

اثر تخلیه هاله بر فیلم سلولوزی رنگری شده با رنگینه نیل

Effect of Corona Discharge on Indigo Dyed Cellulosic Film

شیرین نوربخش^۱، محمد اسماعیل یزدانشناس^{۲*}، محمود قرآن نویس^۱،

ابوسعید رشیدی^۱، فیروز مهرمظاهری^۳

۱- تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده فنی و مهندسی، صندوق پستی ۱۴۱۵۵/۷۷۵

۲- یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده نساجی، صندوق پستی ۱۵۵

۳- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۱۵۸۱۷۵/۴۴۱۳

دریافت: ۸۴/۱۲/۲، پذیرش: ۸۵/۵/۹

چکیده

تخلیه هاله در فشار جو و هوا برای اصلاح سطح پلیمرها و همچنین نمونه‌های نساجی پیشنهاد و استفاده می‌شود. در صنعت نساجی، سنگ‌شور و آنزیم‌شور کردن نمونه رنگری شده با رنگینه نیل، مستلزم مصرف مواد و هزینه‌های زیاد و نامطلوب برای محیط زیست است. تخلیه هاله را می‌توان جایگزین مناسبی برای این روش دانست. در آزمایش‌های اولیه نتایج حاصل از رنگبری با هاله روی پارچه جین مثبت بود. بنابراین، برای بهبود روش آزمایش و تحلیل نتایج، فیلم سلولوزی جایگزین پارچه پنبه‌ای شد. نتایج بدست آمده روی فیلم سلولوزی واضح‌تر و مشهودتر است. در این پژوهش، فیلم سلولوزی رنگری نشده و رنگری شده با رنگینه نیل، در معرض توانها و تعداد دورهای مختلف تخلیه هاله قرار گرفت. با استفاده از طیف نورسنج جذبی مقدار جذب و پارامترهای a^* ، b^* و L^* ارزیابی شد. تغییر در ساختار سطحی فیلمها با میکروسکوپی الکترون پویشی و طیف‌سنجی زیرقرمز بررسی شد. زاویه تماس در نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. نتایج رنگ‌سنجی افزایش L^* و کم‌رنگ شدن به همراه تغییر ته‌رنگ و نتایج تصاویر میکروسکوپی و طیف‌سنجی، کنده‌شدن سطح فیلم و شکستن پیوندهای هیدروژنی را نشان می‌دهد که افزایش در جذب آب نمونه‌ها با اندازه‌گیری زاویه تماس و کاهش زاویه تماس در روند عملیات، مشهود است.

واژه‌های کلیدی

تخلیه هاله، فیلم سلولوزی، رنگینه نیل، رنگ‌سنجی، رادیکال آزاد

مقدمه

لازم رطوبت‌پذیری با تغییر سطح به کمک اصلاح ساختار شیمیایی پلیمر بدون تغییر خصوصیات توده پلیمر بدست می‌آید [۲-۴]. به دلیل عدم استفاده از آب در محیط عمل‌آوری، مشکلات زیست محیطی در این روش مطرح نیست، همچنین به دلیل عدم استفاده از مواد

تخلیه هاله امروزه برای اصلاح سطح مواد پلیمری و منسوج بکار گرفته می‌شود. اثر این فرایند سبب افزایش چسبندگی بین مواد و جوهر چاپ می‌شود [۱]. رطوبت‌پذیری، چسبندگی، اتصال عرضی و کاهش بار الکتریکی سطح با این روش بهبود یافته، مقدار

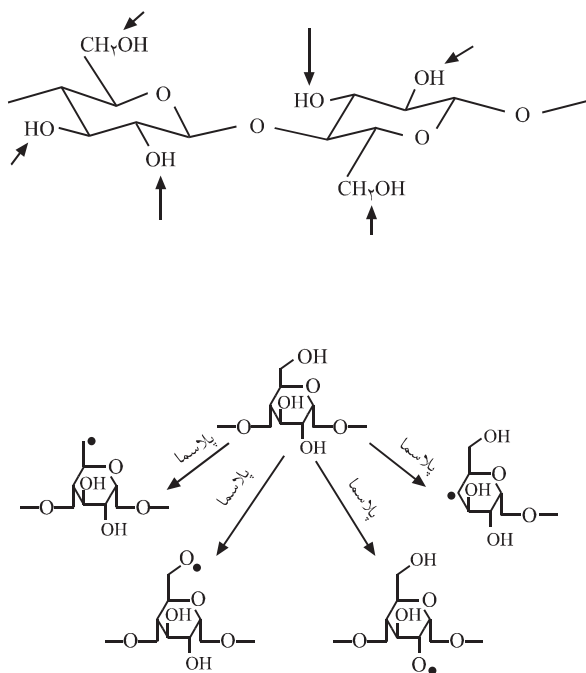
Key Words

corona discharge, cellulosic film, indigo dye, colorimetry, free radical

تشکیل می شود [۸].

شکل ۲ (الف) مکانهای واکنش سلولوز را طی عمل آوری سلولوز با پلاسما نشان می دهد. شکستن گروههای هیدروکسیل جانبی و تجزیه زنجیر اصلی همراه با باز شدن حلقه گلوکوپیرانوز از نتایج آن است. با شکستن اتصالات، رادیکالهای آزاد ایجاد می شوند، ساختار این رادیکالها با طیف سنج ESR بررسی شده است که بعضی از آنها در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است. رادیکالها، مکانهای شروع واکنشهای شیمیایی ثانویه هستند، بنابراین امکان تشکیل گروههای هیدروکسیل و کربونیل در سطح سلولوز افزایش می یابد [۹-۱۲].

