



УДК 615.454.2:543:866:617.34

COSMETIC MICROBIOLOGY: CURRENT STATE, CHALLENGES AND PROSPECTS

КОСМЕТИЧНА МІКРОБІОЛОГІЯ: СУЧАСНИЙ СТАН, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Petrosova V. I./ Петросова В. І.*Candidate of Biological Sciences
Associate Professor./К.б.н., доцент
ORCID: 0000-0001-6256-8003**ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
біологічний факультет кафедра генетики,
фізіології рослин і мікробіології
м. Ужгород, Україна**STATE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION
“UZHGOROD NATIONAL UNIVERSITY”
Faculty of Biology Department of Genetics,
Plant Physiology and Microbiology
Uzhhorod, Ukraine*

Анотація. Метою огляду було узагальнити сучасні уявлення про мікробіологічні аспекти розробки, виробництва та контролю якості косметичних засобів, а також роль мікробіому шкіри у безпечності та ефективності косметики. Аналітичний огляд сучасних публікацій проводився у базах даних PubMed, Web of Science, Scopus, а також чинних нормативних документів щодо мікробіологічної безпечності косметичної продукції. Показано, що косметична мікробіологія виходить за межі традиційного мікробіологічного контролю готових продуктів і охоплює вплив косметики на мікробіом шкіри, розробку систем консервантів, біозахисних формул, пробіотичних і постбіотичних засобів. Розглянуто основні групи мікроорганізмів-контамінантів косметичних засобів, фактори ризику контамінації на різних етапах життєвого циклу продукту, сучасні методи мікробіологічного контролю (традиційні та швидкі/альтернативні методи), підходи до оцінки ефективності консервантів (challenge-тести). Особливу увагу приділено концепції мікробіому шкіри та її врахуванню при створенні «мікробіом-дружньої» косметики. Висновки. Косметична мікробіологія є міждисциплінарною галуззю, що інтегрує класичні мікробіологічні підходи, молекулярні методи, регуляторні вимоги та знання про мікробіом шкіри. Подальший розвиток пов'язаний із впровадженням швидких методів контролю, персоналізованих рішень на основі мікробіому та удосконаленням нормативної бази з урахуванням нових типів косметичних продуктів.

Ключові слова: косметична мікробіологія, мікробіом шкіри, косметичні засоби, консерванти, мікробіологічний контроль, безпечність косметики.

Вступ.

Косметична індустрія є одним із найбільш динамічно зростаючих секторів світової економіки. Паралельно з розширенням асортименту косметичних засобів зростає увага до їхньої безпечності, якості та впливу на шкіру і її мікробіом. Мікробіологічні аспекти в косметиці традиційно асоціювалися лише



з ризиком мікробної контамінації продукції та можливістю виникнення інфекційних чи токсико-алергійних реакцій. Однак останніми роками відбувся концептуальний зсув: косметична мікробіологія включає не лише запобігання забрудненню, а й цілеспрямований вплив на мікробіом шкіри, створення пробіотичної косметики, засобів для підтримання мікробіомного балансу. Це вимагає переосмислення критеріїв мікробіологічної якості, розробки нових методів контролю та оновлення нормативних підходів.

Метою даної оглядової статті є систематизація сучасних даних щодо основних джерел і видів мікробної контамінації косметики; патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, релевантних для косметичної продукції; нормативних вимог до мікробіологічної безпечності; систем консервування та методів оцінки їхньої ефективності; ролі мікробіому шкіри в розробці та оцінці косметичних засобів; перспективних напрямів розвитку косметичної мікробіології.

Косметична мікробіологія – це розділ прикладної мікробіології, що вивчає: мікробну контамінацію косметичних засобів на всіх етапах – від сировини до використання споживачем; взаємодію косметичних інгредієнтів (у тому числі консервантів, поверхнево-активних речовин, рослинних екстрактів тощо) з мікроорганізмами; вплив косметики на мікробіом шкіри та пов'язані з цим ефекти (захисні, подразнювальні, імуномодулюючі); методи мікробіологічного контролю для забезпечення якості та безпечності продукції. У мікробіології косметики часто виділяють:

Водні та емульсійні засоби (креми, лосьйони, шампуні, гелі) – найбільш схильні до мікробного росту через наявність води та поживних компонентів.

Безводні форми (помади, олії, деякі пудри) – менш ризиковані, але можуть бути контаміновані спорами, дріжджами, пліснями.

Продукти для дитячого догляду, навколо очей, для слизових – мають більш жорсткі вимоги до мікробіологічної чистоти.

