



رنگری و توصیف نانو الیاف سلولزی برای بهبود بازده رنگی بوسیله روش پد کردن مضاعف

مترجم: عباس حاجی پور

چکیده

اخیرا مطالعه خواص عاملی و رنگری نانو الیاف الکتروریسی شده توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. با این حال، رنگری نانو الیاف هنوز در فاز گذر می‌باشد و با مشکل کمتر بودن بازده رنگ مواجه است. دلیل این امر، مساحت سطح بالاتر نانو الیاف سلولزی است که بازده رنگ بدست آمده، تقریبا ۴ تا ۵ برابر کمتر از لیف پنبه معمولی می‌باشد. تحقیق کنونی درباره رنگری نانو الیاف سلولزی با رنگری 5 CI reactive black از طریق یک روش پد کردن ساده و دوگانه به منظور بهبود بازده رنگی و تثبیت رنگ را گزارش می‌دهد. بازده رنگی بوسیله مقادیر K/S و مختصات رنگی بوسیله اسپکتروفتومتر تعیین شدند و نتایج بین روش‌های پد یک مرحله‌ای و مضاعف مقایسه شدند. نانو الیاف رنگری شده بوسیله FTIR، WAXD، FE-SEM توصیف شدند. مطالعات پراش اشعه X نشان داد که نانو الیاف سلولزی رنگری شده، ساختار سلولز II را دارند و بلورینگی بهتر از نانو الیاف سلولزی رنگری نشده نشان می‌دهند.

مقدمه

علت اصلی این پژوهش، حرکت به سمت توسعه پارچه‌های بی بافت مبتنی بر نانو الیاف الکتروریسی شده می‌باشد، زیرا الکتروریسی معمولا تنها تکنیک است که قادر به تولید نانو الیاف ممتد از انواع مختلف پلیمرها می‌باشد. مشخصات عاملی نانو الیاف الکتروریسی شده برای کاربرد پوشاک گزارش شده است. گروه ما اخیرا شروع به توسعه نانو الیاف رنگی کرده است؛ مجموعه پژوهش‌های اخیر ما شامل رنگدیری نانو الیاف سلولزی کاتیونیک با رنگزاهای راکتیو و رنگری نانو الیاف استات سلولز (CA) با رنگزای دیسپرس می‌باشد که محدوده و تنوع پارچه نانو الیاف را توسعه داده است. قسمت دشوار در رنگری نانو الیاف، بازده رنگی نهایی بدست آمده می‌باشد که تقریبا ۴ تا ۵ برابر کمتر از الیاف معمولی است. گذر از بی بافت‌های میکرو الیاف به نانو الیاف منجر به تغییرات چشم‌گیر در فرآیندهای انتقال از ماده به عنوان نتیجه کاهش چشمگیر در ابعاد منفذ و افزایش زیاد در مساحت سطح داخلی می‌شود. مساحت سطح نانو الیاف CA گزارش شده است که $3/5 \text{ m}^2/\text{g}$ می‌باشد که ۱۳ برابر بزرگتر از الیاف معمولی و ۲ برابر بزرگتر از بهترین میکرو الیافها می‌باشد. دلیل کمتر بودن بازده رنگی اساسا به دلیل مساحت سطح بزرگتر نانو الیاف و قابلیت آنها برای پخش بیشتر نور می‌باشد. بنابراین، ما تلاش می‌کنیم تا بازده رنگی نانو الیاف رنگری شده را بوسیله روش پد کردن دوگانه ساده بهبود دهیم. در مقایسه با رنگری Batchwise، روش رنگری پد دارای مزیت‌های زیادی از قبیل فرآیند مداوم می‌باشد و بازده تثبیت رنگزا به علت مقدار کم آب مورد نیاز بالاتر می‌باشد و مقدار بالایی از رنگزا می‌تواند استفاده شود. ما روش رنگری پد را در پژوهش ما با استفاده از پد کردن دو مرحله‌ای به جای یک مرحله‌ای بکار بردیم. نانو الیاف سلولزی بوسیله استیل زدایی نانو الیاف CA الکتروریسی شده در حمام قلیایی تولید شدند. نانو الیاف سلولزی با 5 CI reactive black بوسیله روش‌های پد کردن یگانه و پد کردن دوگانه رنگری شدند و تاثیر غلظت رنگزا بر روی بازده رنگی، تثبیت رنگزا و

ثبات رنگی مورد بررسی قرار گرفتند. نانو الیاف رنگری شده سپس توسط آنالیز FTIR، WAXD، FE-SEM توصیف شدند.

