

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТИЧНО-ОКИСЛЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ

Степура И.И.¹, Опарин А.Ю.¹, Степура В.И.², Маскевич С.А.²

¹Институт фармакологии и биохимии НАН Беларуси, Гродно, Беларусь

²Гродненский госуниверситет им. Янки Купалы, Гродно, Беларусь

stepuro@grsu.by

Высокий интерес исследователей к изучению свойств наночастиц серебра (Ag-наночастиц) связан с уникальными антимикробными свойствами серебра. Например, наночастицы серебра используются в настоящее время в клинической практике для лечения ожогов.

Антибактериальная активность Ag-наночастиц, как правило, на несколько порядков выше, нежели эквивалентных по массе ионов серебра в растворе, и зависит от содержания на поверхности хемосорбированных ионов Ag⁺. Сообщается [1], что наночастицы, состоящие из атомов серебра в восстановленной форме Ag(0), не обладают антибактериальной активностью.

Однако, наночастицы с хемосорбированными на поверхности ионами Ag⁺ (частично-окисленные наночастицы) менее устойчивы к агрегации, особенно, в растворах, содержащих электролиты. В данной работе изучали стабилизацию частично-окисленных наночастиц серебра сывороточным альбумином человека (САЧ).

Экспериментальная часть

Для получения коллоидов серебра разного размера использовали стандартные методики, подробно описанные ранее [1,2]. Наночастицы серебра с размерами 30-40 нм [2] получали при восстановлении ионов серебра в водном растворе с помощью цитрата натрия. Максимум полосы поглощения полученной суспензии приходится на 415 нм (рис. 1). Наночастицы восстановленного серебра сферической формы с размерами ~9 нм [1] были получены вследствие воздействия борогидридом натрия на водный раствор азотнокислого серебра в анаэробных условиях. Полученная суспензия наночастиц серебра обладала спектром поглощения с максимумом при 385 нм (рис. 1).

Эритроциты получали из свежей крови доноров и отделялись от плазмы центрифугированием при 1100g с последующим 3-х кратным центрифугированием в изотоническом 0.15 М растворе NaCl для удаления остатков плазмы [3].

