وزارت علوم تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی ـ پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۳ (۱۳۸۸)، ۸۰ ـ ۷۳

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

تأثیر آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدی روی خواص و رنگ‌پذیری پارچه پشمی

مجید منتظر[1*]، فاطمه داداشیان[2]، کژال فرهودی[3]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، قطب علمی هویت‌یابی نوین در نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۴/۴۴۱۳
۲ـ دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۴/۴۴۱۳
۳ـ کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۴/۴۴۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۵/۳ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۸/۶/۲۰

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر پروتئاز در شرایط اسیدی روی کالای پشمی انجام شده است. در روش معمول پروتئاز در شرایط قلیایی روی کالای پشمی به کار می‌رود که علیرغم مزایای آن، این روش سبب کاهش استحکام کالا می‌شود. در این تحقیق، پارچه پشمی با آنزیم پروتئاز (EC 3.4.21.62) در ۶۰°C - ۵۰ و pH=۵ به مدت ۶۰ دقیقه عمل شده است. برخی از خصوصیات کالای عمل شده شامل کاهش وزن، استحکام تا حد پارگی، نمدی شدن، انحلال در قلیا، زمان جذب قطره آب، جذب رنگزای روناس، پرزدهی، سایش و طول خمش بررسی و گزارش شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدی ضمن دارا بودن مزایای عملیات در شرایط قلیایی از کاهش استحکام کمتری برخوردار است و استحکام پارچه پشمی عمل شده با پروتئاز تا غلظت ۱۰٪ در شرایط اسیدی حفظ شده است. این در حالی است که استفاده از غلظت‌های کم پروتئاز در شرایط قلیایی سبب کاهش استحکام کالای پشمی می‌شود. این عملیات سبب کاهش وزن و استحکام کالا در غلظت‌های بیش از ۱۰٪ پروتئاز می‌گردد. آنزیم پروتئاز روی کالای پشمی در شرایط اسیدی ضعیف سبب بهبود جذب روناس، کاهش پرزدانه و جمع شدگی در شرایط خیس، بهبود جذب قطره آب و افزایش سفیدی شده است.

واژه‌های کلیدی: پشم، پروتئاز، رنگرزی، روناس، استحکام کششی، حلالیت قلیایی.

Influence of Proteases in Acidic Media on Properties and Dyeability of Woolen Fabric

M. Montazer*[1], F. Dadashian[2], K. Farhoodi[2]

[1] Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Center of Excellence in Textile, P.O.Box: 15874-4413, Tehran, Iran

[2] Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, P.O.Box: 15874-4413, Tehran, Iran

Abstract

The purpose of this research was to examine the influences of proteases treatment on wool fabric in acidic media. To this ends, woolen fabric samples were treated with proteases (EC 3.4.21.62) at 50-60°C, pH=5 for 60 min.. Different properties of the treated fabric samples such as: weight loss, tensile strength, felting, alkali solubility, water absorption time, madder dye absorption, pilling, abrasion and bending length were investigated and reported. The results showed that treatment of wool fabric in acidic media has no or little influence on the tensile strength of the wool fabric while the same treatment in alkali media has significant influence on tensile strength. The wool sample treated with 10% protease in acidic media indicated the similar tensile strength as untreated fabric. However, higher protease concentrations reduce the tensile strength and fabric weight. The results also showed that the wool fabric samples treated with proteases in mild acidic media have higher water absorption, higher dye madder absorption, less pilling, less wet shrinkage, improvement of water absorption time and higher whiteness. J. Color Sci. Tech. 3(2009), 73-80.© Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Wool, Protease, Dyeing, Madder, Tensile strength, Alkali solubility.

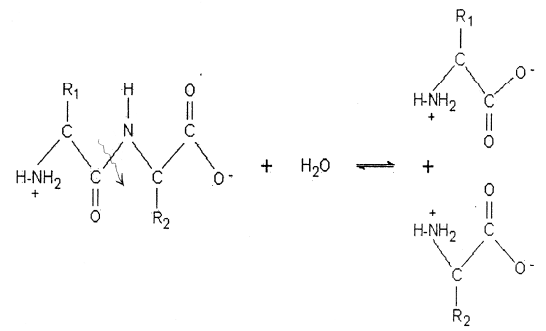
***Corresponding author: tex5mm@aut.ac.ir**

۱ـ مقدمه

آنزیم‌ها ترکیبات بیولوژیکی با ساختار پروتئینی هستند که با کاهش انرژی فعال‌سازی سبب تسریع انجام واکنش‌های شیمیایی می‌شوند. آنزیم‌ها به شکل متداول به ترکیبات پاک کننده‌های بیولوژیکی در شستشوی خانگی اضافه می‌شوند تا عملکرد پاک‌کنندگی آنها در دمای پایین از طریق از بین بردن سریع لکه‌های بیولوژیکی و کاهش مصرف آب و انرژی بهبود یابد [۱،۲].

