

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Харчові технології  
Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print  
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f9902  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 579.674

## Effect of heat treatment on the content of microorganisms in drinking milk

M. Kukhtyn<sup>1</sup>✉, V. Salata<sup>2</sup>, N. Kushniruk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

<sup>2</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

### Article info

Received 12.01.2023

Received in revised form

13.02.2023

Accepted 14.02.2023

Ternopil Ivan Puluj National  
Technical University,  
Ruska Str., 56, Ternopil,  
46001, Ukraine.  
Tel.: +38-097-239-20-57  
E-mail: kuchtynnic@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary  
Medicine and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv, 79010,  
Ukraine.  
Tel.: +38-067-728-89-33  
E-mail: salatavolod@ukr.net

**Kukhtyn, M., Salata, V., & Kushniruk, N. (2023). Effect of heat treatment on the content of microorganisms in drinking milk. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 25(99), 8–13. doi: 10.32718/nvlvet-f9902**

The microflora of raw milk is in the center of constant attention at the enterprises where it is processed. Since the microbiota of pasteurized milk is determined by the percentage of heat-resistant bacteria that are present in the milk raw material. Defects during storage are associated with the development of residual microflora of pasteurized products. The aim of the work was to determine the quantitative changes in milk microflora using different pasteurization temperatures. Pasteurization of raw milk of the first and extra grades was carried out at  $t = +72$  °C and  $t = +91$  °C with a holding time of 15–20 s. In pasteurized and raw milk, the residual amount of microorganisms of different groups was determined: mesophilic, psychrotrophic, lactic acid, heat-resistant, and spore-forming. It was found that in raw milk before pasteurization, the main part of the microflora was psychrotrophic and mesophilic microorganisms up to 70%, the share of lactic acid microbiota was up to 25%, heat-resistant and spore-forming bacteria were 4% and 0.8%, respectively. The temperature regime of heat treatment ( $t = 72$  °C exposure for 20 s) contributed to the reduction of mesophilic bacteria by 93.4% when using extra grade milk and by 91.5% when using first grade milk. That is, almost 6.4 times more bacteria remain in drinking milk when raw materials of lower quality are used. The intensity of death of heat-resistant microflora of milk under the regime of 72 °C with a holding time of 20 s was only 15.2 % when using raw extra milk and 4.2 % (first). Pasteurization at a temperature of 91 °C for 20 seconds had a much stronger effect on this microflora, as its efficiency was 52.9 % and 49.2 %. That is, the efficiency of the pasteurization mode was 3.5 and 11.7 times stronger, respectively, compared to the mode at a temperature of 72 °C. Therefore, in order to apply an effective pasteurization regime at the enterprise, it is necessary to know the quantitative and qualitative composition of the microflora of raw milk.

**Key words:** milk, pasteurization, mesophilic microorganisms, heat-resistant microflora.

## Вплив теплової обробки на вміст мікроорганізмів у молоці питному

М. Д. Кухтин<sup>1</sup>✉, В. З. Салата<sup>2</sup>, Н. В. Кушнірук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Мікрофлора молока-сировини перебуває в центрі постійної уваги на підприємствах, де його переробляють. Мікробіота пастеризованого молока визначається відсотком термостійких бактерій, які наявні у молочній сировині. Саме із розвитком залишкової мікрофлори пастеризованих продуктів пов'язують вади під час зберігання. Метою роботи було визначити кількісні зміни мікрофлори молока за застосування різної температури пастеризації. Пастеризацію молока-сировини першого та екстра татунків проводили за  $t = +72$  °C та  $t = +91$  °C з витримкою 15–20 с. У пастеризованому і сирому молоці визначали залишкову кількість мікроорганізмів різних груп: мезофільну, психротрофну, молочнокислу, термостійку та спороутворюючу. Встановлено, що у молоці-сировині до пастеризації основну частину мікрофлори становили психротрофні та мезофільні мікроорганізми до 70 %, на частку молочнокислої мікробіоти припадало до 25 %, термостійкі і спороутворюючі бактерії становили 4 %

