نانو تکنولوژی

فرآیندهای رنگرزی به کمک الکل: رنگرزی و تکمیل ضد میکروب پارچه های پشم عمل شده با نانو پودرهای C.I. Reactive Red 84

مترجم: عباس حاجی پور

این مطالعه به تولید RR 84 در نانو پودرها در هنگام آسیاب کردن با انرژی زیاد می پردازد. اندازه بلور نانو پودرها با استفاده از TEM و مشخصات جذبی فرابنفش- مرئی بررسی شد. رنگزای راکتیو ضد میکروب در رنگرزی پارچه های پشمی عمل شده با پراکسید هیدروژن بکار برده شد که رمق کشی و تثبیت بسیار بیشتر در مقایسه با پارچه های پشمی عمل نشده نشان داد. فرآیندهای رنگرزی پشم با هدف جایگزین سازی برخی مواد کمکی با اتانول در غلظت کم بررسی شدند. نتایج مشاهده شده در ایزوترمال رنگرزی، تاثیر مطلوب افزایش الکل در حدود ٪ ۳/۰-۰/۰ حجم/حجمی بر روی برداشت رنگ را نشان داد. عملکرد رنگی برای رنگزای نانو RR84 با رنگزای RR84 مقایسه شد. تاثیر pH، زمان رنگرزی، غلظت رنگزا و دما بررسی شد. ایزوترم های زمان/ برداشت رنگزا، افزایش برداشت رنگ در فاز دوم رنگرزی را نشان می دهند. مقادیر ثابت سرعت رنگرزی، زمان نیمه رنگرزی و آفینیته استاندارد محاسبه و بررسی شدند. تمام پارچه های تکمیل شده کارآیی ضد میکروبی در مقابل میکروب های مختلف نشان دادند. ثبات نمونه های رنگرزی شده بررسی شد.

مقدمه

نانو ذرات توجه محققان در مراکز آموزشی و صنعتی به دلیل خواص فیزیک و شیمیایی به خود جلب کرده است. نانو ذرات مساحت سطح مخصوص زیاد، واکنش پذیری شیمیایی بالا و آفینیته فیزیکی و همچنین خواص نوری، الکتریکی و مغناطیسی جالبی دارند. تحقیقات مداوم برای تولید در مقیاس زیاد نانو ذرات وجود دارد. سنتز فاز گاز و ینتز فاز تر، استفاده وسیعی در عمل پیدا کرده اند. آسیاب کردن ساچمه ای با انرژی زیاد (آسیاب کردن ارتعاشی، آسیاب کردن محیط متحرک، یا ساینده ها) اخیرا روشی دیگر برای تولید ذرات زیر میکرون و همچنین نانو ذرات شده است. نانو پیگمنت ها، مواد آلی یا غیر آلی؛ غیر قابل حل، خنثی از نظر شیمیایی و فیزیکی در بستر یا چسب ها با اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر می باشند. اگرچه اندازه ذرات در محدوده ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر در عمل ساخت متداول نیاز می باشد، اما نانو پیگمنت ها اخیرا محدوده وسیعی از کاربردهای صنعتی را بدست آورده اند. برای مثال، پیگمنت های بر پایه میکا (اندازه ذرات w20 nm) با اثر مروارید گون در وسایل آرایشی، روکش های اتومبیل، پلاستیک و غیره استفاده می شوند. در هر نرخی، عملکرد رنگ کردن پیگمنت های سرامیکی به هر دو خاصیت نوری بستگی دارد، که جهت بهبود در نانو ذرات، و پایداری شیمیایی انتظار می رود، زیرا انتظار می رود که نرخ جذب با افزایش مساحت سطح پیگمنت افزایش یابد. بهترین همخوانی در پیگمنت های سرامیکی متداول معمولا با ایتفاده از توزیع اندازه ذرات در محدوده ۱ تا ۱۰ میلی متر بدست آورده مش ود.

جانشین سازی شیمیایی، فرآیند جانشینی موادی است که قدرت آلایندگی بالا یا خواص سمی دارند، با دیگر موادی که تاثیرات کمتری بر روی کیفیت آب دارند یا موادی که در تصفیه پساب بهتر می باشند. در میان فرآیندهای تر نساجی، مرحله رنگرزی، به دلیل تفاوت زیاد الیاف، رنگزاها، هدف های فرآیند و محصولات تکمیل، پساب با پیچیدگی شیمیایی زیاد تولید می کند. محدودیت های جدید و سختگیرانه در تخلیه پساب و همچنین به وجود آمدن برچسب های سازگار با محیط زیست (ecolabels) منجر به بهبود فرآیندهای پیشرفته اکولوژی جهت جایگزینی استفاده از مواد کمکی رنگرزی ینتزی از قبیل عومل تر کننده و متورم کننده، دیسپرس کننده ها و نرم کننده با محصولات بدست آمده از منابع طبیعی شده است. این مواد دوست دار محیط زیست، زیست تخریب پذیر و در برخی موارد کم هزینه تر می باشند. در این میان، وزن مولکولی کم الکل از قبیل اتانول را می توان در نظر گرفت. در حقیقت، سرعت رنگرزی بوسیله جذب الکل بر روی پشم افزایش می یابد. اخیرا نشان داده شد که افزایش الکل بنزیل، حجم موثر در دسترس برای نفوذ رنگزا را افزایش می دهد و در نتیجه سرعت نفوذ رنگزا در حجم لیف پشم بهبود می یابد. با این حال، تاثیر افزایش الکل های قابل انحلال در آب در غلظت کم به حمام های رنگرزی در عمق بررسی نشده است. در نتیجه، افزایش الکل ها در رنگرزی الیاف شیمیایی تا کنون به عنوان حالی خاص از رنگرزی به کمک حلال مورد توجه می باشد، در حالیکه غلظت های کم اتانول در حمام رنگرزی بررسی نشده است. اخیرا، استفاده

