شیمی نساجی

تأثیر مرسرایزینگ گرم بر خواص پارچه پنبه‌ای خام

نظام صامعی [1و*]، سیدمجید مرتضوی [2]، ابوسعید رشیدی [3]، سعید شیخ‌زاده نجار [4]

چکیده:

در این تحقیق پارچه خام پنبه‌ای در دماهای مختلف مرسریزه شده است و امکان حذف آهارگیری و پخت در عملیات تکمیلی کالای پنبه‌ای و همزمان کردن این عملیات تکمیلی با فرآیند مرسریزاسیون مورد بررسی قرار گرفته است. شدت مرسریزاسیون در دماهای مختلف با استفاده از اسپکتروسکوپ FT-IR، پراش اشعه X همچنین مقدار رنگ و هیدروکسید باریم جذب شده، اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهند که اثر ناشی از مرسریزاسیون تحت تأثیر دما قرار گرفته است، به طوری که در شرایط خاصی جذب رنگ به حداکثر مقدار خود رسیده است. حداکثر جذب رنگ در مرسرایزینگ بدون کشش در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و در مرسرایزینگ تحت کشش در دمای ٦٥ درجه سانتیگراد اتفاق افتاده است که به ترتیب ۲۸ و ۳٤ درصد نسبت به پارچه مرسریزه نشده افزایش در جذب رنگ داشته‌اند. نتایج حاصل نشان دهنده نوعی ارتباط بین درصد کریستالینیتی در لیف پنبه مرسریزه شده و مقدار رنگ جذب شده توسط این لیف می‌باشد.

مقدمه

مرسریزاسیون یک نوع تکمیل شیمیایی- مکانیکی است که در آن کالای سلولزی به شکل نخ و یا پارچه داخل محلولی از قلیا با غلظت معین و در مدت زمان مشخصی قرار گرفته، سپس عملیات شستشو، خنثی‌سازی، شستشوی مجدد و نهایتاً خشک کردن، صورت می‌گیرد. عملیات مزبور نظم ملکولی، ساختار و درجه بلوری الیاف را تغییر داده، باعث تورم و مدور شدن سطح مقطع الیاف می‌شود. تغییرات فوق علاوه بر افزایش جلا در کالا، باعث بهبود خواص الیاف نارس شده، جذب رنگ، واکنش‌پذیری و استحکام کششی لیف را بالا می‌برد [۵-۱]. وسعت این تغییرات به غلظت قلیای کاربردی، درجه حرارت و زمان عملیات، درجه پلیمریزاسیون سلولز مرسریزه شده، شکل فیزیکی کالای مرسریزه شده و نوع ساختار آن، تحت کشش یا آزاد بودن کالا هنگام مرسریزاسیون و مقدار کشش اعمال شده بستگی دارد [۵]. روش متداول مرسریزاسیون که تحت عنوان مرسریزاسیون سرد از آن نام برده می‌شود، عمدتاً با محلول ۲۰ تا ۲۵ درصد سود سوزآور، در دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۳۰ تا ۱۸۰ ثانیه صورت می‌گیرد. در مرسریزاسیون گرم در مقایسه با نوع سرد، ویسکوزیته محلول سود و سرعت تورم لیف به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و همین امر باعث می‌شود که نفوذ سود به داخل مرکز لیف سریع‌تر و یکنواخت‌تر صورت گیرد و بدون نیاز به مصرف مواد خیس‌کننده، درصد بیشتری از الیاف، مرسریزه و اصلاح شوند. در پارچه‌هایی که به روش گرم مرسریزه می‌شوند، سطح الیاف نرم‌تر و انعطاف‌پذیری آن بیشتر شده، میزان جمع‌شدگی کالا کاهش یافته و چروک‌پذیری در آنها نیز کمتر می‌شود. به علاوه برای فرآیندهای شیمیایی بعدی آماده‌تر می‌شوند و از این رو عملیات پخت و سفیدگری در آنها با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد [۵]. یکی از اهدافی که در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است بررسی امکان حذف عملیات آهارگیری و پخت در عملیات تکمیلی کالاهای پنبه‌ای و همزمان کردن این عملیات تکمیلی با عملیات مرسریزاسیون می‌باشد که این موضوع باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. بنابراین در این تحقیق پارچه‌های پنبه‌ای به صورت خام و در دماهای مختلف مرسریزه شده‌اند و امکان همزمان کردن عملیات آهارگیری، پخت و مرسریزاسیون کالای پنبه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. شدت مرسریزاسیون در الیاف مرسریزه شده با استفاده از روشهای پراش اشعه X، اسپکتروسکوپ FT-IR و مقدار رنگ و هیدروکسید باریم جذب شده اندازه‌گیری شده است.

