

МРНТИ 64.31.23

Н.Е. Ботабаев<sup>1</sup> – основной автор, | ©  
А.К. Бектурсунова<sup>2</sup>, А.К. Абсаллимова<sup>3</sup>, Р. Ердем<sup>4</sup>



<sup>1</sup>PhD, <sup>2</sup>PhD, <sup>3</sup>Докторант, <sup>4</sup>PhD

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8999-7801>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5514-5870>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0009-0000-0271-5040>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-2810-8294>



<sup>1,2,3</sup>Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова,

г. Шымкент, Республика Казахстан

<sup>4</sup>Университет «Akdeniz», Анталия, Турция



<sup>1</sup>[botabaev75@mail.ru](mailto:botabaev75@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/ZZLK8587>

## ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИИ СЕРЕБРА И КАРБОКСИМЕТИЛКРАХМАЛА НА ЦВЕТ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКРАШЕННЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ТКАНЕЙ

**Аннотация.** В этом исследовании обсуждается изменение цвета и антибактериальной активности хлопчатобумажных трикотажных материалов окрашенных реактивными красителями в оранжевый (Orange 2R) и пурпурный (Rareko red L) цвета после обработки нанокomпозицией серебра и карбоксиметилкрахмала различной концентрации. Антибактериальную активность тестировали в отношении грамотрицательной бактерии *E. coli* и грамположительной бактерии *S. aureus*. Окрашенные трикотажные ткани, обработанные нанокomпозицией AgКМК, проявляли превосходные антибактериальные свойства независимо от концентрации наносеребра. Изменение цвета трикотажных тканей зависит от содержания наночастиц Ag. Трикотажные полотна демонстрируют превосходную стойкость к стирке. После выдерживания 10 циклов стирки, полученные ткани по-прежнему демонстрировали отличные показатели бактериальной стойкости против *Bacillus subtilis* и *Staphylococcus aureus*. Таким образом, разработанный способ подготовки антибактериальных окрашенных хлопчатобумажных трикотажных материалов показывает большие потенциальные возможности применения в процессе получения антибактериальных чулочно-носочных изделий и в медицинском текстиле.

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, трикотажный материал, натриевая соль карбоксиметилкрахмала, реактивные красители, светлота, яркость цвета, антибактериальная активность, мокрая обработка.



Ботабаев, Н.Е. Влияние нанокomпозиции серебра и карбоксиметилкрахмала на цвет и антибактериальные характеристики окрашенных трикотажных тканей [Текст] / Н.Е. Ботабаев, А.К. Бектурсунова, А.К. Абсаллимова, Р. Ердем // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №1(83). – С.143-151. <https://doi.org/10.55956/ZZLK8587>

**Введение.** Наночастицы (НЧ) в последние два десятилетия привлекают особое внимание исследователей благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам, связанным со значительной величиной отношения

площади их поверхности к объему, и другим размерным эффектам. Так, одно из важнейших свойств серебра – его бактерицидная и противовирусная активность, которая существенно возрастает при использовании наночастиц вследствие резкого увеличения площади поверхности [1].

Авторами изучено влияние включения наносеребра (AgNPs) на процесс окрашивания вискозных волокон синим реактивным красителем. Благодаря включению AgNP цвет волокон стал зеленовато-голубым. Противомикробная активность была значительно улучшена путем включения AgNP [2]. В исследовании обсуждается взаимосвязь между загрузкой хлопчатобумажной ткани коллоидными наночастицами Ag и окрашиванием прямыми красителями [3].

Некоторые исследователи недавно исследовали окрашивание тканей наночастицами серебра в качестве нового класса красителей. Марьян и его коллеги разработали целлюлозную джинсовую ткань желтого цвета с антибактериальными свойствами, применяя наночастицы серебра [4]. Tang и другие авторы [5,6] обрабатывали шерстяные и хлопчатобумажные ткани серебряными коллоидами методом погружения. Ткани показали значительную светостойкость. Кроме того, они окрашивали ткани рами и бамбука наночастицами Ag для достижения превосходных свойств прочности [7,8].

