



مقاله کامل پژوهشی

## بررسی خاصیت ضدباکتریایی نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم روی سطح پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی

الهام پوراحمدی<sup>۱</sup>، هایده خمسه<sup>۲</sup>، امیرعلی یوزباشی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، دانشکده معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه باستان‌شناسی، واحد ابهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ابهر، زنجان، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، پژوهشکده نیمه هادی‌ها، پژوهشگاه مواد و انرژی، مشکین دشت، البرز، ایران

### تاریخچه مقاله:

ثبت اولیه: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲

پذیرش قطعی: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹

### کلیدواژه‌ها:

ضدباکتریایی،

پارچه پنبه‌ای،

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم،

FE-SEM

آگار مغذی

**چکیده** در این پژوهش، روشی جدید برای ضدباکتریایی کردن پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی ارزیابی شد. با توجه به این‌که تاکنون نتایج مطلوبی از کاربرد نانومواد در حوزه حفاظت از منسوجات تاریخی ایران ثبت نشده است، خاصیت ضدباکتریایی نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم روی پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی بررسی شد. نمونه آزمایشی با شبیه‌سازی نمونه مطالعاتی، تهیه و سپس نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم روی آن، افشانش شد و نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در شرایط پیرسازی قرار گرفتند. برای مشاهده چگونگی توزیع نانوذرات روی سطح الیاف پارچه، از میکروسکوپ الکترونی روبشی-نشر میدانی (FE-SEM) و برای کنترل خاصیت ضدباکتریایی آن، از کشت باکتری در محیط پایه نمکی آگار مغذی استفاده شد. میکروسکوپ الکترونی، وجود نانوذرات روی سطح الیاف پارچه را به خوبی نشان داد. در ادامه، کشت باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا و باسیلوس سابتیلیس در محیط پایه نمکی، ۶۰ درصد کاهش رشد سودوموناس آئروژینوزا و ۳۰ درصد کاهش رشد باکتری باسیلوس سابتیلیس در حضور نانومواد را حاصل کرد که با بهینه‌سازی روش، کیفیت و مقدار نانوذرات، قابل ارتقا است. در ضمن، با توجه به تغییر رنگ مشاهده شده در پارچه پس از پیرسازی نمونه‌ها و اهمیت این امر در حفاظت آثار تاریخی، بهینه‌سازی محلول کلوئیدی استفاده شده، ضروری به نظر می‌رسد.



<https://doi.org/10.30501/jamt.2021.249037.1123> URL: [https://www.jamt.ir/article\\_126416.html](https://www.jamt.ir/article_126416.html)

### Original Research Article

Journal of Advanced Materials and Technologies (JAMT): Vol. 10, No. 3, (Autumn 2021), 15-24

## Investigation of Antibacterial Properties of Titanium Dioxide Nano Colloids on the Surface of Historical Cotton Fabrics

Elham Poorahmadi<sup>1</sup>, Hayedeh Khamseh<sup>2\*</sup>, Amirali Youzbashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M. Sc., Faculty of Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Archeology, Abhar Branch, Islamic Azad University, Abhar, Zanjan, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Semiconductors, Materials and Energy Research Center (MERC), MeshkinDasht, Alborz, Iran

\*عهده دار مکاتبات

نشانی: ایران، زنجان، ابهر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ابهر، گروه باستان‌شناسی، تلفن: ۰۹۱۲۲۳۹۲۸۹۶، دورنگار: -

پیام نگار: [hkhamseh72@yahoo.com](mailto:hkhamseh72@yahoo.com)

Please cite this article as: Poorahmadi, E., Khamseh, H., Youzbashi, A. A., "Investigation of antibacterial properties of titanium dioxide nano colloids on the surface of historical cotton fabrics", *Journal of Advanced Materials and Technologies (JAMT)*, Vol. 10, No. 3, (2021), 15-24. (<https://doi.org/10.30501/jamt.2021.249037.1123>).



**Paper History:**

Received: 2020-09-29

Revised in revised form: 2020-11-02

Accepted: 2021-10-11

**Keywords:**Antibacterial,  
Cotton Fabric,  
Titanium Oxide Nanoparticles,  
FE-SEM,  
Nutrient Agar

**Abstract** In this study, a new method for antibacterialization of historical cotton fabrics was evaluated. Due to the fact that the desired results of the application of nanomaterials in the field of protection of historical textiles in Iran have not been recorded so far, the antibacterial properties of titanium dioxide nanocloid on historical cotton fabrics were investigated. The experimental sample was prepared by simulating a study sample and then sprayed titanium dioxide nanocloid on it and the samples were aged for 72 hours. Scanning electron microscopy (FE-SEM) was used to observe the distribution of nanoparticles on the surface of fabric fibers and to control its antibacterial properties, bacterial culture was used in nutrient agar-based salt medium. Electron microscopy showed the presence of nanoparticles on the surface of the fabric fibers. Subsequently, culturing *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in saline medium resulted in 60 % reduction in *Pseudomonas aeruginosa* growth and 30 % reduction in *Bacillus subtilis* in the presence of nanomaterials, which can be improved by optimizing the method, quality and number of nanoparticles. In addition, due to the observed color change in the fabric after aging of the samples and the importance of this in the preservation of historical monuments, optimization of the colloidal solution used is necessary.


<https://doi.org/10.30501/jamt.2021.249037.1123>
[URL: https://www.jamt.ir/article\\_126416.html](https://www.jamt.ir/article_126416.html)
**۱- مقدمه**

حفاظت از میراث فرهنگی، به‌عنوان بارزترین گنجینه هر ملت، اهمیت به‌سزایی دارد. بسیاری از این آثار تاریخی، در گذر زمان، در معرض تخریب و فرسایش قرار می‌گیرند [۱-۳]. در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری نانو [۴]، به‌منظور حفظ و نگهداری از آثار تاریخی، بسیار مطرح شده است. از مثال‌های کاربردی آن روی آثار تاریخی، می‌توان به استحکام‌بخشی، بهبود مقاومت خوردگی و آب‌گریزی و در کاربرد غیرپوششی آن نیز می‌توان به برداشتن لایه‌های پیرشده پلیمری از روی آثار، اشاره کرد [۵-۷].

انواع مختلف نانوذرات، از جمله نانوذرات آهک (کلسیم هیدروکسید) [۸-۱۰]، اکسید مس [۱۱]، تیتانیا [۱۲-۱۴] و سیلیکا [۱۴-۱۶]، به‌عنوان پوشش استحکام‌بخش، برای حفاظت آثار تاریخی، استفاده شده‌اند [۱۷]. پوشش‌های پلیمری با ترکیبات آکریلی فلئوئوردارشده، برای استحکام‌بخشی سنگ، به‌طور رضایت‌بخشی استفاده شده‌اند [۱۸ و ۱۹].