та 0,8 % відповідно. Температурний режим теплової обробки ( $t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$  експозиція 20 с) сприяв зменшенню мезофільних бактерій на 93,4 % за умови використання молока екстра гатунку та на 91,5 % за умови першого гатунку. Тобто практично в 6,4 раза більша кількість бактерій залишається у питному молоці при використанні сировини нижчої якості. Інтенсивність відмирання термостійкої мікрофлори молока за режиму  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$  з витримкою 20 с становила всього 15,2 % за використання молока сирого екстра гатунку та 4,2 % (першого). Пастеризація за режиму температури  $91\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 20 с значно сильніше впливала на дану мікрофлору, оскільки ефективність її становила 52,9 % та 49,2 %. Тобто ефективність режиму пастеризації була в 3,5 та 11,7 раза відповідно сильніша, порівнюючи з режимом за температури  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Отже, для застосування ефективного режиму пастеризації на підприємстві необхідно знати кількісний і якісний склад мікрофлори молока сирого.

**Ключові слова:** молоко, пастеризація, мезофільні мікроорганізми, термостійка мікрофлора.

## Вступ

У молоці-сировині міститься складна мікробна спільнота, включаючи мікроорганізми промислового значення, які є корисні для здоров'я (Kukhtyn et al., 2018; Lialyk et al., 2019), та бактерії, які викликають занепокоєння з огляду безпечності виготовлених молочних продуктів (Berhilevych et al., 2017; Horiuk et al., 2018). Тому мікробіота молока-сировини перебуває в центрі постійної уваги на підприємствах, де його перероблюють. Кількісний вміст мікроорганізмів у молоці-сировині залежить від багатьох чинників, але загалом у зразках молока сирого охолодженого переважають молочнокислі бактерії та рід *Pseudomonas*, які вважаються основною причиною псування молока під час його реалізації (Hantsis-Zacharov & Halpern, 2007; Kukhtyn, 2008). У результаті цього для зменшення кількості мікробіоти в молоці застосовують теплову обробку. Вважається, що мікробіота пастеризованого молока визначається відсотком термостійких бактерій, які витримують температуру пастеризації, і бактеріями, пов'язаними з постпастеризаційним забрудненням, до яких входять психротрофні бактерії, такі як *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Bacillus* та інші (Ranieri et al., 2009; Buehler et al., 2018; Wang et al., 2019).

Повідомляється (Quigley et al., 2013), що мікробіологічні підходи, які засновані на виявленні колонієутворюючих одиниць, показують, що пастеризація зумовлює знешкодження бактерій роду *Pseudomonas*. Водночас молекулярно-генетичні методи ідентифікації мікроорганізмів показують загальне зменшення даних бактерій у пастеризованому молоці, а не ліквідацію популяції *Pseudomonas*. Це свідчить про те, що пошкоджені, але нежиттєздатні клітини все ще присутні в субстраті. Такі клітини є метаболічно активними, але їх неможливо культивувати на твердих середовищах, через те що вони перебувають у тепловому стресі й не здатні до культивування (Raats et al., 2011). Цей висновок дає підставу вважати, що деяка кількість *Pseudomonas* міститься в пастеризованому молоці та може впливати на терміни його зберігання через активність в охолоджену стані. Однак вони не виявляються стандартними методами, які засновані на культивуванні на щільних живильних середовищах. Отже, встановлення впливу мікробіоти молока-сировини на формування залишкової мікрофлори молока питного дозволить підбирати оптимальну температуру теплової обробки.

## Мета дослідження

Метою роботи було визначити кількісні зміни мікробіоти молока за застосування різної температури пастеризації.

