

Грегірчак Н. М.

БІОЦИДНА ДІЯ КОМБІНОВАНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИНУ

Проведено визначення антимікробної дії нових дезінфікуючих засобів на основі солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) у комбінаціях з перекисом водню та персульфатом амонію щодо тест-культур мікроорганізмів різних груп (*Escherichia coli* IEM-1, *Bacillus subtilis* BT-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* P-3).

Ключові слова: полігексаметиленгуанідин, дезінфектант, мікроорганізм, комбінований біоцид, антимікробна дія.

1. Вступ

Виробництво якісної і безпечної продукції неможливе без дотримання на виробництві санітарно-гігієнічних вимог. Такі об'єкти, як технологічне обладнання, повітря, обслуговуючий персонал, пакувальні матеріали, потенційно становлять небезпеку мікробіологічного забруднення продукції [1].

Одними з найперспективніших сполук, що мають антимікробні властивості є полігексаметиленгуанідини (ПГМГ) [2]. На сьогодні вчені досліджують можливість їх використання як антисептиків для обробки рук [3], знезараження води [4] та навіть при лікуванні щелепно-лицьових захворювань [5]. Також відмічено низький рівень формування резистентності у мікроорганізмів відносно даних сполук [6]. Враховуючи те, що ПГМГ мають ряд переваг [2], створення комбінованих дезінфікуючих засобів на їх основі і дослідження антимікробних властивостей є актуальним.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Більшість використовуваних в Україні дезінфікуючих засобів різних хімічних груп мають подразнюючу дію, є канцерогенними, їх активність відносно більшості мікроорганізмів не є досить високою [1]. Для дезінфекції в різних галузях найчастіше застосовують *стирти* які є екологічно безпечними і відносно нетоксичними, але не мають спороцидних властивостей [7].

Альдегіди та засоби на їх основі мають широкий спектр антимікробної дії, швидко діють, добре розчиняються у воді. Але вони є нестабільними, можуть викликати опіки шкіри та подразнення слизових оболонок, дорого вартісні [1].

Хлорактивні сполуки ефективні проти бактерій, грибів, мікобактерій, вірусів, спор. Мають низьку вартість, добре розчиняються у воді. До їх суттєвих недоліків відносять корозію металів, токсичність, подразнюючу дію на персонал, нестабільність при зберіганні, екологічну небезпечність [7].

Кисневмісні засоби мають хороший мікробцидний ефект. Є екологічно безпечними, однак викликають корозію металів та деяких матеріалів [1].

Засоби на основі амінів мають широкий спектр антимікробної дії, відносну екологічну безпеку. В той же

час, значна частина науковців не виключає здатність таких препаратів викликати алергії, що звужує їх широке застосування в присутності персоналу. Вони не мають спороцидної дії [1, 7].

Полімерні сполуки на основі солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) високоефективні, мають широкий спектр біоцидної дії і при цьому є малотоксичними, розкладаються в навколишньому середовищі. Полігуанідини — утворюють на оброблюваних об'єктах наноплівку, що довго зберігається [2].

Одним із важливих питань ефективного використання дезінфекційних засобів є попередження формування резистентності у деяких мікроорганізмів в ході довготривалого застосування препаратів. Запобігти даному явищу можна використовуючи дезінфікуючі засоби у поєднанні з іншими речовинами [8].

Метою даної роботи було визначення ефективних мінімальних антимікробних концентрацій комбінованих препаратів на основі ПГМГ по відношенню до тест-культур мікроорганізмів.

3. Методи досліджень

Визначення мінімальних інгібуючих та біоцидних концентрацій проводили за стандартною методикою серійних послідовних розведень. Для цього до рідких поживних середовищ додавали дезінфікуючі засоби з концентрацією діючих речовин у таких співвідношеннях (%): ПГМГ (1); ПГМГ (0,8) і $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (0,2); ПГМГ (0,8) і H_2O_2 (0,2); ПГМГ (0,8) і $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,1) та H_2O_2 (0,1); $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,2); H_2O_2 (0,2). В кожне розведення вносили суспензію клітин мікроорганізму ($4-5 \times 10^5$ КУО/см³) — *Escherichia coli* IEM-1, *Bacillus subtilis* BT-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Candida albicans* D-6 та *Aspergillus niger* P-3.