تاکنون، در حوزه حفاظت از منسوجات تاریخی، نتایج مثبتی در زمینه استفاده از فناوری نانو گزارش نشده است، ولی به استفاده از نانومواد با خاصیت کاتالیست نوری همچون  $\text{TiO}_2$  [۲۰ و ۲۱] و  $\text{ZnO}$  [۲۲ و ۲۳] در فراوری کالاهای نساجی بسیار توجه شده است. از آنجایی که میانگین اندازه انواع باکتری در حدود چند میکرون است، استفاده از مواد ضدباکتریایی با ابعاد نانومتری، زمینه به‌کارگیری فناوری نانو در ترکیبات ضدباکتریایی مؤثر را فراهم ساخته است. سازوکار ضدباکتریایی نانومواد، با نسبت سطح به حجم زیاد این مواد ارتباط دارد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد کاهش ابعاد نانوذرات، با افزایش کارایی ضدباکتریایی آن‌ها ارتباط مستقیم دارد. به‌طور کلی، فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات، از سطح ویژه

زیاد، ساختار بلوری غیرمعمول و وجود مناطقی با احتمال برهم‌کنش بیشتر (لبه و گوشه نانوذرات) ناشی می‌شود [۲۴]. نانوذراتی مانند اکسیدهای فلزی و سرامیک‌ها، در فرایند تکمیلی پارچه‌ها، برای تغییر خواص سطحی و انتقال ویژگی‌های افزوده به الیاف پارچه به‌کار می‌روند. ذرات نانومتری، به‌دلیل شفاف‌بودن، رنگ و براقت الیاف پارچه را محو و تیره نمی‌کنند و بنابراین، در مقایسه با ذرات میکرومتری، کارایی بیشتری دارند. البته، لازم است، برای رسیدن به کارایی مورد نظر، از تجمع نانوذرات جلوگیری شود. برای نمونه، پارچه تهیه‌شده با نانوذرات  $\text{TiO}_2$  و  $\text{MgO}$ ، جایگزین پارچه‌های حاوی کربن فعال شده است که در گذشته، به‌عنوان مواد محافظت‌کننده در برابر عوامل شیمیایی و زیستی استفاده می‌شد. فعالیت این نانوذرات، سبب شکستن و تجزیه عوامل شیمیایی و زیستی سمی می‌شود که با روش پوشش‌دهی با افشانش<sup>۱</sup> یا روش الکترواستاتیکی، به الیاف پارچه می‌چسبند [۲۵].

از نانوساختارهای معدنی ضدباکتریایی می‌توان به‌طور مستقیم یا از طریق بارگذاری در سامانه‌هایی به‌عنوان حامل<sup>۲</sup>، به‌منظور اصلاح منسوجات، استفاده کرد. این نانوساختارها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- نانوساختارهای معدنی، فلزی و نانوکامپوزیت‌ها: در این گروه، می‌توان به نانوذرات یا نانوکامپوزیت‌های تیتانیا [۲۶]، نانوساختارهای نقره [۲۷] و اکسید روی [۲۸]، سیلیکا، نانوبلورهای مس [۲۷]، ترکیبات آلومینیوم و آهن، اکسیدها و هیدروکسیدهای فلزی، نانولوله‌های کربنی و نانولوله‌های خاک رس [۲۷ و ۲۹]، اشاره کرد [۳۰].

<sup>1</sup> Spray

<sup>2</sup> Carrier

به‌حداقل‌رساندن آلودگی میکروبی، برهم‌زدن شرایط زندگی میکروارگانیسم‌هاست [۳۴]. امروزه، علم مواد، دربارهٔ پاک‌سازی، مرمت و حفاظت مواد سازنده یک اثر منحصر‌به‌فرد تاریخی، شناخت و اطلاعات درست و عمیقی در اختیار ما قرار می‌دهد. بنابراین، نانوفناوری، به‌کمک علم حفاظت آمده است تا نیازهای خاص این رشته را تأمین و محقق کند [۳۵].

با توجه به این‌که منسوجات تاریخی عموماً دچار آسیب هستند و استفاده از هر روش ضدباکتریایی امکان‌پذیر نیست، باید از ساده‌ترین و مؤثرترین روش ضدباکتریایی منسوجات که آسیب بیشتری وارد نکند و پایداری نسبتاً خوبی داشته باشد، استفاده کرد.

ترکیبات نانوذرات کلئیدی در یک پارچه می‌توانند به افزایش مقاومت کششی، مدول کششی، استحکام خمشی و همچنین مقاومت در برابر گرما، مواد شیمیایی و جریان برق منجر شوند و توانایی جلوگیری از اشعه ماوراءبنفش را نیز دارند [۳۵]. نانوذرات اکسید فلزی مانند  $ZnO$ ،  $MgO$ ،  $Al_2O_3$  و  $TiO_2$ ، توانایی ارائه خواصی همچون کاتالیست نوری، رسانایی الکتریکی، جذب اشعه ماوراءبنفش و اکسیدکنندگی در برابر گونه‌های شیمیایی و زیستی را دارند. هدف اصلی پژوهش‌ها، استفاده از نانوذرات اکسید فلزی است که کاربردهای ضدباکتریایی، خودضدعفونی‌شوندگی و جلوگیری از جذب اشعه ماوراءبنفش دارد [۳۵].

با توجه به مطالب فوق و با هدف یافتن روشی آسان با کمترین میزان آسیب به الیاف پنبه‌ای تاریخی، این پژوهش، یعنی بررسی و ارزیابی کاربرد نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم به روش پاشش افشانه‌ای بر سطح الیاف پارچه انجام شد.

## ۲- روش تحقیق

نمونه مطالعاتی (شکل ۱)، روبنده‌ای زنانه متعلق به دوران قاجار (از ابتدای دوره مظفری تا پایان دوره قاجار) است که در طبقه دوم موزه مردم‌شناسی کاخ گلستان در سالن پوشاک، ویتترین زن قاجار، در معرض نمایش عموم قرار گرفته و با شماره ۱۴۴۵ در این موزه به‌ثبت رسیده است. روبنده، بخشی از پوشش بیرونی زنان، از جنس پارچهٔ کتان و ظریف (قمیص)، سفیدرنگ و مستطیل‌شکل بوده که در قسمت

۲- نانوساختارهای باردهی‌شده در حامل‌های آلی: این گروه، شامل میکروکپسول‌ها و نانوکپسول‌های حامل مواد معدنی هستند که نانوساختارهای معدنی، به‌عنوان میهمان در بستر میزبان آلی، بارگذاری می‌شوند. در برخی موارد، از ژئولیت‌ها به‌عنوان حامل استفاده می‌شود. اما به‌دلیل سازگاری بیشتر سامانه‌های آلی-معدنی با بستر و سطوح پلیمری و منسوجات، از حامل‌های آلی استفاده می‌شود. از بسترهای پلیمری، همچون نانوکوی‌ها، نانو کپسول‌ها و میکروکپسول‌ها، درخت‌سان‌ها<sup>۱</sup> و حامل‌های لیپیدی مانند نانولیپوزوم‌ها و میکروولیپوزوم‌ها و مولکول‌هایی نظیر سیکلودکسترین‌ها، به‌عنوان حامل‌های آلی نانوساختارهای معدنی استفاده می‌شود [۳۰].

در صنعت نساجی، در مرحله تکمیل منسوجات، یعنی در فرایند رنگرزی و چاپ یا در تکمیل نهایی پارچه، نانومواد را به مواد مورد استفاده اضافه می‌کنند یا در خصوص الیاف مصنوعی، در مرحله تولید الیاف، آن را به محلول یا مذاب ریسندهی می‌افزایند. اما در حوزه حفاظت از منسوجات تاریخی، با توجه به قدمت پارچه و آماده‌بودن آن، این شرایط میسر نیست. بنابراین، از این مواد برای ضدباکتریایی کردن منسوجات تاریخی، به‌منظور محافظت در برابر فرسایش ناشی از عوامل زیستی، استفاده نشده است. به‌طورکلی، روش‌های رایج در حفاظت منسوجات تاریخی، روش‌های شیمیایی هستند که علاوه بر اسیدی‌کردن ماده، به نمونه آسیب می‌زنند و برای محیط زیست و کاربر نیز مضرند [۱۷].