Рехан и другие авторы [9] использовали наночастицы серебра для получения цветных хлопчатобумажных и шерстяных тканей с хорошими прочностными свойствами. Кроме того, Jafari и его коллеги использовали наночастицы серебра разных размеров для окраски шелковых и хлопчатобумажных тканей [10]. Эти ткани с покрытием представлены различными яркими цветами с прочными свойствами прочности.

В этом исследовании обсуждается изменение цвета и антибактериальной активности хлопчатобумажных трикотажных материалов окрашенных реактивными красителями в оранжевый (Orange 2R) и пурпурный (Rareko red L) цвета после обработки наноконпозицией серебра и карбоксиметилкрахмала различной концентрации.

**Условия и методы исследования.** Для исследований выбрали трикотажное хлопчатобумажное полотно артикула «Интерлок» (производитель Узбекистан) - поверхностная плотность 80 г/м<sup>2</sup>, содержание хлопка 100%. Это объясняет его гигиеничные свойства, такие как воздухопроницаемость, гигроскопичность, отсутствие парникового эффекта.

Для получения наноконпозиции использовали нитрат серебра марки «хч» (ОАО «Реахим», ГОСТ 1277-75). Все химические вещества использовались в том виде, в котором они были приобретены, без какой-либо дополнительной очистки или обработки.

В качестве восстановителя использовали NaКМК производства ТОО «Хлопкопром-целлюлоза» (Республика Казахстан), массовая доля NaКМК составляет 99,6% (СТ ТОО 40936697-004-2015).

Для крашения трикотажных материалов использовали красители активные (реактивные) цветов оранжевый (Orange 2R) и пурпурный (Rareko red L) фирмы «BEZEMA SHT Switzerland AG». Карбонат натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, марки «хч», массовая доля основного вещества 99,8% по ГОСТ 83-79, производитель ОАО «Реахим». Сульфат натрия Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (натрий сернокислый), марки «х», массовая доля основного вещества 99,5% по ГОСТ 4166-76, производитель ОАО «Реахим».

В работе использован метод восстановления ионов серебра с применением NaКМК и ультрафиолетового излучения.

Фотохимическое восстановление ионов серебра в структуре  $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$  до наночастиц проводили посредством их облучения ртутно-кварцевой шаровой лампой сверхвысокого давления ДРШ-250-3.

Для получения дисперсий наночастиц серебра использовали ультразвуковой диспергатор марки УЗДН-1, У-4,2.

Синтез наночастиц осуществляли путем восстановления ионов серебра в водном растворе  $\text{NaКМК}$  при совместном воздействии ультрафиолетового излучения длиной волны 280-400 нм и ультразвуковых волн частотой 1,7 МГц.

Крашение трикотажного полотна проводили по методике реактивными красителями фирмы BEZEMA по периодическому способу [11].

Крашение осуществляли при модуле ванны  $M=30:1$  по периодическому способу в красильной ванне, содержащей 10 г/л  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 75 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 2% от массы исследуемого материала реактивного красителя (дихлортриазиновых) при температуре 80°C в течение 60 минут. После чего была проведена промывка теплой, горячей и холодной водой. Затем была произведена в растворе ПАВ (2 г/л) при кипячении в течение 10 минут для удаления незафиксированного красителя. Далее окрашенный трикотажный материал подвергся обработке наноконпозиционным раствором, содержащий натрий карбоксиметилкрахмала и наночастиц серебра.

Для получения водного композиционного раствора, содержащей 0,4%  $\text{NaКМК}$  и 0,2% (0,4%) наночастиц серебра, в емкость наливали 50 мл воды, добавляли 0,4 г  $\text{NaКМК}$  и механической мешалкой перемешивали в течение 10 мин. Затем в полученный раствор добавляли 50 мл 0,63% (1,26%)-ного водного раствора нитрата серебра и продолжили перемешивание в течение 15-20 мин до получения однородного раствора. Полученный раствор подвергли УЗ-диспергированию и УФ-излучению продолжительностью 15 мин. После этого была проведена обработка трикотажных полотен.

Обработку трикотажных полотен во избежание деформации их структуры осуществляли методом аэрозольного нанесения раствора. На 100 г трикотажного материала аэрозольным методом наносили 100 мл полученного композиционного раствора наночастиц серебра (нанесение 100%), после чего материал подвергли сушке в сушильном шкафу модели 202-ОЕ при температуре 120°C до остаточной влажности 6%.