4. Результати та обговорення

За стійкістю до дезінфікуючих засобів досліджувані бактерії розташовуються в такому порядку: спороутворюючі, грамнегативні, спори грибів, грампозитивні.

B. subtilis в несприятливих умовах утворює спори, які є стійкими до дії багатьох існуючих дезінфікуючих засобів. За результатами дії дезінфікуючих засобів на дану культуру встановлено, що всі комбіновані розчини концентрацією 9 мкг/мл мали ефективнішу дію

порівняно з розчином ПГМГ (табл. 1). Це свідчить про те, що багатокомпонентні розчини мають вищу спорозидну активність.

Таблиця 1

МІК та МБК досліджуваних розчинів щодо бактерій (за ПГМГ)

Тест-культура	E. coli		B. subtilis		S. aureus	
	МІК	МБК	МІК	МБК	МІК	МБК
Розчин (співвідношення діючих речовин) мкг/мл						
ПГМГ, H ₂ O ₂ (4:1)	9	19	4,5	9	9	19
ПГМГ, (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (4:1)	19	38	4,5	9	4,5	9
ПГМГ, H ₂ O ₂ , (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (4:0,5:0,5)	9	19	4,5	9	4,5	9
ПГМГ	19	38	19	38	9	19

Бактерія *E. coli* є санітарно-показовим мікроорганізмом, наявність якої на об'єктах свідчить про їх фекальне забруднення. По відношенню до неї найбільш ефективним виявився розчин ПГМГ з перекисом водню та ПГМГ з перекисом і персульфатом, оскільки бактерицидна дія спостерігалася при концентрації діючої речовини 19 мкг/мл, а інгібування — при 9 мкг/мл. У роботі [9] бактерицидна дія на різні штами *E. coli* спостерігалася при концентрації ПГМГ 7 мкг/мл, що може бути пов'язано з різним рівнем стійкості штамів *E. coli*. Це є свідченням того, що грамнегативні бактерії є менш чутливими до дії досліджуваних деззасобів, ніж грампозитивні.

Золотистий стафілокок *S. aureus* окрім ентеротоксину, що викликає кишкові отруєння, виробляє й інші токсини, що спричиняють різні захворювання у людини. Розчини ПГМГ з перекисом і персульфатом, ПГМГ з персульфатом проявили інгібування на *S. aureus* при концентрації 4,5 мкг/мл, а бактерицидну дію — при 9 мкг/мл, що вдвічі нижчі, ніж мінімальні концентрації розчину ПГМГ (табл. 1).

Дріжджі *C. albicans* можуть знаходитися на шкірі, у порожнині рота, слині й у мокротинні, однак за певних умов вони можуть викликати такі захворювання як кандидози. Встановлено, що статична дія відносно них спостерігалася вже за концентрації ПГМГ 2,3 мкг/мл, а за при 4,5 мкг/мл — фунгіцидна (табл. 2). Порівняно з результатами, наведеними в роботі [9] (за використання розчину ПГМГ), антимікробну дію комбінованих розчинів спостерігали за концентрацій, які були в 1,5 рази меншими. Отже, комбіновані розчини на основі ПГМГ мають вищу активність до *C. albicans*, ніж розчин полігексаметиленгуанідину.

Таблиця 2

МІК та МФК досліджуваних розчинів щодо грибів (за ПГМГ)

Тест-культура	C. albicans		A. niger	
	МІК	МФК	МІК	МФК
Розчин (співвідношення діючих речовин) мкг/мл				
ПГМГ, H ₂ O ₂ (4:1)	2,3	4,5	43	75
ПГМГ, (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (4:1)	2,3	4,5	75	150
ПГМГ, H ₂ O ₂ , (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (4:0,5:0,5)	2,3	4,5	43	75
ПГМГ	4,5	9	75	150

Що ж до мікроміцету *A. niger*, спори якого є стійкими до дії багатьох дезінфікуючих засобів, то фунгістатичну

дію спостерігали при концентрації ПГМГ 43 мкг/мл, фунгіцидну — 75 мкг/мл (для розчинів ПГМГ з перекисом водню і ПГМГ з перекисом та (NH₄)₂S₂O₈). Порівняно з результатами, наведеними в роботі [10] (190 мкг/мл для ПГМГ) встановлена нами мінімальна фунгіцидна концентрація є набагато нижчою, що свідчить про переваги використання комбінованих дезінфектантів на основі ПГМГ.