“Натуральна”/“органічна” косметика – через менший рівень консервування може мати підвищений ризик мікробного росту.



Пробіотична/постбіотична косметика – принципово нова категорія, де цілеспрямовано вводять живі мікроорганізми або їх метаболіти.

Джерелами та чинниками мікробної контамінації косметики, може бути рослинна сировина, вода очищена, виробниче середовище й упаковка, контаміновані бактеріями родів *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Ralstonia*, дріжджів та плісень (Cosmetics Business, 2015; Certified Cosmetics, 2024). Рівень активності води, рН, поживність середовища, температура та ефективність консервантів є ключовими факторами, що визначають можливість росту мікроорганізмів у косметичних засобах (ISO, 2014; Saniter Lab, 2023). У косметичних засобах найчастіше виявляють *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативні стафілококи, *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia* complex, дріжджі роду *Candida* та плісені (*Aspergillus*, *Penicillium* тощо) (Cosmetics Business, 2015; Saniter Lab, 2023). Описано випадки спалахів інфекцій, пов'язаних із забрудненими засобами гігієни, зокрема участь комплексу *Burkholderia cepacia* у госпітальних інфекціях (Certified Cosmetics, 2024).

Нормативні вимоги та критерії мікробіологічної якості. Регламент (ЄС) №1223/2009 визначає, що косметичні продукти не повинні завдавати шкоди здоров'ю людини за нормальних або передбачуваних умов використання; він вимагає проведення оцінки безпечності та мікробіологічної стабільності (European Parliament and Council, 2009; SGS, 2020; ACC Chemicals, 2025). ISO 17516:2014 встановлює мікробіологічні межі: для продукції категорії 1 (діти до 3 років, очі, слизові) – $\leq 10^2$ КУО/г (мл), для інших продуктів – $\leq 10^3$ КУО/г (мл), а також відсутність специфічних патогенів у 1 г/мл зразка (ISO, 2014; Microbe Investigations, 2024).

Методи мікробіологічного контролю косметичних засобів. Мікробіологічний контроль косметичних засобів охоплює комплекс класичних культивуваційних і сучасних швидких методів, спрямованих на оцінку загального рівня контамінації, виявлення потенційних патогенів і перевірку ефективності консервувальних систем. Класичні культивуваційні методи (визначення загального аеробного мікробного числа, кількості дріжджів і плісень, виявлення



специфічних патогенних мікроорганізмів) стандартизовані в серії ISO 21149, ISO 16212, ISO 18415 (ISO, 2019; Itech Standards). Вони передбачають посів зразка або його розведень на селективні та неселективні живильні середовища, інкубацію за визначених умов (температура, тривалість, аеробні/анаеробні умови) та підрахунок колонієутворювальних одиниць (КУО/г або КУО/мл). Для виявлення патогенів (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* тощо) застосовують специфічні середовища та підтверджувальні тести (біохімічні панелі, MALDI-TOF, серологічні реакції). Особливу увагу приділяють підготовці зразка: гомогенізація, нейтралізація консервантів, вибір відповідного розчинника/нейтралізатора, щоб уникнути пригнічення росту тест-культур і отримати достовірні результати. Важливими є також валідація методик для конкретного матриксу (креми, емульсії, гелі, шампуні, декоративна косметика) і проведення контролю якості середовищ, реактивів та обладнання. Challenge-тест (Preservative Efficacy Test) за ISO 11930 є ключовим елементом оцінки мікробіологічної безпечності та стабільності косметичних засобів (ISO, 2019). Суть методу полягає в інокуляції готового продукту стандартизованими тест-штамами (*P. aeruginosa*, *S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*, *A. brasiliensis*) до заданої початкової концентрації та подальшому періодичному визначенні життєздатних мікроорганізмів упродовж заданого часу (наприклад, 7, 14, 28 діб) (Microchem Lab, 2021; microbe-investigations.com; Certified Cosmetics, 2024). Критерії прийнятності передбачають певний рівень зниження кількості мікроорганізмів (log-reduction) на проміжних і кінцевій точках спостереження. Challenge-тест дозволяє оцінити адекватність вибраної консервувальної системи, порівняти ефективність різних формул, виявити потенційно «вразливі» продукти (наприклад, із низьким вмістом консервантів, з високою часткою натуральних компонентів, що можуть слугувати живильним субстратом). У практиці контролю все більшої ваги набувають альтернативні та швидкі методи, що доповнюють класичні посіви та Challenge-тести. До них належать:



ПЛР та qPCR – дозволяють швидко виявляти ДНК окремих видів або груп мікроорганізмів (у тому числі некультивованих), ідентифікувати патогени та оцінювати зміни в структурі мікробіому під впливом косметичних засобів (Mim et al., 2024; Naykal et al., 2024).

