

Антибактериальные свойства полимерных композитов, наполненных наночастицами серебра

Григорий Травин^{1,2}, Петр Снетков^{1,2}, Светлана Морозкина^{1,2}

Научный руководитель - Ирина Гаркушина²

¹ Университет ИТМО, Кронверкский пр. д. 41А, Санкт-Петербург, 197101, Россия

² Институт высокомолекулярных соединений РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Большой пр. ВО д. 31, Санкт-Петербург, 199004, Россия

Введение. Известно, что полимерные композиты, наполненные наночастицами серебра, могут использоваться как антибактериальные средства. Наночастицы серебра обладают выраженным антибактериальным эффектом в отношении клинически значимых штаммов микроорганизмов, в том числе, полирезистентных.

Основная часть. Полимерные комплексы, содержащие наночастицы серебра, способны разрушать клеточную мембрану бактерий, приводя к блокировке дыхания и питания клетки, кроме того, ионы серебра, высвобождаемые комплексами, могут поглощаться бактериями и вызывать их гибель благодаря цитотоксическим свойствам серебра. Также наночастицы серебра индуцируют образование реактивных форм кислорода, которые способствуют гибели бактерий [1]. Наночастицы серебра, стабилизированные гомологичной сывороткой крови исследуемого вида, показывают эффективность в борьбе с бактериями, устойчивыми к антибиотикам, при этом оставаясь намного менее токсичными к клеткам млекопитающих. Показано, что токсичность по отношению к клеткам хозяина зависит от выбора компонентов сыворотки. Эти наночастицы прикрепляются к быстро делящимся, отрицательно заряженным бактериальным клеткам и не могут быть эндоцитированы нормальными клетками хозяина из-за недостаточности рецептор-лигандного взаимодействия у частиц, покрытых собственными белками [2].

Комплексы с серебром с более высокими степенями окисления (Ag^{2+} и Ag^{3+}), по сравнению с одноионными, демонстрируют повышенную окислительную способность и потенциально могут вызывать больший окислительный стресс и нарушать системы переноса электронов и дыхания бактерий. Однако такие методы требуют усовершенствования, так как водная среда приводит к разложению и инаktivации солей серебра, ограничивая использование в традиционных терапевтических препаратах, но при модификации таких препаратов наблюдается возможность длительного сохранения антибактериальных свойств и стабильности физико-химических показателей [3].

Важнейшими факторами, влияющими на токсичность комплексов с наночастицами серебра и требующими дальнейших исследований, являются способы введения таких наночастиц, дозировка и структурные характеристики полимерных матриц. Необходимо найти баланс между этими факторами для совмещения антибактериальных свойств и отсутствия при этом токсичности, по отношению к организму пациента.

Было продемонстрировано, что микроволновое излучение может ускорять синтез таких комплексов [1]. Композиты на основе наночастиц серебра, полученные из бактерий *Aeromonas caviae*, обладают высокой антибактериальной активностью, низкой токсичностью и высокой стабильностью благодаря методике их синтеза с использованием биомассы бактерий. Этот процесс включает выращивание биомассы *A. caviae*, ее взаимодействие с раствором нитрата серебра и последующую обработку для получения композитов. Антибактериальные свойства этих композитов обусловлены размером, формой и стабильностью наночастиц, которые позволяют им эффективно проникать в бактериальные клетки и оказывать терапевтическое воздействие [4]. Исследования подчеркивают необходимость дальнейшего изучения их химической структуры и механизмов действия для разработки новых антибактериальных средств, а также способов модификации таких композитов.

Вывод. Композиты на основе наночастиц серебра эффективны против широкого спектра микроорганизмов, включая полирезистентные штаммы. Существует перспектива использования таких комплексов, но необходимы дальнейшие исследования для повышения их эффективности.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ "Курчатовский институт" тема 124013000730-3

Список использованных источников:

[1] Zhao Z.-y; et. al. Biosynthesis of Silver Nanoparticle Composites Based on Hesperidin and Pectin and Their Synergistic Antibacterial Mechanism. *Int. J. Biol. Macromol.* **2022**, *214*, 220–229. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.06.048.

[2] Parveen, R.; Maiti, P.K., Murmu, N.; et al. Preparation of serum capped silver nanoparticles for selective killing of microbial cells sparing host cells. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 11610. doi:10.1038/s41598-021-91031-7.

[3] Spina, C.J.; et. al. Silver oxynitrate gel formulation for enhanced stability and antibiofilm efficacy. *Int. J. Pharm.*, **2020**, *580*, 119197. doi:10.1016/j.ijpharm.2020.119197.

[4] Hussein, S.; Sulaiman, S.; Ali, S.; et al. Synthesis of Silver Nanoparticles from *Aeromonas caviae* for Antibacterial Activity and In Vivo Effects in Rats. *Biol Trace Elem Res*, **2023**. doi: 10.1007/s12011-023-03876-w.