بافته‌های تاریخی، به‌لحاظ ماهیت آلی، در برابر شرایط محیطی، بسیار حساس و آسیب‌پذیرند و به حفاظت و نگهداری دقیق‌تری نیاز دارند. عواملی مانند نور، رطوبت، گازهای مخرب موجود در هوا (مانند دی‌اکسید سولفور) و حمله حشرات (مانند موربانه و بید) موجب آسیب‌هایی همچون پارگی، چرک‌ها، لکه‌ها و ازبین‌رفتن رنگینه‌های طبیعی پارچه و موارد مشابه می‌شود. معمول‌ترین آسیب‌هایی که به منسوجات وارد می‌شود صدمات فیزیکی و آسیب‌های شیمیایی است [۳۱-۳۳]. یکی از آسیب‌های منسوجات، میکروارگانیسم‌ها هستند که بهترین روش برای ممانعت یا

<sup>1</sup> Dendrimers

گرم‌مثبت هوازی باسیلوس سوبتیلیس<sup>۳</sup> و باکتری گرم‌منفی هوازی سودوموناس آئروژینوزا<sup>۴</sup> از شرکت تجهیزات پزشکی ابوسینا تهیه شد و در محیط کشت پایه نمکی آگار مغذی<sup>۵</sup> استفاده شدند. پس از کشت باکتری، تعداد باکتری‌های موجود، شمارش و خاصیت ضدباکتریایی نانوماده، بررسی شد.

## ۲-۲- تهیه نمونه آزمایشی

شناسایی جنس الیاف نمونه مطالعاتی، پس از شست‌وشوی نمونه الیاف پارچه (غوطه‌ورسازی در آب مقطر به مدت یک ساعت و خشک کردن با کاغذ خشک‌کن)، به‌وسیله آزمایش شعله و میکروسکوپ نوری، انجام شد. در جدول ۱، مشاهدات آزمایش شعله، ارائه شده است. پس از آزمایش شعله، الیافی سلولزی به‌دست آمد. برای تعیین نوع لیف سلولزی، با استفاده از میکروسکوپ نوری، مقطع طولی الیاف تاروپود، با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده شد.

جدول ۱. نتایج آزمایش شعله روی الیاف تار و پود نمونه مطالعاتی

الیاف پود	الیاف تار	بررسی
به سمت شعله	به سمت شعله	قبل از شعله
به شدت می‌سوزد	به شدت می‌سوزد	در شعله
خودسوزی دارد	خودسوزی دارد	بعد از شعله
بوی کاغذ سوخته	بوی کاغذ سوخته	بو
سبک و پرماند	سبک و پرماند	شکل خاکستر
الیاف سلولزی	الیاف سلولزی	نتیجه

شکل روبان پیچ‌خورده در تصاویر نشان می‌دهد که الیاف، پنبه هستند (شکل ۲). از آنجاکه تصویر میکروسکوپی، نتیجه را به طور کامل مشخص کرد، نیازی به انجام آزمایش‌های شیمیایی نبود. بنابراین، با دو روش شعله و میکروسکوپ، نتیجه شناسایی الیاف نمونه مطالعاتی، مشخص و قطعی شد. الیاف تاروپود نمونه مطالعاتی از جنس پنبه بود.

با شناسایی جنس نمونه مطالعاتی، پارچه پنبه‌ای مناسب تهیه شد. سپس، پارچه به‌منظور آهارگیری شسته شد و پس از خشک‌شدن، به‌منظور شبیه‌سازی با نمونه مطالعاتی، به‌مدت

چشم‌ها، توردوزی‌ای (چشمه‌دوزی) به شکل شش‌گوشه (مسدس) دارد و توسط دو مادگی قیطانی کوچک، از دو طرف به چنگال یا قلاب روبنده متصل می‌شود تا روبنده را روی سر نگه دارد و یک سگک یا قلاب از جنس طلا، نقره یا برنج که چگونگی شکل و نوع آن مشخص‌کننده طبقه اجتماعی فرد بوده، در پشت سر، محکم بسته می‌شده است [۳۶]. روبنده مورد مطالعه، دارای ابعاد ۶۶ × ۱۲۰ سانتی‌متر بوده و ابعاد قسمت توری‌دوزی شش‌گوشه (مسدس)، به طول ۱۷ و پهنای ۱۰ سانتی‌متر، به‌منظور دیدن تعبیه شده است.



شکل ۱. روبنده قجر متعلق به موزه مردم‌شناسی کاخ گلستان

## ۲-۱- مواد و تجهیزات

با توجه به اهمیت و ارزشمند بودن منسوجات تاریخی و عدم امکان استفاده از آن‌ها به‌عنوان نمونه آزمایشی، ابتدا، نمونه آزمایشی تهیه شد. از این رو، الیاف پارچه نمونه مطالعاتی، از طریق آزمایش شعله و بررسی میکروسکوپ نوری مدل BK-POLT ساخت چین مجهز به نور پلاریزان با بزرگ‌نمایی تا ۶۰۰ برابر، شناسایی شد و با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده، پارچه مناسب، تهیه و به روش فلر<sup>۱</sup>، پیرسازی شد [۳۷].

پس از پیرسازی، پاشش نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم متعلق به شرکت آرمان جست‌وجوگران انرژی نور نانو (ASEPE Nano) روی نمونه انجام گرفت.

به‌منظور اطمینان از حضور نانوماده روی سطح الیاف پارچه، از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی<sup>۲</sup> (FE-SEM) مدل MIRA3 ساخت شرکت TESCAN استفاده شد.

برای کنترل خاصیت ضدباکتریایی نانوماده، از دو نمونه باکتری گرم‌منفی و گرم‌مثبت که دارای فعالیت تجزیه‌کنندگی مواد نشاسته‌ای و کربوهیدرات‌ها هستند، استفاده شد. باکتری

<sup>3</sup> *Bacillus Subtilis*

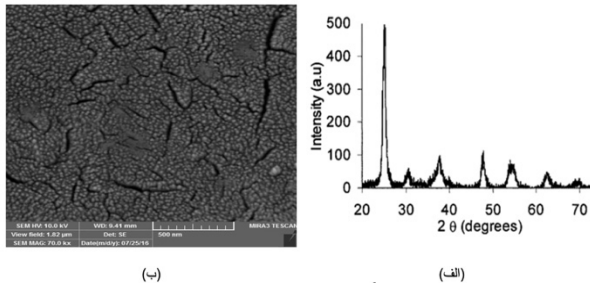
<sup>4</sup> *Pseudomonas Aeruginosa*

<sup>5</sup> Nutrient Agar

<sup>1</sup> Feller

<sup>2</sup> Field Emission Scanning Electron Microscopy

تیتانیوم، با دو غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام و به‌وسیله یک دستگاه آب‌پاش روی نمونه‌های پارچه با تعداد پمپ یکسان، به‌گونه‌ای که سطح کل نمونه خیس شود، افشانش شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها، وزن آن‌ها، در شرایط محیطی (دمای ۲۸ سلسیوس و رطوبت ۴۰ درصد)، ثبت شد (جدول ۳).



