

تأثیر نانومواد بر فرش دستباف رنگرزی شده با ماده رنگزای طبیعی اسپرک

فرزانه ملک‌ان^۱، محمد خواجه‌مه‌ریزی^{۲*}، سید محمد ویسیان^۳

۱- کارشناس ارشد فرش، انجمن علمی فرش ایران، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵۱۱۳۹

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، صندوق پستی: ۸۹۱۹۵-۷۴۱

۳- کارشناس مرکز ملی فرش ایران، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۹۹۸۸۴۴۶۴۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۱ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۹/۶/۳۰

چکیده

امروزه، با توجه به کیفیت فرش دستباف ایران و اهمیت اقتصادی این صنعت، یک نیاز رو به رشد برای تحقیق و پژوهش در زمینه کاربرد ذرات نانو بر روی الیاف طبیعی و بهبود خواص فیزیکی و رنگرزی آن وجود دارد. در این تحقیق، ابتدا نخ‌های پشمی با زاج سفید و اسید استیک دندان‌شده، سپس با ماده رنگزای طبیعی اسپرک رنگرزی شدند. بعد از رنگرزی، فرش بافته‌شده و روی آن در سه مرحله تکمیل با نانوقره، نانودی‌اکسید تیتانیوم و نانواکسید آلومینیم صورت گرفت. سپس، خواص ریخت‌شناسی، مؤلفه‌های رنگی و قدرت رنگی، خودتمیزشوندگی، مدت زمان جذب رطوبت، زاویه تماس، خواص بوزدایی، بررسی تغییرات شیمیایی و ضدباکتری نمونه‌ها بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند که خاصیت آب‌دوستی، قرمزی و روشنایی نمونه‌ها بهبود یافته است. همچنین، قدرت رنگی نمونه‌ها کاهش یافت. خواص ضدبو نمونه‌ها بعد از عملیات تکمیل، مطلوب ارزیابی گردید. علاوه بر این، خواص ضد میکروبی نمونه‌ها در مقابل دو میکروب *E. coli* و *S. aureus* بسیار خوب بود.

واژه‌های کلیدی: فرش دستباف، نانوقره، اسپرک، نخ پشمی، خواص ضد میکروبی.

The Effect of Nanomaterials on Dyed Handmade Carpet with Weld Natural Dye

F. Malekan¹, M. Khajeh Mehrizi^{2*}, S. M. Veysian³

1- Iran Carpet Scientific Association, P. O. Box: 141551139, Tehran, Iran.

2- Faculty of Textile Engineering, Yazd University, P. O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

3- Expert of Iran National Carpet Center, P. O. Box: 1998844641, Tehran, Iran.

Received: 17-05-2019

Accepted: 02-12-2019

Available online: 20-09-2020

Abstract

Nowadays, considering the quality of Iran handmade carpet and the economic importance of this industry, there is a growing need for research on the application of nanoparticles on natural fibers and the improvement of its physical and dyeing properties. In this study, firstly, woolen yarns were mordanted with alum and acetic acid, and then dyed with weld natural dye. After dyeing, carpet was woven and it was treatment in three stages with three types of Nano-silver, Nano-titanium dioxide and Nano-alumina oxide. Then, morphologic properties, color values and color strength of samples, self-cleaning, moisture absorption time, contact angle, deodorizing properties, chemical and anti-bacterial activities of samples have been investigated. The results showed that the hydrophilic properties and redness and brightness values of samples is improved. Also, color strength of samples was reduced. Evaluation of the deodorizing properties of the samples after finishing treatment was suitable. Moreover, the antimicrobial properties of the specimens against *E. coli* and *S. aureus* microbes were very good. *J. Color Sci. Tech.* 14(2020), 203-214©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Handmade carpet, Nano silver, Weld, Woolen yarn, Antimicrobial properties.

۱- مقدمه

حس تنوع خواهی بشر و انگیزه استفاده بهینه از امکانات موجود سبب شد تا انسان دست‌بافت‌هایی را به‌وجود آورده و روز به روز آن را کامل‌تر کند. یکی از مهم‌ترین دست‌بافت‌های بشری فرش است که متشکل از تار، پود و خامه می‌باشد. پشم گوسفندان ایران به دلیل ویژگی‌های فیزیکی بارزی مانند برگشت‌پذیری، تجعد، آنتی‌استاتیک و تاخیر شعله، یکی از مناسب‌ترین الیاف برای خامه قالی می‌باشند [۱]. تا اواسط قرن ۱۹، تنها منابع رنگ پارچه، مواد طبیعی با منشأ گیاهی یا حیوانی بودند [۲]. مواد رنگزای طبیعی نسبت به ترکیبات شیمیایی به دلیل عدم خطر شیمیایی و اثرات سمی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. بنابراین برای سال‌های متمادی، استفاده از منابع تجدیدپذیر و سازگار با محیط‌زیست مورد توجه بوده است [۳]. طبق بررسی‌های انجام‌شده مواد رنگزای زرد طبیعی اکثراً از ترکیبات فلاونوئیدی هستند. این گروه، رنگ‌دانه‌های آروماتیک و حلقوی اکسیژن‌دار هستند و به رنگ‌های زرد، قرمز و غیره در گیاهان وجود دارند. به‌واسطه وجود عامل هیدروکسی، به حالت آلفا، در این دسته ترکیبات، نسبت به عامل کربونیل، شبیه آلزارین یا یون‌های فلزی ایجاد کمپلکس لاکسی می‌کنند. گیاهانی که دارای این دسته از ترکیبات طبیعی می‌باشند، بسیار زیاد بوده و تعدادی از آن‌ها به حد وفور در ایران گسترش دارند. از جمله این گیاهان می‌توان به اسپرک اشاره کرد [۴].

در پژوهشی مریدی و همکارانش اثر هم‌زمان نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیم و نقره بر بهینه‌سازی رنگبری کاتالیزوری نوری پارچه پنبه/ پلی‌استر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله، توزیع یکنواخت نانوذرات TiO_2/Ag بر روی سطح پارچه و رنگبری لکه‌های رنگی را نشان داد که افزایش غلظت نقره در بستر TiO_2 تا یک غلظت بهینه، منجر به افزایش رنگبری و در نتیجه بهبود خاصیت کاتالیزور نوری و از طرفی افزایش بیش از اندازه غلظت نانوذرات کلئیدی نقره موجب کاهش خاصیت کاتالیزور نوری شده است [۵]. در تحقیقی توسط علیایی و همکارانش آلجینات سدیم و نانو دی‌اکسید تیتانیم به همراه اسید سیتریک یک آبه و هیپوسفیت سدیم به منظور اصلاح الیاف پشمی مورد استفاده قرار گرفتند و تأثیر آن‌ها بر خواص ضد میکروبی نخ پشمی بررسی شد. بیشترین فعالیت ضد میکروبی بر روی الیاف (۹۹٫۶٪) مربوط به باکتری اش‌ریشیاکلی به‌دست آمد [۶]. همچنین، مریدی و همکارانش در تحقیق دیگری، اثر خودتمیزشوندگی پارچه پنبه/ پلی‌استر پیش عمل‌آوری شده با استفاده از کرونا و نیز پوشش داده‌شده با نانوذرات کامپوزیتی TiO_2/Ag را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که نانوذرات کامپوزیتی حاصل از احیا فوتوشیمیایی نیترات نقره بر روی TiO_2 از یکنواختی مناسبی برخوردار است. همچنین پیش‌فرآیند کرونا منجر به افزایش آب‌دوستی و خاصیت خودتمیزشوندگی پارچه‌ها نیز شده است [۷].

نتایج تحقیقات واعظی و همکارانش در حفاظت الیاف پشم فرش‌های دست‌بافت رنگرزی شده با ماده رنگزای طبیعی روناس در برابر باکتری‌های مخرب محیطی توسط نانوذرات نقره کلئیدی نشان می‌دهد که، خاصیت ضد باکتری نمونه‌ها در 600 ppm ، ۵۹٪ بود و همچنین مقایسه نمونه رنگرزی شده با روناس و رنگ‌نشده نشان داد که ماده رنگزای طبیعی روناس سبب کاهش خاصیت ضد باکتری در همان غلظت مذکور شده است [۸].

