



©2026
Андрій Міхеєв




Надійшла до редакції 24 січня 2026р.
Прийнята до друку 26 травня 2026р.
Опубліковано на сайті 17 червня 2026р.

УДК 535-31:664:338.436

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2026.4.1.2](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2026.4.1.2)

Сучасні погляди на використання УФ-опромінення для збереження продуктів харчування (огляд літератури)

Андрій Міхеєв

 [0000-0003-2163-8866](https://orcid.org/0000-0003-2163-8866) @: maos@bsmu.edu.ua

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

Ключові слова:

продукти харчування,
УФ-випромінювання,
консервація,
органолептичні
властивості,
сенсорне сприйняття.

Анотація

Безпека продуктів харчування є надзвичайно важливим питанням для харчової промисловості та її послуг через чисельні харчові отруєння, що спричиняються потраплянням в організм людини патогенних мікроорганізмів чи продуктів їх життєдіяльності. Проблема продовольчої безпеки є однією з найважливіших світових проблем сьогодення. Для збереження харчових продуктів людство здавна використовувало різноманітні методи – висушування, засолювання, термічну обробку тощо. Проте всі вони мають ряд недоліків, що впливають на органолептичні властивості продуктів та сенсорне сприйняття споживачами. Попит на здорову та якісну їжу стрімко зростає, що вимагає новітніх підходів до її приготування чи збереження. Обробка ультрафіолетовим випромінюванням останнім часом набирає популярності в харчовій промисловості. Це досить швидкий і дешевий спосіб стерилізації рідких і твердих харчових продуктів, а також високоефективний спосіб дезінфекції поверхонь, води і повітря. Ультрафіолетове випромінювання має значний потенціал щодо застосування в харчовій промисловості як альтернатива традиційній термічній обробці для приготування та збереження різноманітних продуктів харчування. Найбільшою перевагою обробки УФ-світлом при оптимальних умовах її використання для продуктів харчування чи води є практично відсутні зміни різноманітних їх характеристик, що можуть вплинути на органолептичні характеристики їжі чи її сенсорне сприйняття споживачами.

У статті звертається увага на сучасний стан вивчення питання застосування УФ-опромінення для збереження продуктів харчування на всіх етапах їх приготування, транспортування чи консервації. Висвітлено основні переваги

Цитувати як:

Міхеєв А. Сучасні погляди на використання УФ-опромінення для збереження продуктів харчування (огляд літератури). *Природничі, математичні науки та освіта в медицині* 1(4) 2026 16-30.

DOI: [10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2026.4.1.2](https://doi.org/10.24061/3083-5887.j.nmsmme.2026.4.1.2)



та безпеку застосування цього нетермічного методу деконтамінації продуктів харчування від умовно-патогенних та патогенних мікроорганізмів і практично відсутній вплив на органолептичні чи сенсорні властивості їжі, яка оброблена УФ випромінюванням.

Modern views on the use of UV radiation for food preservation (literature review)

Andriy Mikheev

 [0000-0003-2163-8866](https://orcid.org/0000-0003-2163-8866)  maos@bsmu.edu.ua

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Keywords:

*food products,
UV radiation,
preservation,
organoleptic properties,
sensory perception.*

Abstract

Food safety is an extremely important issue for the food industry and its services due to numerous food poisonings caused by the entry of pathogenic microorganisms or their waste products into the human body. The problem of food safety is one of the most important global problems today. To preserve food products, humanity has long used various methods - drying, salting, heat treatment, etc. However, they all have a number of disadvantages that affect the organoleptic properties of products and sensory perception by consumers. The demand for healthy and high-quality food is growing rapidly, which requires new approaches to its preparation or preservation. Ultraviolet radiation treatment has recently been gaining popularity in the food industry. This is a fairly fast and inexpensive method of sterilization of liquid and solid food products, as well as a highly effective method of disinfection of surfaces, water and air. Ultraviolet radiation has significant potential for use in the food industry, as an alternative, to traditional heat treatment for the preparation and preservation of various food products. The greatest advantage of UV light treatment under optimal conditions of its use for food or water is the virtually absence of changes in their various characteristics that can affect the organoleptic characteristics of the food or its sensory perception by consumers.

The article draws attention to the current state of research on the use of UV radiation to preserve food at all stages of its preparation, transportation, or preservation. The main advantages and safety of using this method of decontamination of food products from opportunistic and pathogenic microorganisms, the absence of impact on the organoleptic or sensory properties of food treated with UV radiation.

Зміст

Вступ	18
Матеріали та методи	18
Результати досліджень та їх обговорення	18
Висновки	24
Список використаних джерел	24

Перелік скорочень:

УФ, UV - ультрафіолетовий

УФ-А - УФ випромінювання з довжинами хвиль 320–400нм

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

УФ-В - УФ випромінювання з довжинами хвиль 280–320нм

УФ-С - УФ випромінювання з довжинами хвиль 200–280нм

ВООЗ - всесвітня організація охорони здоров'я

ДНК - дезоксирибонуклеїнова кислота

РНК - рибонуклеїнова кислота

AFM1 - афлатоксин М1

SarsCoV-2 - Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2

Вступ

Безпека продуктів харчування є надзвичайно важливим питанням для харчової промисловості та її послуг через чисельні харчові отруєння, що спричиняються потраплянням в організм людини патогенних мікроорганізмів чи продуктів їх життєдіяльності (токсини, ферменти тощо) [1]. Згідно даних ВООЗ майже 600 мільйонів людей, тобто практично кожна десята людина у світі, хворіють чи захворіли після вживання забрудненої їжі, а більше 400 000 щороку помирають від харчових отруєнь [2]. Продовольство, його виробництво, розподіл і споживання – найголовніші елементи світової господарської системи [3]. Значимість продовольчої проблеми визначається насамперед тим, що у структурі потреб людини потреба в їжі є першочерговою і часто ступінь її задоволення є недостатньою [4]. Саме тому проблема продовольчої безпеки є однією з найважливіших світових проблем сьогодення [5]. Це зумовлене не лише зростанням цін на

продукти харчування, а й нерівномірністю їх наявності на ринку, що призвело до їх недоступності для багатьох сімей в країнах що розвиваються [6]. Різноманітні продукти харчування при такому стані питання є не лише важливим компонентом міжнародного ринку, а можуть бути важливими джерелами хвороботворних мікроорганізмів, оскільки створюють сприятливі умови для їх розвитку (вони багаті на поживні речовини – вуглеводи, ліпіди, білки, незамінні амінокислоти, вітаміни, мінерали тощо) [7]. Таким чином, виробництво якісної продукції, яка не становить ризику для здоров'я споживачів, є великою проблемою та викликом у сфері виробництва харчових продуктів. І це стосується практично усіх підрозділів харчової промисловості, оскільки забруднення продуктів може відбуватися на різних етапах виробництва з найрізноманітніших джерел, а також у процесі зберігання чи транспортування.

Мета роботи – на основі доступних літературних джерел окреслити перспективи використання УФ-опромінення для збереження продуктів харчування в сучасному світі.

Матеріали та методи

Для огляду використано дані доступних наукометричних баз Google Scholar, MDPI, PubMed, ScienceDirect, Web of Science тощо та проведено аналіз наукових підручників і монографій.