روش تحقیق

در این تحقیق از پارچه پنبه‌ای خام با وزن $۱۵۰\ g/m^2$ هیدروکسید سدیم با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد و رنگ راکتیو Reactive Red ۱۹۸ استفاده شده است. همچنین از دستگاه رنگرزی آزمایشگاهی Ahiba Polymat ساخت شرکت Data color، میکروسکوپ الکترونی SEM مدل XL۳۰، دستگاه XRD مدل D۵۰۰۰ ساخت شرکت Siemens، اسپکتروفتومتر انعکاسی Texflash و اسپکتروسکوپ FT-IR مدل Shimadzu CO ۴۷۰-IR. استفاده شده است.

مرسریزاسیون، سفیدگری و رنگرزی

برای مرسریزاسیون تحت کشش از قابی فلزی با یک فک متحرک استفاده گردید که در اطراف آن سوزن‌های مورد استفاده در ماشین استنتر با پیچ محکم شده بود. جهت مرسریزه کردن، پارچه مورد آزمایش تا طول اولیه‌اش کشیده شد و بر روی سوزن‌های قاب قرار گرفت به طوری که پارچه کاملاً صاف بوده و هیچ‌گونه چروکی نداشت. برای انجام عملیات مرسریزاسیون از یک ظرف کرومی به عنوان حمام مرسریزاسیون و محلول ۳۰۰ گرم در لیتر هیدروکسید سدیم استفاده گردید. پس از آماده‌سازی حمام مرسریزاسیون، دمای محلول به دمای مورد نظر رسانده شد، سپس پارچه مورد آزمایش در دو حالت تحت کشش و بدون کشش به طور همزمان وارد حمام مرسریزاسیون گردیدند و به مدت ۵ دقیقه عملیات ادامه یافت. سپس نمونه‌ها از محلول مرسریزاسیون خارج گردیده، ابتدا با آب گرم ۶۰ درجه سانتیگراد و سپس با آب سرد عملیات شستشو و آبکشی انجام شد و در مرحله آخر عملیات خنثی‌سازی با محلول اسید استیک ۱ درصد در مدت زمان ۴ دقیقه صورت گرفته و بعد از آبکشی مجدد با آب سرد نمونه‌های عمل شده در هوای آزاد خشک گردیدند. بعد از عملیات مرسریزاسیون به منظور حذف ناخالصی‌های باقیمانده در پنبه از جمله رنگدانه‌های پنبه و آهار باقیمانده، نمونه‌های مرسریزه شده تحت عملیات سفیدگری با آب اکسیژنه قرار گرفتند. عملیات سفیدگری در حمامی شامل

آب اکسیژنه، سیلیکات سدیم و هیدروکسید سدیم و با روش رمق‌کشی در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد انجام گردید. سپس عملیات رنگرزی با رنگزای REACTIVE RED ۱۹۸ براساس روش ارائه شده در کاتالوگ رنگهای رآکتیو از شرکت هوخست برای هریک از نمونه‌های مورد آزمایش به طور جداگانه انجام گردید. پس از پایان رنگرزی، نمونه‌های رنگ شده از حمام رنگ خارج شده، ابتدا با آب سرد و سپس با آب گرم آبکشی شدند و در مرحله آخر عملیات صابونی کردن انجام گردید.