نظری و همکارانش در تکمیل هم‌زمان ضد میکروب و ضد چروک کالای پنبه‌ای سفید و کاتیونی شده با استفاده از نانو دی‌اکسید تیتانیم و اسید بوتان‌تراکربوکسیلیک به این نتیجه رسیدند که، کالاهای تکمیل‌شده با BTCA و نانو دی‌اکسید تیتانیم از خواص تکمیل ضد میکروب و ضد چروک شدن، برخوردار شدند. به عبارتی با انتخاب غلظت مناسب از نانو دی‌اکسید تیتانیم و BTCA می‌توان به فعالیت ضد میکروبی و ضد چروک (بیش از ۹۹٪) روی کالای پنبه سفید و کاتیونی شده دست یافت [۹].

نخستین بار از نانوفناوری در صنعت نساجی و پوشاک، در مرحله تکمیل منسوجات با استفاده از نانوذرات استفاده شد. هدف از به‌کارگیری نانومواد یا تکمیل‌های نانومتری بر منسوجات، موظف‌کردن منسوجات برای ایفای خصوصیات مختلف نظیر مقاومت در برابر پرتو، خصوصیات ضد میکروبی، خودتمیزشوندگی، کندسوزی، عطرآگینی و غیره است [۱۰]. استفاده از نانوذرات فلزی و نانوساختارها در صنعت نساجی منجر به دستیابی به قابلیت‌های بسیار زیاد منسوجات شده است [۱۱]. به‌منظور ایجاد خاصیت آب‌دوستی از اکسید نیمه‌رساناهای مختلفی استفاده می‌شود که در بین آن‌ها دی‌اکسید تیتانیم به‌دلیل فراوانی، ارزانی و غیرسمی بودن کارایی بیشتری دارد [۱۲]. فلزاتی همچون نقره، طلا، تیتانیم، روی، مس و غیره می‌توانند در ابعاد نانو بر روی سطح منسوجاتی مانند پشم، پنبه، پلی‌استر و غیره به کار برده شوند و ویژگی‌های خاصی را ایجاد کنند. نانوذرات از مهم‌ترین ترکیبات غیرسمی هستند که جهت اصلاح سطوح نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقره از جمله موادی است که به علت خاصیت ضد میکروبی و کارایی بالا جهت اصلاح سطح دی‌اکسید تیتانیم مورد توجه قرار گرفته است [۱۳]. دی‌اکسید تیتانیم به سه حالت بلوری روتایل، آناتاز و بروکیت وجود دارد [۱۴]. که از این میان آناتاز (TiO_2) به دلیل نرخ نوترکیبی کم الکترون‌ها و سوراخ‌های ایجاد شده در آن، بهترین کاتالیزور نوری است [۱۵]. دی‌اکسید تیتانیم به شکل بلور آناتاز به دلیل تولید کوانتومی بالا که باعث کارایی بالای کاتالیزور نوری آن شده به طور گسترده به عنوان کاتالیزور مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۶]. حاجی از ماده رنگزای بربرین موجود در شاخه‌های درخت زرشک به عنوان ضایعات گیاهی و به‌منظور تهیه فرش پشمی با خاصیت ضد میکروبی به همراه دندانه‌های مختلف (سولفات‌مس، دی‌کرومات پتاسیم و زاج سفید)، استفاده کرد و به این نتیجه رسید که

نکرده بود [۲۲]. کیمیاگر و همکارانش بررسی خواص ضدباکتری نانوذرات نقره به همراه دی‌اکسید تیتانیوم و دی‌اکسید تیتانیوم به‌تنهایی را در برابر باکتری اشرشیاکولی با روش پلاسما^۲، تحت تابش UV-Vis و در اتاق تاریک با دمای اتاق مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دی‌اکسید تیتانیوم ضدباکتری ضعیفی است. ترکیب نقره و تیتانیوم در تاریکی و زیر نور بازده ضدباکتری قوی داشتند. رفتار کاتالیزوری دی‌اکسید تیتانیوم افزایش یافته و تعداد جفت الکترون حفره افزایش یافته بود [۲۳]. حسین‌خانی و همکارانش با سنتز نانونقره روی نخ پشم ضخیم ایرانی با ظرافت مناسب به خواص ضد میکروبی مناسب، بهبود استحکام و نمره نخ مناسب دست یافتند. همچنین آزمون‌های EDX و SEM با تأیید سنتز نانونقره روی الیاف پشم نشان دادند که شرایط آزمایش اهمیتی ویژه داشته و در رفتار ضد میکروبی لیف مؤثرند [۲۴]. خواجه‌مه‌ریزی و همکارانش در بررسی اثر کیتوسان، نانوذرات نقره و اکسید آلومینیم بر بهبود خواص آنتی‌باکتریال، بوزدایی و رطوبت‌پذیری منسوج نپافته پلی‌استر جهت استفاده در منسوجات پزشکی به این نتایج دست یافتند که، در صورت استفاده از آلجینات سدیم برای بهبود جذب آب لایه بی‌بافت پلی‌استر بهتر است از غلظت‌های پایین‌تر استفاده گردد؛ در این صورت شرایط جذب رطوبت بهبود خواهد یافت. خواص ضد میکروبی ایجاد شده توسط نیترات نقره به‌خوبی توانسته از رشد باکتری بر روی نمونه‌ها جلوگیری کند. همچنین، خاصیت بوزدایی ایجاد شده توسط تکمیل نمونه‌ها با محلول اکسید آلومینیم مناسب می‌باشد؛ ولی در نمونه‌هایی که از نیترات نقره نیز در تکمیل آن‌ها استفاده شده این خاصیت مشهودتر می‌باشد [۲۵].

با توجه به تحقیقات ذکر شده در زمینه نانوفناوری، هدف از انجام این کار تحقیقاتی این بوده است که تأثیر نانو ذرات مختلف بر الیاف پشمی و رسیدن به نتایج جامع و کامل‌تر نسبت به تحقیقات گذشته در خواص متعدد عملکردی (مانند خواص خودتمیزشوندگی، جذب رطوبت، بوزدایی، ضد میکروبی و آزمون بارگذاری استاتیکی بلندمدت) بوده است. همچنین، با توجه به این که اسپرک یکی از پرکاربردترین مواد رنگ‌زای زرد در فرش دست‌باف می‌باشد، نتایج بهینه به دست آمده از آن را می‌توان در سطح صنعتی به کار برده و در مورد دیگر مواد رنگ‌زای زرد طبیعی هم توسعه داد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

نخ پشمی با متریک ۱۰ دو لا، صابون غیر یونی از شرکت نیک‌فام شیمی، آب دیونیزه از شرکت آریان تجهیز، ماده رنگ‌زای طبیعی اسپرک، زاج سفید، کربنات سدیم، هیپوفسفیات سدیم، اسید استیک همگی از شرکت مرک، نانونقره (۲۰ nm)، نانو دی‌اکسید تیتانیوم با

الیاف رنگ‌رزی شده با این ماده می‌توانند با کمک دندانه‌های مختلف، فام‌های مختلفی داشته باشند و در بافت فرش دست‌باف استفاده شده و به آن خاصیت ضد باکتری ببخشند [۱۷]. سیفال‌ه‌زاده و منتظر در مقاله‌ای با عنوان خودتمیزشوندگی لکه متیلن آبی و اسید آبی ۱۱۳ روی پارچه پشم/ پلی‌استر عمل شده با نانوذرات اکسید تیتانیوم زیر نور فرابنفش بدون زردی، نشان داده استفاده از عملیات قبلی با اکسیدکننده می‌تواند به بهبود جذب نانو دی‌اکسید تیتانیوم کمک کند و با استفاده از نانو دی‌اکسید تیتانیوم به همراه BTCA به روش غوطه‌وری در حمام فراصوت می‌توان خودتمیزشوندگی پایدار روی کالای پشم/ پلی‌استر به دست آورد [۱۸]. نتایج تحقیق بهزادنیسا، نشان داد که افزایش مقدار نانو کامپوزیت Ag/TiO_2 باعث بهبود فعالیت ضد میکروب و کاتالیزور نوری نمونه‌ها شده، به علاوه مدت‌زمان جذب قطره آب نیز کاهش یافته است. افزایش مقدار اسید سیتریک باعث افزایش مقدار جذب نانو کامپوزیت Ag/TiO_2 شد و به دنبال افزایش جذب نانو کامپوزیت، فعالیت ضد میکروب و کاتالیزور نوری افزایش و زمان جذب قطره آب روی نمونه‌ها کاهش یافت [۱۹].

