

**Ключевые слова:** *эффективность, производительность, светодиодные лампы, режимы освещения, сооружения закрытого грунта*

## **THE SUBSTANTIATION OF EFFECTIVE LED LIGHTING IN THE CONSTRUCTION OF CLOSED SOIL**

**L. S. Chervinsky  
T. S. Knizhka,  
A. I. Romanenko**

**Adstract.** *In the article the advantages and justified the expediency of using various LED lighting sources to create effective light regimes in the structures of closed ground to obtain the maximum possible plant productivity. The spectral composition of light-emitting diodes and their influence on plant growth is investigated.*

*It was found that under the influence of LED lighting, the greatest increase in seed germination of the research species was observed when irradiated with a combined emission spectrum with a ratio of 65% of the red spectrum and 35% of blue. The use of combined LED lamps leads to an increase in the intensity of plant growth and an increase in their effective mass, confirms the advantage of using LED lamps over other types of lamps that are used for pre-emergence of plants in structures of enclosed soil.*

**Keywords:** *efficiency, performance, LED lamps, lighting modes, construction of enclosed ground*

УДК 621.37: 628.349.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБКИ НЕЗБИРАНОГО МОЛОКА ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПОЛЯМИ**

**Р. С. СВЯТНЕНКО**, аспірант  
**А. І. МАРИНІН**, кандидат технічних наук, доцент  
**О. В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО**, кандидат технічних наук, доцент  
**О. П. ФУРСІК**, аспірант  
**Національний університет харчових технологій**  
*E-mail:* Svyatnenko@i.ua

**Анотація.** *У сучасних умовах виробництва продукції науково-технічний прогрес є одним з найважливіших факторів у молочній промисловості, при якому створюються та впроваджуються у виробництві нові методи обробки.*

---

© Р. С. Святненко, А. І. Маринін, О. В. Кочубей-Литвиненко,  
О. П. Фурсік, 2017

*Стаття присвячена дослідженню впливу імпульсних електричних полів (ІЕП) на обробку середовища для мікробіологічної стабільності незбираного молока.*

*Наведено результати досліджень обробленого незбираного молока, ІЕП. Встановлено, що обробка ІЕП з напругою 30 кВ/см протягом 30 с є найбільш ефективною, оскільки сприяє подовженню терміну зберігання незбираного молока.*

**Ключові слова:** імпульсні електричні поля, незбиране молоко

**Актуальність.** Серед продуктів харчування молоко займає особливе місце, так як воно здатне забезпечувати організм повноцінними білками, жирами, деякими вітамінами, біологічно активними сполуками та мінеральними компонентами.

Відомі технології подовження термінів зберігання молока базуються на термічному обробленні (пастеризація та стерилізація) й застосуванні ультрафільтрації. Також широко використовується попередня пастеризація свіжевидоєного молока на фермах чи низових заводах за температури 72–75 °С з наступним охолодженням та зберіганням за температури 68 °С до переробки. Однак ці методи мають суттєві недоліки, пов'язані зі зменшенням вмісту вітамінів, незамінних амінокислот та інших показників, які можуть бути збережені при зміні способів і режимів теплової обробки.