بخش تجربی

مواد

استات سلولز (۳۹/۸٪ محتوای استیل به طور متوسط Mw = 30 kDa دارد) از Aldrich Chemical Company تهیه شد و بدون خالص سازی بیشتر مورد استفاده قرار گرفت. رنگزای راکتیو 5 CI Reactive Black (۲- سولفاتو اتیل سولفون) استفاده شد که از Jay Chemical India تهیه شد؛ کربنات سدیم و اوره از درجه Analar استفاده شدند.

تهیه نانو الیاف سلولزی

نانو الیاف سلولزی با استفاده از الکتروریسی CA و سپس استیل زدایی برای حذف گروه‌های استیل تهیه شدند. نانو الیاف CA مطابق با گزارش قبلی مان تهیه شدند. بطور خلاصه، منبع تغذیه ولتاژ بالا (Har-100*12, Mat-)، susada Co، توکیو، ژاپن) برای الکتروریسی استفاده شد. محلول CA ۱۷٪ وزنی تهیه شده در استون/دی اتیل فرم آمید (DMF) با نسبت وزنی ۱:۲ توسط سرنگ پلاستیکی که متصل به سر سرنگ با قطر داخلی ۰/۶ میلی متر بود، با ولتاژ منبع ۱۷/۵ kV اسپری شد. فاصله بین سر سرنگ و جمع کننده در ۱۵ سانتی متر ثابت شد. نانو الیاف الکتروریسی شده بر روی غلطک فلزی/جمع کننده، جمع شدند و پس از آنکه متوسط ضخامت ۶۰ میکرومتر نانو الیاف CA بدست آورده شد، جدا شد. وب‌های نانو الیاف برای مدت حداقل ۴۸ ساعت قبل از استیل زدایی و رنگری در معرض هوا خشک شدند. برای تبدیل CA به سلولز، استیل زدایی در دمای اتاق با استفاده از خیس خوردن نانو الیاف در محلول آبی ۰/۰۵ مولار NaOH برای مدت ۳۰ ساعت انجام شد و به طور کامل در آب مقطر تا وقتی که pH وب‌های نانو الیاف به



۷ برسد، آبکشی شد. سرانجام، تمام نمونه‌های نانو الیاف سلولزی در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۴ ساعت خشک شدند.

رنگرزی نانو الیاف

نمونه‌های وب نانو الیاف بوسیله پد کردن (دو بار غوطه وری - دوبار فشردن، برداشت تر ۱۰۰٪) از طریق محلول پد با استفاده از پد کننده افقی آزمایشگاهی سریع رنگرزی شدند. محلول پد حاوی رنگرها با غلظت مشخص، ۲۵ g/L کربنات سدیم (۳۰ g/L در غلظت‌های بالاتر رنگزا)، ۵۰ g/L اوره و ۲ g/L آلجینات سدیم بود. نمونه‌ها در معرض هوا خشک شدند و سپس در یک خشک کننده کوچک آزمایشگاهی سریع پخت شدند و سرانجام شستشو با استفاده از روش رmq کشی انجام شد (آبکشی سرد ← آبکشی سرد ← صابونی کردن ← آبکشی گرم ← آبکشی سرد). صابونی کردن برای مدت ۱۵ دقیقه در دمای جوش با استفاده از ۲ دترجنت نانیونیک (Hostpal AE Liq., Clariant) انجام شد. نسبت حجمی به وزنی در طول صابونی کردن در ۱:۵۰ ثابت بود. دمای پخت (۱۸۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد) و زمان پخت (۱۲۰-۰ ثانیه) قبل از بررسی تاثیر غلظت رنگرزی بر روی بازده رنگی بهینه شدند. آزمایشات رنگرزی بوسیله دو روش، اول پد کردن یک مرحله‌ای نانو الیاف سفید و دوم پد کردن دوگانه نانو الیاف رنگرزی شده دنبال شدند. غلظت‌های رنگزا برای پد کردن یگانه انتخاب شدند (۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ g/L)، در حالیکه، نانو الیاف رنگرزی شده انتخاب شده (۲۰، ۴۰، ۶۰ g/L) سپس به ترتیب با غلظت‌های رنگزای (۲۰، ۴۰ و ۶۰ g/L دوباره پد شدند. بعلاوه، هر یک از نانو الیاف‌های رنگرزی شده (۲۰، ۴۰ و ۶۰ g/L) با ۸۰ g/L از رنگزا نیز دوباره پد شدند. نانو الیاف‌های رنگرزی شده می‌توانند به راحتی بکار گرفته شوند و مقاومت بهتری به تعدادی از عملیات‌های تر از قبیل استیل زدایی، رنگرزی و شستشو نشان می‌دهند.