آنزیم‌هایی که در صنعت نساجی به کار می‌روند اغلب از نوع واکنش‌های هیدرولیزی هستند هر چند که آنزیم‌های اکسیدورداکتاز نیز مانند لاکاز مورد توجه قرار گرفته است [۳،۴]. ضد نمدی کردن، افزایش جذب رنگ، افزایش ضد جمع شدگی پارچه، کاهش الیاف مرده، افزایش سفیدی پارچه، از بین بردن لکه‌های پروتئینی، بهبود استحکام و غیره با کاربرد انواع آنزیم‌ها روی کالای پشمی مانند پروتئاز، لاکاز و ترانس گلوتامیناز گزارش شده است [۱۶-۳]. آنزیم‌های پروتئولیتیک یا پروتئازها، هیدرولیز پیوندهای پپتیدی در مولکول‌های پروتئینی را تسریع (کاتالیزور) می‌کنند. واکنش عمومی پروتئازها در شکل ۱ نمایش داده شده است [۲]. پروتئازها با شکستن پیوندهای پپتیدی، پروتئین را هیدرولیز کرده و سبب کاهش طول زنجیر پروتئین شده و نهایتاً منجر به تولید اسید آمینه آزاد می‌شوند. کیوتیکل و کورتکس در الیاف پشم می‌توانند به وسیله آنزیم‌های پروتئولیتیک اصلاح شوند، به علاوه این عملیات خواص سطحی الیاف را از طریق کاهش طبیعت آب‌گریزی اصلاح کرده و خواصی نظیر جذب رنگ، مقاومت در برابر جمع‌شدگی و هدایت الکتریکی را بهبود می‌بخشند [۱۷].

در این تحقیق، پارچه‌های پشمی عمل شده با آنزیم پروتئاز (EC3.4.21.62) در شرایط عملیات ملایم یعنی در دمای ۶۰°C، pH= ۵ و به مدت ۶۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات ایجاد شده روی کالای پشمی در اثر عمل آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدی به منظور حذف آثار منفی آنزیم پروتئاز در شرایط قلیایی است.



شکل ۱: واکنش عمومی هیدرولیز پیوندهای پپتیدی توسط پروتئازها [۱۷].

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد و وسایل

پارچه پشمی خام با وزن ۳۵۰gr/m² با نمره تار و پود ۳۰،۲ انگلیسی و تعداد ۱۶ تار و ۱۵ پود در سانتی‌متر و ۵۵۰ تاب در متر مورد استفاده قرار گرفته است. آنزیم Savinases 16L (EC 3.4.21.14) محصول شرکت Novazyme با شرایط pH=۵، L:G= ۴۰:۱، دمای ۶۰°C و زمان ۱ ساعت عمل شده است. جهت غیر فعال‌سازی از شستشوی کالای پشمی عمل شده با آب استفاده شده است.

به منظورقلیایی کردن کالای پشمی از محلول هیدوکسید سدیم آزمایشگاهی ۰،۱ نرمال استفاده شده است. شستشوی کالا با شوینده غیر یونی (Fluidol W100) و کربنات سدیم انجام شده است. جهت رنگرزی کالای پشمی از روناس استفاده شده و جهت عملیات دندانه دادن کالا از زاج سفید (سولفات آلومینیم) و اسید سیتریک آزمایشگاهی استفاده شده است.

به منظور تعیین استحکام تا حد پارگی از دستگاه استحکام‌سنج Shirley (micro 250) استفاده شده است.

به منظور مشاهده تغییرات سطحی الیاف پشم، در اثر هیدرولیز آنزیمی و میزان تخریب فلس‌های آن از میکروسکوپ الکترون پویشی استفاده گردید. در این روش با بزرگنمایی (۲۵X، ۲۰۰۰ X و ۳۰۰۰۰ X) از سطح الیاف پشم تصویر تهیه شده است. از دستگاه SCDOOS مدل Bal-Tec (ساخت سوئیس) جهت لایه‌نشانی طلا استفاده گردید.

به منظور تغییرات سطحی روی پارچه پشمی و مشاهده میزان سایش کالا در دستگاه اندازه‌گیری سایش با وزنه ۲۵۰ گرمی تا پارگی حداقل ۲ تار یا ۲ پود سطح پارچه مورد بررسی قرار گرفته و تعداد دورهای سایش گزارش شده است.

رنگ نمونه‌ها با استفاده از اسپکترفوتومتر مدل (Datacolor 98) ساخت آمریکا اندازه‌گیری شده است.

۲ـ۲ـ روش کار

شستشو، دندانه دادن و رنگرزی: ابتدا کالاهای پشمی با ۱ گرم بر لیتر از شوینده غیر یونی در ۶۰ °C برای ۲۰ دقیقه شستشو گردید. جهت دندانه دادن از ۲۰٪ وزن کالا آلومینیوم سولفات به همراه اسید سیتریک جهت ایجاد محیط اسیدی با اسیدیته ۵-۴ استفاده گردید. دندانه دادن در شرایط محیط در حمام آبی با L:G برابر ۴۰:۱ شروع و سپس ۱ °C در دقیقه حرارت افزایش یافته تا به جوش برسد. در جوش نیز فرایند دندانه دادن برای ۴۵ دقیقه ادامه یافت. پس از دندانه دادن کالا با آب سرد شسته شد و جهت رنگرزی آماده گردید. رنگرزی در حمامی با L:G برابر ۴۰:۱ به همراه ۵۰٪ وزن کالا روناس در اسیدیته ۵-۴ به وسیله اسید سیتریک در دمای محیط شروع و برای

°C ۱ در دقیقه تا دمای جوش ادامه یافت. رنگرزی در جوش برای یک ساعت ادامه داشت و سپس کالا شستشو و خشک گردید.

درصد کاهش وزن: کالای پشمی در ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر و وزن تقریبی ۵ گرم بریده شد و به مدت ۱ ساعت در دمای °C ۱۰۵ قرار گرفت و سپس به مدت ۵ دقیقه در دسیکاتور نگهداری شد و نهایتاً به وسیله ترازوی با دقت ۰,۰۰۱ گرم توزین گردید. اگر وزن کالا قبل و بعد از عملیات به ترتیب W_1 و W_2 در نظر گرفته شود، کاهش وزن کالا پس از انجام عملیات توسط معادله ۱ محاسبه می‌شود.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \qquad (۱)$$

حلالیت قلیایی: پس از توزین استاندارد کالای پشمی ۱ گرمی، آن را در بشر حاوی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰,۱ نرمال قرار داده و دمای حمام به °C ۶۵ رسانده شد. پس از ۱ ساعت هم زدن، محتویات روی فیلتر خالی و پس از چند بار شستشو با آب مقطر در آون °C۱۱۰ به مدت ۱ ساعت خشک شد و پس از سرد شدن در دسیکاتور درصد کاهش وزن محاسبه گردید (مطابق استاندارد ISIRI 4796).