Метагеноміка (16S rRNA/ITS-секвенування) – застосовується для глибокого аналізу мікробіому шкіри та продуктів, дозволяючи виявляти широкий спектр бактерій і грибів, оцінювати різноманіття, відносну чисельність таксонів та ефект косметики на мікробні спільноти. Це особливо актуально для мікробіом-орієнтованих продуктів.

Біолюмінесценція АТФ – експрес-метод оцінки загального рівня біомаси/контамінації за рахунок вимірювання аденозинтрифосфату (АТФ), який міститься в живих клітинах. Дає можливість швидко оцінити чистоту обладнання, поверхонь, води та іноді готових продуктів у рамках системи контролю довкілля виробництва.

Поточна (флуцитометрія) – використовується для швидкого підрахунку клітин, включаючи живі, пошкоджені та мертві, з можливістю диференціації за використанням флуоресцентних барвників. Такий підхід дозволяє оперативно оцінювати ефективність консервантів, санітарних заходів та зміни мікробних популяцій.

Ці методи активно впроваджуються в дослідження мікробіому, оптимізацію формул і валідацію систем якості, але наразі здебільшого доповнюють, а не замінюють стандартизовані культиваційні аналізи (Mim et al., 2024; Naykal et al., 2024). Важливими завданнями залишаються їх гармонізація з чинними нормативними документами, розробка валідаційних протоколів для різних типів продукції та інтеграція результатів у процедури оцінки ризику.

Перспективним напрямом є створення комбінованих підходів, коли традиційні посіви, Challenge-тест і швидкі молекулярні/інструментальні методики застосовуються комплексно, дозволяючи одночасно контролювати загальну мікробну безпечність, ефективність консервування та вплив продукту на мікробіом шкіри. В косметичній мікробіології часто застосовуються



консерванти як стратеги мікробіологічного захисту. Використання парабенів, формальдегід-донорів, органічних кислот та четвертинних амонієвих сполук залишається поширеним, однак зростає тиск на заміну «жорстких» консервантів більш безпечними або натуральними аналогами (Cosmetics Business, 2015; SharyPro, 2025). Концепція «hurdle technology» передбачає комбінування декількох бар'єрів – контроль рН, активності води, застосування «м'яких» консервантів, антиоксидантів, спеціальних систем пакування – для досягнення мікробіологічної стабільності (Saniter Lab, 2023; Ainia, 2024).

Мікробіом шкіри та мікробіом-орієнтована косметика. Мікробіом шкіри розглядають як складну екосистему бактерій, грибів, вірусів і кліщів, що формує першу лінію захисту організму, бере участь у підтриманні цілісності епідермального бар'єра, регуляції імунної відповіді та процесів старіння шкіри (Mim et al., 2024; Naykal et al., 2024; Woo et al., 2024). Сучасні огляди підкреслюють, що збалансований мікробіом (еубіоз) асоційований із нормальним зволоженням, кислотністю, антиоксидантним статусом шкіри, тоді як дисбіоз пов'язують з акне, атопічним дерматитом, розацеа, псоріазом та прискореним фотостарінням (Naykal et al., 2024; Prajapati et al., 2025). Вплив косметичних засобів на мікробіом шкіри нині є предметом інтенсивних досліджень. Показано, що очищувальні засоби, емоменти, сонцезахисні й антивікові продукти можуть змінювати різноманіття й метаболічну активність мікробіоти, причому «щадні» формули зі зниженим вмістом агресивних ПАР і з додаванням ліпідних компонентів здатні підтримувати мікробіом-дружній профіль (Mim et al., 2024; Cheviti et al., 2025). Це закладає основу для концепції персоналізованої косметики, коли вибір засобів ґрунтується не лише на типі шкіри, а й на індивідуальному мікробіомному профілі (Naykal et al., 2024; Sun et al., 2024). Пробиотики та їх метаболіти розглядають як один із ключових інструментів мікробіом-орієнтованої косметики. Згідно з клінічними та експериментальними даними, окремі штами *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus thermophilus* при топічному або системному застосуванні здатні покращувати бар'єрну функцію, підвищувати рівень керамідів, знижувати