هدف از این پژوهش، کاربرد روش تخلیه هاله در صنعت نساجی و رنگ است. رنگبری منسوج رنگ شده با رنگینه نیل به عبارتی سنگ شور و آنزیم شور کردن، در صنعت نساجی حائز اهمیت است. روش هاله روشی جایگزین برای سنگ شور و آنزیم شور کردن است که سبب کاهش مصرف مواد و هزینه می شود. در آزمایشهای اولیه نتایج حاصل از رنگبری با هاله روی پارچه جین مثبت بود. بنابراین، برای بهبود روش آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج، فیلم سلولوزی جایگزین پارچه پنبه ای شد. در تحلیل رنگ دهی یا رنگبری نمونه نساجی روی نمونه های فیلم، نتایج بهتر و روشنتری بدست آمد. به ویژه که در تصاویر SEM کنده شدن سطح فیلم سلولوزی واضح تر از تصاویر الیاف است.

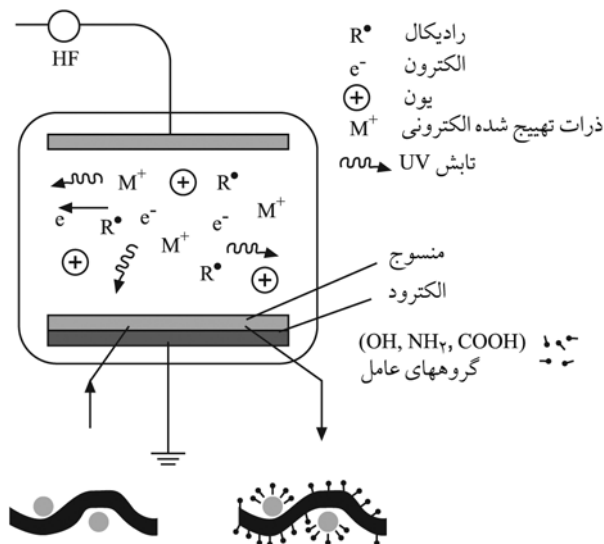


شکل ۲ عمل آوری سلولوز با پلاسما: (الف) مکانهای اصلی واکنش و (ب) تشکیل درشت رادیکالها [۹].

شیمیایی قیمت تمام شده فرایند نیز کاهش خواهد یافت [۱،۲].

تخلیه هاله حالتی از پلاسماست که در فشار جو و با بکار بردن ولتاژ زیاد بین دو الکترود اعمال می شود. تخلیه هاله مرحله یون شده هوا با بسامد زیاد است [۳،۵]. الکترودهایی که با این الکترودها تولید می شوند به کمک ولتاژ زیاد به سمت عایق شتاب می گیرند که به طور مستقیم روی ماده مورد نظر اثر می گذارند. الکترودها در مسیر حرکت به طرف ماده به ذرات هوا برخورد کرده، اوزون و نیتروژن اکسید تشکیل می شود. الکترودهایی که به ماده برخورد کرده، به دلیل انرژی زیاد پیوند کووالانسی را می شکنند [۶]، موجب تولید رادیکال آزاد در سطح ماده شده که با اوزون و نیتروژن اکسید واکنش داده، سطح ماده را اکسید و قطبی تر می کنند. این روش بر سطح مواد اثر گذاشته به نحوی که لایه ای نازک حدود 100 \AA را در عمق تحت تاثیر قرار می دهد [۳]. در شکل ۱ طرح کلی واکنش پلاسما مشاهده می شود. در محیط پلاسما گاز یون می شود، ذرات مختلف رادیکالهای آزاد، الکترودها، یونهای مثبت و ذرات تهییج شده الکترونی ایجاد می شود. اگر گازی فعال وجود داشته باشد، گروههای واکنش پذیر در سطح تشکیل می شود.

به همراه اکسیژن، ذرات اتمی یا مولکولی (اکسیژن اتمی (O)، اکسیژن تهییج شده ارتعاشی (O_2^*)، اکسیژن با بار مثبت و منفی، اوزون (O_3) و اوزون تهییج شده ارتعاشی (O_3^*)) احتمالاً در ناحیه تخلیه وجود دارد. نیتروژن موجود در هوا، در حدود ۱ درصد وزنی با اکسیژن، اکسیدهای نیتروژن (نیتروژن پنتوکسید و نیتروز اکسید) را می دهد. نیتروز اکسید بی اثر است، ولی پنتوکسید با آب ترکیب شده، نیتریک اسید تشکیل می شود. اگر آب وجود داشته باشد، هیدروژن پروکسید نیز



شکل ۱ طرح کلی فرایند پلاسما [۷].

جوش صابونی شد. در نهایت نمونه فیلمهای رنگرزی شده با نیل به همراه فیلم رنگرزی نشده که فقط شسته شده است، با تخلیه هاله عمل آوری شدند.

