

اثر نانو نقره بر رنگ پارچه پنبه ای رنگری شده با رنگزای راکتیو

شیده زندی^۱، علی شمس ناتری^{۱*}، غلام خیاطی^۲

^۱ گروه مهندسی نساجی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

^۲ گروه مهندسی شیمی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

a_shams@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

چکیده:

نانوذرات نقره یکی از مهمترین ماده ضدباکتری در تکمیل منسوجات می باشد. این تحقیق تأثیر نانوذرات نقره بر رنگ پارچه‌های پنبه‌ای رنگری شده با رنگزای راکتیو را بررسی می کند. برای این منظور، پارچه پنبه‌ای در شرایط مختلف، مانند غلظت نانوذرات نقره و زمان غوطه‌وری، با نانوذرات نقره آغشته شد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش غلظت نانوذرات نقره منجر به تغییر رنگ و کاهش روشنایی پارچه می‌شود. همچنین پس از آغشته‌سازی با نانو نقره، عمق رنگ و تابع انعکاس افزایش یافته و روشنایی کاهش می‌یابد. قدرت رنگی پارچه‌های آغشته شده با نانوذرات نقره بیشتر از نمونه‌های بدون نانو نقره است. آنالیز آماری نشان می‌دهد که پارامترهای مختلفی مانند غلظت نانوذرات نقره و زمان غوطه‌وری بر تغییر رنگ تأثیرگذار هستند. بیشترین تغییرات در قدرت رنگی و رنگ پارچه در شرایط ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر نانو نقره و زمان ۳۰ دقیقه مشاهده شد. بررسی انجام‌شده نشان داد که نانوذرات نقره خواص نوری پارچه را تغییر می‌دهد.

واژه های کلیدی: نانو نقره، پارچه پنبه ای، آغشته‌سازی، خواص نوری، رنگ.

The Effect of Nanosilver on the Color of Dyed Cotton Fabric with Reactive Dyes

Shideh Zandi¹, Ali Shams nateri^{1*}, Gholam khayatti²

¹Department of Textile Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran, P.O.Box :41635

²Department of Chemical Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran, P.O.Box :41635

a_shams@guilan.ac.ir

Abstract:

Silver nanoparticle is one of the most important antibacterial agents in textile finishing. This work investigates the effect of silver nanoparticles on the color of dyed cotton fabric with reactive dyes. For this purpose, cotton fabric was coated with silver nanoparticles under different conditions, such as silver nanoparticles concentration and immersion time. The results indicated that increasing the concentration of silver nanoparticles leads to a change in color and a decrease in the lightness of the fabric. After coating the fabric with nanosilver, the color depth and reflectance function (K/S) increased, while the lightness of the fabric decreased. Additionally, the color strength of coated fabrics with silver nanoparticles is higher than that of fabrics without nanosilver. The statistical analysis showed that various parameters, such as the concentration of silver nanoparticles and coating time, affect color variation. The greatest changes in color strength and fabric color were observed under conditions of 1000 milligrams per liter nanosilver and a coating time of 30 minutes. The study showed that the silver nanoparticles change the optical properties of the fabric.

Keywords: Nanosilver, Cotton fabric, Coating, Optical properties, Color.

۱- مقدمه

ناتری در سال ۱۳۹۱ بیان نمود که خواص نوری پارچه نه تنها به خصوصیات ظاهری پارچه مانند انعکاس طیفی، رنگ، جلا، پشت‌پوشی، و غیره مربوط است بلکه سایر خواص نظیر حفاظت بدن در مقابل تشعشعات مضر نظیر ماورای بنفش و همچنین قابلیت ذخیره انرژی را نیز شامل می‌شود [۱۳].

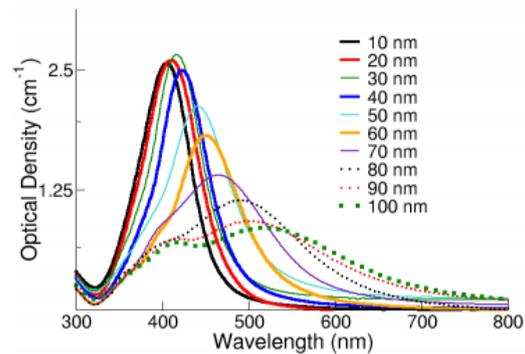
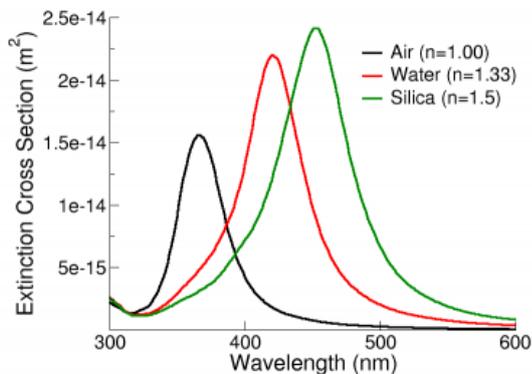
زمانی که یک پرتو وارد یک فیلم رنگی می‌شود، یکی از سه حالت ممکن است اتفاق بیفتد: پرتو توسط ذرات پیگمنت جذب شود، پرتو توسط ذرات پیگمنت انتشار یابد، و یا ممکن است پرتو به راحتی از فیلم عبور کند. نانوذرات نقره همراه با فعالیت فوق‌العاده نور را جذب و منتشر می‌کند. ویژگی‌های جذب و انتشار نور توسط نانوذرات نقره می‌تواند با کنترل قطر و شکل آن تنظیم شود [۱۱، ۱۴].

طیف خاموشی^۱ نانوذرات نقره با ۱۰ قطر مختلف و در غلظت جرمی ۰.۰۲ میلی گرم بر میلی لیتر در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق ویژگی‌های نوری نانوذرات نقره کروی به قطر آن بستگی دارد. ذرات با قطر کوچکتر نور را جذب می‌کنند و پیک نزدیک به طول موج ۴۰۰ نانومتر دارند، در حالی که ذرات با قطر بزرگتر انتشار بیشتری را ایجاد می‌کنند و دارای پیک پهن‌تری هستند و به طول موج‌های بلندتر انتقال می‌یابند.

جهت بهبود خواص ضد باکتری منسوجات از مواد آلی و معدنی استفاده می‌شود. امروزه تحقیقاتی زیادی در زمینه استفاده از مواد نانو جهت تکمیل ضد باکتری منسوجات در حال انجام است [۳-۱]. نانو نقره یکی از مهم‌ترین مواد پرکاربرد در زمینه ضد باکتری است. نقره بیش از ۶۵۰ نوع باکتری، ویروس و قارچ را از بین می‌برد. نانو نقره می‌تواند برای بسیاری از کاربردهای ویژه مثل لباس‌های ورزشی و نظامی استفاده شود [۴-۶]. نانو نقره به دلیل داشتن سطح ویژه بزرگ، دارای ویژگی ضد میکروبی خوبی می‌باشد. همچنین خاصیت انتشار نور نانو نقره در مقایسه با ذرات با ابعاد بزرگتر در حدود میکرو بیشتر است [۷-۱۱]. راکی در سال ۱۹۹۱ بیان نمود که نانو نقره به شکل مختلف مانند نانو ذرات فلزی نقره، ذرات کلئیدی نقره و نانو ذرات ترکیبی نقره و تیتانیوم دی اکسید وجود دارد. کلئید نقره به دلیل ویژگی‌های ممتاز شامل رسانایی خوب، ثبات شیمیایی و فعالیت ضد میکروبی مقبولیت بیشتری دارد [۱۲]. الچیگوئرا و همکارانش در سال ۱۳۸۴ بیان کردند که نانو ذرات نقره از محلول کلئیدی بر روی منسوجات یک تهرنگ زرد با حداکثر جذب در طول موج ۳۷۰ نانومتر ایجاد می‌کند. طیف جذبی نانو ذرات کروی نقره دارای حداکثر جذب بین طول موج ۴۲۰-۴۵۰ نانومتر می‌باشد. کاهش و افزایش قطر نانو ذرات کروی نقره به ترتیب منجر به شیفت طول موج حداکثر جذب به سمت طول موج بلند تر و کوتاه تر می‌گردد [۱۰].

¹ Extinction spectra

شکست محیط افزایش یابد، پیکها به طول موجهای بلندتر منتقل می‌شوند [۱۵].



شکل ۱: اثر قطر بر ویژگی های نوری (طیف)

خاموشی) نانو ذرات نقره [۱۵].

شکل ۲: اثر ضریب شکست بر ویژگی های نوری نانو

ذرات نقره با قطر ۵۰ نانومتر [۱۵].