شکل ۳. الف) آنالیز XRD نمونه آناتاز نانوکلوئید TiO<sub>2</sub> و ب)

تصویر SEM نانوکلوئید ASEPE Nano-TiO<sub>2</sub> [۳۹]

جدول ۳. وزن نمونه‌های TiO<sub>2</sub> و درصد نانوماده روی آن‌ها

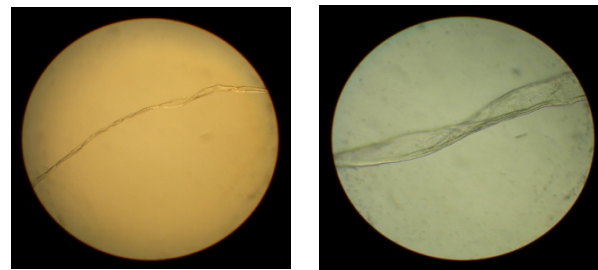
نمونه	غلظت TiO <sub>2</sub> (پی پی ام)	وزن اولیه (گرم)	وزن بعد از پاشش* (گرم)	درصد نانو**
۱	۸۰۰۰	۰/۹۰	۰/۹۵	۵/۵
۲	۸۰۰۰ / پیرسازی	۰/۹۰	۰/۹۵	۵/۵
۳	۴۰۰۰	۰/۹۰	۰/۹۳	۳/۳
۴	۴۰۰۰ / پیرسازی	۰/۹۰	۰/۹۳	۳/۳

\* منظور از وزن بعد از پاشش، وزن نمونه پس از اعمال نانوماده است.

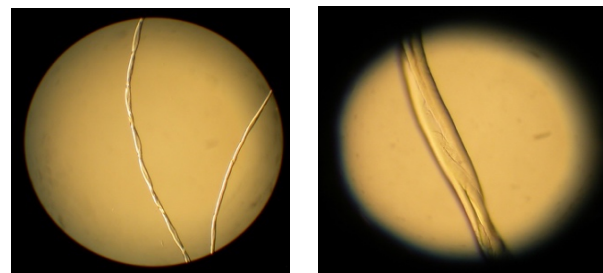
\*\* درصد نانو، میزان برداشت نانو توسط نمونه است که از فرمول  $100 \times \left[ \frac{\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه}}{1} - 1 \right]$  به دست می‌آید.

قبل از آزمایش کشت باکتری، به‌منظور کنترل پایداری نانوذرات بر سطح الیاف پارچه، تعدادی از نمونه‌ها، به‌مدت ۷۲ ساعت، در شرایط پیرسازی قرار گرفتند. نمونه‌ها، پس از اعمال نانومواد، در مقایسه با نمونه شاهد، تغییر رنگ ظاهری نداشتند. پس از پیرسازی نیز، نمونه نانوکلوئید TiO<sub>2</sub>، با غلظت ۴۰۰۰ پی پی ام، تغییر رنگی را نشان نداد. اما نمونه نانوکلوئید TiO<sub>2</sub>، با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام، در مقایسه با نمونه شاهد پیرسازی‌شده، تغییر رنگ نسبی را نشان داد (شکل ۴).

۴۰۰ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس [۳۷] و رطوبت ۳۰ درصد، پیرسازی و نمونه آزمایشی تهیه شد.



(بزرگنمایی X ۱۰۰) الیاف تار (بزرگنمایی X ۶۰۰)



(بزرگنمایی X ۱۰۰) الیاف پود (بزرگنمایی X ۶۰۰)

شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ نوری مقطع طولی الیاف تار و پود به شکل روبان پیچ‌خورده است

### ۲-۳- تهیه نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم

نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم [۳۸] مورد آزمایش، با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام از شرکت ASEPE Nano تهیه شد و با افزودن آب مقطر، به غلظت ۴۰۰۰ پی پی ام رسید. ویژگی‌های این ماده، در جدول ۲ و تصاویر طیف پراش پرتو ایکس (XRD) و SEM در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم [۳۹]

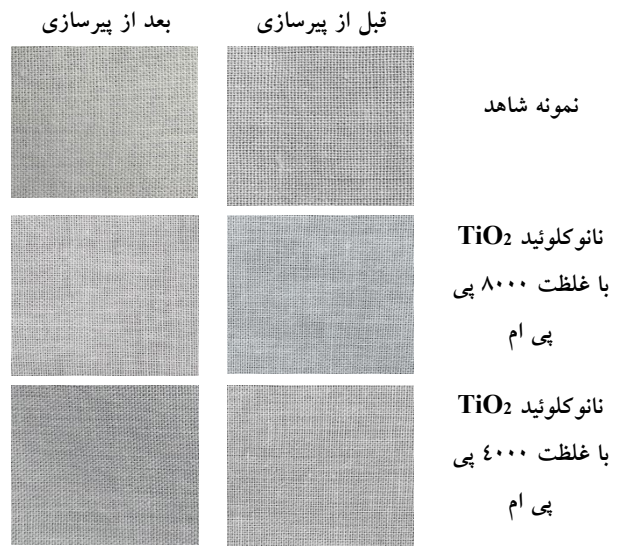
نوع	کلوئید	وزن مولکولی	گرم بر مول
اندازه	۱-۲۰ نانومتر	غلظت	۷۹/۹۳۷۸
رنگ	سفید-شیری	چگالی	۳/۴-۷۸/۲۳ گرم بر میلی‌لیتر
فرمول	TiO <sub>2</sub>	ماندگاری	تا یک سال پایدار
خلوص	۹۹/۹	شرایط انبار کالا	طبیعی

### ۲-۴- شرح آزمایش

فرایند آزمایش در شرایط محیطی با دمای ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت ۴۰ درصد انجام شد. برای اجرای آزمایش، چهار نمونه در نظر گرفته شد. قبل از اعمال نانوماده، ابتدا، وزن هر نمونه ثبت شد. سپس، نانوکلوئید دی‌اکسید