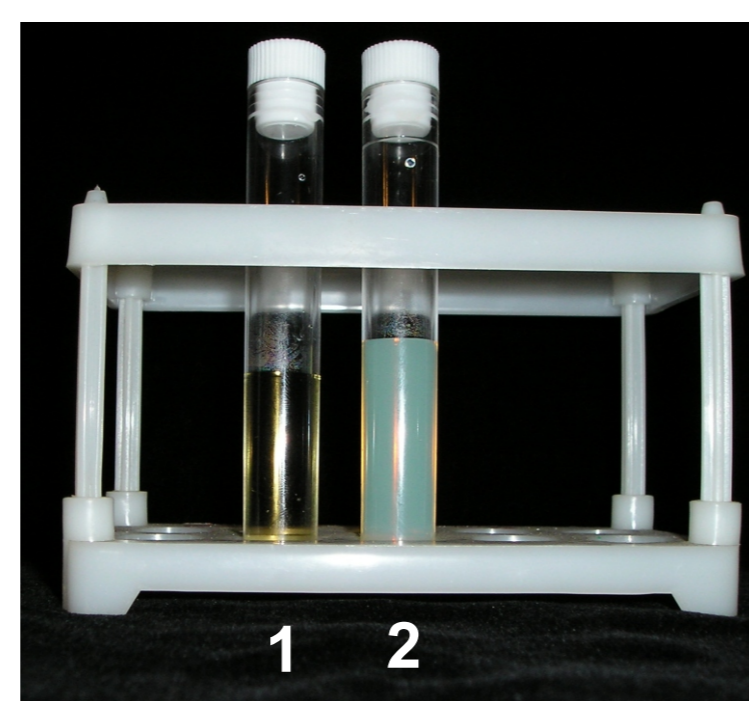
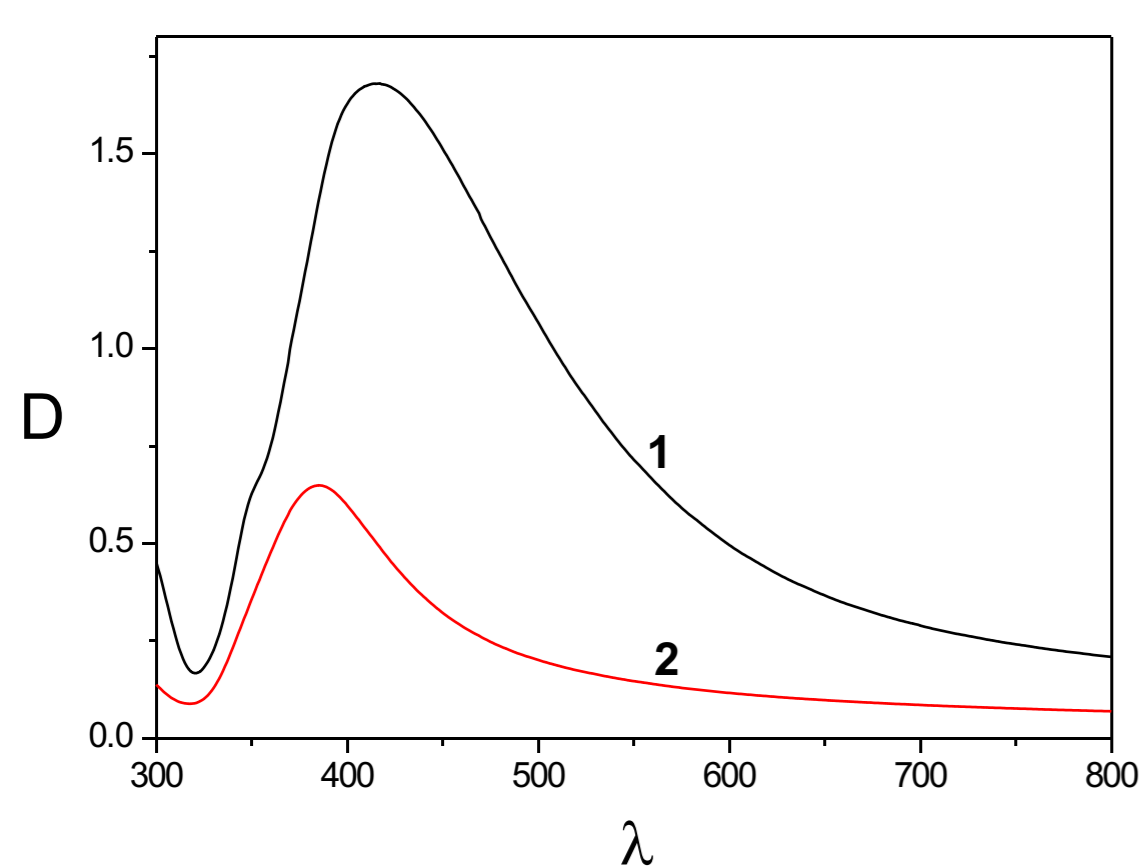


Рисунок 1 Спектр поглощения гидрозолей серебра, полученных путем борогидридного (1) и цитратного восстановления (2). Справа показаны образцы коллоидных частиц.

Результаты

Наночастицы серебра сферической формы были получены вследствие восстановления соли азотнокислого серебра в анаэробных условиях. Полученная суспензия наночастиц серебра с размерами ~9 нм обладала спектром поглощения с максимумом при 385 нм.

После экспозиции коллоидов серебра в ультразвуковом поле, приводящей к образованию частично-окисленных Ag-наночастиц, спектр поглощения смещался в длинноволновую область до 400-430 нм. Подобное наблюдалось и для коллоидных частиц большего размера, полученных восстановлением с помощью цитрата натрия.

Инкубация коллоидных частиц в 0,15 М NaCl сопровождалась изменением размеров наночастиц и появлением длинноволновой полосы поглощения при 750 нм, характерной для агрегированных коллоидных частиц (Рис.2). Предварительное добавление САЧ в раствор приводило к стабилизации Ag-наночастиц. Более того, было обнаружено, что даже в водном растворе некоторая часть коллоидных частиц образовывала агрегаты и добавление белка приводило к дезагрегации частично-окисленных Ag-наночастиц, что иллюстрировалось ростом пика поглощения при 410-430 нм.