لازیچ و همکارانش در سال ۱۳۹۱ در بررسی اثر نانوذرات نقره کلونیدی سنتز شده و نانوذرات نقره تجاری بر فعالیت ضد میکروبی پارچه‌های پنبه‌ای رنگریزی شده با رنگزای خمی مشخص کردند که بر خلاف نانوذرات تجاری، نانوذرات نقره سنتزی قرار گرفته بر روی پارچه‌های پنبه‌ای رنگی حداکثر کاهش باکتری را فراهم کرد که این مستقل از شیدرنگی پارچه بکار رفته می‌باشد. همچنین تکمیل پارچه‌های پنبه‌ای رنگی همراه نانوذرات تجاری تغییر رنگ ایجاد کرده است، ولی این تغییرات کمتر از یک واحد اختلاف رنگ CMC بوده و به روش بصری قابل مشاهده نمی‌باشد [۵]. ایلچ و همکارانش در سال ۱۳۸۸ در مطالعه اثر رنگریزی بر فعالیت ضد میکروبی پارچه‌های پلی‌استر و نایلون حاوی نانوذرات کلونیدی نقره و همچنین اثر نقره بر رنگ پارچه رنگی، نشان دادند که اثر نانوذرات روی رنگ نایلون هنگامی که با رنگزای اسیدی رنگریزی شده، در

ویژگی‌های نوری نانوذرات نقره همچنین به ضریب شکست محیط اطراف نانوذرات وابسته است. هنگامی که ضریب شکست محیط نانوذرات افزایش یابد، طیف ضریب خاموشی^۱ به طول موجهای بلندتر (شیفت قرمز^۲) انتقال می‌یابد. زمانی که ذرات از آب با ضریب شکست ۱/۳ (n=۱/۳) به هوا با ضریب شکست ۱ (n=۱) منتقل شوند، محل پیک در طیف به طول موجهای کوتاه‌تر (شیفت آبی^۳) انتقال می‌یابد و اگر ذرات به داخل روغن با ضریب شکست ۱/۵ (n=۱/۵) منتقل شوند، محل قله به طول موجهای بلندتر (شیفت قرمز) انتقال می‌یابد. شکل ۲ طیف ضریب خاموشی نانوذرات کروی نقره با قطر ۵۰ نانومتر را نشان می‌دهد. در شکل فوق انتقال و شیفت پیک طیف ضریب خاموشی نانوذرات کروی ۵۰ نانومتر از ناحیه ماوراء بنفش به ناحیه مرئی در اثر تغییر محیط از هوا به آب و سیلیکا را نشان می‌دهد. چنانچه ضریب

^۱ Extinction coefficient

^۲ Red shift

^۳ Blue shift

نقره بستگی به جنس کالا دارد. به طوری که جذب نانو میله‌ها^۱ در کالای پشمی بیشتر بوده و در نتیجه اثر نانو میله‌های نقره بر کالای پشمی بیشتر از کالای پنبه‌ای می‌باشد [۱۹]. گوما و همکارانش در سال ۱۳۹۹ در بررسی اثر عملیات مقدماتی با نانوذرات نقره بر خواص رنگرزی و ضد میکروبی پارچه‌های پنبه‌ای مشخص کردند که آغشته‌سازی کالای پنبه با نانوذرات نقره باعث افزایش جذب رنگزا و بهبود ثبات شستشویی و نوری کالای پنبه‌ای می‌شود [۲۰].

روش طراحی آزمایش تاگوچی^۲ برای اولین بار توسط دکتر ژنیچی تاگوچی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین این روش به نام روش طراحی تنومند نام‌گذاری شده است. طراحی آزمایش تاگوچی یکی از روشهای پرکاربرد در مدلسازی و آنالیز آماری پارامترهای یک سیستم به ویژه در مقیاس صنعتی است. در میان طراحی‌های آزمایش گوناگون، طراحی تاگوچی به دلیل امکان استفاده تعداد پارامترهای بیشتری در آزمایش، خیلی مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال تعداد آزمایش مورد نیاز برای تحلیل فاکتورها در طرح فاکتوریل خیلی بیشتر از طراحی تاگوچی است. به عبارتی، در این روش با تعداد آزمایشات کمی، داده‌ها تحلیل آماری شده و اطلاعاتی استخراج می‌شود. علم تاگوچی به چهار فاز برنامه‌ریزی، هدایت کردن، آنالیز و تایید کردن تقسیم می‌شود که هر مرحله دارای یک هدف جداگانه است. دو ابزار مهم مورد استفاده

مقایسه با رنگزای دیسپرس بسیار کمتر است. آغشته‌سازی پارچه نایلون رنگرزی شده با رنگزای دیسپرس با نانوذرات نقره موجب تغییر رنگ بیشتری می‌شود. همچنین در مورد پارچه پلی‌استر، آغشته‌سازی با نانوذرات سبب تغییر رنگ بیشتری شده است که دلیل آن قرارگیری ذرات بیشتری روی سطح الیاف پلی‌استر می‌باشد. اثر نانوذرات نقره روی الیاف نایلون بستگی به نوع رنگزای بکار رفته دارد و در مجموع اثر آن در مقایسه با پلی‌استر کمتر است [۱۶]. گورنیشک و همکارانش در سال ۱۳۸۸ در بررسی اثر نانو نقره بر خصوصیات کالای نایلونی رنگرزی شده با رنگزای راکتیو در سه فام قرمز، آبی و زرد و نانوذرات نقره همزمان با مرحله رنگرزی، نتایج حاصله نشان دادند که افزودن ۱۰ میلی گرم برلیتر نانو نقره باعث تغییر در مشخصات رنگی و روشنایی نمونه‌های رنگرزی شده می‌شود [۱۷]. صدیقه و همکارانش در سال ۱۴۰۳ تکمیل پارچه سلولزی از طریق نانوذرات نقره برای ایجاد خواص ضد میکروبی در صنعت نساجی بررسی کردند. آنها از نانوذره نقره قبل و بعد از رنگرزی پارچه پنبه‌ای با رنگزای راکتیو استفاده کردند. در ارزیابی خواص ثبات شستشویی مشخص شد که نمونه‌های پنبه آغشته به نانوذرات نقره حتی پس از پنج بار شستشو، فعالیت ضد میکروبی خود را حفظ کردند و انجام عملیات تکمیل قبل و بعد از رنگرزی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت ضد میکروبی نداشت [۱۸]. پوچووچ و همکارانش در سال ۱۴۰۰ در بررسی اثر نانو میله‌های نقره بر رنگ پارچه پنبه‌ای و پشمی رنگرزی شده با مواد رنگزای راکتیو مشخص کردند که اثر نانو میله‌های

¹ Nanorods

² Taguchi

در طراحی آزمایش تاگوچی، ماتریس یا آرایه های متعامد¹ و نسبت سیگنال به نویز² (S/N) است. در این روش از طرح های آرایه های متعامد نظیر L8، L16، L18 و غیره برای مشخص کردن سطوح فاکتورها در طراحی آزمایش استفاده می کند. مقدار سیگنال به نویز (S/N) نسبت حساسیت یا سیگنال به تغییرپذیری یا نویز را نشان می دهد. بیشتر بودن این نسبت بیانگر کیفیت بهتر محصول می باشد. حداکثر بودن مقدار سیگنال به نویز (S/N) به معنی اثر کم فاکتورهای تصادفی یا نویز است که اثر قابل توجهی بر عملکرد سیستم دارند. روش محاسبه نسبت سیگنال به نویز (S/N) بستگی به این دارد که آیا مشخصه کیفیت بزرگتر، کوچکتر و یا مقدار مشخصی باشد بهتر است [24-21].

تحلیل اجزای اصلی³ (PCA) یک روش آماری- ریاضی است که برای شناسایی الگوها در مجموعه های داده ای با ابعاد بالا استفاده می شود. یکی از قدیمی ترین و ساده ترین روش های تجزیه و تحلیل چند متغیره است که هدف آن کاهش ابعاد داده ها با حفظ بیشترین تغییرات ممکن است. این روش به تحلیل شباهت ها و تفاوت ها در داده ها کمک می کند و به دلیل دشواری در تجزیه و تحلیل داده های با ابعاد زیاد، به عنوان ابزاری قدرتمند در علم داده ها شناخته می شود. تحلیل اجزای اصلی شامل تبدیل داده ها به مجموعه ای جدید از متغیرهای غیر وابسته است و علاوه بر فشرده سازی، امکان بازسازی داده های اصلی به صورت

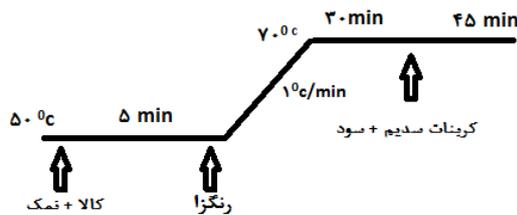
ترکیب خطی توابع پایه را نیز فراهم می کند. در روش تحلیل اجزای اصلی، اهمیت و نقش بردارهای ویژه بر اساس مقادیر ویژه آنها مشخص می گردد. همچنین یکی از راه های دیگر تشخیص بردارهای پایه کم اهمیت در مقایسه با بردارهای مهم، بررسی رفتار طیفی آنان است. این بردارها از رفتار ناهموارتری در مقایسه با بردارهای شاخص مهم برخوردارند. انتخاب تعداد بردارهای ویژه در فشرده سازی و کاهش ابعاد داده های اولیه بسیار حائز اهمیت بوده و ارزش هر بردار توسط مقدار ویژه نظیر آن تعیین می شود. همواره مهم ترین بردار پایه به عنوان نخستین جزء اصلی، دارای بیشترین مقدار ویژه بوده و برای بردارهای بعدی به ترتیب کاهش می یابد. روش تجزیه اجزای اصلی یکی از بهترین، قدیمی ترین و در عین حال ساده ترین روش های تحلیل سیستم چند متغیره است. در واقع ایده اصلی این روش، کاهش ابعاد یک مجموعه بزرگ از داده ها با تعداد زیادی متغیر به گونه ای که تا حد امکان تغییرات در مجموعه داده ها حفظ شود. علاوه بر فشرده سازی و کاهش ابعاد، می توان با استفاده از روش تحلیل اجزای اصلی به عنوان یکی از کاربردهای جبر خطی، داده های اصلی را به صورت ترکیب خطی توابع اصلی بازسازی نمود. دلایل عمده به کارگیری این روش در علم رنگ، کاهش ابعاد یک مجموعه بزرگ از داده ها مانند تصاویر طیفی با حجم اطلاعاتی زیاد، تخمین ویژگی های طیفی اجسام و تعیین جهت های اصلی و الگوها در یک مجموعه از داده ها می باشد. یکی از مهمترین کاربردها تکنیک تحلیل اجزای اصلی (PCA) در علم بازسازی

¹ Orthogonal Arrays

² Signal-to-Noise Ratio

³ Principal Component Analysis

غلظت مختلف رنگزا (۰.۱٪ - ۱٪ - ۲٪) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد طبق گراف شکل ۳ صورت گرفت، بعد از رنگزری نمونه ها خنثی گردیده و به همراه ۱ گرم بر لیتر شوینده آنیونی در L:R ، ۳۰:۱ در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد شست و شو داده شدند.



شکل ۳: گراف رنگزری پنبه با رنگزای راکتیو.