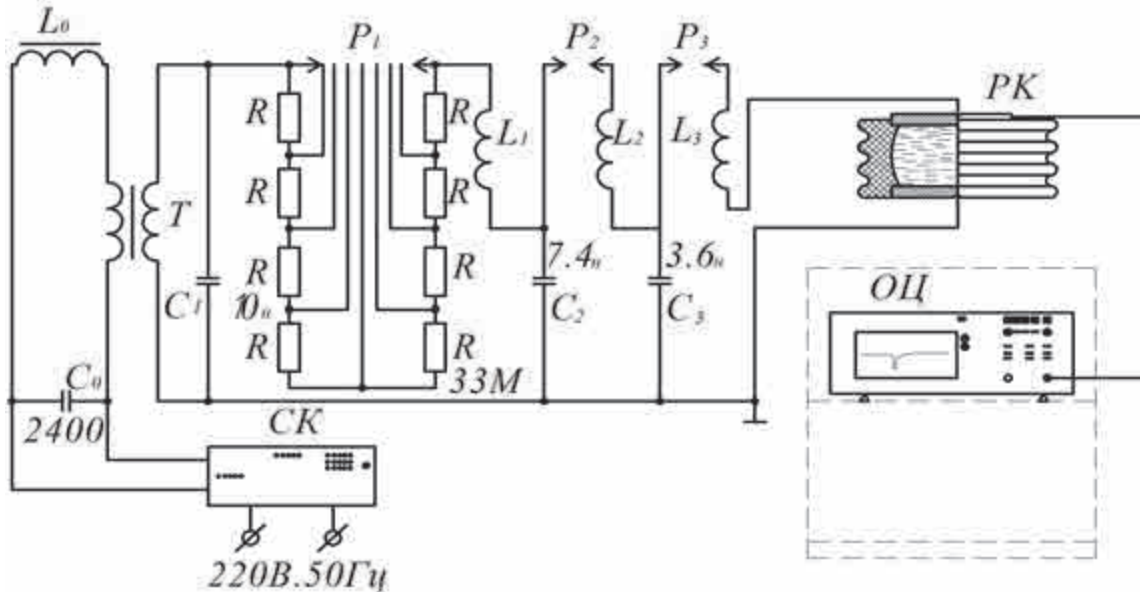
Актуальною є проблема заміни теплових методів та попередньої теплової обробки на фізичні нетеплові. Дане питання можна вирішити шляхом використання сильних імпульсних електричних полів. Основними перевагами цієї технології є збереження харчових і смакових властивостей продуктів, універсальність, яка дозволяє застосовувати їх в різних технологічних процесах, економічність завдяки використанню цілого комплексу високоінтенсивних фізичних факторів, екологічність за рахунок виключення використання тепла і хімічних консервантів [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наведеним напрямам досліджень присвячені численні роботи професора М. І. Бойка. У даних працях [1–3], подано опис ІЕП-технології (або КВІД-технології, де КВІД – комплекс високовольтних імпульсних дій), експериментальних установок та камер різних типів для реалізації даної технології. Деякі результати досліджень щодо оброблення рідких харчових продуктів за допомогою КВІД представлено в [4]. Автори [5], стверджують, що імпульсна обробка дає змогу зберігати харчову та біологічну цінність дослідних зразків, порівняно з традиційною тепловою пастеризацією, а тим більше, високотемпературною стерилізацією. Результати досліджень [6] свідчать, що дія ІЕП при напруженості  $\approx 30$  кВ/см протягом 30 с не впливає на склад незбираного молока.

**Мета дослідження** – визначити тривалість зберігання молока після ІЕП обробки.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктом досліджень є незбиране коров'яче молоко від індивідуальних сільськогосподарських товаровиробників до та після оброблення імпульсними електричними полями.

При проведенні досліджень використовували експериментальну установку, розроблену фахівцями в НТУ «Харківський Політехнічний Інститут» [6], зображену на рис. 1.



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

$L_0$  – дросель на броньовому магнітопроводі з еквівалентним перерізом  $100 \times 90$  мм,  $T$  – 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.

Незбиране молоко з початковою температурою  $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$  обробляли в стаціонарній камері закритого типу, в яку впродовж  $10 \dots 30$  с здійснювалася подача енергії через іскрові розрядники.

Для порівняння ІЕП обробки з попередньою тепловою обробкою молока контрольний зразок підігрівали на електромагнітній мішалці з підігрівом до  $72^\circ\text{C}$ . Після чого оброблені зразки витримували  $10$ – $15$  с і швидко охолоджували до температури  $6 \dots 8^\circ\text{C}$ .

Напругу на робочій камері з оброблюваним продуктом реєстрували цифровим осцилографом фірми Rigol зі смугою пропускання  $100$  МГц.

Аналіз осцилограми дії ІЕП обробленого молока (рис. 2, а та б) показують, що напруженості електричного поля в робочій камері при обробленні  $20$  с становила  $1,5$  кВ/мм, а при  $30$  с –  $0,9$  кВ/мм, з тривалістю фронту імпульсу  $35$  нс.

Амплітуду напруженості електричного поля  $E_m$  в робочій камері визначали за формулою:

$$E_m = \frac{U_m}{d} \quad (1)$$

де  $U_m$  – амплітуда напруги на відповідних осцилограмах [кВ/мм].

