مجله علوم و فناوری نساجی
سال پنجم، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۴
صفحه ۴۹-۴۳، ۱۳۹۴
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مقاله بخش صنعت

اتری‌شدن سطحی پارچه پنبه‌ای با انرژی مایکروویو برای افزایش جذب رطوبت

Surface Etherification of Cotton Fabric for Enhanced Water Absorption Using Microwave Energy

احمد هیوه‌چی*

مرکز تحقیقات توسعه و کیفیت سازمان اتکا، تهران، ایران

چکیده

جذب رطوبت پارچه یکی از مهم‌ترین عوامل برای میزان راحتی است. پارچه باید این قابلیت را داشته باشد تا رطوبت حاصل از تعرق را جذب و به محیط منتقل کند. در این پژوهش از واکنش اتری‌شدن با انرژی مایکروویو برای افزایش جذب رطوبت پارچه پنبه‌ای استفاده شد. طی این واکنش گروه‌های کربوکسیلیک اسید جایگزین گروه‌های هیدروکسیل پنبه می‌شوند. از آنجا که گروه‌های کربوکسیلیک اسید قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی با دو مولکول آب را دارند، نسبت به گروه‌های هیدروکسیل که تنها با یک مولکول آب پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند، جذب رطوبت و آب بیشتری از خود نشان می‌دهد. طی عملیات اصلاح پارچه پنبه‌ای از انرژی مایکروویو با توان ۸۸۵ W به‌مدت ۶ min استفاده شد. اصلاح پارچه به این روش باعث افزایش ٪۴۸ جذب رطوبت و ٪۴۳ جذب آب شده است. مدل ارائه شده در مقاله نشان می‌دهد، زمان اشباع پارچه اصلاح شده به‌طور معناداری افزایش یافته است. همچنین، زاویه تماس بین قطره و پارچه از ۱۴۰ به ۳۰ درجه کاهش پیدا کرد. در نهایت برای بررسی تشکیل پیوند شیمیایی بین مونوکلرواستیک اسید و سلولوز از طیف‌سنجی زیرقرمز استفاده شد.

کلمات کلیدی

پنبه،
انرژی مایکروویو،
اتری‌شدن،
جذب رطوبت

مقدمه

ایران به دلیل قرار گرفتن در نزدیکی استوا، دارای هوایی گرم است. با توجه به دمای زیاد، شرایط زندگی در این مناطق دشوار است. بنابراین طراحی لباسی مناسب برای این مناطق بسیار مهم است. از دید نساجی، عاملی با نام راحتی (comfort) معرفی می‌شود که راحتی فردی را که لباس بر تن اوست معین می‌کند. برای تولید منسوجات راحت‌تر سه روش، اصلاح بافت، دوخت و اصلاح شیمیایی پارچه وجود دارد. با توجه به هزینه زیاد تغییر خط تولید و تغییر بافت یا دوخت پارچه، روش سوم یعنی اصلاح شیمیایی پارچه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

بدن انسان سعی می‌کند، دمای درونی خود را در محدوده ۳۷±۱°C نگه دارد. بدن با استفاده از چهار سازوکار رسانایی، همرفت، تابش و تبخیر، گرما را انتقال داده و دمای خود را در این محدوده نگه می‌دارد. در فعالیت‌های شدید بدنی مانند ورزش (تنیس، فوتبال و ...) و کارهای طاقت‌فرسا، تنش گرمایی حدود ۸۰۰-۱۳۰۰ W در اثر متابولیسم بدن ایجاد می‌شود؛ در فعالیت‌های ورزشی ٪۸۰ انرژی به گرما تبدیل می‌شود. در این شرایط تبخیر تنها راه رهایش گرماست. مقدار گرمای خارج شده از بدن به نرخ تبخیر عرق وابسته است، که خود به ظرفیت تبخیر محیط اطراف بستگی دارد[۱].

دانشمندان زیادی برای کاهش این تنش، مطالعات مختلفی انجام داده‌اند. این مقدار گرما می‌تواند دمای درون بدن را ۱/۵-۲°C افزایش دهد. دستیابی به دمای بدن پایدار به تعادل بین گرمای ایجاد شده به‌کمک متابولیسم بدن، گرمای جذب شده از محیط و گرمای آزاد شده با سازوکارهای رسانایی، همرفت، تابش و تبخیر بستگی دارد. این تعادل را می‌توان به شکل معادله (۱) نوشت:

$$\pm Q_S = Q_M - (\pm W) - Q_E \pm Q_K \pm Q_C \pm Q_R \quad (\frac{W}{m^2}) \quad (۱)$$

در این معادله، Q گرمای منتقل شده و W نشان‌دهنده

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: ahmadhivechi@yahoo.com

کار انجام شـــده توسط بدن است. زیروندهای S گرمای ذخیره شده، M متابولیسم بدن، E تبخیر، K رسانایی گرمایی، C همرفت گرمایی و R تابش گرمایی است. همان‌طور که معادله (۱) نشان می‌دهد، متابولیسم بدن همواره مقدار گرمای ذخیره شده در بدن را افزایش می‌دهد و تبخیر همواره به دنبال کاهش گرمای بدن اســت. در تعادل گرمایی، مقدار Q_s برابر صفر است؛ ولی هنگام فعالیت بدنی Q_s افزایش می‌یابد که به افزایش دمای بدن منجر می‌شـــود[۲]. در حالت عادی تنها ٪۲۵ از اتلاف گرما توسط تبخیر آب صورت می‌گیرد، در حالی که این مقدار هنگام فعالیت شدید به ٪۸۰ می‌رسد[۳].

