Archive of SID

مطالعه تاثیر آنزیم پروتئاز روی برخی از خصوصیات فیزیکی نخ پشمی

Investigation of Protease Enzyme Effect on Some of The Physical Properties of Woolen Yarn

فرزانه علی حسینی
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی
دریافت: ۷۹/۳/۸، پذیرش: ۷۹/۸/۱۵

چکیده
اخیرا واکنشهای آنزیمی به جای فرایندهای متداول شیمیایی در تکمیل پشم به دلیل مسائل زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است. آنزیمهای پروتئاز با از بین بردن فلسها می‌توانند به خاصیت ضد نمدی شدن و ایجاد زیر دست کشسیر مانند کمک کنند. در این پژوهش اثر آنزیم پروتئاز بر نخ پشمی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که عمل آوری با آنزیم موجب کاهش وزن، استحکام و ازدیاد طول نخ پشمی می‌گردد و افزایش غلظت آنزیم مصرفی و مدت زمان عملیات این کاهش را شدت می‌بخشد. در اثر انجام این عملیات جذب رطوبت و مقدار سفیدی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. بررسی نتایج همراه با تصاویر میکروسکوپی نشان می‌دهد که عدم کنترل شرایط در کاربرد آنزیم علاوه بر اثرگذاری روی فلسهای لایه کوتیکول می‌تواند لایه‌های درونی را نیز تخریب کند و بر کیفیت پشم اثر نامطلوب بگذارد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، پشم، پروتئاز، فلس‌زدایی، آبکافت
Key Words: enzyme, wool, protease, descaling, hydrolyse

مقدمه

یکی از ویژگیهای الیاف پشمی تمایل به نمدی شدن و آبرفتگی آن است. در خصوص منشاء این رفتار نظریه‌های مختلفی وجود دارد. مشخصه آبگریزی و ساختار فلس‌دار سطح پشم از جمله عوامل اصلی در پدیده اصطکاک جهتدار است. در صورتی که به الیاف نیروهای مکانیکی وارد شود، الیاف در جهت فلسها جابه‌جا می‌شوند، در هم فرو می‌روند و چون اصطکاک در خلاف جهت فلسها بیشتر است، الیاف نمی‌توانند دوباره به جای اولیه خود برگردند. بنابراین، عامل مهم در نمدی کردن الیاف، ساختار فلس‌دار پشم است و هرچه میزان فلسها در واحد طول الیاف زیادتر باشد، این خاصیت نیز بیشتر می‌گردد و چنانچه فلسهای پشم به گونه‌ای از بین روند یا پوشانده شوند، پشم دیگر خاصیت نمدی شدن نخواهد داشت [۱،۲].

فرایندهای ضد آبرفتگی، سطح الیاف را به وسیله روشهای اکسایش، کاهش یا کاربرد رزینهای پلیمری اصلاح می‌کنند. بیشتر اوقات فرایندهای متداول شامل کلردار کردن است که با کاربرد پلیمر و کلرزدایی دنبال می‌شود. بر اثر کلردار کردن، باقیمانده‌های سیستین در سطح الیاف به سیستیک اسید اکسید می‌شود و این امکان بوجود می‌آید که پلیمر کاتیونی در سطح پشم منتشر و جذب شود. کلردار کردن محصولات جانبی، هالوژنهای قابل جذب تولید می‌کند که به وسیله اثر میکروارگانیسمها ممکن است مواد سمی بوجود آورند. همه این موارد

www.SID.ir

(۱)

Archive of SID

موجب می‌گردد تا روشهای زیست محیطی مناسب به عنوان یک جایگزین دنبال شوند [۳].

آنزیمها زیست کاتالیزورهایی با فعالیت مخصوص و انتخابی‌اند که سرعت واکنش را افزایش می‌دهند و بعد از انجام آزمایش بدون تغییر باقی می‌مانند. ویژگیهای آنزیمها از نقطه‌نظر زیست محیطی و اقتصادی، مشخصات واکنشهای انجام گرفته و امکان بازیافت آنزیم باعث شده تا از آنها بطور گسترده استفاده گردد.