Исследование степени изменения цветовых характеристик полотен после бактерицидной отделки с наночастицами серебра и карбоксиметилкрахмала проводили на лабораторном колориметре согласно методике [12] в стандартном излучении  $D_{65}$ , который рекомендуется при измерении цвета люминесцирующих образцов, поскольку распределение потока излучения УФ-части его спектра нормировано [13].

Диагностику и тестирование антимикробных трикотажных материалов, содержащих наночастицы серебра, проводили в соответствии с Межгосударственным Стандартом ISO 20743:2007 "Textiles - Determination of antibacterial activity of antibacterial finished products".

**Результаты исследований.** Учитывая то, что предлагаемая наноконпозиция на основе серебра и карбоксиметилкрахмала представляет собой слегка окрашенный раствор, и после заключительной отделки текстильного материала данным аппретом не предусмотрен процесс промывки, нами исследовано влияния бактерицидной отделки на цветовые характеристики модифицированных полотен трикотажа. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Цветовые координаты и коэффициенты отражения образцов

№ п/п	Наименование красителя	Образцы	Светлота, L*	Координаты	
				a*	b*
1	Orange 2R	исх.	73,08	24,72	33,63
2	Orange 2R	0,4% КМК+0,2%Ag	72,41	24,27	33,13
3	Orange 2R	0,4% КМК+0,4%Ag	68,92	21,06	29,38
4	Rapeko red L	исх.	57,55	50,59	-9,33
5	Rapeko red L	0,4% КМК+0,2%Ag	56,41	49,26	-9,87
6	Rapeko red L	0,4% КМК+0,4%Ag	53,11	41,75	-8,75

В образцах, окрашенных в оранжевый (Orange 2R) и пурпурный (Rapeko red L) цвет, светлота снижается не значительно, т.е. с 73,08 кд\* на 68,93 кд и с 57,55 кд на 53,11 кд соответственно. В обоих образцах желтый цвет перемещается в синюю зону, вследствие чего на поверхности появляются серые оттенки. Они не относятся к пятнам, а являются оттенками, следовательно, яркость цветов значительно снижается.

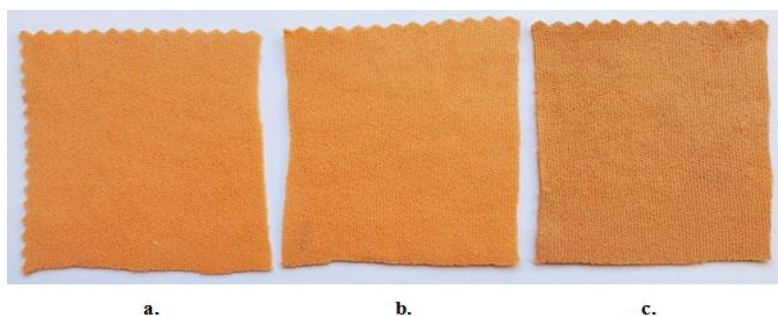
Пользуясь данными L из таблицы 1, рассчитали значения Y для необработанного и обработанных наночастицами серебра образцов, окрашенных в оранжевый и пурпурный цвета, с помощью которого рассчитывается яркость цвета. Полученные расчетные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Колористические характеристики образцов  
окрашенных в оранжевые и пурпурные цвета

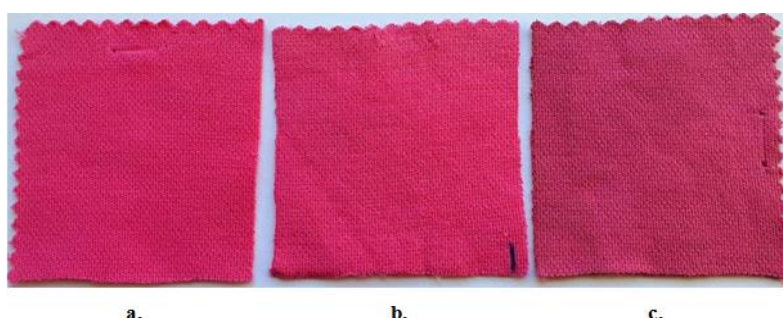
№ п/п	Наименование красителя	Образцы	Светлота, L*	Координата, Y	Яркость цвета, кд/м <sup>2</sup>
1	Orange 2R	исх.	73,08	46,39	31684,37
2	Orange 2R	0,4% КМК+0,2%Ag	72,41	44,27	30236,41
3	Orange 2R	0,4% КМК+0,4%Ag	68,92	39,23	26794,09
4	Rapeko red L	исх.	57,55	25,49	17409,67
5	Rapeko red L	0,4% КМК+0,2%Ag	56,41	24,32	16610,56
6	Rapeko red L	0,4% КМК+0,4%Ag	53,11	21,15	14445,45