بدن برای کنترل دمای درون بدن عرق می‌کند و گرمای لازم برای تبخیر آب باعث خنک‌شدن بدن می‌شود. تعرق بدن می‌تواند به مقدار ۲/۵ L/h نیز برسد. پس نیاز کاربردی لباس هنگام فعالیت‌های شدید بدنی، جذب عرق، خشک و خنک نگه‌داشتن بدن است[۴]. تنفس‌پذیری و مدیریت رطوبت پارچه مشخص‌کننده راحتی فیزیولوژیکی گرمایی اســـت. این پارامتر بیانگر گرما و رطوبت عبور کرده از پارچه است. سه سازوکار عمده برای انتقال رطوبت از پارچه وجود دارد [۵]:

- نفوذ به دلیل اختلاف رطوبت در پارچه و پوست،
- جذب و واجذب رطوبت از طریق مکان‌های آبدوست سطح پارچه و
- برخورد هوا به پارچه در اثر تحرک فرد و پدیده همرفت.

بنابراین در شرایط سخت محیطی (گرم و مرطوب)، پارچه باید علاوه بر جذب رطوبت سریع، بتواند رطوبت را به‌خوبی انتقال دهد. نتایج پژوهشی نشان داده است، مقدار رطوبت بین پوست و پارچه راحتی منسوج را معین می‌کند. به‌طور کلی، پذیرفته شـــده است که لباس به عنوان مانعی برای تبخیر عرق عمل کرده و در شرایط گرم و مرطوب به ضرر تنظیم دمای بدن است [۲].

Brownlie و همکاران [۶] در پژوهشـــی نشان داده‌اند، محدودیت در تنفس‌پذیری رطوبتی باعث افزایش تنش گرمایی در فعالیت‌های بدنی می‌شـــود. در مطالعه‌ای Scheurell [۷] و همکاران مشاهده کرده‌اند که با افزایش رطوبت جذب شـــده و رسیدن به نقطه اشباع پارچه، رضایت و راحتی فرد کاربر کاهش می‌یابد. بنابراین از روش‌های مختلفی برای بهبود انتقال رطوبت از روی پوســـت به محیط استفاده شده است. در مطالعات مختلف با تغییر در طراحی الیاف، نخ، پارچه یا تکمیل پارچه برای مدیریت بهتر رطوبت انجام شده است [۴].

بدن گرمـــای خود را از راه تعرق، و به حالت بخـــار آب، از بدن خارج می‌کند. پس اگر بتوان تعرق را به روشـــی مناسب از سطح بین پارچه و پوست حذف کرد، احساس راحتی بیشتری به فرد کاربر منتقل می‌شود. از این رو، در پژوهش حاضر سعی شد تا منسوجاتی تهیه شود که قابلیت انتقال و جذب رطوبت بیشتری داشته باشند تا بتوانند رطوبت حاصل از تعرق را جذب کرده و از تجمع تعرق و گرما بین منسوج و بدن جلوگیری کرده تا فرد گرمای کمتری احساس کند [۱۰-۸].

از آنجا که بیشتر منســـوجات از مخلوط الیاف سلولوزی و مصنوعی، مانند ویسکوز-نایلون، پنبه-پلی‌استر و ... تهیه می‌شوند، تمرکز این طرح روی منســـوجات سلولوزی است. در این پژوهش از جایگزینی گروه‌های عاملی آبدوســـت‌تر، به جای گروه‌های هیدروکسیل سلولوز استفاده شد. در این مطالعه، از واکنش اتری‌شـــدن (etherification)، برای جایگزینی گروه کربوکســـیل (-COO) به جای هیدروکسیل (OH) استفاده شد. در گذشـــته از اکسایش سطحی ســـلولوز برای افزایش جذب رطوبت اســـتفاده می‌شده اســـت؛ این روش به کاهش شدید خواص مکانیکی پارچه منجر می‌شود [۱۱]. در پژوهش حاضر از امواج مایکروویو برای تسریع واکنش و انجام واکنش در سطح استفاده شد. هدف از این مطالعه افزایش جذب رطوبت و عدم کاهش خواص مکانیکی است.

تجربی

مواد و دستگاه‌ها

مواد اولیه استفاده شده در این پژوهش شامل اتانول ٪۹۶، مونوکلرواستیک اســـید و ســـدیم هیدروکســـید بود. اتانول ٪۹۶ از شـــرکت Aldrich، مونوکلرواستیک اسید ($ClCH_2COOH$) و سدیم هیدروکسید (NaOH) از شـــرکت Merck تهیه شدند. برای انجام آزمون‌ها از سانتریفوژ شرکت Heidolph، ترازوی سه رقم اعشار شرکت OHAUS-Explorer، مایکروویو شرکت Samsung و آون آزمایشگاهی استفاده شد.