ژانگ^۱ و همکارانش با بررسی تأثیر زردی پشم ریسیده شده و تأثیر آن با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به این نتیجه رسیدند که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به‌طور مؤثر می‌توانند مقدار زردی را با مهار رادیکال‌های آزاد تولید پشم ریسیده شده کاهش دهند. با غلظت بالاتر دی‌اکسید تیتانیوم و سرعت پایین‌تر اکسایش نوری به کاهش زردی کمک کرده است. از این رو نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در پشم در شرایط خشک، در درجه اول به‌عنوان یک جاذب فرابنفش و نه به‌عنوان یک فوتوکاتالیست عمل می‌کند [۲۰]. تانگ^۲ و همکارانش با اصلاح سطح پارچه پشمی با استفاده از نانوذرات سیلیکا و نقره به خواص چندمنظوره جدیدی بر روی پارچه‌های پشمی با رنگ روشن رسیدند. نتایج نشان داد که نانوذرات سیلیکا و نانوذرات نقره باهم در الیاف پشم ترکیب شدند. وجود نانوذرات سیلیکا در پارچه پشمی اصلاح شده باعث افزایش جذب ماده رنگ‌زا و آب‌دوستی فوق‌العاده پارچه شده است. علاوه بر این، در پارچه پشمی که با نانوذرات سیلیکا و نقره اصلاح شده‌اند، فعالیت ضدباکتری به‌وضوح دیده می‌شود که به دلیل وجود نانوذرات نقره در آن می‌باشد [۲۱].

بارانی و همکارانش با استفاده از نانونقره/ لسیتین بر روی پشم با روش‌های مختلف، ضدباکتری و بدون مسمومیت به این نتیجه رسیدند که پارچه بارگذاری شده با نانوذرات نقره به نسبت بالاترین مقدار لسیتین، به دلیل بهره‌وری بارگذاری بالاتر و اندازه کوچک‌تر نانوذرات، فعالیت ضدباکتری بالاتر داشت. همچنین، مورفولوژی سلول‌های فیبروپلاست در آزمون سمیت سلولی در حضور محلول استخراج شده با غلظت‌های مختلف لسیتین از پارچه‌های بارگذاری شده تغییر

1- Zhang

2- Tang

3- PECVD

۲-۳-۲-۲ دنداندار کردن پشم

برای عملیات دنداندار کردن از دنداندار زاج سفید به میزان ۱۰ درصد و اسید استیک ۲ درصد نسبت به وزن کالا به روش پیش دنداندار، به مدت ۴۵ دقیقه استفاده شده است (شکل ۱).

۳-۳-۲-۲ رنگرزی الیاف پشم

ابتدا ماده رنگرزی اسپرک ۳۰ درصد نسبت به وزن کالا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای جوش پخت داده شده، سپس خنک و مورد استفاده قرار گرفت. سپس ۲ درصد اسید استیک نسبت به وزن کالا و نخ دنداندار شده در ماده رنگرزی پخت داده شده، اضافه گردیده و دما را به جوش رسانده، یک ساعت پشم در دمای جوش رنگرزی شده سپس خارج و با آب شستشو داده شده است (شکل ۲).

خلوص ۹۰٪ (۲۰nm)، نانو اکسید آلومینیم با خلوص ۹۹٪ (۲۰nm) ساخت کشور اسپانیا می باشد.

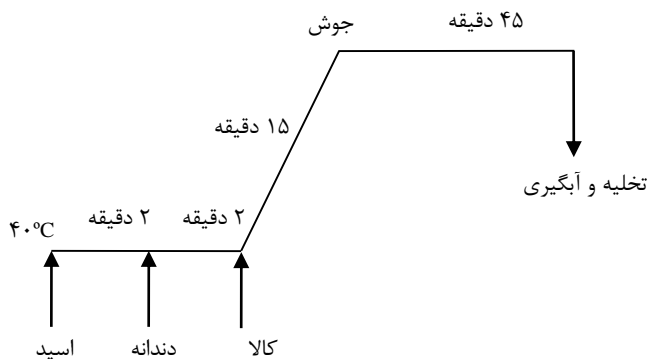
۲-۲-۲ تجهیزات

طیف سنج انعکاسی^۱ دستگاه مدل سونی برای گرفتن تصاویر زاویه تماس قطره آب^۲ و طیف سنج زیر قرمز^۳، دو نمونه دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی^۴، اسپاترینگ، دستگاه شمارش باکتری های زنده^۵، طیف سنج انتقالی و اسپکترومیک ۷۰۰ در مرحله کشت باکتری و کابینت نور، دستگاه بارگذاری استاتیکی و دستگاه ارتفاع سنج پرز فرش، دستگاه بارگذاری استاتیکی و ارتفاع سنج پرز فرش در این تحقیق استفاده شدند.

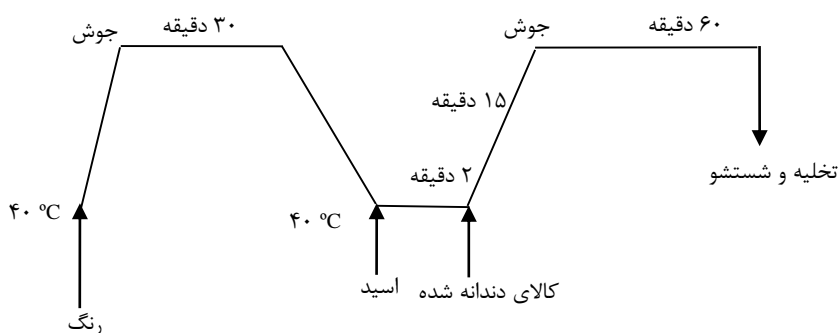
۳-۲-۲ روش کار

۱-۳-۲-۲ شستشوی پشم

ابتدا نخ های پشم در حمام حاوی محتوی 2 g l^{-1} صابون غیر یونی در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه با ۴۰:۱ L:R شستشو داده شده اند.



شکل ۱: نمودار دنداندار کردن.



شکل ۲: نمودار رنگرزی.

۲-۳-۴- شستشوی بعد از رنگرزی

در نهایت نخ‌ها با صابون غیر یونی 2 gl^{-1} در دمای 50°C درجه سانتی‌گراد، $L:R=40:1$ با در زمان ۱۰ دقیقه شسته شده و آبکشی شده است.

وزن کالا به مدت ۱۵ دقیقه در دمای 80°C درجه سانتی‌گراد برای رمق‌کشی قرار گرفته، سپس خارج و با آب دیونیزه آبکشی شده و ۱۰ دقیقه در دمای 100°C درجه سانتی‌گراد آن پخت داده شده است.

۲-۳-۵- بافت

بعد از مرحله رنگرزی و شستشو، یک نمونه فرش با اندازه 50×50 سانتی‌متر با رج‌شمار 50 بافته شد.

۲-۵-۲- تکمیل با نانودی‌اکسید تیتانیم

از اسید استیک 5% درصد، به میزان 10% درصد، هیپوفسفیت سدیم 6% درصد و نانودی‌اکسید تیتانیم با نسبت‌های 0.5 و 1.5 گرم بر لیتر، به مدت 30 دقیقه در دمای 90°C درجه سانتی‌گراد با استفاده از گرم‌کن ارتعاشی و آهنربای آزمایشگاهی این کار انجام شده است و با آب دیونیزه آبکشی شده و پس از آن نمونه‌ها در دمای 120°C درجه سانتی‌گراد، به مدت 2 دقیقه پخت داده شده است.

۲-۴- کدگذاری نمونه‌ها و مقدار مواد مورد مصرف

برای سهولت بررسی نتایج، مشخصات هر یک از نمونه‌ها، در جدول ۱ گردآوری شده است. برای اسپرک از A و اعداد یک تا ۹ با توجه به مواد استفاده شده در مرحله تکمیل، استفاده شده است. در جدول‌ها و تصاویر آزمایش‌ها، نمونه‌هایی که زیر پرتو فرابنفش قرار گرفته‌اند، در کنار کد نمونه، کلمه UV نوشته شده است.

۲-۵-۲- عملیات تکمیلی

۲-۵-۱- تکمیل با نانونقره

نمونه‌های رنگرزی شده، داخل محلول نانونقره با نسبت‌های 0.5 و 2 گرم بر لیتر و اسید استیک 10% درصد، به میزان 20% درصد نسبت به

جدول ۱: کد گذاری نمونه‌های اسپرک و مقادیر مورد استفاده.