دستگاه تخلیه هاله طراحی شده (شکل ۳) شامل دو الکتروود به فاصله ۳ mm بوده که یکی از آنها غلتکی با روکش سیلیکونی به قطر ۲۰ cm است و الکتروودهای آلومینیمی که به طور موازی در امتداد طول غلتک قرار می‌گیرند. سرعت حرکت غلتک ۱/۹ m/min (۳ rpm) بوده، حرکت آن به وسیله الکتروموتور DC کنترل می‌شود. نمونه‌های قرار گرفته در معرض هاله در ۵ min، ۱۵ دور و در ۴۵، ۱۵ min دور از دستگاه عبور داده شدند.

کلیه نمونه‌های رنگرزی شده، در توانهای ۶۶۰ و ۸۸۰ W در معرض تابش هاله قرار گرفتند و در هر توان ۳ زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ min اعمال شد. نمونه‌های عمل آوری شده و نشده برای طیف‌سنجی FTIR آماده شد و قرص KBr از نمونه‌ها تهیه شد. تصاویر سطح فیلمهای سلولوزی به وسیله SEM با بزرگنمایی ۱۸۰۰۰ بررسی شد. همچنین، با افزودن دو حلال آب و متان‌دی‌پدید به وسیله ریزسرنج به حجم ۵ mL روی نمونه‌ها که روی سطح صاف قرار گرفته، زاویه تماس نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱۴].

نتایج و بحث

مقدار جذب نمونه فیلمهای سلولوزی قرار گرفته در معرض هاله، با طیف‌نورسنج جذبی در طول موج ۶۷۱ nm، اندازه‌گیری شد (شکل ۴). همان‌طور که از منحنیها مشخص است، با افزایش زمان عمل آوری (از ۵ تا ۱۵ min) کاهش در جذب مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده کم رنگ

در این پژوهش، شرایط مشابه رنگبری پارچه روی فیلم سلولوزی انجام شده است. آثار عمل آوری با هاله در توانهای ۶۶۰ و ۸۸۰ W در زمانهای ۵، ۱۰ و ۱۵ min روی فیلم سلولوزی رنگرزی نشده و رنگ شده با رنگینه نیل بررسی شد. آثار عمل آوری با هاله به روشهای میکروسکوپی الکترون پویشی، طیف‌سنجی زیرقرمز، رنگ‌سنجی و اندازه‌گیری کشش سطحی نمونه‌ها ارزیابی شد.

نتایج حاصل از رنگ‌سنجی، کم رنگ شدن و تغییر فام یا ته‌رنگ را نشان می‌دهد و نتایج میکروسکوپی حاکی از کنده شدن سطح فیلم همراه با برداشتن رنگ از سطح فیلم است. ساختار ماده رنگزا نیز طی عمل آوری با هاله تجزیه و اکسید می‌شود [۱۳].

تجربی

مواد

در این پژوهش، از فیلم سلولوزی به ضخامت ۰/۰۵ mm، رنگینه نیل (Indigo) به حالت ۱۰۰ درصد دانه‌ای محصول Ciba، سدیم هیدروسولفیت محصول BASF، سدیم کربنات ۹۹/۹ درصد، سدیم هیدروکسید با خلوص ۹۷ درصد و استیک اسید ۱۰۰ درصد همگی محصول Merck، شوینده Tinegal W و هیدروژن پروکسید ۳۵ درصد محصول شرکت شیمیایی باران استفاده شد.

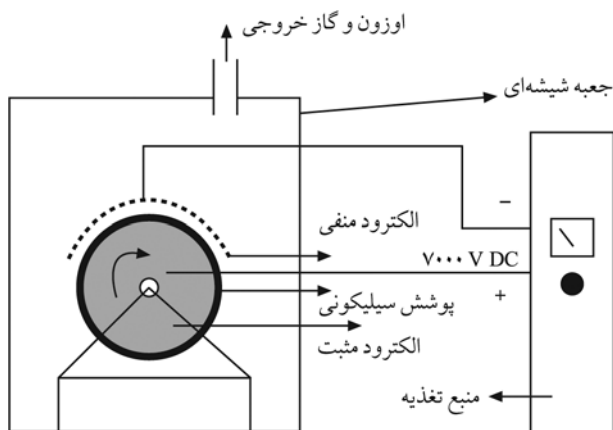
دستگاهها

دستگاههای بکار گرفته شده در این پژوهش عبارتند از:

- طیف‌نورسنج مدل X-rite CA۲۲
- طیف‌سنج زیر قرمز تبدیل فوریه Thermo Nicolet-Nexus (FTIR) مدل ۸۷۰
- طیف‌نورسنج جذبی Varian Cary UV-Vis مدل ۱۰۰
- میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) مدل LEO ۴۴۰ R
- دستگاه اندازه‌گیری کشش سطحی و زاویه تماس Kruss مدل G۴۰

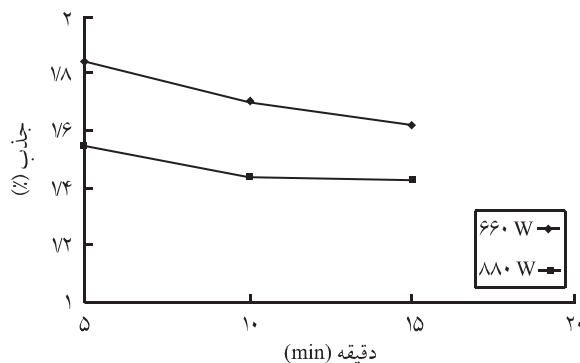
روشها

ابتدا فیلم سلولوزی به مدت ۱ h در دمای جوش شستشو و آماده‌سازی شد. رنگرزی در دمای محیط در حمامی محتوی ۱ g/L رنگینه نیل، ۱ g/L سدیم هیدروسولفیت، ۳ g/L سدیم کربنات، ۰/۲ mL/L سدیم هیدروکسید ۳۲ درصد و زمان غوطه‌وری ۳ min در pH=۱۰/۵ انجام شد. سپس اکسایش فیلم سلولوزی در حمامی جداگانه محتوی ۵ mL/L هیدروژن پروکسید و ۱ mL/L استیک اسید انجام و در پایان در دمای



شکل ۳ نمای کلی دستگاه تخلیه هاله طراحی شده.