جذب قطره: بدین منظور، با استفاده از قطره چکان، مدت زمان جذب آب روی پارچه قبل و بعد از عملیات آنزیمی اندازه‌گیری گردید. پارچه را به صورت کاملا مسطح روی سطح شیشه‌ای قرار داده و توسط قطره چکان از فاصله ۱ سانتی‌متری قطره آب روی سطح پارچه قرار می‌گیرد. این عمل ۲۰ مرتبه تکرار و متوسط زمان جذب قطره گزارش شده است.

استحکام: بدین منظور نمونه‌هایی با ابعاد ۷×۱۵سانتی‌متر تهیه شده و با سرعت دستگاه ۵۰۰ mm/min اندازه‌گیری در شرایط آزمایشگاهی و در جهت تار انجام پذیرفت (مطابق استاندارد ISIRI 1147-1).

نمدی شدن: جهت انجام این کار، در ابتدا نمونه‌ها به ابعاد ۱۰ ×۱۰سانتی‌متر علامت‌گذاری شده، سپس در حمام صابونی ۱٪ با L:G= ۴۰:۱ به مدت ۴۵ دقیقه و در °C۵۰ با دست در شرایط آزمایشگاه نمدی گردید (مطابق استاندارد ISIRI 1454).

۳ـ نتایج و بحث

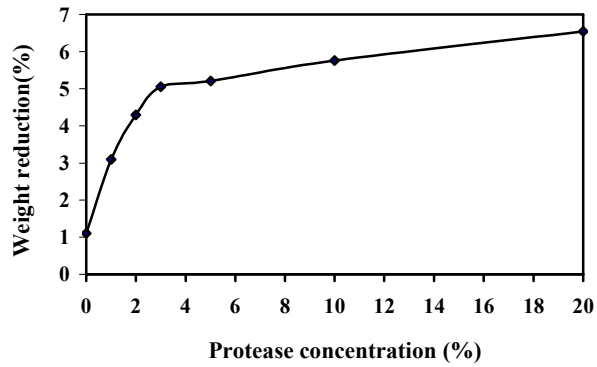
جدول ۱ و شکل‌های ۲ تا ۷ اثر آنزیم پروتئاز در غلظت‌های ۰,۵٪، ۱٪، ۲٪ و ۳٪ بر کاهش وزن، استحکام، انحلال در قلیا، سایش، نمدی شدن و جذب قطره را نشان می‌دهند.

همان طور که شکل ۲ نشان می‌دهد با افزایش غلظت پروتئاز میزان درصد کاهش وزن افزایش یافته است. بیشترین تغییرات کاهش وزن در غلظت‌های ۲۰-۱۰ درصد مشاهده می‌شود. افزایش غلظت پروتئاز با برخورد بیشتر آنزیم با کالا همراه است که سبب هیدرولیز بیشتر کالای پشمی شده و در نتیجه با کاهش وزن بیشتر همراه شده است. به هر حال هیدرولیز پشم توسط پروتئاز از سطح شروع می‌شود.

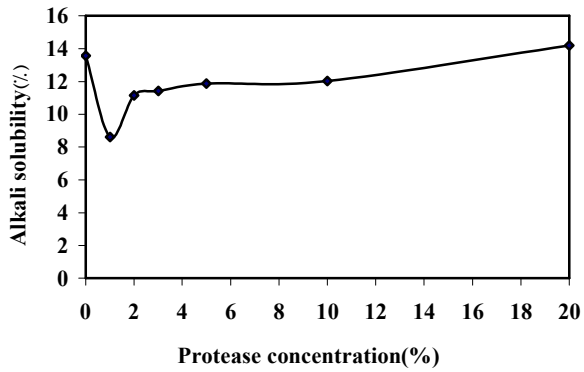
در شکل ۳ مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت آنزیم، درصد کاهش استحکام افزایش می‌یابد و بیشترین تغییرات کاهش استحکام در محدوده ۲۰-۱۰ درصد است. با توجه به هیدرولیز ساختار پشم توسط پروتئاز امکان جدایش پیوندهای پپتیدی فراهم می‌شود که با کاهش طول زنجیرهای پروتئین همراه است. بر این اساس کاهش استحکام نیز با توجه به مکانیسم عملکرد پروتئاز توجیه‌پذیر است. ولی میزان کاهش استحکام در شرایط به کار برده شده در این تحقیق با شرایط قلیایی تفاوت زیادی دارد. به طوری که در شرایط قلیایی میزان کاهش استحکام بسیار بیشتر است و آسیب وارده به کالای پشمی زیاد است.

جدول ۱: نتایج اثر غلظت آنزیم پروتئاز روی کالای پشمی.