۲-۲- اندازه‌گیری درصد کاهش وزن نمونه‌های مرسریزه شده

برای اندازه‌گیری مقدار کاهش وزن در نمونه‌های مرسریزه شده، نمونه‌ها قبل و بعد از مرسریزاسیون به مدت ۱ ساعت در آونی با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا رطوبت آنها کاملاً گرفته شود. سپس توزین شدند و با استفاده از رابطه (۱) درصد کاهش وزن در نمونه‌های مرسریزه شده محاسبه شد.

درصد کاهش وزن = $(W_1 - W_2)/W_1 \times 100$ (۱)

W_1 = وزن نمونه قبل از عملیات مرسریزاسیون W_2 = وزن نمونه بعد از عملیات مرسریزاسیون

اندازه‌گیری مقدار آهار خارج شده از پارچه‌های مرسریزه شده

به منظور اندازه‌گیری مقدار آهار خارج شده از نمونه‌های مرسریزه شده، ابتدا نمونه‌ها به همراه مقداری از نمونه مرسریزه نشده به مدت یک ساعت در آونی با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفته و پس از توزین، هریک از نمونه‌ها به طور جداگانه تحت عملیات آهارگیری با آنزیم قرار داده شدند. عملیات آهارگیری با روش رمق‌کشی و در یک ماشین ژیگر آزمایشگاهی انجام گردید. پس از عملیات آهارگیری نمونه‌ها را تحت عملیات شستشو با آب گرم قرار داده و در محیط آزمایشگاه خشک گردیدند. سپس نمونه‌های خشک شده به مدت یک ساعت در آونی با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفته و پس از آن توزین گردیدند. اگر D درصد آهار موجود در نمونه خام اولیه (مرسریزه نشده) و D_o درصد آهار موجود در نمونه مرسریزه شده باشد مقدار آهار خارج شده از نمونه مرسریزه شده در هریک از شرایط مرسریزاسیون از رابطه (۲) به دست می‌آید.

درصد آهار خارج شده از پارچه مرسریزه شده $= D - D_o$ (۲)

۲-۴- اندازه‌گیری عدد باریم

عدد باریم که نشان دهنده درجه مرسریزاسیون در کالاهای پنبه‌ای مرسریزه شده می‌باشد براساس استاندارد AATCC ۸۹-۱۹۹۸ اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری عدد باریم نمونه‌ها، مقدار یک گرم از نمونه مرسریزه شده و یک گرم از نمونه‌ی مرسریزه نشده، هریک به صورت جداگانه به مدت ۲ ساعت در ۳۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید باریم قرار داده شدند و سپس ۱۰ میلی‌لیتر از هریک از این محلول‌ها به همراه محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید باریم اولیه با اسید کلریدیک ۰/۱ نرمال تیتر گردیدند. اگر A مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید باریم اولیه، B مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید باریمی باشد که نمونه‌ی مرسریزه شده در آن قرار گرفته است و C مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید باریمی باشد که نمونه‌ی مرسریزه نشده در آن قرار گرفته، لذا عدد باریم می‌تواند از رابطه‌ی (۳) بدست آید.

عدد فعالیت باریم $= (A-B)/(A-C) \times 100$ (۳)

۲-۵- اندازه‌گیری مقادیر k/s نمونه‌های رنگرزی شده

میزان انعکاس نمونه‌های رنگ شده در ۱۶ طول موج مختلف توسط اسپکتروفتومتر انعکاسی TEXFLASH اندازه‌گیری شدند و سپس با استفاده از رابطه (۴) مقدار K/S هر نمونه در کمترین مقدار انعکاس آن نمونه محاسبه گردید.