اندازه‌گیری و تست رنگ

مقدار قدرت رنگی (K/S) و مختصات $CIE L^*a^*b^*$ و h° در پیک حداکثر جذب بر روی اسپکتروفتومتر Gretag Macbeth CE-7000A (تنظیمات: درجه دیافراگم نمونه ۴ میلی متر، روشنایی استاندارد D65) اندازه‌گیری شدند. K/S پس از صابونی کردن به عنوان بازده رنگی نهایی بدست آورده شد. مقدار اتصال کووالانس مولکول رنگزا با نانو الیاف سلولزی بوسیله درجه تثبیت رنگزا، $F/(K/S)$ ، تعیین شد. بر طبق مطالعات قبلی مان، ما از رابطه $F = (K/S)_0 / (K/S)$ برای محاسبه تثبیت رنگزا استفاده کردیم؛ که F تثبیت رنگزا به درصد می‌باشد و $(K/S)_0$ و (K/S) نانو الیاف رنگرزی شده قبل و بعد از صابونی کردن می‌باشند. ثبات شستشویی در (James H. Heal) Gyrowash Co، انگلستان) بر طبق ISO 105-C10:2006 بدست آورده شد و ثبات نوری در (James H. Heal Co) Apollo، انگلستان) بر طبق ISO 105-BO2 (۲۰ ساعت) بدست آورده شد.

توصیف

ساختار شیمیایی نانو الیاف CA قبل و بعد از رنگرزی با استفاده از اسپکتروسکوپی FTIR بر روی IR Prestige-21 by Shimadzu، ژاپن آنالیز شد. ۱ تا ۲ گرم از تمام نمونه‌های نانو الیاف با ۰/۱ گرم از KBr مخلوط شدند و در داخل پلیت پرس شدند و طیف‌های انتقالی FTIR اندازه‌گیری شدند. آزمایشات پراش اشعه زاویه باز (WAXD) در دمای اتاق با استفاده از پراش سنج اشعه ایکس Rotaflex RTP300 (Rigaku.Co، ژاپن) که در ۵۰ kV و ۲۰۰ mA بکار گرفته شده بود، انجام شد. تابش $Cu K\alpha$ فیلتر شده با نیکل برای ارزیابی‌ها در محدوده زاویه‌ای $30^\circ < 2\theta < 50^\circ$ استفاده شد. مورفولوژی نانو الیاف رنگرزی شده و رنگرزی شده بر روی (Hitachi، S-5000) FE-SEM، ژاپن) با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ kV بررسی شد.

