نانو تکنولوژی

نانوسفیدگری کالای پشم عمل شده با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم زیر نور خورشید

سمیه مرشدی، مجید منتظر*، ناهید همتی‌نژاد

چکیده:

سفیدگری پشم برای تولید الیاف پشمی سفید ضروری است. سفیدگری معمولاً برای تجزیه‌ی رنگدانه‌های طبیعی در الیاف خام با استفاده از عوامل اکسیدکننده و احیاکننده انجام می‌شود. در اینجا، با استفاده از فتوکاتالیست TiO_2 ناخالصی‌های رنگی الیاف پشمی تحت نور روز تجزیه شده‌اند. همچنین برای افزایش جذب نانوذرات روی سطح پارچه از پیش عملیات سطحی با پروتئاز استفاده شده است. برای پایداری نانوذرات TiO_2 روی سطح پارچه از یک کراس لینک دوستدار محیط‌زیست با نام سیتریک اسید استفاده شده است. شاخص‌های سفیدی و زردی پارچه پشمی خام و پیش عملیات شده با پروتئاز و عمل شده با نانو TiO_2 بعد از پرتودهی با نور روز ارزیابی شده است. سفیدگری قابل قبول روی پارچه‌ی پشمی عمل شده با نانو TiO_2 بعد از پرتودهی با نور روز بدست آمده است.

مقدمه

پشم مهم‌ترین لیف حیوانی است که در صنعت نساجی استفاده می‌شود و ویژگی‌های بسیار عالی دارد، اما درجه‌ی سفیدی قابل دست‌یابی و پایداری نوری آن در برابر نور خورشید ضعیف هستند [۱]. الیاف پشمی زرد رنگ هستند و حتی برخی الیاف، قهوه‌ای و سیاه هستند.

تجمع رنگدانه‌ها در پشم، مو و پوست به دلیل حضور سلول‌های تولیدکننده‌ی ملانین (ملانوسیت) است. داخل ملانوسیت‌ها، گرانول‌های ملانین تولید می‌شوند (ملانوسوم‌ها) و این ملانین می‌تواند داخل سلول‌های تولیدکننده‌ی کراتین مجاور (کراتینوسیت) منتقل شود [۲]. پیگمنت‌های ملانین در دو شکل شیمیایی، اوملانین و فی ملانین وجود دارد. اوملانین معمولاً مشکی یا قهوه‌ای تیره است و از باقیمانده‌های تیروزین (Tyr) نتیجه می‌شود. فئوملانین پیگمنت زرد و قهوه‌ای مایل به قرمز است و از تیروزین و سیستین (Cys) تشکیل می‌شود. هر دوی این پیگمنت‌ها پلیمری هستند و از یک سری واکنش‌های اکسیدی- احیایی از دوپاکونینون به دست می‌آید.

ملانوسیت‌ها می‌توانند هر دو اوملانین و فی ملانین را تشکیل دهند. پیگمنت‌های فی ملانین سبب رنگ زرد پشم می‌شوند که در سفیدگری باید از بین بروند [۳].

فرایندهای سفیدگری تجاری متداول برای سفیدگری پشم بازدهی بسیار کمتری نسبت به پنبه و الیاف سنتزی دارند و می‌توانند پشم را برای زرد شدن در نور خورشید حساس کنند.

سفیدگری متداول پشم به کمک مواد احیاکننده و یا اکسیدکننده انجام می‌شود. سفیدگری احیایی پشم به کمک اکسید گوگرد، سدیم بورو هیدرید، بی‌سولفیت سدیم و اسید سولفوریک انجام می‌شود [۴]. آب اکسیژنه و موادی که آب اکسیژنه به راحتی از آنها تهیه می‌شود تنها مواد اکسیدکننده هستند که برای سفیدگری پشم استفاده می‌شوند [۴]. سفیدگری پشم با آب اکسیژنه در هر دو شرایط اسیدی و قلیایی انجام می‌شود.

در سفیدگری پشم کنترل میزان قلیایی محیط اهمیت ویژه دارد زیرا سبب کاهش مقاومت کالا می‌شود.