دستگاه تفرق اشعه ایکس (XRD) مدل PW 1840 ساخت شرکت فیلیپس هلند برای بررسی وجود نانوذرات در سطح الیاف استفاده شد. برای اندازه گیری انعکاس طیفی و رنگ نمونه ها از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی Color-Eye 7000A ساخت شرکت X-rite کشور آمریکا استفاده گردید. انعکاس طیفی در محدوده طیف مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) با فاصله ی گام اندازه گیری ۲۰ اندازه گیری شد. به منظور بررسی تغییرات رنگ پارچه خام و عمل آوری شده، مشخصات رنگی نمونه ها در فضا رنگ CIELAB تحت روشنایی استاندارد D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه اندازه گیری شد. در این فضا رنگ، L^* بیانگر روشنایی، a^* بیانگر قرمز-سبزی، b^* بیانگر زردی-آبی، C^* بیانگر خلوص یا کروما و h بیانگر زاویه فام می باشد. اختلاف رنگ بین پارچه خام و عمل آوری شده بر اساس فرمول اختلاف رنگ

انعکاس طیفی نمونه های رنگی بر اساس مقادیر محرکه های سه گانه آن ها تحت یک منبع نوری مشخص می باشد. برای این منظور، مختصات یا ضرایب اجزای اصلی به گونه ای متفاوت محاسبه می شوند تا بهترین تطابق با داده های موجود حاصل شود. این رویکرد به بازسازی دقیق تر انعکاس طیفی کمک می کند [۲۹-۲۵].

در این تحقیق، اثر نانوذرات نقره بر رنگ پارچه پنبه ای رنگزری شده با رنگزای راکتیو ارزیابی می شود. برای این منظور، پارچه های پنبه ای سفید و رنگی با نانو ذرات نقره در چندین غلظت و در زمان های مختلف آغشته می گردد. در ادامه، خواص انعکاسی و تغییرات رنگ نمونه های آغشته شده با نانوذرات نقره ارزیابی می گردد.

۲- مواد و روش

مواد مصرفی شامل پارچه ۱۰۰ درصد پنبه ای با وزن ۳۰۰ گرم بر مترمربع، همراه با تراکم ۳۶ و تراکم پود ۲۱، بافت کجراه تهیه شده از شرکت پاتن جامه و کلویید نانو نقره تهیه شده از شرکت نانو نصب پارس با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر می باشد. برای شست و شو از شوینده آنیونی استفاده شده است. در این پژوهش از ۳ رنگزای راکتیو با مشخصات Reactive Yellow 145 ، Reactive Red 198 و blue 222 به ترتیب به عنوان سه رنگزای اصلی زرد، آبی و قرمز استفاده گردید. رنگزری نمونه های پنبه ای ۶ گرمی همراه L:R ، ۳۰:۱ و مقدار ۳۰ گرم بر لیتر نمک کلرید سدیم و ۲۰ گرم بر لیتر کربنات سدیم و ۱ سی سی بر لیتر سود ۳۶ درجه بومه و در ۳

همچنین مدت زمان غوطه‌وری نمونه‌ها که می‌تواند موجب تغییر در مقدار نقره قرار گرفته بر پارچه و در نتیجه تغییرات رنگ حاصله شود، به عنوان یک پارامتر در نظر گرفته شد. شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا) و غلظت رنگزا در طراحی آزمایش به عنوان دو پارامتر دیگر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. از این رو در این پژوهش چهار پارامتر شامل شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا)، غلظت رنگزا، غلظت نانو نقره و زمان غوطه‌وری نمونه به عنوان پارامترهای طراحی آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند. همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شد، پارامتر شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا) بر اساس سه رنگزای اصلی به صورت زرد، آبی، قرمز و همچنین مخلوط دوتایی آنها مانند زرد-قرمز، آبی-زرد، قرمز-آبی تعریف شد. در مورد پارامتر غلظت رنگزا سه مقدار ۲٪ - ۱٪ - ۰.۱٪ انتخاب گردید. برای پارامتر غلظت نانو نقره سه غلظت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شد و برای پارامتر زمان غوطه‌وری در کلونید نانو نقره سه زمان ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه به عنوان سطوح مربوطه در نظر گرفته شدند. به منظور طراحی آزمایش با استفاده از روش تاگوچی، از نرم‌افزار مینی تب^۱ استفاده شد و طراح L ۱۸ (۳*۳*۳) برای طراحی آزمایشات انتخاب گردید. پارامترها و سطوح انتخابی آنها در جدول ۱ آورده شده است. همچنین طراحی آزمایشات در جدول ۲ آورده شده است.

$\Delta E_{cmc}(2:1)$ محاسبه گردید. برای محاسبه تابع انعکاس $\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda$ از معادله کیوبلکا-مانک طبق فرمول ۱ استفاده شد که در آن K ضریب جذب، S ضریب انتشار نور و R انعکاس نمونه در طول موج λ می‌باشد.

(۱)

$$\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2 \times R_\lambda}$$

برای ارزیابی خاصیت ضد میکروبی پارچه های سفید آغشته شده با نانو نقره از روش هاله عدم رشد طبق استاندارد AATCC 147 استفاده شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها: ابتدا پارچه پنبه‌ای با محلول ۱ گرم بر لیتر شوینده آبیونی در دمای ۷۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه شستشو داده شد و پس از آب‌کشی، خشک گردید. سپس کلونید نقره ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر توسط آب مقطر به غلظت‌های ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رقیق گردید. در ادامه، نمونه‌ها به مدت زمان‌های تعیین شده در کلونیدهای نقره با نسبت L:R برابر ۳۰:۱ غوطه‌ور شدند و پس از برداشت ۱۰۰ درصد پد، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد پخت شدند.

مطالعات انجام شده مشخص کرد که غلظت نانو نقره می‌تواند به عنوان یک پارامتر مؤثر در تغییرات رنگ بر پارچه باشد.

¹ Minitab

جدول ۱: پارامترها و سطوح مربوط به آنها

سطوح						پارامترها
6	5	4	3	2	1	
زرد-آبی (YR)	قرمز-آبی (RB)	قرمز-زرد (RY)	آبی (B)	زرد (Y)	قرمز (R)	شید رنگی (ترکیب رنگزا)
-	-	-	2	1	0.1	غلظت رنگ(%)
-	-	-	1000	500	200	غلظت نانو نقره(میلی گرم در لیتر)
-	-	-	30	15	10	زمان غوطه وری (دقیقه)

جدول ۲: طراحی آزمایش

شماره نمونه	شید رنگی (ترکیب رنگزا)	غلظت رنگزا (%)	غلظت نانو نقره (میلی گرم در لیتر)	زمان غوطه وری (دقیقه)
1	قرمز (R)	0.1	200	10
2	قرمز (R)	1	500	15
3	قرمز (R)	2	1000	30
4	زرد (Y)	0.1	200	15
5	زرد (Y)	1	500	30
6	زرد (Y)	2	1000	10
7	آبی (B)	0.1	500	10
8	آبی (B)	1	1000	15
9	آبی (B)	2	1000	30
10	قرمز-زرد (RY)	0.1	1000	30
11	قرمز-زرد (RY)	1	200	15
12	قرمز-زرد (RY)	2	500	10
13	قرمز-آبی (RB)	0.1	500	30
14	قرمز-آبی (RB)	1	1000	10
15	قرمز-آبی (RB)	2	200	15
16	زرد-آبی (YR)	0.1	1000	15
17	زرد-آبی (YR)	1	200	30
18	زرد-آبی (YR)	2	500	10

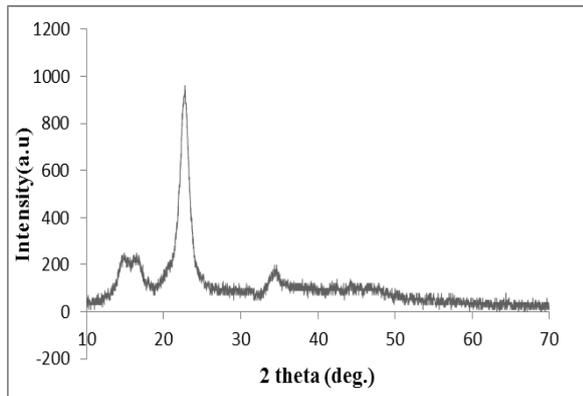
۳- نتایج و بحث

نانو نقره با غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر در شکل ۴ نشان شده است. با توجه به شکل فوق، قله بلند در ۱/۲۳ درجه در نمونه تکمیل شده مربوط به پنبه می باشد که شدت این پیک نسبت به پنبه خام کاهش پیدا کرده است که این امر به این دلیل است که ذرات نقره به عنوان یک سپر

جهت ارزیابی وجو نانو ذرات در پارچه از آزمایش پراش اشعه ایکس^{۱۱} (XRD) استفاده گردید، الگو پراش اشعه ایکس از نمونه پنبه ای خام و نمونه آغشته شده با کلوتید

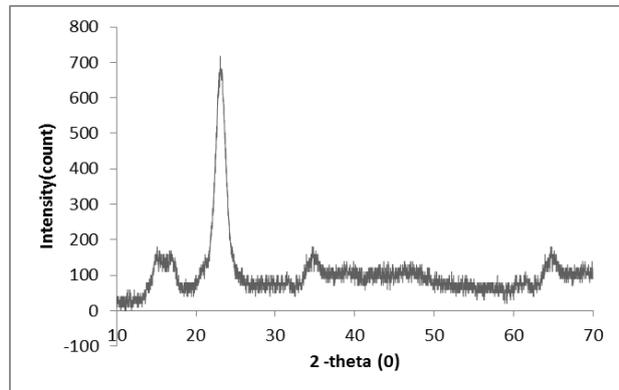
^{۱۱} X-Ray Diffraction

درجه در نمونه تکمیل شده همراه نانو نقره نشانگر حضور نانو نقره بر سطح الیاف پنبه ای تکمیل شده می باشد.



