شیمی نساجی

بهبود رنگ‌پذیری پارچه پنبه‌ای با رنگزاهای طبیعی به کمک پلاسمای DBD و کیتوسان

پروین رفیعی[1]، محمد خواجه مهریزی[1]، مهدی شریفیان[1]

چکیده

در این پژوهش از رنگزاهای طبیعی اسپرک و روناس برای رنگرزی پارچه پنبه ای استفاده شده است. تأثیر اصلاح سطحی با پلاسمای DBD و کیتوسان بر خواص رنگرزی پنبه و همچنین، امکان جایگزینی دندانه‌های معدنی با عملیات پلاسما در رنگرزی الیاف پنبه مورد بررسی قرار گرفت.

تغییرات شیمیایی اعمال شده بعد از عملیات پلاسما با استفاده از طیف‌های FTIR، زاویه چروک، نفوذپذیری هوا و جذب رطوبت نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت؛ علاوه بر این، قدرت رنگی و ثبات رنگ نمونه‌های رنگرزی‌شده در برابر شستشو و نور اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که قدرت رنگی و مشخصات ثباتی نمونه‌های عمل شده به‌وسیله پلاسما و کیتوسان بهبود محسوس یافته است؛ علاوه بر این، زاویه چروک، نفوذ پذیری هوا و جذب رطوبت نمونه های پلاسما شده نیز افزایش یافت.

۱- مقدمه

امروزه تمایل زیادی به استفاده از مواد رنگزای طبیعی در رنگرزی منسوجات به وجود آمده است. یکی از مشکلات موجود، مخصوصا در الیاف پنبه، رمق کشی کم و ثبات پایین کالای رنگرزی شده است. از جمله تحقیقات انجام شده در این راستا می‌توان به استفاده از ترکیبات فلزی چندظرفیتی، امواج فراصوت و فرابنفش، پرتوی گاما، ریزموج ها و فناوری پلاسما اشاره کرد.

فناوری پلاسما به‌عنوان یک فناوری دوستدار محیطزیست برای اصلاح سطح منسوجات با حداقل مصرف مواد شیمیایی و کمترین صدمه به خواص مطلوب الیاف مطرح شده است.

بسته به نوع گاز مصرفی در فرایند پلاسما و عواملی مانند بسامد، توان، زمان، نرخ گاز و غیره می‌توان تغییرات متنوعی شامل کنده‌کاری سطح، پلیمریزاسیون، فعال‌سازی، گروه‌های شیمیایی جدید و غیره را روی الیاف نساجی ایجاد نمود. ازجمله کاربردهای پلاسما بر روی الیاف آب‌دوست کردن و آبگریز کردن منسوجات، بهبود رنگ‌پذیری، بهبود ثبات شیمیایی، استرلیزه کردن، بهبود بعضی از خواص فیزیکی الیاف و غیره می‌باشد.

به‌عنوان یک گزینه می‌توان از فناوری پلاسمای تحت فشار اتمسفر به نام حفاظ تخلیه دیالکتریکی (DBD) استفاده نمود.

برای تولید این نوع پلاسما از دو الکترود موازی مسطح با فاصله تا ۱ سانتیمتر، اختلاف پتانسیل تا ۲۰ کیلو ولت و بسامد متناوب ۱ تا ۲۰ کیلوهرتز استفاده می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد جرقه، هردو الکترود با دی الکتریک مناسب روکش می‌شوند.

کیتوسان زیست پلیمری از استیل گلوکوز آمین است که پس از استیل زدایی قلیایی کیتین که در بخش‌های خارجی بدن حشرات و سرخپوستان وجود دارد، تهیه می‌شود که دارای خواصی نظیر سمی نبودن و زیست‌تخریب‌پذیری است. کیتوسان به‌عنوان عاملی مؤثر در آماده‌سازی منسوجات به‌منظور انجام عملیات رنگرزی، چاپ، ضد چروک و ضد باکتری کردن استفاده می‌شود.

اتصال کیتوسان به سلولز به لحاظ وجود گروه‌های نیتروژنی دارای بار مثبت در کیتوسان سبب کاهش نیروهای دافعه الکتریکی بین سطح پارچه و مولکول‌های رنگزا شده و درنتیجه موجب افزایش رمق‌کشی می‌شود. در این پژوهش تلاش شده است تا با استفاده از کیتوسان، دندانه و همچنین پلاسما به‌عنوان عامل مؤثر در آماده‌سازی منسوج به‌منظور انجام عملیات رنگرزی به‌عنوان یک فناوری دوستدار محیطزیست برای اصلاح بسیاری از خواص منسوج با حداقل مصرف مواد شیمیایی و کمترین صدمه به خواص مطلوب الیاف به بهترین قدرت رنگی و ثبات نمونه دست یافت.

