
БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 579.67:641.4:53.096

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.6-57.30>

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ НА ДИНАМІКУ МІКРОБІОТИ

Крупей К.С.¹, Рильський О.Ф.², Семененко Т.Д.^{1,2}

¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
пр. Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя

²Запорізький національний університет
вул. Університетська, 66, 69600, м. Запоріжжя
krupeyznu@gmail.com, rylsky@ukr.net, semenenko.t.d@zsmu.edu.ua

В умовах нестабільного електропостачання в Україні забезпечення безпеки харчових продуктів стає особливо важливим завданням. Температура зберігання є одним із ключових чинників, що впливає на мікробіологічну стабільність м'ясної та молочної продукції. У цьому дослідженні автори дослідили вплив різних температурних режимів (холодильна й морозильна камери, кімнатне зберігання) на кількісний склад мікробіоти свіжого м'яса (куряче філе, свинина, яловичина), молока (свіже та пастеризоване) і твердого сиру.

У свіжому фабричному курячому філе (контроль) виявлено 2610 КУО/г бактерій, що у 2 рази більше ніж у яловичині і у 4,5 рази більше ніж у свинині.

При зберіганні в холодильнику протягом 3-х діб кількість бактерій у курячому філе та яловичині зросла у 15 разів, а у свинині – у 38 разів. У морозильній камері кількість мікроорганізмів у курячому філе та свинині була майже у 2 рази меншою ніж у зразках із холодильника. У яловичині, навпаки, їх стало у 1,2 рази більше.

У свіжому молоці містилося у 31 раз більше бактерій ніж в пастеризованому. Після 3-х діб зберігання на верхній полиці у холодильнику бактеріальне обсіменіння зросло у 1,5 рази для свіжого молока і в 9,2 рази для пастеризованого, тоді як на нижній полиці – у 2,2 і 3,3 рази, відповідно.

У твердому сирі, що зберігали за кімнатної температури, через 3 доби мікробна контамінація зросла у 4,6 рази (зразок № 1) і 2,3 рази (зразок № 2) порівняно з контролем. У холодильнику зміни були менш вираженими, що вказує на уповільнення розмноження мікроорганізмів.

Для забезпечення безпеки харчових продуктів в умовах частих відключень електроенергії рекомендуємо вживати комплексних заходів для зниження ризику їх мікробіологічного псування. У холодильнику слід підтримувати стабільно низьку температуру, не відкриваючи двері без необхідності, щоб зберегти внутрішній холод у разі відключення живлення. Важливо уникати встановлення холодильників поблизу джерел теплового випромінювання (батареї, духовки, обігрівачі), адже це сприяє підвищенню температури всередині пристрою і навантажує компресор. Влітку необхідно виставляти режим роботи холодильника на нижчі температури для створення додаткового запасу холоду.

Отримані результати підкреслюють актуальність розробки безпечних підходів до зберігання продуктів у контексті нестабільних умов енергопостачання та потенційних ризиків харчових отруєнь. *Ключові слова:* мікробіота, харчові продукти, температура, екологічний чинник, нестабільне електропостачання.

Influence of food storage temperature on microbiota dynamics. Krupiei K., Rylsky O., Semenenko T.

Due to the unstable electricity supply in Ukraine, ensuring food safety has become an especially important task. Storage temperature is a key factor affecting the microbiological stability of meat and dairy products. This study examines the effect of different temperature regimes (refrigerator, freezer, and room temperature) on the microbiota composition of fresh meat (chicken, pork, beef), milk (fresh and pasteurized), and hard cheese.

In fresh factory chicken fillet (control), 2610 CFU/g of bacteria were found, which is twice as many as in beef and 4.5 times more than in pork. When stored in the refrigerator for 3 days, the number of bacteria in chicken and beef increased 15 times, while in pork it increased 38 times. In the freezer, the number of microorganisms in chicken and pork was nearly half of that in the refrigerated samples. In beef, however, it increased by 1.2 times.

Fresh milk contained 31 times more bacteria than pasteurized milk. After 3 days of storage on the top shelf in the refrigerator, bacterial contamination increased by 1.5 times for fresh milk and 9.2 times for pasteurized milk, while on the bottom shelf it increased by 2.2 and 3.3 times, respectively.

In hard cheese stored at room temperature, microbial contamination increased by 4.6 times (sample No 1) and 2.3 times (sample No 2) after three days. In the refrigerator, the changes were less pronounced, indicating a slowdown in microorganism growth.