$K/S = (-1R)^2 / 2R$ (۴)

۲-۶- اندازه‌گیری شاخص بلورینگی نمونه‌های مرسریزه شده با استفاده از طیف مادون قرمز (IR)

به منظور اندازه‌گیری شاخص بلورینگی در نمونه‌های مرسریزه شده و نمونه‌های اولیه، طیف مادون قرمز آنها با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپ FT-IR اندازه‌گیری گردید. بدین منظور مقدار مشخصی از نمونه مورد آزمایش با KBR مخلوط و با کمک دستگاه قرص‌ساز، قرص بسیار نازک و شفافی تهیه گردید و با قرار دادن قرص در دستگاه اسپکتروسکوپ طیف مربوطه حاصل گردید. اختلاف جذب در طول موجهای ۱۱۳۷۲-CM و ۱۲۹۰۰-CM در طیف‌های IR از نمونه‌های مرسریزه شده در مقایسه با نمونه مرسریزه نشده کاملاً مشخص بود. لذا مقدار شاخص بلورینگی برای نمونه‌های مرسریزه شده در شرایط مختلف، همچنین نمونه مرسریزه نشده با کمک مقدار جذب در این دو طول موج و با استفاده از رابطه (۵) تعیین شد.

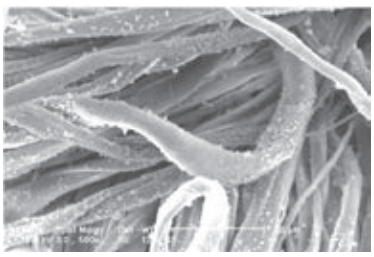
$\alpha_{1372cm^{-1}} / \alpha_{2900cm^{-1}}$ (۵)

نتایج و بحث

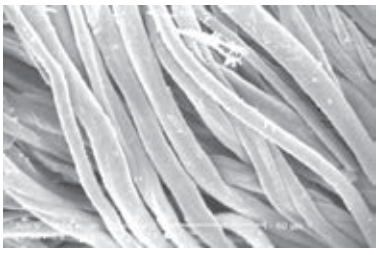
نتایج حاصل از مشاهده ساختار سطحی پارچه‌های مورد آزمایش با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM

شکل‌های ۱ و ۲ ساختار سطحی پارچه‌های مرسریزه شده را نشان می‌دهند.

از مقایسه شکل ۱ که ساختار سطحی پارچه پنبه‌ای خام را نشان می‌دهد با شکل ۲ که ساختار سطحی پارچه پنبه‌ای خام مرسریزه شده را نشان می‌دهد می‌توان گفت