## Матеріал і методи досліджень

Пастеризацію молока-сировини першого та екстра гатунків проводили за  $t = +72\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $t = +91\text{ }^{\circ}\text{C}$  з витримкою 15–20 с. У пастеризованому і сирому молоці визначали залишкову кількість мікроорганізмів різних груп: мезофільну, психротрофну, молочнокислу, термостійку та спороутворюючу.

Визначення мікробіоти різних груп у молоці-сировині та молоці питному проведено відповідно до загальноприйнятих методик (Berhilevych et al., 2010). Зокрема, мезофільні при культивуванні у м'ясопептонному агарі (МПА) за температури  $30 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C} - 72$  год; психротрофні за температури  $6,5 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 10$  діб; молочнокислі – у середовищі MRS або агарі з гідролізованим молоком за  $37 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C} - 72$  год; термостійкі після витримки молока за температури  $63,5 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 30 хв з подальшим висівом у середовище МПА; термофільні після витримання молока за температури  $85 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хв та посівом у середовище з глюкозою.

Отримані дані піддавалися статистичним обчисленням з використанням комп'ютерної програми Statistica 9.0 (StatSoft Inc., USA). Різницю отриманих даних вважали вірогідною за  $P < 0,05$ .

## Результати та їх обговорення

Кількісні показники різних груп мікрофлори у молоці-сировині екстра та першого гатунку наведено в табл. 1.

Встановлено (табл. 1), що у молоці першого гатунку, крім більшого вмісту мезофільних мікроорганізмів (це група мікрофлори, яка в стандарті позначається, як МАФАНМ), виявлено ще на один порядок більший вміст психротрофної, термостійкої та молочнокислої групи мікрофлори. Загалом це вказує, що саме за рахунок більшого вмісту даних груп мікрофлори в молоці-сировині першого гатунку формується надмірна її кількість у молоці пастеризованому, як залишкові бактерії. Адже саме дані групи мікрофлори вважаються біохімічно активними у молоці питному протягом часу його зберігання (Kukhtyn et al., 2017a; Júnior et al., 2018). Тому очевидно, що за рахунок збільшення вмісту цієї мікробіоти молоко питне швидше втрачає свої натуральні властивості, які прита-

манні сирому молоці. Також можемо стверджувати, що пастеризація молока-сировини нижчих гатунків (вищого та першого) повинна проходити за більш жорстких режимів через наявність більшої кількості стійкої мікрофлори, порівнюючи з молоком екстра гатунку.

На наступному етапі було проведено серію дослідів щодо впливу двох режимів теплової обробки молочної сировини з різною кількістю мікробіоти. Використали один режим пастеризації за температури 72 °С з експозицією в межах 15–20 с, а другий – за

91 °С та такою самою експозицією 15–20 °С. За цих режимів молоко-сировина екстра гатунку мало початкову кількість мезофільної мікробіоти  $87,6 \pm 5,1 \times 10^3$  КУО/мл, а першого гатунку –  $435,9 \pm 27,6 \times 10^3$  КУО/мл. Тобто в дослід взято молоко двох гатунків, щоб визначити залежність кількості мікроорганізмів у молоці пастеризованому від початкової кількості в сирому молоці.

Результати щодо кількісного зменшення мезофільної мікрофлори (МАФАНМ) у пастеризованому молоці наведено на **рис. 1**.

**Таблиця 1**

Кількість мікроорганізмів різних груп у молоці-сировині залежно від гатунку ( $x \pm SD$ ,  $n = 10$ )

Мікрофлора	Кількість бактерій у 1 мл молока, КУО	
	екстра гатунку	першого гатунку
Мезофільна група	$8,7 \pm 0,4 \times 10^4$	$4,4 \pm 0,2 \times 10^5$
Психротрофна група	$7,5 \pm 0,3 \times 10^4$	$5,0 \pm 0,3 \times 10^5$
Термостійка група	$8,5 \pm 0,2 \times 10^3$	$5,3 \pm 0,2 \times 10^4$
Молочнокисла група	$6,3 \pm 0,2 \times 10^4$	$3,1 \pm 0,1 \times 10^5$
Термофільна група	$1,8 \pm 0,2 \times 10^3$	$5,9 \pm 0,3 \times 10^3$