نتایج و بحث

تاثیر غلظت رنگزا بر روی بازده رنگی در پد کردن تک مرحله‌ای

شکل ۱ تاثیر غلظت‌های رنگزا بر روی بازده رنگی و تثبیت رنگزا نانو الیاف رنگرزی شده با CI reactive black 5 را نشان می‌دهد. تعدادی آزمایش برای بهینه کردن دمای پخت و زمان پخت (اطلاعات نشان داده شده‌اند) انجام شد، که در نتیجه ۱۲۰ درجه سانتیگراد و ۹۰ ثانیه به ترتیب به عنوان دمای پخت و زمان پخت بدست آورده شدند. بازده رنگی با افزایش غلظت رنگزا از ۲۰ تا ۸۰ گرم بر لیتر افزایش یافت که نشان دهنده خواص برداشت رنگ بسیار خوب بر روی الیاف سلولزی می‌باشد. با این حال، تثبیت رنگزا حداکثر ۹۰٪ تا غلظت رنگزای ۴۰ g/L بدست آورده شد. کاهش تثبیت رنگزا در غلظت‌های ۶۰ g/L و ۸۰ g/L می‌تواند به علت هیدرولیز رنگزا باشد. در غلظت رنگزای بالاتر، نفوذ مولکول‌های رنگزا به نانو الیاف معمولاً کندتر از غلظت‌های پایین تر می‌باشد و این تاخیر سبب می‌شود تا مولکول رنگزا با OH آب (هیدرولیز) به جای OH سلولز (الکل کافت) واکنش دهد. علاوه بر مقادیر K/S، مقادیر کالریمتریک (C^* ، b^* ، a^* ، L^* و h°) برای هر غلظت رنگزا مورد استفاده که در جدول ۱ لیست شده‌اند، بدست آورده شد. همانطور که انتظار می‌رفت، مقدار روشنایی با افزایش غلظت رنگزا کاهش یافت که نشان می‌دهد که نانو الیاف رنگرزی شده تیره تر شده‌اند، که این نتایج به خوبی با نتایج K/S بدست آمده در توافق می‌باشد. مقادیر منفی a^* نشان دهنده سبزی و مقادیر مثبت نشان دهنده قرمزیت می‌باشند. در این حالت، مقدار منفی a^* همواره با افزایش غلظت رنگزا کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد که رنگ نانو الیاف رنگرزی شده به سمت ناحیه قرمز تر تغییر می‌کند. از طرف دیگر، مقدار منفی b^* نشان دهنده آبی و مقادیر مثبت نشان دهنده زردیت می‌باشند. از آنجاییکه CI reactive black 5 در رنگ آبی تر است، دلیلی است که چرا مقدار منفی b^* برای تمام غلظت‌ها رنگزا بدست آورده شده است؛ که این به خوبی توسط فام زاویه‌ای h° که نشان می‌دهد تمام مقادیر در ناحیه آبی است، نشان داده



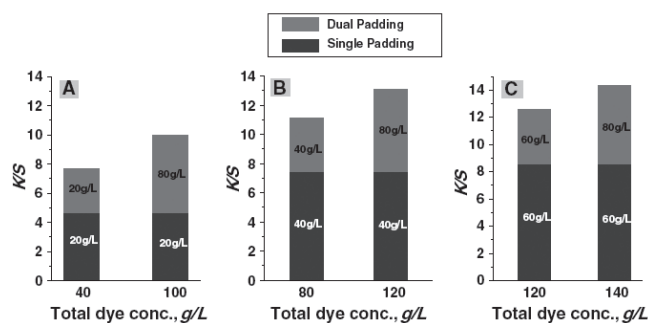
جدول ۱. تاثیر غلظت رنگزا بر روی مقادیر کالریمتریک

Dye conc. g/L	L*	a*	b*	C*	h°
20	43.55	-3.51	-19.55	19.87	259.82
30	41.40	-3.37	-18.62	19.34	259.76
40	35.82	-1.12	-19.30	18.92	266.69
60	32.87	0.20	-18.88	18.88	270.60
80	27.69	2.36	-17.34	17.50	277.76

یک مرحله‌ای استفاده شود. صرف نظر از غلظت رنگزای استفاده شده، پد کردن مضاعف عموماً سبب افزایش بیشتر در بازده رنگ می‌شود. بسیار قابل توجه است که تثبیت رنگزای بدست آمده، همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، برای تمام پد کردن‌های مضاعف بسیار خوب و بین ۸۰ تا ۹۰٪ بودند. علاوه بر مقادیر K/S، انعکاس (R%) برای هر یک از نمونه‌های پد شده مضاعف اندازه‌گیری شد و با پد کردن‌های تک مرحله‌ای متناظر آنها مقایسه شدند. در شکل ۳، CI reactive black a-c3، ۵ دو مقدار انعکاس، یکی پهن و کم در ناحیه طول موج بین ۳۶۰ و ۵۰۰ نانومتر و دیگری تیز و زیاد در ناحیه طول موج بین ۷۰۰ و ۷۵۰ نانومتر بدست می‌دهد. در مقایسه با پد کردن‌های تک مرحله‌ای، تمام پد کردن‌های مضاعف شکل انعکاس مشابه، با مقادیر R% کمتر در تمام طول موج (۳۶۰ تا ۷۵۰ نانومتر) نشان می‌دهند. این نشان می‌دهد که پد کردن‌های مضاعف شید عمیق‌تر از شیدهای بدست آمده بوسیله پد کردن‌های تک مرحله‌ای نشان می‌دهند.