کد نمونه	زاج سفید	اسید استیک	نانو نقره	اسید استیک	نانو دی‌اکسید تیتانیم	اسید استیک	هیپوفسفیت سدیم	نانو اکسید آلومینیم	کربنات سدیم ۳٪
اسپرک ۳۰٪	مرحله رنگرزی	مرحله اول تکمیل	مرحله دوم تکمیل	مرحله سوم تکمیل					
A1	UVA1	۱۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
A2	UVA2	۱۰	۲	۲	۲۰	۱۰	۶	۱.۵	۵
A3	UVA3	۱۰	۲	۲	۲۰	۱۰	۶	۰.۵	۵
A4	UVA4	۱۰	۲	۲	۲۰	۰.۵	۶	۱.۵	۵
A5	UVA5	۱۰	۲	۲	۲۰	۰.۵	۶	۰.۵	۵
A6	UVA6	۱۰	۲	۰.۵	۲۰	۱۰	۶	۱.۵	۵
A7	UVA7	۱۰	۲	۰.۵	۲۰	۱۰	۶	۰.۵	۵
A8	UVA8	۱۰	۲	۰.۵	۲۰	۰.۵	۶	۱.۵	۵
A9	UVA9	۱۰	۲	۰.۵	۲۰	۰.۵	۶	۰.۵	۵

۲-۶- آزمایش‌های صورت گرفته

مؤلفه‌های رنگی نمونه‌ها با استاندارد ASTM D 1925، به‌وسیله طیف‌سنج انعکاسی در محدوده ۷۰۰-۴۰۰ nm با زاویه مشاهده‌کننده استاندارد ۱۰ درجه و منبع نوری D65 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بررسی اختلاف رنگی و خودتمیزشوندگی با استفاده از رابطه ۱ صورت گرفت.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

همه نمونه‌ها بعد از تکمیل با نانوذرات به مدت ۴۸ ساعت، پرتو فرابنفش قرار گرفتند. سپس اختلاف رنگی نمونه‌های نور دیده و نور ندیده مقایسه و در نهایت این اختلاف، به‌عنوان معیاری از فعالیت خودتمیزشوندگی ارائه شد.

قدرت رنگی ($\frac{K}{S}$) بر اساس رابطه کیوبلکا-مانک (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (2)$$

اندازه‌گیری مدت‌زمان جذب قطره آب بر اساس روش استاندارد AATCC 79 انجام شد. برای کم کردن مقدار خطای آزمایش، در چهار نقطه مختلف فرش قطره‌ها ریخته شده و با دستگاه Video Camera Color فیلم گرفته شده و میانگین مدت‌زمان جذب قطرات مختلف ثبت شد.

برای گرفتن زاویه تماس آب در نمونه‌ها، عکس‌های گرفته شده با دستگاه Camera Video Color، در برنامه ImageJ باز شده و زاویه تماس آب با نمونه‌ها اندازه‌گیری شده است.

آزمون بویایی انسان مطابق با استاندارد ISO Standard¹² در دمای °C ۲۲ ± ۳ و رطوبت نسبی R.H ۷ ± ۳۸ انجام شد. نمونه‌های خام و عمل شده به همراه ۲۰۰ گرم پیاز خرد شده به مدت ۲۴ ساعت درون ظرف بسته‌ای محبوس شد. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از ظرف خارج شد و به‌طور جداگانه هر یک درون بشر با درپوش قرار گرفت. سپس در این حالت به نمونه‌ها ۱ ساعت زمان داده شد تا فضای بالای آن‌ها برای آزمون بویایی انسان به تعادل برسد [۲۶].

برای بررسی ریخت‌شناسی سطحی نمونه‌ها، ابتدا با استفاده از دستگاه اسپاترینگ مدل DSR1 لایه‌ای از طلا روی پرز فرش دست‌باف نشانده شد تا سطح آن دارای هدایت الکتریکی شود. سپس نمونه‌های مطلا شده در داخل میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ مورد بررسی قرار گرفت.

جهت بررسی تغییرات شیمیایی به‌وجود آمده در تعدادی از

نمونه‌ها، ابتدا پشم خیلی ریز شده و با استفاده از نمک KBR به صورت قرص آماده شد و توسط طیف‌نورسنج مادون‌قرمز^۲ با بزرگ‌نمایی ۴ cm تهیه و اسکن شد.

آزمایش ضدباکتری طبق استاندارد AATCC 100-1993^۳ با استفاده از باکتری‌های اشرشیاکولای^۴ و استافیلوکوکوس اورئوس^۵ انجام شد. تعداد کلونی باکتری پس از گذشت ۲۴ ساعت و در دمای °C ۳۷ اندازه‌گیری شد و درصد کاهش باکتری طبق رابطه ۳ محاسبه شد. در این رابطه A تعداد کلونی باکتری روی نمونه عمل نشده، B تعداد کلونی باکتری روی نمونه عمل شده و R درصد نرخ کاهش باکتری را نشان می‌دهد [۲۷].

$$R\% = \frac{(B-A)}{B} \times 100 \quad (3)$$

۲-۶-۱- آزمون بارگذاری استاتیکی بلندمدت

برای بارگذاری فشاری فرش‌ها به روش آزمایشگاهی و شبیه‌سازی حالت طبیعی بار ثابت (اثاثیه ساکن) و بار متحرک (راه رفتن انسان بر روی فرش)، تاکنون از روش‌های مختلف استفاده شده است.

فرش‌ها در حین استفاده معمولاً در معرض دو نوع بار استاتیکی (مانند پایه میز و صندلی) و دینامیکی (مانند راه رفتن بر روی فرش، حرکت اثاثیه بر روی فرش) قرار دارند. نخ‌های پرز فرش در این بارگذاری فشاری ثابت یا سریع، متراکم شده که تغییر شکل آن‌ها پیچیده بوده و هر ساق پرز بطور جداگانه تحت حالت‌های مختلف تغییر شکل ناشی از فشار محوری، خمشی، پهن شدن، کشش و برش می‌باشد. رفتار فشاری پرز فرش‌ها در حین بارگذاری و عکس‌العمل دینامیکی آن‌ها پس از رفع بار نقش مهمی در عملکرد مکانیکی آن‌ها دارد. دستگاه بارگذاری استاتیکی با بازوی اعمال نیرو از سال ۱۹۶۶ تا به امروز بر همان اساس به‌کار گرفته می‌شود. اغلب در این دستگاه بازوی افقی با وزنه انتهایی جهت اعمال بار با تناسب طولی ۱:۵ نسبت به بازوی در تماس با کالا، طراحی شده است. ۵ برابر مقدار وزنه اضافه شده به انتهای بازوی افقی، به نمونه بار فشاری ثابت اعمال خواهد شد [۲۸].

دستگاه بارگذاری استاتیکی از یک بازوی افقی تشکیل شده که در انتهای آن وزنه‌ای ۱۰ کیلوگرمی آویزان است و بار فشاری معادل ۷۰۰ کیلو پاسکال را توسط صفحه‌ای مدور به قطر ۲۸ میلی‌متر در انتهای بازوی عمودی فشاردهنده به نمونه اعمال می‌کند (طول مؤثر بازوی افقی حامل وزنه و بازوی فشاردهنده تا تکیه‌گاه محور دستگاه به ترتیب برابر ۵۴ و ۱۳ سانتی‌متر می‌باشند).

این آزمایش به شیوه بارگذاری بلندمدت در بازه زمانی ۲۴ ساعت

2- Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR)

3- AATCC Test Method 100-1993

4- S. Aureus

5- E. coli

1- Scanning Electron Microscope (SEM)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی مؤلفه‌های رنگی، اختلاف رنگی، خودتمیزشوندگی و قدرت رنگی

در جدول ۲ مقادیر مؤلفه‌های رنگی و قدرت رنگی قبل و بعد از نوردی بیان گردیده است. به‌منظور بررسی تغییرات روشنایی بین نمونه‌های رنگ‌رزی شده و نمونه‌های رنگ‌رزی و تکمیل‌شده، اختلاف بین روشنایی نمونه رنگ‌رزی شده و نمونه‌های رنگ‌رزی و تکمیل‌شده محاسبه گردید. با توجه به مقادیر تغییرات روشنایی، در اکثر موارد با افزایش مقدار نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیم روشنایی نمونه‌ها افزایش و در نتیجه میزان رنگ‌بری آن‌ها افزایش پیدا کرده است. میزان قرمزی و زردی در اکثر نمونه‌ها کاهش و در بعضی نمونه‌ها، بعد از قرار گرفتن در مقابل پرتو فرابنفش تغییری نداشتند است و دلیل آن می‌تواند وجود مقدار بیشتر نانوآکسیدآلومینیم بر روی نانو دی‌اکسید تیتانیم باشد.