پروتئازها یکی از مهمترین آنزیمهای صنعتی‌اند که تولید آنها به ۳۵۰ تن در سال می‌رسد. از این آنزیمها به عنوان شوینده‌های زیست‌شناختی، مواد نانی و در صنایع غذایی در آجوسازی، تولید پنیر و نرم کردن گوشت استفاده می‌شود [۳،۴]. پروتئازها بر اساس خصوصیات پایه‌ای تقسیم‌بندیهای متفاوتی دارند. آنها برطبق محدوده فعالیت به ۴ دسته قلیایی، اسیدی و خنثی یا به دلیل خصوصیات بستری که روی آن عمل می‌کنند به کراتیناز، الاستاز و کلاژناز دسته‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی هارتلی [۵] که به عنوان بهترین روش دسته‌بندی آنزیمها معرفی شده است پروتئازها را بر اساس خصوصیات مواضع فعال و حساسیتشان به بازدارنده‌های مختلف به ۴ دسته تقسیم می‌کند که عبارتند از:

- آسپارتیک پروتئاز (pH: ۲-۳).
- سیستین پروتئاز (pH: ۳-۵).
- متالوپروتئاز (pH: ۵-۷) و
- سرین پروتئاز (pH: ۶-۱۱).

از بین آنها سرین پروتئازهای قلیایی اساسا در شوینده‌ها بکار می‌روند. مواضع فعال این آنزیم شامل آمینواسیدهای سرین، هیستیدین و آسپارتیک اسید است. بررسی ساختار این آنزیم نشان می‌دهد که از یک زنجیر تکی پلی‌پپتیدی متشکل از ۲۷۴ آمینواسید ساخته شده است که سیستین و کربوهیدارت در آن وجود ندارد. از نقطه‌نظر شیمی فیزیکی این آنزیمها خود هضم شونده‌اند و به علت جذب پپتید روی این آنزیمها، ناخالص می‌شوند. سرین پروتئازها بیشتر پیوندهای پپتیدی را آبکافت می‌کنند. این آنزیمها در محدوده pH:۵/۵-۱۱ و محدوده دمایی ۵۰-۷۰°C پایدارند، اما پایینتر از pH:۵ یا بالاتر از pH:۱۱ سریعا غیرفعال می‌شوند [۴].

در سالهای اخیر استفاده از این آنزیمها روی الیاف پروتئینی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. تاریخچه کاربرد پروتئازها روی الیاف به قبل از سال ۱۹۱۰ برمی‌گردد. در آن زمان واکنشهایی براساس کاربرد تریپسین و پپسین برای نمیر کردن قسمهای الیافی، که از حیوان مرده‌بیرون کشیده شده بودند، به ثبت رسیده است [۶].

لیف پشمی پروتئینی است که از آمینواسیدهای مختلف، که به وسیله پیوندهای پپتیدی بهم متصل شده‌اند، تشکیل شده است. آنزیمها ویژه روی پیوندهای پپتید بین پروتئینها اثر کرده و آنها را آبکافت می‌کنند، طول زنجیرها را کاهش می‌دهند و هنگامی که آبکافت تکمیل شد، آمینواسید آزاد تولید می‌شود [۶،۷]. معادله ۱ واکنش مربوط را نشان می‌دهد.

این مکانیسم کاتالیستی در واقع شامل ۳ واکنش پی‌درپی است:

مرحله ۱. تشکیل کمپلکس بین پیوند پپتید (سوبسترا) و آنزیم،

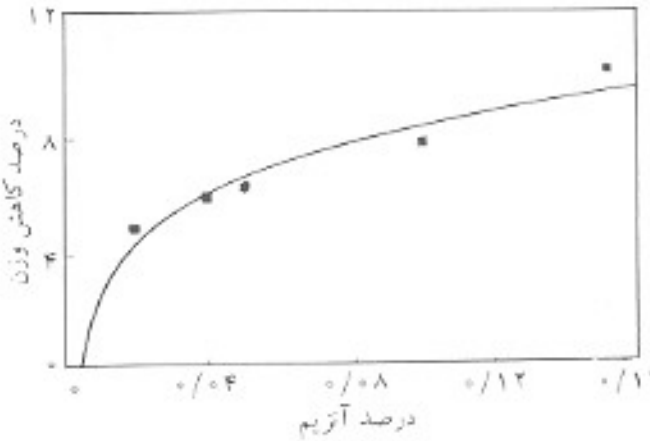
مرحله ۲. شکسته شدن پیوند پپتید و

مرحله ۳. حمله هسته دوستی روی باقیمانده کمپلکس برای شکستن دیگر پپتیدها [۳،۸].