پارچه خام

برای اشعه ایکس عمل می کند و موجب کاهش شدت قله می گردند. قله های پراش در $6/35$ ، $7/64$ و $8/46$



پارچه آغشته شده با نانو نقره ۵۰۰ میلی گرم در لیتر

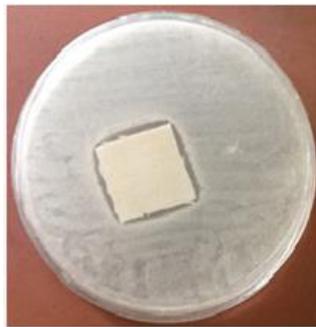
شکل ۴: الگوی پراش اشعه ایکس پارچه خام و پارچه آغشته شده با نانو نقره ۵۰۰ میلی گرم در لیتر

۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان ۳۰ دقیقه) در شکل ۵ نشان داده شده است. قطر هاله بیانگر میزان مهار کنندگی و فعالیت ضد میکروبی نمونه است. با توجه به شکل فوق، در مورد نمونه شاهد هاله بازدارندگی وجود ندارد، در حالیکه هاله بازدارندگی نمونه های سفید شماره ۱ و ۹ به ترتیب ۱.۲ و ۲.۶ میلی متر می باشد. نتایج تست ضد میکروبی پارچه سفید آغشته شده با غلظت های مختلف نانوذرات نقره در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول فوق، نمونه های پارچه های سفید آغشته شده با نانوذرات نقره دارای خاصیت ضد میکروبی عالی می باشند زیرا قطر هاله بدست آمده برای همه نمونه ها بیشتر از ۱ میلی متر است.

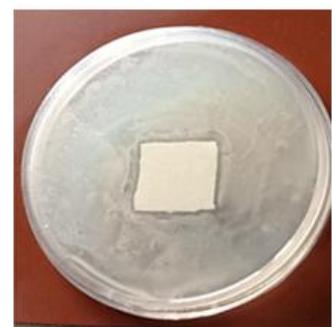
در این پژوهش برای ارزیابی خاصیت ضد میکروبی پارچه های سفید آغشته شده با نانو نقره از روش اندازه گیری هاله عدم رشد طبق استاندارد AATCC147 استفاده شد. همچنین از باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس آرتوس جهت تست ضد میکروبی نمونه ها استفاده شد. برای تعیین خاصیت ضد میکروبی نمونه ها، هاله عدم رشد ایجاد شده به دور نمونه اندازه گیری شد. نمونه های تکمیل شده دارای خاصیت ضد میکروبی خوبی بودند، زیرا یک هاله بازدارنده در اطراف نمونه های تکمیل شده به وجود آمد. فعالیت ضد میکروبی نمونه شاهد، نمونه شماره ۱ سفید (کلوئید نقره ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان ۱۰ دقیقه) و نمونه شماره ۹ سفید (کلوئید نقره



نمونه شماره ۹ سفید



نمونه شماره ۱ سفید



نمونه شاهد

(پارچه سفید تکمیل نشده) (کلوئید نقره ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان ۱۰ دقیقه) (کلوئید نقره ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان ۳۰ دقیقه)

شکل ۵: فعالیت ضد میکروبی نمونه شاهد (پارچه خام)، نمونه شماره ۱ سفید و نمونه شماره ۹ سفید

جدول ۳: قطر ناحیه بازدارنده نمونه های سفید آغشته شده با نانو ذرات نقره

شماره نمونه	1	2	3	4	5	6	7	8	9
کلوئید نقره (میلی گرم در لیتر)	200	200	200	500	500	500	1000	1000	1000
زمان (دقیقه)	10	15	30	10	15	30	10	15	30
قطر ناحیه بازدارنده	1.2	1.4	1.8	1.5	1.9	2.5	2	2.2	2.6

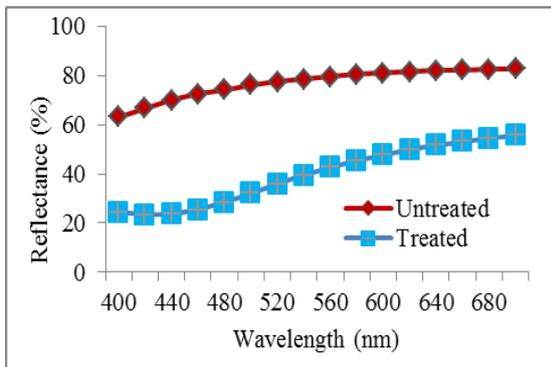
۱-۳- اثر نانو ذرات نقره بر خواص نوری پارچه

پنبه ای سفید

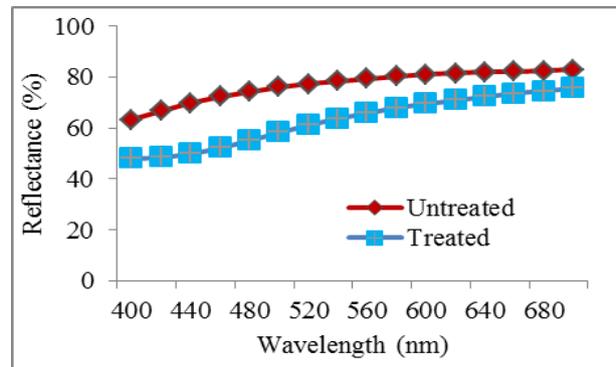
انعکاس طیفی پارچه سفید آغشته شده با محلول حاوی ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کلوئید نقره و در زمان ۱۰ دقیقه (نمونه شماره ۱) و همچنین انعکاس طیفی پارچه سفید آغشته شده با محلول حاوی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر کلوئید نقره و در زمان ۳۰ دقیقه (نمونه شماره ۱) به همراه انعکاس طیفی پارچه سفید خام (تکمیل نشده) در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق نانو نقره باعث کاهش انعکاس طیفی پارچه سفید می شود.

پیش بینی انتقال نور در توسعه و تولید محیط های ذره ای با ویژگی های نوری خاص اهمیت زیادی دارد. این پیش بینی از طریق روش های تحلیلی و عددی انجام می شود که نیاز به بررسی دقیق عوامل مختلفی مانند اندازه، ضریب شکست و غلظت ذرات رنگدانه دارد. برهمکنش تابش فرودی با ذرات شامل فرآیندهایی چون پراش، شکست، انعکاس و جذب است. خواص نوری مواد پوشش داده شده به شدت تحت تأثیر ویژگی های رنگدانه های مصرفی قرار دارد. با تغییر پارامترهایی مانند اندازه ذرات، ضریب شکست و غلظت، می توان رفتار نوری این مواد را تنظیم کرد [۳۰]. زندی و همکارانش در سال ۱۳۹۱ اثر قطر نانو

نمونه های تکمیل شده همراه دی اکسید تیتانیوم با قطر کوچکتر مقدار روشنایی و طیف انعکاسی بیشتر افزایش یافته است که این امر می تواند به دلیل قدرت انتشاری بیشتر این ذرات باشد. همچنین تغییر رنگ نمونه های آغشته شده با نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم با قطر ۵۰۰ نانومتر نسبت به نمونه آغشته شده با نانو ذرات با قطر ۵۰ نانومتر کمتر است [۳۱].



Sample 1



Sample 6

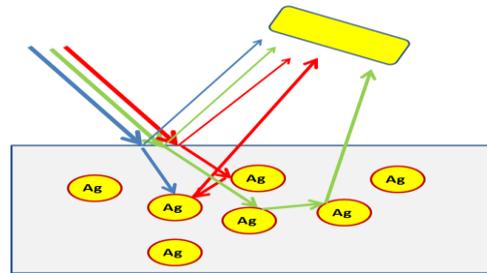
شکل ۶: انعکاس طیفی پارچه سفید خام و پارچه سفید آغشته شده با نانوذرات نقره (تکمیل شده)

۰.۲۵ و ۰.۱۴۳ می شود. بر اساس شکل ۸، ضریب انتشار نسبی برای قطر نسبی ۰.۲۵ و ۰.۱۴۳ به ترتیب ۲.۴۶ تا ۳.۹۷ است. همچنین برای طول موج متوسط مرئی ۵۵۰ نانومتر مقدار قطر نسبی ۰.۱۸۰ و بر اساس شکل ۸ ضریب انتشار نسبی ۲.۸۶ است. به عبارتی، نانو نقره به دلیل خواص جذب، پرتوهای طول موج کوتاه در محدوده آبی را جذب می کند و همچنین به دلیل خاصیت انتشار، طول موج های متوسط و بلند را پراکنده نموده و منجر به ایجاد رنگ زرد در پارچه پنبه ای می شود.

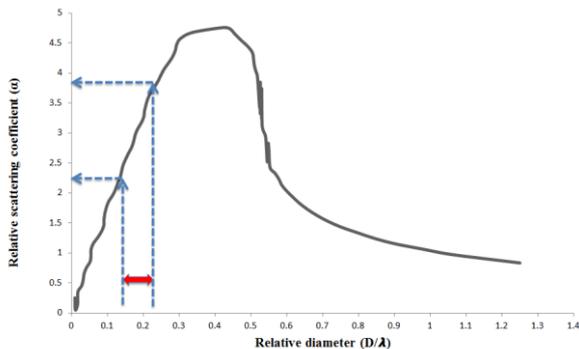
ذرات دی اکسید تیتانیوم بر رفتار انعکاسی و رنگ پارچه های پنبه ای را بررسی نمودند. بررسی نمونه ها حاوی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم با قطر ۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ نانومتر مشخص گردید که طیف انعکاسی و روشنایی نمونه ها آغشته شده با نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم نسبت به نمونه شاهد بیشتر است و با افزایش مقدار نانو دی اکسید تیتانیوم، روشنایی (L*) افزایش یافته است. در

نمای شماتیک تغییر رنگ حاصل از فرآیند آغشته سازی پارچه پنبه ای با نانو ذرات نقره در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق، جذب نانو ذرات نقره موجب ایجاد شید رنگی زرد در پارچه می شود. همانگونه که در شکل فوق نشان داده شده است این تغییرات ناشی از رنگ زرد نانو ذرات نقره می باشد. همچنین ارتباط بین قطر ذرات با ضریب انتشار نسبی در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به ماکزیمم قطر ۱۰۰ نانومتر نانو نقره مصرفی و همچنین طول موج محدوده طیف مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر)، قطر نسبی (نسبت قطر ذرات به طول موج) برای طول موج های ۴۰۰ و ۷۰۰ نانومتر به ترتیب

نشان داده شده است. با توجه به جدول فوق با افزایش غلظت نانو ذرات نقره و زمان آغشته سازی میزان تغییر رنگ (اختلاف رنگ بین پارچه تکمیل شده و پارچه خام) افزایش می یابد خلوص نمونه های تکمیل شده با نانو نقره بیشتر از خلوص نمونه های تکمیل نشده است که این پدیده ناشی از افزایش زردی کالا می باشد. نتایج فوق بیانگر تغییر رنگ پارچه سفید به زردی در طی فرآیند تکمیل با نانوذرات نقره می باشد.