To ensure the safety of food products during frequent power outages, we recommend implementing comprehensive measures to minimize the risk of microbial spoilage. It is essential to maintain a consistently low temperature in the refrigerator and to avoid opening the door unnecessarily to preserve internal cooling in case of power loss. Refrigerators should not be placed near heat sources such as radiators, ovens, or heaters, as this increases the internal temperature and places additional strain on the compressor. During summer, it is advisable to set the refrigerator to lower temperatures to create a reserve of cold. For products requiring thawing, safe methods like cold water or a microwave should be employed immediately before cooking. Refreezing products after thawing is inadvisable, as it significantly increases microbial growth.

The results highlight the importance of developing safe food storage practices in the context of unstable energy supply conditions and potential food poisoning risks. *Key words:* microbiota, food, temperature, environmental factor, unstable power supply.

Постановка проблеми. Зберігання харчових продуктів за умов порушення стабільного енергопостачання є актуальною проблемою в Україні, де через регулярні відключення електроенергії у зв'язку з постійними обстрілами енергоінфраструктури російськими військами, виникають труднощі із дотриманням температурного режиму в холодильній та морозильній камерах. Це призводить до активного розмноження мікроорганізмів в продуктах, що не лише зменшує термін їх придатності, але й підвищує ризик харчових отруєнь. На жаль, ступінь впливу різних температурних умов зберігання продуктів на якісний і кількісний склад бактерій залишається недостатньо вивченим.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оцінки впливу температурних умов зберігання продуктів на мікробіоту в умовах нестабільного енергопостачання в Україні, що є важливим аспектом забезпечення харчової безпеки.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження впливу температурних умов зберігання на зміну мікробіоти харчових продуктів є суттєвою складовою у розв'язання як наукових, так і практичних завдань, що дозволить поглибити розуміння процесів мікробіологічного псування. Це сприятиме також мінімізації ризиків харчових отруєнь та покращенню санітарно-гігієнічних умов під час збереження продуктів у холодильній та морозильній камерах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Мікрофлору харчових продуктів (сучасний термін – мікробіота) поділяють на специфічну і неспецифічну. Специфічна мікробіота – це сукупність мікроорганізмів, які визначають характерні властивості продуктів, зокрема їхній смак, текстуру, аромат і харчову цінність. Наприклад, молочнокислі бактерії, що входять до складу кисломолочних продуктів і квашених овочів, сприяють ферментаційним процесам, формуючи особливий смак і властивості. Неспецифічна мікробіота харчових продуктів, до якої належать сапрофіти, патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми, формується зазвичай з мікробіоти довкілля. Часто вона містить мікроорганізми, що можуть спричинити псування продуктів. Ступінь мікробної контамінації залежить від умов заготівлі, транспортування, зберігання та обробки продукту, а також від дотримання санітарних норм [1].

Мікроорганізми, такі як *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, а також *Staphylococcus aureus*, *Cl. botulinum*, можуть викликати харчові отруєння та бактеріальні токсикози, відповідно. Свіже молоко, наприклад, може містити *Mycobacterium bovis*, *Brucella*, *Coxiella burnetti*, *Proteus*, патогенні стрептококи і стафілококи, вірус кліщового енцефаліту, і навіть ротавірус, які потрапляють від інфікованих тварин.

Ротавірусна інфекція є основною причиною тяжких гастроентеритів у дітей до п'яти років, спричиняючи осмотичну діарею через мальабсорбцію вуглеводів та дицукридазну недостатність [2]. М'ясо також піддається забрудненню бактеріями під час обробки та зберігання, включаючи *Cl. perfringens*, *B. cereus*, *E. coli*, *Streptococcus faecalis*, *Campylobacter* тощо [1, 3, 4].

Температура зберігання є ключовим фактором у забезпеченні мікробіологічної безпеки харчових продуктів. Невідповідний температурний режим створює сприятливі умови для розмноження безлічі небезпечних мікроорганізмів. Оптимальні температури для зростання патогенних мікроорганізмів зазвичай знаходяться в межах «зони небезпеки» – від +5 °C до +60 °C. Зберігання продуктів при температурі нижче +5 °C або вище +60 °C значно уповільнює або зупиняє їх розмноження. Тому швидке охолодження і дотримання низькотемпературного режиму зберігання м'яса та молочних продуктів мінімізує ризик зростання інфекційних агентів. Так само безпечним є швидке розморожування м'яса (методом холодної води або у мікрохвильовій печі) [5].