خواص ثباتی رنگ

جدول ۳، نتایج ثبات رنگ برای نانو الیاف های پد کردن‌های تک مرحله‌ای و مضاعف با غلظت‌های کمتر و بالاتر را نشان می‌دهد. پد کردن تک مرحله‌ای با ۲۰ g/L، تغییر شید و درجه رنگ‌دهی بسیار خوب بین تمام نمونه‌ها نشان می‌دهد. غلظت‌های بالاتر پد کردن تک مرحله‌ای با ۸۰ g/L، تنها نیم درجه بر روی تغییر رنگ اثر گذاشت. نتایج ثبات شستشویی برای پد کردن‌های مضاعف، با اینکه غلظت‌های بسیار بالاتر رنگزا مورد استفاده قرار گرفت، بسیار دلگرم کننده بود. درجات

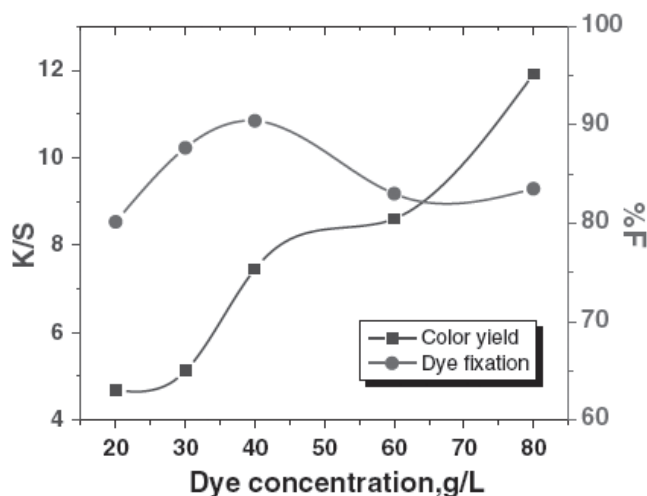


شکل ۲. تاثیر پد کردن مضاعف بر روی بازده رنگی

شده است. کاهش مقادیر C* با افزایش غلظت رنگزا نشان می‌دهد که نانو الیاف رنگرزی شده ناخالص‌تر می‌شوند.

تاثیر غلظت رنگزا بر روی بازده رنگی در پد کردن دوگانه

نتایج ما نشان می‌دهد که نانو الیاف مقادیر K/S پایین‌تر از الیاف پنبه معمولی نشان می‌دهند که این اساساً به دلیل مساحت سطح بالاتر نانو الیاف و توانایی آنها در انتشار بیشتر نور می‌باشد. مثلاً، نانو الیاف سلولزی و پارچه پنبه‌ای (۱۲۰ گرم بر متر مربع) با ۲۰ g/L از CI reactive black ۵ رنگرزی شدند و مقدار K/S به ترتیب ۴/۶۸ و ۱۶/۰۵ بدست آورده شدند. نتایج ما بخوبی در با گزارشات درباره رنگرزی میکرو الیاف در همخوانی دارند. لازم است توجه کنید که غلظت رنگزا نمی‌تواند زیاد در پد کردن یک مرحله‌ای افزایش یابد، زیرا مقدار تثبیت رنگزا به طور قابل توجهی در غلظت رنگزای ۸۰ g/L کاهش یافت. بنابراین ما پد کردن مضاعف نانو الیاف رنگرزی شده با هدف بررسی مقدار افزایش بازده رنگی، مورد توجه قرار دادیم. شکل ۲ C-a طرح میله‌ای برای پد کردن یک مرحله‌ای و مضاعف می‌باشد که مقدار بازده رنگ افزایش یافته بوسیله پد کردن مضاعف در غلظت‌های مختلف رنگزا را نشان می‌دهد. از شکل ۲ می‌توان دریافت که افزایش بازده رنگ به غلظت رنگزای استفاده شده در طول پد کردن یک مرحله‌ای بستگی دارد. با مقایسه پد کردن مضاعف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم بر لیتر در شکل ۲ C-a، متوجه می‌شویم که با اینکه رنگرزی در غلظت‌های بالاتر ۶۰ گرم بر لیتر انجام شده (پد کردن مضاعف)، اما بازده رنگ افزایش یافته تقریباً برابر با بازده رنگ ۲۰ گرم بر لیتر (پد کردن مضاعف) بود. دلیل واضح برای این امر می‌تواند کمتر در دسترس بودن سایت‌های رنگزا باشد، بطوریکه بیشتر مساحت سطح نانو الیاف می‌تواند بوسیله مولکول‌های رنگزا اشغال شده باشد، اما این وقتی درست است که مقدار بیشتری رنگزا در طول پد کردن