$d$  – довжина міжелектродного проміжку в робочій камері [мм].

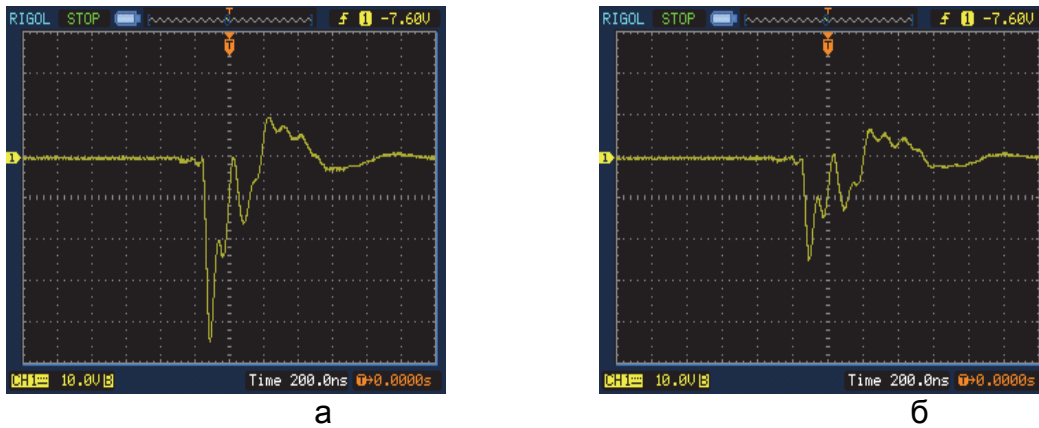


Рис. 2. Осцилограми дії ІЕП обробленого молока

**Результати дослідження та їх обговорення.** При обробленні незбираного молока ІЕП з напруженістю 30 кВ/см та тривалістю імпульсу до 35 нс спостерігали нетепловий ефект зростання температури сировини до області температур термізації і пастеризації (рис. 3). При цьому приріст температури корелював з напруженістю й тривалістю оброблення. Так, найвищої температури молока (понад 80 °С) при ІЕП-обробленні було досягнуто за напруженості 30 кВ/см та часу 30 с.