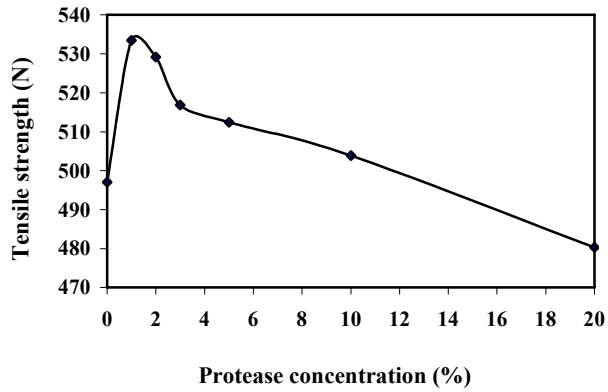
جذب قطره (دقیقه)	انحلال درقلیا (٪)	سایش (دور)	نمدی شدن (٪)	استحکام (N)	کاهش وزن (٪)	نمونه‌ها
۶۰	۱۳,۵۶	۲۹۴	۶,۸	۴۹۷,۰۱	۱,۱	نمونه خام شسته شده
۵۴	۱۴,۰۸	۲۹۰	۶,۶	۴۹۴,۳	۱,۶	نمونه شاهد، pH= ۵
۴۲	۸,۶۱	۳۶۴	۴,۴	۵۳۳,۴۴	۳,۱	غلظت ۱ ٪
۳۰	۱۱,۱۵	۳۵۸	۳,۹	۵۲۹,۱۸	۴,۳	غلظت ۲٪
۲۰	۱۱,۴۲	۳۴۵	۳,۶	۵۱۶,۹۲	۵,۰۵	غلظت ۳ ٪
۱۸	۱۱,۸۷	۳۲۸	۳,۴	۵۱۲,۴۶	۵,۲۱	غلظت ۵ ٪
۱۵	۱۲,۰۳	۳۰۷	۲,۸	۵۰۳,۸۵	۵,۷۶	غلظت۱۰٪
۱۱	۱۴,۱۹	۲۸۶	۲	۴۸۰,۳۵	۶,۵۴	غلظت ۲۰٪



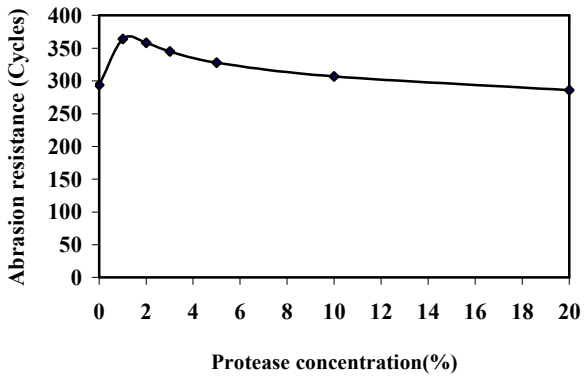
شکل ۲: روند تغییرات کاهش وزن با غلظت آنزیم پروتئاز.



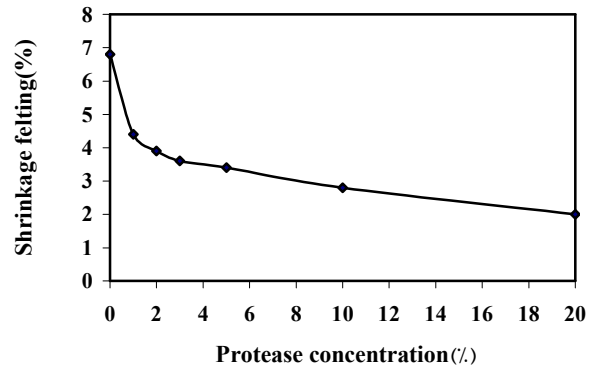
شکل ۵: روند تغییرات میزان انحلال در قلیا کالای پشمی با غلظت آنزیم پروتئاز.



شکل ۳: روند تغییرات استحکام با غلظت آنزیم پروتئاز.



شکل ۶: روند تغییرات دور ساییدگی با غلظت آنزیم پروتئاز.

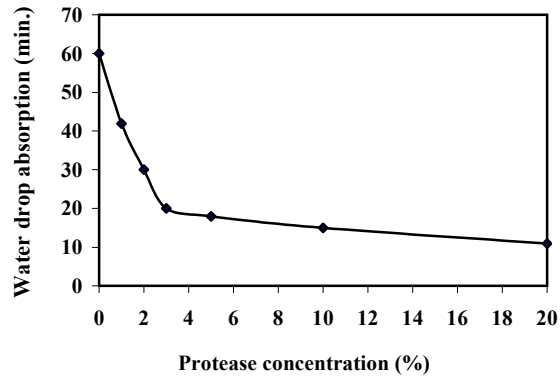


شکل ۴: روند تغییرات میزان جمع شدگی با غلظت آنزیم پروتئاز.

شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت آنزیم میزان درصد جمع‌شدگی کاهش یافته است. کمترین تغییرات در محدوده غلظت‌های کمتر از ۱۰ درصد دیده می‌شود. جمع‌شدگی کالای پشمی از مشکلات کالای پشمی است که به دلیل ساختار فلسی پشم و وجود ترکیبات آبگریز روی سطح پشم اتفاق می‌افتد. استفاده از پروتئاز می‌تواند در برطرف کردن ترکیبات آب‌گریز و تغییر ساختار فلس پشم کمک کند. با تغییر در هر کدام از عوامل مذکور جمع‌شدگی در شرایط خیس کاهش می‌یابد. با توجه به تصویر میکروسکوپی که تغییر چندانی در سطح پشم مشاهده نمی‌شود به نظر می‌رسد که با توجه به بهبود آبدوستی پشم، عمل با پروتئاز در محیط اسیدی به برطرف کردن ترکیبات آب گریز روی سطح پشم کمک کرده است.

همان طور که در شکل ۵ مشخص است با افزایش غلظت آنزیم، درصد کاهش وزن در آزمایش انحلال قلیای کالای پشمی افزایش می‌یابد و این مطلب نشانگر حلالیت بیشتر پارچه پشمی در محلول قلیایی است. این نتایج با نتایج کاهش استحکام و کاهش وزن مطابقت دارد. با افزایش غلظت آنزیم پروتئاز آسیب بیشتری به ساختار پروتئین پشم وارد می‌شود و سبب کاهش پیوندهای عرضی در پروتئین پشم شده است. به این ترتیب میزان انحلال در قلیا بیشتر شده است.