۲- تجربیات

در این تحقیق از پارچه صد درصد پنبه‌ای (۱/۳۰ گرم بر متر مربع) با تراکم تار ۸۴ در سانتیمتر ، تراکم پود ۵۸ در سانتیمتر و همچنین از رنگ‌های طبیعی روناس و

اسپرک تهیه شده از عطاری معتبر در یزد استفاده شده است.
دندانه زاج سفید (۵درصد) در آب حل و جهت تنظیم اسیدیت (pH = ۴–۵) از اسید استیک ۱۰ درصد استفاده شد. در ابتدا پارچه پنبه‌ای در حمام حاوی ۲ گرم بر لیتر دترجنت غیر یونی در دمای ۶۰ درجه به مدت ۲۰ دقیقه و با L:R =۱:۵۰ شستشو داده شد. سپس نمونه حاصله در محلول دندانه زاج سفید به مدت ۴۵ دقیقه و در دمای ۸۰ درجه دندانه دارشد.
از طرفی پارچه پنبه‌ای با کیتوسان ۵ درصد و اسید استیک ۱۰ درصد (ساخت شرکت قطران شیمی) به مدت ۸۰ دقیقه در L:R =۱:۵۰ عمل‌آوری شد.
عملیات پلاسمای DBD جهت اصلاح سطحی نمونه‌ها با استفاده از گاز هوا (تغییر در مدت زمان اعمال پلاسما و فواصل دو الکترود) انجام شد.
در نهایت نمونه‌ها با استفاده از رنگزای روناس و اسپرک رنگرزی شدند. حمام ها در مدت ۳۰ دقیقه از دمای محیط به دمای ۹۰ درجه رسانده و سپس رنگرزی به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت و در نهایت نمونه‌ها با آب سرد آبکشی و در دمای اتاق خشک شدند.
جهت ارزیابی مؤلفه‌های رنگی و قدرت رنگی از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی X-rite SP 62 تحت منبع نوری D65 استفاده شد.
مقادیر قدرت رنگی نمونه‌ها، طبق رابطه کیوبلکا مانک اندازه گیری شد (طول موج بیشینه جذب ۴۰۰ نانومتر) ثبات نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه زنوتست (۷۲ساعت) طبق استاندارد ISO105-B02 1994 اندازه‌گیری شدند.
ثبات شستشویی نمونه‌ها مطابق با استاندارد ISO 105 C03 1993، در حمامی شامل ۵ گرم بر لیتر دترجنت غیر یونی با دمای ۵۰ درجه، به مدت ۴۵ دقیقه و L:R= ۱:۵۰ انجام شد.
اندازه‌گیری زاویه چروک طبق استاندارد BS EN 22313 و اندازه‌گیری نفوذپذیری هوا طبق استاندارد BS 5636 از دیگر آزمون‌های انجام شده در این پژوهش است. همچنین، طبق روش استاندارد BS 4554، مدت زمان جذب کامل قطره اندازه‌گیری شد. تغییرات در گروه‌های شیمیایی نمونه‌های پلاسما شده با استفاده از دستگاه FTIR مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

بررسی قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده

جدول ۱ مقادیر قدرت رنگی نمونه‌ها را تحت شرایط مختلف پلاسما نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد هرچه فاصله بین دو الکترود کمتر باشد، قدرت پلاسما بیشتر و قدرت رنگی نیز افزایش می‌یابد. همچنین نمونه‌های رنگرزی‌شده بعد از اعمال ۲ دقیقه پلاسما، قدرت رنگی بالاتری را نسبت به مدت زمان ۱۰ دقیقه نشان دادند.. این نتیجه را می‌توان به این دلیل دانست که اعمال پلاسما در مدت زمان طولانی‌تر موجب ایجاد منافذ و تخلخل سطحی بیشتر در پارچه شده، رنگ راحت‌تر وارد لیف و از آنطرف نیز راحت‌تر خارج می‌شود.
نتایج میزان قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده با روناس نشان می‌دهد، نمونه دندانه‌دارشده با کیتوسان، قدرت رنگی بالاتری را نسبت به دیگر نمونه‌ها دارا می‌باشد؛ به‌عبارتی دیگر حضور کیتوسان به‌علت ایجاد پیوند بین گروه‌های آمین کیتوسان و هیدروکسیل رنگزای روناس موجب افزایش جذب رنگ می‌شود.
البته برای رنگزای اسپرک قدرت رنگی نمونه دندانه‌دارشده با زاج سفید نسبت به نمونه پلاسما شده بهتر است زیرا دندانه باعث ایجاد اتصالات قویتری بین رنگ و لیف می‌شود؛ همچنین بیشترین قدرت رنگی در غلظت های بالاتر برای رنگ روناس در فاصله ۲ سانتی متر و برای رنگزای اسپرک ۰/۵ سانتی متر می‌باشد.