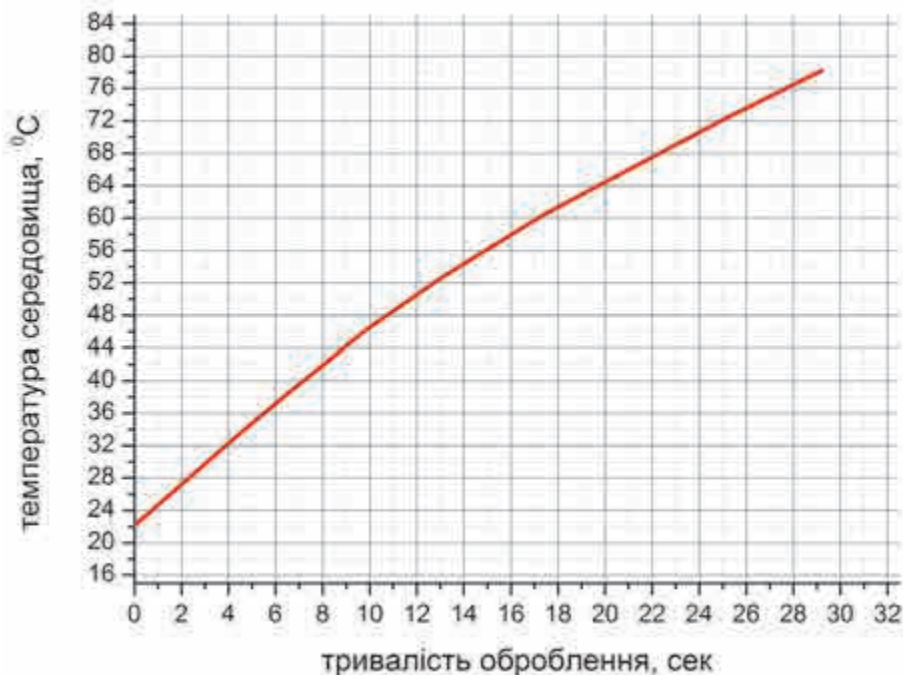
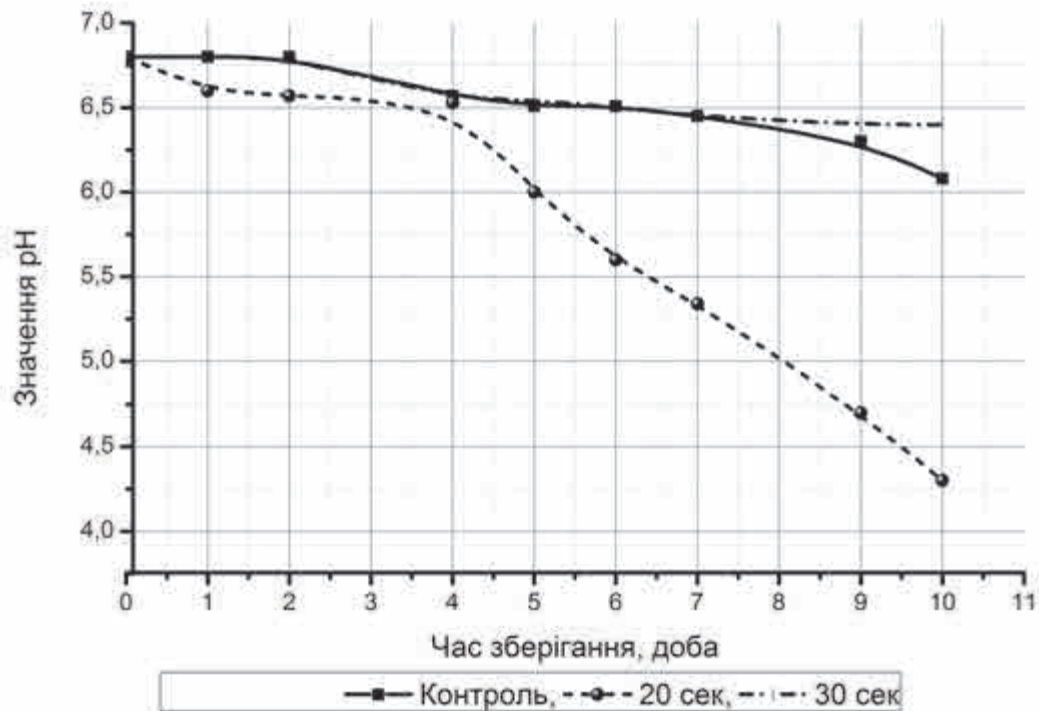


Рис. 3. Вплив тривалості обробки ІЕП на температуру незбираного молока

У даному випадку наростання температури відбувається за рахунок нетеплових ефектів. Енергетична передача здійснюється на рівні молекул в результаті взаємодії електронів струму з іонами або атомами провідника, частина енергії залишається у останнього. Теплова дія струму призводить до більш швидкого руху частинок провідника, після чого його внутрішня енергія зростає і трансформується в теплову.



**Рис. 4. Зміна величини рН в процесі зберігання молока за температури зберігання 6...8 °С**

Аналіз наведених результатів свідчить, що при обробці ІЕП з напругою 30 кВ/см протягом 20 с величина рН зменшувалася вже після першої доби до рН 6,57, й продовжує стрімко знижуватися впродовж десяти діб до рН 4,12. Даний стрімкий спад можна пояснити тим, що при обробці ІЕП в заданому режимі не було досягнуто температури пастеризації.

Також з'ясовано, що показники контрольного й обробленого молока, майже не змінювалася впродовж восьми діб. А от на дев'яту й десяту добу даний показник для контрольного зразка погіршився й становив рН 6,45 і 6,3 відповідно. На десяту добу рН для обробленого молока протягом 30 с становив рН 6,4. Це можна пояснити тим, що при обробленні ІЕП, клітини бактерій зазнають цілого комплексу впливів: сильне імпульсне електричне поле, імпульсне магнітне поле, тощо.