در مقایسه روشنایی نمونه شاهد با نمونه‌های دیگر، نتایج نشان می‌دهد که در نمونه A9 بیشترین روشنایی حاصل می‌شود. به‌عبارتی افزایش L^* نشان‌دهنده افزایش رنگ‌بری به علت خاصیت خودتمیزشوندگی حاصل از حضور نانو ذرات می‌باشد. همچنین در نمونه A6 با مصرف یکسان نانوآکسیدآلومینیم و نانو دی‌اکسیدتیتانیم و کمترین میزان نانوقره پایین‌ترین میزان روشنایی و رنگ‌پریدگی مشاهده شد.

از طرفی با افزایش مقدار مصرف نانو دی‌اکسید تیتانیم و کاهش غلظت نانوآکسید آلومینیم، اختلاف رنگی نمونه‌ها و خاصیت خودتمیزشوندگی فرش‌ها بیشتر شده است. به‌عبارتی نانو ذرات دی‌اکسیدتیتانیم خاصیت خودتمیزشوندگی بالاتری (اکسیدکنندگی شدیدتر) دارند که این ناشی از آن است، هنگامی که پوشش کاتالیزور نوری نانو ذرات، تحت تابش نور قرار می‌گیرد، رادیکال‌های هیدروکسیل و فوق‌اکسیدکننده تولید شده روی سطح، ترکیبات آلی را تجزیه می‌کنند و موجب ایجاد خاصیت خودتمیزشوندگی می‌شوند [۲۹].

۳-۲- بررسی زمان جذب قطره آب و اندازه‌گیری زاویه تماس

ترشوندگی سطوح، یکی از مهمترین مشخصه‌های کیفیت سطح می‌باشد. مهم‌ترین مشخصه برای سنجش این ویژگی زاویه تماس است. همچنین زبری سطح نیز مهم‌ترین مشخصه ساختاری سطح می‌باشد که سبب تغییرات ترشوندگی سطح می‌شود. انرژی سطح نیز تا حد زیادی وابسته به جنس سطح می‌باشد. بنابراین تغییر زبری سطح می‌تواند هدف اصلی در دستیابی به سطوحی با شرایط آب‌گریزی و آب‌دوستی خاص باشد [۳۰].

خاصیت آب‌دوستی نانودی‌اکسیدتیتانیم باعث می‌شود تا قطرات آب روی سطوحی که با نانودی‌اکسیدتیتانیم پوشانیده شده‌اند، همواره با زاویه‌ای بسیار کم قرار گیرند و تمایل به پخش شدن روی سطح و خیس کردن آن را داشته باشند [۳۱].

اعمال بار فشاری انجام شد. در ابتدا ارتفاع پرز فرش، توسط دستگاه ارتفاع‌سنج، اندازه‌گیری شد. در نمونه فرش ۲ نقطه به صورت تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری گردید و این آزمایش بر روی آن انجام شده است. سپس نقطه علامت‌گذاری شده در نمونه به مدت ۲۴ ساعت توسط دستگاه بارگذاری استاتیکی، تحت بار فشاری معادل ۷۰۰ کیلو پاسکال قرار گرفت. بعد از اتمام عملیات بارگذاری، ارتفاع پرز نمونه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد

۲-۶-۲- آزمون اندازه‌گیری ارتفاع پرز فرش

جهت این آزمون از دستگاه ارتفاع‌سنج پرز فرش استفاده می‌شود. در ابتدا جهت تنظیم نمودن سطح صفر دستگاه، نوک شش پایه سوزنی با میله استوانه فلزی مرکزی بر روی یک سطح صاف انجام می‌شود. مساحت قاعده استوانه فلزی تقریباً برابر با ۳۰۰ میلی‌متر مربع و وزن آن با میله حامل، فشار اولیه استاندارد حدود ۲ کیلو پاسکال را جهت هم‌سطح‌سازی پرزهای سطحی فرش را اعمال می‌نماید. اساس کار این دستگاه بر پایه محاسبه و ثبت دیجیتال میانگین فاصله بین نوک هر شش پایه سوزنی تا سطح تماس استوانه فلزی میله فشارنده مرکزی به‌عنوان ارتفاع پرز در آن نقطه با دقت ۰.۰۱ میلی‌متر می‌باشد. این آزمون مطابق با استاندارد BS ISO 10834؛ اندازه‌گیری شده است.

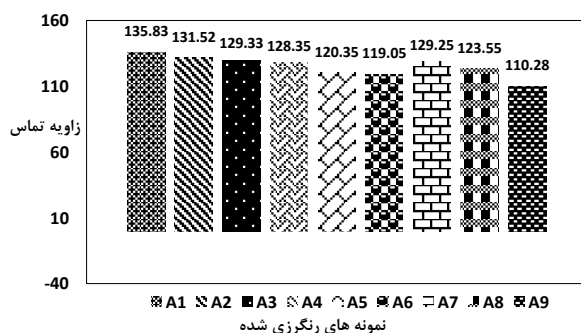


شکل ۳: دستگاه بارگذاری استاتیکی و ارتفاع‌سنج پرز فرش.

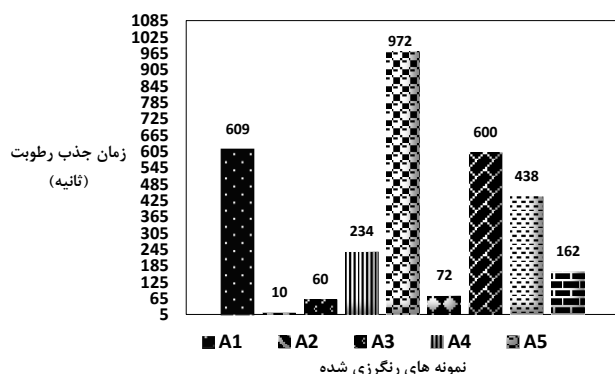
جدول ۲: مقادیر مؤلفه‌های رنگی، اختلاف رنگی و قدرت رنگی اسپرک قبل و بعد از نوردهی.

کد	L*	a*	b*	K/S	ΔE	R	کد	L*	a*	b*	K/S	ΔE	R
A1	۵۸,۷۳	۱۰,۳۵	۶۷,۶۴	۳۷,۹۶	۸۰,۳۹	۱,۳۵	UVA1	۶۲,۸۲	۱۱,۳۷	۶۹,۱۲	۲۷,۲۷	۸۰,۳۸	۱,۸۸
A2	۶۵,۹۴	۵,۱۲	۴۵,۹۸	۷,۴۳	۵۷,۲۷	۶,۳۳	UVA2	۶۶,۲	۵,۹	۴۲,۷۵	۶,۲۵	۵۴,۲۵	۷,۴۸
A3	۶۷,۲۸	۴,۵۴	۴۴,۱۵	۶,۴۴	۵۵,۰۱	۷,۲۴	UVA3	۶۷,۹۵	۵,۶۸	۴۱,۳۶	۵,۲۴	۵۲,۲۳	۸,۷۵
A4	۶۴,۵۵	۳,۱۳	۴۳,۹۸	۷,۴۳	۵۶,۱	۶,۳۲	UVA4	۶۳,۶	۶,۳۱	۴۲,۸۱	۷,۴۳	۵۵,۵۴	۶,۳۷
A5	۶۷,۵	۵,۷۶	۵۰,۱۶	۷,۶۹	۶۰,۵۱	۶,۱۹	UVA5	۶۴,۹۵	۶,۰۲	۴۲,۴۱	۵,۱۸	۵۴,۵۲	۸,۸۷
A6	۶۴	۶,۵۴	۵۰,۷۱	۱۰,۱	۶۲,۴۸	۴,۷۸	UVA6	۶۵,۵۳	۶,۱۲	۵۴,۶۱	۶,۹۶	۵۷,۱۲	۶,۷۵
A7	۶۴,۱۴	۵,۰۵	۴۷,۸۲	۹,۹۱	۵۹,۶۲	۴,۸۴	UVA7	۶۴,۳	۵,۶۷	۴۰,۶	۷,۱۹	۵۳,۲۲	۶,۵۶
A8	۶۵,۵	۵,۰۶	۴۶,۰۷	۶,۹۶	۵۷,۵۱	۶,۷۶	UVA8	۶۴,۳۷	۵,۸۹	۴۲,۷۵	۶,۵۴	۵۵,۰۹	۷,۱۳
A9	۶۷,۷۴	۳,۴۹	۴۴,۱	۷,۵۶	۵۴,۷۲	۶,۲۱	UVA9	۶۵,۳	۵,۴۵	۴۵,۱۹	۸,۷۵	۵۷,۶۹	۵,۴۸

بیشتر از آلومینیم بوده، زاویه تماس نمونه‌ها بیشتر است و با کاهش مقدار تیتانیوم و افزایش آلومینیم زاویه تماس کاهش داشته و در مواردی که مقدار دو ماده با هم برابر بوده است، به جز یک مورد، شاهد بیشترین کاهش زاویه تماس می‌باشیم. در بیشتر نمونه‌ها با افزایش مقدار تیتانیوم شاهد کاهش زمان جذب رطوبت بر روی نمونه‌ها می‌باشیم که این نتایج نشان دهنده این است که نمونه‌ها به مقدار قابل توجهی آب دوست شده‌اند.