در شکل ۶ مشاهده می‌شود که مقاومت سایشی پارچه پشمی عمل شده در غلظت ۱٪ نسبت به پارچه خام بیشتر شده و به ۳۶۴ دور رسیده است ولی در غلظت‌های بیشتر در محدوده ۲۰-۱۰ درصد میزان مقاومت سایشی کاهش یافته است، به طوری که دور ساییدگی در ۲۰٪ به ۲۸۶ دور رسیده است. علت این امر را می‌توان نفوذ بیشتر پروتئاز



شکل ۷: روند تغییرات میزان جذب قطره پارچه پشمی با غلظت آنزیم پروتئاز.

به لایه‌های درونی پشم (کیوتیکل) و هیدرولیز پروتئین غشاء سلول‌های مرکب در نتیجه آسیب الیاف و در ادامه تخریب سلول‌ها دانست.

نتایج شکل ۷ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت درصد آنزیم میزان جذب قطره کاهش یافته است. آنزیم پروتئاز خواص سطحی الیاف را از طریق کاهش طبیعت آب‌گریز اصلاح کرده و خواص پارچه نظیر جذب رطوبت و رنگزا را بهبود بخشیده است. این نتایج با نتایج نمدی شدن نیز تطابق دارد به طوری که نمدی شدن بهبود یافته است.

از نتایج حاصل می‌توان استنباط نمود که استفاده از ۳٪ آنزیم پروتئاز سبب کاهش نمدی شدن به میزان ۳٫۶٪ شده است، درحالی که جذب قطره به ۲۰ دقیقه کاهش یافته و انحلال در قلیا کمی بهبود یافته و به علاوه استحکام نیز با افزایش کمی همراه بوده است.

در مقایسه با نتایج به دست آمده توسط محققین دیگر [۶،۷] در شرایط قلیایی پروتئاز، مشاهده می‌شود که ۳٪ آنزیم پروتئاز در شرایط pH=۸ توانسته است به میزان مشابه سبب کاهش جمع‌شدگی نمدی (۳٫۶٪) شود ولی با کاهش استحکام، کاهش سایش و افزایش انحلال در قلیا همراه است. این در حالی است که جذب قطره در هر دو روش بهبود یافته است. با افزایش غلظت آنزیم پروتئاز، میزان نمدی شدن کاهش یافته و به حداقل ۲٪ در استفاده از غلظت ۲۰٪ می‌رسد. ولی این میزان هر چند با تغییرات زیاد استحکام روبرو نیست ولی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. لذا به نظر می‌رسد که غلظت ۳٪ آنزیم پروتئاز با شرایط مورد استفاده، نتایج مناسبی از نظر جمع‌شدگی و دیگر خواص مکانیکی و فیزیکی به وجود می‌آورد.

۳ـ۱ـ تأثیر عملیات آنزیمی بر جذب رنگ و سفیدی کالای پشمی

همان طور که در جداول ۲ و ۳ دیده می‌شود با انجام عملیات آنزیمی میزان روناس (قدرت رنگی) توسط کالای پشمی افزایش یافته و تفاوت جذب رنگ بین کالای عمل شده با آنزیم و عمل نشده کاملاً مشهود است. همچنین کالاهایی که با آنزیم پروتئاز عمل شده نسبت به کالای خام (پیش از رنگرزی) سفیدتر شده‌اند [۱۴،۱۷].

این نتایج با مشاهدات بصری نیز کاملاً مطابقت دارند. ملاحظه می‌شود که نمونه عمل شده با آنزیم نسبت به نمونه خام بعد از رنگرزی تیره‌تر است. همچنین نمونه‌های عمل شده با آنزیم نسبت به نمونه‌های خام سفیدتر و شفاف‌تر شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که عمل با آنزیم‌ها در همه روش‌ها سبب جذب بیشتر رنگزا شده است و افزایش غلظت آنزیم‌ها در هر مرحله سبب افزایش قدرت رنگرزی شده است. به هرحال به نظر می‌رسد که شرایط آنزیمی توانسته است با کاهش اثر آبگریزی و افزایش آبدوستی به افزایش جذب رنگزا کمک نماید.

جدول ۲: مقادیر ΔE، b*، a*، L* روی کالای پشمی عمل شده با آنزیم پروتئاز (قبل از رنگرزی).

نمونه‌ها		L*	a*	b*	ΔE
خام	٪۰	۸۱،۵۸۴	۱،۱۴۴	۱۵،۸۱۸	۰
پروتئاز	٪۱	۸۰،۱۰۵	۰،۷۵۷	۱۴،۵۲۷	۱،۹۹
	٪۵	۸۰،۰۶۸	۰،۸۴۶	۱۴،۵۴۰	۲
	٪۱۰	۸۰،۰۹۳	۰،۶۰۱	۱۴،۲۴۰	۲،۲۴
	٪۲۰	۷۹،۶۸۷	۰،۷۲۱	۱۴،۲۸۹	۲،۴۷

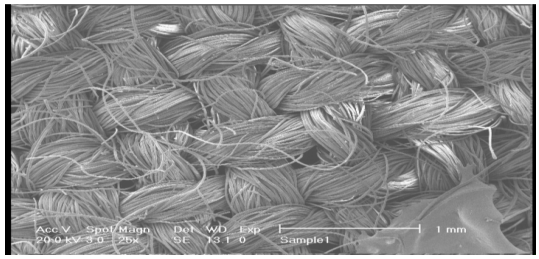
جدول ۳: مقادیر ΔE، b*، a*، L* روی کالای پشمی عمل شده با آنزیم پروتئاز (بعد از رنگرزی).