Методи проведених дослідження: інформаційно-аналітичний та порівняльний аналіз літературних джерел із досліджуваної проблеми за останні 5 років.

Результати досліджень та їх обговорення

Для збереження харчових продуктів людство здавна використовувало різноманітні методи – висушування, стерилізація парою чи високими температурами, засолювання тощо. Наприклад, висушування з метою вилучення з про-

лізування парою чи високими температурами, засолювання тощо. Наприклад, висушування з метою вилучення з про-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

дуктів зайвої вологи, яка сприяла гниттю, появі цвілі чи накопиченню мікробної маси [8]. Природним простим методом віками слугувало сушіння на сонці, часом із використанням сушарок. Штучними методами сушіння продуктів харчування, що використовуються для зменшення втрат кінцевого продукту та підвищення комерційної цінності, на сьогодні є радіаційне, сублімаційне, осмотичне, діелектричне сушіння тощо. Окрім того, існують новітні технології висушування – мікроінкапсуляція та нанотехнології, які все частіше використовуються, проте є досить енергозатратними. Також даний метод збереження підходить не для усіх продуктів, окрім того сушені продукти підходять для споживання не всім категоріям населення, наприклад дітям.

Наступний метод – це термічна обробка, як традиційний метод для забезпечення безпеки та продовження терміну придатності продуктів [9], що є досить ефективною технологією, зокрема її такий різновид як пастеризація [10]. Термічна обробка харчових продуктів широко використовується в харчовій промисловості, і є чи не найважливішим методом консервування, а також одним із важливих методів з контролю, усунення чи навіть зменшення вмісту патогенів, а також для деградації токсинів та антинутриєнтів (що перешкоджають засвоєванню поживних речовин, наприклад лектини чи оксалати) факторів у окремих продуктах (бобові, зелень тощо). Хоча термічна обробка є досить ефективною, вона може негативно впливати на сенсорне сприйняття їжі споживачами, може призвести до втрати поживного складу, вітамінів, окислення ліпідів та денатурації білків, що призводить до зниження якості харчових продуктів з погіршенням їх органолептичних властивостей [11, 12, 13]. Ще одним недоліком є те, що термічна обробка вимагає високого споживання енергії (електричної

чи теплової), а це може негативно вплинути на кінцеву цінність продукту для забезпечення прибутковості галузі [14].

Досить перспективним методом збереження продуктів харчування могла б стати їх обробка ультразвуком чи мікрохвилями [15]. Ультразвукова технологія є відносно новою та допомагає переробці/консервації харчових продуктів відійти від традиційних термічних технологій через їх негативний вплив на якість, склад та органолептичні властивості. Поєднання ультразвуку та мікрохвиль може бути застосоване в харчовій промисловості, при цьому мікрохвилі підвищують швидкість нагрівання, а ультразвук покращує ефективність теплообміну в досить масивних об'ємах продуктів, що обробляються. Це допоміжний засіб ефективного мікрохвильового нагрівання, що є екологічно чистим та має широкий спектр застосування в харчовій промисловості через дію не лише на мікроорганізми, а й їхні спори [16]. Проте, також підходить далеко не для всіх продуктів, окрім того є скептичні погляди стосовно впливу мікрохвиль чи ультразвуку на людину через нерозуміння окремих термінів, наприклад, ультраоброблена їжа чи продукти [17]. Сучасні споживачі досить ретельно підбирають продукти для власного споживання, а тому намагаються уникати ультраобробленої їжі, продуктів із високим вмістом солі, цукру, консервантів чи оброблених новітніми технологіями, що є для них не зовсім зрозумілими.

У цьому контексті технології обробки харчових продуктів, що застосовуються для зберігання чи консервування продуктів без небажаних наслідків термічної обробки, викликали значний науковий, промисловий та суспільний інтерес [18]. Великий інтерес мають технології переробки та збереження харчових продуктів, які мають мінімальний вплив на органолептичні властивості самих продуктів, їх сприйняття споживачами,

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

зручності технологій та мінімальні затрати і, відповідно, можуть змінити як соціальне середовище, так і бізнес [19]. Ці технології збереження харчових продуктів є вигідними, оскільки можуть сприяти значному скороченню часу обробки порівняно з традиційними методами, зменшенню витрат на електроенергію, що призводить до зниження собівартості самих харчових продуктів, а також відсутності втрати цінних харчових та інших властивостей самих продуктів [20].

Ще з минулого століття в своїй діяльності людство застосовувало оптичне випромінювання в ультрафіолетовому діапазоні (200-400 нм), що дало можливість вирішити низку питань для дезінфекції поверхонь, для лікування шкірних захворювань, очищення повітря і води від шкідливих забруднень та мікроорганізмів та сприяло збереженню екологічно чистого середовища через відсутність шкідливих відходів чи процесів виробництва із високим споживанням теплової та електричної енергії [21]. Ультрафіолетове випромінювання сьогодні є важливим фактором боротьби з вірусами, зокрема грипу та SarsCoV-2 [22], оскільки віруси досить чутливі до УФ променів. Також на сьогодні УФ-технології успішно застосовуються у промисловості, харчовій промисловості, сільському господарстві, інженерії тощо [23]. Це стало можливим завдяки широкому використанню безпечних штучних джерел ультрафіолетового випромінювання різного призначення – від промисловості до побуту.

Оскільки щоденний попит на здорові, безпечні та якісні продукти харчування зростає, а недоліки методів термічної обробки сприяють вдосконаленню нетермічних методів збереження харчових продуктів, стрімко розвивається технологія використання УФ-випромінювання саме у харчовій промисловості. Ультрафіолетове світло має значні перспективи в харчовій промисловості саме як альтер-

натива традиційній термічній обробці [24]. Найчастіше при цьому вказується використання короткохвильового ультрафіолетового світла (УФ-С, 254 нм), що є досить дешевою технологією, яка практично не залишає жодних сторонніх компонентів та ефективно інактивує мікроорганізми практично не завдаючи з шкоди якості харчових продуктів. Його застосування може включати як стерилізацію соків, обробку м'яса, так і обробку поверхонь, що контактують з харчовими продуктами, а також особливо з метою подовження терміну зберігання свіжих продуктів [25, 26]. Автори наголошують, що саме УФ-С випромінювання має високий бактерицидний ефект на різні мікроорганізми в м'ясопереробній промисловості за рахунок пошкодження ДНК або РНК та загибелі клітин бактерій, проте має незначний вплив на якість м'яса та м'ясних продуктів, залежно від різних параметрів обробки. Окрім того, правильне застосування УФ-С опромінення, як методу консервування, може бути корисним з точки зору складу харчових продуктів. Однак тривалий вплив УФ-С може негативно впливати на харчову цінність окремих рідких харчових продуктів, оскільки низка фотохімічних реакцій може спричинити утворення вільних радикалів, що потенційно зменшує кількість корисних компонентів, що містяться в цих харчових продуктах.