Отже, найефективнішу дію до тест-культур мікроорганізмів спостерігали для трьохкомпонентного розчину ПГМГ, H₂O₂, (NH₄)₂S₂O₈, але мінімальні інгібуючі та біоцидні концентрації розчину ПГМГ з перекисом були не набагато нижчими, а у більшості випадків такими, як і у попереднього розчину.

5. Висновки

За проведеними дослідженнями встановлено мінімальні біостатичні і біоцидні концентрації розчинів дезінфікуючих засобів для тест-культур *E. coli*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*. Відмічено бактерицидну активність суміші ПГМГ, перексиду та персульфату до досліджуваних культур за концентрацій 19; 9; 9 мкг/мл відповідно. Показано, що для досягнення фунгіцидної дії комбінованого розчину його концентрація має бути не менше 75 мкг/мл (за ПГМГ).

Література

1. Лезега, К. М. Універсальні засоби дезінфекції: плюси та мінуси [Текст] / К. М. Лезега // Управління закладом охорони здоров'я. — 2010. — № 1. — С. 64–73.
2. Полікарпов, Н. Действие ПАГов на микро- и макроорганизмы — две стороны одной медали [Текст] / Н. Полікарпов // Барьер безопасности. Экологический журнал. — 2004. — № 1. — С. 9–12.
3. Pummi, K. Occupational sensitization to polyhexamethylene guanidine hydrochloride in a non-alcoholic hand rub [Text] / K. Pummi, E. Kemppi, K. Lammintausta // Contact Dermatitis. — 2012. — Vol. 66(6). — P. 348–349.
4. Artemova, T. Z. The problem in the reactivation of microorganisms on evaluating the efficacy of water disinfectants [Text] / T. Z. Artemova, A. E. Nedachin, Z. I. Zhodakova, et al. // Gig. Sanit. — 2010. — Vol. 1. — P. 15–18.
5. Shipskii, A. V. Comparative analysis of antimicrobial action of polyhexametyleneguanide hydrochloride (Biopag) and chlorhexidine bigluconate upon potential infectious agent of suppurative-inflammatory diseases of maxillo-facial region and neck [Text] / A. V. Shipskii, V. V. Afanas'ev, N. A. Polikarpov et al. // Stomatologiya (Mosk). — 2007. — Vol. 86(3). — P. 46–50.
6. Oulé, M. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections [Text] / M. Oulé, R. Azinwi, A. Bernier et al. // Journal of Medical Microbiology. — 2008. — Vol. 57(12). — P. 1523–1528.
7. Худяков, А. А. Эффективная дезинфекция и подбор дезинфектанта [Текст] / А. А. Худяков // Ветеринария. — 2010. — № 2. — С. 18–22.
8. Лисиця, А. В. Механізми бактерицидної дії полігексаметиленгуанідину [Текст] / А. В. Лисиця // Наукові доповіді НУБіП. — 2011. — № 3(25).
9. Светлов, Д. А. Разработка технологии получения биоцидных композиций, содержащих гуанидин [Текст] / А. Д. Светлов, О. Д. Васильев, Ю. М. Макаревич // Строительство, архитектура, дизайн. — 2010. — № 1(8).

10. Koffi-Nevry, R. Assessment of the antifungal activities of poly-hexamethylene-guanidine hydrochloride (PHMGH)-based disinfectant against fungi isolated from papaya (*Carica papaya* L.) fruit [Text] / R. Koffi-Nevry, A. Manizan., K. Tano at al. // African Journal of Microbiology Research. – 2011. – Vol. 5(24). – P. 4162–4169.

БИОЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА

Проведено определение антимикробного действия новых дезинфицирующих средств на основе солей полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) в комбинациях с перекисью водорода и персульфатом аммония к тест – культурам микроорганизмов различных групп (*Escherichia coli* ИЭМ-1, *Bacillus subtilis* ВТ-2,

Staphylococcus aureus БМС-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* P-3).

Ключевые слова: полигексаметиленгуанидин, дезинфектант, микроорганизм, комбинированный биоцид, антимикробное действие.

Грегирчак Наталія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, Україна, e-mail: G_natal@ukr.net.

Грегирчак Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра биотехнологии и микробиологии, Национальный университет пищевых технологий, Украина.

Gregirchak Nataliya, National University of Food Technologies, Ukraine, e-mail: G_natal@ukr.net

УДК 504.7.064.3:614(083,74)

Комариста Б. М.

ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА В ОЦІНЦІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОДУКЦІЇ

Проаналізовані методи екологічної оцінки продукції. Викладені основні етапи оцінки продукції за життєвим циклом. Запропоновано підхід до оцінки впливу життєвого циклу продукційної системи. Розроблено алгоритм індексної оцінки життєвого циклу продукту на основі унітарного індексу впливу на навколишнє середовище.

Ключові слова: оцінка життєвого циклу, індексна оцінка, екологічна оцінка продукту, екологічний вплив.

1. Вступ

В даний час в усьому світі впроваджується концепція екологічної оцінки та раціонального вибору матеріалу для виробництва тієї чи іншої продукції з точки зору екологічної безпеки для навколишнього середовища і для людини [1]. Вводяться нові поняття — екологічна оцінка, життєвий цикл продукту, класифікація матеріалів згідно з вимогами щодо захисту навколишнього середовища, екологічно доцільний вибір матеріалів та ін. [2].

Щоб зменшити негативний вплив продукції на навколишнє середовище, необхідна її екологічна оцінка, що дозволяє реєструвати і характеризувати різні екологічні аспекти продукції та оптимізувати її [3]. Оскільки протягом свого життєвого циклу будь-яка продукція неодноразово робить внесок у забруднення навколишнього середовища, перш за все, при виробництві, використанні та утилізації, оцінка продукції повинна враховувати екологічні впливи на всіх стадіях життєвого циклу [4].

2. Основи екологічної оцінки матеріалів за «життєвим циклом»

Підходи до екологічної оцінки продукту згідно стандартів ISO-14000 можуть бути різними, але обов'язково аналізуються пов'язані з ними навантаження на довкілля за життєвим циклом продукту [5]. Це дозволяє вирішити екологічні завдання — скоротити кількість відходів і сприяти ресурсозбереженню [6].

Оцінка екологічних ефектів взаємодії продукту з навколишнім середовищем базується на комплексі

незалежних методів: метод порівняльного аналізу (експертний аналіз, метод міркувань); системний аналіз (метод «чорного ящика»); метод графів (орієнтовані графи для вирішення багатокomпонентних еколого-економічних завдань); кваліметричний метод (для оцінки інтегральної якості матеріалу).

3. Оцінка впливу продукту на навколишнє середовище

Нами запропонований індексний метод щодо оцінки екологічного впливу продукту на навколишнє середовище протягом його життєвого циклу [7–8]. Індексний метод передбачає отримання безрозмірних оцінок у вигляді показників за спрощеними математичними залежностями для зручності подальшого впровадження та використання цих оцінок відповідними регулюючими органами та донесення інформації щодо продукту до споживача [9–10].

Оцінка екологічного впливу виконується за допомогою унітарного індексу впливу життєвого циклу продукту на навколишнє середовище. В свою чергу даний показник складається з чотирьох унітарних індексних показників.

3.1. Унітарний індекс забруднення поверхневих вод.

Унітарного індексу викидів в поверхневі води розраховується за формулою:

$$I_{EMI_w} = \exp(-\exp(1,135 - 3,293 \times 10^{-1} \times J_{EMI_w})), \quad (1)$$

де J_{EMI_w} — індекс викидів в поверхневі води.