روش‌ها

اصلاح پارچه پنبه‌ای

در این پژوهش از دو نسبت شیمیایی مختلف برای اصلاح سطحی استفاده شده است (جدول ۱). ابتدا سدیم هیدروکسید و مونوکلرو استیک اسید به کمک ترازو وزن شده و به ترتیب در ۵ mL آب و ۳۵ mL اتانول حل می‌شوند تا محلول‌هایی کاملا شفاف به دست آیند. سپس محلول سدیم هیدروکسید به مونوکلرواستیک اسید اضافه می‌شود تا محلولی شیری رنگ به‌وجود آید. ســـپس ۱ g پارچه وزن شده و درون محلول قرار داده می‌شود. عملیات مایکروویو با قدرت امواج ۴۹۰ W به مدت ۱۲ min انجام

جدول ۱- نسبت و مقدار مواد شیمیایی استفاده شده برای اصلاح سطحی.

نوع پارچه	نسبت استوکیومتری	مونوکلرو استیک اسید (g)	سدیم هیدروکسید (g)
اصلاح نشده	۰	۰	۰
اصلاح شده با نسبت شیمیایی ۰/۵	۰/۵	۰/۲۹	۰/۲۵
اصلاح شده با نسبت شیمیایی ۱	۱	۰/۵۸	۰/۴۹

می‌شـــود [۱۲]. پس از پایان عملیات پارچه با آب مقطر شسته و در آون خشک می‌شود.

سینتیک جذب رطوبت

برای بررسی ســـینتیک جذب رطوبت، افزایش وزن پارچه در اثر جذب رطوبت، در زمان‌های مختلف و دمای ثابت اندازه‌گیری شد. ابتدا پارچه در دمای ۱۲۰°C به‌مدت ۱ h در آون قرار داده شد. سپس پارچه از آون خارج شده و در دسیکاتور (به همراه مواد جاذب الرطوبه) قرار داده شد تا خنک شوند [۱۳]. پس از آن، پارچه در شرایط محیطی قرار گرفته و وزن آن‌ها در زمان‌های مختلف ثبت شد. سپس با نرم‌افزار Excel، نمودار سینتیک جذب رطوبت برای پارچه‌های اصلاح شده و نشده رسم شد. رطوبت نسبی و دمای محیط آزمایشگاه به ترتیب ٪۴۵ و ۳۰°C بوده است.

بررسی جذب آب

برای مطالعه ظرفیت جذب آب، از آزمایش سانتریفوژ پارچه خیس استفاده شد. در این آزمایش ابتدا پارچه‌های اصلاح شده و نشده به مدت ۱۵ min در آب قرار داده شد؛ سپس نمونه‌ها با سرعت‌های ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ rpm ســـانتریفوژ شدند و وزن پارچه‌ها پس از سانتریفوژ ثبت شدند. و در پایان، نتایج با نرم‌افزار اکسل تحلیل شدند.

تهیه نمونه میکروسکوپ نوری و زاویه تماس

برای ثبت تصویر الیاف، از میکروسکوپ نوری شرکت Carl Zeiss استفاده شـــد. برای تهیه نمونه، ابتدا یک نخ از پارچه بیرون آورده و روی لام قرار داده شد.

در مرحله بعد با اســـتفاده از تیغ مخصوص مقطع بسیار کوچکی از نخ بریده و روی لام قرار داده شـــد. ســـپس لامل روی الیاف بریده شده قرار داده شد و مقداری روغن با ضریب شکست ۱/۴۷۵ از کنار لامل وارد شد تا روغن بین لام و لامل نفوذ کند [۱۴]. سپس، نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری و عدســـی شیئی ۱۰x بررسی شدند. تصاویر قرار داده شده در این مقاله با دوربین چشمی طراحی شده برای رایانه به ثبت رسیده‌اند. زاویه تماس قطره آب و پارچه طبق روش استاندارد انجام شد [۱۵]. از دوربین مخصوص شرکت Sony ســـاخت کشور ژاپن برای ثبت تصاویر استفاده شده است.

طیف‌سنجی زیرقرمز

برای تایید اتصال گروه کلرواســـتیک اسید به زنجیر مولکولی سلولوز از طیف‌ســـنجی زیرقرمز اســـتفاده شده است. از دســـتگاه زیرقرمز ساخت شـــرکت Thermo Nicolet مدل NEXUS670 استفاده شد. دستگاه روی حالت ATR قرار داده شد و طیف IR نمونه‌های پارچه از $1200\ cm^{-1}$ تا $4000\ cm^{-1}$ ثبت شدند.