**Рис. 1.** Зміна мезофільної мікрофлори молока-сировини різних гатунків (екстра та першого) за впливу двох режимів пастеризації

Спостерігаються (**рис. 1**) дві чітко визначені закономірності, перша, що інтенсивність відмирання бактерій під впливом теплової обробки залежала від температури пастеризації, а друга, що залишкова кількість мікрофлори у молоці пастеризованому залежить від початкового вмісту в молоці сировині.

Температурний режим теплової обробки ( $t = 72$  °С експозиція 15–20 с) сприяв значному зменшенню мезофільних бактерій в двох випадках за різної початкової кількості. Втім, ефективність пастеризації за умови використання молока екстра гатунку становила 93,4 %, а молока першого гатунку вона становила 91,5 %. У числовому виразі в першому випадку кількість мікробів у пастеризованому молоці становила  $5,8 \pm 0,3 \times 10^3$  КУО/мл, а в другому –  $37,1 \pm 1,2 \times 10^3$  КУО/мл, тобто практично в 6,4 раза більша кількість бактерій залишається у питному молоці при використанні сировини нижчої якості. Хоча у двох випадках проби молока-питного відповідали вимогам ДСТУ 2661:2010 на даний вид продукту до  $1 \times 10^5$  КУО/мл.

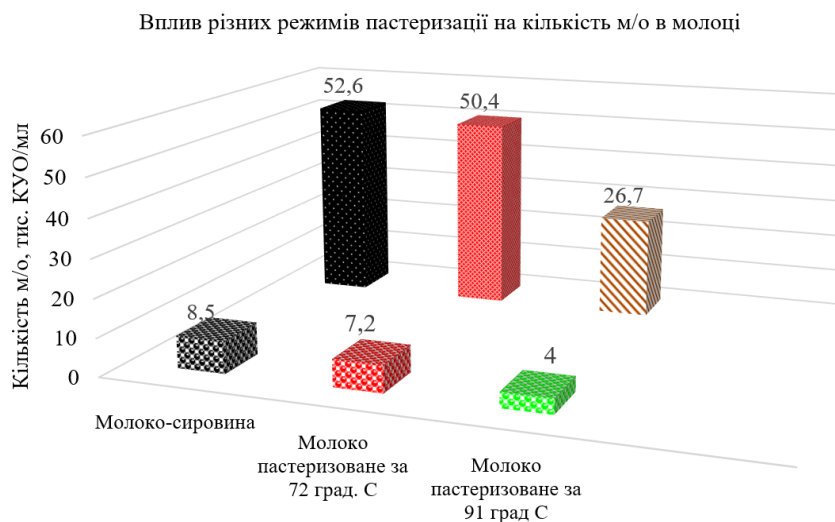
Значно суворіший режим теплової обробки ( $t = 91$  °С експозиція 15–20 с) молока вірогідно більш згубно діяв на мезофільну мікробіоту, на що вказують числові дані ефективності пастеризації. Так, при тепловій обробці молока екстра гатунку з початковим вмістом цих бактерій  $87,6 \pm 5,1 \times 10^3$  КУО/мл ефективність пастеризації становила 98,1 %, а при використанні молока нижчої мікробіологічної якості вона була 96,8 %. Тобто різниця між ефективністю пастеризації становила менше ніж 1,5 %. Проте в першому випадку кількість залишкової мезофільної мікрофлори була в середньому  $1,6 \pm 0,1 \times 10^3$  КУО/мл, а у другому її вміст становив  $13,9 \pm 0,8 \times 10^3$  КУО/мл, тобто в 8,7 раза менша кількість бактерій в питному молоці за умови використання сировини кращої мікробіологічної якості.