از اتانـول بـه عنـوان مـاده ای کمکـی بـرای رنگـرزی منسـوجات مختلـف ثبـت شـده اسـت. هـدف ایـن نـوع آوری، کاهـش زمـان رنگـرزی بـا مزایـای اقتصـادی از قبیـل افزایـش بهـره وری، و کاهـش آلاینـده هـای زیسـت محیطـی ناشـی از فرآیندهـای رنگـرزی متـداول، امـکان اسـتفاده موثرتـر از منابـع آب بـود. ایـن اختراع ایـن بررسـی را پیشـنهاد مـی کنـد، کـه با هـدف روشـن کـردن عملکردهـای اتانول بـه عنـوان مـاده کمکـی رنگـرزی بـدون تاثیـر بـر کیفیـت رنـگ و ثبـات رنگـزا انجـام شـد. رنگـرزی همزمـان و تکمیـل عامـل دار منسـوجات، مزایـای اقتصـادی و زیسـت محیطـی در تولیـد منسـوجات را بـه ارمغـان مـی آورد. اخیـرا، تعـداد زیـادی از محققـان ایـن زمینـه را، از قبیـل رنگـرزی و تکمیـل همزمـان بسـیار بـا دوام پنبه، ترکیـب رنگـرزی و تکمیـل بسـیار بـا دوام ابریشـم، و همچنیـن رنگـرزی و تکمیـل همزمـان پشـم مـورد بررسـی قـرار دادنـد. ایـن مقالـه عملکـرد رنگـی و همچنیـن پتانسـیل رنگـزای نانـو RR 84 کـه از آسـیاب کـردن سـاچمه ای بسـیار پـر قـدرت در رنگـرزی پشـم بدسـت آورده شـده اسـت، را مـورد بررسـی قـرار مـی دهـد. ایـن عمـل بـا هـدف روشـن سـازی عملکـرد اتانـول بـه عنـوان مـاده کمکـی رنگـرزی بـدون تاثیـر بـر کیفیـت رنـگ و ثبـات رنگـزا انجـام شـده اسـت. در نسـخه هـای رنگـرزی اسـتاندارد، مـی تـوان عوامـل تـر کننـده، کنـد کننـده و یکنواخـت کننـده را بـا اتانـول جایگزیـن کـرد. رنـگ هماننـدی خـوب عمومـا بـا توجـه بـه فرآینـد اسـتاندارد نشـان داده شـد. سـرانجام، مزایایـی زیسـت محیطـی ناشـی از جانشـین سـازی شـیمیایی عوامـل کمکـی بـا اتانـول مشـخص شـد و هزینـه افزایـش الـکل بـا صرفـه جویـی هزینـه جانشـین سـازی مـواد کمکـی مقایسـه شـد. یـک تعـادل اقتصـادی مثبـت بدسـت آورده شـد. خصوصیـات رنگـرزی، ثبـات، و تکمیـل پارچـه هـای پشـمی تکمیـل شـده بـا اسـتفاده از رنگزاهـای نانـو RR 84 و رنگـزای RR 84 بـه صـورت کامـل بررسـی شـد. مقایسـه نتایـج سـینتیک هـای رنگـرزی پارچه هـای پشـمی عمل شـده بـا روش هـای رنگـرزی RR 84 و همچنین نانـو RR 84 نیـز گـزارش شـده اسـت، ایـن رنگـزا عامـل دار در پارچـه هـا جهـت فراهـم کـردن همزمـان عوامـل رنگـی و ضـد میکروبـی شـرکت داده شـد.

بخش تجربی

مواد

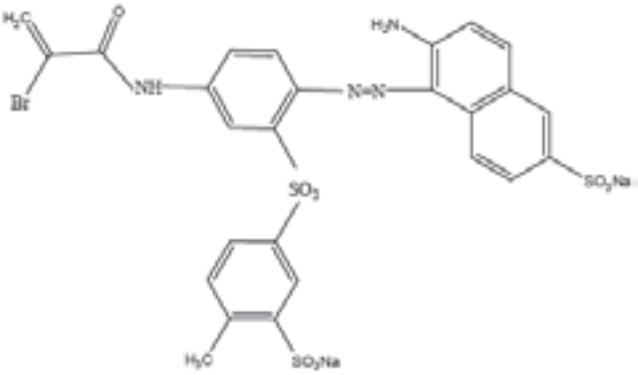
۱. پارچه ها

پارچـه هـای پشـمی ٪۱۰۰ شسـته شـده بـا وزن ۵۰۰ گـرم بـر متـر مربـع از شـرکت Misr (Mehalla El-Kubra) اسـتفاده شـد. قبـل از رنگـرزی، پارچـه هـا در محلـول حـاوی ۲ گـرم بـر لیتـر کربنـات سـدیم و ۵ گـرم بر لیتـر دترجنـت نانیونیک (Hostapal CV، Clariant، مصـر) بـرای مـدت ۳۰ دقیقـه در دمـای ۵۰ درجـه سـانتیگراد عمـل شـدند، سـپس بـه طـور کامل بـا اسـتفاده از آب شسـته شـدند و در دمـای اتـاق خشـک شـدند.

۲. رنگزاها و مواد شیمیایی

رنگـزای مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهـش، رنگـزای راکتیـو بـا نـام C.I. Reactive Red 84 (Lanasol Red 6G) بـود کـه از ICI (Imperical Chemical Industries Limited Dyestuffs Division Manchesester، انگلسـتان) تهیـه شـد، رنگـزا از درجـه تجـاری بـود و همانطـور کـه تهیـه شـده بـود مـورد اسـتفاده قـرار گرفـت (شـماتیک ۱).

اتانـول (٪۹۵ حجمـی/حجمـی)، اسـید اسـتیک، سـدیم و سـولفات آمونیـوم، کربنـات سـدیم و سـیلیکات و پراکسـید هیـدروژن از درجـه آزمایشـگاهی بودنـد کـه از Al-



شماتیک ۱. ساختار شیمیایی C.I. Reactive Red 84 (RR 84)

drich تهیـه شـدند.

روش

تهیه نانو پودر از RR 84

نانـو پودرهـای رنگـزای مـورد اسـتفاده، بوسـیله آسـیاب سـاچمه ای RETSCH مـدل PM 400 تهیـه شـد. رنگـزا با اسـتفاده از آسـیاب سـاچمه ای در سـرعت ۱۵۰ دور بـر دقیقـه بـرای مـدت ۶ تـا ۸ سـاعت آسـیاب شـد. طیـف هـای جذبـی نـوری نمونـه هـا در بـا اسـتفاده از اسـپکتروفتومتر UV-Vis Shimadzu ثبـت شـدند.

روش آماده سازی با پراکسید هیدروژن

قبـل از رنگـرزی، تمـام پارچـه هـای پشـمی، بـرای مـدت ۱ سـاعت در دمـای ۵۰ درجـه سـانتیگراد در حمـام حـاوی ۰/۷ ٪ وزنـی/ وزنـی سـیلیکات سـدیم، ۰/۲ ٪ وزنـی/ وزنـی کربنـات سـدیم و ۴۰ میلـی لیتـر بـر لیتـر پراکسـید هیـدروژن (٪۳۰) بـا نسـبت وزن بـه حجـم ۲۵:۱ آمـاده سـازی شـدند، سـپس به صـورت کامـل در آب مقطـر آبکشـی شـدند و در هـوا در اتمسـفر اسـتاندارد بـرای آزمایـش (۱ ±۲۰ درجـه سـانتیگراد و ۲±۶۵ رطوبـت نسـبی) خشـک شـدند.

رنگرزی پارچه های پشمی عمل شده با استفاده از RR 84

در نسـخه هـای الکلـی، مـواد کندکننـده، یکنواخـت کننـده و تـر کننـده از قبیـل Infagal، Albegal Set، و Cibaflow FFW حـذف شـدند در حالیکـه الـکل در حـدود v/v ۰/۳-۰/۰ اضافـه شـد. نمونـه هـای پشـمی عمـل شـده (۵/۰ گـرم از هـر نمونـه) بـا اسـتفاده از نانـو RR 84 و RR 84 در نسـبت وزن بـه حجـم ۵۰:۱ رنگـرزی شـدند. رنگـرزی در حضـور سـولفات سـدیم (owf ۱۰/۰ ٪) و سـولفات آمونیـوم (owf ۲/۰ ٪) در غلظـت هـای مختلـف رنگـزا (۳۷/۶۸-۴۸۴/۷۳ میلـی گرم بـر لیتـر)، مقادیـر pH (۲/۵۱-۷/۰۲) تنظیـم شـده بـا اسـید اسـتیک، دمـا (۴۰-۸۰ درجـه سـانتیگراد)، و زمـان (۱۱۰۳۰ دقیقـه) بـه صورتـی کـه در متـن آورده شـده اسـت، انجـام شـد. سـپس نمونـه هـای رنگـرزی شـده بـا اسـتفاده از آب سـرد آبکشـی شـدند و بـرای مـدت ۲۵ دقیقـه در حمـام حـاوی ۲ گـرم بـر لیتـر دترجنـت نانیونیـک (Hostapal CV، Clariant)، در دمـای ۴۵-۵۰ درجـه سـانتیگراد شسـته شـدند. سـرانجام، پارچـه هـا بـا اسـتفاده از آب، آبکشـی شـدند و خشـک شـدند.