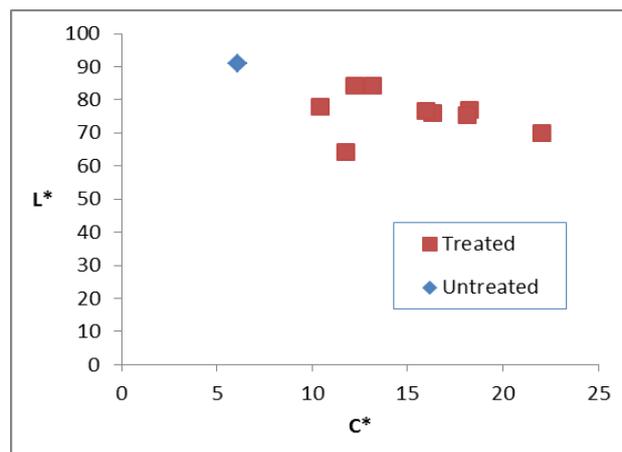
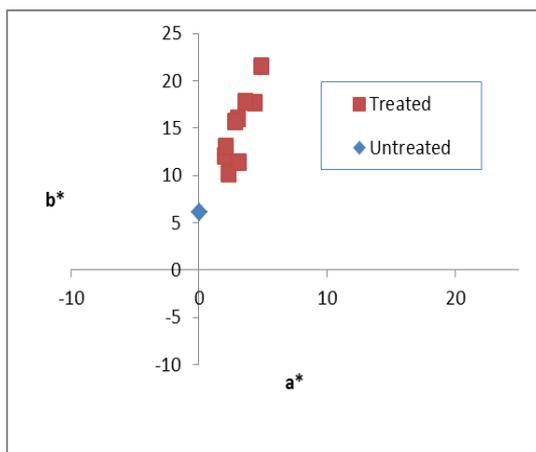


شکل ۷: نمای شماتیک از خواص نوری پارچه سفید آغشته شده با نانو ذرات نقره



شکل ۸: ارتباط بین قطر ذرات با ضریب انتشار

نسبی



شکل ۹: مختصات رنگی پارچه سفید (پارچه تکمیل نشده) و پارچه سفید آغشته شده با غلظت های مختلف نانو نقره (پارچه تکمیل شده)

مختصات رنگی نمونه های سفید در فضا رنگ CIELAB دو حالت نمودار a^*, b^* و نمودار L^*, C^* در شکل ۹ نشان داده شده است. با توجه به شکل های فوق، موقعیت پارچه های سفید تکمیل شده با نانو نقره با نمونه های تکمیل نشده متفاوت است، به طوری که میزان b^* (زرد-آبی) نمونه های تکمیل شده نسبت به نمونه های تکمیل نشده بیشتر است. مشخصات رنگی پارچه سفید خام و پارچه سفید تکمیل شده با نانو نقره در جدول ۴

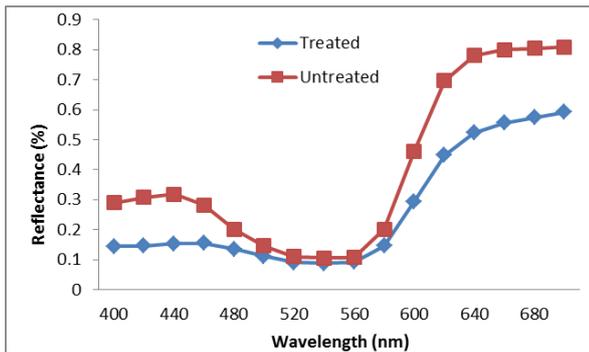
جدول ۴: مشخصات رنگی پارچه سفید تکمیل نشده و پارچه سفید آغشته شده با نانو نقره

نمونه	کلوئید نقره (میلی گرم در لیتر)	زمان (دقیقه)	L*	a*	b*	ΔE
شاهد	-	-	91.6	0.06	6.6	-
1	200	10	84.1	2.01	12.06	9.39
2	200	15	84.41	2.08	13.02	9.84
3	200	30	76.81	4.37	17.74	18.92
4	500	10	77.88	2.3	10.17	13.99
5	500	15	75.84	3.04	16.03	18.44
6	500	30	69.8	4.84	21.51	26.71
7	1000	10	76.58	2.81	15.72	17.49
8	1000	15	75.25	3.62	17.75	19.77
9	1000	30	64.16	3.1	11.35	26.97

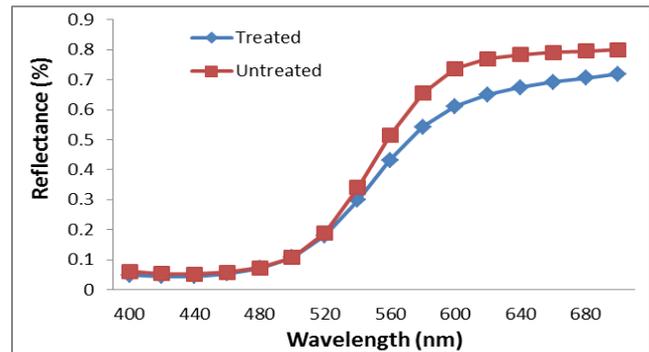
۲-۳- اثر نانوذرات نقره بر خواص نوری پارچه پنبه‌ای رنگرزی شده

در ادامه، اثر نانوذرات نقره بر خواص انعکاسی پارچه پنبه‌ای رنگرزی شده با رنگزای راکتیو مورد ارزیابی قرار گرفت. انعکاس طیفی پارچه پنبه‌ای رنگی تکمیل نشده (نمونه‌های شاهد) و پارچه پنبه‌ای رنگی عمل‌آوری شده با نانوذرات نقره برای نمونه‌های شماره ۲، ۶، ۱۳ و ۱۷ در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق،

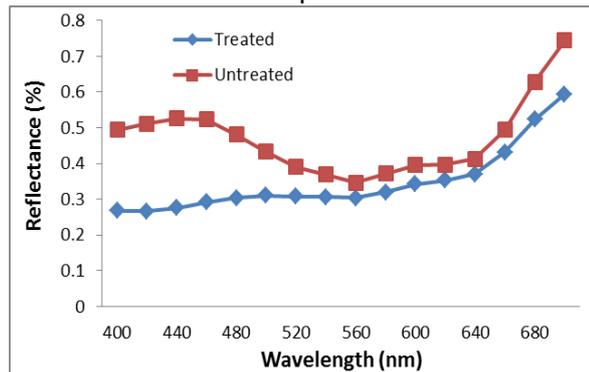
انعکاس طیفی نمونه‌های تکمیل شده نسبت به نمونه شاهد (پارچه خام) کمتر می‌باشد. همانگونه که در شکل ۱۰ نشان داده شده، علت کاهش انعکاس، وجود نانوذرات نقره است که باعث انتشار و جذب نور تابیده شده می‌شود. مقدار انعکاس با توجه به جذبی که صورت گرفته کاهش می‌یابد. از طرفی، قرارگیری نانوذرات نقره از محلول کلوئیدی بر روی منسوجات ته‌رنگ زردی ایجاد می‌کند.



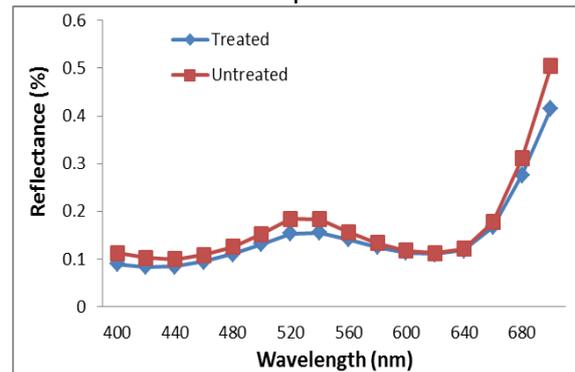
Sample 2



Sample 6



Sample 13



Sample 17

شکل ۱۰: انعکاس طیفی نمونه شاهد (پارچه تکمیل نشده) و نمونه های آغشته شده با نانو نقره (پارچه تکمیل

شده)

نمونه‌ها بیشتر از یک می‌باشد. به عبارتی، نانو ذرات نقره باعث افزایش عمق رنگی پارچه رنگریزی شده می‌شود.