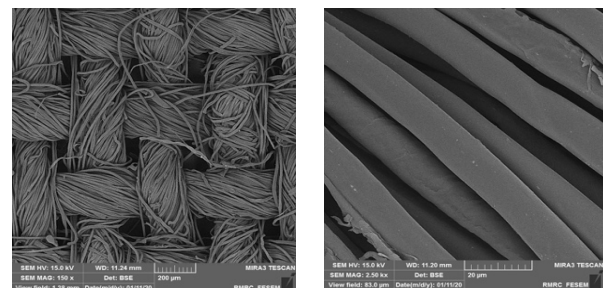
باکتریایی، شامل باکتری گرم مثبت هوازی باسیلوس سوتیلیس و باکتری گرم منفی هوازی سودوموناس آئروژینوزا استفاده شد که باسیلوس سوتیلیس، به صورت پلیت<sup>۱</sup> [۴۰]، با سویه<sup>۲</sup> استاندارد ATCC 6633 و باکتری سودوموناس آئروژینوزا با سویه استاندارد ATCC 27853، از شرکت تجهیزات پزشکی ابوسینا تهیه شد. برای کشت باکتری روی نمونه‌های آماده شده پارچه، ابتدا، نمونه‌ها در ابعاد یکسان، برش زده و در اتوکلاو، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس، استریل شد [۴۱]. سپس، نمونه‌ها در محیط کشت پایه نمکی (شامل ۲ گرم نیترات سدیم (NaNO<sub>3</sub>)، یک گرم دی‌پتاسیم فسفات (K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)، ۰/۵ گرم سولفات منیزیم (MgSO<sub>4</sub>)، ۰/۵ گرم کلرید پتاسیم (KCl)، ۰/۱ گرم سولفات آهن (FeSO<sub>4</sub>)، ۲۰ گرم آگار و ۰/۵ گرم عصاره مخمر با یک لیتر آب مقطر)، به منظور کشت باکتری، قرار گرفت [۴۲]. در میکروبیولوژی استاندارد مک فارلند [۴۳]، سولفات باریم (BaSO<sub>4</sub>) با غلظت ۱۰<sup>۷</sup>-۱۰<sup>۸</sup> میلی‌لیتر، به عنوان مرجع، با هدف مطابقت دادن کدورت ناشی از سوسپانسیون باکتری‌ها، استفاده می‌شود. در نتیجه، پس از تهیه غلظت نیم مک فارلند از هر سوش باکتریایی، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری‌ها، روی پارچه‌های قرار داده شده در محیط کشت پایه نمکی پخش شد و در نهایت، به مدت ۵ روز، در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوبه شد. شایان ذکر است که در این مطالعه، از نمونه‌های فاقد نانوذرات به عنوان کنترل منفی استفاده شد [۴۲]. پس از ۵ روز انکوباسیون، تعداد باکتری‌ها به روش آزمون AATCC 100: 2012 [۴۴]، مشخص شد. هر نمونه، در ۲۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل به مدت ۲۰ دقیقه، شست‌وشو و از هر نمونه یک سری رقت تهیه شد و مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر از آن، در محیط کشت آگار مغذی کشت داده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس، انکوبه شد و سپس، تعداد باکتری‌های

<sup>۱</sup> ظروف پلاستیکی یا شیشه‌ای دوجداره که محیط کشت باکتری، در جداره کوچک ریخته و از جداره بزرگ به عنوان درب پلیت استفاده می‌شود. پلیت‌ها، محلی برای رشد میکروارگانیسم در کشت‌های ساخته شده هستند که پس از کشت، به صورت وارونه انکوبه می‌شوند. این عمل، مانع جمع شدن آب در محیط کشت و پخش شدن کلنی‌ها می‌شود.  
<sup>۲</sup> سویه، به سلول‌هایی گفته می‌شود که با سویه‌های دیگر، کمتر از ۱۲ درصد تفاوت ژنتیکی داشته باشد.

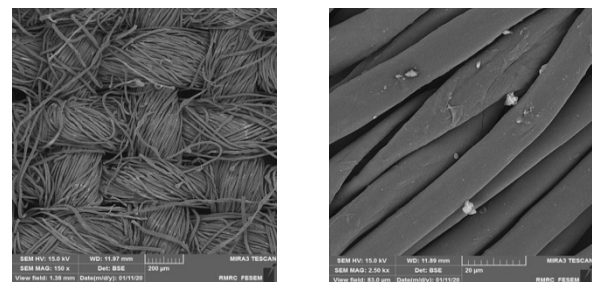


شکل ۴. مقایسه رنگ نمونه‌های نانوماده و نمونه‌های شاهد قبل و بعد از پیرسازی

به منظور مشاهده نحوه قرارگیری نانوذرات روی پارچه، نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی غلظت بالاتر نانوذرات، به وسیله FE-SEM بررسی شد (شکل‌های ۵ و ۶). سپس، به منظور بررسی خاصیت ضدباکتریایی این نانوذرات، آزمایش کشت باکتری انجام شد.



شکل ۵. تصاویر FE-SEM نمونه‌های شاهد



شکل ۶. تصاویر FE-SEM نمونه نانوکلوئید TiO<sub>2</sub> با غلظت ۸۰۰۰ پی ام

پی ام

به منظور سنجش خاصیت ضدباکتریایی نانومواد استفاده شده در این پژوهش، از دو سوش استاندارد (ATCC)

موجود، شمرده و درصد کاهش باکتری از طریق معادله ۱ [۴۵] محاسبه و در جدول‌های ۴ و ۵ ثبت شد. مراحل کشت باکتری در شکل ۷ نمایش داده شده است.

R: CFU، N: تعداد باکتری در نمونه نانوماده (نمونه / CFU) و R: درصد کاهش رشد باکتری می باشد. در میکروبیولوژی، واحد تشکیل کلنی (CFU) به واحدی گفته می‌شود که برای تخمین تعداد سلول‌های باکتریایی یا قارچی زنده، در یک نمونه به کار می‌رود.

موجود، شمرده و درصد کاهش باکتری از طریق معادله ۱ [۴۵] محاسبه و در جدول‌های ۴ و ۵ ثبت شد. مراحل کشت باکتری در شکل ۷ نمایش داده شده است.

$$R = \left[ \frac{(N_0 - N)}{N_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

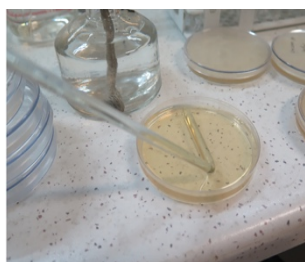
در رابطه بالا،  $N_0$ : تعداد باکتری در نمونه کنترل (نمونه)

جدول ۴. نتایج فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات روی باکتری سودوموناس آئروژینوزا ATCC27853

نمونه	غلظت $TiO_2$ (پی پی ام)	پیرسازی	تعداد کلونی‌های نمونه کنترل (CFU/mL)	تعداد کلونی‌های نمونه آزمایشی (CFU/mL)	ضریب کاهش رشد (%)
۱	۸۰۰۰	قبل	$2/4 \times 10^7$	$1 \times 10^7$	۵۸
۲	۸۰۰۰	بعد	$5/3 \times 10^7$	$2/1 \times 10^7$	۶۰
۳	۴۰۰۰	قبل	$2/4 \times 10^7$	$1/58 \times 10^7$	۳۴
۴	۴۰۰۰	بعد	$5/3 \times 10^7$	$3 \times 10^7$	۴۳

جدول ۵. نتایج فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات روی باکتری باسیلوس سابیلیس ATCC6633

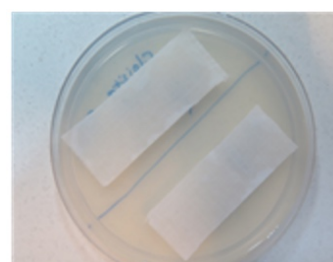
نمونه	غلظت $TiO_2$ (پی پی ام)	پیرسازی	تعداد کلونی‌های نمونه کنترل (CFU/mL)	تعداد کلونی‌های نمونه آزمایشی (CFU/mL)	ضریب کاهش رشد (%)
۱	۸۰۰۰	قبل	$4 \times 10^6$	$2/8 \times 10^6$	۳۰
۲	۸۰۰۰	بعد	$6/1 \times 10^6$	$4/6 \times 10^6$	۲۴
۳	۴۰۰۰	قبل	$4 \times 10^6$	$3/3 \times 10^6$	۱۷
۴	۴۰۰۰	بعد	$6/1 \times 10^6$	$5/4 \times 10^6$	۱۱