نرخ رنگرزی

نمونـه هـای پارچـه پشـمی عمـل شـده (هـر یـک ۰/۴ گـرم) در انـدازه هـای

تقریبا ۱ سانتی متر مربعی بریده شدند و در pH ۴/۰۳ در ظرف در بسته ۲۵۰ میلی لیتری با ۲۰۰ میلی لیتر محلول متشکل از ۷۵/۳۵ میلی گرم بر لیتر از رنگزا با نسبت وزن به حجم ۵۰:۱ در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد همراه با همزدن مداوم رنگرزی شدند. رنگرزی با استفاده از پودر رنگزای نانو RR 84 و همچنین RR 84 انجام شد. پس از فواصل زمانی مشخص، ۰/۵ میلی لیتر از حمام رنگزا در لوله های آزمایش ریخته شد تا جذب آن در طول موج ماکزیمم برای هر نمونه اندازه گیری شود.

ارزیابی ها

۱. رمق کشی و تثبیت رنگزا

اسپکتروفتومتر Shimadzu UV/Vis جهت اندازه گیری جذب UV–Vis، محلول های رنگزا قبل و بعد از رمق کشی استفاده شد. غلظت رنگزاها بر اساس رابطه غلظت جذبی قبلا بدست آمده در طول موج ماکزیمم نانو رنگزای RR 84 و رنگزای RR 84 محاسبه شد. رنگزای تثبیت نشده از نمونه ها بوسیله آب گرم خارج شد و همچنین بوسیله اسپکتروفتومتر UV–Vis اندازه گیری شد.

رمق کشی و تثبیت رنگزا بر روی پشم عمل شده بوسیله اندازه گیری محلول باقیمانده حمام رنگرزی محاسبه شد. درصد رمق کشی حمام رنگزا (E٪) و تثبیت (F٪) بر طبق به ترتیب روابط (۱) و (۲) محاسبه شدند.

$$E\ (\%) = [1 - (A_1/A_0)]\ x100 \quad (1) \qquad (۱)$$

$$F(\%) = [(A_0 - A_1 - A_2)/A_0]\ x100 \qquad (۲)$$

بطوریکه A_0 و A_1 جذب محلول رنگزا در طول موج ماکزیمم به ترتیب قبل و بعد از رنگرزی می باشند، A_2 جذب محلول رنگزای صابونی می باشد.

۲. برداشت رنگزا

طیف های جذبی UV/Vis در آب با استفاده از اسپکتروفتومتر Shimadzu UV/Vis ثبت شدند. مقدار برداشت رنگزا با استفاده از رابطه (۳) بدست آورده شد:

$$Q = (C_0 - C_f)\ V/W \qquad (۳)$$

بطوریکه Q مقدار برداشت رنگزا (mg/g) می باشد، C_0 و C_f به ترتیب غلظت اولیه و نهایی محلول رنگزا ($mg\ l^{-1}$) می باشند، V حجم حمام رنگزا می باشد و W وزن پارچه ها (g) می باشد.

سپس غلظت محلول های رنگزا با توجه به منحنی کالیبراسیون مربوطه رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 با استفاده از قانون بیر– لامبرت محاسبه شد.

۳. میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

TEM با استفاده از JEM-1010 CX (JEOL Ltd) بررسی شد. آزمایش در ۷۰KV انجام شد.

٤. بررسی ثبات

نمونه های رنگرزی شده برای ثبات شستشویی، سایشی و نوری بر طبق روش های استاندارد ATCC بررسی شدند.

۵. ارگانیسم های مورد بررسی

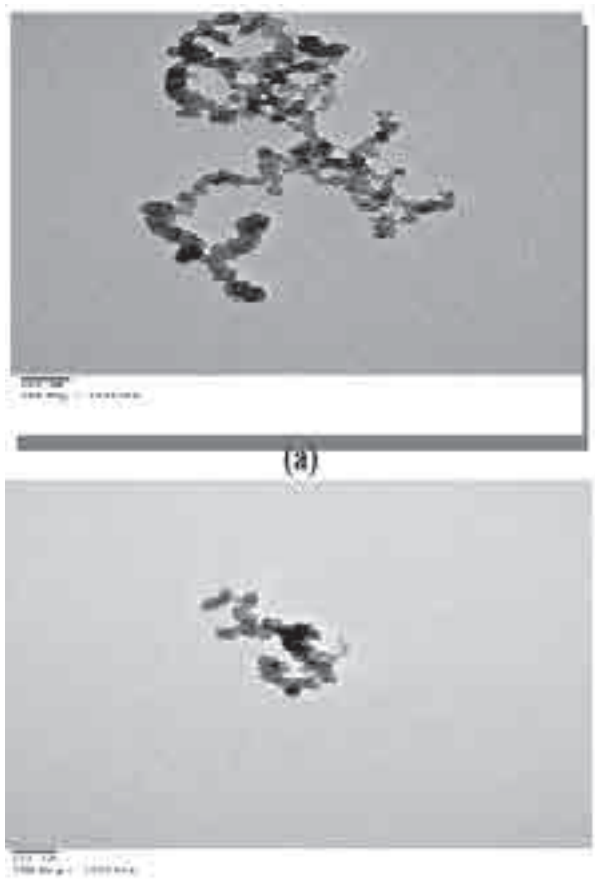
خواص ضد میکروبی رنگزاهای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 با استفاده از تکنیک cup-plate agar diffusion بررسی شد. تاثیر کارآیی ضد میکروبی رنگزاهای جذب شده بر روی پارچه های پشمی با استفاده از روش تست AATCC 147 بررسی شد. این روش، ساده، بصری و برای آنالیز کیفی رشد باکتری مناسب می باشد: بنابراین، رفتار ضد میکروبی پارچه های رنگرزی شده در مقابل میکرو ارگانیسم های مورد استفاده در این مطالعه: Geotricum candidum و Candida albicans (قارچ)؛ Streptococcus pneumonia و Bacillus subtilis (باکتری گرم مثبت)؛ Pseudomonas aeruginosa و Escherichia coli (باکتری گرم منفی) بررسی شد. باکتری ها و قارچ های مورد بررسی از مرکز منطقه ای میکروب شناسی و بیو تکنولوژی ، دانشگاه AL–Azher، شهر Nasr، Cairo تهیه شدند.