Мета. Дослідити вплив температурних умов зберігання харчових продуктів на динаміку мікробіоти та оцінити ризики мікробіологічного забруднення в умовах нестабільного енергопостачання.

Об'єкт дослідження – мікробіота харчових продуктів (м'яса, молока, сиру) при різних температурах зберігання.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, полягає в недостатньому вивченні впливу температури зберігання на мікробіоту м'ясних і молочних продуктів та відсутні конкретних рекомендацій щодо безпечного їх збереження за умов частих відключень електроенергії.

Новизна. Вперше вивчено зміни в кількісному складі мікроорганізмів у м'ясі, молоці та сирах при певних температурах зберігання (у різних частинах холодильника та в морозильній камері).

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення дослідження полягає в застосуванні стандартних мікробіологічних методів для оцінки змін у складі мікробіоти харчових продуктів при різних умовах зберігання. Результати дослідження розширюють знання про вплив температурних режимів на мікробіологічне забруднення продуктів, що дозволяє точніше оцінювати ризики харчових отруєнь та визначати найбільш ефективні умови для збереження їх якості. Це має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки та оптимізації умов зберігання продуктів у ситуаціях нестабільного енергопостачання.

Матеріали та методи дослідження. Інформація про молочні продукти, які обрали для дослідження, представлена в таблиці 1.

Характеристика досліджених молочних продуктів

Продукт	Характеристика
Свіже молоко (№ 1)	Молоко коров'яче свіже (засівання зразка здійснювали через 4 години після доїння).
Пастеризоване молоко (№ 2)	Молоко коров'яче питне пастеризоване з масовою часткою жиру 2,5 %. Примітка: 8 днів до закінчення терміну придатності.
Сир № 1	Сир твердий сичужний, нарізаний, з молока коров'ячого пастеризованого, з масовою часткою жиру не менше 44 %. Примітка: 2 місяці до закінчення терміну придатності.
Сир № 2	Сир твердий «голландський брусковий» з молока коров'ячого незбираного та незжиреного. Масова частка жиру – близько 45 %. Примітка: 3 місяці до закінчення терміну придатності.

Примітка: фабричне філе курчат-бройлерів (напівфабрикат, натуральне, охолоджене, фасоване та запаковане в захисному середовищі) досліджували за 4 дні до закінчення терміну придатності.

Всі контрольні зразки харчових продуктів зберігали 2 години за температури (t) 4 °С перед засіванням. Дослід проводили в 3-х кратній повторності. Після засівання контрольних зразків, дослідні проби на 3 доби поміщали у різні частини холодильної камери (м'ясо – на середню полицю (t була 5 °С) та морозильну камеру (t = -16 °С), молоко та сир – на нижню та верхню полиці (t складала 5,5 та 4 °С, відповідно). Також один зразок кожного продукту зберігали за кімнатної температури (20 °С). На 3-ю добу проводили аналогічні дослідження, як і з контролем. Проби м'яса з морозильної камери розморожували протягом 3-х годин за кімнатної температури.

Дослідження мікробіоти м'яса. З середньої частини кожної проби свіжого м'яса (куряче філе (фабричне), свинина та яловичина) стерильними ножицями і скальпелем відрізали 1 г і поміщали у стерильні бюкси. Далі вміст переносили до стерильної ступки і розтирали за допомогою товчачика. Потім додавали до гомогенату 10 мл автоклавованого фізіологічного розчину та ретельно перемішували. Після цього 0,2 мл отриманої суспензії вносили у чашку Петрі і додавали 10–12 мл розплавленого та охолодженого до 45 °С м'ясопептонного агару (далі – МПА). Обережно розподіляли суміш по дну чашки і залишали охолоджуватися. Після охолодження чашку перевертали і поміщали в термостат при температурі 37 °С на 24 години. Кількість мікроорганізмів визначали у 1 г (1 мл) досліджуваного зразка шляхом перерахунку колонієутворюючих одиниць (далі – КУО), що виростили, з урахуванням відповідного розведення та об'єму матеріалу, який засівали глибинним методом. Для мікроскопічного аналізу з середньої частини м'яса (контролю та дослідних зразків) робили мазки-відбитки з подальшим забарвленням метиленовим синім [3, 4, 6].