Ультрафіолетове світло є відносно новим прикладом використання технологій нетермічної обробки харчових продуктів, які можна широко використовувати для виробництва харчових продуктів з довшим терміном зберігання, більш безпечних та з вищою поживною якістю та за досить низьких температур – до 30 °C [27]. При цьому, хоч і ультрафіолетове опромінення є ефективним методом нетермічної обробки харчових продуктів, проте не менш важливо враховувати його вплив як на самі харчові продукти (зокрема їх ре-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

ологічні та текстурні властивості), так і їх органолептичні властивості. Наприклад, такі параметри як колір, смак та запах продукту, часто відіграють ключову роль у вподобаннях споживачів. Було показано, що УФ-опромінення має мінімальний вплив на фізичні, хімічні, харчові та органолептичні властивості харчових продуктів, зберігаючи при цьому їх якість, однак його вплив може значно відрізнятися залежно їх походження чи складу – фрукти, овочі, соки, молоко, свинина, яловичина, риба, індичка та курка [28]. Вказується, що реологічні та текстурні зміни продуктів за дії УФ-С опромінення зазвичай відбуваються на поверхні зразків через низьке проникнення світла цієї довжини хвилі (200-280 нм). Інтенсивна обробка ультрафіолетом може спричинити порушення клітинних мембран зі втратою тургору, змінами текстурних та реологічних властивостей харчових продуктів, а це негативно відображатиметься на сприйнятті споживачами.

При цьому різні спектри УФ-світла мають значну бактерицидну дію для інактивації широкого спектру мікробних патогенів (наприклад, бактерій, грибків, дріжджів, цвілі та вірусів), ефективно запобігаючи харчовим отруєнням та збільшуючи термін придатності харчових продуктів без шкоди для їх якості шляхом зменшення мікробного навантаження [29]. В цілому ультрафіолетове випромінювання охоплює невелику частину електромагнітного спектру. Воно включає випромінювання спектру від 100 до 400 нм і класифікується як УФ-А (320–400 нм), УФ-В (280–320 нм) та УФ-С (200–280 нм) [30]. Наприклад, діапазон УФ-А є м'яким випромінюванням, що добре проникає через шкіру людини і призводить до ефекту засмаги. Випромінювання в діапазоні УФ-В здатне викликати сонячні опіки, а при тривалій і систематичній дії може приводити до захворювань шкіри. УФ-С діапазон опромінювання вважа-

ється жорстким, що добре поглинається білковими молекулами та викликає загибель бактерій, вірусів, найпростіших та цвілі, спричиняє незворотні мутації геному мікроорганізмів чи втрату розмноження. Саме цей діапазон називають бактерицидним. Проте світло в діапазоні УФ-С погано проникає в шкіру людини і може призводити до опіків, а також до онкологічних захворювань шкіри

Обробка ультрафіолетовим світлом переважно проводиться за відносно низьких температур, зокрема температури оточуючого середовища та позиціонується як метод нетермічної дезінфекції [31]. Головною перевагою його використання як нетермічного методу полягає у тому, що під час обробки не утворюються відомі токсичні або значні нетоксичні побічні продукти, можна видалити певні органічні забруднювачі, під час обробки води не утворюється сторонній присмак чи запах, а сама обробка ультрафіолетом є менш енерговитратною у порівнянні з процесами термічної обробки, зокрема пастеризації.

Свіжі харчові продукти можна обробляти за допомогою ультрафіолетового світла як бактерицидного середовища для зменшення мікробного навантаження, що передається їжею [32]. Відомо, що забруднення свіжих продуктів патогенними мікроорганізмами найчастіше відбувається під час або/та після збору врожаю. Починається воно з поверхні неушкоджених продуктів, а згодом може поширюватися на внутрішні частини під час обробки. Тому поверхнєве знезараження свіжих продуктів за допомогою дезінфікуючих засобів є звичайною практикою, а ультрафіолетове опромінення може стати альтернативою фізичній обробці без небажаних змін якості та утворення токсичних побічних продуктів дезінфекції.

Воду вже досить давно обробляють ультрафіолетовим світлом для отримання питної води [33]. Основні критерії щодо

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

якості питної води в цілому були визначені ще у минулому столітті і стосуються безпеки води в епідемічному відношенні, відсутності шкідливих хімічних складових та задовільних органолептичних властивостей. У цьому сенсі тенденції щодо застосування методу знезараження води ультрафіолетом замість традиційного хлорування та інших хімічних методів зумовлена вимогами до якості води та відсутністю побічних продуктів, які присутні при хімічних методах знезараження. Окрім цього, у період війни чи техногенної катастрофи існує велика потреба індивідуального знезараження води з використанням простих та ефективних засобів і альтернативою класичному методу є використання ультрафіолетового випромінювання. Зокрема мова йде про використання компактних та енергозберігаючих світлодіодних УФ-ламп, які мають перевагу перед старими ртутними лампами низького тиску.

Фрукти та овочі, що переробляються на пюре та соки, зазвичай дуже добре підходять для обробки ультрафіолетовим світлом для зменшення мікробної контамінації [34]. Овочі та фрукти багаті на фітонутрієнти, вітаміни, мінерали, каротиноїди, антиоксиданти, поліфеноли та харчові волокна, які є необхідними для здоров'я людини. Їх споживання останніми роками зросло у зв'язку з обізнаністю споживачів стосовно збалансованого харчування. Проте при їх виробництві спостерігається збільшення втрат харчових продуктів у вигляді відходів та побічних продуктів, що зумовлене традиційними (термічними) методами обробки та консервації. Тому використання ультрафіолетового світла для обробки рідких фруктових та овочевих продуктів набирає популярності завдяки нетермічному характеру та відсутності сторонніх хімічних компонентів, які потрапляють у продукти при дезінфекції хімічним способом. На сьогодні більшість цих продуктів

пастеризують для отримання мікробіологічно безпечних та поживних продуктів. Однак пастеризація може змінити смак та аромат таких продуктів через температуру та час обробки. Овочеві та фруктові соки можна обробляти, впливаючи ультрафіолетовим світлом у різних дозах [35]. Водночас автори наголошують, що слід враховувати час впливу, тип продукту, його колір та склад, щоб отримати продукти мали не лише знижений рівень мікробного навантаження поруч зі збільшеним терміном зберігання, а й адекватними сенсорними та поживними характеристиками для споживачів.

Також технології обробки ультрафіолетом можуть бути ефективним заміником пастеризації сировини для окремих твердих харчових продуктів (наприклад сири чи масло), скільки дія температури при пастеризації здатна зруйнувати білкові молекули, що призведе до дефектів смаку цих продуктів та сприйняття споживачами [36]. Наприклад, термічна обробка є найпоширенішим методом деконтамінації в молочній промисловості для забезпечення безпеки продуктів та продовження терміну придатності. Однак, через зростання споживчого попиту на більш натуральні та здорові продукти, нетермічні технології поступово можуть витіснити традиційні методи і в молочній промисловості. Опромінення короткохвильовим ультрафіолетовим світлом має деякі технологічні переваги завдяки низьким витратам на обслуговування та встановлення спеціалізованого обладнання, мінімальному споживанню електроенергії та консервації без деяких небажаних ефектів термічної обробки молока та молочних продуктів [37, 38]. При цьому зазначається, що ультрафіолетове випромінювання (УФ-С, 254нм) є ефективним методом інактивації патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів у молоці та молочних продуктах. Автори зазначають, що виявлене вірогідне зни-

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

ження рівня афлатоксину M1 (AFM1) на 50% у знежиреному молоці після обробки упродовж 20-ти хвилин ультрафіолетовим світлом з довжиною хвилі 254 нм. Водночас УФ-А світло в поєднанні з натуральними консервантами та ультразвуком здатне інактивувати грам-позитивні та грамнегативні мікроорганізми в молоці практично на 99,99%. Без суттєвих змін кольору та смаку.

