

УДК 664.001+579.67

doi:10.20998/2413-4295.2025.04.07

ІНАКТИВАЦІЯ БАКТЕРІЇ РОДУ *SARCINA FLAVA* ПРИ ДІЇ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ

Л. І. ШЕВЧУК, Х. А. ПОХОДАЙ, Ю. О. ІВАНИК

Кафедра технологій органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, УКРАЇНА
*e-mail: liliia.i.shevchuk@lpnu.ua

АНОТАЦІЯ Розглянуто закономірності впливу пероксиду водню на інактивацію клітин *Sarcina flava* для встановлення науково обґрунтованих рекомендацій щодо параметрів знезараження. Проведено експериментальні дослідження динаміки зміни мікробного числа при обробці водним розчином пероксиду водню в концентраційному інтервалі від 0,15 до 0,60 г/дм³ за 15 хвилин експерименту; використано стандартизовані методи відбору проб і визначення життєздатності клітин шляхом культивування на поживних середовищах з подальшим кількісним підрахунком колоній. Показано, що інтенсивність зниження кількості життєздатних клітин залежить від концентрації пероксиду водню і часу експозиції; експериментальні дані ілюструють монотонну редукцію мікробного числа від початкових значень, які становили близько 80000 КУО/см³, до значень, що становлять 100% відсутність життєздатних колоній при максимальній концентрації реагента в інтервалі досліджуваних часових проміжків. Проаналізовано напівлогарифмічну форму залежності відношення поточного мікробного числа до початкового рівня від часу впливу, що дозволило описати процес як кінетичний процес першого порядку; у межах застосованої моделі визначено ефективні константи швидкості руйнування бактерій роду *Sarcina flava* і виявлено їхній тенденційне зменшення із підвищенням концентрації пероксиду водню. Підтверджено адекватність використаної кінетичної моделі шляхом статистичної апроксимації експериментальних залежностей та аналізу коефіцієнтів детермінації, що свідчить про прийнятний рівень кореляції між теоретичною кривою і отриманими даними. Акцентовано увагу на практичних аспектах застосування пероксиду водню як екологічно прийнятного дезінфектанта: розглянуто питання вибору оптимального співвідношення концентрації і часу обробки для досягнення бажаного 100% ступеня знезараження за мінімально можливих витрат реагента і часу. Показано, що використання кінетичного підходу дозволяє не лише кількісно оцінити швидкість інактивації, але й прогнозувати ефективність обробки при зміні технологічних параметрів.

Ключові слова: *Sarcina flava*; пероксид водню; мікробне число; кінетика інактивації; константа швидкості; ступінь знезараження.

INACTIVATION OF *SARCINA FLAVA* BACTERIA UNDER THE ACTION OF HYDROGEN PEROXIDE

L. SHEVCHUK, K. POKHODAI, Y. IVANYK

Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, UKRAINE

ABSTRACT The patterns of hydrogen peroxide's effect on the inactivation of *Sarcina flava* cells in order to establish scientifically sound recommendations for disinfection parameters are discussed. Experimental studies were conducted on the dynamics of microbial count changes when treated with an aqueous solution of hydrogen peroxide in a concentration range from 0.15 to 0.60 g/dm³ during a 15-minute experiment; Standardized methods of sampling and determining cell viability by cultivation on nutrient media with subsequent quantitative counting of colonies were used. It was shown that the intensity of the decrease in the number of viable cells depends on the concentration of hydrogen peroxide and the exposure time. experimental data illustrate a monotonic reduction in the microbial count from initial values of approximately 80000 CFU/cm³ to values representing a 100% absence of viable colonies at the maximum reagent concentration within the range of time intervals studied. The semi-logarithmic form of the dependence of the ratio of the current microbial count to the initial level on the exposure time was analyzed, which allowed the process to be described as a first-order kinetic process; within the limits of the applied model, the effective constants of the rate of destruction of bacteria of the genus *Sarcina flava* were determined and their tendency to decrease with an increase in the concentration of hydrogen peroxide was revealed. The adequacy of the kinetic model used was confirmed by statistical approximation of experimental dependencies and analysis of determination coefficients, which indicates an acceptable level of correlation between the theoretical curve and the obtained data. Attention is focused on the practical aspects of using hydrogen peroxide as an environmentally acceptable disinfectant: the issue of selecting the optimal ratio of concentration and treatment time to achieve the desired 100% degree of disinfection with the minimum possible consumption of reagent and time is considered. It is shown that the use of a kinetic approach allows not only to quantitatively estimate the inactivation rate, but also to predict the effectiveness of treatment when changing technological parameters.