Дослідження мікробіоти молока. Молоко також розводили 1:10 та засівали по 0,2 мл/чашку (глибинним методом) з подальшим перерахуванням КУО на 1 мл [6, 7]. Всі зразки молока засівали додатково поверхневим методом без попереднього розведення (одноразовою інокуляційною петлею на 10 мкл).

Мікробіоту сиру досліджували методом відбитків. Контрольний та досліджувані зразки поміщали у профламований металевий лоток, прикладали стерильний трафарет розміром 5×5 см, вирізали шматок сиру та поміщали на 3–5 секунд на поверхню МПА. Чашки інкубували разом з іншими зразками харчових продуктів протягом доби в термостаті за температурі 37 °С. На наступну добу підраховували кількість колоній, що виростили на місці відбитку сиру, та проводили перерахунок на 1 см² [6, 7].

Виклад основного матеріалу. Температура зберігання є ключовим чинником, який визначає характер та інтенсивність мікробіологічних процесів у харчових продуктах. Куряче філе (контроль) було найбільш збагачене на мікроорганізми (2610 КУО/г) (див. рис. 1, 2).

Наявність помірної кількості бактерій у свіжому м'ясі є нормою і не викликає занепокоєння при дотриманні належних умов подальшого зберігання. У свіжій яловичині мікроорганізмів було вдвічі менше, а свинина виявилася майже без обсіменіння – бактерій було в 4,5 раза менше ніж у курячому філе. У контрольних мазках-відбитках м'яса домінували палички та подекуди коки. В курячому філе поодинокі зустрічалися бактерії, які мали вигляд крил чайки, що характерно для морфології кампілобактерій.

При зберіганні дослідних зразків у холодильній і морозильній камерах протягом 3-х діб відбулися суттєві відмінності в кількісному та якісному складі мікроорганізмів. В холодильнику у всіх зразках бактерії почали інтенсивно розмножуватися. У курячому філе та яловичині їх стало у 15 разів більше порівняно з контролем, у свинині – у 38 разів. Проте в морозильній камері у курячому філе та свинині їх було майже у 2 рази менше проти зразка, який зберігали в холодильнику. Цікавим виявилися дослідження температури зберігання яловичини, у морозильній камері порівняно з холодильником бактерій стало у 1,2 раза більше. Значне зростання кількості мікроорганізмів у зразках з морозильної камери (порівняно з контролем) можна пояснити