ارزیابی خصوصیات ثباتی

نتایج نشان داد که نمونه‌های رنگرزی شده با اسپرک، ثبات نوری و شستشوی بالاتری نسبت به نمونه های رنگرزی شده با روناس از خود نشان می‌دهند.
ثبات شستشویی اسپرک بین ۴ – ۵ و روناس بین ۲ – ۴ بود همچنین ثبات نوری اسپرک بین ۸ – ۶ در حالیکه برای روناس بین ۶ – ۴ بود؛ این نتیجه را می‌توان به دلیل بزرگتربودن ساختار رنگزای اسپرک و خروج سخت آن از ساختار لیف دانست.
علاوه بر این رنگزای اسپرک دارای یک ساختار رنگی می‌باشد که این رنگها به‌صورت کاملا منظم و بدون ممانعت با یکدیگر روی کالا قرار گرفته و اتصال

جدول ۱- قدرت رنگی نمونه ها با تغییر فاصله بین دو الکترود و زمان پلاسما

شرایط آماده سازی نمونه‌ها		میزان قدرت رنگی رنگزای مورد استفاده (k/s)			
با کیتوسان و پلاسما					
فاصله بین دو الکترود (cm)	مدت زمان پلاسما (min)	روناس ٪۱۰	روناس ٪۳۰	اسپرک ٪۱۰	اسپرک ٪۳۰
۲	۲	۱/۸۵	۵/۴۹	۲/۲۵	۵/۴۲
۲	۱۰	۱/۲	۳/۴۸	۲	۵/۴۵
/۵	۲	۱/۷۸	۳/۹۹	۲/۲۱	۵/۷۳
/۵	۱۰	۲/۱۳	۳/۷۶	۲/۱۸	۳/۶۸
بدون پلاسما		۱/۱۲	-	۱/۰۵۷	-
کیتوسان		۲/۳۱	۵/۱۶	۲/۱۹	۳/۶۱
زاج٪۱		۱/۳۵	-	۲/۳۵	-
زاج٪۱ و کیتوسان		۱/۸۷	-	۲/۵۸	-

جدول ۲- مقادیر مربوط به نفوذپذیری هوا و جذب آب و زاویه چروک نمونه‌ها

کد نمونه	رنگ	نفوذپذیری هوا	میزان تر شوندگی نمونه(ثانیه)	زاویه چروک	کدنمونه	رنگ	نفوذپذیری هوا	میزان تر شوندگی نمونه(ثانیه)	زاویه چروک
نمونه شاهد	روناس	۱۵۰	۱	۱۰۵	کیتوسان دار	روناس	۱۲۰	۶۰	۱۰۹
	اسپرک	۱۳۵	۲	۹۸		اسپرک	۱۱۰	۱۰۰	۹۶
پنبه و پلاسما۱۰دقیقه و۰/۵سانتی متر	روناس	۱۵۰	کمتر از ۱	۹۱	کیتوسان وپلاسما ۱۰ دقیقه و ۰/۵سانتی متر	روناس	۱۱۵	۹۷	۸۵
	اسپرک	۱۵۵	کمتر از ۱	۶۸		اسپرک	۱۱۵	۲۰	۷۵
زاج۵٪و کیتوسان	روناس	۱۱۰	۳۳	۱۰۱	زاج۱٪وکیتوسان و پلاسما۱۰ دقیقه و ۰/۵سانتی متر	روناس	۱۴۰	۲۰	۸۰
	اسپرک	۱۱۰	۲۸	۹۱		اسپرک	۱۳۰	۲۱	۸۴
زاج۵٪وکیتوسان وپلاسما ۱۰دقیقه و ۰/۵سانتی متر	روناس	۱۱۰	۲۳	۹۶	زاج ۱٪	روناس	۱۴۸	۳	۷۳
	اسپرک	۱۳۰	۳۴	۱۰۶		اسپرک	۱۴۸	۱۷	۸۰
زاج۱٪ و کیتوسان	روناس	۱۵۰	۳۳	۷۷	زاج ۱٪ و پلاسما ۱۰ دقیقه و ۰/۵ سانتی متر	روناس	۱۴۸	۱	۷۴
	اسپرک	۱۳۵	۲۱	۸۰		اسپرک	۱۴۸	۲	۶۸

برقرار می‌کنند. از طرفی روناس دارای ساختار رنگی انتراکینونی متفاوتی می‌باشد که این باعث می‌شود ساختارهای رنگی به‌صورت منظم در کنار هم قرار نگرفته، برای یکدیگر ممانعت ایجاد کرده و در نهایت موجب عدم اتصال با کالا شده و به راحتی از کالا خارج شوند.