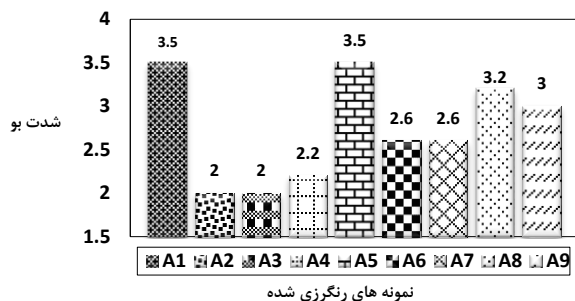
تصویر ۴: زاویه تماس نمونه‌های رنگ‌رزی شده با اسپرک.



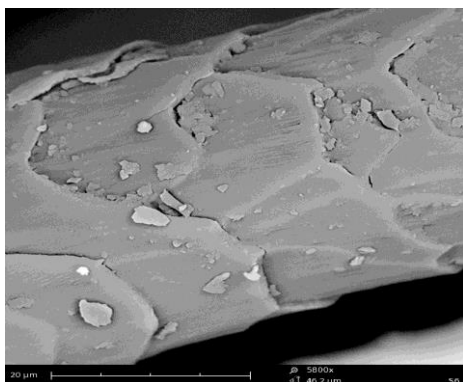
شکل ۵: نمودار جذب رطوبت نمونه‌های رنگ‌رزی شده با اسپرک.

در حضور نانودی‌اکسیدتیتانیوم افزایش جذب قطره آب و کاهش زمان جذب قطره آب مشاهده می‌شود. یکی از سازوکارهای مطرح در فرآیند آب‌دوستی نانودی‌اکسیدتیتانیوم به این صورت است که در اثر تابش پرتو فرابنفش با طول موج‌های کمتر از ۳۸۸nm، الکترون‌ها انرژی لازم برای انتقال به تراز ظرفیت به تراز رسانا را پیدا می‌کنند و تشکیل زوج الکترون حفره می‌دهند. الکترون‌ها تمایل دارند تا کاتیون‌های Ti^{4+} را به Ti^{3+} تبدیل کنند. Ti^{3+} تولید شده با اکسیژن مولکولی موجود در هوا واکنش داده و تبدیل به O_2^- شده و جذب سطح می‌شود. در اثر این واکنش، کاتیون‌های Ti^{3+} به کاتیون‌های Ti^{4+} تبدیل می‌شوند. حفره‌ها آنیون‌های O_2^- جذب شده روی سطح را اکسید کرده و در نتیجه مولکول TiO_2 به حالت اولیه خود بازگشته و اکسیژن مولکولی به صورت گاز از روی سطح خارج می‌شود. در اثر خارج شدن مولکول‌های اکسیژن از روی سطح فضاهای خالی اکسیژن به وجود می‌آیند که مولکول‌ها در این فضاهای خالی قرار گرفته و باعث می‌شوند تا سطح خاصیت آب‌دوستی پیدا کند. این خاصیت باعث می‌شود تا همواره به جای قطره‌های آب با زاویه زیاد روی سطح، یک لایه نازک از آب روی سطح تشکیل شود [۳۲]. جذب و دفع آب از پشم با تعداد و نوع گروه‌های عاملی در زنجیرهای پروتئینی در ارتباط است. از طرف دیگر میزان آب‌دوستی نانو ذرات به سطح مخصوص آن‌ها، میانگین اندازه ذرات و نحوه قرارگیری ذرات در تجمع‌ها بستگی دارد [۳۳]. شکل‌های ۴ و ۵ زمان جذب قطره و زاویه تماس قطره بر روی نمونه‌ها را نشان می‌دهند.

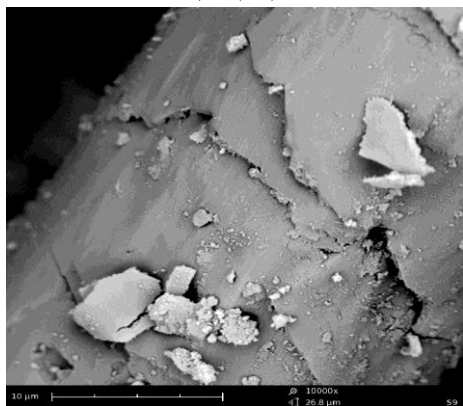
نمودارها بیانگر این است که زاویه تماس تمام نمونه‌ها نسبت به نمونه‌ای که فقط رنگ‌رزی روی آن انجام شده، کاهش داشته است. همچنین زمان جذب رطوبت همه نمونه‌ها به جز یک مورد نسبت به نمونه شاهد کاهش داشته است. در نمونه‌هایی که مقدار تیتانیوم



شکل ۶: میزان بوزدایی نمونه های رنگرزی شده با اسپرک.



پشم خام



A2

شکل ۷: ریخت شناسی سطحی نمونه ها.

جدول ۳: بررسی خواص ضدباکتری نمونه ها.

کد نمونه	درصد کاهش باکتری E.coli	درصد کاهش باکتری S.aureus
A1	-	-
A2	۰	۰
A9	۱۰۰	۵۰

۳-۳- ارزیابی بوزدایی

نمونه ها توسط ۹ نفر (تعداد افرادی که برای انجام آزمایش دسترسی به آن ها امکان پذیر بود) مورد ارزیابی قرار گرفته و اعداد به دست آمده میانگین این ارزیابی می باشد، این اعداد نشان می دهد که با توجه به استفاده از نانو اکسید آلومینیم در مرحله آخر کار تکمیل، نمونه ها به مقدار قابل توجهی ضد بو شده اند (عدد ۵، بیشترین میزان شدت بو و همچنین عدد یک کمترین شدت بو بر اساس حس بویایی انسان را نشان می دهد) (شکل ۶).

۳-۴- بررسی مورفولوژی سطحی نمونه ها با استفاده از

میکروسکوپ الکترونی روبشی

میکروسکوپ الکترونی یکی از بهترین روش های مطالعه ریخت شناسی سطح الیاف است [۳۳]. عوامل متعددی بر تجمع نانو ذرات در سطح منسوجات موثر است. از جمله ابعاد ذرات، ویژگی گروه های انتهایی آن ها، ترکیب نسبی و ساختار ملکولی آن ها [۳۴].

تصاویر سطوح روی دو مورد از نمونه ها (پشم خام، و نمونه رنگرزی شده با اسپرک و تکمیل با بیشترین مقدار مصرف نانو مواد (A2) به دست آمد. پشم خام دارای فلس های کاملا مشخص با لبه های کاملا واضح هستند. شکل ۷ به وضوح وجود نانو مواد را نشان می دهد. وجود نانو مواد در سطوح گسترده و با توزیع یکنواخت و با اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر به طور وضوح قابل مشاهده می باشد.

۳-۵- بررسی نتایج آزمایش ضد باکتری

عملیات ضد باکتری بر روی سه نمونه انجام گرفته است. به دلیل مقایسه بین نمونه شاهد، نمونه ای که بیشترین مقادیر مواد نانو (A2) و کمترین مقادیر مواد نانو در سه مرحله استفاده شده بود (A9)، آزمایش انجام شد. به طور کلی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نسبت به باکتری اشرشیاکولای مقاوم تر است و دلیل آن ضخیم تر بودن غشا دیواره سلول باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نسبت به باکتری اشرشیاکولای است.