Keywords: *Sarcina flava*; hydrogen peroxide; microbial count; inactivation kinetics; rate constant; degree of disinfection.

Вступ

Sarcina flava — це грампозитивна бактерія сферичної форми (кок), яка вирізняється утворенням щільних пакетів або «кубиків» з восьми й більше

клітин внаслідок ділення в трьох взаємно перпендикулярних площинах. Її будова типова для бактерій: клітинна оболонка, цитоплазма та поверхневі структури; проте характерною

морфологічною ознакою є саме пакувальне групування клітин — сарцини [1].

Клітинна оболонка складається з плазматичної мембрани та товстої пептидогліканової стінки, властивої грампозитивним мікроорганізмам, і за потреби може супроводжуватися капсулою. Поверхневі структури можуть включати пілі або інші адгезивні елементи, тоді як джгутики трапляються рідше. Цитоплазма містить нуклеоїд із кільцевою ДНК, рибосоми, плазмиди та різні включення (наприклад, гранули глікогену чи ліпідні запасні тіла), оскільки бактерії не мають мембранного ядра або органел типу мітохондрій. *Sarcina flava* зазвичай асоціюється з анаеробними умовами і може бути частиною нормальної мікрофлори, водночас за певних обставин демонструючи патогенний потенціал, тому її виявлення й інтерпретація залежить від контексту навколишнього середовища [2].

Під дією перекису водню (H_2O_2) бактерії роду *Sarcina flava* зазнають швидкого зниження життєздатності; ефективність інактивації залежить від концентрації реагенту і часу контакту. Механістично це пояснюється утворенням реактивних форм кисню, які ушкоджують клітинну оболонку і мембрану, окиснюють білки й ферменти, а також призводять до окисидативних пошкоджень внутрішньоклітинних компонентів — у результаті клітини втрачають цілісність і здатність до росту. В роботі [3] наголошується, що при низькому органічному забрудненні H_2O_2 працює особливо ефективно, тоді як наявність білкових/жирових домішок знижує його антимікробну дію.

Порівняно з іншими пероксикислотами та їх сумішами, дія чистого H_2O_2 на *Sarcina flava* виявляється значущою, але часто меншою в швидкості або стабільності при несприятливих умовах. Також зазначено, що комбіновані формули можуть проявляти синергічний ефект — підвищуючи швидкість і ступінь інактивації — однак остаточна ефективність залежить від співвідношення компонентів та умов контактної обробки.

Попереднє окиснення за допомогою H_2O_2 розглядається як підготовчий етап у схемах знезараження водних середовищ: воно спрямоване на зниження органічного навантаження та часткове руйнування захисних матриць мікроорганізмів, що підвищує їхню чутливість до наступних дезінфекційних впливів. Ефективність цієї стратегії детермінована експериментальними параметрами і в ряді випадків забезпечує вищі ступені інактивації стійких груп бактерій порівняно з одиночним застосуванням перекису водню [4].

Передекспозиційна обробка H_2O_2 може зменшувати здатність клітин до агрегації та руйнувати білкові/полісахаридні матриці, що формують захисний бар'єр, і, як наслідок, підвищувати їхню вразливість до стандартних концентрацій перексиду. Водночас необхідно відзначити обмеження методу — зниження

ефективності при високому органічному навантаженні середовища — і враховувати це при інтерпретації отриманих даних.

У сфері харчового виробництва необхідною частиною технологічного процесу є санітарна обробка обладнання, робочих зон, тари та пакування, причому цей етап часто є одним із найтриваліших. Саме якість проведеної дезінфекції значною мірою зумовлює безпечність продукції, її стабільність під час зберігання та збереження основних поживних характеристик [5,6].

З екологічної точки зору методи знезараження води на основі H_2O_2 не завжди забезпечують повне знищення бактерій, навіть, якщо кількість колонієутворюючих клітин значно зменшується. Частина мікроорганізмів може переходити у транзиторий стан, у якому вони залишаються потенційно небезпечними та здатними відновити активність у природних умовах. Це означає, що для екологічної безпеки важливо оцінювати не лише видиме зниження бактеріального забруднення, а й здатність залишкових клітин виживати у водних екосистемах та впливати на їх мікробний баланс.