شکل ۱. تصویر الکترونی پارچه خام مرسریزه نشده

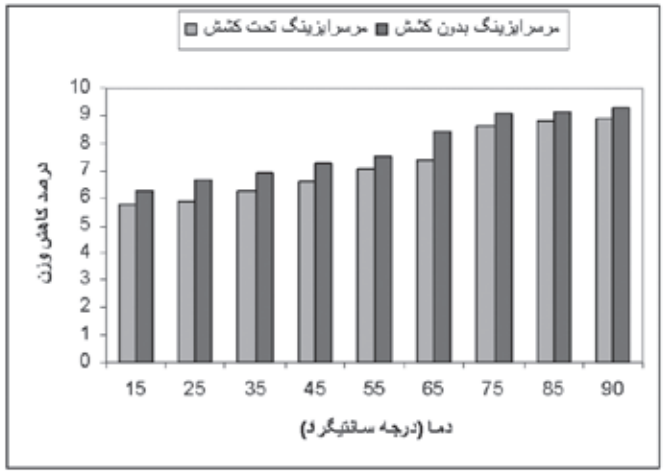


شکل ۲. تصویر الکترونی پارچه خام مرسریزه شده در دمای ۶۵ درجه

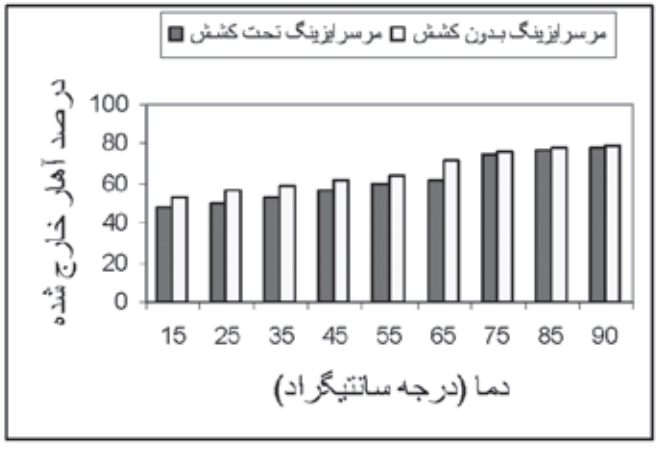
که مرسرایزینگ گرم باعث حذف آهار از پارچه خام شده است.
شکل‌های ۱ و ۲ ساختار سطحی پارچه‌های مرسریزه شده را نشان می‌دهند. از مقایسه شکل ۱ که ساختار سطحی پارچه پنبه‌ای خام را نشان می‌دهد با شکل ۲ که ساختار سطحی پارچه پنبه‌ای خام مرسریزه شده را نشان می‌دهد می‌توان گفت که مرسرایزینگ گرم باعث حذف آهار از پارچه خام شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد کاهش وزن در پارچه‌های خام مرسریزه شده

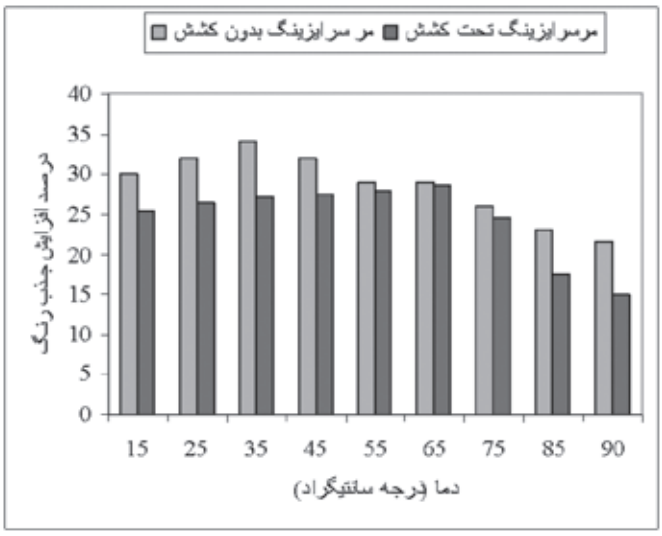
شکل ۳ میانگین کاهش وزن نمونه‌های مرسریزه را در دماهای مختلف نشان می‌دهند. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش دمای مرسرایزینگ، درصد کاهش وزن در پارچه افزایش یافته است و کاهش وزن در پارچه‌هایی که بدون کشش مرسریزه شده‌اند در مقایسه با پارچه‌هایی که تحت کشش مرسریزه شده‌اند از مقدار بیشتری برخوردار بوده است. با افزایش دمای مرسرایزینگ ویسکوزیته‌ی محلول سود کاهش می‌یابد، بنابراین نفوذ سود به داخل ساختار پارچه راحت‌تر صورت می‌گیرد و در نتیجه کاهش وزن بیشتری در پارچه حاصل می‌شود. همچنین کاهش وزن بیشتر در مرسرایزینگ بدون کشش نسبت به مرسرایزینگ تحت کشش به نفوذ راحت‌تر قلیا به داخل ساختار پارچه در مرسرایزینگ بدون کشش مربوط می‌شود. با توجه به اینکه در این پژوهش از پارچه خام استفاده شده است، لذا کاهش وزن حاصله در پارچه می‌تواند یا ناشی از خارج شدن آهار و واکس باشد و یا ناشی از عملیات مرسرایزینگ می‌باشد. شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش دمای



شکل ۳. درصد کاهش وزن در پارچه خام مرسریزه شده



شکل ٤. درصد آهار خارج شده از پارچه خام مرسریزه شده



شکل ۵. درصد افزایش جذب رنگ در پارچه مرسریزه شده و کاستیفیکه شده

مرسرایزینگ مقدار آهار خارج شده از پارچه افزایش یافته است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب رنگ