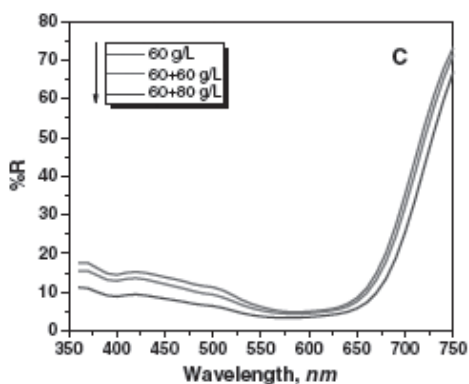
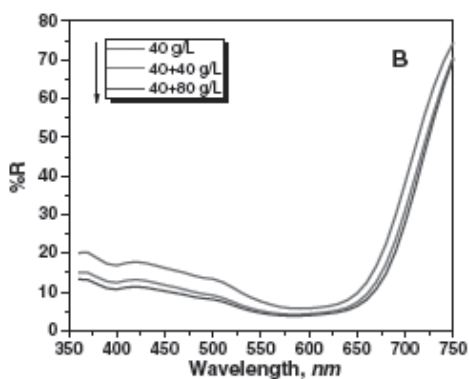
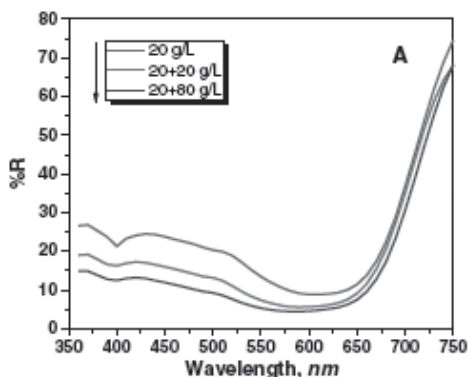


شکل ۱. تاثیر غلظت رنگزا بر روی بازده رنگی و تثبیت رنگزا



جدول ۲. تاثیر غلظت رنگزا بر روی تثبیت رنگزا در بد کردن مضاعف

Dye conc. breakup (g/L)	Total dye conc. (g/L)	Dye fixation (%F)
20 + 20	40	83
20 + 80	100	80
40 + 40	80	91
40 + 80	120	89
60 + 60	120	92
60 + 80	140	84



شکل ۳. منحنی انعکاسی 5 reactive black CI

قابل قبول تغییر شید و رنگ دهی بر روی نوار چند لیفی نشان می‌دهد که تثبیت رنگزا به صورت معقولی مناسب بود. از طرف دیگر، ثبات نوری برای تمام نانو الیاف‌های رنگرزی شده بسیار بد بود که این ممکن است به دلیل قطر کم نانو الیاف نسبت به نانو الیاف متداول باشد که نور به راحتی می‌تواند به داخل نانو الیاف نفوذ کند که منجر به رنگ پریدگی بیشتر رنگزا می‌شود.

ساختار شیمیایی نانو الیاف سلولزی

طیف‌های FTIR الیاف Ca و سلولزی در شکل ۴-a-c نشان داده شده است. پیک شناسایی Ca مربوط به گروه استات در 1744 cm^{-1} (VCO)، 11375 cm^{-1} ($\text{V}_{\text{C-CH}_3}$)، 1236 cm^{-1} (VC-O-C) و 1047 cm^{-1} دیده نشدند و در مقابل، پیک در حدود 3385 cm^{-1} (VO-H) به طور قابل توجهی پس از استیل‌زدایی افزایش یافت که تبدیل کامل CA به نانو الیاف سلولزی را نشان می‌دهد (شکل 4a, b). نانو الیاف سلولزی رنگرزی شده و رنگرزی نشده پیک شناسایی جذب ساختار سلولز در حدود $1000-1200$ را نشان دادند (شکل 4b, c). باندهای شناسایی دیگر مربوط به ساختار شیمیایی سلولز، کششی OH در $3100-3550 \text{ cm}^{-1}$ کششی CH در 2917 cm^{-1} و ارتعاشی CH در 1316 cm^{-1} بودند.