20-кратное превышение концентрации белка по сравнению с концентрацией Ag-наночастиц полностью стабилизировало коллоиды в 0.15М солевом растворе. (Рис.3)

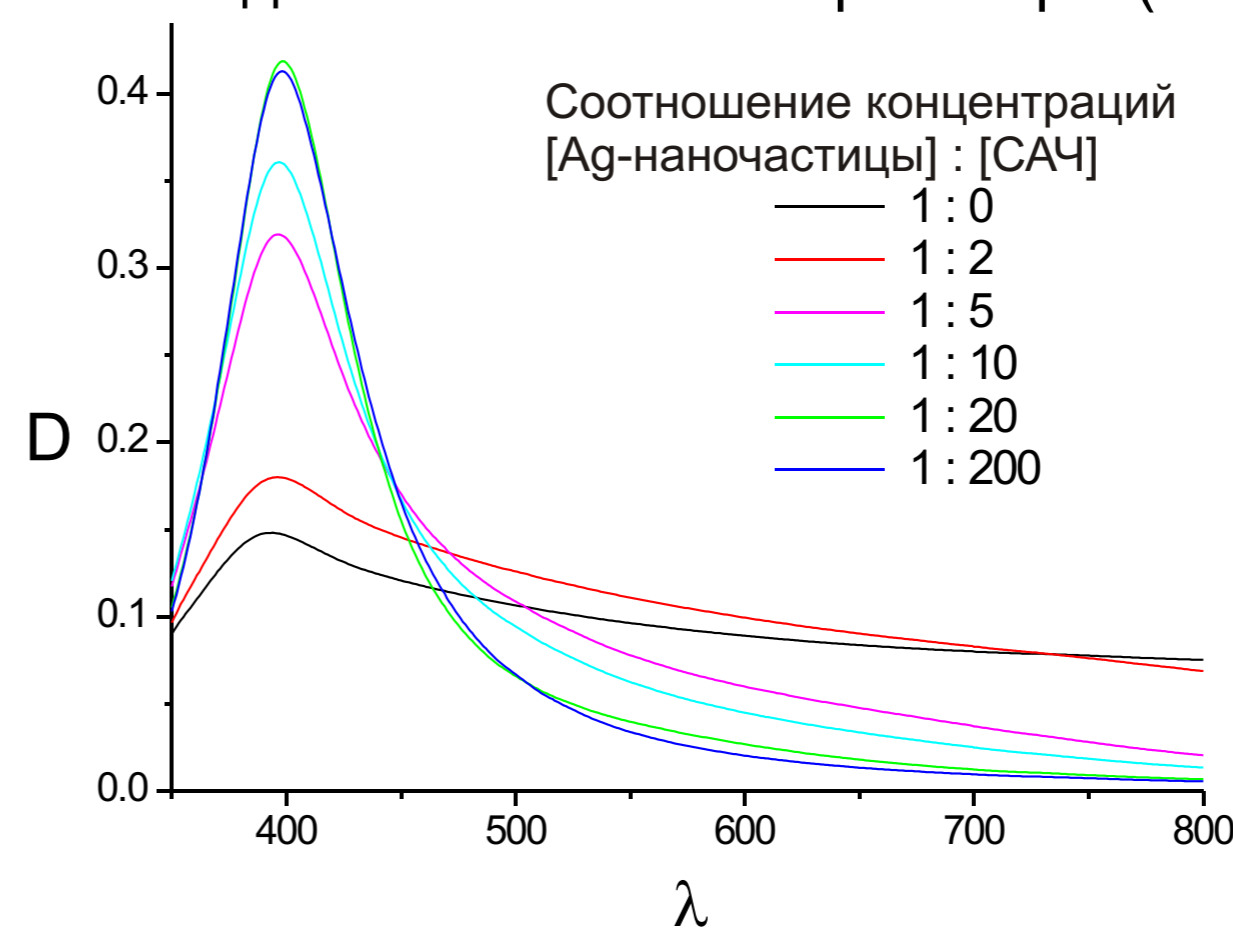


Рисунок 2. Спектры поглощения Ag-наночастиц в растворе 0.15 М NaCl в присутствии различных концентраций САЧ. [Ag-наночастиц]=2 нМ.