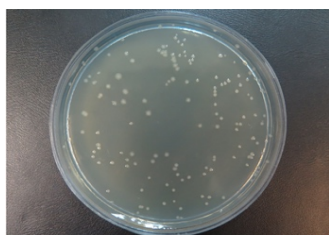
۳- رقت‌سازی از نمونه‌های باکتریایی شسته شده از پارچه‌ها



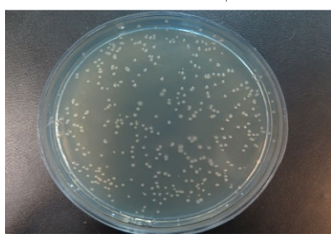
۲- شست‌وشوی نمونه‌های آغشته به باکتری در سرم فیزیولوژی استریل



۱- انکوباسیون نمونه‌ها در محیط کشت پایه نمکی به مدت ۵ روز



۵- شمارش کلونی‌های باکتریایی رشد کرده روی محیط آگار مغذی



۷. مراحل کشت باکتری و شمارش آن



۴- کشت روی محیط آگار مغذی

### ۳- نتایج و بحث

آزمایش‌های متعددی با هدف بررسی خاصیت ضدباکتریایی الیاف پارچه پنبه‌ای پوشش داده‌شده با نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم شرکت ASEPE Nano، با دو غلظت متفاوت، انجام شد که عبارت‌اند از:

آزمایش پیرسازی، به‌منظور کنترل پایداری نانوذرات، به‌مدت ۷۲ ساعت انجام پذیرفت؛ زیرا در حوزه حفاظت از منسوجات و آثار تاریخی، ماده ضدباکتریایی باید پایدار و باثبات و با رنگ کالا سازگار باشد، موجب تغییر رنگ نشود، در شرایط نگهداری معمولی خاصیت خود را حفظ کند و دوام لازم را داشته باشد. بنابراین، پیرسازی ثانویه، با هدف کنترل ثبات رنگی و ماندگاری نانوذرات، انجام شد. پس از پیرسازی، با بررسی ظاهری پارچه‌ها پس از پوشش با نانوذرات، هیچ‌یک از آن‌ها، در مقایسه با نمونه شاهد، تغییر رنگ نداشتند. پس از پیرسازی نیز، پارچه پوشش داده‌شده با غلظت ۴۰۰۰ پی پی ام، فاقد تغییر رنگ بود. اما نمونه نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم، با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام، در مقایسه با نمونه شاهد پیرسازی‌شده، تغییر رنگ داشت که در حوزه حفاظت، همان‌طور که بیان شد، بیانگر بی‌ثباتی رنگی است.

همان‌طور که در تصاویر شکل‌های ۵ و ۶ می‌توان مشاهده کرد، نانوذرات، روی الیاف پارچه پنبه‌ای قرار دارند که با افزایش غلظت، مقدار نانوذرات روی سطح الیاف نیز افزایش می‌یابند. نتایج، حاکی از ماندگاری و پایداری نانوذرات روی سطح پارچه، قبل و بعد از پیرسازی است.

به‌منظور بررسی خاصیت ضدباکتریایی، آزمایش کشت باکتری در محیط پایه نمکی آگار مغذی انجام شد. نمونه‌های آزمایشی، در محیط کشت پایه نمکی آگار مغذی، به‌وسیله دو باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* ATCC27853 و *باسیلوس سابتیلیس* ATCC6633، بررسی شدند که نتایج کشت باکتری، مطابق جدول‌های ۴ و ۵، نشان داد بیشترین ضریب کاهش رشد باکتری، مربوط به نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام در هر دو نمونه باکتری است. ضریب کاهش رشد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* روی نمونه آزمایش، قبل از پیرسازی، ۶۰ درصد و بعد از پیرسازی، ۵۸ درصد بود که این درصدها در خصوص باکتری *باسیلوس سابتیلیس*،

به‌ترتیب، ۳۰ درصد و ۲۴ درصد بود.

### ۴- نتیجه‌گیری

پژوهش تجربی انجام‌شده به‌منظور بررسی و ارزیابی کاربرد نانوکلوئیدهای دی‌اکسید تیتانیوم در ضدباکتری کردن الیاف پارچه پنبه‌ای، به‌عنوان روشی ساده و بدون آسیب‌رساندن به اثر، به نتایج زیر منجر شد:

۱. استفاده از روش پاشش افشانه‌ای برای نشان دادن نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم به‌صورت پایدار روی سطح الیاف پارچه پنبه‌ای، حتی پس از پیرسازی، موفقیت‌آمیز بود.  
۲. آزمایش‌های کشت باکتری نشان داد حضور نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم روی سطح الیاف پارچه، به کاهش محسوس رشد باکتری منجر می‌شود و این کاهش، با افزایش غلظت نانوذرات از ۴۰۰۰ پی پی ام به ۸۰۰۰ پی پی ام، به‌مراتب افزایش می‌یابد که خود حاکی از عملکرد مثبت نانوذرات در ضدباکتری کردن الیاف پارچه است.

۳. کاهش رشد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* ATCC27853 در حضور نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام، به‌مراتب، از مقادیر مربوط به باکتری *باسیلوس سابتیلیس* ATCC6633 (تقریباً سه برابر) بیشتر بود.

۴. بررسی رشد باکتری روی سطح الیاف پارچه پنبه‌ای آغشته‌شده با غلظت ۸۰۰۰ پی پی ام نانوذرات اکسید دی‌تیتانیوم پس از پیرسازی، تغییر رنگ نسبی الیاف پارچه را نشان داد که بنا بر اهمیت آن در خصوص پارچه‌های تاریخی، نیاز به بهینه‌سازی دارد.

۵. پاشش افشانه‌ای نانوکلوئید دی‌اکسید تیتانیوم روی سطح الیاف پنبه‌ای، به بروز خاصیت ضدباکتریایی محسوسی منجر شد، هرچند به‌منظور حصول نتایج بهتر در استفاده از این روش برای ضدباکتریایی کردن الیاف پارچه پنبه‌ای تاریخی، لازم است بهینه‌سازی، به‌خصوص برای سنتز نانوذرات اکسید تیتانیوم در ابعاد، ریخت‌شناسی و غلظت‌های مطلوب، پارامترهای مؤثر در روش پاششی و شرایط عملیات پیرسازی و غیره، انجام شود.