آزمون کشش و استحکام پارچه

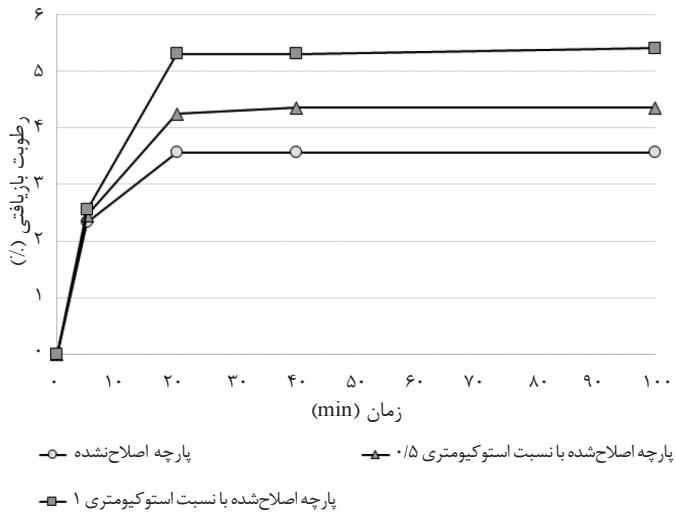
برای این آزمون از دســـتگاه آزمون کشـــش مدل ۵۵۶۶ ساخت شرکت Instron آمریکا استفاده شده است. برای یکسان‌سازی نتایج، آزمون طبق اســـتاندارد ASTM D5035 انجام شد [۱۶]. ابتدا پارچه در ابعاد ۲/۵ در ۱۵ cm در راســـتای تار پارچه بریده شده و به نحو مناسب بین فک‌های دستگاه قرار داده می‌شود. لود سل مورد استفاده برای بررسی پارچه‌ها از نوع ۱۰kN بوده اســـت. اندازه‌گیری برای هر نمونه سه بار تکرار و متوسط استحکام سه اندازه‌گیری گزارش شده است.

نتایج و بحث

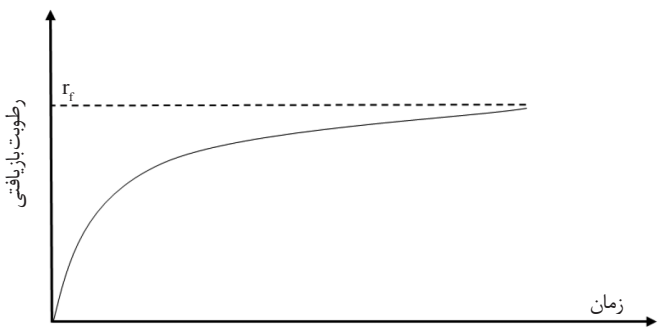
پارچه پنبه‌ای طبق روش گزارش شـــده در بخش تجربی، با دو نســـبت استوکیومتری ۱ و ۰/۵ اصلاح شدند. برای بررسی اثر فرآیند، روی خواص نهایی پارچه، از آزمون‌هایی ســـینتیک جـــذب رطوبت، جذب آب، زاویه تماس و شکل الیاف استفاده شد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

سینتیک جذب رطوبت

اصلاح پارچه پنبه‌ای طبق روش ارائه شـــده در بخش تجربی انجام شد. ســـپس ســـینتیک جذب رطوبت پارچه‌های اصلاح شده و نشده، طبق روش‌های ارائه شده در بخش تجربی انجام شد که نتایج آن در شکل ۱ و جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت، جذب



شکل ۱- نمودار سینتیک جذب رطوبت.



شکل ۲- سینتیک جذب رطوبت منسوجات.

جدول ۲- رطوبت بازیافتی پارچه‌های اصلاح شده و نشده در زمان‌های مختلف.

نوع پارچه	رطوبت بازیافتی در زمان‌های مختلف (٪)				
	۰	۵ min	۲۰ min	۴۰ min	۱۰۰ min
پارچه اصلاح نشده	۰	۲/۳۳	۳/۵۷	۳/۵۷	۳/۵۷
پارچه اصلاح شده با نسبت ۰/۵	۰	۲/۴۵	۴/۲۵	۴/۳۶	۴/۳۶
پارچه اصلاح شده با نسبت ۱	۰	۲/۵۵	۵/۳۱	۵/۳۱	۵/۳۱

رطوبت پارچه پنبه‌ای پس از اصلاح از ٪۳/۵ به ٪۴/۴ و با افزایش نسبت استوکیومتری مواد درون حمام اصلاح، به ٪۵/۳ افزایش یافته است. این نتایج مؤید این موضوع است که اصلاح پارچه پنبه‌ای باعث افزایش جذب رطوبت شده است. عموماً سینتیک جذب رطوبت منسوجات مانند شکل ۲ است، به گونه‌ای که تغییرات رطوبت نسبت به زمان برابر ضرب عدد ثابتی (k) در اختلاف بین حالت تعادلی نهایی و کنونی ارتباط خواهد شد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{dr}{dt} = k\,(r_f - r) \qquad (۲)$$

بنابراین می‌توان نوشت:

