



Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького  
Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

doi:10.15421/nvlvet8006

ISSN 2519–268X print  
ISSN 2518–1327 online

<http://nvlvet.com.ua/>

УДК 621.37:637.142.

## Вплив імпульсних електричних полів на мікробіологічні показники та вміст вітаміну С в незбираному молоці

Р.С. Святненко<sup>1</sup>, А.І. Маринін<sup>1</sup>, А.В. Макогон<sup>2</sup>, О.П. Фурсик<sup>1</sup>  
Svyatnenko@i.ua, andrii\_marynin@ukr.net

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій,  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна;

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна

Стаття присвячена проблемі зберігання бактеріологічної чистоти та вмісту вітаміну С в незбираному молоці при обробленні сильними імпульсними електричними полями. Відомо, що важливим показником мікробіологічної безпечності та якості, а також рівня санітарно-гігієнічних умов обробки молока є мікробіологічні показники (КМАФАнМ) та (БГКП). При перевищенні допустимого титру мікроорганізми КМАФАнМ та БГКП можуть спричиняти псування готового продукту і навіть харчові отруєння. Об'єкт дослідження: імпульсні електричні поля. Предмет дослідження: незбиране молоко до та після оброблення імпульсними електричними полями. Оброблення незбираного молока здійснювали на експериментальній установці, що складається з трансформатора, іскрових розрядників, ємнісних накопичувачів енергії, системи керування, робочої камери. Наявність чисельності КМАФАнМ та БГКП в обробленому молоці визначали шляхом посіву на живильні середовища. Масову частку вітаміну С визначали титриметричним методом. При дослідженнях встановлено, що обробка сильними електричними полями з напругою 30 кВ/см протягом 30 с є найбільш ефективною, оскільки спостерігається повна інактивація мікроорганізмів КМАФАнМ та БГКП. Доведено можливість здійснення теплового оброблення незбираного молока за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів. Відкрито перспективи використання вітчизняних ІЕП-установок при первинному обробленні незбираного молока з метою поліпшення мікробіологічних показників.

**Ключові слова:** сильне імпульсне електричне поле, незбиране молоко, вітамін С, мікробіологічні показники.

## Влияние импульсных электрических полей на микробиологические показатели и содержание витамина С в цельном молоке

Р.С. Святненко<sup>1</sup>, А.И. Маринин<sup>1</sup>, А.В. Макогон<sup>2</sup>, О.П. Фурсик<sup>1</sup>  
Svyatnenko@i.ua, andrii\_marynin@ukr.net

<sup>1</sup>Национальный университет пищевых технологий,  
ул. Владимирская, 68, г. Киев, 01601, Украина;

<sup>2</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
ул. Кирпичева, 2, Харьков, 61002, Украина

Статья посвящена проблеме хранения бактериологической чистоты и содержания витамина С в цельном молоке при обработке сильными импульсными электрическими полями. Известно, что важным показателем микробиологической безопасности и качества, а также уровня санитарно-гигиенических условий обработки молока являются микробиологические показатели (КМАФАнМ) и (БГКП). При превышении допустимого титра микроорганизмы КМАФАнМ и БГКП могут вызывать порчу готового продукта и даже пищевые отравления. Объект исследования: импульсные электрические поля. Предмет исследования: цельное молоко до и после обработки импульсными электрическими полями. Обработку цельного

### Citation:

Kitchenko, L.M. (2017). Improvement of small hard cheese technology aimed at production in minor cheese-making enterprises. *Scientific Messenger LNUVMB*, 19(80), 29–32.

молока проводили на експериментальній установці, що складається з трансформатора, іскрових розрядників, ємкостних накопичувачів енергії, системи управління, робочої камери. Наявність численності КМАФАнМ і БГКП в обробленому молоці визначали шляхом посіву на поживні середовища. Массову частку вітаміну С визначали титриметричним методом. При дослідженні встановлено, що обробка сильними електричними полями з напругою 30 кВ/см в течение 30 с є найбільш ефективною, оскільки спостерігається повна інактивація мікроорганізмів КМАФАнМ і БГКП. Доведено можливість здійснення теплової обробки цілого молока за рахунок нетеплових ефектів, що виникають при імпульсній дії електричних полів. Відкрито перспективи використання вітчизняних ІЕП-установок при первинній обробці цілого молока з метою покращення мікробіологічних показників.