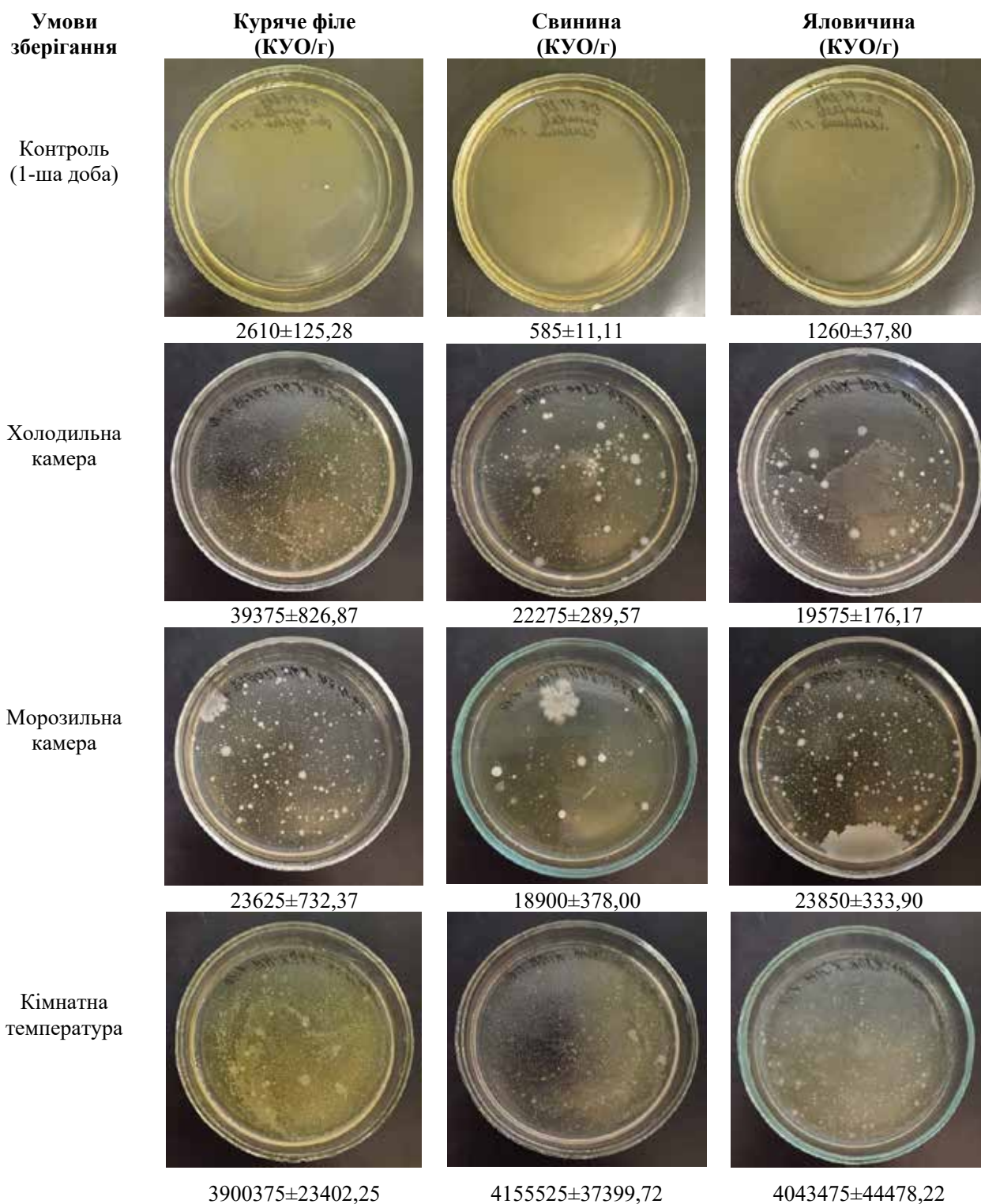


Рис. 1. Вплив температури зберігання м'яса на динаміку мікробіоти

тим, що протягом дослідження всі проби перебували в лабораторії близько 2-х годин. Крім того, бактерії накопичилися під час розморожування за кімнатної температури. Морозильна камера не стерилізує

продукти, і більшість мікроорганізмів виживають за низьких температур, продовжуючи свій розвиток і розмноження під час неправильного розморожування. З огляду на це, рекомендуємо розморожувати

продукти безпечним і швидким способом – у холодній воді або в мікрохвильовій печі безпосередньо перед приготуванням.

За кімнатної температури на 3-ю добу активно йшли процеси гниття і кількість бактерій обчислювалася млн в 1 г м'яса. При мікроскопії мазків-відбитків домінувала кокова мікробіота. Подібна тенденція інтенсифікації розмноження бактерій за різних температур була відмічена й у дослідях з молочними продуктами (див. рис. 3, 4).

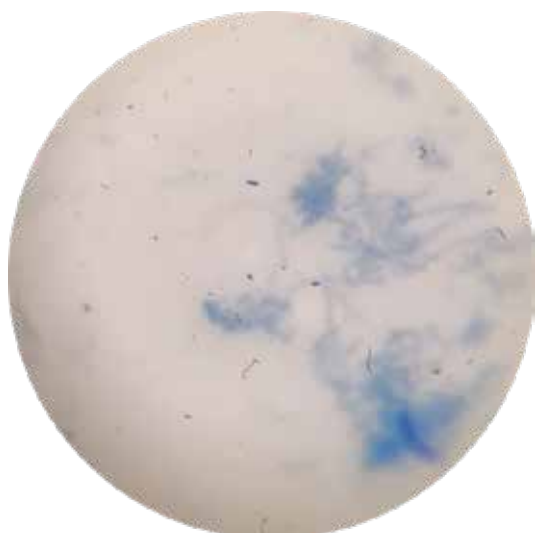
Свіже молоко було майже в 31 раз більш збагачене бактеріями ніж пастеризоване. За кімнатної температури свіже молоко скисало швидше, в ньому домінували лактобактерії та стрептококи, а в пастеризованому – дріжджі. На рис. 3 в останньому стовпчику представлені результати засівання молока поверхневим методом (КУО не підраховували).