نتایج و بحث

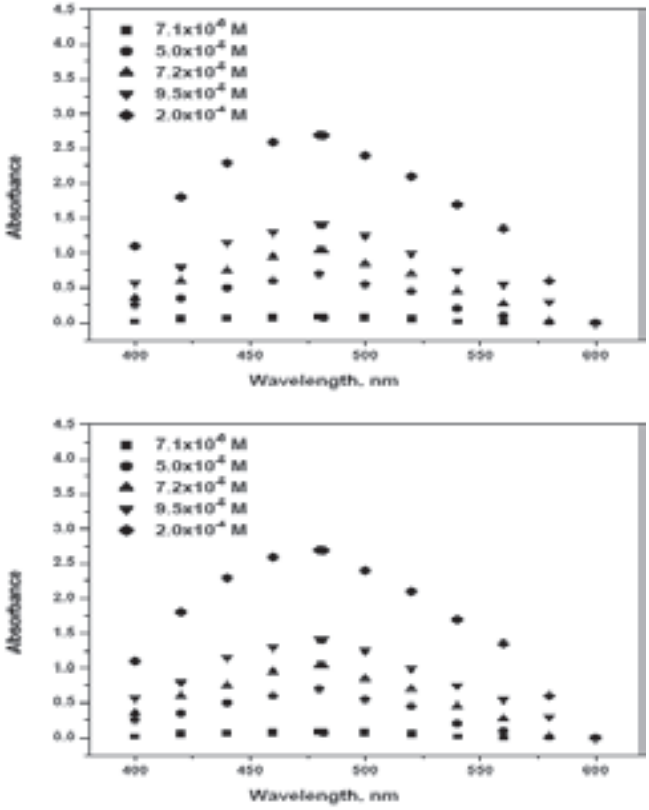
بررسی

۱. میکروسکوپ الکترونی عبوری

آنالیز TEM، مورفولوژی نمونه ها را نشان داد و امکان مقایسه متوسط اندازه



شکل ۱. تصاویر TEM رنگزای نانو RR 84



شکل۲. طیف های جذبی UV-Visible: (a)رنگزای RR 84 و (b)رنگزای نانو RR 84

ذرات را بوسیله مشاهده مستقیم نمونه فراهم کرد. شکل ۱ (a و b) با تصاویر مختلف، تصویر TEM نانو ذرات رنگزای نانو RR 84 را نشان می دهد، که می توان مشاهده کرد که این رنگزا کاملا کروی می باشد، و اندازه متوسط ذرات ۷۰ نانومتر می باشد. نانو ذرات رنگزای کروی، به مقدار متراکم و تجمع کرده می باشند. این نانو ذرات تجمع کرده در شکل گروه وجود دارند. رنگزای نانو RR 84 با اندازه ذرات در مقیاس نانو، به دلیل مساحت سطح زیاد، که پوشش سطحی بیشتر، تعداد بیشتر نقاط انعکاس و از اینرو بهبود انتشار را تضمین می کند، پتانسیل فروش بالایی دارد.

۲. خاصیت جذبی UV–visible نانو RR 84

طیف UV–visible رنگزای نانو RR 84 تهیه شده بوسیله آسیاب ساچمه ای با انرژی بالا، پیک باریکی در حدود طول موج ماکزیمم ۴۹۸ نانومتر (شکل ۲، منحنی b) نشان می دهد. در مقایسه با RR 84 با اندازه عادی در طول موج ماکزیمم ۴۸۰ نانومتر (شکل ۲، منحنی a)، جذب UV–visible مربوط به رنگزای نانو RR 84، شیفت جذبی به طول موج های بلندتر را نشان می دهد که تائید می کند که رنگزای نانو RR 84 در مقیاس نانو می باشد.

رمق کشی و تثبیت نانو RR 84 و RR 84 بر روی پارچه های پشمی عمل نشده و عمل شده

عملیات پراکسید هیدروژن جهت بهبود خاصیت انتقال رطوبت، خواص جذب آب و دیگر خواص مربوط به پارچه های پشمی انجام شد. خاصیت موئینگی پارچه های پشمی به مقدار زیادی پس از عملیات پراکسید هیدروژن افزایش

جدول۱. مشخصات رنگرزی پارچه های پشمی عمل شده و عمل نشده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR 84. شرایط رنگرزی: پارچه عمل شده پشمی ۰/۵ گرم، L.R. ۱:۵۰، ۱/۰٪ v/v اتیل الکل، pH ٤/۰۳، ٦۰°C، نمک و غلظت رنگزا ۷۵/۳۵ میلی گرم بر لیتر در مدت ٦۰ دقیقه

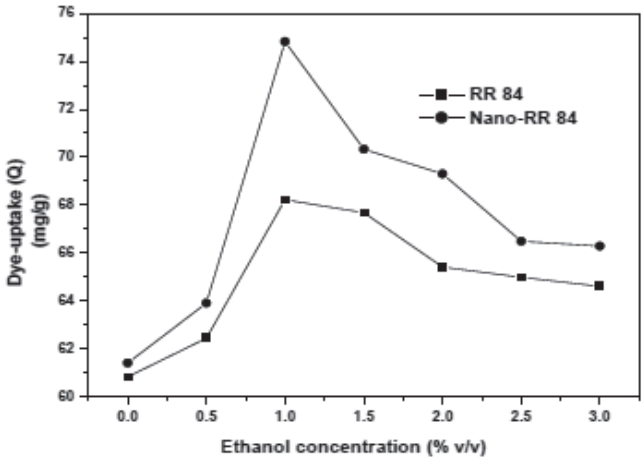
Dye samples	Untreated fabric		Treated fabric with H_2O_2	
	E (%)	F (%)	E (%)	F (%)
RR 84	69.11	60.51	89.32	82.91
Nano-RR 84	75.61	70.54	98.20	96.67

یافت. خاصیت ضد آب رفتگی پس از عملیات مشاهده شد، بطوریکه تقلیل طول پارچه های عمل شده کمتر از پارچه های عمل نشده بود، که این به دلیل تغییر سطح پارچه های پشمی بود. سفیدی پارچه ها به مقدار زیادی به دلیل اثر سفید کنندگی پراکسید هیدروژن افزایش یافت. کمتر از ۴٪ کاهش وزن پس از عملیات مشاهده شد . پارچه ها مقداری سست تر و منعطف تر شدند. خواص رنگرزی پارچه های پشمی عمل نشده و عمل شده با رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 بررسی شد. رمق کشی و تثبیت رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 بر روی پارچه های پشمی عمل نشده و عمل شده در جدول ۱ آورده شده است. نتایج جدول نشان می دهد که رمق کشی و تثبیت رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 بر روی پارچه های پشمی عمل شده بسیار بیشتر از پارچه های عمل نشده می باشد. عموما، پارچه های پشمی عمل شده با پراکسید هیدروژن، رمق کشی و تثبیت بسیار بیشتر نسبت به پارچه های پشمی عمل نشده نشان می دهند و رنگزای نانو RR 84 رمق کشی و تثبیت بیشتر در مقایسه با رنگزای RR 84 نشان داد. آماده سازی با پراکسید هیدروژن مقداری ساختار سطحی پشم را تخریب می کند و برداشت رنگزای راکتیو را بهبود می بخشد.

رنگرزی پارچه های پشمی عمل شده با نانو RR 84 و RR 84

۱. عوامل موثر بر فرآیند رنگرزی

۱. ۱. تاثیر اتیل الکل

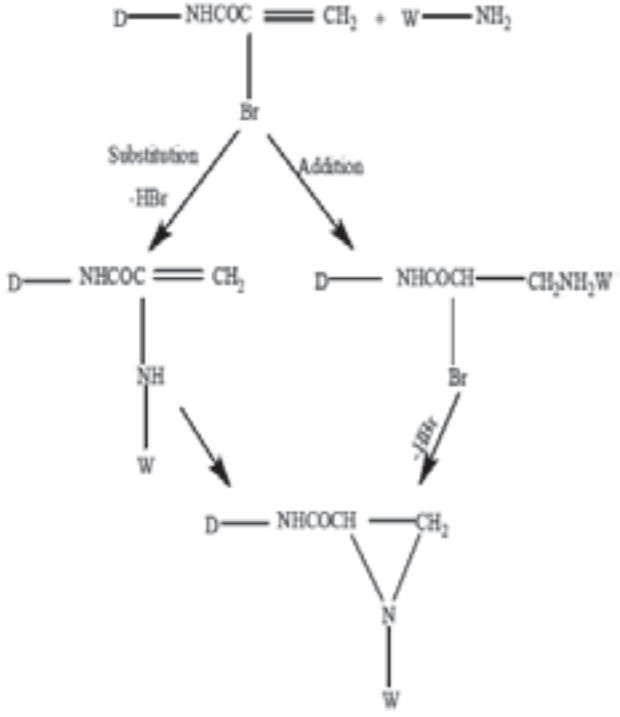


شکل۳. تاثیر اتیل الکل (۰/۰-۳/۰ ٪v/v) بر روی برداشت رنگزا پارچه پشمی عمل شده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84. شرایط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده g ۰/۵، L.R. ۱:۵۰، ٦۰ °C، pH ٤/۰۳ نمک ها و غلظت رنگزا mg/l ۳۵/۷۵ در مدت ٦۰ دقیقه.

