (СМП)	Росту не має	36	74	83	98
Сироватка молочно пастеризована, оброблена електроіскровими розрядами (СМПoEP) 25p 45кВ	Росту не має	Росту не має	Росту не має	Росту не має	3

Примітка. Загальна кількість мікроорганізмів у вихідній сироватці становить  $1,0 \cdot 10^9$

Як видно з таблиці 2, в пастеризованій необробленій сироватці спостерігався динамічний ріст мікроорганізмів, хоча й в межах норм, допустимих діючими нормативними документами. Тоді, як в сироватці, обробленій електроіскровими розрядами і пастеризованій за аналогічним режимом, спостерігався несуттєвий ріст мікроорганізмів тільки на 5-ий день зберігання. Ці результати дають можливість припустити, що оброблення електроіскровими розрядами призводять до пошкодження молекулярних структур клітин та клітинних мембран, що, в свою чергу, обумовлює морфологічні зміни та деструкцію клітин з їх частковою або повною втратою життєздатності. Вказаному також сприяє поширення УФ-випромінювання, в зоні розповсюдження якого відбувається інтенсивна інактивація мікроорганізмів.

**Висновок.** Попереднє оброблення сироватки на електрогідравлічній установці при напрузі 45 кВ та кількості імпульсів 20...25 перед наступним тепловим обробленням, сприятиме досягненню високої бактеріальної чистоти у вироблених з неї сироваткових напоях та, як наслідок, забезпечить мікробіологічну «чистоту» та стійкість готової продукції під час зберігання без значних енергозатрат на високотемпературне теплове оброблення.

#### ЛІТЕРАТУРА

- Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов [Текст] /К.К. Горбатова. — СПб:ГИОРД, 2003. — 346 с.
- Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике [Текст]: пер. с нем. / Бергман Л. — М.: 1957. — 368 с.

3. *Рогов И.А.* Электрофизические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И.А. Рогов. — М.:Агропромиздат,1989. — 272 с.
4. *Харитонов В.Д.* Влияние УФ — излучения на микробиологию молока и свойства его компонентов [Текст] / В.Д. Харитонов, С.Е. Димитриева, Б.С. Гаврюшенко и др // Молочная промышленность. — 2009, № 12. — С.31 — 32.
5. *Установка для електроіскрового оброблення рідких середовищ* [Текст]: пат. 22033 України. / А.І. Маринін, Ю.О. Дашковський, А.І. Українець, В.П. Василів, В.В. Олішевський. — Опубл. 10.04.07. Бюл. №4.
6. *Слива Ю.В.* Вплив електрогідрравлічного ефекту на мікрофлору дифузійного соку [Текст] / Л.М. Хомічак, В.М. Логвін, А.І. Маринін // Цукор України. — 2005. — № 4. — С. 20 — 22.
7. *Слива Ю.В.* Розроблення способу одержання дифузійного соку з використанням електроіскрових розрядів [Текст]: автореферат канд. техн. наук. 05.18.05/ НУХТ. — 2007 — 25 с.

В статье представлено результаты микробиологических исследований сыворотки молочной, обработанной электроискровыми разрядами с напряжением 30...45 кВт и количеством импульсов от 5 до 25 с шагом 5. Определено, что обработка электрическими разрядами с напряжением 45 кВ и количеством разрядов 15...25 более эффективна, так как общее количество микроорганизмов молочной сыворотки уменьшилось в среднем на 50...55 %. Электрогидравлический эффект имеет инактивирующее действие на все виды микроорганизмов, которые исследовали.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка ,электроискровые разряды, микробиологические показатели, инактивация.

**O. Chernyushok , O. Kochubey-lytvynenko, A. Puhllak**  
***Influence of electric discharges***  
***on microbiological characteristics of milk whey***

Article contains research results of milk whey processed by electrospark discharges with 30...45kV and impulse quantity ranging from 5 to 25 with a step of 5. Partial inactivation of microorganism was observed after electrohydraulic processing of milk whey with 30...40 kV and discharge quantity of 5...10. Their quantity decreased on average by 10...26 % comparing to control. It is experimentally determined that electrospark discharge processing with 45kV and discharge quantity of 15...25 is the most effective as a total quantity of microorganisms in milk whey decreased on average by 50...55 %.

A microbiological activity of the whey during the storage was determined at the next stage of the research: dynamic growth of microorganisms were observed in pasteurized unprocessed whey while in the whey processed with electrospark discharge but pasteurized in the same processing conditions, there was insignificant growth of microorganisms only on the fifth day of the storage.

It is confirmed that electrohydraulic influence has inactivated effect on all kinds of microorganisms subject to research.

**Key words:** milk whey, electrospark discharge, microbiological indicators , inactivation.

*Одержана редколлегією 5.09.2013 р.*