Прагнення подолати голод, а також власне безпека харчових продуктів є важливою для забезпечення продовольчої безпеки у світі. Цього слід вимагати та дотримуватися на різних етапах процесів переробки харчових продуктів для гарантії їх безпеки та які повинні потрапляти на стіл споживачів без жодних забруднень. Адже відомо безліч потенційних місць забруднення харчових продуктів умовно-патогенними або патогенними мікроорганізмами, а також хімічними речовинами під час переробки, транспортування чи зберігання харчових продуктів. Зосереджуючись на мікробній безпеці харчових продуктів на етапі після збору врожаю, було досліджено різноманітні методи консервування харчових продуктів з різним ступенем обробки. При цьому серед усіх методів обробка ультрафіолетовим світлом, зокрема УФ-С світлом, є сучасною ефективною нетермічною технологією для інактивації мікроорганізмів у продуктах харчування чи технологіях їх збереження та приготування [39, 40, 41]. Адже УФ-С світло з довжиною хвилі від 200 до 280 нм здатне ефективно проникати в мікробні клітини та пошкоджувати їх ДНК, тим самим запобігаючи реплікації та спричиняючи загибель клітин. Головною перевагою ультрафіолетового випромінювання є його ефективність у інактивації мікробів без застосування хімічних речовин, що відповідає зростаючому споживчому попиту на натуральні та мінімально оброблені продукти. При

цьому така обробка має відносно низькі експлуатаційні витрати та може бути легко інтегрована в існуючі виробничі лінії, що робить її економічно ефективним рішенням для багатьох виробників харчових продуктів. Хоча кожна з них має переваги та недоліки у своєму масштабі застосування для обробки харчових продуктів, різноманітні дослідження продемонстрували потенціал цих технологій для заміни традиційної термічної обробки чи пастеризації [42]. Також певним недоліком може стати неправильне застосування обробки ультрафіолетом, що може суттєво змінити склад харчових продуктів, включно з руйнуванням білків, антиоксидантів, окисленням ліпідів, а також зміни кольору та смаку.

Обробка та консервування харчових продуктів постійно створюють значні труднощі для харчової промисловості при знищенні патогенних та зменшенні кількості умовно-патогенних та непатогенних мікроорганізмів у кінцевих продуктах з продовженням терміну їх придатності і мінімізуючи при цьому погіршення якості. Стерилізація харчових продуктів спрямована на знищення мікроорганізмів та забезпечення безпеки харчових продуктів і включає на сьогодні переважно термічну обробку, проте вона може суттєво впливати на органолептичні та сенсорні характеристики окремих харчових продуктів [43, 44, 45]. Також зростання попиту споживачів на більш натуральні та здорові продукти харчування без хімічних консервантів сприяло останніми роками зростанню досліджень, які зосереджені на продовженні термінів придатності за допомогою обробки та процесів консервації, які не передбачають нагрівання. І однією з таких технологій є застосування ультрафіолетового світла, що робить його використання для збереження харчових продуктів перспективною альтернативою традиційній термічній консервації [46].

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

Оцінюючи ефективність ультрафіолетового випромінювання слід не забувати про його потенційний шкідливий вплив на живі організми, у тому числі людину (очі, шкіра) [47]. Зазвичай це стосується у першу чергу медичних працівників, де є тривале використання ультрафіолету з метою знезараження повітря чи поверхонь [48, 49]. Дослідження показують, що в період пандемії SARS-CoV-2 фільтрація повітря та ультрафіолетове випромінювання у лікувально-профілактичних закладах, очищують повітря та запобігають поширенню патогенів між людьми навіть під час їх перебування у приміщенні [50]. У промисловому застосуванні ризик негативного впливу ультрафіолету для працівників також існує, проте він залежить власне від джерела УФ-опромінення та

часу експозиції [51, 52]. При цьому наголошується більший ризик шкідливого спливу УФ-С світла від штучних джерел опромінення, що може бути усунений або нівельований певними заходами безпеки при роботі, її автоматизацією та використанням сучасних джерел ультрафіолету [53]. З цією метою також розроблено певні професійні пристрої для відстеження та моніторингу шкідливого впливу ультрафіолетового опромінення (My Skin Track UV для вимірювання рівня УФ випромінювання та захисту від сонця; QSun для відстеження щоденного сонячного випромінювання тощо) [54]. Хоча це й поодинокі заходи безпеки при роботі з ультрафіолетом переважно природнього походження, вочевидь вони можуть бути використані і на виробництві.

Висновки

Таким чином, як показують доступні літературні джерела, обробка ультрафіолетовим випромінюванням останнім часом набирає популярності в харчовій промисловості. Це досить швидкий і дешевий спосіб стерилізації рідких і твердих харчових продуктів, а також високоефективний спосіб дезінфекції поверхонь, води і повітря. Ефективність обробки ультрафіолетом залежить від низки параметрів (тривалість, доза, довжина хвилі), а також типу самих продуктів. Ультрафіолетове випромінювання має значний потенціал щодо застосування в харчовій

промисловості як альтернатива традиційній термічній обробці для приготування та збереження різноманітних продуктів харчування – води, соків, молока та молочних продуктів, морепродуктів, м'ясних продуктів, продовження терміну зберігання свіжих плодів та овочів. Найбільшою перевагою обробки УФ-світлом при оптимальних умовах її використання для продуктів харчування чи води є практично відсутні зміни різноманітних їх характеристик, що можуть вплинути на органолептичні характеристики їжі чи її сенсорне сприйняття споживачами.

Конфлікт інтересів

Автор декларує відсутність фінансових або інших конфліктів інтересів, які могли вплинути на результати, інтерпретацію та висновки дослідження

Список використаних джерел

1. Snyder AB, Martin N, Wiedmann M. Microbial food spoilage: impact, causative agents and control strategies. *Nature Reviews Microbiology*. 2024 [цитовано 20 січ. 2026]; Apr 3;22(9):528–42. <http://dx.doi.org/10.1038/s41579-024-01037-x>.
2. Grace D. Burden of foodborne disease in low-income and middle-income countries and opportunities for scaling food safety interventions. *Food Security*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; Sep 5;15(6):1475–88. <http://dx.doi.org/10.1007/s12571-023-01391-3>.
3. Drebot O, Palapa N, Dikhtyar I. Food security is a global problem of humanity and the main factors affecting it. *Agroecological journal*. 2024 [цитовано 20 січ. 2026]; Jul 18;(3):6–17.