بلورینگی نانو الیاف سلولزی

سلولزی رنگرزی شده و پنبه سفید شده در شکل 5a-c داده شده است. برای مقایسه، الگوی XRD پنبه سفید شده در شکل 5c داده شده است

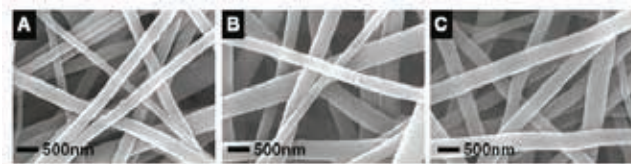
الگوهای پراش اشعه X نانو الیاف سلولزی رنگرزی نشده، نانو الیاف

جدول ۳. ثبات رنگ به آزمون نور ISO 105-BO2 و ثبات رنگ به آزمون شستشویی ISO 105-C10:2006

Dye conc. (g/L) ^a	Light fastness (20 h)	Washing fastness (change of shade)	Washing fastness (staining on multifiber) ^b					
			CT	CO	PA	PES	PAC	Wo
20	2	4	5	5	5	4/5	4/5	4/5
80	2	3/4	5	4	4	4/5	4	3/4
20 + 20	2	3/4	5	4	4	4	4/5	4
60 + 80	2	3/4	5	4	4	3/4	4/5	3/4

^a شرایط رنگرزی: دمای پخت ۱۲۰ درجه سانتیگراد و زمان پخت ۹۰ ثانیه

^b CT تری استات سلولز، CO پنبه، PA پلی آمید، PES پلی استر، PAC پلی اکریلیک، WO پشم



شکل ۶. تصاویر FE-SEM نانویاف استات سلولزی، b نانویاف سلولزی بدون رنگزا و c نانویاف سلولزی رنگزای شده با CI reactive black 5

که پیک‌های بسیار مشخص در 2θ برابر با 14.9° ، 16.7° ، 17.4° و 22.7° ، مطابق با فاصله d (A) $(6/0.1)$ ، (B) $(5/3.5)$ ، (C) $(4/3.1)$ و (D) $(3/9.4)$ نشان می‌دهد که مشخصات ساختار سلولزی I می‌باشد. در حالیکه نانویاف‌های سلولزی رنگزای نشده (a) و رنگزای شده (b) پیک اصلی در مقادیر 2θ $12/1^\circ$ ، $20/1^\circ$ و $22/1^\circ$ مطابق با فاصله d (A) $(7/1.9)$ ، (B) $(4/4.2)$ ، (C) $(4/0.6)$ و (D) $(3/9.4)$ نشان می‌دهند که مشخصات ساختار سلولزی II می‌باشد. نانویاف سلولزی رنگزای شده پیک بسیار شدیدتر ارائه می‌دهند که نشان دهنده بلورینگی بهتر نسبت به نانویاف رنگزای نشده می‌باشد. دلیل احتمالی برای این امر، احتمالاً فشار غلتک بکار رفته در طول پد کردن و پخت کردن در دمای 120° درجه سانتیگراد می‌باشد.