При зберіганні свіжого молока на верхній полиці у холодильнику кількість бактерій порівняно з контр-

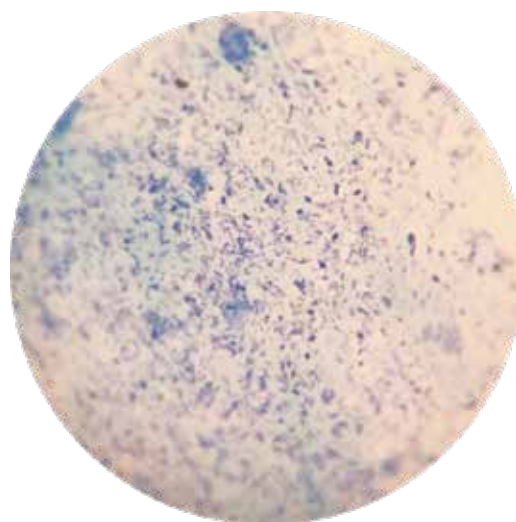
олем збільшилася у 1,5 раза, а на нижній – у 2,2 раза, що вказує на нижчу температуру у верхній частині холодильника (під морозильною камерою).

При зберіганні пастеризованого молока на верхній полиці бактерій було у 9,2 раза більше порівняно з контролем, а на нижній – у 3,3 раза. У зразку, що зберігали ближче до морозильної камери, домінували палички та коки, а у 2-му зразку переважала дріжджова мікробіота, проте за органолептичними властивостями проби не відрізнялися від контролю (колір, запах, смак).

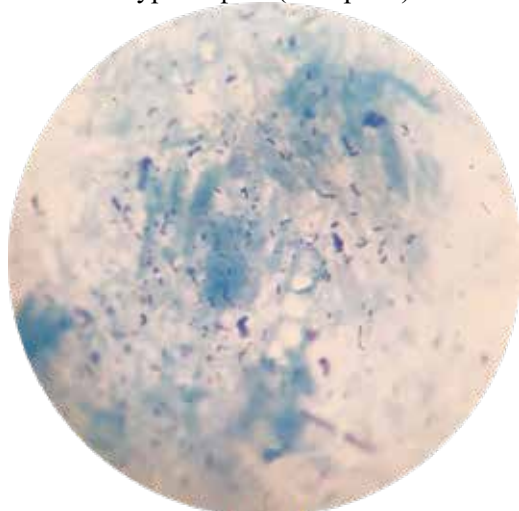
При зберіганні сиру у різних частинах холодильника протягом 3-х діб суттєвих відмінностей не було (інтенсифікація розмноження бактерій, переважно бацилярних форм, відбувалася помірно) (див. рис. 4). Кількість мікроорганізмів значно збільшилася порівняно з контролем при зберіганні цього молочного продукту за кімнатної температури (у 4,6 та 2,3 раза для сиру № 1 та № 2, відповідно).



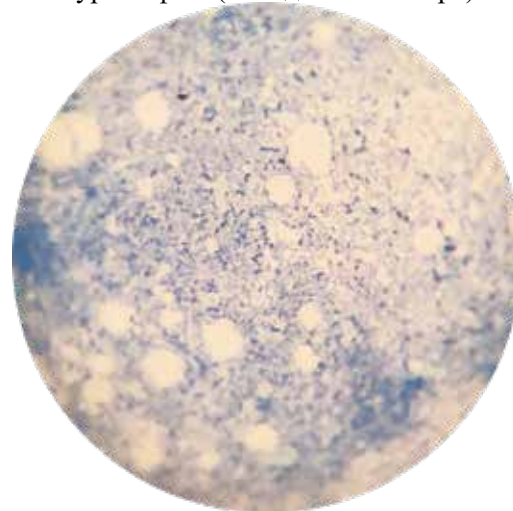
Куряче філе (контроль)



Куряче філе (холодильна камера)



Куряче філе (морозильна камера)



Куряче філе (кімнатна температура)

Рис. 2. Мікробіота курячого філе (мазки-відбитки)