Как известно, яркость - это световая величина, характеризующая плотность светового потока, отраженного окрашенным предметом в направлении наблюдателя. Данные рисунков 1 и 2 визуально подтверждают, что при концентрации наносеребра 0,2% изменение яркости цветов ощущается незначительно, а с увеличением содержания наносеребра до 0,4% изменение чувствуется визуально. При снижении яркости в обоих образцах визуально тоже ощущается наличие черной примеси.



а – исходный окрашенный Orange 2R, без обработки; б – ткань обработанный 0,4% КМК+0,2%Ag; с – ткань обработанный 0,4% КМК+0,4%Ag

Рис. 1. Изменение яркости цветов при различной содержании наносеребра



а – исходный окрашенный Rareko red L, без обработки; б – ткань обработанный 0,4% КМК+0,2%Ag; с – ткань обработанный 0,4% КМК+0,4%Ag

Рис. 2. Изменение яркости цветов при различной содержании наносеребра

Результаты испытаний влияния влажных обработок, на антибактериальную активность трикотажного полотна окрашенного реактивным красителем в пурпурный цвет и обработанный нанокomпозиционным раствором  $Ag^+КМК^-$  показаны в таблице 3.

Таблица 3

Влияние влажных обработок на значение антибактериальной активности трикотажных полотен модифицированных раствором  $Ag^+КМК^-$

Трикотажный материал обработанный	Количество стирок	Значение антибактериальной активности	
		<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
0,4% КМК+0,2%Ag	0	5,6	5,5
0,4% КМК+0,2%Ag	1	5,4	5,4
0,4% КМК+0,2%Ag	5	4,8	4,7
0,4% КМК+0,2%Ag	10	4,4	4,3
0,4% КМК+0,4%Ag	0	5,9	6,0
0,4% КМК+0,4%Ag	1	5,9	5,9
0,4% КМК+0,4%Ag	5	5,0	5,1
0,4% КМК+0,4%Ag	10	4,7	4,6

В результате исследования устойчивости трикотажных полотен, обработанных нанокomпозиционным раствором AgКМК к мокрым обработкам, было обнаружено сохранение достаточно высокой антимикробной активности, незначительно снижающейся лишь после десятой стирки в стиральном растворе.

**Обсуждение научных результатов.** Самой распространенной формулой определения цветовых характеристик является рекомендуемая Международной комиссией по освещению (МКО) (с французского Commission internationale de l'éclairage - CIE) формула CIELAB, которая входит во многие отечественные и зарубежные стандарты [14]. Для удобной систематизации различных характеристик цвета и подбора гармоничных сочетаний цветов используются системы цветовых кругов [15] и цветовая модель L.a.b. [16]. Подобно географическим координатам - долготе, широте и высоте - значение цвета  $L^*$ ,  $a^*$  и  $b^*$  дают возможность определять местонахождение цвета и передавать информацию о нём.

Для численного определения яркости цветов в образцах, окрашенных в оранжевые и пурпурные цвета, после антибактериальной обработки наночастицами серебра, использовали следующую формулу (1):

$$B = 683 \cdot Y. \quad (1)$$

Здесь, координату  $Y$  можно найти по формуле (2) CIELAB, которая входит во многие отечественные и зарубежные стандарты:

$$Y = \sqrt[3]{\frac{L+16}{116}} \cdot Y_0, \quad (2)$$

где:  $L$  - светлота;  $Y_0$  - координата белого цвета в системе XYZ. Для стандартного освещения  $D_{65}$  с нормализацией  $Y=100$  нормализованное значение равно:  $Y_0=100$ .