У випадку *Sarcina flava* ці результати особливо важливі, оскільки бактерії цього роду можуть утворювати щільні групи клітин, що захищають їх від дії окисників, зокрема перекису водню. Під впливом перексиду водню *Sarcina flava* також може переходити у транзиторий стан, і через це стандартні методи культивування можуть показувати більший рівень «інактивації», ніж є насправді. Для екологічного аналізу це означає, що при оцінці ефективності перекису водню слід враховувати можливість прихованого виживання бактерій, використовувати додаткові методи визначення життєздатності та аналізувати, чи можуть такі клітини зберігатися в навколишніх водах і становити ризик повторного забруднення [7,8].

Мета роботи

Метою дослідження є встановлення кількісних закономірностей зміни мікробного числа *Sarcina flava* під час обробки перексидом водню, визначення кінетичних характеристик процесу інактивації та оцінка ефективності різних концентрацій реагенту для оптимізації дезінфекційних процедур.

Виклад основного матеріалу

Лабораторний штам *Sarcina flava* культивували на м'ясо-пептонному агарі, що забезпечував стабільний ріст і відтворюваність морфологічних ознак культури. Первинний бактеріальний матеріал піддавали стандартизованій процедурі приготування серійних розведень для отримання ізольованих колоній та коректної кількісної оцінки популяції. Всі маніпуляції з бактеріальною суспензією виконувалися

з урахуванням вимог мікробіологічної безпеки та за наявності негативних і методичних контролів.

Для оцінки впливу окисника протягом експозиції періодично відбирали проби досліджуваного середовища та готували їх розведення. Підготовлені суспензії висівали на м'ясо-пептонний агар у чашки Петрі до й після дії окисника; контролем слугували проби, взяті до початку експозиції. Інкубацію висівів проводили при 37 °С протягом 48 годин. За числом колоній на поживному середовищі визначали зміни життєздатності клітин та робили висновки щодо ступеня руйнування мікроорганізмів під дією окисника [9].

Після інкубації фіксували сформовані колонії й виконували їх морфологічну оцінку. Для мікроскопічного аналізу готували мазки з поверхні колоній, фіксували їх і забарвлювали основним фуксином, що забезпечувало контрастне відображення клітин для оцінки стану клітинної оболонки, однорідності морфотипів та можливих структурних змін [10].

Кількісну характеристику росту отримували шляхом підрахунку одиниць формування колоній (CFU) з подальшим поданням результатів разом із відповідними статистичними показниками. Усі етапи дослідження виконували відповідно до чинних нормативів біобезпеки та стандартів роботи з мікроорганізмами непатогенної групи ризику.

Обговорення результатів

Для визначення ефективності впливу перексиду водню на життєздатність *Sarcina flava* було проаналізовано зміну мікробного числа (МЧ) за умов використання різних концентрацій окисника. Узагальнені результати дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Залежність МЧ від часу при різних умовах експерименту

N n/p	Час, с	МЧ·10 ² , КУО/см ³		
		C=0,15 г/дм ³	C=0,3 г/дм ³	C=0,6 г/дм ³
1	0	800	800	800
2	300	430	380	140
3	600	190	85	2
4	900	66	1	0

Аналіз експериментальних даних показує доцільність подачі перексиду водню у досліджувані зразки, оскільки при зростанні концентрації перексиду водню і часі обробки спостерігається різке зменшення кількості бактеріальних клітин *Sarcina flava*.