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311176>.
4. Sorbo A, Pucci E, Nobili C, Taglieri I, Passeri D, Zoani C. Food Safety Assessment: Overview of Metrological Issues and Regulatory Aspects in the European Union. *Separations*. 2022 [цитовано 20 січ. 2026]; Feb 17;9(2):53. <http://dx.doi.org/10.3390/separations9020053>.
 5. Nasirkhodjaeva D, Yatsenko O, Topildiev S, Bibla I. Global Food Security: Condition, Problems and Areas of Provision. *Міжнародна економічна політика*. 2022 [цитовано 20 січ. 2026]; Dec 1;(37):7-37. <http://dx.doi.org/10.33111/iep.2022.37.01>.
 6. Priss O. The Development of the World Economy and the Impact of the Global Food Crisis 2022-2023. *Economic Affairs*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; Feb 12;68(1s). <http://dx.doi.org/10.46852/0424-2513.1s.2023.5>.
 7. Gupta AK, Chaudhary A. Food poisoning: causes, its effects and control. *INWASCON Technology Magazine*. 2022 [цитовано 21 січ. 2026]; 4:59-61. <http://dx.doi.org/10.26480/itechmag.04.2022.59.61>.
 8. Adeyeye SAO, Ashaolu TJ, Babu AS. Food Drying: A Review. *Agricultural Reviews*. 2022 [цитовано 21 січ. 2026]; Jul 30;(Of). <http://dx.doi.org/10.18805/ag.r-2537>.
 9. Deak T, Mohácsi-Farkas C. Thermal Treatment. *Food Safety Management*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; 405-19. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-820013-1.00008-5>.
 10. Azizi-Lalabadi M, Moghaddam NR, Jafari SM. Pasteurization in the food industry. *Thermal Processing of Food Products by Steam and Hot Water*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; 247-73. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-818616-9.00009-2>.
 11. Dash KK, Fayaz U, Dar AH, Shams R, Manzoor S, Sundarsingh A, et al. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*. 2022 [цитовано 20 січ. 2026]; Oct;1:100041. <http://dx.doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>.
 12. Deak T, Mohácsi-Farkas C. Thermal Treatment. *Food Safety Management*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; 405-19. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-820013-1.00008-5>.
 13. Titikshya S, Sahoo M, Kumar V, Naik SN. Microbial Inactivation with Heat Treatments. *Thermal Food Engineering Operations*. 2022 [цитовано 20 січ. 2026]; Mar 28;45-74. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119776437.ch2>.
 14. Galanakis CM. The Future of Food. *Foods*. 2024 [цитовано 20 січ. 2026]; Feb 6;13(4):506. <http://dx.doi.org/10.3390/foods13040506>.
 15. Li M, Zhou C, Wang B, Zeng S, Mu R, Li G, et al. Research progress and application of ultrasonic- and microwave-assisted food processing technology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023 [цитовано 21 січ. 2026]; Jun 22;22(5):3707-31. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.13198>.
 16. Onyeaka H, Miri T, Hart A, Anumudu C, Nwabor OF. Application of Ultrasound Technology in Food Processing with emphasis on bacterial spores. *Food Reviews International*. 2021 [цитовано 20 січ. 2026]; Dec 6;39(7):3663-75. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2021.2013255>.
 17. Saulais L, Corcuff R, Boonefaes E. Natural and healthy? Consumers knowledge, understanding and preferences regarding naturalness and healthiness of processed foods. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; Mar;31:100662. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100662>.
 18. Talib A, Samad A, Hossain MJ, Muazzam A, Anwar B, Atique R, et al. Modern trends and techniques for food preservation. *Food and Life*. 2024 [цитовано 21 січ. 2026]; Mar 30;2024(1):19-32. <http://dx.doi.org/10.5851/fl.2024.e6>.
 19. Kumar S, Mukherjee A, Mitra A, Halder D. *Emerging Technologies in Food Preservation*. CRC Press; 2023 [цитовано 21 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003147978>.
 20. Осипова Л, Жмудь А, Коваленко Л. Використання інноваційних підходів до збереження харчової цінності продуктів під час термічної обробки. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025 [цитовано 20 січ. 2026]; Feb 19;(1(15)):27-32. [http://dx.doi.org/10.32782/2708-4949.1\(15\).2025.5](http://dx.doi.org/10.32782/2708-4949.1(15).2025.5).
 21. Lisboa HM, Pasquali MB, dos Anjos AI, Sarinho AM, de Melo ED, Andrade R, et al. Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. *Sustainability*. 2024 [цитовано 21 січ. 2026]; Sep 21;16(18):8223. <http://dx.doi.org/10.3390/su16188223>.
 22. Biasin M, Strizzi S, Bianco A, Macchi A, Utyro O, Pareschi G, et al. UV and violet light can Neutralize SARS-CoV-2 Infectivity. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Jun;10:100107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpap.2021.100107>.
 23. Guerrero S, Schenk M, Fenoglio D, Andreone A, Kozono ML. Ultraviolet light for food and beverage preservation: exploring the latest advancements and potential challenges ahead. *Innovative Food Packaging and Processing Technologies*. 2025 [цитовано 22 січ. 2026]; 45-107. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-91742-1.00014-3>.
 24. Guerrero SN, Ferrario M, Schenk M, Fenoglio D, Andreone A. Ultraviolet Light. *Electromagnetic Technologies in Food Science*. 2021 [цитовано 20 січ. 2026]; Nov 18;128-80. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119759522.ch6>.