Анализ результатов свидетельствует, что при модификационной обработке окрашенных образцов наночастицами серебра яркость полотна оранжевого цвета обработанный 0,2% Ag снижается на 5%, а обработанный 0,4% Ag снижается до 15,5%. Яркость материала пурпурного цвета обработанный 0,2% Ag снижается также на 5%, а обработанный 0,4% Ag снижается до 17%.

**Заключение.** Проведённый в настоящей работе анализ изменения окраски хлопчатобумажных трикотажных полотен после обработки их раствором нанокomпозиции серебра и NaКМК, т.е. устойчивости колористических показателей окраски при антибактериальной обработке, доказал эффективность предложенной нанокomпозиции. Изменение цвета трикотажных тканей зависит от содержания наночастиц Ag. За оптимальный состав, для антибактериальной обработки окрашенных трикотажных материалов рекомендован композиционный состав, содержащий 0,4% КМК и 0,2% Ag. Трикотажные полотна, обработанные рекомендованным составом, демонстрируют превосходные антибактериальные свойства и хорошую стойкость к стирке. После выдерживания 10 циклов стирки полученные ткани по-прежнему демонстрировали отличные показатели бактериальной стойкости против *Bacillus subtilis* и *Staphylococcus aureus*.

**Список литературы**

1. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak, S.E. Shape-controlled synthesis of metal nanocrystals: Simple chemistry meets complex physics // *Angewandte Chemie-International Edition*, 2009. Vol.48, Iss. 1. P.60-103.
2. Ahmed H.B., Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver effect on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // *Carbohydrate Polym.*, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
3. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // *Industria Textila*, 2013. Vol. 64, Iss.2. P. 89-97.
4. Maryan A.S., Montazer M., Harifi T. Synthesis of nano silver on cellulosic denim fabric producing yellow colored garment with antibacterial properties // *Carbohydrate Polymers*, 2015 Vol. 115. P.568-574.
5. Tang B., Wang J., Xu S., Afrin T., Xu W., Sun L., Wang X. Application of anisotropic silver nanoparticles: multifunctionalization of wool fabric // *J. Colloid Interface Sci.*, 2011. Vol. 356, Iss.2. P.513-518.
6. Tang B., Zhang M., Hou X., Li J., Sun L., Wang X. Coloration of Cotton Fibers with Anisotropic Silver Nanoparticles // *Indus. Eng. Chem. Res.* 2012. Vol. 51, Iss.39. P. 12807-12813.
7. Tang B., Yao Y., Li J., Qin S., Zhu H., Kaur J., Chen W., Sun L., Wang X. Functional Application of Noble Metal Nanoparticles In Situ Synthesized on Ramie Fibers // *Nanoscale Res. Lett.*, 2015. Vol. 10. P. 366.
8. Tang B., Sun L., Li J., Kaur J., Zhu H., Qin S., Yao Y., Chen W., Wang X. Functionalization of bamboo pulp fabrics with noble metal nanoparticles // *Dyes and Pigments*, 2015. Vol. 113. P. 289-298.
9. Rehan M., Mashaly H. M., Mowafi S., El-Kheir A, Emam H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // *Dyes and Pigments*, 2015. Vol. 118. P. 9-17.
10. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // *Fiber. Polym.* - 2016. – Vol.17. - P. 888-895.
11. Abdukarimova M.Z., Nabiyeva I.A., Ismoilova G.X. To‘qimachilik mahsulotlarini pardoqlash kimyoviy texnologiyasi fanidan laboratoriya va amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv qo‘llanma. - Tashkent: TTESI bosmaxonasi, 2015. P. 364.
12. Инструкция по пользованию. Computer color matching system operation and maintenance manual. - Korea industrial technology ODA, 2012. P. 79.
13. Шашлов, А.Б., Основы светотехники [Текст]: учебник для вузов / А.Б. Шашлов, Р.М. Уварова, А.В. Чуркин. – М.: Изд-во МГУП, 2002. - 280 с.
14. Горбунова, Е.В. Типовые расчеты по колориметрии источников излучения [Текст]: учебное пособие / Е.В. Горбунова, А.Н. Чертов. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 90 с.
15. Домасев, М.В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения [Текст] / М.В. Домасев, С.П. Гнатюк. – СПб.: Питер, 2009. - 224 с.
16. Прохорова, И.А. Разработка методического подхода учета влияния структуры шерстяных тканей на интенсивность окрасок [Текст] / И.А. Прохорова, Е.В. Чепелюк, М.С. Кобыльская, О.П. Сумская // *Вестник ХНТУ. Серия Технология легкой и пищевой промышленности.* – 2015. - №1(52). – С.110-116.