Загалом, можна сказати, що мезофільна мікробіота не належить до стійкої, оскільки навіть за “лагідного” режиму пастеризації ефективність теплової обробки була вищою ніж 90 %. При цьому за використання для переробки молока-сировини екстра гатунку залишко-

ва кількість даної мікрофлори у пастеризованому молоці буде в межах  $5 \times 10^3$  КУО/мл.

Загальновідомо, що представники термостійкої і термофільної мікробіоти в найбільшій кількості наявні у продуктах, які піддавалися пастеризації (Doyle et al., 2015; Ledina et al., 2021). Так, термостійкі молочнокислі палички завдають значних збитків молочній промисловості через розвиток у молочних продуктах

та зменшення строків їх зберігання (Fromm & Boor, 2004; Gopal et al., 2015). Хоча вважається, що вони біологічно не активні за температури, вищої ніж  $+ 8 - + 10$  °C (Berhilevyeh et al., 2010). У випадку наявності в молоці питному термостійкої групи бактерій більше ніж  $10-30 \times 10^3$  КУО/мл, таке молоко має обмежений термін придатності.



**Рис. 2.** Зміна термостійкої мікрофлори молока-сировини різних гатунків (екстра та першого) за дії двох режимів пастеризації

З аналізу результатів (рис. 2) видно слабшу інтенсивність загибелі термостійкої мікрофлори, порівнюючи з мезофільною. Так, ефективність дії пастеризації за режиму 72 °C з експозицією 15–20 с становила всього 15,2 % за використання молока сирого з невеликою кількістю загального мікробного забруднення. За використання молока із великою мікробною контамінацією ефективність пастеризації ще була нижча і становила всього 4,2 %. У кількісному значенні залишкова термостійка мікробіота в першому досліді становила  $7,2 \pm 0,4 \times 10^3$  КУО/мл та в другому досліді  $50,4 \pm 2,0 \times 10^3$  КУО/мл.

Пастеризація за режиму температури 91 °C з експозицією 15–20 с значно сильніше впливала на дану мікрофлору, ніж режим за температури 72 °C. Ефективність її становила 52,9 % за використання молока з незначним мікробним забрудненням та 49,2 % при більшому мікробному забрудненню молока. Тобто ефективність даного режиму пастеризації була в 3,5 та 11,7 раза, відповідно сильніша, порівнюючи з режимом за температури 72 °C. У кількісному значенні в першому випадку залишкова термостійка мікробіота становила  $4,0 \pm 0,2$  та у другому  $26,7 \pm 1,8 \times 10^3$  КУО/мл. Тобто такий режим цілком достатній для можливого зберігання молока протягом тридобового періоду, відповідно до стандарту, без видимих ознак псування його.

Останньою групою молочної мікробіоти, яка вивчалася в контексті впливу на режимів пастеризації, була технічно шкідлива для молочної промисловості споруутворююча мікрофлора (Mugadza & Buys, 2017).

Дана група мікрофлори в молоці-сировині становила найменшу кількість (від 0,8 до 0,4 %), порівнюючи з іншими, групами, які визначалися. Основні представники цієї групи – це бактерії роду *Bacillus*, інколи *Clostridium*, особливістю яких є те, що вони утворюють термостійкі спори (Lindsay et al., 2021). Дані спорові форми бактерій практично не руйнуються за класичних режимів теплової обробки, тому виявлення у пастеризованому молоці значної кількості споруутворюючих бактерій вказує насамперед на погані гігієнічні умови отримання молока (Kukhtyn et al., 2021 b).

Виявлено (рис. 3), що споруутворююча термофільна мікрофлора практично не відмирає за режиму пастеризації температура 72 °C з експозицією 15–20 с. Через те, що у варіанті дослід з незначним вмістом мікроорганізмів, кількість споруутворюючих бактерій не зменшилася, а навіть збільшилася з 1,8 тис. до 2,1 тис. в мл молока. У другому варіанті дослід з великим мікробним числом мікроорганізмів у молочної сировині їхня кількість у питному молоці була в межах допустимої похибки, порівняно з молоком до обробки.