**Ключові слова:** імпульсні електромагнітні поля, ціле молоко, органолептичні показники.

## Influence of pulsed electric fields on microbiological indices and content of vitamin C in whole milk

R. Svyatnenko<sup>1</sup>, A. Marynin<sup>1</sup>, A. Makogon<sup>1</sup>, O. Fursik<sup>1</sup>  
Svyatnenko@i.ua, andrii\_marynin@ukr.net

<sup>1</sup>National University of Food Technologies,  
Volodymyrska Str., 68, Kyiv, 01601, Ukraine;

<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kyrpychova Str., 2, Kharkiv, 61002, Ukraine

The article is devoted to the problem of bacteriological purity storage and vitamin C content in whole milk by treating with strong pulsed electric fields. It is known that microbiological indices (QMAFAnM) and (CGP) are an important indicator of microbiological safety and quality, as well as the level of sanitary-hygienic conditions of milk processing. By exceeding the permissible titer the microorganisms of QMAFAnM and CGB can cause damage to the finished product and even food poisoning. Object of investigation: pulsed electric fields. Subject of the study: whole milk before and after treatment with pulsed electric fields. Whole milk treatments were carried out in an experimental setup consisting of a transformer, spark gaps, capacitive energy storage devices, a control system and working chamber. The presence of QMAFAnM and CGB in the treated milk was determined by inoculation on nutrient media. The mass fraction of vitamin C was determined by titrimetric method. During the research it was found that processing with strong electric fields in voltage of 30 kV/cm during the 30 s is the most effective, since complete inactivation of microorganisms QMAFAnM and CGB. The possibility of heat treatment of whole milk is proved due to nonthermal effects that occur when the electric fields are pulsed. The prospects of using domestic IEPs for the initial processing of whole milk are opened with the aim of improving microbiological indicators.

**Key words:** strong pulsed electric field, whole milk, vitamin C, microbiological indices.

### Вступ

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 °C), що не тільки підвищують енергозатрати, а й більш суттєво впливають на складові частини молока (особливо білки, вітаміни, кальцій) (Cherniushok et al., 2013).

Перспективним напрямом підвищення бактеріологічної чистоти молока є застосування електрофізичних методів, а саме сильних імпульсних електричних полів (ІЕП) без розрядів.

Автори (Svyatnenko et al., 2016) стверджують, що ІЕП дозволяє зберігати харчову і біологічну цінність дослідних зразків порівняно з традиційною тепловою пастеризацією, а тим більше високотемпературною стерилізацією.

### Матеріал і методи досліджень

Метою дослідження є вивчення впливу сильних імпульсних електричних полів на мікробіологічні показники та вітаміну С незбираного молока.

Молоко є вельми сприятливим живильним середовищем для розвитку багатьох мікроорганізмів. Після вживання в їжу інфікованого молока і молочних про-

дуктів можуть виникати такі інфекції, як черевний тиф, дизентерія, холера, ешеріхіози, бруцельоз, туберкульоз, отруєння стафілококових ентеротоксинів та ін. (Kukhtin, 2006).

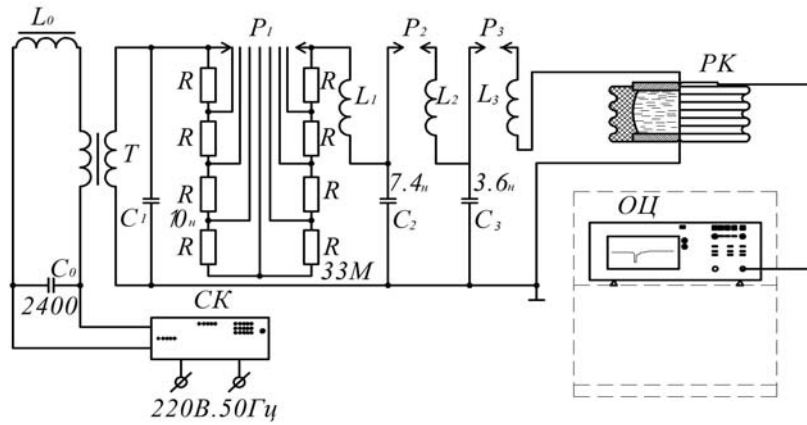
Визначення наявності мікроорганізмів використовується як індикатор для встановлення мікробіологічної безпечності сировини та харчових продуктів, оскільки їх присутність свідчить про рівень дотримання санітарно-гігієнічних вимог у ході виробничих процесів.