هیدروژن پراکسید و دیگر ترکیبات پراکسی به دلیل اکسیداسیون تدریجی پیوندهای دی‌سولفیدی و تولید سیستیک اسید پارچه‌های پشمی را تخریب می‌کنند. این تخریب شیمیایی می‌تواند منجر به اثرات مضر روی خواص مکانیکی الیاف شود [۵].

Gacen و همکارش سفیدگری پشم با آب اکسیژنه در هر دو شرایط اسیدی و قلیایی بررسی را کردند.

آنها نشان دادند در غلظت‌های یکسان آب اکسیژنه، سفیدگری در شرایط قلیایی منجر به سفیدی و تخریب بیشتر پشم نسبت به شرایط اسیدی می‌شود [۶]. Yilmazer و همکاران پارچه‌های پشمی خام را با سدیم بوروهیدرید (SBH) در حضور سدیم بی‌سولفیت (SBS) و همچنین با هیدروژن پراکسید سفیدگری کردند.

جدول ۱. محتویات حمام آغشته‌سازی

نمونه	TiO2 (g/l)	CA (w/w%)	SHP (w/w%)
۱	۰/۵	۱۰	۶
۲	۱	۱۰	۶
۳	۲	۱۰	۶
۴	۳	۱۰	۶
۵	۵	۱۰	۶
۶	–	۱۰	۶
۷	۵	–	-

آنها نشان دادند که SBH می‌تواند برای سفیدگری پشم به کار رود و اگرچه نمونه‌های پشمی سفید شده با SBH درجه‌ی سفیدی مشابه با سفیدگری هیدروژن پراکسید دارند اما تخریب پشم با SBH در مقایسه با هیدروژن پراکسید خیلی کمتر بوده است [۵].

Sheveleva و همکاران کاربرد لیپوزوم را به عنوان ماده‌ی کمکی در فرایند سفیدگری پشم با پراکسیدها بررسی کردند. آنها نشان دادند افزایش لیپوزوم به حمام سفیدگری سبب افزایش همزمان استحکام و درجه‌ی روشنایی الیاف می‌شود [۷].

سفیدگری القا شده نوری روش دیگری برای سفیدگری پشم است. پرتودهی پشم با رنگ کرم توسط نور آبی (۴۰۰-۴۶۰ نانومتر) موجب سفید شدن پشم می‌شود. نور آبی کروموفرهای جاذب نور زرد را تخریب کرده و آنها را به محصولات بی‌رنگ تبدیل می‌کند [۱]. در این مقاله امکان سفیدگری پارچه‌ی پشمی با نانوذرات TiO_2 زیر نور خورشید بررسی شده است.

هر دو پارچه‌ی پشمی شسته شده و پیش عملیات شده با پروتئاز با غلظت‌های مختلف TiO_2 عمل شده و پس از ۷ روز پرتودهی با نور خورشید درجه‌ی سفیدی پارچه‌ها بعد از پرتودهی بررسی شده است. برای پیوند بیشتر نانوذرات به پشم از یک کربوکسیلیک اسید دوستدار محیط زیست و سدیم هیپوفسفیت استفاده شده است.

روش تحقیق

در این تحقیق از پارچه‌ی ۱۰۰٪ پشمی خام با وزن مترمربع g/m۲۳۵۰، نانوپودر TiO_2 با اندازه‌ی ذرات ۲۱ از شرکت Evonik آلمان، سیتریک اسید از شرکت مرک آلمان، سدیم هیپوفسفیت از Ridel-dehean آلمان و پروتئاز از Novozym دانمارک استفاده شده است.

دستگاه‌های مورد استفاده عبارتند از: آون حرارتی، دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی(Gretag Macbeth Color-Eye 7000) از آمریکا، حمام فراصوت.

شستشوی پارچه‌ی پشمی

نمونه‌های پشمی خام در ابعاد cm۲۲۰×۲۰ تهیه شده و در حمامی حاوی g/L۱ شوینده نانیونیک در L:G≡۴۰:۱ و دمای ۵۰°C به مدت ۲۰ دقیقه شستشو شده‌اند. سپس آبکشی شده و در دمای ۸۰°C خشک شده‌اند.