در ادامه برای ارزیابی اثر نانو ذرات نقره بر خواص نوری پارچه رنگی، قدرت رنگی نسبی^{۱۲} (RCS) نمونه تکمیل شده (نمونه آغشته شده با نانو نقره) نسبت به نمونه تکمیل نشده براساس رابطه ۲ محاسبه و در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در فرمول فوق، صورت کسر عمق رنگی نمونه آغشته شده با نانو ذرات نقره و مخرج کسر عمق رنگی نمونه آغشته نشده می‌باشد. به دلیل تفاوت طول موج حداکثر جذب در نمونه عمل شده و عمل نشده، جهت محاسبه عمق رنگی از مجموع تابع انعکاس^{۱۳} (K/S) در محدوده طیف مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) استفاده گردید. با توجه به شکل فوق، قدرت رنگی نسبی تمامی

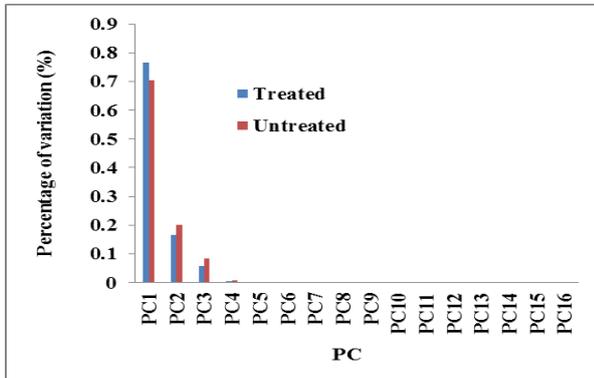
(۲)

$$RCS = \frac{\sum_{\lambda=400}^{700} \left(\frac{K}{S} \right)_{Treated}}{\sum_{\lambda=400}^{700} \left(\frac{K}{S} \right)_{Untreated}}$$

¹² Relative color strength (RCS)

¹³ Reflectance fuction

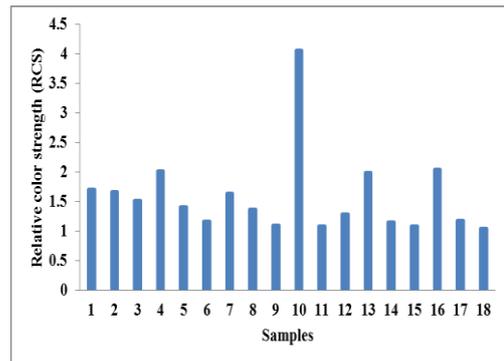
آورده شده است. برای نمونه‌های تکمیل‌شده، ارزش بردار اول ۷۶/۵۶ درصد و برای نمونه تکمیل‌نشده، ارزش بردار اول ۷۰/۳۹ درصد می‌باشد. چهار بردار ویژه اول، بیش از ۹۹/۶ درصد تغییرات در داده‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۱۲: میزان اهمیت بردارهای ویژه نمونه‌های

تکمیل نشده و تکمیل شده با نانو نقره

تغییرات طیفی بردارهای ویژه اول، دوم، سوم و چهارم برای نمونه‌های رنگزری شده با رنگزای راکتیو و تکمیل شده با نانوذرات نقره در شکل ۱۳ نشان داده شده است. علت بررسی این چهار بردار، بالاتر بودن مقادیر ویژه آن‌ها می‌باشد. با توجه به بردارهای ویژه اول، دوم، سوم و چهارم مشخص است که تفاوت‌هایی در انعکاس طیفی نمونه‌های تکمیل‌نشده و تکمیل‌شده با نانوذرات نقره وجود دارد. به طوری که اختلاف بین بردار ویژه دوم، سوم و چهارم نمونه‌های تکمیل‌نشده و تکمیل‌شده با نانوذرات نقره بیشتر از بردار ویژه اول است.



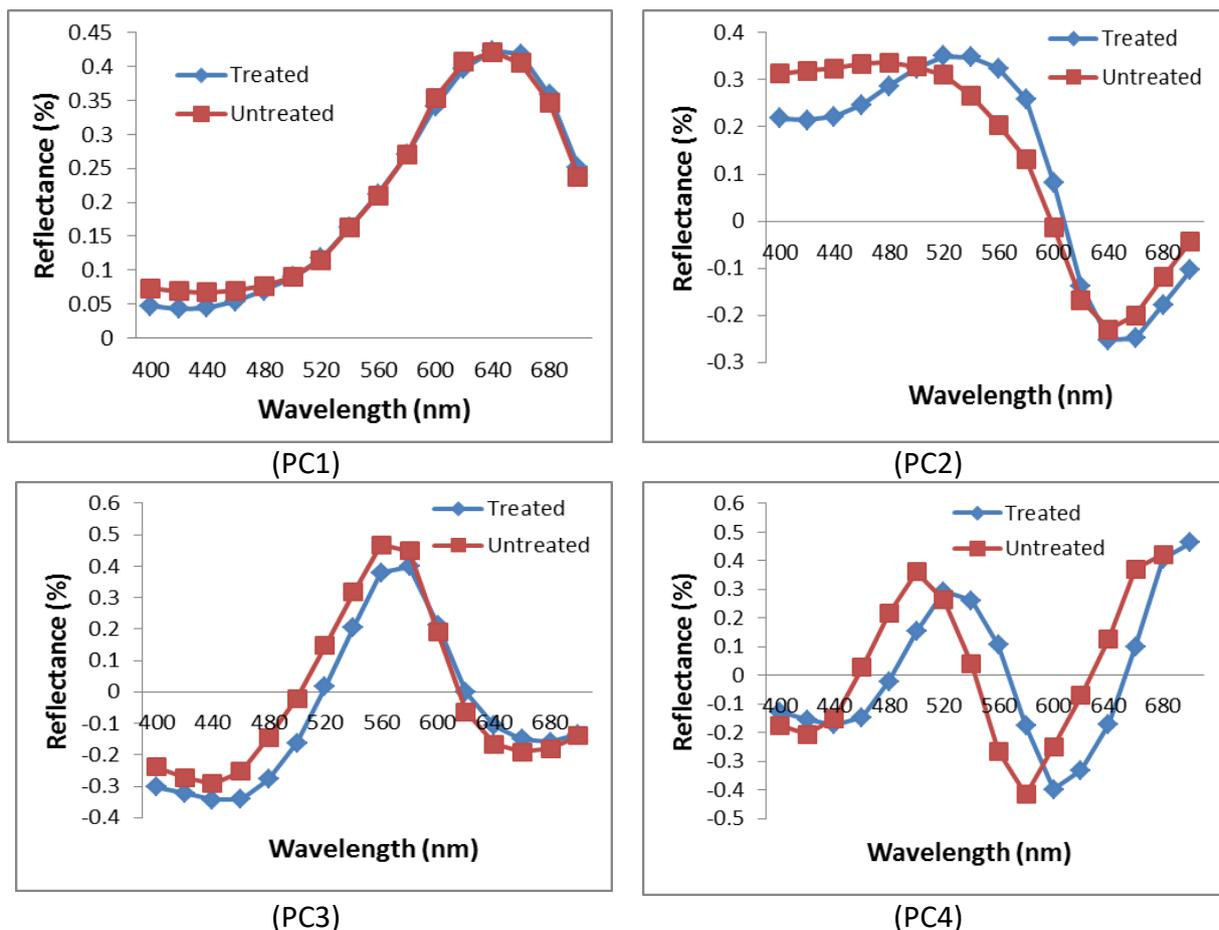
شکل ۱۱: قدرت رنگی نسبی (RCS) نمونه تکمیل

شده (نمونه آغشته شده با نانو نقره) نسبت به نمونه

تکمیل نشده

در ادامه، آنالیز داده‌های طیفی به کمک تکنیک تحلیل اجزای اصلی^{۱۴} (PCA) انجام گردید. در این بخش، جهت مقایسه نمونه‌های فاقد نانو نقره و نمونه‌های آغشته شده با نانو نقره، انعکاس طیفی دو سری نمونه به کمک تکنیک تحلیل اجزای اصلی مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، بردارهای ویژه دو سری نمونه با یکدیگر مقایسه گردید. به طور کلی، یکی از راه‌های تشخیص اهمیت بردارهای پایه، بررسی مقادیر ویژه آنها می‌باشد. علاوه بر مقادیر ویژه، نقش و اهمیت بردارهای ویژه را می‌توان براساس درصد تغییرات، درصد تجمعی بیان نمود. درصد تغییرات بر اساس نسبت مقدار ویژه یک بردار ویژه به مجموع مقادیر ویژه تمامی بردارهای ویژه محاسبه می‌گردد. بیشترین مقدار ویژه مربوط به بردارهای پایه است. بردارهای کم‌اهمیت دارای کمترین مقدار ویژه است. میزان اهمیت بردارهای ویژه اول، دوم، سوم و چهارم برای نمونه‌های تکمیل‌نشده و تکمیل‌شده با نانوذرات نقره در شکل ۱۲

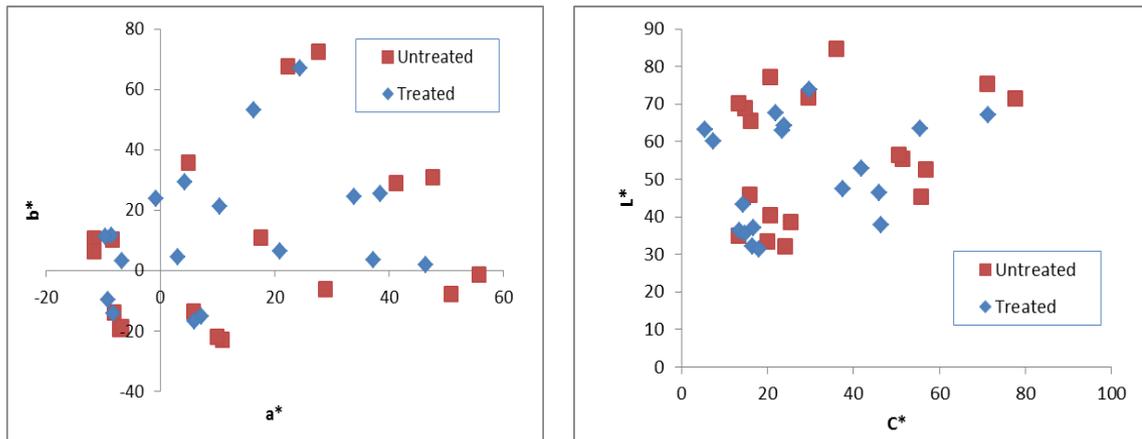
¹⁴ Principal Component Analysis



شکل ۱۳: بردارهای ویژه اول تا چهارم انعکاس طیفی نمونه های تکمیل نشده و تکمیل شده با نانو نقره

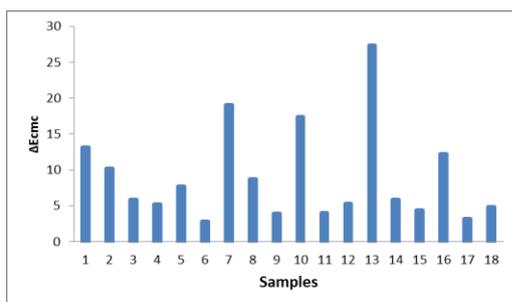
نمونه های تکمیل شده بیشتر است. خلوص (C^*) در نمونه های تکمیل شده بیشتر از خلوص نمونه های تکمیل نشده با نانو نقره است. همچنین روشنایی (L^*) نمونه های تکمیل نشده بیشتر از روشنایی نمونه های تکمیل شده با نانو نقره است. نتایج فوق بیانگر وجود تغییرات رنگ ناشی از تکمیل با نانوذرات نقره می باشد.