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

25. Wang J, Chen J, Sun Y, He J, Zhou C, Xia Q, et al. Ultraviolet-radiation technology for preservation of meat and meat products: Recent advances and future trends. *Food Control*. 2023 [цитовано 22 січ. 2026]; Jun;148:109684. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109684>.
26. Tchonkouang RD, Lima AR, Quintino AC, Cristofoli NL, Vieira MC. UV-C Light: A Promising Preservation Technology for Vegetable-Based Nonsolid Food Products. *Foods*. 2023 [цитовано 20 січ. 2026]; Aug 27;12(17):3227. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12173227>.
27. Pandiselvam R, Barut Gök S, Yüksel AN, Tekgül Y, Çalışkan Koç G, Kothakota A. Evaluation of the impact of UV radiation on rheological and textural properties of food. *Journal of Texture Studies*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Mar 10;53(6):800–8. <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12670>.
28. Rajasekaran B, Murugan G, Venkatachalam K. Impact of UV Irradiation on the Color Profile of Food. *Non-Thermal Food Processing Technologies*. 2024 [цитовано 22 січ. 2026]; Aug 13;201–21. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003486916-8>.
29. Sardar NR. Ultraviolet light food processing: A mini concept. *Emergent Life Sciences Research*. 2023 [цитовано 22 січ. 2026]; 09(01):49–53. <http://dx.doi.org/10.31783/elsr.2023.914953>.
30. Семенов АО, Попов СВ, Сахно ТВ, Тарасенко ДС. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астрыя»;2023 [цитовано 20 січ. 2026]. 190.
31. Chiozzi V, Agriropoulou S, Varzakas T. Advances, Applications, and Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, and Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. *Applied Sciences*. 2022 [цитовано 20 січ. 2026]; Feb 20;12(4):2202. <http://dx.doi.org/10.3390/app12042202>.
32. Yemmireddy V, Adhikari A, Moreira J. Effect of ultraviolet light treatment on microbiological safety and quality of fresh produce: An overview. *Frontiers in Nutrition*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Jul 22;9. <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2022.871243>.
33. Leonov YuI, Vergolyas MR, et al. Ways of improving the method of using UV radiation for disinfecting drinking water (literature review). *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2023 [цитовано 22 січ. 2026]; Jun 30;2023(2):151–60. <http://dx.doi.org/10.33573/ujoh2023.02.151>.
34. Salazar F, Pizarro-Oteiza S, Kasahara I, Labbé M. Effect of ultraviolet light-emitting diode processing on fruit and vegetable-based liquid foods: A review. *Frontiers in Nutrition*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Nov 29;9. <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2022.1020886>.
35. Salazar-Zúñiga MN, Lugo-Cervantes E, Rodríguez-Campos J, Sanchez-Vega R, Rodríguez-Roque MJ, Valdivia-Nájara CG. Pulsed Light Processing in the Preservation of Juices and Fresh-Cut Fruits: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Aug 15;16(3):510–25. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-022-02891-4>.
36. Sunil CK, Goyal MR, Birwal P, Mahendran R. Nonthermal Light-Based Technologies in Food Processing. Apple Academic Press; 2024 [цитовано 22 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003503743>.
37. Nguyen T, Palmer J, Loo T, Shilton A, Petcu M, Newson HL, et al. Investigation of UV light treatment (254 nm) on the reduction of aflatoxin M1 in skim milk and degradation products after treatment. *Food Chemistry*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Oct;390:133165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133165>.
38. Hales BR, Walsh MK, Bastarrachea LJ. Synergistic effect of high-intensity ultrasound, UV-A light, and natural preservatives on microbial inactivation in milk. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Jan 27;46(3). <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.16392>
39. Darré M, Vicente AR, Cisneros-Zevallos L, Artés-Hernández F. Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. *Foods*. 2022 [цитовано 22 січ. 2026]; Feb 23;11(5):653. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11050653>.
40. Lisboa HM, Pasquali MB, dos Anjos AI, Sarinho AM, de Melo ED, Andrade R, et al. Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. *Sustainability*. 2024 [цитовано 22 січ. 2026]; Sep 21;16(18):8223. <http://dx.doi.org/10.3390/su16188223>.
41. Singh C, Joshi NU, Kumar R, Neha, Kumar A. Ultraviolet Rays in Food Processing. *Nonthermal Food Engineering Operations*. 2024 [цитовано 22 січ. 2026]; May 23;435–85. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119776468.ch13>.
42. Pihen C, Paris MJ, López-Malo A, Ramírez-Corona N. Microbial Food Safety Through Emerging Technologies Based on Ultraviolet Light for Liquid Food Processing. *Contributions of Chemical Engineering to Sustainability*. 2024 [цитовано 22 січ. 2026]; 21–70. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-55594-7_2.
43. Rabbani A, Ayyash M, D'Costa CDC, Chen G, Xu Y, Kamal-Eldin A. Effect of Heat Pasteurization and Sterilization on Milk Safety, Composition, Sensory Properties, and Nutritional Quality. *Foods*. 2025 [цитовано 22 січ. 2026]; Apr 14;14(8):1342. <http://dx.doi.org/10.3390/foods14081342>.
44. Liu X, Zhou K, Chen B, Xie Y, Ma Y, Zhou H, et al. Insight into the evolution of textural properties and juiciness of ready-to-eat chicken breasts upon

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- different thermal sterilization: From the perspective of protein degradation. *Journal of Texture Studies*. 2024 [цитовано 22 січ. 2026]; May 22;55(3). <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12835>.
45. Wu M, Zhang S, Long R, Mintah BK, Dabbour M, Ma H, et al. Research Progress on the Effects of Thermosonication on the Sterilization and Quality of Liquid Foods. *Journal of Food Process Engineering*. 2025 [цитовано 22 січ. 2026]; Jul;48(7). <http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.70189>.
46. Jaiswal M., Debbarma M., Makroo H. A., Koutchma T., Srivastava B. Food Preservation Using Ultraviolet Light. In *Emerging Technologies in Food Preservation* (pp. 159-198). CRC Press; 2023 [цитовано 22 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003147978>.
47. Hamouda SA, Alshawish NK, Abdalla YK, Ibrahim MK. Ultraviolet Radiation: Health Risks and Benefits. *Saudi Journal of Engineering and Technology*. 2022 [цитовано 9 лют. 2026]. Nov 18;7(10):533-41. <http://dx.doi.org/10.36348/sjet.2022.v07i10.001>.
48. Görlitz M, Justen L, Rochette PJ, Buonanno M, Welch D, Kleiman NJ, et al. Assessing the safety of new germicidal-far UV-C-technologies. *Photochemistry and Photobiology*. 2023 [цитовано 9 лют. 2026]. Nov 6;100(3):501-20. <http://dx.doi.org/10.1111/php.13866>.
49. Matthew UO, Nwanakwaugwu AC, Kazaure JS, Nwamouh UC, Haruna K, Okafor NU, et al. Ultra Violet (UV) Light Irradiation Device for Hospital Disinfection. *International Journal of Information Communication Technologies and Human Development*. 2022 [цитовано 9 лют. 2026]. Nov 18;14(1):1-24. <http://dx.doi.org/10.4018/ijcthd.313978>.
50. Mugiharto L, Sudiarto A, Simbolon L, Suparlan S, Pasadena W. UV-C Technology to Support Air Quality For Safety Work and Security From Biological Agent Threats. *Elkawanie*. 2022 [цитовано 9 лют. 2026]. Jun 30;8(1):161. <http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v8i1.12028>.
51. Cherrie JW, Cherrie MPC. Workplace exposure to UV radiation and strategies to minimize cancer risk. *British Medical Bulletin*. 2022 [цитовано 10 лют. 2026]. Aug 17;144(1):45-56. <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/ldac019>.
52. Patel V, Chesmore A, Legner CM, Pandey S. Trends in Workplace Wearable Technologies and Connected-Worker Solutions for Next-Generation Occupational Safety, Health, and Productivity. *Advanced Intelligent Systems*. 2021 [цитовано 10 лют. 2026]. Sep 23;4(1). <http://dx.doi.org/10.1002/aisy.202100099>.
53. Palanisamy Y, Kadirvel V, Ganesan ND. Recent technological advances in food packaging: sensors, automation, and application. *Sustainable Food Technology*. 2025 [цитовано 10 лют. 2026]. 3(1):161-80. <http://dx.doi.org/10.1039/d4fb00296b>.
54. Henning A, J. Downs N, Vanos JK. Wearable ultraviolet radiation sensors for research and personal use. *International Journal of Biometeorology*. 2021 [цитовано 10 лют. 2026]. Nov 7;66(3):627-40. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-021-02216-8>.