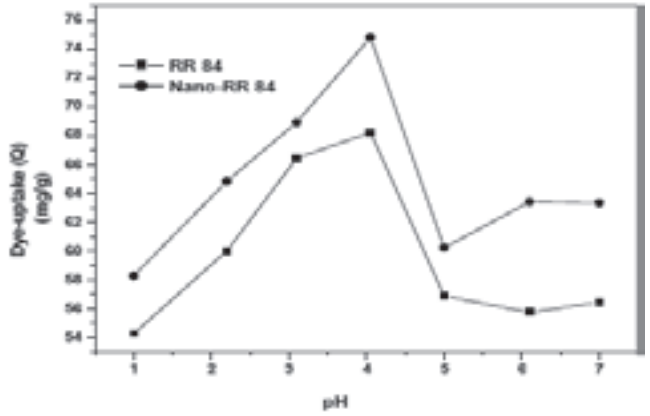
در نسخه های رنگرزی استاندارد، مواد تر کننده، کند کننده و یکنواخت کننده می توانند با اتانول جایگزین شوند. عموما رنگ همانندی خوب با توجه به فرآیندهای استاندارد مشاهده شد. مزایایی زیست محیطی ناشی از جایگزینی شیمیایی مواد کمکی با تانول قابل توجه بودند و هزینه افزایش الکل با صرفه جویی در هزینه جایگزینی مواد کمکی مقایسه شد. تعادل اقتصادی مثبت بدست آورده شد. رنگرزی پشم با رنگزاهای راکتیو به دلیل آفینیته بالا این رنگزاها که نفوذ آنها را به داخل پارچه دشوار می کند، مهم می باشد؛ از اینرو مواد کند کننده و یکنواخت کننده از قبیل Albegal Set مورد نیاز می باشد. در نسخه الکی، Albegal Set با اتانول در حضور نمک ها و اسید استیک جهت رنگرزی پشم عمل شده با رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 جایگزین شد که نتایج مطلوبی در حضور ۱/۰ ٪ حجمی/حجمی از اتانول (شکل ۳) حاصل شد. بنابراین، اتانول می تواند در نسخه های رنگرزی اضافه شود تا سطح فعال های کمتر زیست تخریب پذیر بدون تاثیر بر کیفیت محصول رنگرزی شده جایگزین شوند. این چنین جایگزینی شیمیایی بوسیله مزایایی زیست محیطی و همچنین صرفه جویی در هزینه تائید می شوند.

تاثیر pH

pH یکی از فاکتورهای مهم می باشد که جذب رنگزا از محلول بر روی پارچه ها را کنترل می کند. بنابراین، تاثیر pH بر روی جذب رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 بر روی پشم عمل شده در محدوده pH ۳/۵۱– ۷/۰۲ بررسی شد. pH محلول رنگزا بوسیله محلول اسید استیک تنظیم شد. تغییرات برداشت رنگ با pH محلول در شکل ۴ نشان داده شده است. از این شکل به روشنی مشخص است که جذب حداکثر رنگزا بر روی پشم



شماتیک۲. مکانیسم واکنش بین رنگزای راکتیو Lanasol و پشم.

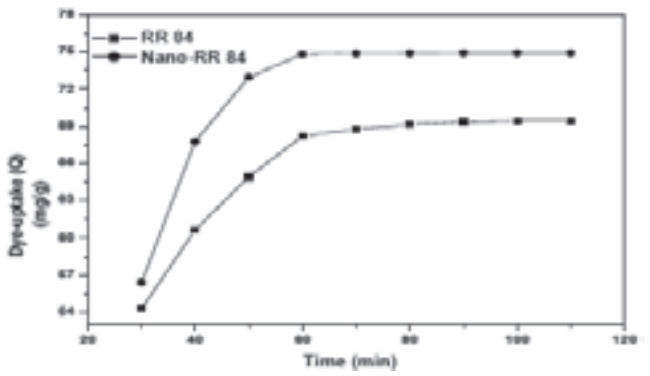


شکل٤. تاثیر pH (۳/۵۱-۷/۰۲) بر روی برداشت رنگزای پارچه های پشمی عمل شده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84. شراط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده g ۰/۵، L.R. ۱:۵۰، اتیل الکل ۱/۰ ٪ وزنی/وزنی، ٦٠°C، نمک ها و غلظت رنگزا ۷۵/۳۵ mg/l در مدت ٦٠ دقیقه.

عمل شده در مقادیر pH ۴/۰۳ بدست آورده شده است. شماتیک ۲ واکنش پارچه های پشمی بوسیله جانشینی هسته دوستی و مکانیزم افزایشی هسته دوستی از طریق گروه های واکنشی Br و C=C را نشان می دهد. این تصویر کمک می کند تا دلیل مقدار برداشت رنگ که به pH وابسته می باشد و در محدوده pH ۴/۰۳ مطلوب تر می باشد را توضیح داد. شکل ۴ برداشت رنگ برای نمونه های رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 را نشان می دهد. می توان مشاهده کرد که برداشت رنگ به تدریج با افزایش pH حمام رنگرزی تا ۰۳/۴ افزایش می یابد و سپس با افزایش pH، با بهبود رنگپذیری در حالت رنگزای نانو RR 84 کاهش می یابد.

تاثیر زمان تکان دادن

بررسی ها جهت تعیین زمان مورد نیاز برای حداکثر جذب رنگزا نانو RR 84 و رنگزای RR 84 بر روی پشم عمل شده انجام شد. این بررسی در زمان های مختلف تکان دادن (۳۰ تا ۱۱۰ دقیقه) و غلظت تثبیت شده رنگزا (۳۵/۷۵) انجام شد. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، برداشت



شکل۵.اثر زمان تکان دادن (۱۱۰–۳۰ دقیقه) بر روی برداشت رنگزا پارچه های پشمی عمل شده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84. شرایط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده g ۰/۵، L.R. ۱:۵۰، اتیل الکل ۱/۰ ٪ وزنی/وزنی، ٦٠°C، ٤/۰۳ pH نمک‌ها و غلظت رنگزا ۷۵/۳۵ mg/l در مدت ٦٠ دقیقه.