запальні цитокіни та вираженість атопічного дерматиту, акне й сенситивності шкіри (De Almeida et al., 2023; Arora et al., 2024; Prajapati et al., 2025). У косметичних формулах пробіотики частіше використовують не як живі культури, а у вигляді лізатів або фільтратів ферментації, що поєднують біологічну активність із кращою стабільністю та сумісністю з консервантами (De Almeida et al., 2023). Постбіотики – це неживі мікроорганізми або їх компоненти (клітинні стінки, поверхневі білки, екзополісахариди, коротколанцюгові жирні кислоти, пептиди), які чинять сприятливий ефект на здоров'я хазяїна (Prajapati et al., 2025; Meena et al., 2025). У дерматології та косметології постбіотики розглядають як перспективну альтернативу класичним активним інгредієнтам: вони можуть модулювати вроджений і набутий імунітет, посилювати продукцію антимікробних пептидів, знижувати оксидативний стрес і стимулювати синтез ліпідів рогового шару (Prajapati et al., 2025). Експериментальні та перші клінічні дослідження демонструють здатність постбіотичних композицій зменшувати еритему, сухість і свербіж, покращувати текстуру та еластичність шкіри, що робить їх привабливими інгредієнтами антивікових та «sensitive-skin» формул (Wojciechowska et al., 2025; Meena et al., 2025). Окремий напрям – біоінженеровані та синтетично модифіковані мікроорганізми, здатні цілеспрямовано продукувати корисні метаболіти безпосередньо на поверхні шкіри. Концепція «bioengineered skin microbiome» передбачає створення штамів із запрограмованими функціями (синтез протизапальних молекул, нейтралізація токсинів, регуляція рН, конкурентне витіснення патогенів), що може радикально змінити підходи до косметичного та дерматологічного догляду (Atallah et al., 2025). Автори наголошують на потенціалі інтеграції синтетичної біології, органоїдних моделей шкіри та цифрових платформ (штучний інтелект, «digital twins»), які дозволять моделювати взаємодію інженерних бактерій із мікробіомом та епідермісом ще на доклінічному етапі. Водночас мікробіом-орієнтована косметика стикається з низкою викликів. Сюди належать стандартизація термінології (пробіотики, постбіотики, «мікробіом-дружні» продукти), відсутність уніфікованих методів оцінки впливу косметики на



мікробіом *in vivo*, регуляторна невизначеність щодо засобів з живими мікроорганізмами, а також питання довгострокової безпечності біоінженерованих штамів (Найкал et al., 2024; Atallah et al., 2025; Prajapati et al., 2025). Перспективними вважаються розробка валідованих панелей «мікробіомних» біомаркерів, створення міжнародних рекомендацій щодо тестування таких засобів і впровадження персоналізованих протоколів догляду, що поєднують аналіз мікробіому, стану бар'єрної функції та клінічних проявів. Сучасні огляди підкреслюють ключову роль мікробіому шкіри в підтриманні бар'єрної функції та імунного гомеостазу, а також його значення для персоналізованого догляду (Mim et al., 2024; Найкал et al., 2024). Пробиотики та їх метаболіти можуть покращувати бар'єрну функцію шкіри, зменшувати запалення та прояви акне й екземи; тому вони активно досліджуються як інгредієнти косметики (De Almeida et al., 2023; Prajapati et al., 2025; GSC Online Press, 2025). Постбіотики та біоінженеровані компоненти мікробіому розглядаються як перспективний напрям завдяки кращій стабільності й безпечності порівняно з живими культурами (Atallah et al., 2025; Hong et al., 2025).

Перспективні напрями розвитку. Персоналізована косметика на основі профілю мікробіому шкіри, використання штучного інтелекту та синтетичної біології для створення нових мікробіом-дружніх інгредієнтів і постбіотиків – ключові тренди найближчих років (Atallah et al., 2025; Prajapati et al., 2025; SharpPro, 2025).

Висновки.

Косметична мікробіологія – це швидко прогресуюча міждисциплінарна галузь, яка поєднує традиційні уявлення про мікробіологічну безпечність продуктів із новими знаннями про мікробіом шкіри й біоактивні інгредієнти. Забезпечення належної мікробіологічної якості косметики потребує комплексного підходу: контролю сировини, технологічного процесу, систем консервування, пакування та умов використання продукту. Сучасні тренди – розвиток мікробіом-дружньої, пробіотичної та постбіотичної косметики, перехід



до “м’яких” консервантів, впровадження швидких методів контролю – створюють нові можливості, але одночасно висувають додаткові вимоги до наукового обґрунтування, стандартизації та регулювання (Mim et al., 2024; De Almeida et al., 2023). Подальші дослідження мають бути спрямовані на глибше розуміння взаємодії між косметичними інгредієнтами, мікробіомом і організмом людини, а також на розробку чітких критеріїв оцінки безпеки та ефективності косметичної продукції.