References

1. Snyder AB, Martin N, Wiedmann M. Microbial food spoilage: impact, causative agents and control strategies. *Nature Reviews Microbiology*. 2024 [дата звернення 20 січ. 2026]; Apr 3;22(9):528-42. <http://dx.doi.org/10.1038/s41579-024-01037-x>.
2. Grace D. Burden of foodborne disease in low-income and middle-income countries and opportunities for scaling food safety interventions. *Food Security*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; Sep 5;15(6):1475-88. <http://dx.doi.org/10.1007/s12571-023-01391-3>.
3. Drebot O, Palapa N, Dikhtyar I. Food security is a global problem of humanity and the main factors affecting it. *Agroecological journal*. 2024 [дата звернення 20 січ. 2026]; Jul 18;(3):6-17. <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311176>.
4. Sorbo A, Pucci E, Nobili C, Taglieri I, Passeri D, Zoani C. Food Safety Assessment: Overview of Metrological Issues and Regulatory Aspects in the European Union. *Separations*. 2022 [дата звернення 20 січ. 2026]; Feb 17;9(2):53. <http://dx.doi.org/10.3390/separations9020053>.
5. Nasirkhodjaeva D, Yatsenko O, Topildiev S, Bibla I. *Global Food Security: Condition, Problems and Areas of Provision*. Міжнародна економічна політика. 2022 [дата звернення 20 січ. 2026]; Dec 1;(37):7-37. <http://dx.doi.org/10.33111/iep.2022.37.01>.
6. Priss O. The Development of the World Economy and the Impact of the Global Food Crisis 2022-2023. *Economic Affairs*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; Feb 12;68(1s). <http://dx.doi.org/10.46852/0424-2513.1s.2023.5>.
7. Gupta AK, Chaudhary A. Food poisoning: causes, its effects and control. *INWASCON Technology Magazine*. 2022 [дата звернення 21 січ. 2026]; 4:59-61. <http://dx.doi.org/10.26480/itechmag.04.2022.59.61>.
8. Adeyeye SAO, Ashaolu TJ, Babu AS. Food Drying: A Review. *Agricultural Reviews*. 2022 [дата звернення 21 січ. 2026]; Jul 30;(Of). <http://dx.doi.org/10.18805/ag.r-2537>.
9. Deak T, Mohácsi-Farkas C. Thermal Treatment. *Food Safety Management*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; 405-19. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-820013-1.00008-5>.
10. Azizi-Lalabadi M, Moghaddam NR, Jafari SM. Pasteurization in the food industry. *Thermal*

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- Processing of Food Products by Steam and Hot Water. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; 247–73. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-818616-9.00009-2>.
11. Dash KK, Fayaz U, Dar AH, Shams R, Manzoor S, Sundarsingh A, et al. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*. 2022 [дата звернення 20 січ. 2026]; Oct;1:100041. <http://dx.doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>.
 12. Deak T, Mohácsi-Farkas C. Thermal Treatment. *Food Safety Management*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; 405–19. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-820013-1.00008-5>.
 13. Titikshya S, Sahoo M, Kumar V, Naik SN. Microbial Inactivation with Heat Treatments. *Thermal Food Engineering Operations*. 2022 [дата звернення 20 січ. 2026]; Mar 28;45–74. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119776437.ch2>.
 14. Galanakis CM. The Future of Food. *Foods*. 2024 [дата звернення 20 січ. 2026]; Feb 6;13(4):506. <http://dx.doi.org/10.3390/foods13040506>.
 15. Li M, Zhou C, Wang B, Zeng S, Mu R, Li G, et al. Research progress and application of ultrasonic- and microwave-assisted food processing technology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023 [дата звернення 21 січ. 2026]; Jun 22;22(5):3707–31. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.13198>.
 16. Onyeaka H, Miri T, Hart A, Anumudu C, Nwabor OF. Application of Ultrasound Technology in Food Processing with emphasis on bacterial spores. *Food Reviews International*. 2021 [дата звернення 20 січ. 2026]; Dec 6;39(7):3663–75. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2021.2013255>.
 17. Saulais L, Corcuff R, Boonefaes E. Natural and healthy? Consumers knowledge, understanding and preferences regarding naturalness and healthiness of processed foods. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; Mar;31:100662. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100662>.
 18. Talib A, Samad A, Hossain MJ, Muazzam A, Anwar B, Atique R, et al. Modern trends and techniques for food preservation. *Food and Life*. 2024 [дата звернення 21 січ. 2026]; Mar 30;2024(1):19–32. <http://dx.doi.org/10.5851/fl.2024.e6>.
 19. Kumar S, Mukherjee A, Mitra A, Halder D. *Emerging Technologies in Food Preservation*. CRC Press; 2023 [дата звернення 21 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003147978>.
 20. Osypova L, Zhmud A, & Kovalenko L. (2025). Use of innovative approaches to preserve the nutritional value of products during heat treatment. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industr.* 2025 [дата звернення 20 січ. 2026]; Feb 19;(1(15)):27–32. [http://dx.doi.org/10.32782/2708-4949.1\(15\).2025.5](http://dx.doi.org/10.32782/2708-4949.1(15).2025.5).
 21. Lisboa HM, Pasquali MB, dos Anjos AI, Sarinho AM, de Melo ED, Andrade R, et al. Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. *Sustainability*. 2024 [дата звернення 21 січ. 2026]; Sep 21;16(18):8223. <http://dx.doi.org/10.3390/su16188223>.
 22. Biasin M, Strizzi S, Bianco A, Macchi A, Utyro O, Pareschi G, et al. UV and violet light can Neutralize SARS-CoV-2 Infectivity. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jun;10:100107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpap.2021.100107>.
 23. Guerrero S, Schenk M, Fenoglio D, Andreone A, Kozono ML. Ultraviolet light for food and beverage preservation: exploring the latest advancements and potential challenges ahead. *Innovative Food Packaging and Processing Technologies*. 2025 [дата звернення 22 січ. 2026]; 45–107. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-91742-1.00014-3>.
 24. Guerrero SN, Ferrario M, Schenk M, Fenoglio D, Andreone A. Ultraviolet Light. *Electromagnetic Technologies in Food Science*. 2021 [дата звернення 20 січ. 2026]; Nov 18;128–80. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119759522.ch6>.
 25. Wang J, Chen J, Sun Y, He J, Zhou C, Xia Q, et al. Ultraviolet-radiation technology for preservation of meat and meat products: Recent advances and future trends. *Food Control*. 2023 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jun;148:109684. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109684>.
 26. Tchoukouang RD, Lima AR, Quintino AC, Cristofoli NL, Vieira MC. UV-C Light: A Promising Preservation Technology for Vegetable-Based Nonsolid Food Products. *Foods*. 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]; Aug 27;12(17):3227. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12173227>.
 27. Pandiselvam R, Barut Gök S, Yüksel AN, Tekgül Y, Çalışkan Koç G, Kothakota A. Evaluation of the impact of UV radiation on rheological and textural properties of food. *Journal of Texture Studies*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Mar 10;53(6):800–8. <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12670>.
 28. Rajasekaran B, Murugan G, Venkatachalam K. Impact of UV Irradiation on the Color Profile of Food. *Non-Thermal Food Processing Technologies*. 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]; Aug 13;201–21. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003486916-8>.
 29. Sardar NR. Ultraviolet light food processing: A mini concept. *Emergent Life Sciences Research*. 2023 [дата звернення 22 січ. 2026]; 09(01):49–53. <http://dx.doi.org/10.31783/elsr.2023.914953>.
 30. Semenov AO, Popov SV, Sahnó TV, Tarasenko DS. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: РР «Астра»; 2023 [дата звернення 20 січ. 2026]. 190.