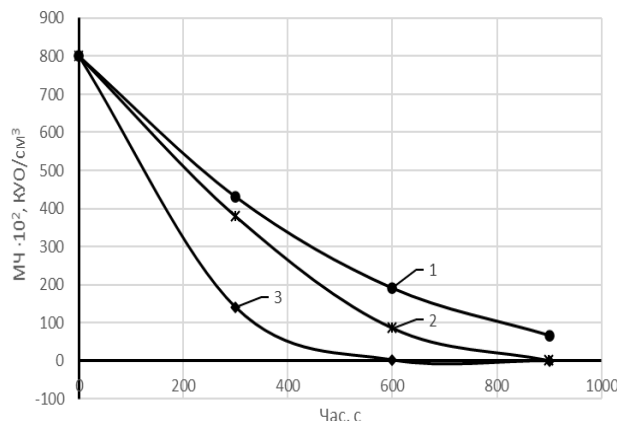


Рис. 1 – Залежність МЧ від часу при різних умовах експерименту: 1- $C(H_2O_2)=0,15$ г/дм³, 2- $C(H_2O_2)=0,3$ г/дм³, 3- $C(H_2O_2)=0,6$ г/дм³

Динаміку процесу зменшення бактеріальних клітин зображено на рис. 1. На початку експерименту МЧ без застосування перексиду водню становило 80000 КУО/см³. Протягом 5-ти хв експерименту дії окисника концентрацією 0,15 г/дм³ МЧ досягнуло значення 43000 КУО/см³, тоді як на 10-тій хв експерименту цей показник значно знизився до 19000 КУО/см³. Вплив перексиду водню на мікробне число через 15 хв сприяв зниженню МЧ до 6600 КУО/см³, що відповідало істотному зменшенню кількості життєздатних клітин. Протягом 15 хв МЧ під дією перекисю водню концентрацією 0,15 г/дм³ зменшилось на 73400 КУО/см³ від початкового значення.

Визначено зміни МЧ при дії перексиду водню концентрацією 0,3 г/дм³ протягом 15-ти хв, де було встановлено, що на 5-тій хв МЧ значно знижується, де спостерігався спад на 42000 одиниць. Протягом 10-ти хв, МЧ знизилось до 8500 КУО/см³. Через 15 хв мікробне число під дією окисника становило 100 КУО/см³, що показало відмінний результат порівняно з попереднім значенням. Як бачимо, протягом 15-ти хв МЧ зі застосуванням перексиду водню зменшилось у 800 раз порівняно із початковим показником МЧ.

Після 5-ти хв впливу окисника концентрацією 0,6 г/дм³ МЧ зменшилося до 14000 КУО/см³, тоді як через 10 хв цей показник знизився на 13800 КУО/см³. На 15-тій хв дія перексиду водню повністю знезаразила досліджуваний зразок, відповідно впродовж 15-ти хв МЧ під дією перекис

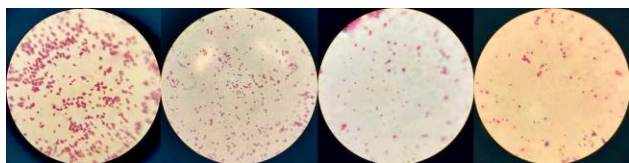


Рис. 2 – Мікрофотографії *Sarcina flava* під дією перексиду водню ($C(H_2O_2) = 0,15$ г/дм³) при 0, 5, 10 та 15 хв (зліва направо)

Для оцінювання бактерицидної активності H_2O_2 щодо *Sarcina flava* визначено ефективну константу швидкості процесу та ступінь знезараження.

Визначення ефективної константи швидкості руйнування бактеріальних клітин проводили за кінетичними рівняннями шляхом інтегрування [11,12]:

$$C_A = C_{A0} \cdot e^{-kt}, \quad (1)$$

$$\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = -kt, \quad (2)$$

де k – ефективна константа швидкості (с⁻¹); C_{A0} – початкове значення МЧ (КУО/см³); C_A – поточне значення МЧ (КУО/см³).

На рис. 3 зображено спрямлення прямих у напівлогарифмічних координатах $\ln MЧ/MЧ_0$ від часу при різних концентраціях перексиду водню, яке підтверджує, що процес руйнування бактерій роду *Sarcina flava* можна описати кінетичним рівнянням першого порядку.

За допомогою коефіцієнтів апроксимації визначають рівень точності експерименту. Коефіцієнт апроксимації МЧ при концентрації 0,15 г/дм³ становить 0,99; при $C = 0,3$ г/дм³ коефіцієнт апроксимації дорівнює 0,91; при $C = 0,6$ г/дм³ відповідно 0,97. Наближення коефіцієнта апроксимації до одиниці свідчить про відповідність між даними та моделлю.