در شکل ۵ میانگین نتایج درصد افزایش جذب رنگ نمونه‌های مرسریزه و کاستیفیکه شده در دماهای متفاوت آمده است. ماکزیمم جذب رنگ در مرسرایزینگ بدون کشش در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و در مرسرایزینگ تحت کشش در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد اتفاق افتاده است. نفوذ راحت‌تر سود به داخل ساختار پارچه و الیاف در مرسرایزینگ بدون کشش نسبت به مرسرایزینگ تحت کشش باعث شده که ماکزیمم جذب رنگ در مرسرایزینگ بدون کشش در دمای پایین‌تری حاصل شود. بنابراین می‌توان گفت که در مرسرایزینگ گرم در مقایسه با نوع سرد به علت نفوذ کاملتر و بهتر محلول سود، میزان جذب رنگ اندکی افزایش می‌یابد و میزان جذب رنگ در مرسرایزینگ سرد و گرم تابعی از میزان کشش اعمالی می‌باشد.

۳-٤- نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد باریم

به منظور بررسی شدت مرسرایزینگ در نمونه‌های مرسریزه شده در شرایط مختلف، عدد باریم آنها اندازه‌گیری شده است و نتایج حاصل در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش دمای مرسرایزینگ عدد فعالیت باریم ابتدا افزایش یافته و سپس با افزایش بیشتر دما این فاکتور کاهش یافته است. کاهش عدد فعالیت باریم برای مرسرایزینگ بدون کشش در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و برای مرسرایزینگ تحت کشش در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد اتفاق

جدول ۱. عدد باریم برای پارچه مرسریزه شده

دمای مرسرایزینگ (C°)	عدد باریم در پارچه کاستیفیکه شده	عدد باریم در پارچه مرسریزه شده
۱۵	۱۳۸	۱۳۱
۲۵	۱۴۲	۱۳۶
۴۵	۱۴۸/۵	۱۴۳
۶۵	۱۴۷	۱۴۶
۸۵	۱۴۱/۵	۱۳۸/۵
پارچه آهارگیری و پخت شده	۱۰۲	

افتاده است. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد فعالیت باریم نمونه‌های مرسریزه شده با نتایج مربوط به جذب رنگ و نتایج شاخص بلورینگی نمونه‌ها هماهنگی دارد.

نتایج تعیین تغییرات ساختار بلوری نمونه‌های مرسریزه شده در دماهای مختلف از طریق اندازه‌گیری طیف مادون قرمز (IR)

جدول ۲ شاخص بلورینگی را برای پارچه‌های مرسریزه شده و کاستیفیکه شده در دماهای مختلف، همچنین برای پنبه مرسریزه نشده نشان می‌دهد. همانگونه که از جدول ۲ مشاهده می‌شود شاخص بلورینگی در نمونه‌های مرسریزه شده در تمام شرایط نسبت به پنبه مرسریزه نشده کاهش یافته است که این بیانگر تغییراتی در ساختار سلولز می‌باشد و میزان این تغییرات به دمای عملیات و میزان تنش اعمالی بستگی دارد. شاخص بلورینگی در نمونه‌هایی که مرسریزه شده‌اند نسبت به نمونه‌هایی که کاستیفیکه شده‌اند بیشتر می‌باشد که این را شاید بتوان به جهت‌گیری زنجیرهای سلولزی در مرسرایزینگ تحت کشش نسبت داد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که با افزایش دمای عملیات در مرسرایزینگ بدون کشش تا دمای ۳۵ درجه سانتیگراد شاخص بلورینگی کاهش یافته است و سپس با افزایش بیشتر دما این فاکتور افزایش یافته است.

کاهش اولیه در شاخص بلورینگی را می‌توان به تبدیل سلولز I به سلولز II نسبت داد و افزایش مجدد آن را شاید بتوان به تبدیل سلولز II به ترکیبی مشابه سلولز I ارتباط داد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد بلورینگی پارچه مرسریزه شده با استفاده از پراش اشعه X

تعدادی از نمونه‌های مرسریزه شده در شرایط مختلف تحت پراش اشعه X قرار گرفتند که نتایج مربوط به نمونه‌های مرسریزه شده و کاستیفیکه شده در دماهای مختلف در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دمای عملیات در مرسرایزینگ بدون کشش تا دمای ۴۵ درجه سانتیگراد درصد بلورینگی کاهش یافته است و سپس با افزایش بیشتر دما این فاکتور افزایش یافته است. کاهش اولیه در درصد بلورینگی را می‌توان به تبدیل سلولز I به سلولز II نسبت داد و افزایش مجدد آن را شاید بتوان به تبدیل سلولز II به ترکیبی مشابه سلولز I ارتباط داد.