روشنتر شدن فیلم رنگی بر اثر عمل آوری با هاله است. در توان ۸۸۰ W نیز افزایش L* در زمانهای مختلف ۵ تا ۱۵ min مشاهده می شود. همچنین، کاهش a* و افزایش کم b* در تمامی نمونه ها نسبت به نمونه اولیه مشاهده می شود که به ترتیب نشان دهنده تغییر فام (ته رنگ) نمونه ها به سبز و زرد است. پس از آماده سازی نمونه های فیلم سلولوزی برای آزمون میکروسکوپی الکترون پویشی، از هر یک از فیلمهای سلولوزی بی رنگ و رنگی که با تخلیه هاله عمل آوری شدند، تصاویر SEM تهیه شد (شکل های ۵ و ۶). در شکل ۵ (الف) ریزنگار فیلم رنگی اولیه مشاهده می شود، مطابق تصاویر در شکل های ۵ (ب) و ۵ (ج) که عمل آوری در توان ۶۶۰ W انجام شده است، با افزایش زمان عمل آوری با تخلیه هاله تغییر در شکل شناسی سطح مشاهده می شود. در نمونه اولیه ناهمواری در سطح مشاهده نمی شود، پس از عمل آوری با هاله ناهمواری در سطح ایجاد می شود که ناشی از کنده شدن سطح است که به همراه کنده شدن سطح، رنگ نیز از سطح برداشته می شود. در توان ۸۸۰ W نیز تغییر مشخصی نشان داده می شود و با ادامه زمان عمل آوری تا ۱۵ min شدت اثر و کنده شدن سطح فیلم کاملاً واضح است. این نتایج در فیلم سلولوزی رنگریز نشده نیز مشاهده می شود. شکل ۶ (الف) ریزنگار SEM فیلم رنگریز نشده و عمل آوری نشده را نشان می دهد. در تصویر میکروسکوپی فیلم سلولوزی بی رنگ نیز پس از عمل آوری با تخلیه هاله در توان ۸۸۰ W (شکل ۶ (د)) تغییر در



شکل ۴ نمودار جذب نمونه فیلمهای سلولوزی بر حسب زمانهای مختلف تابش هاله.

شدن فیلم سلولوزی رنگی است. منحنیها برای توانهای ۶۶۰ W و ۸۸۰ W رسم شده است که با افزایش توان نیز کاهش در جذب مشاهده می شود. نتایج آزمایشها با بکارگیری دستگاه رنگ سنجی مشاهدات قبل را کامل می کند. نتایج میانگین سه اندازه گیری برای هر نمونه در جدول ۱ آورده شده است. به طوری که مشاهده می شود، در نمونه های فیلم سلولوزی که در معرض تابش هاله قرار گرفتند، در توان ۶۶۰ W با گذشت زمان، مقدار L* اندکی افزایش می یابد و تمامی نمونه ها نسبت به نمونه اولیه افزایش L* را به طور واضح نشان می دهند که حاکی از

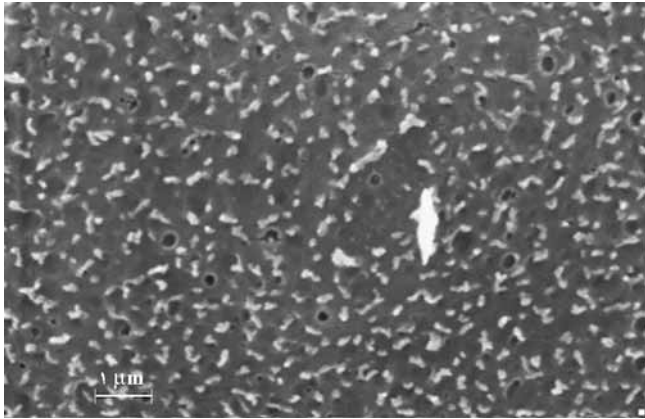
جدول ۱ نتایج رنگ سنجی فیلمهای سلولوزی قرار گرفته در معرض هاله با توان و زمانهای مختلف.