نمونه‌ها		L*	a*	b*	ΔE
خام	٪۰	۳۸،۷۱	۴۱،۵۵۲	۳۴،۴۹۶	۰
پروتئاز	٪۱	۳۵،۸۳۸	۴۲،۰۴۲	۳۱،۳۰۵	۴،۳۲
	٪۵	۳۵،۵۳۳	۴۲،۱۴۳	۳۱،۵۶۷	۴،۳۶
	٪۱۰	۳۵،۲۸۹	۴۲،۲۱۳	۳۱،۶۶۲	۴،۴۹
	٪۲۰	۳۵،۰۳۲	۴۲،۴۸۴	۳۱،۲۷۵	۴،۹۷

۳ـ۲ـ میکروسکوپ الکترونی

شکل‌های ۸ تا ۱۰ تأثیر عملیات آنزیمی را روی سطح الیاف پشم نشان می‌دهند. این تصاویر میکروسکوپی با بزرگنمایی (X ۲۵، X ۲۰۰۰ و X ۳۰۰۰۰) از نمونه‌های عمل نشده و عمل شده با آنزیم در شرایط مختلف تهیه شده است.

وجود یک لایه غیر آبدوست متخلخل و ریز به نام اپی کیوتیکول سطح لیف را از نظرخیس شدن مشکل می‌کند. با توجه به شکل‌ها ملاحظه می‌شود که نمونه عمل شده با آنزیم از لبه‌های فلس یکنواخت‌تر و صاف‌تری برخوردار است.

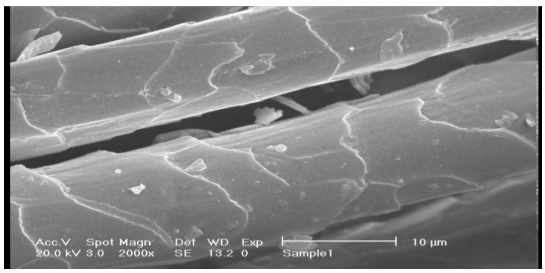


الف)

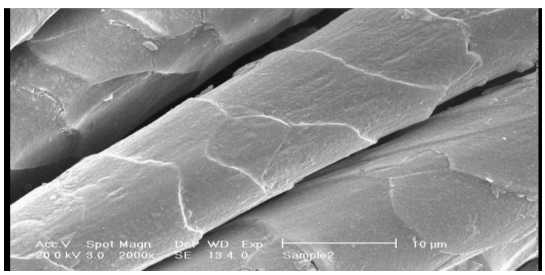
ب)

ج)

شکل ۸: تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) از نمونه با بزرگنمایی (۲۵X)، الف) نمونه خام ب) نمونه آغشته شده به ۱۰٪ پروتئاز، ج) نمونه آغشته شده به ۲۰٪ پروتئاز.

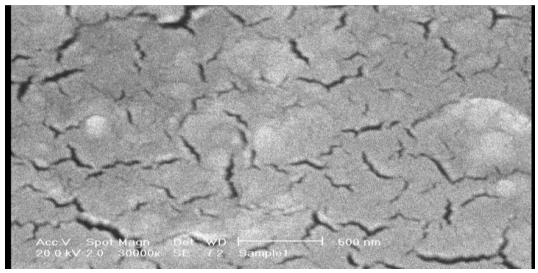


الف)

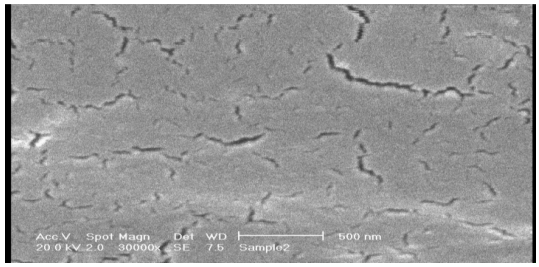


ب)

شکل ۹: تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) از نمونه با بزرگنمایی (۲۰۰۰X)، الف) نمونه خام ب) نمونه آغشته شده به ۲۰٪ پروتئاز.



الف)



ب)

شکل ۱۰: تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) از نمونه با بزرگنمایی (۳۰,۰۰۰X)، الف) نمونه خام ب) نمونه آغشته شده به ۲۰٪ پروتئاز.

شکل ۹ نشان می‌دهد که در نمونه عمل شده با ۲۰٪ آنزیم پروتئاز لبه‌های فلس کمتر شده‌اند. نتایج کاهش وزن و استحکام و آزمون سایش نیز با نتایج تصاویر میکروسکوپی مطابقت دارد. به طوری که در نمونه‌های عمل شده با ۲۰٪ پروتئاز کاهش جمع‌شدگی مشاهده می‌شود. شکل ۱۰ـ ب، در مقایسه با شکل ۱۰ـ الف نشانگر تخلل کمتری است که نشانگر عملکرد سطحی آنزیم پروتئاز در از بین بردن سطح کالای پشمی است. به هرحال این تغییر تنها در شکل ۱۰ دیده می‌شود و تغییر زیادی در شکل ۹ مشاهده نمی‌شود.