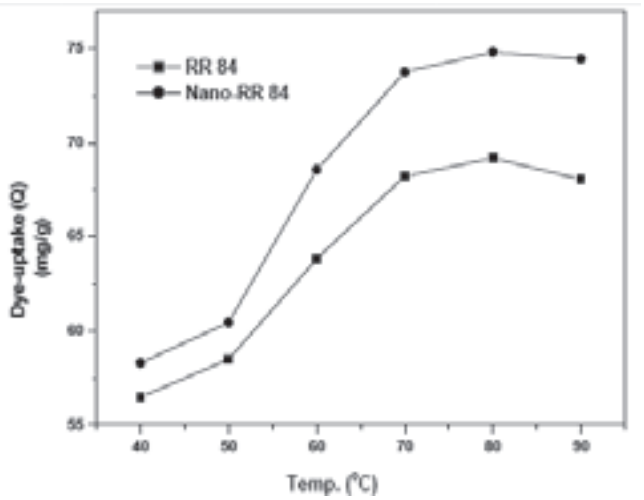
رنـگ بدسـت آمـده بـا افزایـش زمـان تـکان دادن بـرای هـر شـکل رنگـزا بـر روی پشـم عمـل شـده، بـا مقـدار برداشـت رنـگ بیشـتر در هـر زمـان رنگـرزی در حالت رنگـزای نانـو RR 84 افزایـش یافـت.

تاثیر دما

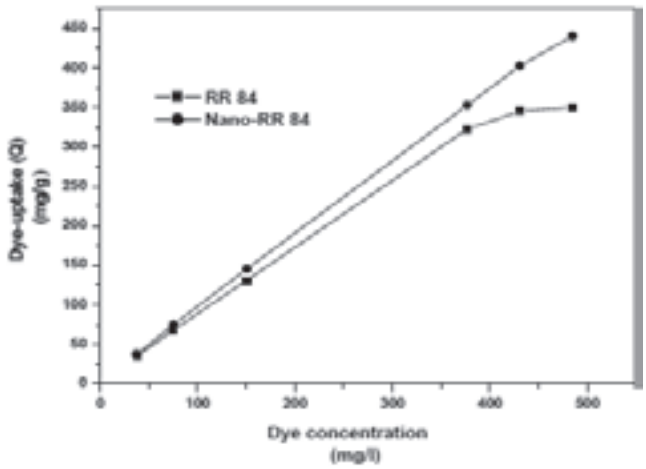
تاثیـر دمـا بـر روی رنگپذیـری پارچـه هـای پشـمی عمـل شـده رنگـرزی شـده بـا غلظـت ۷۵/۳۵ میلـی گـرم بـر لیتـر از رنگـزای نانـو RR 84 و رنگـزای RR 84 در دماهـای مختلـف (۴۰ تـا ۸۰ درجـه سـانتیگراد) بررسـی شـد. همانطـور کـه در شـکل ۶ نشـان داده شـده اسـت، واضـح اسـت کـه مقادیـر برداشـت رنـگ بـا افزایـش دمـا رنگـرزی افزایـش مـی یابـد، و در حالـت رنگـرزای نانـو RR 84 نسـبت بـه رنگـزای RR 84 بیشـتر افزایـش مـی یابـد. افزایـش جـذب رنگـزا بـا افزایـش دمـا مـی توانـد بـه سـاختار پشـم؛ نفـوذ رنگـزا و برهمکنـش رنگزا- پشـم؛ مربـوط باشـد. بـا افزایـش دمـا، منافـذ پارچـه هـای پشـمی بـزرگ مـی شـوند و در نتیجـه سـطح جهـت جـذب افزایـش می یابـد، انتشـار و نفـوذ مولکـول هـای رنگزا بـه داخـل منافـذ پشـم آسـانتر مـی شـود و جـذب افزایـش مـی یابـد. همچنیـن ایـن افزایـش را مـی تـوان بـر اسـاس وجـود برهمکنـش هـای آبگریـز گرماگیـر توضیـح داد. پارچـه هـای پشـمی بوسـیله حـلال هـای قطبـی از قبیـل آب بـه دلیـل برهمکنـش آبگریـز اضافـی بیـن زنجیرهـای غیـر قطبـی ماکـرو مولکـول هـا، متـورم مـی شـوند. ایـن چنیـن برهمکنـش بیـن زنجیرهـای غیـر قطبـی رنگزا و ماکـرو مولکـول هـا نیـز اتفـاق مـی افتـد. سـاختار ماکـرو مولکـول در پشـم در نتیجـه تجزیـه پـل هـای نمکـی، اتصـالات هیدروژنـی و بـر همکنـش هـای آب گریـزی بـاز مـی شـود و بـه مقـدار زیـادی تعـداد مـکان هـای جـذب افزایـش می‌یابـد؛ بنابرایـن، مقادیـر بالایـی از جـذب بـرای رنگـزا بـا افزایـش دمـا حاصـل می‌گـردد.

تاثیر غلظت رنگزا (شید رنگزا)

برداشـت رنگـزا نانـو RR 84 و رنگـزای RR 84 بـر روی پشـم عمـل شـده بـه عنـوان تایعـی از غلظـت رنگـزا مـورد بررسـی قـرار گرفـت. ایـن بررسـی در محـوده



شکل۶. اثر دما (۸۰-۵۰ درجه سانتیگراد) بر روی برداشت رنگزای پارچه پشمی عمل شده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84. شرایط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده g ۰/۵، ۱:۵۰ .L.R، اتیل الکل ۱/۰ ٪ وزنی/وزنی، pH ۴/۰۳، ۶۰°C نمک‌ها و غلظت رنگزا ۷۵/۳۵ mg/l در مدت ۶۰ دقیقه.



شکل۷. تاثیر غلظت رنگزا (۶۸/۳۷-۷۳/48mg/l) بر روی برداشت رنگزای پارچه پشمی عمل شده رنگرزی شده با استفاده از رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84 . شرایط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده g ۰/۵، ۱:۵۰ .L.R، اتیل الکل ۱/۰ ٪ وزنی/ وزنی، pH ۴/۰۳، ۶۰°C و نمک‌ها در مدت ۶۰ دقیقه.

غلظـت ۷۵/۳۵ تـا ۴۸۴/۷۳ میلـی گـرم بـر لیتـر از رنگـزا انجـام شـد. از شـکل ۷ میتـوان دریافـت کـه برداشـت رنگـزا بـرای پارچـه هـای رنگـرزی شـده بـا اسـتفاده از سـاختارهای رنگـزای نانـو RR 84 بیشـتر از برداشـت رنـگ بـا اسـتفاده از رنگـزای RR 84 مـی باشـد. اولیـن مقادیـر برداشـت پارچـه هـای رنگرزی شـده بـا اسـتفاده از سـاختار رنگـزای نانـو RR 84 بیشـتر از همنـوع مربوطـه تولید شـده توسـط رنگـزای RR 84 مـی باشـند. انـدازه رنگـزای RR 84 بـا پارچـه پشـمی نقـش مهمـی در مقـدار فرآینـد جـذب دارنـد. غلظـت رنگـزا بر نفـوذ مولکـول های رنگـزا از محلـول بـه سـطح جـاذب تاثیـر می پذیـرد. غلظـت بالاتـر، نیروی رانشـی بیشـتر شـیب غلظـت را حاصـل مـی کنـد. ایـن نیـروی رانشـی نفـوذ رنگزاهـا از محلـول بـه جـاذب را تسـریع مـی کنـد.