۸۸۰ W			۶۶۰ W			نمونه عمل آوری نشده	مشخصه
۱۵ min	۱۰ min	۵ min	۱۵ min	۱۰ min	۵ min		
۳۶/۶۸	۳۶/۳	۳۶/۰۴	۳۱/۵۱	۳۰/۵	۳۰/۴۷	۲۹/۳۷	L*
-۲/۸۳	-۲/۵۱	-۲/۲۶	۲/۵۵	۲/۸۴	۳/۳۶	۴/۳۴	a*
-۴۰/۲۰	-۴۰/۴۱	-۴۰/۵	-۴۲/۱۹	-۴۲/۵۶	-۴۲/۶۶	-۴۲/۶۶	b*

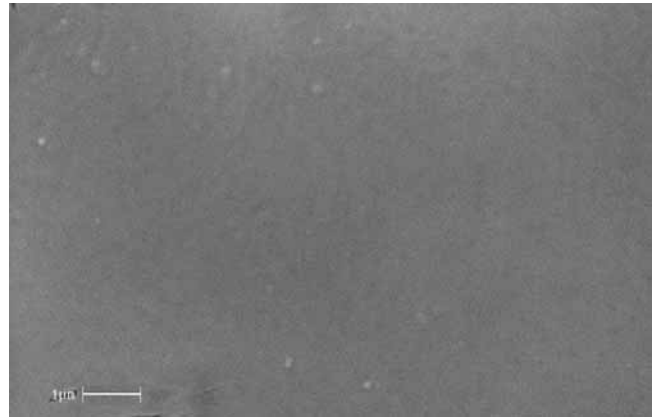
جدول ۲ زاویه تماس نمونه های سلولوزی در شرایط مختلف تخلیه هاله.

۸۸۰ w		۶۶۰ w		نمونه اولیه	حلال	نمونه
۱۵ min	۵ min	۱۵ min	۵ min			
۴۰(۲/۲)	۵۴/۲(۸/۶)	۷۴/۲(۳/۳)	۷۵(۳/۰)	۷۵/۷(۱/۹)	آب	بی رنگ
۵۷۲(۲/۲)	۴۷/۶(۳/۱)	۵۴/۲(۷/۱)	۵۲/۶(۱/۲)	۴۲/۸(۴/۸)	متان دی یدید	
۵۱۳(۴/۵)	۷۹/۴(۵/۶)	۷۴/۶(۷/۱)	۷۶/۴(۳/۶)	۸۹/۴(۸/۰)	آب	رنگی
۴۸۸(۰/۹)	۵۲/۰(۳/۵)	۵۳/۴(۲/۹)	۵۴/۸(۲/۱)	۵۳/۴(۲/۷)	متان دی یدید	

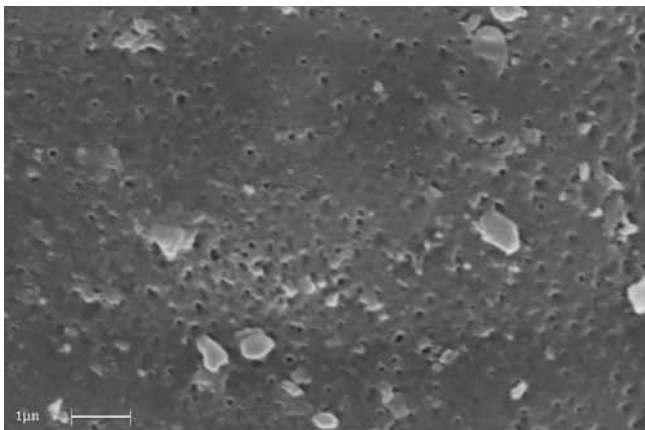
* اعداد داخل پرانتز مقادیر انحراف استاندارد داده ها را نشان می دهد.



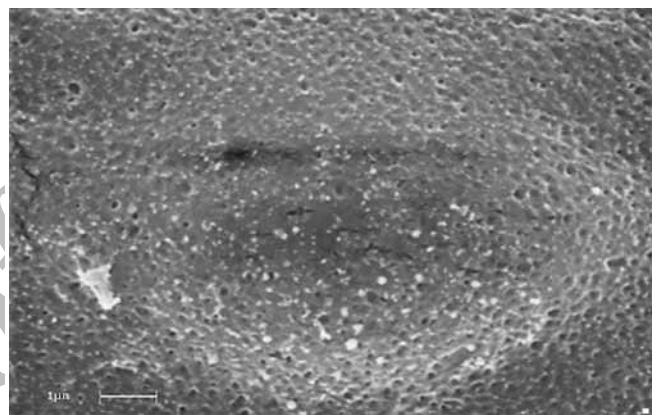
(ج)



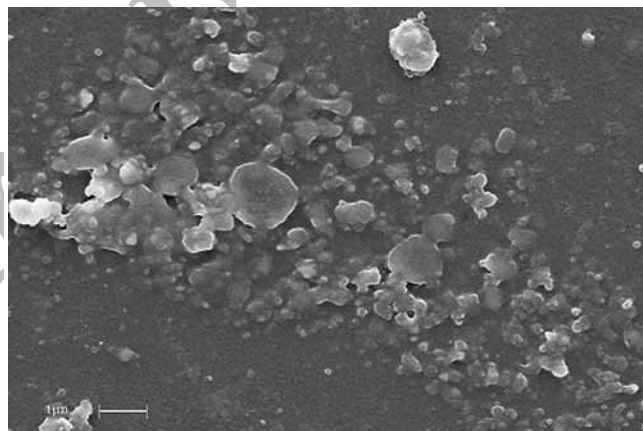
(الف)



(د)