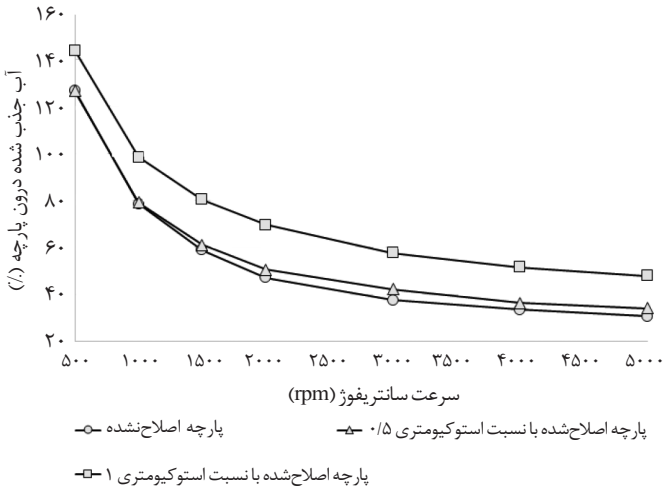
$$\Rightarrow \frac{dr}{(r-r_f)} = -kdt \Rightarrow \int_0^r \frac{dr}{(r-r_f)} = \int_0^t -kdt$$

$$\Rightarrow \ln(r-r_f)\Big|_0^r = -kt\Big|_0^t \Rightarrow \ln(\frac{r-r_f}{-r_f}) = -kt \qquad (۳)$$

$$\Rightarrow \frac{r-r_f}{-r_f} = e^{-kt} \Rightarrow r - r_f = -r_f e^{-kt}$$

$$r = r_f\,(1-e^{-kt})$$

با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و قراردادن داده‌های جذب رطوبت



شکل ۳- جذب آب پارچه‌های مختلف در سرعت‌های متفاوت.

جدول ۳- مقادیر k و r_f محاسبه شده برای پارچه‌های اصلاح شده و نشده.

نوع پارچه	k	r_f	R^2
پارچه اصلاح نشده	۰/۲۱۰۸	۳/۵۸۶	۰/۹۹۹۸
پارچه اصلاح شده با نسبت ۰/۵	۰/۱۶۵۳	۴/۳۷۶	۰/۹۹۹۹
پارچه اصلاح شده با نسبت ۱	۰/۱۳۴۲	۵/۴۵۲	۰/۹۹۶۵

در زمان‌های مختلف، بهترین نمودار بر داده‌ها برازش شد و مقادیر r_f و k محاسبه شده و در جدول ۳ آمده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت، اصلاح پارچه پنبه‌ای باعث افزایش جذب رطوبت تعادلی (یا نهایی) پارچه شده است. ولی از سوی دیگر مقدار k کاهش چشمگیری داشته است. برای پاسخ‌دادن به این سوال که چرا k کاهش یافته، باید به معادله (۳-۱) توجه شود.

اگر فرض شود مقدار $(r_f\text{-}r)$ ثابت باشد، با افزایش k مقدار dr/dt افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان گفت k از جنس سرعت است. هر چه مقدار k بیشتر باشد، سرعت اشباع پارچه افزایش می‌یابد. با افزایش k، پارچه در زمان کمتری به اشباع می‌رسد. از آنجا که هدف ما افزایش زمان رسیدن به اشباع پارچه است، کاهش این پارامتر مناسب خواهد بود.

با توجه به معادله به‌دست آمده از انتگرال‌گیری می‌توان نوشت:

$$\ln(\frac{r-r_f}{-r_f}) = -kt \qquad (۴)$$

با درنظرگرفتن ۴ زمان لازم برای رسیدن به ٪۹۵ رطوبت اشباع به دست خواهد آمد:

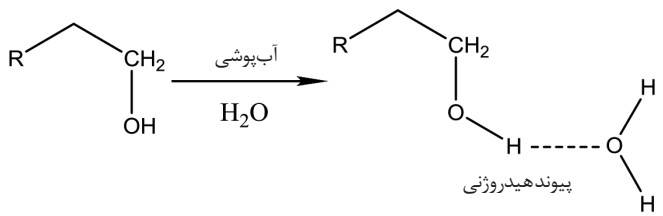
$$\ln(\frac{r-r_f}{-r_f}) = \ln(\frac{0.95r_f - r_f}{-r_f}) = \ln(\frac{-0.05r_f}{-r_f}) = \ln(0.05)$$

$$\Rightarrow \ln(0.05) = -kt \quad \Rightarrow -2.996 = -kt \quad \Rightarrow t = \frac{2.996}{k} \qquad (۵)$$