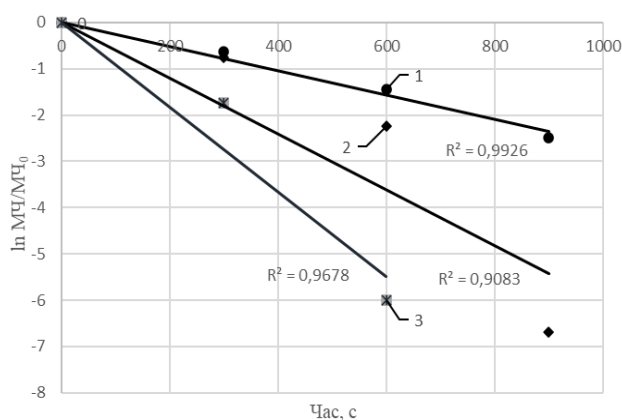


Рис. 3 – Напівлогарифмічна анаморфоза зміни $\ln MЧ/MЧ_0$ від часу при різних умовах експерименту: 1- $C(H_2O_2)=0,15$ г/дм³, 2- $C(H_2O_2)=0,3$ г/дм³, 3- $C(H_2O_2)=0,6$ г/дм³

Ефективна константа швидкості руйнування мікроорганізмів *Sarcina flava* при $C(H_2O_2) = 0,15$ г/дм³ становить $2,6 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹, при $C(H_2O_2) = 0,3$ г/дм³ константа зростає до $6 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹, а при $C(H_2O_2) = 0,6$ г/дм³ константа становить $9,2 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹, що у 3,5 рази більше, від початкового показника. Враховуючи попередні дослідження та розрахунок кінетики процесу, встановлено, що оптимальною є концентрація перексиду водню $C(H_2O_2) = 0,6$ г/дм³ для швидкої і ефективної інактивації мікроорганізмів роду *Sarcina flava*. Зі збільшенням концентрації значно зростає кількість реакційно здатних молекул у контрольованому об'ємі, що інтенсифікує процес деструкції клітин і забезпечує суттєве скорочення тривалості обробки порівняно з використанням менш насичених розчинів.

У табл. 2 подано залежність ступеня знезараження мікроорганізмів (D , %) від тривалості обробки зразка при різних концентраціях перексиду водню: $C(H_2O_2) = (0,15 - 0,6)$ г/дм³.

Таблиця 2 – Залежність ступеня знезараження бактерій роду *Sarcina flava* від концентрації перексиду водню та часу обробки

N п/п	Час, с	Ступінь знезараження, D , %		
		$C=0,15$ г/дм ³	$C=0,3$ г/дм ³	$C=0,6$ г/дм ³
1	0			
2	300	46,25	52,5	82,5
3	600	76,25	89,38	99,75
4	900	91,75	99,88	100

Результати свідчать, що збільшення як концентрації реагенту, так і часу експозиції істотно підвищує ефективність руйнування мікроорганізмів. Через 5 хв обробки ступінь руйнування становить 46,25% при $C(H_2O_2) = 0,15$ г/дм³, 52,50% при 0,3 г/дм³ та 82,50% при 0,6 г/дм³. Після 10-ти хв показники значно зростають — до 76,25%, 89,38% і 99,75% відповідно. На 15-тій хв експерименту спостерігається майже повне руйнування мікроорганізмів: при $C(H_2O_2) = 0,15$ г/дм³ ступінь знезараження дорівнює 91,75%, при $C(H_2O_2) = 0,3$ г/дм³ — 99,88%, а при $C(H_2O_2) = 0,6$ г/дм³ досягає 100%.

Висновки

Встановлено, що вплив водних розчинів перексиду водню на клітини *Sarcina flava* зумовлює характерне концентраційно залежне пригнічення життєздатності, що свідчить про високу чутливість даного мікроорганізму до

підтверджується узгодженістю між експериментальними результатами та теоретичною моделлю кінетичного опису. Проведені дослідження із застосуванням стандартизованих методик культивування та кількісного визначення колонієутворювальних одиниць засвідчили типовий профіль редукції мікробного числа, для якого характерне інтенсивне початкове зниження із подальшим поступовим уповільненням швидкості інактиваційного процесу.

