

УДК 54.18

Синергизм наночастиц серебра и меди как метод повышения их бактерицидной активности

Иванова Ирина Сергеевна^(*)

Ivanovaira1@yandex.ru

SPIN-код: 8581-3589

Попов Алексей Степанович

popovas1965@mail.ru

SPIN-код: 1580-1443

Калинина Анастасия Александровна

anastasiya.kalinina2006@mail.ru

ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Антибактериальная резистентность значительно повышает опасность стафилококковых инфекций. Использование наноматериалов является одним из перспективных направлений в решении данной проблемы. Проведено сравнительное исследование антибактериального действия на эпидермальный стафилококк ионов и наночастиц серебра и меди, их синергизм. Микробиологический анализ показал, что рост колоний эпидермального стафилококка зависит от концентрации растворов, синергизма и размера частиц. Синергетическое действие повышает эффективность, что позволяет уменьшить концентрации наночастиц, а, следовательно, и токсичность.

Ключевые слова: наночастицы серебра и меди, эпидермальный стафилококк, антибактериальная активность

Synergism of silver and copper nanoparticles as a method of increasing their bactericidal activity

Ivanova Irina Sergeevna^(*)

Ivanovaira1@yandex.ru

SPIN-code: 8581-3589

Popov Aleksey Stepanovich

popovas1965@mail.ru

SPIN-code: 1580-1443

Kalinina Anastasia Aleksandrovna

anastasiya.kalinina2006@mail.ru

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

Abstract. Antibacterial resistance significantly increases the risk of staphylococcal infections. The use of nanomaterials is one of the promising directions in solving this problem. A comparative study of the antibacterial effect of silver and copper ions and nanoparticles on epidermal staphylococcus and their synergism has been conducted. Microbiological analysis showed that the growth of epidermal staphylococcus colonies depends on the concentration of solutions, synergy, and particle size. The synergistic effect increases efficiency, which reduces the concentration of nanoparticles, and, consequently, the toxicity.

Keywords: silver and copper nanoparticles, epidermal staphylococcus, antibacterial activity

Введение. Стафилококковые инфекции являются значительной проблемой из-за устойчивости организмов к антибактериальным препаратам. Многие антибиотики, которые активно использовались раньше в борьбе со стафилококком (стрептомицин, хлортетрациклин), уже не помогают. Важно проводить исследования для поиска эффективных противомикробных веществ, которые могут заменить антибиотики.

Использование наноматериалов является одним из перспективных направлений. Исследователи отмечают, что для развития устойчивости к наночастицам требуется множество генетических мутаций, что подчеркивает их потенциал в борьбе с микроорганизмами, устойчивыми к нескольким препаратам.

Цель работы — сравнительное исследование антибактериального действия на эпидермальный стафилококк ионов и наночастиц серебра и меди, их синергизм.

Методы и материалы. Для эксперимента были взяты растворы нитрата серебра (I) и нитрата меди (II) с различными концентрациями иона Ag^+ и Cu^{2+} в диапазоне от 1 до 0,00001 моль/л.

Синтез наночастиц Ag–Cu был проведен ОВР методом.

Испытывалось действие суспензии частиц наноразмеров, на поверхности которых были химически адсорбированы ионы серебра и меди. Для этого в раствор растворимых солей серебра и/или меди добавлялась цинковая пыль при интенсивном перемешивании. В результате окислительно-восстановительной реакции замещения на поверхности частиц цинка образовывались атомы серебра (меди) и селективно адсорбировались ионы серебра (меди) или их смеси. Осажденные частицы вносились в чашки Петри.

Для подтверждения бактерицидных свойств ионов и наночастиц серебра и меди было проведено исследование на эпидермальный стафилококк (*Staphylococcus epidermidis*) — это сапрофитная флора кожных покровов и слизистой человека.

Бактериальную флору собрали с кожи рук при помощи стерильной ватной палочки, которую затем поместили в пробирку со стерильным физиологическим раствором. Посев бактерий «газоном» осуществлялся на универсальную питательную среду — мясопептонный агар (МПА) [1–3]. В центр чашки Петри стерильной пипеткой вносили приготовленные растворы. Чашку с отметкой «К» оставили для контрольного роста бактериальных колоний. Чашки Петри поместили в термостат на 24 часа при 37 °С. Все микробиологические исследования проводились в трех параллельных чашках Петри.

Результаты и обсуждение. На питательной среде чашек Петри «Контроль» отметили рост грамм положительных и грамм отрицательных бактерий, что было выяснено при микрокопировании колоний.

Рост колоний был обнаружен при концентрациях иона Ag^+ 0,0001 моль/л и меньше, а Cu^{2+} 0,04 моль/л и меньше.

Был выявлен синергетический бактерицидный эффект: у наночастиц Ag–Cu значительно больше, чем у ионов.

Возможно, это объясняется не только эффективным размером наночастиц, но и присутствием цинка.

У ионов синергизм незначительный, он проявляется при смешивании равных количеств концентраций иона Ag^+ 0,0001 моль/л и Cu^{2+} 0,04 моль/л.

Синергизм при добавлении к иону Ag^+ хлоридов, нитратов и сульфатов алюминия более ярко выражен. Это происходит по нескольким причинам: благодаря сильным электростатическим взаимодействиям, образованию комплексных соединений, снижению растворимости и уникальным структурным свойствам, которые возникают в результате взаимодействия этих ионов (например, конкуренция за активные центры на поверхности частиц, что приводит к более эффективному взаимодействию)

Заключение. Микробиологический анализ показал, что рост колоний эпидермального стафилококка зависит от концентрации растворов, синергизма и размера частиц. Синергетическое действие повышает эффективность, что позволяет уменьшить концентрации наночастиц, а, следовательно, и токсичность. Это соответствует четвертому принципу «зеленой химии» [4].

Список источников

- [1] Александрова П.А., Иванова И.С., Попов А.С., Бейшебаева Ч.Р. Спектрофотометрический анализ содержания S-алкил производных цистеина как фактора бактерицидного действия различных форм *Allium sativum* L. *Международный научно-исследовательский журнал*, 2022, № 6–5 (120), с. 92–99.
- [2] Ivanova I.S., Popov A.S. Correlation of different bioindicators in the analysis of the toxic effects of various aluminum salts. *Sviridov Readings* — 2021. Minsk, Belarusian State University, 2021, 82 p.
- [3] Ivanova I., Popov A., Chukhno A., Kovalkova S. A bioassay of the toxic effects of aluminum chloride and aluminum sulfate using *Auloforus* (*Dero furcata*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Ussurijsk, 2021, art. no. 022021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022021>
- [4] Anastas P.T., Warner J.C. *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York, Oxford University Press, 1998, 30 p.