۳-۶- بررسی تغییرات شیمیایی با استفاده از طیف سنج

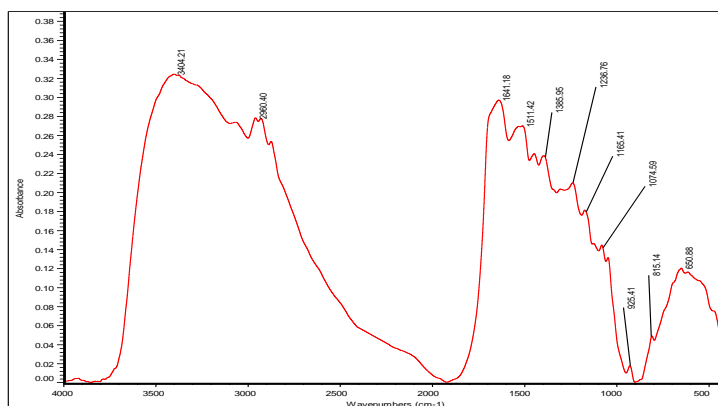
زیرقرمز

پیک های موجود در محدوده $4000-3400 \text{ cm}^{-1}$ ، در تمام طیف ها نشان دهنده حضور گروه های OH می باشد که مربوط به گروه های عاملی موجود در پشم است. وجود یک پیک در محدوده $1729-1700 \text{ cm}^{-1}$ نشان دهنده گروه کربونیل اسید کربوکسیلیک می باشد.

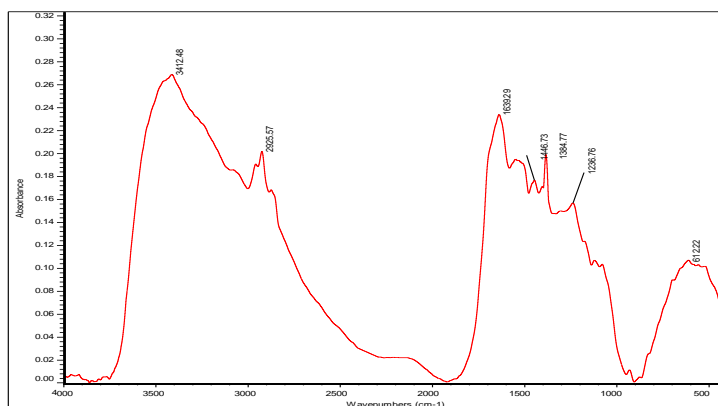
نتایج حاصل از طیف سنجی زیر قرمز (FTIR) را نشان می‌دهد. در نمونه پشم خام، فرکانس 3412 cm^{-1} مربوط به گروه کششی OH است در نمونه رنگ‌رزی شده با اسپرک گروه کششی OH به همان اندازه پشم خام است. در نمونه رنگ‌رزی شده با اسپرک و تکمیل شده پیک OH به مقدار قابل توجهی (3404) کاهش یافته است. در نمونه رنگ‌رزی شده با اسپرک اندازه پیک مربوط به کربونیل‌آمید با پشم خام به یک اندازه است و در نمونه رنگ‌رزی شده با اسپرک و تکمیل شده اندازه این پیک بیشتر از پشم خام می‌باشد.

با توجه به وجود نوع گروه‌های مختلف و هم‌پوشانی پیک‌های آن‌ها در نمونه عمل شده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم، شناسایی پیک‌های مشخص تیتانیوم که قله‌هایی در ناحیه زیر 1000 cm^{-1} ایجاد می‌کنند قابل شناسایی به‌طور مجزا نیستند. پیک به‌وجود آمده در محدوده 3600 cm^{-1} نشان‌دهنده وجود گروه‌های هیدروکسیل OH آزاد و فرکانس 1693 cm^{-1} مربوط به گروه کربونیل‌آمید در نمونه پشم خام است [۱۸]. در این آزمایش نیز، دو نمونه مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. شکل ۸

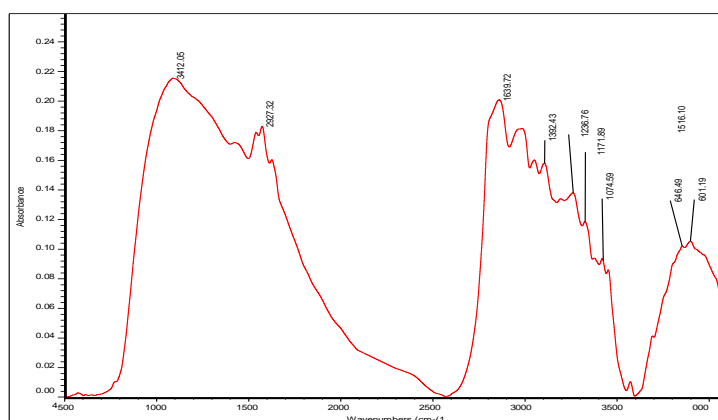
A2



پشم خام



A1



شکل ۸: بررسی تغییرات شیمیایی.

۷-۳- بارگذاری استاتیکی

ارقام به دست آمده از این آزمایش به شرح جدول ۴ می‌باشد. در بارگذاری بلند مدت استاتیکی نیز بعد از گذشت ۲۴ ساعت و اندازه‌گیری طول پرزها شاهد افزایش بلندی طول پرزها می‌باشیم.

جدول ۴: ارتفاع پرز نمونه فرش.

شماره نمونه	کد نمونه	ارتفاع اولیه پرزها	ارتفاع پرزها ۱ دقیقه پس از رفع بار
2	A2	۰,۳۶	۰,۲۸

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهند که، هنگام استفاده از دی‌اکسیدتیتانیم برای محافظت از کالا در برابر پرتو فرابنفش، قدرت رنگی نمونه‌ها بعد از دریافت پرتو فرابنفش به استثنای یک مورد در اسپرک کاهش یافته

است و نمونه‌ها از خاصیت خودتمیزشوندگی برخوردار شده‌اند. میزان سرعت جذب قطره آب نمونه‌های عمل شده افزایش و زاویه تماس آنها کوچک‌تر شده است. روشنایی نمونه‌ها در بیشتر موارد افزایش پیدا کرده است. با بررسی نتایج آزمایش‌های SEM، مشخص شد که به علت عدم وجود تانن در اسپرک، مواد نانو بیشتر روی سطح نفوذ کرده و انباشت مواد بیشتر دیده می‌شود. در آزمایش ضد باکتری، درصد کاهش باکتری E.coli نسبت به باکتری S.aureus بیشتر بوده است. در بررسی آزمایش ضدبو، از میانگین افرادی که مورد آزمایش قرار گرفتند به جز یک مورد در بقیه موارد کاهش بو مشاهده می‌شود. با انجام آزمایش FT-IR، پیک‌های موجود در پشم خام و عمل شده مورد بررسی قرار گرفتند. در نمونه رنگرزی شده با اسپرک پیک OH به‌اندازه پشم خام می‌باشد. در نمونه رنگرزی شده با اسپرک و تکمیل شده پیک OH کاهش داشته است. در بارگذاری بلند مدت استاتیکی نیز با اندازه‌گیری طول پرزها، افزایش بلندی طول پرزها مشاهده می‌شود.