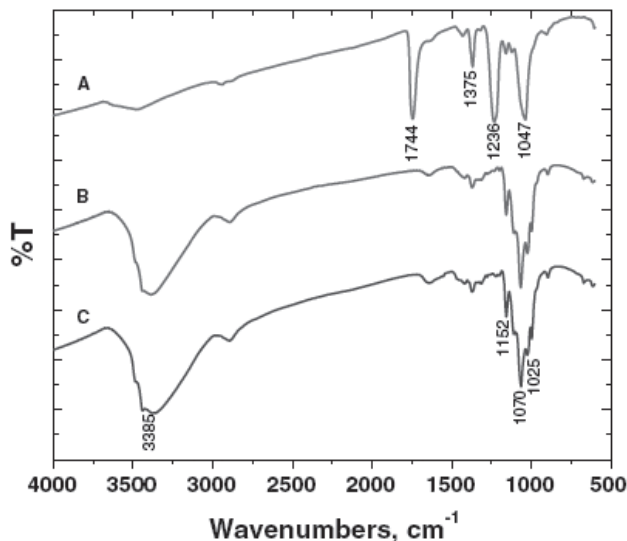
مورفولوژی نانویاف

تأثیر غلظت بالاتر رنگزا بر روی مورفولوژی نانویاف سلولزی در زیر FE-SEM بررسی شد. شکل ۶ تصاویر FE-SEM نانویاف CA (a)، نانویاف سلولزی رنگزای نشده (b) و نانویاف سلولزی رنگزای شده (c) را نشان می‌دهد؛ که ما نمونه رنگزای شده با بالاترین غلظت یعنی پد کردن مضاعف $60+80$ g/L را انتخاب کردیم.

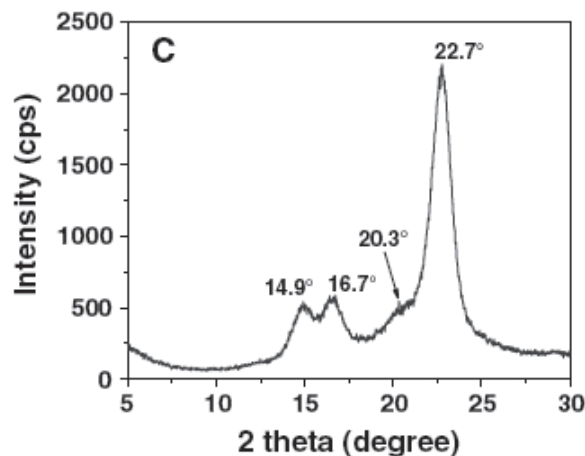
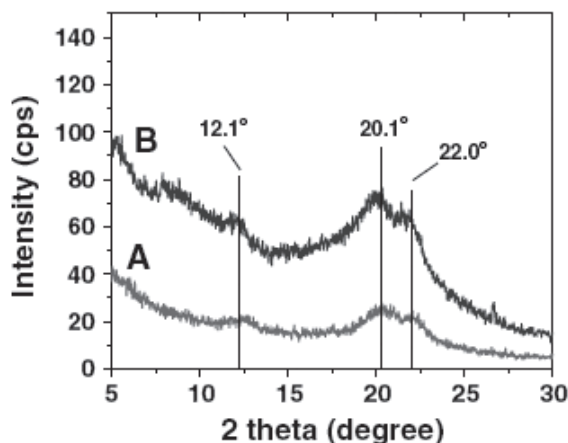
از تصاویر می‌توان مشاهده کرد که نانویاف رنگزای شده مورفولوژی بسیار صاف و مشابه با نانویاف رنگزای نشده دارند. از آنجاییکه CA به سلولز بوسیله استیل زدایی تبدیل شد، بنابراین، تصویر (B) نیز مورفولوژی سطح مشابه با نانویاف CA نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

ما نتیجه می‌گیریم که بازده رنگی نانویاف سلولزی می‌تواند به طور چشمگیری بوسیله پد کردن مضاعف با غلظت‌های رنگزای بالاتر افزایش یابد. درجه افزایش رنگ بوسیله پد کردن مضاعف به غلظت رنگزای استفاده شده در پد کردن تک مرحله‌ای بستگی دارد. مشکل تثبیت کمتر رنگزا در غلظت رنگزای 80 g/L در پد کردن تک مرحله‌ای ثابت شد؛ و پد کردن مضاعف بازده رنگی را بدون آنکه بر مقادیر تثبیت رنگزا بین 80 و 90% اثر بگذارد، بهبود داد. بجز ثبات نوری، تمام نانویاف رنگزای شده ثبات شستشویی بسیار خوب از خود نشان دادند. نتایج پراش اشعه X نانویاف سلولزی رنگزای شده، بلورینگی بهتر از نانویاف سلولزی رنگزای نشده نشان داد.



شکل ۴. طیف‌های FTIR (a) نانویاف استات سلولزی، (b) نانویاف سلولزی بدون رنگزا و (c) نانویاف سلولزی رنگزای شده با CI reactive black 5



شکل ۵. الگوهای XRD (a) نانویاف سلولزی بدون رنگزا، (b) نانویاف سلولزی رنگزای شده با CI reactive black 5 و (c) پارچه پنبه‌ای سفیدگری شده