جدول ۲. شاخص بلورینگی برای پارچه پنبه‌ایی مرسریزه شده

دمای مرسرایزینگ (C°)	شاخص بلورینگی در پارچه مرسریزه شده بدون کشش $(A(۱۳۷۲)/A(۲۹۰۰)CM^{-۱})$	شاخص بلورینگی در پارچه مرسریزه شده تحت کشش $(A(۱۳۷۲)/A(۲۹۰۰)CM^{-۱})$
۱۵	۰/۷۲	۰/۷۵
۲۵	۰/۷۱	۰/۷۳
۳۵	۰/۶۹	----
٤۵	۰/۶۹	۰/۷۳
٦۵	۰/۷	۰/۷٤
۸۵	۰/۷۵	۰/۸
پارچه آهارگیری و پخت شده	۰/۹	

جدول ۳. درصد بلورینگی در پارچه پنبه‌ایی مرسریزه شده

دمای مرسرایزینگ) (درجه سانتیگراد	درصد بلورینگی در مرسرایزینگ بدون کشش	درصد بلورینگی در مرسرایزینگ تحت کشش
۱۵	۵۵	۵۷/۵
۴۵	۵۲/۵	۵۵/۵
۶۵	۵۳	۵۷

نتیجه‌گیری

۱. در دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد امکان همزمان کردن عملیات آهارگیری، پخت و مرسرایزینگ کالای پنبه‌ای وجود دارد.

۲. در مرسرایزینگ بدون کشش و با افزایش دما مقدار جذب رنگ افزایش یافته و در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به حداکثر مقدار خود رسیده است، حال آنکه در مرسرایزینگ تحت کشش حداکثر جذب رنگ در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد اتفاق افتاده است.

۳. نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد فعالیت باریم نمونه‌های مرسریزه شده با نتایج مربوط به جذب رنگ و نتایج ایندکس و درصد بلورینگی نمونه‌ها کاملاً هماهنگی دارد.

پانوشت

۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

۲دانشکده نساجی، دانشکده صنعتی اصفهان

۳دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴دانشکده نساجی، دانشگاه امیرکبیر تهران

مراجع

[۱] S. I. KIM, E. S. LEE, AND H. S. YOON, MERCERIZATION IN DEGASSED SODIUM HYDROXIDE SOLUTION, FIBERS AND POLYMERS, VOL.7, ISSUE.2, PP. 186-190, 2006.

[2] T. HAGA, AND T. TAKAGISHI, STRUCTURAL CHANGE IN MERCERIZED COLLON FIBERS ON CELLULASE TREATMENT, JOURNAL APPLIED POLYMER SCIENCE, VOL.80, PP. 1675-1680, 2001.

[3] T. WAKIDA, M. LEE, S-J. PARK, M. SATTO, EFFECT OF HOT MERCERIZATION ON LIQUID AMMONIA TREATED COTTONS, FIBER, VOL. 58, ISSUE.5, PP. 185-187, 2002.

[4] C. QIN, N. SOYKEABKAEW, N. XIUYUAN AND T. PEIJS, THE EFFECT OF FIBER VOLUME FRACTION AND MERCERIZATION ON THE PROPERTIES OF ALL CELLULOSE COMPOSITES, CARBOHYDRATE POLYMERS, VOL. 71, ISSUE 3, PP. 458-467, 2008.

[5] J. VINCENT, J. PHILLIP AND A. BARBARA, SWELLING OF COTTON WITH SODIUM HYDROXIDE, IN HANDBOOK OF COTTTON FIBER CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, TAYLOR AND FRANCIS, PP.83-85, 2006.