ارزیابی میزان نفوذ پذیری هوا و جذب آب (رطوبت) در پارچه و میزان چروک پذیری نمونه ها

در جدول ۲ مقادیر مربوط به نفوذپذیری هوا (cc/s) جذب آب درون پارچه‌های حاصله(ثانیه) آورده شده است.

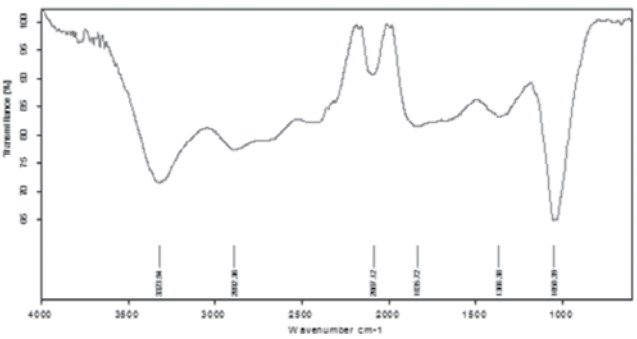
نمونه‌های پلاسما شده نسبت به نمونه خام جذب رطوبت و نفوذپذیری هوای خیلی بهتری را از خود نشان می‌دهد، چراکه عملیات پلاسما موجب متخلخل‌شدن سطح پارچه می‌شود. همچنین نمونه‌های رنگرزی‌شده با اسپرک جذب رطوبت بهتری را نسبت به روناس نشان داده است به این دلیل که رنگ اسپرک گروه OH بیشتری روی سطح پارچه آورده و درنتیجه پیوند هیدروژنی بیشتری با مولکول‌های آب ایجاد می‌کند؛ از طرفی رنگ روناس نسبت به اسپرک گروه OH بیشتری دارد ولی در هنگام جذب شدن به لیف، به علت ساختارهای متعدد رنگینه روناس، ممانعت فضایی ایجاد شده و درنتیجه جذب رنگ کمتری نسبت به رنگ اسپرک دارد. همچنین با کمترشدن فاصله بین دو الکترود و بیشترشدن زمان پلاسما دادن منافذ لیف بازتر شده و جریان هوا راحت‌تر انجام شده است.

در جدول ۲ مقادیر مربوط به چروک‌پذیری پارچه‌های حاصله هم آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های تکمیل شده با پلاسما انعطاف‌پذیری بیشتری را نسبت به نمونه‌های بدون پلاسما نشان می‌دهند. همچنین با بیشتر شدن زمان پلاسما، زاویه بازگشت از چروک بیشتر شده که این نشان‌دهنده بالا رفتن انعطاف‌پذیری نمونه‌ها می‌باشد.

طیف‌سنجی مادون قرمز FTIR

شکل ۱ طیف FTIR نمونه عمل‌شده با پلاسما را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود گروه های C-O کششی

که گروه‌های هیدروکسیل را تایید می‌کند، در ناحیه $1200-0001\ cm^{-1}$ در اثر عملیات پلاسمای اکسیژن است. همچنین پیوندهای آمینی $3500-3100\ cm^{-1}$ بر روی سطح نمونه پلاسمادار شده نیز افزایش یافته است.



شکل ۱- طیف FTIR نمونه پنبه دندانه‌دار، کیتوسان‌دار و پلاسما شده

٤- نتیجه گیری

در این تحقیق تأثیر پلاسمای DBD و کیتوسان بر رنگ‌پذیری پنبه با رنگ اسپرک و روناس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قدرت رنگی و مشخصات ثباتی نمونه‌های عمل‌شده به‌وسیله پلاسما و کیتوسان بهبود محسوسی یافته است. علاوه بر این، زاویه بازگشت از چروک، نفوذپذیری هوا و جذب رطوبت نمونه‌های تکمیل‌شده با پلاسما نیز افزایش را نشان می‌دهد.

پی‌نوشت

۱- دانشکده فیزیک دانشگاه یزد