۳ـ۳ـ پرزدانه منسوج پشمی

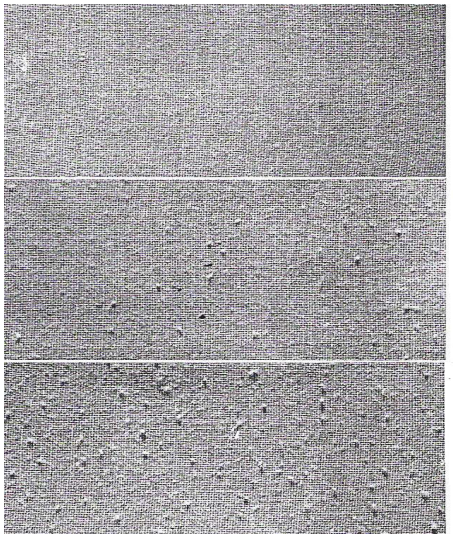
شکل ۱۱ نمونه‌های استاندارد ارزیابی پرزدانه را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که قدرت کاهش پرزدانه کالا با عملیات آنزیمی افزایش می‌یابد. البته باید توجه داشت که افزایش درصد غلظت آنزیم مصرفی رابطه معکوس با تشکیل پرزدانه دارد ولی با افزایش غلظت آنزیم وزن و استحکام کالا کاهش می‌یابد.

مطابقت نمونه‌ها پس از آزمون با شکل استاندارد (شکل ۱۱) انجام و نتایج به صورت زیر مشخص شده‌اند:

۱- نمونه استاندارد (شکل ۱۱ـ الف)، کالای پشمی کرکی شده ولی پرزدانه و گلوله ندارد (مانند نمونه خام، ۱٪ پروتئاز).

۲- نمونه دوم (شکل ۱۱ـ ب)، کالای پشمی کرکی شده و به مقدار جزئی پرز دارد (مانند نمونه‌های عمل شده با ۱۰٪و۲۰٪ آنزیم پروتئاز).

۳- نمونه سوم (شکل ۱۱ـ ج)، کالای پشمی به شدت کرکی شده و پرزدانه دارد (مانند نمونه‌های عمل شده با ۳٪ و۵٪ آنزیم پروتئاز).



شکل ۱۱: نمونه‌های استاندارد ارزیابی پرزدانه، الف نمونه بدون پرز، ب نمونه کم پرز و ج نمونه با پرز زیاد.

در نتیجه عملیات آنزیمی سبب کاهش پرز سطحی می شود ولی در تشکیل پرزدانه مقدار ۵-۳٪ پروتئاز اثر مثبت دارد و مقدار ۱۰٪ برای کمتر شدن پرزدانه مؤثرتر است.

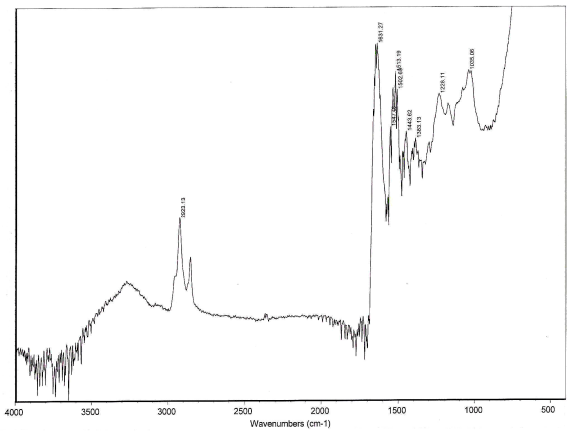
۳ـ۴ـ طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)

شکل ۱۲ نتایج حاصل از طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴ می‌توان، نتیجه گرفت که محدوده ($۲۸۰۰-۳۰۰۰ cm^{-1}$) مربوط به ارتعاشات گروه‌های CH_2 است که غالباً زنجیرهای روی سطح لیف را نشان می‌دهد و مربوط به ساختمان کیوتیکل و فلسها هستند. همان طوری که از مقایسه نمونه خام (۱۲- الف) و نمونه آغشته به پروتئاز (۱۲- ب) مشخص است این پیک ($۲۸۰۰-۳۰۰۰ cm^{-1}$) در نمونه عمل شده با پروتئاز تغییر چشمگیری نداشته است که بدین معنی است که گروه‌های CH_2 تغییری نکرده‌اند و به سطح لیف آسیبی وارد نشده است.

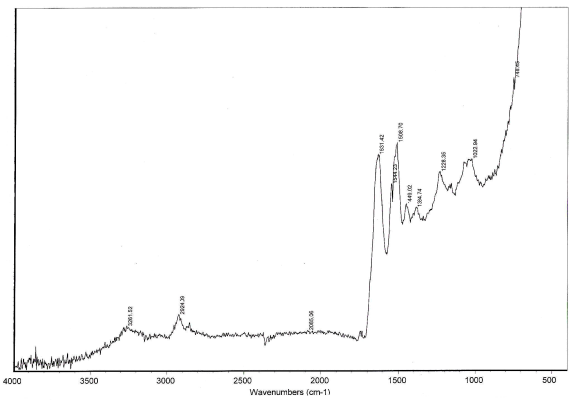
محدوده ($۱۶۰۰-۱۶۳۰ cm^{-1}$) مربوط به ارتعاشات کششی C=O و پیوندهای هیدروژنی است که مشخص کننده میزان استحکام لیف است. همان طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، شدت این پیک در نمونه عمل شده با پروتئاز نسبت به نمونه خام کمتر شده که نشان‌دهنده کاهش استحکام است. محدوده ($۱۵۰۷-۱۵۴۷ cm^{-1}$) مربوط به ارتعاشات خمشی N-H و ارتعاشی C-N است که به پیوندهای پپتیدی ارتباط دارد و تاخوردگی زنجیره‌ها ر ا نشان می‌دهد. شدت این پیک در نمونه عمل شده با پروتئاز (۱۲- ب) در مقایسه با نمونه خام (۱۲- الف) کمتر شده است که نشان دهنده هیدرولیز برخی گروه‌های پپتیدی است. محدوده ($۱۰۲۰-۱۰۴۰ cm^{-1}$) مربوط به ارتعاشات کششی گروه‌های S-S است. شدت این پیک در نمونه عمل شده با پروتئاز کمتر از نمونه خام است که دلیل آن اکسید شدن پیوندهای سولفیدی می‌تواند در نظر گرفته شود.