Проаналізовано вплив концентрації окисника на зміну кінетичних параметрів, що дозволило встановити закономірне зростання швидкості інактивації за підвищення концентрації пероксиду водню. Підтверджено, що використана математична модель є адекватною для опису перебігу процесу і забезпечує надійну інтерпретацію експериментальних залежностей, що було верифіковано шляхом статистичної оцінки точності апроксимації.

Узагальнення отриманих результатів дає змогу стверджувати, що підвищення вмісту пероксиду водню істотно оптимізує перебіг окисних перетворень, необхідних для ефективної дезінфекції, і забезпечує досягнення цільового рівня інактивації *Sarcina flava* протягом значно коротшого часового інтервалу.

Список літератури

- Green L. H., Goldman E. *Practical Handbook of Microbiology*. 4th ed. CRC Press, 2021. 975 p. doi: 10.1201/9781003099277.
- Cheban L. M., Kozak A. M. R. Phenolic compounds of *Chlorella vulgaris* as antimicrobial agents. *Bioloichni systemy*. 2022. № 14(2). P. 106–111. doi: 10.31861/biosystems2022.02.106.
- Mykolenko S., Pivovarov O., Yefimov V., Sova N., Tymchak D. Food safety of plasma-chemically activated water and bread made with its use. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 6(11(114)). P. 74–83. doi: 10.15587/1729-4061.2021.246546.
- Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. *Food Science and Technology* 2020. № 14(3). P. 113–121. doi: 10.15673/fst.v14i3.1799.
- Heng Y., Wang M., Jiang H., Gao S., Zhang J., Wan J., Song T., Ren Z., Zhu Y. Plasma-Activated Acidic Electrolyzed Water: A New Food Disinfectant for Bacterial Suspension and Biofilm. *Foods*. 2022. № 11(20). P. 3241. doi: 10.3390/foods11203241.
- Gomes A. L. R., et al. Disinfection of secondary urban wastewater using hydrogen peroxide combined with UV/visible radiation: Effect of operating conditions and assessment of microorganism competition. *Water*. 2025. № 17(4). P. 596. doi: 10.3390/w17040596.
- Liu P., Zhang H., Chen Y., Di Y., Li Z., Zhu B., Liu Z., Zhang Z., Wang F. Anthraquinones-Catalyzed H₂O₂ Electrosynthesis for Advanced Oxidation Process on Water Treatment. *RSC Sustainability*. 2024. № 2. P. 483–490. doi: 10.1039/d3su00386h.
- Hu Z.-Y., Liu T., Yang Y.-R., An A. K., Liew K. M., Li W.-W. Binder-Free Immobilization of Photocatalyst on Membrane Surface for Efficient Photocatalytic H₂O₂ Production and Water Decontamination. *Nano-Micro Letters*. 2025. № 17(1). 301. doi: 10.1007/s40820-025-01822-0.
- Орябінська Л. Б., Дзигун Л. П., Тітова Л. О. *Загальна мікробіологія і вірусологія*. Лабор. практикум – навч. Посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. 121 с.
- Паляниця Л. Я., Березовська Н. І. *Технічна мікробіологія: практикум*. Харків: «Діса плюс», 2024. 166 с.
- Ковалишин В. Р., Яровий Р. А., Шевчук Л. І. Дослідження впливу температури на кавітаційне очищення стічних вод хімічних та харчових виробництв. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2025. 2 (24). С. 78–83. doi: 10.20998/2413-4295.2025.02.11.
- Vashkurak U., Shevchuk L., Aftanaziv I., Romaniv A. The effect of ultrasound on the treatment of domestic wastewater from organic and biological contamination. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*. 2020. № 8(1). P. 125–132. doi: 10.17721/fujcV8I1P125-132.

References (transliterated)