سینتیک های رنگرزی

مـی دانیـم کـه سـرعت هـر فرآینـد بـه معنـی تغییـر یکـی از مـواد شـروع کننـده مـی باشـد کـه در فرآینـد یـا محصولـی کـه در هـر واحـد از زمـان بدسـت مـی آیـد، قـرار مـی گیـرد. بکارگیـری ایـن تعریـف در فرآینـد رنگـرزی مـی توانـد بـه عنـوان تغییـر در برداشـت رنگـزا در هـر واحـد زمـان مـورد توجـه باشـد. ایزوتـرم هـای زمـان برداشـت رنگـزا پارچـه هـای پشـمی عمـل شـده رنگـرزی شـده بـا رنگـزای نانـو RR 84 و رنگـزای RR84 در شـکل ۸ نشـان داده شـده اسـت. ایـن شـکل نشـان مـی دهـد کـه مقادیـر برداشـت رنگـزا نمونـه هـای رنگـرزی شـده با نانـو RR 84 عمومـا بیشـتر از نمونـه هـای رنگرزی شـده بـا رنگـزای RR 84 می باشـد. ایزوتـرم هـای هـر دو روش بـه صـورت متمایـز از یکدیگـر شـروع شـدند که برداشـت رنگـزای بهتـر بـرای رنگـزای نانـو RR 84 در مقایسـه بـا رنگـزای RR 84 نشـان دهـد. نتایـج شـکل ۸ را مـی تـوان بـا اسـتفاده از شـکل عمومـی مشـتق پذیـر رابطـه (۴) سـرعت درجـه اول بررسـی کـرد

$$(A_t - A_\beta) / (A_o - A_f) = e^{-kt} \qquad (۴)$$

بطوریکـه A_t جـذب در زمـان t مـی باشـد، A_0 جـذب اولیـه مـی باشـد، A_f جـذب

نهایی می باشد، t زمان واکنش می باشد و k سرعت واکنش می باشد. از آنجایی که جذب محلول مستقیما به غلظت قانون بیر- لامبرت مربوط می باشد، بنابراین، رابطه (۴) می تواند بر حسب برداشت رنگ باز نویسی شود که رابطه (۵) را بدست می دهد

$$(Q_t - Q_f) / (Q_o - Q_f) = e^{-kt} \quad (۵)$$

بطوریکه Q_t برداشت رنگزا در زمان t می باشد، Q_0 برداشت رنگزا در زمان صفر می باشد، و Q_f برداشت نهایی رنگزا می باشد، t زمان رنگرزی است و k سرعت رنگرزی می باشد. با گرفتن لگاریتم از رابطه (۵) رابطه (۶) حاصل می شود و از آنجا که Q_f مشخص می باشد، Q_t-Q_f را می توان محاسبه کرد.

$$ln |Q_t - Q_f| = ln |Q_o - Q_f| - kt \quad (۶)$$

انتظار می رود که نمودار ln|Qt-Qf| بر حسب زمان با شیب k و عرض از مبدأ ln|Q0-Qf| خطی باشد، اگر واکنش درجه اول باشد. زمان نیمه رنگرزی $t_{1/2}$، که زمان مورد نیاز برای پارچه می باشد تا نصف مقدار رنگزا جذب شده در حالت تعادل را جذب کند، که یا از هر ایزوترم به صورت مستقیم اندازه گیری می شود یا از رابطه زیر محاسبه می گردد

$$t_{1/2} = ln\ 2 / k \quad (۷)$$

نمودار ln|Qt-Qf| بر حسب نتایج t (دقیقه) یک رابطه خطی می باشد که قابلیت کابرد مدل فوق برای نانو RR 84 و RR84 را نشان می دهد که در شکل ۸ نشان داده شده است. مقادیر k محاسبه شده از شیب و $t_{1/2}$ در جدول ۲ آورده شده است. رابطه خطی مشاهده شده به طور آماری قابل توجه می باشد، بطوریکه بوسیله مقادیر r تائید می شود (که به ۱ نزدیک می باشد).

آفینیته استاندارد

نشان داده شده است که رنگرزی بیشتر پارچه ها یک فرآیند بر گشت پذیر از نظر ترمودینامیک می باشد. بنابراین، بکار بردن توابع ترمودینامیک برای سیستم پارچه- رنگزا امکان پذیر می باشد. در سیستم پارچه- رنگزا، رنگزا در پارچه و همچنین در حمام رنگزا پراکنده می باشد.
نتایج تعادل رنگرزی عموما به صورت آفینیته استاندارد رنگرزی، $-\Delta\mu$،

جدول۲. ثابت سرعت رنگرزی K، زمان نیمه رنگرزی $t_{1/2}$، آفنیته استاندارد $-\Delta\mu$ و مقدار برداشت نهایی رنگزا برای پارچه های پشمی عمل شده با استفاده از رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84. شرایط رنگرزی: پارچه پشمی عمل شده ۰/۵ g، L.R. ۱:۵۰، اتیل الکل ۱/۰ ٪ وزنی/وزنی، ۶۰°C، pH ۴/۰۳ و نمک ها و غلظت رنگزا ۷۵/۳۵ mg/l در مدت ۶۰ دقیقه.

Dye samples	k (min^{-1})	$-\Delta\mu$ (KJ/mol)	$t^{1/2}$ (min)	Q_f (mg/g)
RR 84	$4.13x10^{-2}$	16.77	16.78	68.76
Nano-RR 84	$8.75x10^{-2}$	21.92	7.92	74.88

جدول۳. خواص ثباتی رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84 بر روی پشم عمل شده.

Sample	Washing			Rubbing		Light fastness
	Alt. change colour	Staining on cotton	Staining on wool	Dry	Wet	35 h
RR 84 on fabrics	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	7
Nano-RR 84 on fabrics	5	5	5	5	5	7

گزارش می شوند. بنابراین، آفینیته استاندارد می تواند با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شود.

$$-\Delta\mu = RT\ ln\ [C]_f/[C]_s \quad (۸)$$

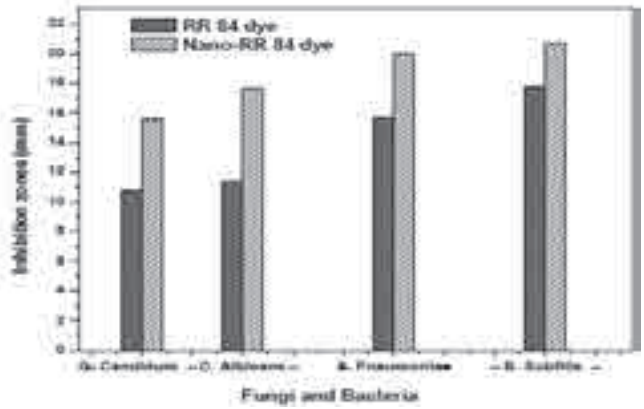
بطوریکه R ثابت گاز می باشد، T دمای مطلق می باشد (K)، Cf و Cs به ترتیب غلظت های رنگزا در پارچه و حمام رنگرزی می باشند. در رنگرزی، $-\Delta\mu$ اصطلاح آفینیته استاندارد می باشد و مقداری از تمایل رنگزا به حرکت از حالت استاندارد آن در حمام رنگرزی به روی پارچه می باشد. نتایج (جدول ۲) نیز نشان می دهد که مقادیر $-\Delta\mu$ برای RR 84 در مقیاس نانو بیشتر از رنگزای RR 84 می باشد، و بنابر این تثبیت بیشتر در مقایسه با رنگزای RR 84 در اندازه معمولی مشاهده می شود.