جدول ۴: فرکانس جذب پرتو مادون قرمز برای برخی پیوندها.

محدوده فرکانس (cm^{-1})	نوع ترکیب	باندها
۲۵۰۰-۳۰۰۰	کربوکسیلیک اسید	O-H
۲۸۵۰-۲۹۶۰	آلکان	C-H
۱۶۰۰-۲۰۰۰	جانشین حلقه فنیل	C-H
۱۵۸۰-۱۶۵۰	آمین	N-H
۱۵۰۰-۱۶۰۰	حلقه آروماتیک	C=C
۱۰۲۰-۱۳۴۰	آمین	C-N
۱۰۰۰-۱۲۶۰	الکل- اتر-کربوکسیلیک اسید- استر	C-O
۱۰۳۰-۱۰۴۰	سولفید	S-O



الف)



ب)

شکل ۱۲: طیف سنجی مادون قرمزالف) نمونه خام، ب) نمونه آغشته به ۵ ٪ پروتئاز [۱۵].

۴ـ نتیجه‌گیری

کاربرد آنزیم پروتئاز جهت اصلاح کالای پشمی به عنوان یک روش دوستدار محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. به طور معمول فرآیند استفاده از پروتئاز روی کالای پشمی در محیط قلیایی انجام می‌شود که در نتیجه با کاهش شدید استحکام همراه است. در این تحقیق تلاش شده است تا آسیب‌های ناشی از کاربرد پروتئاز روی کالای پشمی به حداقل برسد. در این راستا به کارگیری آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدی با سازگاری بیشتر روی کالای پشمی، مورد توجه قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که امکان به کارگیری آنزیم پروتئاز تجاری در شرایط اسیدی وجود دارد و می‌توان اصلاح سطحی کالای پشم را با آسیب کمتر با کاربرد آنزیم پروتئاز در شرایط اسیدی انجام داد. به هر حال نتایج نشان می‌دهند که افزایش غلظت آنزیم پروتئاز باعث کاهش استحکام، جمع شدگی، جذب قطره و ازدیاد طول تا حد پارگی کالای پشمی می‌شود. همچنین باعث کاهش وزن بیشتر و افزایش حلالیت قلیایی، سایش و پارگی، جذب رنگ و سفیدی کالا می‌شود. ارزیابی کلی نشان می‌دهد که مناسب‌ترین شرایط برای کالای آزمایش شده زمان ۶۰ دقیقه و غلظت ۰٫۵٪ آنزیم پروتئاز با L:G=۳۰:۱ در ۶۰ ºC در pH= ۴٫۵ است. در این محدوده ۶ ٪ افزایش استحکام به دست آمده است ولی به طور کلی استحکام روندی کاهشی با افزایش غلظت آنزیم دارد. تحت این شرایط ۲ ٪ کاهش وزن و جمع‌شدگی به وجود آمده، در حالی که میزان دور ساییدگی در حدود ۲۶ ٪ افزایش یافته است.

۵ـ مراجع

1. P. Shahbazi, N. Maleknia, General Biochemistry, Tehran University Publication, 2006, 65-84. (Persian)
2. B. Faramarzi, Enzymes, Jahade Daneshghai Publication, 1989, 13-90. (Persian)
3. M. Montazer, F. Dadashian, N. Hemmatinejad, K. Farhodi, Treatment of Wool with Laccase and Dyeing with Madder. *Appl. Biochem. Biotechnol.* Published on line. 18 Nov.2008.
4. H. S. Oslen, P. Falholt, The role of enzymes in modern detergency *J. Surfactants Deterg.* 1(1998), 555-567.
5. A. Cavaco-Paulo, Processing textile fibers with enzymes: an overview, *ACS Symposium Series.* 687(1998), 180–189.
6. R. J. Beynon, J. S. Bond, Proteolytic enzymes: a practical approach, Oxford University Press, Oxford (2001).
7. E. Heine, H. Hocker, Enzyme treatments for wool and cotton, *Rev. Prog. Coloration.* 25(1995), 57-63.
8. N. Duran, M. Duran, Enzyme applications in the textile industry, *Rev. Prog. Coloration.* 30(2000), 41-44.
9. D. P. Bishop, J. Shen, E. Heine, B. Hollfelder, The use of proteolytic enzymes to reduce wool fiber stiffness and prickle, *J Text Inst*. 89(1998), 546-553.
10. D. Clark, Enzyme treatment for removing pills from garment dyed goods, *Int Dyer.* 178(1993), 20-21.
11. H. Nolte, D. P. Bishop, H. Hocker, Effects of proteolytic and lipolytic enzymes on untreated and shrink-resist-tested wool, *J Text Inst*. 87(1996), 212-226.
12. G. Mazzucheti, C. Vineis, Study of the enzyme treatments effect on the pilling behavior of knitted wool fabrics, *Autex Res J.* 5(2005), 55–60.
13. A. Riva, I. Algaba, R. Prieto, Dyeing kinetics of wool fabrics pretreated with a protease. *Color Technol* 118 (2002), 59–63.
14. J. M. Cardamone, Keratin Transamidation. *Int. J. Biol. Macromol.* 42(2008), 413-419.
15. J. M. Cardamone, J. G. Phillips, Enzyme-mediated Crosslinking of Wool Part II: Keratin and Transglutaminase. *Textile Res. J.* 77(2007), 277-283.
16. J. M. Cardamone, Enzyme-mediated crosslinking of wool part I: transglutaminase. *Textile Res. J.* 77(2007), 214-221.
17. A. Riva, A. J. M. Bordas, R. Prieto, Enzymes as auxiliary agents in wool dyeing, *J. Soc. Dyers Color*. 115(1999), 125–129.