### ۵- سپاسگزاری



- "Nanocomposite materials for photocatalytic degradation of pollutants", *Catalysis Today*, Vol. 281, (2017), 85-100. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.05.048>
13. Abdollahi, H., Ershad-Langroudi, A., Salimi, A., Rahimi, A., "Photocatalyst nanocomposite hybrid coatings based on TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> core/shell nanoparticles: Preparation and investigation of weathering and corrosion resistance", *Journal of Color Science and Technology*, Vol. 3, (2013), 151-164. [http://jcsst.icrc.ac.ir/article\\_76089\\_ce73ab783c9283afbfbc33\\_dfl1e61dc0d.pdf](http://jcsst.icrc.ac.ir/article_76089_ce73ab783c9283afbfbc33_dfl1e61dc0d.pdf)
  14. Kapridaki, C., Maravelaki-Kalaitzaki, P., "TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-PDMS nanocomposite hydrophobic coating with self-cleaning properties for Marble protection", *Progress in Organic Coatings*, Vol. 76, No. 2-3, (2013), 400-410. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2012.10.006>
  15. Ershad-Langroudi, A., Rahimi, A., "Synthesis and characterization of nanosilica-based coatings for protection of antique articles", *International Journal of Nanotechnology*, Vol. 6, No. 10-11, (2009), 915-925. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2009.027555>
  16. Luo, Y., Xiao, L., Zhang, X., "Characterization of TEOS/PDMS/HA nanocomposites for application as consolidant/hydrophobic products on sandstones", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 16, No. 4, (2015), 470-478. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.08.002>
  17. Ershad-Langroudi, A., Fadaei, H., Ahmadi, K., "A survey on applications of polymeric nanomaterials for conservation of artworks", *Iranian Journal of Polymer Science & Technology*, Vol. 30, No. 5, (December 2017-January 2018), 371-389. <https://doi.org/10.22063/JIPST.2017.1530>
  18. Alessandrini, G., Toniolo, L., Colombo, C., "Partially fluorinated acrylic copolymers as coating for calcareous stone materials", *Studies in Conservation*, Vol. 45, (2000), 1-6. <https://doi.org/10.1179/sic.2000.45.Supplement-1.1>
  19. Toniolo, L., Della Volpe, C., Brugnara, M., Poli, T., "Partially fluorinated acrylic copolymers as coatings for stone protection: Characterization and surface properties", *MRS Online Proceedings Libraray (OPL)*, Cambridge University, Volume 712, Symposium II-Materials Issues in Art and Archaeology VI, (2002), I13.3. <https://doi.org/10.1557/PROC-712-I13.3>
  20. Karimi, L., Mirjalali, M., Yazdanshenas, M. E., Nazari, A., "Effect of nano TiO<sub>2</sub> on self-cleaning property of cross-linking cotton fabric with succinic acid under UV irradiation", *Photochemistry and Photobiology*, Vol. 86, No. 5, (2010), 1030-1037. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00756.x>
  21. Montazer, M., Morshedi, S., "Photo bleaching of wool using nano TiO<sub>2</sub> under daylight irradiation", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 20, No. 1, (2014), 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.04.023>
  22. Ibanescu, M., Musat, V., Textor, T., Badilita, V., Mahltig, B., "Photocatalytic and antimicrobial Ag/ZnO nanocomposites for functionalization of textile fabrics", *Journal of Alloys and Compunds*, Vol. 610, (2014), 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.04.138>
  23. Nazari, A., Montazer, M., Dehghani-Zahedani, M. "Mothproofing of wool fabric utilizing ZnO nanoparticles optimized by statistical models", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 20, No. 6, (2014), 4207-4214. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.12.112>
  24. "Antimicrobial textiles", Collection of Nanotechnology Industrial Reports, Report No. 49, (2015). (In Farsi). [https://nano.ir/index.php?ctrl=paper&actn=paper\\_view&id=3623&lang=1](https://nano.ir/index.php?ctrl=paper&actn=paper_view&id=3623&lang=1)
  25. "Application of nanotechnology in the textile industry", Collection of Nanotechnology Industrial Reports, Special Headquarters for Nanotechnology Development, (2011). (In Farsi). <http://indnano.ir/wp-content/uploads/11-Nanotextile.pdf>
  26. Montazer, M., Seifollahzadeh, S., "Enhanced self-cleaning, antibacterial and UV protection properties of nano TiO<sub>2</sub> treated textile through enzymatic pretreatment", *Photochemistry and Photobiology*, Vol. 87, No. 4, (2011), 877-883. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00917.x>
- مطالعات انجام شده، در قالب پايان نامه كارشناسی ارشد، توسط پژوهشگران تهیه شد. از سركار خانم مينايی، امين اموال موزه مردم شناسی كاخ گلستان، برای در اختيار قرار دادن نمونه مطالعاتی، همچنين از بنياد علوم کاربردی رازی و پژوهشكده حفاظت و مرمت آثار تاريخی و فرهنگي، به ویژه خانم دكتر نوحی باباجان و خانم دكتر مدنی، در خصوص انجام آزمایش ها، تشكر و قدردانی می شود.
- ### مراجع
1. Pinto, A. F., Rodrigues, J. D., "Stone consolidation: The role of treatment procedures", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 9, No. 1, (2008), 38-53. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.004>
  2. Ershad-Langroudi, A., Rahimi, A., *Introduction on Hybrid Nanocomposite Coatings*, Naghsh Bian, Tehran, (2010). (In Farsi). <https://lib1.ut.ac.ir:8443/site/catalogue/145037>
  3. Horie, V., *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*, Second Edition, Routledge Taylor & Francis Group (T&F), Thames, Oxfordshire, England, UK, (2010). <https://www.abebooks.co.uk>
  4. Mirzaei, M., "Nanotechnology for science and engineering", *Advanced Journal Science and Engineering*, Vol. 1, No. 3, (2020), 67-68. <https://doi.org/10.22034/AJSE2013067>
  5. Beheshtifar, M., Ershad-Langroudi, A., Fadaei, H., "Conservation evaluation of three protective siloxane coatings on a limestone sample", *Proceedings of Second Conference on Materials Science and Protection of Historical and Cultural Monuments, Iranian Research Institute for Cultural Heritage*, Tehran, Iran, (2-3 May, 2016). <http://www.richt.ir/>
  6. Ershad-Langroudi, A., Fadaei, H., Ahmadi, K., Beheshtifar, M., "Superhydrophobic siloxane based coating for enhanced protection of historical limestone surfaces", *Proceedings of 12<sup>th</sup> International Seminar on Polymer Science and Technology*, Islamic Azad University, Tehran, Iran, (2-5 November, 2016). <https://civilica.com/doc/577924>
  7. Ershad-Langroudi, A., Fadaei, H., Ahmadi, K., Beheshtifar, M., "Consolidation of historical stone by silane/siloxane treatment", *Proceedings of 12<sup>th</sup> International Seminar on Polymer Science and Technology*, Islamic Azad University, Tehran, Iran, (2-5 November, 2016). <https://civilica.com/doc/577926>
  8. Sierra-Fernandez, A., Gomez-Villalba, L. S., Rabanal, M. E., Fort, R., "New nanomaterials for applications in conservation and restoration of stony materials: A review", *Materiales de Construcción*, Vol. 67, No. 325, (2017), 107-125. <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07616>
  9. Borsoi, G., Lubelli, B., Hees, R. V., Veiga, R., Silva, A. S., "Understanding the transport of nanolime consolidants within Maastricht limestone", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 18, (2016), 242-249. [http://pure.tudelft.nl/ws/files/7547980/Borsoi\\_2015.pdf](http://pure.tudelft.nl/ws/files/7547980/Borsoi_2015.pdf)
  10. Rodriguez-Navarro, C., Suzuki, A., Ruiz-Agudo, E., "Alcohol dispersions of calcium hydroxide nanoparticles for stone conservation", *Langmuir*, Vol. 29, No. 36, (2013), 11457-11470. <https://doi.org/10.1021/la4017728>
  11. Zarzuela, R., Carbú, M., Gil, M. A., Cantoral, J. M., Mosquera, M. J., "CuO/SiO<sub>2</sub> nanocomposites: A multifunctional coating for application on building stone", *Material & Design*, Vol. 114, (2017), 364-372. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.11.009>
  12. Petronella, F., Truppi, A., Ingresso, C., Placido, T., Striccoli, M., Curri, M. L., Agostiano, A., Comparelli, R.,