Застосування жорсткішого режиму пастеризації зумовило деяке зменшення кількості споруутворюючих бактерій, зокрема у першому варіанті з незначним загальним бактеріальним забрудненням – з 1,8 тис. до 1,6 тис. КУО/мл, а у другому варіанті з великим загальним бактеріальним забрудненням – з 5,9 тис. до 5,5 тис. КУО/мл.



**Рис. 3.** Зміна термофільної мікрофлори молока-сировини двох гатунків (екстра та першого) за впливу двох режимів пастеризації

Отже, споруотворююча мікрофлора під час такої технологічної операції як пастеризація практично не зменшується. Для гальмування її активності у пастеризованих продуктах необхідне швидке охолодження та зберігання в такому стані, оскільки вона чутлива до низької температури зберігання.

### Висновки

У молоці-сировині до пастеризації основну частину мікрофлори становили психротрофні та мезофільні мікроорганізми – до 70 %, на частку молочнокислої мікробіоти припадало до 25 %, термостійкі і споруотворюючі бактерії становили 4 % та 0,8 % відповідно.

Температурний режим теплової обробки ( $t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$  експозиція 20 с) сприяв зменшенню мезофільних бактерій на 93,4 % за умови використання молока екстра гатунку та на 91,5 % за умови першого гатунку. Тобто практично в 6,4 раза більша кількість бактерій залишається у питному молоці при використанні сировини нижчої якості.

Інтенсивність відмирання термостійкої мікрофлори молока за режиму  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$  з витримкою 20 с становила всього 15,2 % за використання молока сирого екстра гатунку та 4,2 % – першого. Пастеризація за режиму температури  $91\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 20 с значно сильніше впливала на дану мікрофлору, оскільки ефективність її становила 52,9 % та 49,2 %. Тобто ефективність режиму пастеризації була в 3,5 та 11,7 раза відповідно сильніша, порівнюючи з режимом за температури  $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Перспективність подальших досліджень* полягає у дослідженні фізико-хімічних змін у пастеризованому молоці за різних температур.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### References

- Berhilevych, O. M., Kasianchuk, V. V., Kukhtyn, M. D., Lotskin, I. M., Garkavenko, T. O., & Shubin, P. A. (2017). Characteristics of antibiotic sensitivity of *Staphylococcus aureus* isolated from dairy farms in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(4), 559–563. DOI: 10.15421/021786.
- Berhilevych, O. M., Kasianchuk, V. V., Vlasenko, I. H., & Kukhtin, M. D. (2010). *Mikrobiologhiia moloka i molochnykh produktiv*. Sumy: Universytetska knyha (in Ukrainian).
- Buehler, A. J., Martin, N. H., Boor, K. J., & Wiedmann, M. (2018). Psychrotolerant spore-former growth characterization for the development of a dairy spoilage predictive model. *Journal of dairy science*, 101(8), 6964–6981. DOI: 10.3168/jds.2018-14501.
- Doyle, C. J., Gleeson, D., Jordan, K., Beresford, T. P., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Cotter, P. D. (2015). Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 197, 77–87. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.022.
- Fromm, H. I., & Boor, K. J. (2004). Characterization of pasteurized fluid milk shelf-life attributes. *Journal of food science*, 69(8), M207–M214. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb09889.x.
- Gopal, N., Hill, C., Ross, P. R., Beresford, T. P., Fenelon, M. A., & Cotter, P. D. (2015). The prevalence and control of *Bacillus* and related spore-forming bacteria in the dairy industry. *Frontiers in microbiology*, 6, 1418. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01418.
- Hantsis-Zacharov, E., & Halpern, M. (2007). Culturable psychrotrophic bacterial communities in raw milk and their proteolytic and lipolytic traits. *Applied and environmental microbiology*, 73(22), 7162–7168. DOI: 10.1128/AEM.00866-07.
- Horiuk, Y. V., Havrylianchyk, R. Y., Horiuk, V. V., Kukhtyn, M. D., Stravskyy, Y. S., & Fotina, H. A. (2018). Comparison of the minimum bactericidal concentration of antibiotics on planktonic and biofilm