При виробництві кисломолочних продуктів на сичужне згортання молока впливає багато факторів, в тому числі й температурний режим обробки й час його дозрівання. Виходячи з цього, ми дослідили час сичужного згортання контролю та обробленого зразка. Отримані нами результати свідчать, що час сичужного згортання контролю становив 11 хв, обробленого ж молока ІЕП полями 12 хв. Це дає змогу стверджувати, що обробка незбираного молока ІЕП дозволяє його використання в технології виготовлення сирів.

**Висновки і перспективи.** У даній роботі проведено дослідження щодо оброблення ІЕП полями незбираного молока, та встановлено, що при обробленні незбираного молока імпульсними електричними полями в діапазоні напруженості 30 кВ/см та часу обробки 30 с спостерігали

нетепловий ефект зростання температури сировини до 80°C. З'ясовано, що швидкість кислотності при ІЕП обробці менша, порівняно з контролем. Виявлено, що ІЕП обробка не має негативного впливу на сичужний згусток. Доведено можливість здійснення теплового оброблення молока за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів.

Перспективність розвитку напряму зумовлена створенням нових методів обробки харчових продуктів і води за допомогою ІЕП з покращеними характеристиками. Створені установки та методики спрямовані для з'ясування механізмів дії факторів ІЕП, у подальшій розробці концепції, теорії ІЕП-обробки продуктів.

### Список літератури

1. Высоковольтный генератор импульсов со средней мощностью до 50 кВт для обработки пищевых продуктов / Н. И. Бойко, А. Н. Тур, Л. С. Евдошенко [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1998. № 2. – С. 120–126.
2. Установка для обработки текучих продуктов при помощи комплекса высоковольтных импульсных воздействий и результаты исследований / Н. И. Бойко, А. Н. Тур, Л. С. Евдошенко // Технічна електродинаміка. – 2001. – № 4. – С. 59–63.
3. Бойко Н. И. Технологии, основанные на воздействии сильных импульсных электрических полей / Н. И. Бойко // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Проблеми сучасної електротехніки”. – 2002. – Ч. 6. – С. 94–99.
4. Бойко Н. И. Влияние комплекса высоковольтных импульсов и других физических факторов на интенсивность размножения *Anabaena flos aquae* / Н. И. Бойко, А. И. Божков // Биофизика. – 2002. – Т. 47. – №. 3. – С. 531–538.
5. Zhang Q. H. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. / Q. H. Zhang G. V., Barbosa-Canovas. B. G. Swanson, // Journal of Food Engineering. – 1995. – 25. – P. 261–281.
6. Святненко Р. С. Вплив імпульсних електричних полів на склад і властивості незбираного молока. / Р. С. Святненко О. В. Кочубей-Литвиненко, А. І. Маринін // Наукові праці НУХТ. – 2016. – № 4. – С. 241–247.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА ИМПУЛЬСНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ

Р. С. Святненко,  
А. И. Маринин,  
О. В. Кочубей-Литвиненко,  
О. П. Фурсик

**Аннотация.** В современных условиях производства продукции научно-технический прогресс является одним из важнейших факторов в молочной промышленности, при котором создаются и внедряются в производство новые методы обработки.

Работа посвящена исследованию влияния импульсных электрических полей (ИЭП) на обработку среды для микробиологической стабильности цельного молока.

*Приведены результаты исследований обработанного цельного молока, ИЭП. Установлено, что обработка ИЭП с напряжением 30 кВ / см в течение 30 с является наиболее эффективной, поскольку способствует удлинению срока хранения цельного молока.*

**Ключевые слова:** *импульсные электрические поля, цельное молоко*

## **INVESTIGATION OF WHOLE MILK PROCESSING BY PULSE ELECTRIC FIELDS**

**R. S. Svyatnenko,  
A. I. Marinin,  
A. V. Kochubei-Litvinenko,  
A. P. Fursik**

**Abstract.** *In modern production conditions, scientific and technological progress is one of the most important factors in the dairy industry, in which new methods of processing are created and introduced into production.*

*The work is devoted to the investigation of pulsed electric fields (IEP) influence on the medium processing for the whole milk microbiological stability.*

*There are presented the research results of the whole milk processing by IEP. It has been established that treatment of IEP with a voltage of 30 kV / cm for 30 s is most effective, since it contributes to the elongated shelf life of whole milk.*

**Keywords:** *pulsed electric field, whole milk*