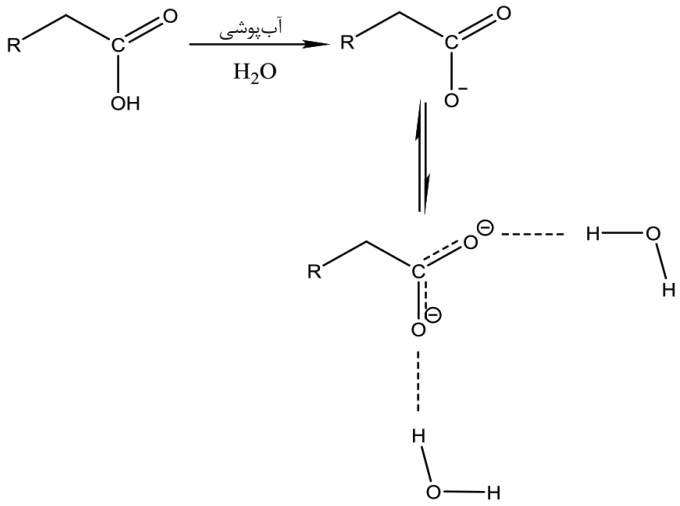
پس می‌توان گفت زمان اشباع پارچه اصلاح نشده، اصلاح شده با نسبت ۰/۵ و ۱ به ترتیب برابر ۱۴/۲۱، ۱۸/۱۲ و ۲۲/۳۲ min خواهد بود. بنابراین اصلاح سطحی پارچه باعث افزایش زمان اشباع پارچه شده است. افزایش زمان اشباع باعث افزایش کارایی منسوج برای مناطق شرجی خواهد شد.

جذب آب پارچه

جذب آب پارچه‌ها طبق روش گزارش شده در بخش تجربی انجام شد



شکل ۴- پیوند هیدروژنی گروه هیدروکسیل با آب.



شکل ۵-پیوند هیدروژنی گروه کربوکسیل با آب.

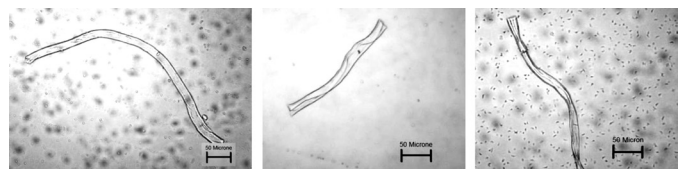
که نتایج آن در شکل ۳ آمده است. این نمودار نشان می‌دهد، ظرفیت جذب آب پارچه از ٪۳۰ به ٪۳۴ و ٪۴۷ افزایش یافته است. همان‌طور که در مقدمه بدان اشـــاره شد، پارچه پنبه‌ای از سلولوز تشکیل شده است. پلیمر تشکیل دهنده سلولوز β-4,1-D گلوکوپیرانوز است [۱۷]؛ که هر واحد انیدروگلوکوز دارای ۳ گروه هیدروکسیل است. هر گروه هیدروکســـیل قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی (مستقیم) را تنها با یک مولکول آب دارد (شکل ۴).

پس از واکنش اتری شدن، گروه کربوکسیل روی سطح سلولوز قرار می‌گیرند؛ به دلیل توانایی بیشـــتر گروه کربوکسیل برای ایجاد پیوند هیدروژنی بـــا آب، ظرفیت جذب رطوبت و آب پارچه اصلاح شـــده افزایش خواهد یافت (شکل ۵).

بررسی میکروسکوپی و زاویه تماس

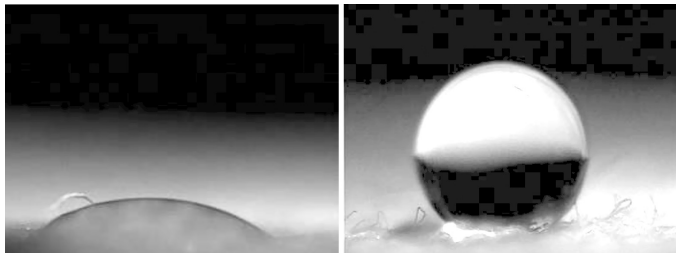
برای بررســـی اثر واکنش اتری‌شـــدن بـــا امواج مایکروویـــو، تصاویر میکروســـکوپی از الیاف اصلاح شده و نشده تهیه شد که در شکل ۶ نشان داده شده است.

الیـــاف پارچه پنبه‌ای قبل از اصلاح به صورت روبانی شـــکل و پیچ خورده هستند، که پس از عملیات مایکروویو تا حدودی متورم شده‌اند. دلیل این پدیده جایگزین شـــدن گروه‌های حجیم کلرواستیک اسید به جای هیدروکســـیل اســـت که باعث افزایش فاصله بین زنجیرهای پلیمری سلولوز شده و در نهایت به تورم الیاف منجر می‌شود. از تصاویر میکروســـکوپ نوری می‌توان نتیجه گرفت، مونوکلرو اســـتیک اسید



(الف) (ب) (ج)

شـــکل ۶- تصاویر میکروســـکوپ نوری الیاف: (الف) پارچه اصلاح نشده، (ب) پارچه اصلاح شده با نسبت ۰/۵ و (ج) پارچه اصلاح شده با نسبت ۱.



(الف) (ب)

شکل ۷- زاویه تماس قطره آب و سطح: (الف) اصلاح نشده و (ب) اصلاح شده با نسبت ۰/۵.