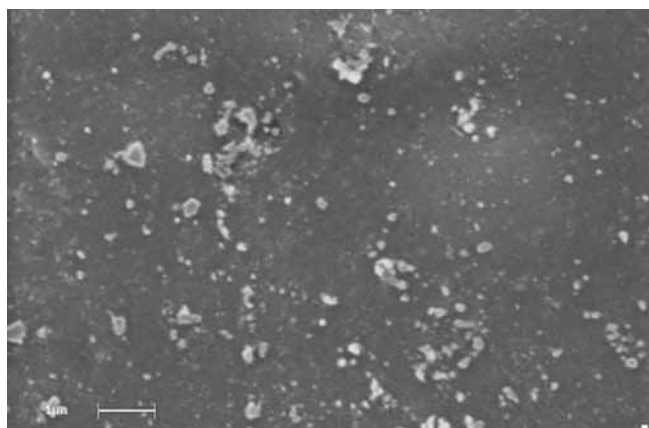


(ب)

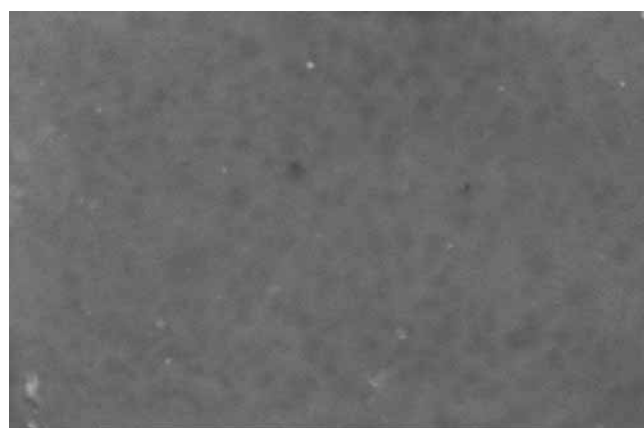


(ه)

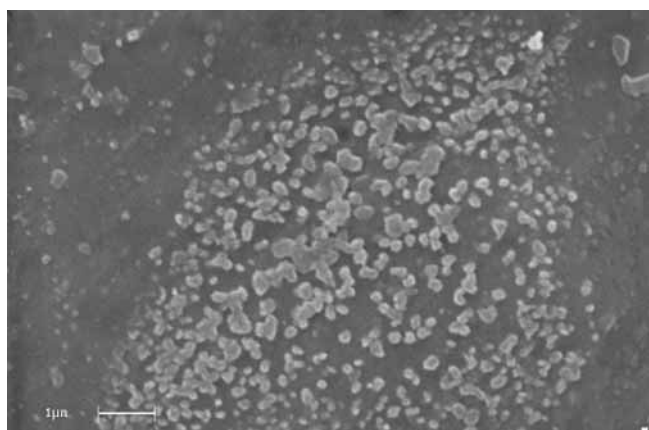
شکل ۵ تصاویر SEM فیلم سلولوزی: (الف) رنگی اولیه، (ب) عمل آوری شده در ۶۶۰ W و ۵ min، (ج) عمل آوری شده در ۶۶۰ W و ۱۵ min، (د) عمل آوری شده در ۸۸۰ W و ۵ min و (ه) عمل آوری شده در ۸۸۰ W و ۱۵ min.



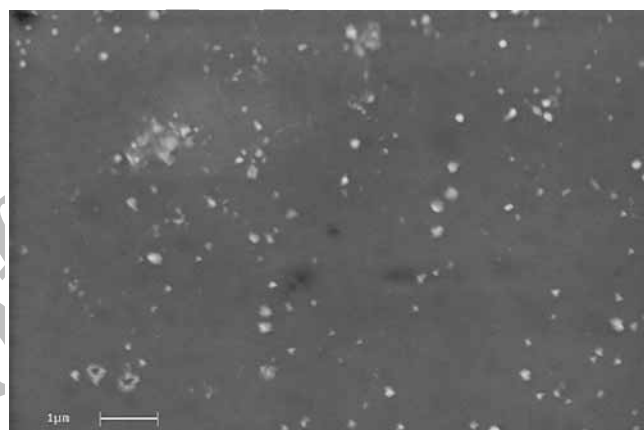
(ج)



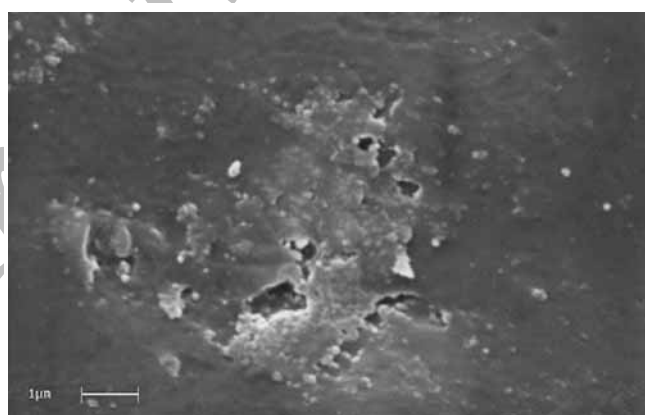
(الف)



(د)

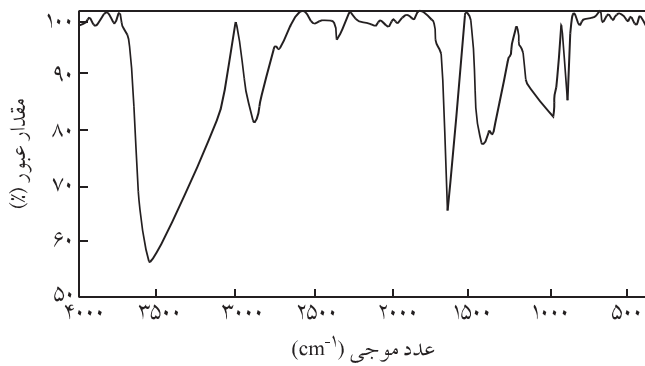


(ب)