При проведенні досліджень використовувалася експериментальна установка, яка розроблена фахівцями в НТУ «Харківський Політехнічний Інститут» (Воїко, 2001), зображена на рис. 1.

Дослідні зразки готували шляхом обробки незбиране молоко з початковою температурою (22 ± 2) °C в стаціонарній камері закритого типу. В робочу камеру впродовж 10–30 с здійснювалася подача енергії через іскрові розрядники.

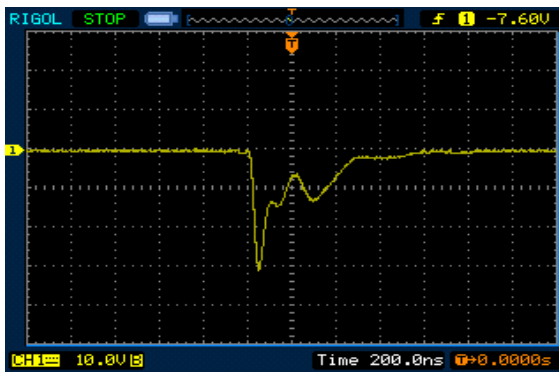
Напрягу на робочій камері з оброблюваним продуктом (незбираним молоком) реєстрували цифровим осцилографом фірми Rigol зі смугою пропускання 100 МГц.

Аналіз осцилограми, рис 2, показує, що амплітуда напруги на робочій камері складає ≈30 кВ, напруженість електричного поля в робочій камері (РК) ≈20 кВ/см, а тривалість фронту імпульсу ≈35 нс.



**Рис. 1. Схема експериментальної установки для обробки рідких продуктів сильними імпульсними електричними полями**

$L_0$  – дросель на броньовому магнітопроводі з еквівалентним перерізом 100 x 90мм, Т – трансформатор ИОМ-100/100,  $L_1$ - $L_3$ - паразитні індуктивності контурів;  $P_1$ - $P_3$  – іскрові розрядники;  $C_1$ - $C_3$  – ємнісний нагромаджувач енергії,  $C_0$  – батарея конденсаторів, СК – система керування, СППУР – система підготовки, перекачування і упаковки рідин, ОЦ – осцилограф, РК – робоча камера.



**Рис. 2. Типова осцилограма напруги на РК з оброблюваним молоком**

Санітарну оцінку молока проводили за двома мікробіологічними показниками: загальне бактеріальне обсіменіння молока (КМАФАнМ) і наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) (GOST 26669-85).

При визначенні загального бактеріального обсіменіння використовували універсальні поживні середовища: м'ясо-пептонний агар (МАП) і середовища для визначення (КМАФАнМ) (GOST 10444.15-94).

Масову частку вітаміну С визначали титриметричним методом за ГОСТ 30627.2-8.

**Результати та їх обговорення**

Після оброблення незбираного молока в мікробіологічній лабораторії відбувався кількісний підрахунок бактерій, що вижили, за вищеперерахованими методами.

Результати проведених досліджень з вивчення впливу ІЕП на мікробіологічні показники наведено в таблиці 1 та 2.