Література:

1. Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council on cosmetic products // Official Journal of the European Union. – 2009. – L 342.
2. Cosmetic Regulation (EC) No 1223/2009: making safety assessments seamless / SGS. – 2020. – Режим доступу: <https://www.sgs.com>
3. European cosmetics regulation 1223/2009 – overview for manufacturers / CCIS-Expertise. – 2025. – Режим доступу: <https://www.ccis-expertise.com>
4. Microbiological quality of cosmetic products // Cosmetics Business. – 2015. – Режим доступу: <https://www.cosmeticsbusiness.com>
5. Microbiological quality of cosmetics and personal care products / Certified Cosmetics. – 2024. – Режим доступу: <https://www.certifiedcosmetics.com>
6. Microbiological quality of cosmetic products: main risks and control strategies / Saniter Lab. – 2023. – Режим доступу: <https://www.saniterlab.com>
7. De Almeida, C. V. Oral and topical probiotics and postbiotics in skincare and dermatological therapy: a concise review / C. V. De Almeida, та ін. // Dermatology and Therapy. – 2023.
8. Atallah, C. Bioengineered skin microbiome: the next frontier in cosmetics / C. Atallah, та ін. // Cosmetics. – 2025.
9. Hong, J. Y. Microbiome-based interventions for skin aging and barrier function / J. Y. Hong, та ін. // Annals of Dermatology. – 2025.
10. Mim, M. F. The dynamic relationship between skin microbiomes and skin care products / M. F. Mim, та ін. // Heliyon. – 2024.



11. Prajapati, S. K. Microbiome and postbiotics in skin health / S. K. Prajapati, та ін. // Biomedicines. – 2025.
12. ISO 17516:2014. Cosmetics – Microbiology – Microbiological limits. – Geneva : International Organization for Standardization, 2014. – 8 p.
13. ISO 11930:2019. Cosmetics – Microbiology – Evaluation of the antimicrobial protection of a cosmetic product. – Geneva : International Organization for Standardization, 2019.
14. ISO 21149:2017; ISO 16212:2017; ISO 18415:2017. Cosmetics – Microbiology – Enumeration and detection methods. – Geneva : International Organization for Standardization, 2017.
15. ISO 17516 test for cosmetic products – practical guide / Microbe Investigations. – 2024. – Режим доступу: <https://www.microbe-investigations.com>
16. Microbiological safety and cosmetic stability: standard plan for cosmetic brands / ShapyPro. – 2025. – Режим доступу: <https://www.shapypro.com>
17. How to ensure the microbiological safety of cosmetics: the Challenge Test is the answer / Ainia. – 2024. – Режим доступу: <https://www.ainia.es>
18. ISO 11930 – Preservative effectiveness test for cosmetic products / Microchem Laboratory. – 2021. – Режим доступу: <https://www.microchemlab.com>
19. Safety assessment – Cosmetic Product Safety Report (CPSR) / ACC Chemicals. – 2025. – Режим доступу: <https://www.acc-chemicals.com>
20. Role of probiotics in skin health: current trends and future perspectives / GSC Online Press. – 2025. – Режим доступу: <https://www.gsconlinepress.com>

Abstract. *The aim of this review was to summarize current concepts regarding microbiological aspects of the development, manufacturing and quality control of cosmetic products, as well as the role of the skin microbiome in the safety and efficacy of cosmetics. An analytical review of recent publications was carried out in the PubMed, Web of Science and Scopus databases, as well as of current regulatory documents on the microbiological safety of cosmetic products. It is shown that cosmetic microbiology goes beyond traditional microbiological control of finished products and includes the impact of cosmetics on the skin microbiome, the development of preservative systems, bio-protective formulations, and probiotic and postbiotic products. The main groups of microbial contaminants of cosmetic products, risk factors for contamination at different stages of the product life cycle, modern methods of microbiological control (conventional and rapid/alternative methods), and approaches to evaluating preservative efficacy (challenge tests) are considered. Special attention is paid to the concept of the skin microbiome and its consideration in the development of*



“microbiome-friendly” cosmetics. Conclusions. Cosmetic microbiology is an interdisciplinary field that integrates classical microbiological approaches, molecular methods, regulatory requirements and knowledge about the skin microbiome. Further development is associated with the implementation of rapid control methods, personalized solutions based on the microbiome, and the improvement of the regulatory framework taking into account new types of cosmetic products.

Keywords: *cosmetic microbiology, skin microbiome, cosmetic products, preservatives, microbiological control, cosmetic safety.*