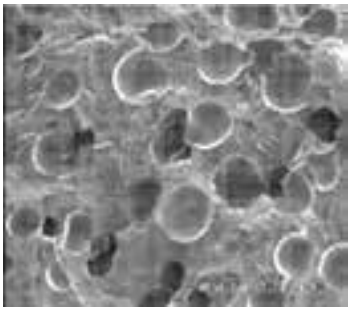
عملیات پارچه‌ی پشمی شسته شده با آنزیم پروتئاز

نمونه‌های پشمی شسته شده با ۲% پروتئاز در محلول اسیدی با pH=۵ در دمای ۶۰°C و L:G≡۴۰:۱ به مدت ۴۵ دقیقه عمل شده‌اند [۶۲]. برای تنظیم pH از اسید سیتریک ۱۰% استفاده شده است. نمونه‌ها ابتدا با آب گرم۴۰°Cو سپس آب سرد ۲۲°C آبکشی شده و در دمای ۸۰°C خشک شده‌اند.

پیش عملیات با آنزیم پروتئاز باقیمانده پوست و چربی پوست را از بین برده و سطح پشم را اصلاح می‌کند و جلا وزیر دست پارچه بهبود می‌یابد. هر دو کوتیکل و کورتکس لیف توسط آنزیم پروتئاز اصلاح می‌شوند.

جدول ۲. شاخص‌های زردی (Y) و سفیدی (W) نمونه‌های پشمی مختلف بعد از ۷ روز پرتودهی با نور روز

نمونه‌ی شسته شده			نمونه‌ی پیش‌عملیات‌شده		
L*	W (CIE)	Y	L*	W (CIE)	Y	نمونه
۸۵/۰	۵/۳	۱۲/۱	۸۳/۹	۵/۰	۱۲/۴	۱
۸۵/۴	۷/۳	۱۲/۰	۸۵/۲	۱۲/۸	۱۰/۸	۲
۸۴/۷	۸/۴	۱۱/۴	۸۵/۰	۱۲/۷	۱۰/۷	۳
۸۵/۲	۱۳/۰	۱۰/۹	۸۵/۴	۱۳/۶	۱۰/۸	۴
۸۶/۲	۱۸/۵	۸/۲	۸۶/۹	۱۹/۸	۷/۱	۵
۸۳/۶	-۲/۴	۱۳/۰	۸۳/۴	-۲/۰	۱۲/۹	۶
۸۵/۵	۱۶/۵	۹/۷	۸۴/۹	۱۹/۱	۸/۰	۷
۸۱/۷	-۲۴/۲	۱۶/۴	۸۱/۶	-۱۹/۶	۱۵/۴	خام



شکل ۱. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم

عملیات تکمیل پارچه‌ی پشمی با نانو TiO_2

پارچه‌های پشمی خام و پیش عملیات شده با پروتئاز در محلول‌هایی حاوی غلظت‌های مختلف نانو TiO_2 از ۰ تا 5g/L (جدول ۱)، ۶٪ سدیم هیپوفسفیت (SHP) و ۱۰٪ سیتریک اسید (CA) در ۱L:G≡۴۰:۱ عمل شده‌اند.

به منظور یکنواخت کردن محلول‌ها و تعلیق نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم حمام‌های حاوی محلول به مدت ۵ دقیقه با همزن با دور بالا هم‌زده شده‌اند.

پارچه‌های پشمی خام و پیش عملیات شده در محلول‌های تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه با حمام فراصوت عمل شده‌اند. پس از پایان عملیات، نمونه‌ها در دمای ۸۰°C به مدت ۳۵ دقیقه خشک و سپس به مدت ۲ دقیقه در دمای ۱۲۰°Cپخت شده‌اند. نمونه‌های عمل شده به مدت ۷ روز در نور روز پرتودهی شده‌اند.