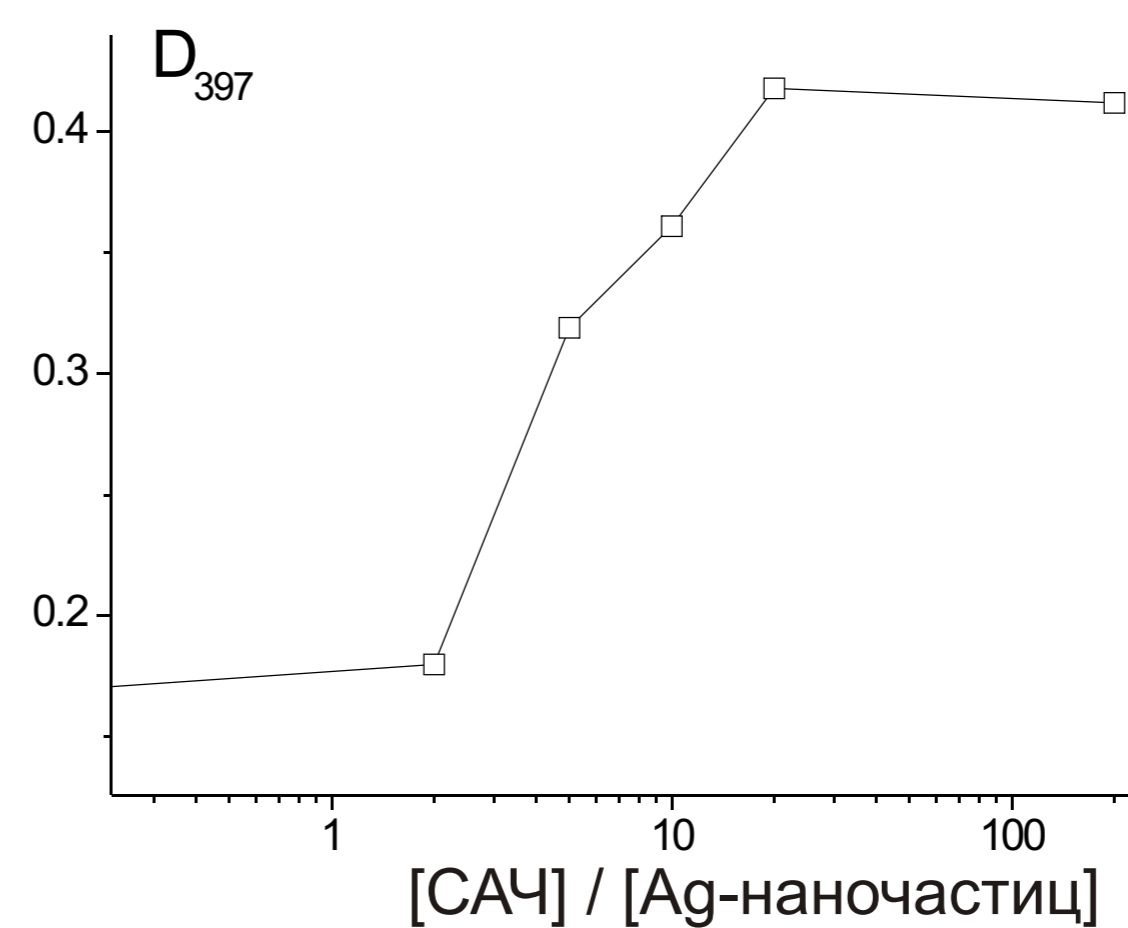


Рисунок 3. Изменение оптической плотности Ag-наночастиц в растворе 0.15 М NaCl в зависимости от соотношения концентраций [САЧ]/[Ag-наночастиц]. [Ag-наночастиц]=2 нМ.

Совместное действие ультразвука и наночастиц серебра, стабилизированных САЧ, не сопровождалось значительным возрастанием лизиса красных кровяных клеток. Однако, при сочетанном воздействии ультразвука и наночастиц серебра на эритроциты человека в несколько раз возрастало количество окисленной формы гемоглобина.

Работа выполнена при поддержке ГКПНИ "Нанотех" (задание 6-19).

Литература

- [1] C.N. Lok et al. // J.Biol.Inorg.Chem.- 2007.-V. 12.- P. 527-534.
- [2] P.C. Lee, D. Meisel // J.Phys.Chem.- 1982.- V.86.- P.3391-3395.
- [3] Benesch R.E., et al. // Biochemistry.- 1972.- V.11, P.3576-3582.