مختصات رنگی نمونه در فضای رنگ CIE LAB در دو حالت نمودار a^*, b^* و نمودار L^*, C^* در شکل ۱۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل های فوق، موقعیت نمونه های تکمیل شده با نانو نقره با نمونه های تکمیل نشده متفاوت است. مشاهده می شود که میزان a^* (قرمزی- سبزی) در نمونه های تکمیل نشده نسبت به



شکل ۱۴: مختصات رنگی نمونه شاهد (پارچه تکمیل نشده) و نمونه های آغشته شده با نانو نقره (پارچه تکمیل شده) (شده)

به دست آمده برای ۴ پارامتر می توان نتیجه گرفت که برای پارامتر شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا)، به دلیل کمتر بودن مقدار p -value از مقدار ۰/۰۵، فرض یک تایید می شود.



شکل ۱۵: اختلاف $\Delta E_{cmc}(2:1)$ بین نمونه شاهد (پارچه تکمیل نشده) و نمونه های آغشته شده با نانو نقره (پارچه تکمیل شده)

اثر شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا) نمونه روی رنگ معنی دار است. به عبارتی، تغییر رنگ ناشی از تغییر شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا) معنی دار است. برای پارامتر غلظت رنگزا، به دلیل کمتر بودن مقدار p -value از مقدار ۰/۰۵، فرض یک تایید می شود. به عبارتی، تغییر رنگ ناشی از تغییر غلظت رنگزا معنی دار است. برای پارامتر غلظت کلونید نانو نقره، به دلیل کمتر بودن مقدار p -

تغییر رنگ ناشی از آغشته سازی با نانو ذرات نقره برای ۱۸ نمونه بر اساس فرمول اختلاف رنگ $CMC(2:1)$ در شکل ۱۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق، میانگین تغییر رنگ در نمونه ها برابر اختلاف رنگ ΔE_{cmc} برابر ۸/۹۴ و بیشترین تغییر رنگ در نمونه شماره ۱۳ با اختلاف رنگ برابر ۲۷/۳ حاصل گردید. همچنین کمترین تغییر رنگ در نمونه شماره ۶ با اختلاف رنگ برابر ۲/۸۴ حاصل گردید. با توجه به نرم ۱ برای اختلاف رنگ ΔE_{cmc} ، آغشته سازی کالای پنبه ای با نانو ذرات نقره منجر به تغییر رنگ معنی داری می شود.

تحلیل آماری تغییر رنگ پارچه پنبه ای رنگریزی شده با رنگزای راکتیو به کمک تکنیک تاگوجی در جدول ۵ بر اساس میزان تغییر رنگ نشان داده شده است. این جدول شامل درجه آزادی (DF)، مجموع مربعات (Seq SS)، مجموع مربعات اصلاح شده (Adj SS)، میانگین مربعات اصلاح شده (Adj MS)، F آماری و p -value متناظر با آن می باشد. برای تعیین معنی داری نقش پارامترها، مقادیر p -value مورد بررسی قرار گرفت. از مقادیر p -value

شد که اثر پارامترهای غلظت رنگزا (عمق رنگی) و غلظت کلونید نانو ذرات نقره بر رنگ پارچه موثر می‌باشند. با افزایش غلظت کلونید نانو نقره، مقدار نانو نقره بیشتری بر سطح الیاف قرار می‌گیرد و در نتیجه رنگ پارچه‌های پنبه‌ای تغییر می‌کند و غلظت کلونید نانو نقره اثر مستقیمی بر رنگ پارچه‌های تکمیل شده دارد.

value از مقدار ۰/۰۵، فرض یک تایید می‌شود. به عبارتی، تغییر رنگ ناشی از تغییر غلظت کلونید نانو نقره معنی‌دار است. برای پارامتر زمان غوطه‌وری (دقیقه)، به دلیل بیشتر بودن مقدار p-value از مقدار ۰/۰۵، فرض یک رد می‌شود. به عبارتی، تغییر رنگ ناشی از تغییر زمان غوطه‌وری معنی‌دار نیست. از نتایج به دست آمده مشخص

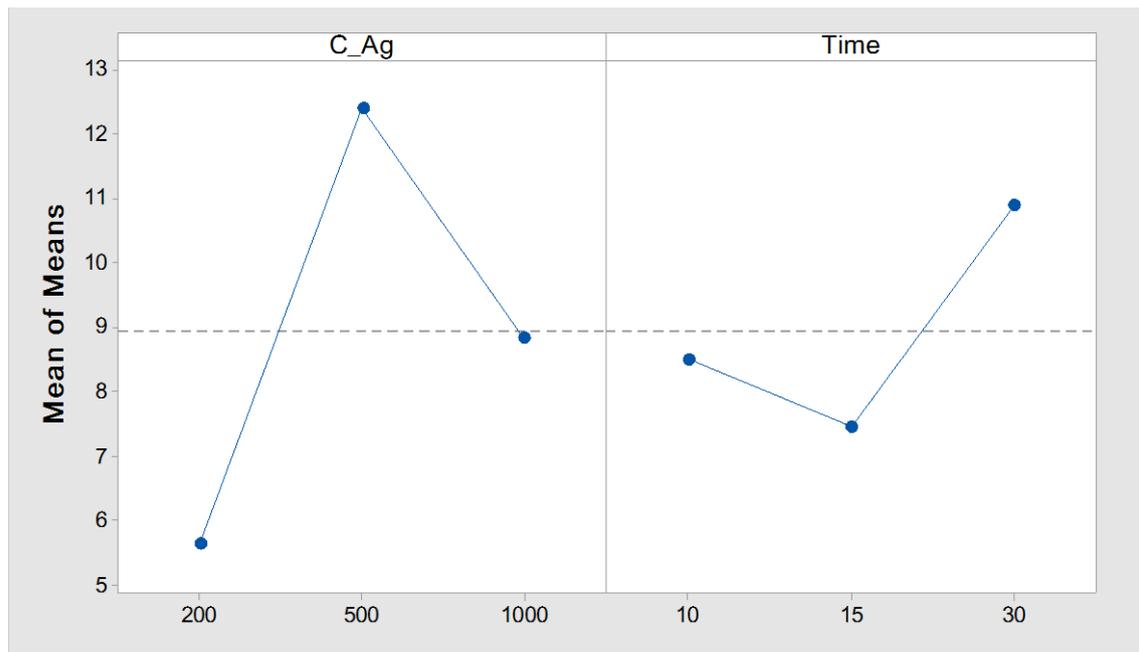
جدول ۵: تجزیه واریانس اثر پارامترهای شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا)، غلظت رنگزا، غلظت کلونید نانو

نقره و زمان غوطه‌وری بر رنگ نمونه‌های رنگرزی و آغشته شده کلونید نانو نقره

P	F	Adj Ms	Adj SS	Seq SS	DF	مشخصات پارامتر
0.037	5.04	15.938	79.69	79.69	5	شید رنگی (ترکیب مواد رنگزا)
0	49.45	156.417	312.83	321.78	2	غلظت رنگزا (%)
0.003	18.18	57.491	114.98	114.57	2	غلظت کلونید نانو نقره (میلی گرم در لیتر)
0.239	1.83	5.801	11.6	11.6	2	زمان غوطه‌وری (دقیقه)
		3.163	18.98	18.98	6	خطای باقی مانده
				546.62	17	مجموع

رنگ مشخص گردید. اثر غلظت نانو نقره و زمان آغشته سازی بر تغییر رنگ پارچه در شکل ۱۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق، در شرایط بهینه غلظت نانو ذرات نقره ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و زمان آغشته سازی ۱۵ دقیقه می‌باشد.