- forms of *Staphylococcus aureus*: Mastitis causative agents. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 616–622.
- Júnior, J. R., Tamanini, R., De Oliveira, A. L. M., Alfieri, A. A., & Beloti, V. (2018). Genetic diversity of thermotolerant spoilage microorganisms of milk from Brazilian dairy farms. *Journal of dairy science*, 101(8), 6927–6936. DOI: 10.3168/jds.2017-13948.
- Kukhtyn, M. D. (2008). Mikrobiolohichni normatyvy efektyvnosti tekhnolohii oderzhannia moloka syroho ekstra-gatunku. *Veterynarna medytsyna Ukrainy*, 2, 45–46.
- Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horyuk, Y., & Semaniuk, N. (2017a). The influence of disinfectants on microbial biofilms of dairy equipment. *EUREKA: Life Sciences*, 5, 11–17. DOI: 10.21303/2504-5695.2017.00423.
- Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horyuk, Y., & Semaniuk, N. (2017b). Formation of biofilms on dairy equipment and the influence of disinfectants on them. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11(89)), 26–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.110488.
- Kukhtyn, M., Vichko, O., Kravets, O., Karpuk, H., Shved, O., & Novikov, V. (2018). Biochemical and microbiological changes during fermentation and storage of a fermented milk product prepared with Tibetan Kefir Starter. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 68(4). DOI: 10.37527/2018.68.4.007.
- Ledina, T., Djordjevic, J., & Bulajic, S. (2021). Spore-forming bacteria in the dairy chain. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1(854), 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/854/1/012051.
- Lialyk, A., Pokotylo, A., & Kukhtyn, M. (2019). Microbiological parameters of cheese paste with the content of flaxseed oil at different storage temperatures. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(91), 124–129. DOI: 10.32718/nvlvet-f9121.
- Lindsay, D., Robertson, R., Fraser, R., Engstrom, S., & Jordan, K. (2021). Heat induced inactivation of microorganisms in milk and dairy products. *International Dairy Journal*, 121, 105096. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105096.
- Mugadza, D. T., & Buys, E. M. (2017). Diversity of *Bacillus cereus* strains in extended shelf life. *International Dairy Journal*, 73, 144–150. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.06.001.
- Quigley, L., McCarthy, R., O'Sullivan, O., Beresford, T. P., Fitzgerald, G. F., Ross, R. P., ... & Cotter, P. D. (2013). The microbial content of raw and pasteurized cow milk as determined by molecular approaches. *Journal of dairy science*, 96(8), 4928–4937. DOI: 10.3168/jds.2013-6688.
- Raats, D., Offek, M., Minz, D., & Halpern, M. (2011). Molecular analysis of bacterial communities in raw cow milk and the impact of refrigeration on its structure and dynamics. *Food microbiology*, 28(3), 465–471. DOI: 10.1016/j.fm.2010.10.009.
- Ranieri, M. L., Huck, J. R., Sonnen, M., Barbano, D. M., & Boor, K. J. (2009). High temperature, short time pasteurization temperatures inversely affect bacterial numbers during refrigerated storage of pasteurized fluid milk. *Journal of dairy science*, 92(10), 4823–4832. DOI: 10.3168/jds.2009-2144.
- Wang, D., Fritsch, J., & Moraru, C. I. (2019). Shelf life and quality of skim milk processed by cold microfiltration with a 1.4- $\mu\text{m}$  pore size membrane, with or without heat treatment. *Journal of dairy science*, 102(10), 8798–8806. DOI: 10.3168/jds.2018-16050.