به خوبی با الیاف واکنش داده اســـت. زاویه تماس قطره آب با ســـطح پارچه‌های اصلاح شده و نشده در شکل ۷ نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شـــکل ۷ مشاهده می‌شود، اصلاح سطحی باعث کاهش زاویه تماس بین قطره و ســـطح پارچه شـــده است. در نمونه اصلاح شده با نسبت ۱ به دلیل آبدوستی زیاد پارچه، قطره آب سریعا جذب شـــده و امکان تصویربرداری از آن وجود نداشت. پس می‌توان نتیجه گرفت، افزایش نســـبت مواد شیمیایی باعث افزایش آبدوستی ســـطح پارچه شده است. این پدیده به علت افزایش مکان‌های جذب آب صورت می‌گیرد.

طیف‌سنجی زیرقرمز

طیف‌ســـنجی زیرقرمز طبق روش ذکر شده انجام شد و نتایج آن در شکل ۸ گزارش شد.

همان‌گونه که در طیف زیرقرمز مشـــاهده می‌شـــود، وجود پیک در عددهای موجی ۳۳۵۰ (O-H کششی)، ۲۹۰۰ (C-H sp^3 کششی) و ۱۴۲۹ (خمش قیچی مانند CH) نشـــان‌دهنده ساختار سلولوز است. پس از اصـــلاح پارچه به‌کمک امواج مایکروویو، پیکی در عدد موجی ۱۶۰۰ cm^{-1} به طیف اضافه شده است که نشانگر گروه عاملی COO^- است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، اتصال مونوکلرواستیک اسید به سلولوز انجام شده است.

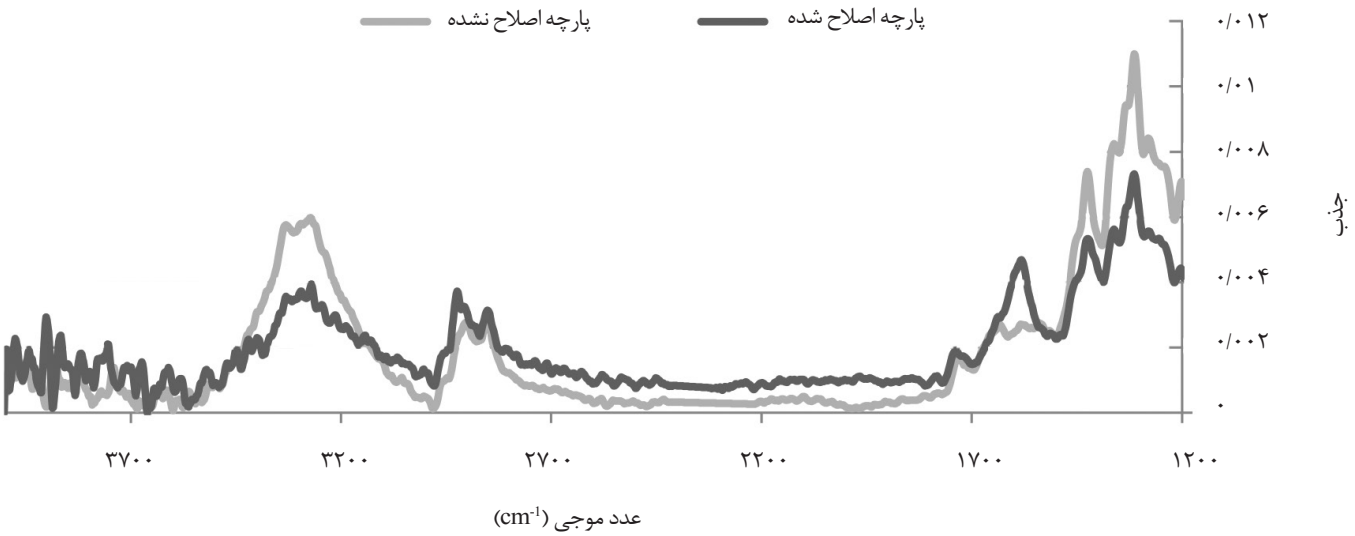
خواص مکانیکی

یکی از نکاتی که امکان دارد، طی عملیات شیمیایی پارچه رخ دهد، کاهش استحکام آن است. برای بررسی این موضوع از دستگاه کشش استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

برای بررســـی معناداربودن اثر شرایط روی اســـتحکام پارچه‌ها از تحلیل واریانس (ANOVA) اســـتفاده شـــد. برای این کار از نرم‌افزار

جدول ۴- نتایج آزمون استحکام کششی پارچه‌های اصلاح شده و نشده.

تکرار	۱	۲	۳	متوسط
پارچه اصلاح نشده	۵۴۹	۵۸۹	۵۴۹	۵۶۲
پارچه اصلاح شده با نسبت ۰/۵	۵۳۵	۵۵۵	۵۳۵	۵۴۱
پارچه اصلاح شده با نسبت ۱	۴۹۹	۵۲۳	۵۶۶	۵۲۹



شکل ۸- طیف زیرقرمز پارچه‌های اصلاح شده و نشده.

SPSS استفاده شـــد. طبق نتایج تحلیل واریانس، اصلاح پارچه‌های پنبه‌ای اثر معناداری روی استحکام پارچه نداشته است.