*Таблиця 1*

**Вплив параметрів сильних імпульсних електричних полів на кількість (КМАФАнМ), КУО в 1см<sup>3</sup>**

Час оброблення, с	Контроль	Режим обробки	
		U = 15 кВ/см	U = 30 кВ/см
10	1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>2</sup>
15		1×10 <sup>2</sup>	300
20		400	10
25		255	0
30		98	0

*Таблиця 2*

**Вплив параметрів сильних імпульсних електричних полів на кількість (БГКП), КУО в 1см<sup>3</sup>**

Час оброблення, с	Контроль КУО/см <sup>3</sup>	Режим обробки	
		U = 15 кВ/см	U = 30 кВ/см
10	1×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>3</sup>
15		2×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>2</sup>
20		1×10 <sup>2</sup>	250
25		800	75
30		400	0

Одержані експериментальні дані показують, що зі збільшенням напруги та тривалості оброблення відбувається істотне зниження кількості мікроорганізмів в усіх зразках. Зниження життєдіяльності мікроорганізмів, на наш погляд, можна пояснити комплексним впливом виникаючих при ІЕП обробці сильних імпульсних електричних полів та нетеплового ефекту зростання температури.

Одним з найважливіших вітамінів антиоксидантної системи молока є вітамін С (аскорбінова кислота). Аскорбінова кислота – активний учасник багатьох

процесів, що протікають в організмі людини. Вона підвищує стійкість до інфекційних захворювань, збільшує працездатність, позитивно впливає на кровообіг, обмін вуглеводів і холестерину. Однак при високих температурах обробки вона легко окислюється та втрачає свої властивості. В зв'язку з цим нами було вирішено дослідити вплив ІЕП при різних режимах обробки на вміст вітаміну С в обробленому молоці.

Результати щодо зміни вмісту вітаміну С в обробленому молоці ІЕП представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Зміна вмісту вітаміну С в обробленому молоці**

Час оброблення, с	Контроль, млн/100 г	Режим обробки	
		U = 15 кВ/см	U = 30 кВ/см
10	1,80	0,90	0,79
15		0,81	0,63
20		0,60	0,49
25		0,58	0,42
30		0,42	0,34

Як видно з наведених результатів, встановлено зниження відсоткового вмісту вітаміну С. Найбільше зниження спостерігається при обробленні 30 кВ/см протягом 30 с (0,34 млн/100 г). Найменшого впливу вітамін С зазнав при 15 кВ/см протягом 10 с (0,90 млн/100 г).

**Висновки**

Досліджено вплив сильних імпульсних електричних полів (ІЕП) на процес інактивації мікроорганізмів в обробленому молоці. Встановлено оптимальні режими ІЕП (високовольтних імпульсів при напрузі 15–30 кВ/см). Доведено можливість здійснення теплового оброблення незбираного молока за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів.

**Бібліографічні посилання**

Cherniushok, O.A., Kochubei-Lytvynenko, O.V., Pukhliak, A.H. (2013). Diia elektrychnykh rozriadiv na mikrobiolohichni pokaznyky syrovatky molochnoi. *Kharchova promyslovist*. 14, 53–58 (in Ukrainian).

Sviatnenko, R.S., Kochubei-Lytvynenko, O.V., Marynin, A.I. (2016). Vplyv impulsnykh elektrychnykh poliv na sklad i vlastyvoli nezbyranoho moloka. *Naukovi pratsi NUKhT*. 4, 241–247 (in Ukrainian).

Kukhtin, M.D. (2006). Dynamika mikrobiolohichnoho protsesu mikroflory moloka. *Nauk. visnyk Lviv. nats. akademii vet. medytsyny im. S.Z. Hzhyskoho*. 8, 2(29), 112–116 (in Ukrainian).

Bojko, N.I. (2001). Vysokovol'tnye apparaty i tehnologii na osnove kompleksa vysokovol'tnykh impul'snykh vozdeystvij. *Visnik NTU «HPI»*. 16, 11–16 (in Russian).

GOST 26669-85. *Produkty pishhevye i vkusovye. Podgotovka prob dlja mikrobiologicheskikh analizov* (in Russian).

GOST 10444.15-94. *Produkty pishhevye. Metody opredelenija kolichstva mezofil'n'nykh ajerobnykh i fakul'tativno-ajerobnykh mikroorganizmov* (in Russian).

Received 7.09.2017

Received in revised form 2.10.2017

Accepted 6.10.2017