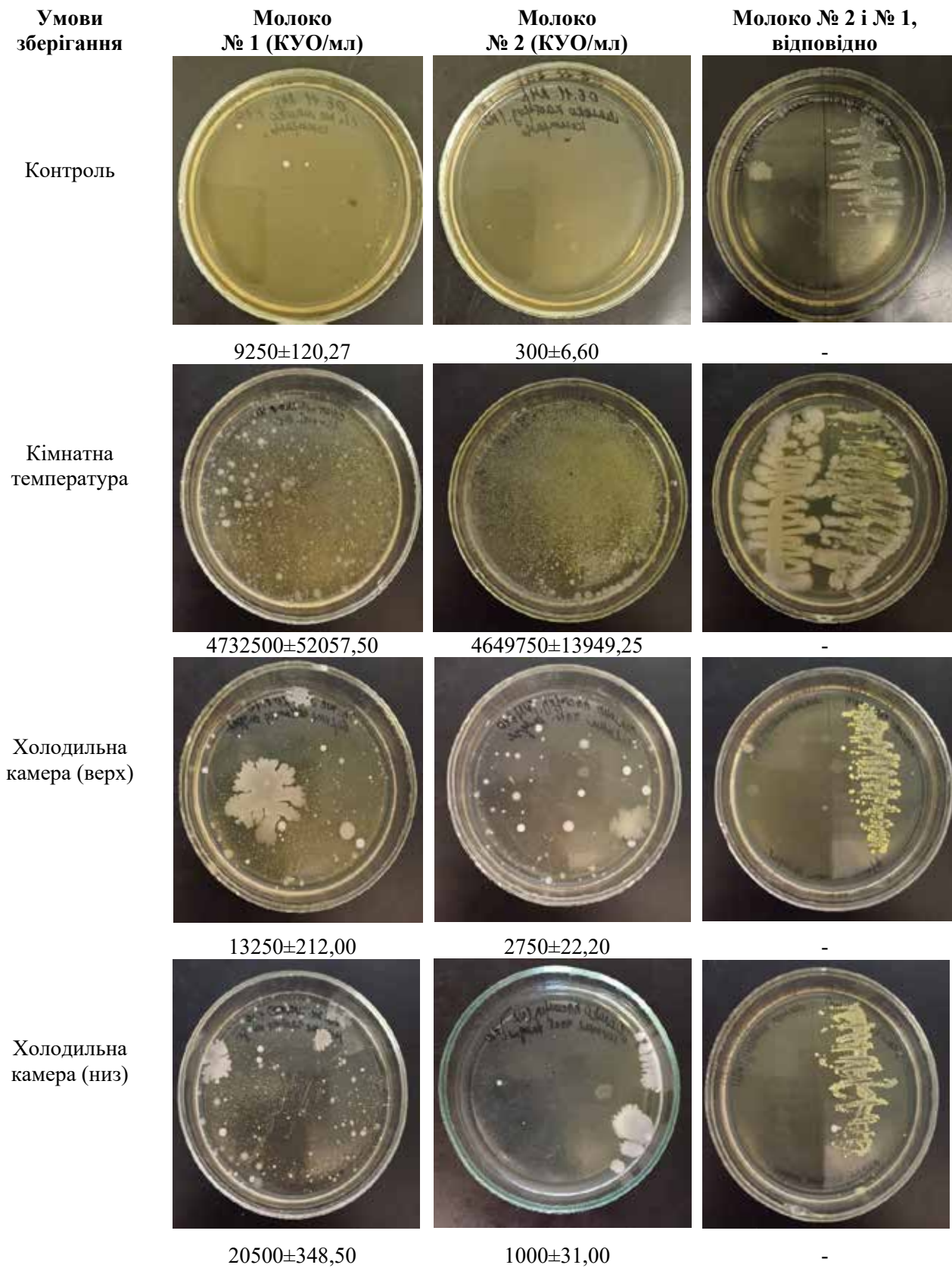


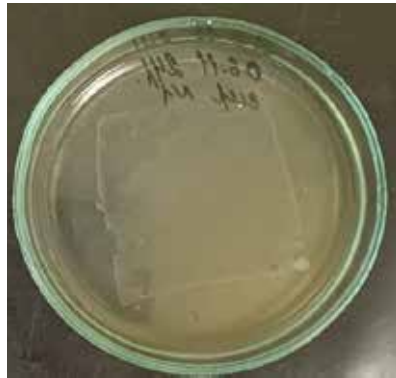
Рис. 3. Вплив температури зберігання молока на динаміку мікробіоти

Умови зберігання

Сир № 1 (КУО/см²)

Сир № 2 (КУО/см²)

Контроль



6±0,12



9±0,10

Кімнатна температура



28±0,36



21±0,18

Холодильна камера (верх)



15±0,63

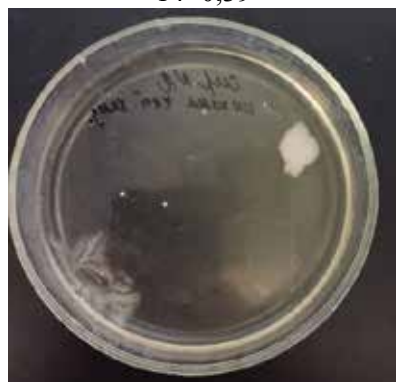


14±0,39

Холодильна камера (низ)