- Green L. H., Goldman E. *Practical Handbook of Microbiology*. 4th ed. CRC Press, 2021, 975 p. doi: 10.1201/9781003099277.
- Cheban L. M., Kozak A. M. R. Phenolic compounds of *Chlorella vulgaris* as antimicrobial agents. *Bioloichni systemy*, 2022, Vol. 14, no.2, pp. 106–111, doi: 10.31861/biosystems2022.02.106.
- Mykolenko S., Pivovarov O., Yefimov V., Sova N., Tymchak D. Food safety of plasma-chemically activated water and bread made with its use. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, Vol. 6 (11 (114)), pp. 74–83. doi: 10.15587/1729-4061.2021.246546.
- Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. *Food Science and Technology* 2020, Vol. 14, no.3, pp. 113–121, doi: 10.15673/fst.v14i3.1799.
- Heng Y., Wang M., Jiang H., Gao S., Zhang J., Wan J., Song T., Ren Z., Zhu Y. Plasma-Activated Acidic Electrolyzed Water: A New Food Disinfectant for Bacterial Suspension and Biofilm. *Foods*, 2022, Vol. 11, no.20, pp. 3241, doi: 10.3390/foods11203241.
- Gomes A. L. R., et al. Disinfection of secondary urban wastewater using hydrogen peroxide combined with UV/visible radiation: Effect of operating conditions and assessment of microorganism competition. *Water*, 2025, Vol. 17, no.4, pp. 596, doi: 10.3390/w17040596.
- Liu P., Zhang H., Chen Y., Di Y., Li Z., Zhu B., Liu Z., Zhang Z., Wang F. Anthraquinones-Catalyzed H₂O₂ Electrosynthesis for Advanced Oxidation Process on Water Treatment. *RSC Sustainability*, 2024, no.2, pp. 483–490, doi: 10.1039/d3su00386h.
- Hu Z.-Y., Liu T., Yang Y.-R., An A. K., Liew K. M., Li W.-W. Binder-Free Immobilization of Photocatalyst on Membrane Surface for Efficient Photocatalytic H₂O₂ Production and Water Decontamination. *Nano-Micro*

- Letters*, 2025, Vol. 17, no.1, 301, doi:10.1007/s40820-025-01822-0.
9. Oryabinska L. B., Dzygun L. P., Titova L. O. *General microbiology and virology*. Laboratory practical - teaching manual Kyiv KPI named after Igor Sikorsky. 2022, 121 p.
10. Palanytsya L. Ya., Berezovskaya N. I. *Technical microbiology*: workshop. Kharkiv: "Disa Plus", 2024, 166 p.
11. Kovalyshyn V. R., Yarovy R. A., Shevchuk L. I. Research on the influence of temperature on cavitation treatment of wastewater from chemical and food industries. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. 2025, 2 (24), pp. 78-83, doi: 10.20998/2413-4295.2025.02.11.
12. Vashkurak U., Shevchuk L., Aftanaziv I., Romaniv A. The effect of ultrasound on the treatment of domestic wastewater from organic and biological contamination. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*, 2020, Vol. 8, no1, pp. 125-1328, doi:10.17721/fujcV8I1P125-132.

Відомості про авторів (About authors)

Шевчук Лілія Іванівна - доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри технології органічних продуктів, м. Львів, Україна; ORCID: 0000-0001-6274-0256, e-mail: liliia.i.shevchuk@lpnu.ua.

Shevchuk Liliya Ivanivna - professor, professor of the Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-6274-0256, e-mail: liliia.i.shevchuk@lpnu.ua.

Походай Христіна Анатоліївна – студент 4-го року навчання кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна; ORCID: 0009-0009-8848-7784, e-mail: khrystyna.pokhodai.khr.2022@lpnu.ua.

Pokhodai Khrystyna Anatoliivna — 4th-year student, Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine; ORCID: 0009-0009-8848-7784, e-mail: khrystyna.pokhodai.khr.2022@lpnu.ua.

Іваник Юлія Олегівна - студент 4-го року навчання кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна; ORCID: 0009-0000-4994-4609, e-mail: yuliia.ivanyk.khr.2022@lpnu.ua.

Ivanyk Yuliia Olehivna — 4th-year student, Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine; ORCID: 0009-0000-4994-4609, e-mail: yuliia.ivanyk.khr.2022@lpnu.ua.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Шевчук Л. І., Походай Х. А., Іваник Ю. О. Інактивація бактерій роду *Sarcina flava* при дії пероксиду водню. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2025. № 4 (26). С. 45-50. doi:10.20998/2413-4295.2025.04.07.

Please cite this article as:

Shevchuk L., Pokhodai K., Ivanyk Y. Inactivation of *Sarcina flava* bacteria under the action of hydrogen peroxide. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2025, no. 4(26), pp. 45-50, doi:10.20998/2413-4295.2025.04.07.

Надійшла (received) 17.11.2025
Прийнята (accepted) 22.12.2025