نتایج و بحث

رنگ طبیعی الیاف حیوانی به شدت وابسته به ویژگی‌های محیطی است که در آن زندگی می‌کنند [۲]. در الیاف حیوانی دو نوع پیگمنت اوملانین و فی ملانین مسئول اصلی رنگی بودن الیاف هستند.

پیگمنت‌های طبیعی فی ملانین سبب رنگ زرد پارچه‌ی پشمی می‌شوند [۲]. برای تولید پارچه‌ی پشمی سفید، این پیگمنت‌ها باید تجزیه شوند. رادیکال‌های اکسنده تولید شده با پرتودهی نانوذرات TiO_2، می‌توانند پیگمنت‌های رنگی طبیعی پشم مانند ملانین را از بین برده و پشم را سفید کنند.

همچنین گزارش شده است که ملانین می‌تواند با گونه‌های فعال مانند رادیکال‌های هیدروکسیل و الکترون منفی، اکسیژن واحد و آنیون سوپراکسید واکنش دهد [۳].

مکانیزم اکسیداسیون منومرهای هیدروکینون ملانین توسط گونه‌های اکسیدکننده در واکنش (۱) نشان داده شده است [۳].

با حمله‌ی نوکلئوفیلیک آنیونهای ^-OOH حلقه‌ی ملانین باز شده و ملانین تخریب می‌شود.

جدول (۲) شاخص‌های سفیدی و زردی پارچه‌های عمل شده را بعد از پرتودهی با نور روز نشان می‌دهد.

با افزایش درصد نانوذرات TiO_2 روی سطح کالا درجه‌ی سفیدی افزایش یافته و در نمونه‌های پشمی پیش عملیات شده با پروتئاز نانو TiO۲ بیشتری جذب سطح پشم شده و درجه‌ی سفیدی به دست آمده افزایش می‌یابد. پرتودهی پارچه‌های پشمی عمل شده با نانوذرات TiO_2 رادیکال‌های اکسیدکننده تولید می‌کنند که می‌توانند پیگمنت‌های طبیعی رنگ پشم را از بین ببرد و پشم سفید تولید کند.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد هر دو پارچه‌ی پشمی شسته شده و پیش عملیات شده با پروتئاز که سپس با نانوذرات TiO_2 عمل شده‌اند تحت پرتودهی نور روز سفید می‌شوند.

رادیکال‌های اکسنده تولید شده در اثر پرتودهی پارچه‌های عمل شده می‌توانند پیگمنت‌های رنگی طبیعی پارچه‌ی پشمی را تخریب کرده و در نتیجه پارچه‌ی پشمی سفید تولید شود. این کار روش جدیدی برای سفیدگری کالای پشمی با نام "نانو سفیدگری" را معرفی کرده است.

پی نوشت

*دانشجوی کارشناسی ارشد نساجی، دانشیار دانشکده مهندسی نساجی، استادیار دانشکده مهندسی نساجی،دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

مراجع

[1] Millington, K.R., Photoyellowing of wool. Part 1: Factors affecting photoyellowing and experimental techniques, Color. Technol., 122, 169–186, 2006.

[2] Johnson, N.A.G., Russell, I.M., Advances in wool technology, England, Woodhead publishing, 2009.

[3] Korytowski, W., Sarna, T., Bleaching of melanin pigments, j. biological. chem., 265, 12410-12416, 1990.

[4] Karmakar, S.R., Chemical technology in the pre-treatment processes of textiles, Textile science and technology, Elsevier, New York, 1999.

[5] Yilmazer, D., Kanik, M., Bleaching of wool with sodium borohydride, J. Eng. Fibers Fabr. 4, 45-50, 2009.

[6] Gacen, J., Cayuela, D., Comparison of wool bleaching with hydrogen peroxide in alkaline and acidic media, J. Soc. Dyers Colour. 116, 13-15, 2000.

[7] Sheveleva, A.I., Belokurova, O.A., Shcheglova, T.L., Melnikov, B.N., Polyfunctional properties of liposomes in preparation of textile materials, Fibre Chem. 1, 48-51, 2003.