*Материал поступил в редакцию 22.03.24.*

Н.Е. Ботабаев<sup>1</sup>, А.К. Бектурсунова<sup>1</sup>, А.К. Абсаллимова<sup>1</sup>, Р. Ердем<sup>2</sup>

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<sup>2</sup>Akdeniz University, Анталия, Түркия

### МАҚТА-МАТА МАТАЛАРЫНЫҢ ТҮСІ МЕН БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ СИПАТТАМАЛАРЫНА КҮМІС ПЕН КАРБОКСИМЕТИЛКРАХМАЛДЫҢ НАНОКОМПОЗИЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІ

**Аңдатпа.** Бұл зерттеу әртүрлі концентрациядағы күміс пен карбоксиметилкрахмалдың нанокөміршігімен өңделгеннен кейін қызғылт сары (Orange 2R) және күлгін (Rapeko red L) түстерге реактивті бояғыштармен боялған мақта трикотажының түсі мен бактерияға қарсы белсенділігін қарастырады. Антибактериалды белсенділік грамтеріс *E. coli* бактериясына және грам-оң *S. aureus* бактериясына қатысты сыналды. AgКМК нанокөміршігімен өңделген боялған трикотаж маталар нанокөміршігі концентрациясына қарамастан бактерияға қарсы керемет қасиеттерін көрсетті. Трикотаж маталар түсінің өзгеруі AgКМК нанобөлшектерінің құрамына байланысты. Бұл нанокөміршігі трикотаж материалдары тұрақтылығы дымқыл өңдеуге сыналды. Трикотаж маталар бактерияға қарсы тамаша қасиеттері мен жууға төзімділігін көрсетеді. 10 жуу циклын ұстағаннан кейін, алынған маталар әлі де *Bacillus sub*-қа қарсы бактериялық төзімділіктің керемет көрсеткіштеріне ие болды.

**Тірек сөздер:** күміс нанобөлшектері, трикотаж материалы, карбоксиметилкрахмал натрий тұзы, реактивті бояғыштар, жарықтық, түс жарықтығы, бактерияға қарсы белсенділік, дымқыл өңдеу.

N.E. Botabaev<sup>1</sup>, A.K. Bektursunova<sup>1</sup>, A.K. Absallimova<sup>1</sup>, R. Erdem<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>Akdeniz University, Antalya, Turkey

### THE EFFECT OF THE NANOCOMPOSITION OF SILVER AND CARBOXYMETHYL STARCH ON THE COLOR AND ANTIBACTERIAL CHARACTERISTICS OF DYED KNITTED FABRICS

**Abstract.** This study discusses the change in color and antibacterial activity of cotton knitted materials dyed with reactive dyes in orange (Orange 2R) and purple (Rapeko red L) colors after treatment with a nanocomposition of silver and carboxymethyl starch of various concentrations. Antibacterial activity was tested against gram-negative *E. coli* bacteria and gram-positive *S. aureus* bacteria. Dyed knitted fabrics treated with AdKMC nanocomposition showed excellent antibacterial properties regardless of the concentration of nanosilver. The color change of knitted fabrics depends on the content of Ag nanoparticles. The stability of these nanocomposite knitted materials has been tested for wet treatments. Knitted fabrics demonstrate excellent antibacterial properties and excellent resistance to washing. After withstanding 10 washing cycles, the resulting fabrics still showed excellent bacterial resistance against *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*. Thus, this method for the preparation of antibacterial dyed cotton knitted materials shows great potential applications in socks and medical textiles.

**Keywords:** silver nanoparticles, knitted material, sodium salt of carboxymethyl starch, reactive dyes, lightness, color brightness, antibacterial activity, wet treatment.

#### References

1. Xia Y., Xiong Y., Lim B., Skrabalak, S.E. Shape-controlled synthesis of metal nanocrystals: Simple chemistry meets complex physics // *Angewandte Chemie-International Edition*, 2009. Vol.48, Iss. 1. P.60-103.