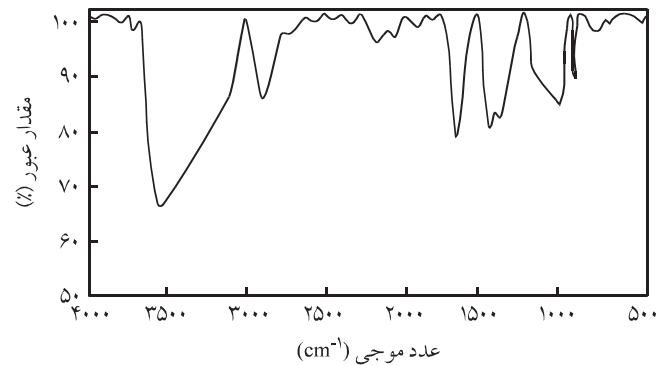


(هـ)

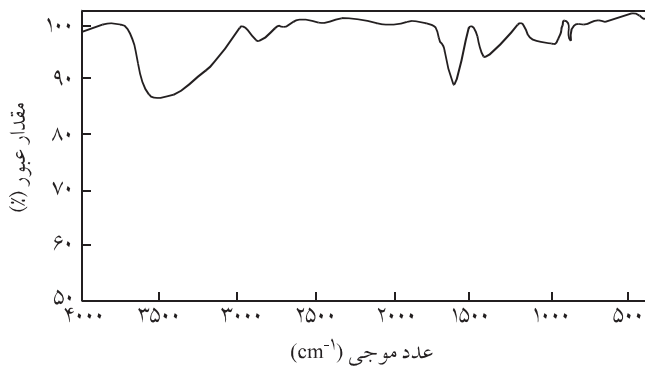
شکل ۶ تصاویر SEM فیلم سلولوزی: (الف) بی رنگ اولیه، (ب) عمل آوری شده در ۶۶۰ W و ۵ min، (ج) عمل آوری شده در ۶۶۰ W و ۱۵ min، (د) عمل آوری شده در ۸۸۰ W و ۵ min و (هـ) عمل آوری شده در ۸۸۰ W و ۱۵ min.



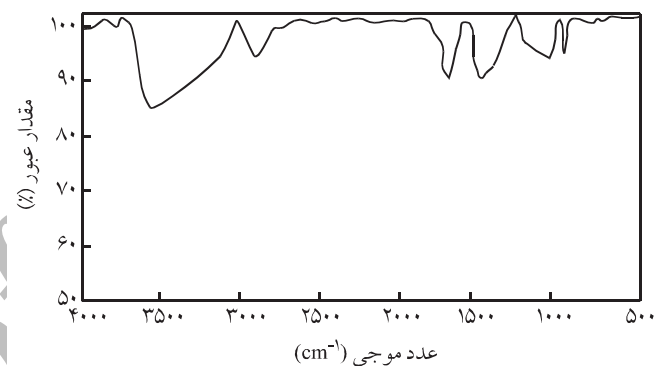
(الف)



(الف)



(ب)



(ب)

شکل ۸ طیف FTIR فیلم سلولوزی: (الف) رنگی اولیه و (ب) عمل آوری شده با تخلیه هاله.

شکل ۷ طیف FTIR فیلم سلولوزی: (الف) بی رنگ اولیه و (ب) عمل آوری شده با تخلیه هاله.

سطح کمک می‌کند، انرژی تابش هاله در نمونه‌های رنگی صرف شکستن ساختار ماده رنگزا می‌شود، بنابراین کمتر در ساختار سلولوز اثر می‌گذارد.

شکل شناسی سطح در زمان عمل آوری ۵ min مشاهده می‌شود که با افزایش زمان تا ۱۵ min (شکل ۶ (ه)) در تصاویر میکروسکوپی کنده شدن سطح بوضوح مشاهده می‌شود.

طیف سنجی زیرقرمز فیلم سلولوزی رنگرزی نشده

در شکل ۷ (الف)، طیف FTIR فیلم سلولوزی عمل آوری نشده، ناحیه 1647 cm^{-1} مربوط به پیوندهای هیدروژنی در سلولوز است. شکل ۷ (ب)، طیف FTIR مربوط به فیلم سلولوزی عمل آوری شده در توان 880 W به مدت 15 min است، مطابق شکل شدت پیک جذب در ناحیه 1650 cm^{-1} کم می‌شود که نشان‌دهنده کاهش پیوندهای هیدروژنی است.