۵- مراجع

۱. م. منتظر، م. ویسیان، م. ا. حیدری، محمدابراهیم، طبیعت‌گرایی در رنگرزی الیاف پروتئینی (پشم و ابریشم). چاپ اول، ناشر مرکز ملی فرش ایران، تهران. ۱۳۸۸، ۱، ۷-۱۵، ۱۰۴.
2. O. Otłowska, M. Slebioda, A. Kot-Wasik, I, J. Karczewski, and M. Sliwka-Kaszynska, Chromatographic and spectroscopic identification and recognition of natural dyes, uncommon dyestuff components, and mordants: Case Study of a 16th Century Carpet with Chintamani Motifs. *Molecules*. 23, 2(2018), 339.
3. M. R. Shahparvari, M. Safi, S. Safapour, K. Gharanjig, Compatibility of natural dyes on aluminum pre-mordanted woolen yarns by determination of diffusion coefficient. *Fibers Polym.* 19, 8(2018), 1663-1669.
۴. م. حیاتی، رنگرزی الیاف با رنگ‌های طبیعی. چاپ اول، مؤسسه آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی، تهران. ۱۳۸۴، ۸۸-۸۷.
۵. ز. مریدی مهدیه، ش. شکرریز، ف. افشار طارمی، م. منتظر، اثر توأم نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیم و نقره بر بهینه‌سازی رنگبری فتوکاتالیستی پارچه پنبه/پلی‌استر، سومین همایش ملی تکنولوژی‌های نوین در شیمی، پتروشیمی و نانو ایران، مرکز پژوهش‌های صنعتی و معدنی، دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۹۵).
۶. س. علیایی، ک. قرنجیگ، س. صفاپور، م. اعتضاد، بررسی خواص ضد میکروبی نخ پشمی اصلاح شده با آلجینات سدیم- نانو دی اکسید تیتانیوم جهت کاربرد در فرش دستباف، پنجمین همایش ملی فناوری نانو: از تئوری تا کاربرد، موسسه آموزش عالی جامی، اصفهان، (۱۳۹۵).
۷. ز. مریدی مهدیه، ش. شکرریز، ف. افشار طارمی، م. منتظر، بررسی اثر کرونا بر خودتمیزشوندگی پارچه پنبه/پلی‌استر پوشش داده شده با نانوذرات TiO₂/Ag، دهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، (۱۳۹۵).
۸. م. واعظی، م. اشرفی اسلامی، س. اکبری، ا. حنجانی روشن، حفاظت الیاف پشم فرش‌های دستباف رنگرزی شده با رنگزای طبیعی روناس در برابر باکتری‌های مخرب محیطی توسط نانوذرات نقره کلونیدی مجله مواد و فناوری‌های پیشرفته. ۲(۱۳۹۲)، ۵۷-۵۳.
۹. ع. نظری، م. منتظر، م. ک. رحیمی، تکمیل هم‌زمان ضد میکروب و ضد چروک کالای پنبه‌ای سفید و کاتیونی شده با استفاده از نانو تیتانیوم دی‌کسید و بوتان تتراکربوکسیلیک اسید مجله علوم و تکنولوژی پلیمر (۱۳۸۸)، ۱، ۵۱-۴۱.
۱۰. آ. بشری، کاربرد نانوفناوری در فرایند تکمیل منسوجات. سیستم جامع آموزش فناوری نانو، دوره کاربردهای فناوری نانو، درس نساجی، جلسه اول. ۱۳۹۳.
11. C. Guozhong, Nanostructures and Nanomaterials: synthesis, properties and applications. London, Imperial college press. 2004.
۱۲. ا. کتوئی‌زاده، س. م. زهرجد، ک. جانقریان، سنتز نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیم و تولید تکستایل‌های فوق آب‌دوست در دمای پایین، نهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، (۱۳۹۳).
13. M. Khajeh Mehrizi, M. Veysian, F. Malekan, Investigation of morphological and antibacterial properties of dyed carpets with natural dyes weld and walnut, The 7th

- International Color & Coating Congress, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, (2017), 19-21.
۱۴. س. گل گندمی، ع. ا. صباغ الوانی، ع. بقایی، ح. سامعی، ر. سلیمی، س. ا. ع. مصطفوی موسوی، نانو رنگدانه‌های دی‌اکسیدتیتانیوم سیاه: سنتز، ویژگی‌ها و کاربردها. *نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ*. ۴، ۱۳۹۷، ۳۸-۳۳.
15. F. Shokoofehpoor, S. H. Mousavi, A. Mohammadi, M. A. Zanjanchi, γ -CD-functionalized TiO₂ nanoparticles For the photocatalytic degradation of organic dyes, *Prog. Color Colorants Coat.* 13 (2020), 23-39
۱۶. م. قائمی‌زاده، م. خواجه‌مه‌ریزی، کاربرد فتوکالیست‌ها و عوامل مؤثر بر آن‌ها در تصفیه پساب‌های رنگی. *نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ*. ۱۳۹۸، ۲، ۲۰-۹.
۱۷. ا. حاجی، رنگ‌رزی الیاف پشم با ضایعات گیاهی به‌منظور تهیه فرش با خاصیت ضد میکروب، اولین جشنواره علمی هنری ترنج، ۱۳۸۹.
۱۸. س. سیف‌الله زاده، م. منتظر، خودتمیزشوندگی لکه متیلن‌بلو و اسیدبلو ۱۱۳ روی پارچه پشم/ پلی‌استر عمل شده با نانودی‌اکسیدتیتانیوم زیر نورفرابنفش بدون زردی. *نشریه علمی علوم و فناوری رنگ*. ۴، ۱۳۸۹، ۱۲۳-۱۱۵.
۱۹. ا. بهزادنی، تکمیل ضد میکروب پارچه پشمی توسط نانوذرات TiO₂ و نیترات نقره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ایران، ۱۳۸۸.
20. Hu. Zhang, K. R. Millington & Xu. Wang, The photostability of wool doped with photocatalytic titanium dioxide nanoparticles. *Polym. Degrad. Stab.* 94(2009), 278-283.
21. B. Tang, J. Wang, Xu, Shuping, T. Afrin, J. Tao, Xu. Weiqing, Lu. Sun & X. Wang, Function improvement of wool fabric based on surface assembly of silica and silver nanoparticles. *Chem. Eng. J.* 15(2012), 366-373.
22. H. Barani, M. Montazer, N. Samadi, T. Toliyat, M. Khorashadi Zadeh & B. de Smeth, Application of Nano Silver/Lecithin on Wool through Various Methods: Antibacterial Properties and Cell Toxicity. *J. Eng. Fibers Fabrics.* 9, 4(2014), 126-134.
23. S. Kimiagar, M. Shamloo, N. Rashid, Antibacterial properties of silver nanoparticles, National Conference on Nanotechnology and Green Chemist. *NCNG.* (2013)- 0076.
۲۴. م. حسین‌خانی، م. منتظر، ص. اسکندر نژاد، م. ک. رحیمی، ضد میکروبی کردن نخ پشم ایرانی به همراه بهبود ظرافت آن به‌وسیله به‌کارگیری کشش و ترکیبات نیترات نقره و بی‌سولفیت سدیم به‌صورت هم‌زمان. دو فصلنامه علمی- پژوهشی گلجام. انجمن علمی فرش ایران، شماره ۱۸(۱۳۹۰)، ۷۱-۸۰.
25. M. Khajeh Mehrizi, H. Mashroteh, N. Nabizadeh Moghadam, Improvement of antibacterial, deodorizing and moisture propertles of polyester woven fabrics as medical textiles. *International Conference on Medical Textiles and Healthcare Products. Medtex,* (2015), 66-71.
26. A. Sivakumar, R. Murugarr, K. Sundaresan, S. Periyasamy, UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles. *Indian J. Fibre Text. Res.* 38(2013), 285-292.
27. M. Khajeh Mehrizi, S. M. Mortazavi, D. Abedi, The Antimicrobial Characteristic Study of Acrylic Fiber Treated with Metal Salts and Direct Dyes. *Fibers Polym.* 10(2009), 601-605.
۲۸. س. احمدی، تأثیر مشخصات ساختمانی فرش دست‌باف (نوع گره، جنس نخ چله و تعداد لای نخ پرز) در تعیین خواص عملکردی آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری اردکان، گروه فرش (مواد اولیه و رنگ‌رزی)، ایران، ۱۳۹۳.
۲۹. ن. هدایتی، ح. نجفی، م. خواجه‌مه‌ریزی، س. م. بیدکی، نور اکسایش پساب رنگینه‌های پراکنده با ساختارهای مختلف به کمک فرآیند UV/H₂O₂. *علوم و فناوری نساجی*، ۳ (۱۳۹۱)، ۱۷۳-۱۶۷.
۳۰. س. م. ساداتی تیله‌بن، ر. نوروز بیگی، تولید سطوح آبریز با پوشش دهی اکسید قلع بر روی پایه آلومینیم: مدل‌سازی و تحلیل با استفاده از شبکه عصبی. *نشریه علمی علوم و فناوری رنگ*، ۱۳ (۱۳۹۸)، ۲۱۱-۲۲۲.
31. R Jafary, M Khajeh Mehrizi, S Hekmatimoghaddam, A Jebali, Antibacterial property of cellulose fabric finished by allicin-conjugated nanocellulose. *J. Text. Inst.* 106(2015), 683-689.
۳۲. م. منتظر، ف. داداشیان، ک. فرهودی، تأثیر آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدیروی خواص و رنگ‌پذیری پارچه پشمی. *نشریه علمی علوم و فناوری رنگ*. ۳(۱۳۸۸)، ۸۰-۷۳.
۳۳. ب. انصاری، م. خواجه‌مه‌ریزی، ا. حاجی، رنگ‌رزی کالای پشمی آماده‌سازی شده به کمک پلاسمای اکسیژن با رنگزای طبیعی گل ریواس. *نشریه علمی علوم و فناوری رنگ*. ۹(۱۳۹۴)، ۱۴۳-۱۳۵.
۳۴. آ. الماسیان، م. پروین‌زاده‌گشتی، رنگبری رنگزای بازیگ بر روی الیاف پشم پوشش داده شده با نانو ذرات دی‌اکسید زیرکونیوم با پرتودهی فرابنفش. *نشریه علمی علوم و فناوری رنگ*. ۷(۱۳۹۲)، ۱۳-۱۰.