- Research*, No. 4, (2008), 7-22. (In Farsi). <https://www.noormags.ir/view/fa/creator/140506>
35. Zafarnia, N. S., Habibi, S., "A review of new applications of nanotechnology in the textile industry", *Proceedings of National Conference on Nanostructure, Nanoscience and Science*, (February 2017). (In Farsi). <https://civilica.com/doc/651914/>
  36. Koolivand, Z., Institute for Iranian Contemporary Historical Studies. <http://www.iichs.ir/s/5101>
  37. Feller R. L., *Accelerated Aging Photochemical and Thermal Aspects, Thermally Induced Oxidative Deterioration*, The Getty Conservation Institute, The J. Paul Getty Trust, United States of America, (1994). [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/aging.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/aging.pdf)
  38. Mirjalali, F., Manafi, S., Farahbakhsh, I., "Preparation and characterization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles prepared by Sol-Gel method", *Advanced Ceramics Progress* (ACERP), Vol. 3, No. 3, (Summer 2017), 38-47. <https://doi.org/10.30501/ACP.2017.90757>
  39. Website of Arman Light Energy Researcher Company. <http://Asepe-company.com>
  40. "Antimicrobial completion of textiles using nanomaterials, part II", Comprehensive Nano Training System, (2018). (In Farsi). <https://nanoeducation.ir/article-detail/%D8%AA%DA%A9%D9%85%DB%8C%D9%84/djFSZUNRYXBWUIFWcmkxWVIXVHpiQT09/>
  41. Website of Iran Environmental Health. <http://www.environmentalhealth.ir/>
  42. "Instructions for preparation, preparation and quality control of culture media", Health Reference Laboratory, Ministry of Health and Medical Education, (2018). (In Farsi). [https://ta.mui.ac.ir/sites/ta.mui.ac.ir/files/%D8%AF%D8%B3%D8%AA%D9%88%D8%B1%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%85%D9%84%20%D8%A2%D9%85%D8%A7%D8%AF%D9%87%20%D8%B3%D8%A7%D8%B2%DB%8C%D8%8C%20%D8%AA%D9%87%DB%8C%D9%87%20%D9%88%20%DA%A9%D9%86%D8%AA%D8%B1%D9%84%20%DA%A9%DB%8C%D9%81%DB%8C%20%D9%85%D8%AD%DB%8C%D8%B7%20%D9%87%D8%A7%DB%8C%20%DA%A9%D8%B4%D8%AA\\_0.pdf](https://ta.mui.ac.ir/sites/ta.mui.ac.ir/files/%D8%AF%D8%B3%D8%AA%D9%88%D8%B1%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%85%D9%84%20%D8%A2%D9%85%D8%A7%D8%AF%D9%87%20%D8%B3%D8%A7%D8%B2%DB%8C%D8%8C%20%D8%AA%D9%87%DB%8C%D9%87%20%D9%88%20%DA%A9%D9%86%D8%AA%D8%B1%D9%84%20%DA%A9%DB%8C%D9%81%DB%8C%20%D9%85%D8%AD%DB%8C%D8%B7%20%D9%87%D8%A7%DB%8C%20%DA%A9%D8%B4%D8%AA_0.pdf)
  43. Fazel, M., Farbodi, M., "Preparation of polyaniline-carboxymethyl cellulose-TiO<sub>2</sub> hybrid nanocomposite and investigation of its physicochemical & antibacterial properties", *Journal of Advanced Materials and Technologies (JAMT)*, Vol. 5, No. 2, (2016), 31-39. (In Farsi). <https://doi.org/10.30501/JAMT.2637.70329>
  44. AATCC 100-Antimicrobial Fabric Test. <http://microchemlab.com/test/aatcc-100-antimicrobial-fabric-test>
  45. Zarrabian, M., Aligholi, M., Loghmani Nejad, N., "Evaluation of reduction in intracanal bacteria by three instrumentation technique: K-type manual system file, rotary Race and Profile system", *Journal of Dentistry (Tehran University of Medical Sciences)*, Vol. 18, No. 2, (2005), 44-52. <http://jdm.tums.ac.ir/article-1-321-en.html>
  27. Muñoz-Bonilla, A., Fernández-García, M., "Polymeric materials with antimicrobial activity", *Progress in Polymer Science*, Vol. 37, No. 2, (2012), 281-339. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005>
  28. Noorian, S. A., Hemmatinejad, N., Bashari, A., "One-pot synthesis of Cu<sub>2</sub>O/ZnO nanoparticles at present of folic acid to improve UV-protective effect of cotton fabrics", *Photochemistry and Photobiology*, Vol. 91, No. 3, (2015), 510-517. <https://doi.org/10.1111/php.12420>
  29. Zhou, N. L., Liu, Y., Li, L., Meng, N., Huang, Y. X., Zhang, J., Wei, S. H., Shen, J., "A new nanocomposite biomedical material of polymer/clay-Cts-Ag nanocomposites", *Current Applied Physics*, Vol. 7, No. 1, (2007), e58-e62. <https://doi.org/10.1016/j.cap.2006.11.016>
  30. Dastjerdi, R., Montazer, M., *Metal and mineral nanostructures in antimicrobial and multifunctional modification of textiles and polymers*, Yazd University Publishing Center, (2012). (In Farsi). <https://yazd.ac.ir/VP-000154-001-HC16>
  31. Zarrineh, H., "Protection and preservation of textiles", Moghaddam Museum of University of Tehran, (2007). (In Farsi). <http://museums.ut.ac.ir/Images/UserFiles/1/file/%D8%AD%D9%81%D8%A7%D8%B8%D8%AA%20%D8%A7%D8%B2%20%D9%85%D9%86%D8%B3%D9%88%D8%AC%D8%A7%D8%AA.pdf>
  32. Planderlit, H. J., Werner A. I. A., *Restoration of Artistic and Historical Works*, Translated by Dr. Rasoul Vatandoost, University of Arts Press, (2012). (In Farsi). <https://press.art.ac.ir/?product=%d8%ad%d9%81%d8%a7%d8%b8%d8%aa%d8%8c-%d9%86%da%af%d9%87%d8%af%d8%a7%d8%b1%db%8c-%d9%88-%d9%85%db%8c-%d8%aa-%d8%a2%d8%ab%d8%a7%d8%b1-%d9%87%d9%86%d8%b1%db%8c-%d9%88-%d8%aa%d8%a7%d8%b1%db%8c%d8%ae>
  33. Pardo Tula, Robinson Jane, *Illustrated Guide to The Care and Maintenance of Woven and Clothing Collections*, Translated by Mansoureh Azadvari, Published by the Research Institute for the Preservation and Restoration of Historical and Cultural Monuments, Tehran, (2006). (In Farsi). <http://book.richt.ir/product/147/%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%86%D9%85%D8%A7%DB%8C-%D9%85%D8%B5%D9%88%D8%B1-%D9%85%D8%B1%D8%A7%D9%82%D8%A8%D8%AA-%D9%88-%D9%86%DA%AF%D9%87%D8%AF%D8%A7%D8%B1%DB%8C-%D8%A7%D8%B2-%D9%85%D8%AC%D9%85%D9%88%D8%B9%D9%87-%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%A8%D8%A7%D9%81%D8%AA%D9%87-%D9%88-%D9%BE%D9%88%D8%B4%D8%A7%DA%A9>
  34. Attari, M., "The place of new science and technologies (especially nanotechnology) in The preservation and protection of cultural heritage (with interdisciplinary systems approaches)", *Art and Architecture, Repair and*