باتوجه به نتایج حاصله در این پژوهش، شرایط بهینه حالت ماکزیمم خاصیت ضد باکتری پارچه پنبه‌ای به همراه حداقل تغییر رنگ در آن می‌باشد. با توجه به اینکه خاصیت ضد باکتری تمامی نمونه‌ها در حد عالی می‌باشد در نتیجه شرایط بهینه عملیات تکمیل بر اساس تغییر



شکل ۱۶: اثرات اصلی غلظت نانو نقره (C_Ag) و زمان آغشته سازی (Time) برای تغییر رنگ $\Delta E_{cmc}(2:1)$

۴- نتیجه گیری

خواص نوری و انعکاسی پارچه پنبه‌ای می‌گردد. به‌طوری‌که تکمیل با نانو نقره موجب کاهش انعکاس و افزایش تابع انعکاس (K/S) پارچه پنبه‌ای گردید که این امر به‌دلیل حضور نانوذرات نقره بر سطح الیاف و جذب نور توسط آن‌ها می‌باشد. در بررسی پارچه پنبه‌ای رنگی مشاهده گردید پس از انجام تکمیل آغشته سازی با نانو نقره، انعکاس و روشنایی نمونه‌های رنگی کاهش و عمق رنگی و تابع انعکاس (K/S) افزایش می‌یابد. در آنالیز انعکاس طیفی به کمک تکنیک تحلیل اجزای اصلی، با توجه به بردارهای ویژه اول، دوم، سوم و چهارم مشاهده گردید که بین انعکاس طیفی نمونه‌های تکمیل نشده و تکمیل شده با نانوذرات نقره تفاوت وجود دارد. در ارزیابی تغییر رنگ ناشی از آغشته‌سازی با نانوذرات نقره برای نمونه‌ها بر اساس فرمول اختلاف رنگ CMC، مقدار

نانو نقره یکی از مهم‌ترین مواد مورد استفاده جهت تکمیل ضد میکروبی منسوجات می‌باشد. در این پژوهش، اثر تکمیل آغشته با نانوذرات نقره بر خواص نوری کالای پنبه‌ای سفید و رنگی مورد مطالعه قرار گرفت. در ارزیابی الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) پارچه خام (عمل نشده) و پارچه عمل شده (حاوی نانوذرات نقره) بیانگر وجود نانوذرات نقره در نمونه‌ها می‌باشد. ارزیابی خاصیت ضد میکروبی پارچه‌های سفید آغشته شده با نانو ذرات نقره بیانگر خاصیت ضد میکروبی عالی می‌باشد. زیرا قطر هاله بدست آمده برای همه نمونه‌ها بیشتر از ۱ میلی متر است. در ارزیابی انعکاس طیفی و طیف تابع انعکاس (K/S) پارچه خام (تکمیل نشده) و پارچه حاوی نانوذرات نقره (تکمیل شده) مشاهده گردید که نانوذرات نقره باعث تغییر

در این حالت قدرت رنگی نسبی و تغییر رنگ (اختلاف رنگ) به ترتیب ۴/۰۶ و ۲۷/۳ ΔE_{cmc} می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز آماری مشخص گردید که پارامترهای غلظت کلونید نانو نقره بر میزان تغییر رنگ حاصله از آغشته سازی با نانو نقره مؤثر است. با توجه به نتایج حاصله، شرایط بهینه تکمیل ضد باکتری در غلظت نانو ذرات نقره ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و زمان آغشته سازی ۱۵ دقیقه می‌باشد.

۵- مراجع

- [1] Alizadeh, N. , Mirjalili, M. , Valipour, P. and Akbarpour, H. (2021). Improving the Electrical and Anti-bacterial Properties of Cotton Fabric Using Graphene Oxide. *Journal of Textile Science and Technology*, 10(1), 15-23.
- [2] Nazari, A. and Davodi-roknabadi, A. (2020). Structural Equations Analysis and Design of Polyimide 6,6 Fabrics Multifunctional Properties Finished with Silver Nanoparticles and Butane tetra carboxylic acid using Mediatory Property of Hydrophilicity. *Journal of Textile Science and Technology*, 9(2), 5-19.
- [3] Khajavi, R. , Rafizadeh Zaeem, N. , Assgharpour, Z. and Rahimi, M. K. (2017). Polypropylene non-woven coating with lipid / carboxymethyl cellulose / nanosilver nanomulsion for wound dressese application. *Journal of Textile Science and Technology*, 6(3), 23-29.
- [4] Filipowska, B., Rybicki, E., Walawska, A., and Matyjas-Zgondek, E. (2011). New method for the antibacterial and antifungal modification of silver finished textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4(87), 124-128.
- [5] Lazić, V. M., Šaponjić, Z., Vodnik, V., Dimitrijević, S. I., Jovancic, P., Nedeljković, J., and Radetić, M. M. (2012). A study of the antibacterial activity and stability of dyed cotton fabrics modified with different forms of silver. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 77(2), 225-234.

حداقل، حداکثر و میانگین اختلاف رنگ (تغییررنگ) نمونه‌ها به‌ترتیب ۲/۸۴، ۲۷/۳ و ۸/۹۴ ΔE_{cmc} می‌باشد. با توجه نتایج فوق ، تغییر رنگ ناشی از آغشته‌سازی با نانوذرات نقره معنی‌دار و زیاد می‌باشد. همچنین حداقل، حداکثر و میانگین قدرت رنگی نسبی به ترتیب ۱/۰۴، ۴/۰۶ و ۱/۵۸ می‌باشد. بیشترین تغییرات در قدرت رنگی و رنگ پارچه در شرایط آغشته سازی ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر نانو نقره و زمان آغشته‌سازی ۳۰ دقیقه حاصل گردید.

- [6] Wasif, A. I., and Laga, S. K. (2009). Use of nano silver as an antimicrobial agent for cotton, *AUTEX Research Journal*, 9, 5-13.
- [7] Ilić, V., Šaponjić, Z., Vodnik, V., Potkonjak, B., Jovančić, P., Nedeljković, J., & Radetić, M. (2009). The influence of silver content on antimicrobial activity and color of cotton fabrics functionalized with Ag nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 78(3), 564-569.
- [8] El-Rafie, M. H., Mohamed, A. A., Shaheen, T. I., and Hebeish, A. (2010). Antimicrobial effect of silver nanoparticles produced by fungal process on cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, 80(3), 779-782.
- [9] Lee, H. J., and Jeong, S. H. (2004). Bacteriostasis of nanosized colloidal silver on polyester nonwovens. *Textile Research Journal*, 74(5), 442-447.
- [10] Luis Elechiguerra, J., Burt, J. L., Morones, J. R., Camacho-Bragado, A., Gao, X., Lara, H. H., and Jose Yacaman, M. (2005). Interaction of silver nanoparticles with HIV-1. *Journal of Nanobiotechnology*, 3(1), 1-10.
- [11] Azarm, M. J., Keshavarz, A., and Honarasa, G. (2021). Investigation of size effect in absorption spectra of silver and gold nanoparticles. *International Journal of Optics and Photonics*, 15(1), 35-40.
- [12] Rocky, A. M. K. B. P. (2012). Comparison of effectiveness between conventional scouring & bio-scouring on cotton fabrics. *Int J Sci Eng Res*, 3(8), 1-5.

- [13] Shams-nateri, A. (2012). Scattering behavior of nonabsorbing metallic nanoparticles. *Optics & Laser Technology*, 44(6), 1670-1674.
- [14] Yang, S. E., Liu, P., Zhang, Y. J., Guo, Q. N., and Chen, Y. S. (2016). Effects of silver nanoparticles size and shape on light scattering. *Optik*, 127(14), 5722-5728. Silver Nanoparticles: Physical Properties, <http://nanocomposix.com/kb/silver/optical-properties>.
- [15] Silver Nanoparticles: Physical Properties, <http://nanocomposix.com/kb/silver/optical-properties>.
- [16] Ilić, V. M., Šaponjić, Z., Vodnik, V., Mihailović, D., Jovančić, P., Nedeljković, J., and Radetić, M. (2009). A study of the antibacterial efficiency and coloration of dyed polyamide and polyester fabrics modified with colloidal Ag nanoparticles. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(3), 349-357.
- [17] Gorenšek, M., and Recelj, P. (2009). Reactive dyes and nano-silver on PA6 micro knitted goods. *Textile research journal*, 79(2), 138-146.
- [18] Siddiqua, U. H., Riaz, A., Faheem, M. S., Batool, R., Ullah, I., and Sabir, Q. U. A. (2024). Effect of silver nanoparticles finishing on dyeing properties of newly synthesized reactive dye applied on cellulosic fabric. *Fibers and Polymers*, 25(3), 987-995.
- [19] Puchowicz, D., Nejman, A., Kaminska, I., and Cieślak, M. (2021). Effect of reactive dyeing on fabrics modification with silver nanowires (AgNWs). *ACS omega*, 6(40), 26077-26085.
- [20] Gomaa, S., Hilal, N. M., and Abofarha, S. H. (2020). Improvement of Dyeing and Antimicrobial Properties of Cotton Fabrics through Pre-treatment with Silver Nanoparticles. *Egyptian Journal of Chemistry*, 63(4), 1205-1217.
- [21] Mavruz, S., and Ogulata, R. T. (2010). Optimization of air permeability of interlock knitted fabrics using different experimental design. In *Proceedings, 7th International Conference TEXSCI*.
- [22] Venil, C. K., and Lakshmanaperumalsamy, P. (2015). Taguchi experimental design for medium optimization for enhanced protease production by *Bacillus subtilis* HB04. *J. Sci. Technol.* 4.
- [23] Mezarciroz, Serin and Ogulata, Tugrul. (2010). Taguchi Approach for the Optimisation of the Bursting Strength of Knitted Fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 18. 78-83.
- [24] Hemanth, K. T., Swamy, R. P., and Chandrashekar, T. K. (2011). Taguchi technique for the simultaneous optimization of tribological parameters in metal matrix composite. *Journal of minerals and materials characterization and engineering*, 10(12), 179-188.
- [25] Amirshahi, S.H. and Agahian, F., *Computational color physics*, Arkan Danesh, 2007.
- [26] Shams Natri, A., *Analyzing the absorbance and reflectance spectra of colorant*, 2012.
- [27] Gorji S., Amir Kiumarsi A., and Gharanji K. , (2011), Appropriate Number of Principal Components for Spectral Reflectance Representation of Natural Dyes, *Journal of Color Science and Technology*, 5(1), 51-60.
- [28] Shams-Nateri, A. (2009). Colour matching by principal component analysis-based spectrophotometric technique. *Coloration Technology*, 125(1), 36-42.
- [29] Mohtasham, J., Nateri, A. S., & Khalili, H. (2012). Textile colour matching using linear and exponential weighted principal component analysis. *Coloration Technology*, 128(3), 199-203.
- [30] Piri, N., and Nateri, A. S. (2024). An overview of analytical models for thermal/Vis-NIR radiation transfer through nanopigment coated non-metallic materials. *Results in Engineering*, 24, 103198.
- [31] Nateri, A. S., Zandi, S., Motaghitalab, V., and Piri, N. (2018). The effect of TiO2 nanoparticles on color of cotton fabric dyed with reactive dye. *Pigment & Resin Technology*, 47(5), 431-439.