چنانچه از نتایج زاویه تماس در جدول ۲ مشخص است، در نمونه بی رنگ، در توان 660 W با افزایش زمان تابش تخلیه هاله، در حلال آب، زاویه تماس کم شده و در توان 880 W و نمونه رنگی نیز همین نتیجه بدست آمده است. افزایش توان نیز نتیجه مؤثری در زاویه تماس داشته است به طوری که توان 880 W بیشترین اثر را روی فیلم گذاشته شده است. چنانچه از تصاویر SEM مشاهده می‌شود، مقداری از تغییرات جذب آب در فیلم سلولوزی مربوط به تغییر در سطح است که سطح کنده می‌شود. با توجه به کاهش زاویه تماس در نمونه‌های عمل آوری شده، می‌توان گفت که شیمی سطح بر فیزیک سطح غالب است. همچنین، کاهش زاویه تماس، به ویژه در توان 880 W در نمونه‌های عمل آوری بی رنگ نسبت به نمونه رنگرزی شده، به مراتب واضحتر است که به دلیل ساختار ماده رنگزاست، این موضوع به آبدوست شدن

در شکل ۸ (الف)، نوار جذبی 1654 cm^{-1} مربوط به پیوند $C=C$ است که در رنگینه نیل وجود دارد و در نمونه عمل آوری شده شدت نوار جذبی در ناحیه 1636 cm^{-1} کاهش می‌یابد که می‌توان آن را به شکستن پیوند دو گانه کربن - کربن در رنگینه نیل نسبت داد. این امر منجر به تولید

فیلم، رنگ نیز از سطح برداشته می‌شود. با عمل آوری سطح، جذب آب نمونه‌های فیلم سلولوزی رنگی و بی‌رنگ افزایش می‌یابد، مقداری از جذب آب مربوط به تغییر در ساختار شیمیایی و مقداری نیز مربوط به تغییر فیزیکی در سطح بر اثر تابش هاله است که با توجه به کاهش زاویه تماس در فیلم‌های عمل‌آوری شده می‌توان گفت که شیمی سطح بر فیزیک سطح غالب است. اثر تابش هاله در جذب آب، در نمونه‌های بی‌رنگ بیشتر است که نشان دهنده تغییر کمتر خواص فیزیکی نمونه‌های عمل‌آوری شده رنگی، نسبت به نمونه بی‌رنگ است. انرژی تابش هاله در این نمونه‌ها به جای تغییر در ساختار سلولوز بیشتر صرف شکستن رنگینه می‌شود. بنابراین، روش تخلیه هاله برای رنگبری رنگینه نیل روی نمونه‌های سلولوزی، با حفظ خواص نمونه و همراه با رنگبری، روشی مناسب و کم‌هزینه خواهد بود.

مراجع

- Carneiro N. and Souto A.P., Dyeability of Corona-treated Fabrics, *Coloration Technol.*, **117**, 298-302, 2001.
- Gokarneshan N., Eco-Friendly Approaches to Textile Finishes, *J. Text. Associat.*, **303**, 301-304, 2004.
- Thorsen W.J., Modification of the Cuticle and Primary Wall of Cotton by Corona Treatment, *Text. Res. J.*, **44**, 422-428, 1974.
- Wakida T. and Tokino S., Surface Modification of Fiber and Polymeric Materials by Discharge Treatment and its Application to Textile Processing, *Ind. J. Fiber Text. Res.*, **21**, 69-78, 1996.
- Ryu J., Wakida T., Effect of Corona Discharge on the Surface of Wool and its Application to Printing, *Text. Res. J.*, **61**, 595-601, 1991.
- Rouette H.K., *Encyclopedia of Textile Finishing*, Springer, Germany, 429, 2001.
- Uwe V., Glow Discharge Treatment for the Modification of Technical Textiles-An Innovative Technology with Increasing Market Potential, *TECHTEXTIL Symposium*, Frankfurt, 1997.
- Thorsen W.J. and Kodani R.Y., A Corona Discharge Method of Producing Shrink Resistant Wool and Mohair, *Text. Res. J.*, **36**, 651-661, 1966.
- Agostino R., *Plasma Processing of Polymers*, Kluwer Academic, Italy, 348-350, 1997.
- Malek R.M.A. and Holme I., The Effect of Plasma Treatment on Some Properties of Cotton, *Iran. Polym. J.*, **12**, 271-280, 2003.
- Wakida T. and Takeda K., Free Radicals in Cellulose Fibers Treated with Low Temperature Plasma, *Text. Res. J.*, **59**, 49-53, 1989.
- Ferrero F. and Bongiovanni R., Improving the Surface Properties of Cellophane by Air Plasma Treatment, *Surf. Coat. Technol.*, **200**, 4770-4776, 2006.
- Reidies Ah., Jensen D. and Guisti M., How Oxidation of Indigo Contributes to the Yellowing of Acid Washed Denim, *Text. Chem. Color.*, **24**, 26-30, 1992.
- Peace R., *Polymer Surface and Interfaces*, Wiley, UK, 276, 1999.
- Mock G.N. and Rucker J.W., The Yellowing of Indigo Dyed Acid Washed Denim, *American Dyestuff Reporter*, **77**, 15-16, 1991.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، هدف از عمل‌آوری سطح با تخلیه هاله بررسی رنگبری نمونه سلولوزی رنگ‌رزی شده با رنگینه نیل بوده است. آثار عمل‌آوری روی ساختار سلولوز نیز بررسی شده است. افزایش توان نقش مؤثری در نتایج داشته است. با افزایش توان و زمان تابش در فیلم سلولوزی، کاهش رنگ در نمونه‌های رنگ‌رزی شده به همراه تغییر فام وجود دارد. تغییر رنگ، به دلیل شکستن ساختار رنگینه نیل است. همچنین، با عمل‌آوری هاله سطح فیلم‌کننده می‌شود که به همراه کنده شدن سطح