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

31. Chiozzi V, Agriopoulou S, Varzakas T. Advances, Applications, and Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, and Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. *Applied Sciences*. 2022 [дата звернення 20 січ. 2026]; Feb 20;12(4):2202. <http://dx.doi.org/10.3390/app12042202>.
32. Yemmireddy V, Adhikari A, Moreira J. Effect of ultraviolet light treatment on microbiological safety and quality of fresh produce: An overview. *Frontiers in Nutrition*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jul 22;9. <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2022.871243>.
33. Leonov YuI, Vergolyas MR, et al. Ways of improving the method of using UV radiation for disinfecting drinking water (literature review). *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2023 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jun 30;2023(2):151–60. <http://dx.doi.org/10.33573/ujoh2023.02.151>.
34. Salazar F, Pizarro-Oteiza S, Kasahara I, Labbé M. Effect of ultraviolet light-emitting diode processing on fruit and vegetable-based liquid foods: A review. *Frontiers in Nutrition*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Nov 29;9. <http://dx.doi.org/10.3389/fnut.2022.1020886>.
35. Salazar-Zúñiga MN, Lugo-Cervantes E, Rodríguez-Campos J, Sanchez-Vega R, Rodríguez-Roque MJ, Valdivia-Nájar CG. Pulsed Light Processing in the Preservation of Juices and Fresh-Cut Fruits: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Aug 15;16(3):510–25. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-022-02891-4>.
36. Sunil CK, Goyal MR, Birwal P, Mahendran R. Nonthermal Light-Based Technologies in Food Processing. Apple Academic Press; 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003503743>.
37. Nguyen T, Palmer J, Loo T, Shilton A, Petcu M, Newson HL, et al. Investigation of UV light treatment (254 nm) on the reduction of aflatoxin M1 in skim milk and degradation products after treatment. *Food Chemistry*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Oct;390:133165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133165>.
38. Hales BR, Walsh MK, Bastarrachea LJ. Synergistic effect of high intensity ultrasound, UV-A light, and natural preservatives on microbial inactivation in milk. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jan 27;46(3). <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.16392>
39. Darré M, Vicente AR, Cisneros-Zevallos L, Artés-Hernández F. Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. *Foods*. 2022 [дата звернення 22 січ. 2026]; Feb 23;11(5):653. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11050653>.
40. Lisboa HM, Pasquali MB, dos Anjos AI, Sarinho AM, de Melo ED, Andrade R, et al. Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. *Sustainability*. 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]; Sep 21;16(18):8223. <http://dx.doi.org/10.3390/su16188223>.
41. Singh C, Joshi NU, Kumar R, Neha, Kumar A. Ultraviolet Rays in Food Processing. *Nonthermal Food Engineering Operations*. 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]; May 23;435–85. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119776468.ch13>.
42. Pihen C, Paris MJ, López-Malo A, Ramírez-Corona N. Microbial Food Safety Through Emerging Technologies Based on Ultraviolet Light for Liquid Food Processing. *Contributions of Chemical Engineering to Sustainability*. 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]; 21–70. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-55594-7_2.
43. Rabbani A, Ayyash M, D'Costa CDC, Chen G, Xu Y, Kamal-Eldin A. Effect of Heat Pasteurization and Sterilization on Milk Safety, Composition, Sensory Properties, and Nutritional Quality. *Foods*. 2025 [дата звернення 22 січ. 2026]; Apr 14;14(8):1342. <http://dx.doi.org/10.3390/foods14081342>.
44. Liu X, Zhou K, Chen B, Xie Y, Ma Y, Zhou H, et al. Insight into the evolution of textural properties and juiciness of ready-to-eat chicken breasts upon different thermal sterilization: From the perspective of protein degradation. *Journal of Texture Studies*. 2024 [дата звернення 22 січ. 2026]; May 22;55(3). <http://dx.doi.org/10.1111/jtxs.12835>.
45. Wu M, Zhang S, Long R, Mintah BK, Dabbour M, Ma H, et al. Research Progress on the Effects of Thermo-sonication on the Sterilization and Quality of Liquid Foods. *Journal of Food Process Engineering*. 2025 [дата звернення 22 січ. 2026]; Jul;48(7). <http://dx.doi.org/10.1111/jfpe.70189>.
46. Jaiswal M., Debbarma M., Makroo H. A., Koutchma T., Srivastava B. Food Preservation Using Ultraviolet Light. In *Emerging Technologies in Food Preservation* (pp. 159-198). CRC Press; 2023 [дата звернення 22 січ. 2026]. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003147978>.
47. Hamouda SA, Alshawish NK, Abdalla YK, Ibrahim MK. Ultraviolet Radiation: Health Risks and Benefits. *Saudi Journal of Engineering and Technology*. 2022 [дата звернення 9 лют. 2026]. Nov 18;7(10):533–41. <http://dx.doi.org/10.36348/sjet.2022.v07i10.001>.
48. Görlitz M, Justen L, Rochette PJ, Buonanno M, Welch D, Kleiman NJ, et al. Assessing the safety of new germicidal far-UVC technologies. *Photochemistry and Photobiology*. 2023 [дата звернення 9 лют. 2026]. Nov 6;100(3):501–20. <http://dx.doi.org/10.1111/php.13866>.
49. Matthew UO, Nwanakwaugwu AC, Kazaure JS, Nwamouh UC, Haruna K, Okafor NU, et al. Ultra Violet (UV) Light Irradiation Device for Hospital Disinfection. *International Journal of Information Communication*

Розділ 1. Природничі науки в медицині
Section 1. Natural sciences in medicine

- Technologies and Human Development. 2022 [дата звернення 9 лют. 2026]. Nov 18;14(1):1-24. <http://dx.doi.org/10.4018/ijicthd.313978>.
50. Mugiharto L, Sudiarso A, Simbolon L, Suparlan S, Pasadena W. UV-C Technology to Support Air Quality For Safety Work and Security From Biological Agent Threats. Elkawnie. 2022 [дата звернення 9 лют. 2026]. Jun 30;8(1):161. <http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v8i1.12028>.
51. Cherrie JW, Cherrie MPC. Workplace exposure to UV radiation and strategies to minimize cancer risk. British Medical Bulletin. 2022 [дата звернення 10 лют. 2026]. Aug 17;144(1):45-56. <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/ldac019>.
52. Patel V, Chesmore A, Legner CM, Pandey S. Trends in Workplace Wearable Technologies and Connected-Worker Solutions for Next-Generation Occupational Safety, Health, and Productivity. Advanced Intelligent Systems. 2021 [дата звернення 10 лют. 2026]. Sep 23;4(1). <http://dx.doi.org/10.1002/aisy.202100099>.
53. Palanisamy Y, Kadirvel V, Ganesan ND. Recent technological advances in food packaging: sensors, automation, and application. Sustainable Food Technology. 2025 [дата звернення 10 лют. 2026]. 3(1):161-80. <http://dx.doi.org/10.1039/d4fb00296b>.
54. Henning A, J. Downs N, Vanos JK. Wearable ultraviolet radiation sensors for research and personal use. International Journal of Biometeorology. 2021 [дата звернення 10 лют. 2026]. Nov 7;66(3):627-40. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-021-02216-8>.