2. Ahmed H.B., Emam H.E., Mashaly H.M., Rehan M. Nanosilver effect on reactive dyeing of cellulose fibers: color shading, color fastness and biocidal potentials // Carbohydrate Polym, 2018. Vol. 186. P. 310-320.
3. Lazić V., Šaponjić Z., Vodnik V., Jovančić P., Nedeljković J., Radetić M. Antibacterial and colorimetric evaluation of cotton fabrics dyed with direct dyes and loaded with Ag nanoparticles // Industria Textila, 2013. Vol. 64, Iss.2. P. 89-97.
4. Maryan A.S., Montazer M., Harifi T. Synthesis of nano silver on cellulosic denim fabric producing yellow colored garment with antibacterial properties // Carbohydrate Polymers, 2015 Vol. 115. P.568-574.
5. Tang B., Wang J., Xu S., Afrin T., Xu W., Sun L., Wang X. Application of anisotropic silver nanoparticles: multifunctionalization of wool fabric // J. Colloid Interface Sci, 2011. Vol. 356, Iss.2. P.513-518.
6. Tang B., Zhang M., Hou X., Li J., Sun L., Wang X. Coloration of Cotton Fibers with Anisotropic Silver Nanoparticles // Indus. Eng. Chem. Res. 2012. Vol. 51, Iss.39. P. 12807-12813.
7. Tang B., Yao Y., Li J., Qin S., Zhu H., Kaur J., Chen W., Sun L., Wang X. Functional Application of Noble Metal Nanoparticles In Situ Synthesized on Ramie Fibers // Nanoscale Res. Lett, 2015. Vol. 10. P. 366.
8. Tang B., Sun L., Li J., Kaur J., Zhu H., Qin S., Yao Y., Chen W., Wang X. Functionalization of bamboo pulp fabrics with noble metal nanoparticles // Dyes and Pigments, 2015. Vol. 113. P. 289-298.
9. Rehan M., Mashaly H. M., Mowafi S., El-Kheir A, Emam H.E. Multi-functional textile design using in-situ Ag NPs incorporation into natural fabric matrix // Dyes and Pigments, 2015. Vol. 118. P. 9-17.
10. Jafari N., Karimi L., Mirjalili M., Derakhshan S.J. Effect of Silver Particle size on color and Antibacterial properties of silk and cotton Fabrics // Fiber. Polym. - 2016. – Vol.17. - P. 888-895.
11. Abdukarimova M.Z., Nabiyeva I.A., Ismoilova G.X. To'qimachilik mahsulotlarini pardoqlash kimyoviy texnologiyasi fanidan laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar uchun o'quv qo'llanma. - Tashkent: TTESI bosmaxonasi, 2015. P. 364.
12. Инструкция по пользованию. Computer color matching system operation and maintenance manual. - Korea industrial technology ODA, 2012. P. 79.
13. Shashlov A.B., Uvarova P.M., Churkin A.V. Osnovy svetotekhniki [Fundamentals of lighting engineering]: textbook. – Moscow: Izd-vo MGUP, 2002. – P. 280. [in Russian]
14. Gorbunova Ye.V., Chertov A.N. Tipovyye raschety po kolorimetrii istochnikov izlucheniya [Typical calculations on the colorimetry of radiation sources]: uchebnoye posobiye. – SPb: Universitet ITMO, 2014. – P. 90 [in Russian].
15. Domasev M.V., Gnatyuk S.P. Tsvet, upravleniye tsvetom, tsvetovyye raschety i izmereniya [Color, color management, color calculations and measurements]. – SPb.: Piter, 2009. – P. 224, [in Russian].
16. Prokhorova I.A., Chepelyuk Ye.V., Kobyl'skaya M.S., Sumsкая O.P. Razrabotka metodicheskogo podkhoda ucheta vliyaniya struktury sherstyanykh tkaney na intensivnost' okrasok [Development of a methodological approach to take into account the influence of the structure of woolen fabrics on the intensity of coloring] // Vestnik KHNTU. Seriya Tekhnologiya legkoy i pishchevoy promyshlennosti. – 2015. – No.1(52). – P. 110-116 [in Russian].