ثبات رنگ

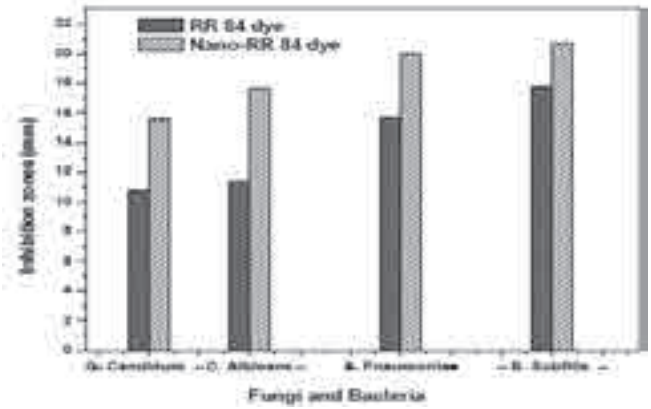
جدول ۳ تست های ثبات شستشویی، نوری و سایشی نمونه ها را نشان می دهد که با رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 رنگرزی شده اند. رنگرزی در L.R ۱:۵۰، ۱/۰ pH ۴/۰۳، ٪ حجمی/حجمی از اتیل الکل، نمک ها، غلظت رنگزای ۴۳۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر، دمای ۶۰ درجه سانتیگراد، و زمان ۱ ساعت انجام شد. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، ثباتها عالی تا بسیار خوب می باشند که وجود اتصالات قوی بین مولکول‌های رنگزا و پارچه (اتصالات یونی یونی برای رنگزای راکتیو) را نشان می‌دهد و بهترین نتایج برای نمونه های رنگرزی شده با رنگزای نانو RR 84 بدست آورده شد.

نتایج ضد میکروب

کارآیی ضد میکروبی پارچه های پشمی عمل شده رنگرزی شده بررسی شد. در ابتدا رشد میکروب ها بر روی پارچه های پشمی رنگرزی نشده مشاهده شد، در حالیکه رشد میکروب ها بر روی پارچه های پشمی عمل شده رنگرزی شده محدود شد که در شکل ۹ نشان داده شده است. رشد میکروب های انتخاب شده، candidum و Candida albicans (قارچ)؛ Streptococcus pneumonia و Bacillus subtilis (باکتری گرم مثبت)؛ Pseudomonas aeruginosa و Escherichia coli (باکتری گرم منفی)، بر روی پارچه های پشمی عمل شده بر طبق اینکه چه محدوده ای از



شکل۸. ناحیه بازدارندگی میکروب رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84 بر روی پارچه های پشمی عمل شده و مشاهده شده در صفحه آگار



شکل۹. فعالیت ضد میکروبی رنگزای نانو RR84 و نانو RR84 روی پشم عمل شده

بازدارندگی میکروب ها بر روی ژل آگار مشاهده شده است یا چه مقدار رشد میکروب ها بر روی تنها پارچه های پشمی مشاهده شده است، درجه بندی شدند. ناحیه محدود شوندگی باکتری ها بر روی سطح آگار نشان داد که خاصیت ضد میکروبی پارچه هایی که با رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 رنگرزی شده اند، را از میکروب محفوظ نگه داشته است، که در شکل ۹ نشان داده شده است. به صورت ایده آل، هیچ میکروبی نباید بر روی پارچه ها مشاهده شود. بنابراین، گروه بدون رشد، کارآیی ضد باکتری ایده آل را نشان می دهد؛ که هیچ باکتری کشی حجم آگار را تمییز نکرده است، اما هیچ رشد باکتری بر روی پارچه های پشمی مشاهده نمی شود. این نتایج بدست آمده از تاثیرات ضد میکروبی نشان داد که رنگزای نانو RR 84 و رنگزای RR 84 فعالیت های متفاوتی در مقابل میکروب های استفاده شده نشان می دهند (جدول ۴ و شکل ۱۰).

اعتقاد بر آن است که این پدیده را می توان بوسیله مکانیزم ضد باکتری شکل های رنگزا توضیح داد. گزارش شده است که نمک های آمونیوم

جدول٤. ناحیه بازدارندگی رنگزای نانو RR84 و رنگزای RR84 بر روی پشم عمل شده در مقابل میکروب های استفاده شده

Acrylic fabrics	Zone of inhibition (diameter in mm)					
	FUNGI		Gram-Positive Bacteria		Gram-negative Bacteria	
	Geotrichum candidum (RCMB 05097)	Candida albicans (RCMB 05031)	Streptococcus pneumoniae (RCMB 010010)	Bacillus subtilis (RCMB 010067)	Pseudomonas aeruginosa (RCMB 010043)	Escherichia coli (RCMB 010052)
Untreated Treated	NA	NA	NA	NA	NA	NA
RR 84 on fabrics	10.8 ± 0.32	11.3 ± 0.24	15.7 ± 0.24	17.8 ± 0.21	NA	NA
Nano-RR 84 on fabrics	15.6 ± 0.15	17.7 ± 0.18	19.9 ± 0.31	20.7 ± 0.28	NA	NA

چهارم (QAS)، ترکیبات ضد میکروبی رنگزاها را فعال می کنند، و میکرو ارگانیسم ها را بوسیله تخریب غشاهای میان یاخته ای از بین می برند. بر همین اساس، می توان نتیجه گرفت که رنگرزی پارچه های عمل شده با رنگزای نانو RR 84 تاثیر ضد میکروبی عالی دارند که می توان به اندازه ذرات در ابعاد نانو به دلیل مساحت سطح بالای آنها، که پتانسیل فروش بالایی دارند، نسبت داد، که پوشش سطح بیشتر، تعداد بیشتر نقاط انعکاس و از اینرو بهبود انتشار را تضمین می کنند.

در فرمولاسیون رنگ، برای مثال اندازه کوچک ذرات امکان دیسپرسیون یکنواخت بوسیله مخلوط یکنواخت با چسب ها را فراهم می کند، که قدرت مکانیکی رنگ پس از خشک شدن بهبود می یابد. وقتی به صورت مناسب دیسپرس شد، پیگمنت های در ابعاد نانو اثر بخشی بیشتری نشان می دهند.

نتیجه گیری

پارچه های پشمی عمل شده با پراکسید هیدروژن و رنگرزی شده بوسیله رنگزای ضد میکروبی RR 84 در غلظت کم اتانول (۱/۰ ٪ حجمی/ حجمی) می تواند به عنوان عوامل یکنواخت کننده و کند کننده استفاده شود: رنگ همانندی خوب با توزیع یکنواخت رنگزا بدست آورده شد. ثابت شد که پودر نانو رنگزا تهیه شده بوسیله آسیاب ساچمه ای RETSCH در برداشت رنگزا پارچه های پشمی عمل شده نسبت به رنگزا در اندازه معمول موثرتر می باشد.

نانو رنگزا با اندازه ذرات در ابعاد نانو به دلیل مساحت سطح بزرگ، که پوشش سطح بزرگتری، تعداد بیشتر نقاط انعکاس و از اینرو بهبود انتشار را تضمین می کند، پتانسیل فروش زیادی دارد. بعلاوه این تکنیک مزایایی از قبیل صرفه جویی در وقت و انرژی فرآیند دارد که تاثیرات زیست محیطی بهتری را نشان می دهد، بطوریکه این تکنیک در بهبود برداشت رنگزا موثرتر می باشد.

همانطور که انتظار می رفت، رنگزای نانو RR 84 بر روی پارچه های پشمی عمل شده، فعالیت ضد میکروبی و خواص ثباتی بهتری نسبت به رنگزای RR 84 بدست داد. بعلاوه، اندازه های رنگزا نیز می تواند نقش مهمی در رنگرزی پشم داشته باشد، رنگزای کوچکتر می تواند سریعتر در پارچه ها نفوذ کند، در حالیکه رنگزای بزرگتر آهسته تر نفوذ می کند.