نتیجه گیری

اســـاس این روش جایگزین کـــردن گروه‌های آبدوســـت‌تر به جای گروه‌های هیدروکســـیل موجود در ساختار پنبه است. بدین منظور، طـــی واکنـــش، مونوکلرواســـتیک اســـید ($ClCH_2COOH$) با پنبه واکنش داده شـــد. جایگزین شدن گروه کربوکسیل (COO^-) با گروه هیدروکسیل (OH) موجب آبدوست‌تر شدن و افزایش جذب رطوبت پنبه شد. نتایج حاصل از میکرسکوپ نوری نشان داد.

در پنبه عمل‌آوری شـــده بـــا امواج مایکروویو، تـــا حدی تورم در ســـاختار آن قابل مشاهده است که نشـــان‌دهنده واکنش مونوکلرو استیک اسید با پنبه است، همچنین نتایج حاصل از تحلیل ATR نیز اتصال گروه مونوکلرو استیک اسید به زنجیر مولکولی سلولوز را تأیید کرد. منســـوجات پنبه‌ای تهیه شده می‌توانند در تولید لباس‌های زیر برای مناطق شرجی، حوله با جذب رطوبت زیاد و لباس‌های ورزشی استفاده شوند.

مراجع

1. Shirreffs S.M., Aragon-Vargas L.F., Chamorro M., et al., The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat, *Int. J. Sports. Med.*, 26, 90-95, 2005.
2. Gavin T.P., Clothing and Thermoregulation during Exercise, *Sport. Med.*, 33, 941-947, 2003.
3. Davis J.K., Bishop P.A., Impact of clothing on exercise in the heat, *Sport. Med.*, 43, 695-706, 2013.
4. Manshahia M., Das A., High active sportswear – A critical review, *Indian J. Fibre. Text. Res.*, 39, 441-449, 2014.
5. Das B., Das A., Kothari V., et al., Moisture Transmission through textiles Part II : Evaluation methods and mathematical modelling, *AUTEX Res. J.*, 7, 194-216, 2007.
6. Brownlie L., Mekjavc I., Banister E., Thermoregulation in athletic racing apparel Ann, Physiol. Anthropol., 6, 145-155, 1987.
7. Scheurell D.M., Spivak S.M., Hollies N.R.S., Dynamic surface wetness of fabrics in relation to clothing comfort, *Text. Res. J.*, 55, 394–399, 1985.
8. Okubayashi S, Griesser U.J., Bechtold T, Moisture sorption/Desorption behavior of various manmade cellulosic fibers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 97, 1621-1625, 2005.
9. Okubayashi S., Griesser U.J., Bechtold T., A kinetic study of moisture sorption and desorption on lyocell fibers, *Carbohydr. Polym.*, 58, 293-299, 2004.
10. Kohler R., Alex R., Brielmann R., Ausperger B., A new kinetic model for water sorption isotherms of cellulosic materials, *Macromol. Symp.*, 244, 89-96, 2006.
11. اصغری، م، بررسی تاثیر اکسیداسیون سطحی الیاف سلولز بازیافتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد

2004.
15. American Society for Testing and Materials, Standard Practice for Surface Wettability of Coatings, Substrates and Pigments by Advancing Contact Angle Measurement, ASTM D7334, 2004.
16. American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method), ASTM D5035, 2004.
17. Klemm D., Philipp B., Heinze T., Heinze U., Wagenknecht W., *Comprehensive Cellulose Chemistry*, Vol I, Wiley, New York, 1998.

مهندسی نساجی،دانشکده‌مهندسی نساجی،دانشکده‌مهندسی نساجی،دانشگاه‌صنعتی‌امیرکبیر، ۱۳۸۴.
12. Hivechi A., Bahrami S.H., Arami M., Karimi A., Ultrasonic mediated production of carboxymethyl cellulose: Optimization of conditions using response surface methodology. *Carbohydr. Polym.*, 134, 278-284, 2015.
13. American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Moisture in Cotton by Oven-Drying. ASTM D2495, 2004.
14. American Society for Testing and Materials, Standard Guide for Microscopic Examination of Textile Fibers, ASTM E2228,

Journal of
Textile Science
and Technology
Vol. 5, No.2, 43-49
Summer 2015
ISSN: 2151-7162

Surface Etherification of Cotton Fabric for Enhanced Water Absorption Using Microwave Energy

Ahmad Hivechi*

Abstract

Water sorption is one of the most important properties affecting the comfort in clothing. Fabric should be able to absorb sweat from skin and transfer it to the outer surface. In this research, cotton fabric was treated with monochloro acetic acid by microwave irradiation (885 W for 6 min). In this method, hydroxyl functional groups were replaced by carboxyl functional groups and hydrophilicity of the cotton fabric was improved. Infrared spectroscopy (IR) was performed to detect chemical etherification bonding between cellulose and monochloro acetic acid. The results showed that the vapor and water sorption of treated fabrics increased by 48% and 43%, respectively. The proposed model shows that the saturation time is increased significantly for the treated fabrics. The contact angle of water on treated fabric decreased to about 30°.

Keywords

cotton,
microwave energy,
etherification,
vapor sorption

(*) Address Correspondence to A. Hivechi Email: ahmadhivechi@yahoo.com