17±0,84



14±0,44

Рис. 4. Вплив температури зберігання сиру на динаміку мікробіоти

Головні висновки. Дослідження підтвердили, що температура зберігання є ключовим чинником, який впливає на мікробіологічні процеси у харчових продуктах. У контрольних зразках м'яса виявлена помірна кількість мікроорганізмів, які потрапляють в сирий продукт зазвичай двома шляхами – під час життя тварини та після забою. Зберігання у холодильнику протягом 3-х діб сприяло значній інтенсифікації розмноження бактерій, тоді як у морозильній камері кількість мікроорганізмів була меншою. За кімнатної температури мікробіологічне обсіменіння значно зростало, провокуючи процеси гниття. У молоці динаміка росту бактерій залежала від типу зразка (свіже та пастеризоване молоко) і розташування у холодильнику, а мікробіота сиру майже не змінювалася за різних температур зберігання у холодильнику.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу температурних чинників на динаміку мікробіоти інших харчових продуктів, зокрема з урахуванням підвищення температури в холодильних та морозильних камерах під час

стабілізаційних або аварійних відключень електроенергії.

Перспективи використання результатів дослідження. За результатами дослідження автори розробили навчальний відеофільм для студентів медичних і біологічних факультетів закладів вищої освіти [Режим доступу: <https://youtu.be/1yG4RRSfgvc>] і перелік рекомендацій по безпечному зберіганню харчових продуктів у випадку нестабільного енергопостачання, які висвітлені в науковій програмі «Екофактор» на телеканалі МТМ [Режим доступу: <https://youtu.be/HUY9AV8j6Mg?si=lvuPloHjvrY4O7po>]. Отримані результати можуть бути використані в галузі продовольчої безпеки, а також для вдосконалення стандартів зберігання продуктів у побутових та комерційних умовах. Вони також можуть стати основою для подальших наукових досліджень, спрямованих на удосконалення методів збереження якості харчових продуктів та зниження ризиків харчових отруєнь. Крім того, результати будуть корисними для органів контролю за безпечністю продуктів, підприємств харчової промисловості та споживачів.

Література

1. Wang H., Kong B., Chen Q. Meat and Meat Products: Explorations of Microbiota, Flavor, and Quality. *Foods*. 2024. Vol. 13, No 23. ID 3900. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13233900>
2. Usachova O.V., Vorobiova N.V., Silina E.A., Matvieieva T.B. The role of carbohydrate malabsorption syndrome in the pathogenesis of rotavirus diarrhea (a literature review). *Zaporozhye Medical Journal*. 2024. Vol. 26, No 4. P. 325-330. DOI: <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2024.4.302524>
3. Про затвердження Правил передзайного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів : Наказ Міністерства аграрної політики України від 07.06.2002 р. № 28 (зі змінами).
4. ДСТУ 8381:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Організація та методи мікробіологічних досліджень. На заміну ГОСТ 21237-75 ; чинний від 2015-08-21. Вид. офіц. Київ : Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук (ІПР НААН), 2015. 49 с.
5. Temperature and Time Requirements for Food. Controlling growth of foodborne pathogens. Minnesota Department of Health & Minnesota Department of Agriculture. URL: <https://www.health.mn.gov/communities/environment/food/docs/fs/timetempfs.pdf> (дата звернення: 17.12.2024).
6. Кот С.П., Кириченко В.А. Санітарна мікробіологія : методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи студентів зі спеціальностей 7.18010001 та 8.18010001 – «Якість, стандартизація та сертифікація» (затверджено комісією факультету ТВПШТСБ Миколаївського національного аграрного університету від 26.11.2015 р., протокол № 3). Миколаїв : МНАУ, 2015. 59 с.
7. Коваленко Н.І., Замазій Т.М. Санітарна мікробіологія : методичні вказівки з дисципліни «Мікробіологія, вірусологія та імунологія» для студентів-магістрів II–III курсів за спеціальністю «Медицина», «Стоматологія» освітньо-кваліфікаційного рівня – «Магістр» (затверджено Вченою радою ХНМУ від 25.02.2021 р., протокол № 3). Харків : ХНМУ, 2021. 48 с.