ساختار پیچیده الیاف طبیعی، بویژه پشم، کنترل این واکنش را مشکل می‌سازد و نفوذ آنزیم به درون لایه‌های داخلی الیاف در صورت عدم کنترل شرایط واکنش باعث آسیب دیدن پشم بطور کامل می‌شود. بنابراین، برای حصول نتیجه مناسب لازم است که فعالیت آنزیم به سطح

پیشرفتهای زیست‌شناختی تولید آنزیمهای باکیفیت و واکنشهای محدوده شده و کاربرد بهتر آنها را ممکن ساخته است. از پیشرفت چشمگیر صنعت ساچی در زمینه‌های مختلف و رایج شدن استفاده از آنزیمها، کاربرد این مواد می‌تواند موضوع بااهمیتی برای صنعت ساچی باشد [۳،۶]. در این پژوهش، اثر آنزیم پروتئاز روی پشم و تغییرات حاصل از آن بررسی می‌شود.

www.SID.ir



شکل ۱ - اثر غلظت آنزیم بر کاهش وزن.

تجربی

مواد

مواد مصرفی عبارتند از: نخ ۱۰۰ درصد پشمی با نمره ۱۰ در سیستم متری، آنزیم پروتئاز (نووالان) از شرکت Novo Nordisk، سطح فعال غیریونی Lissapol NX و سایر مواد مصرفی با درجه خلوص زیاد از شرکت مرک تهیه شده است.

دستگاهها

دستگاههای مورد استفاده در این پژوهش به قرار زیر است:

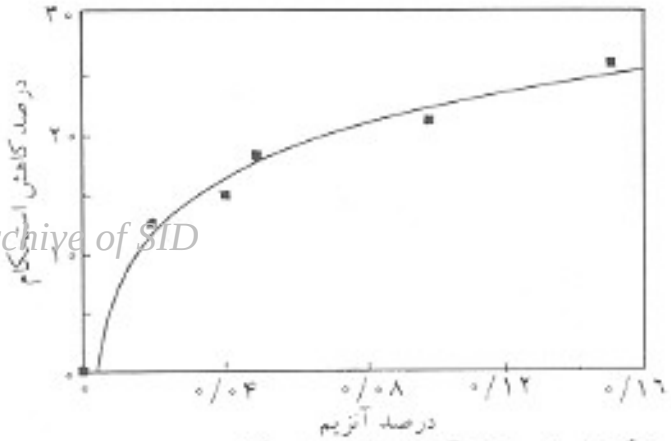
- دستگاه رنگرزی Ahiba Polymat ۱۰۰۰،
- دستگاه تعیین استحکام Zwick/material prufung ۱۴۴۶،
- طیف‌نورسنج انعکاسی Texflash،
- میکروسکوپ نوری عبوری Acrüss و
- میکروسکوپ الکترونی Philips XL۳۰.

روش

برای انجام عملیات آبکافت آنزیمی، نخ پشمی شسته شده با محلول آنزیمی حاوی ۱۰ درصد شوینده و بافر برات با pH=۸/۳ در دمای ۵۰°C و نسبت L:G معادل ۱:۲۰ به مدت یکساعت عمل‌آوری شد.

برای بررسی اثر غلظت آنزیم از غلظتهای مختلف ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد استفاده شد. برای بررسی مدت زمان عملیات، نمونه‌ها با محلول ۰/۱۵ درصد آنزیم در زمانهای ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه و شرایط یاد شده عمل‌آوری شدند.

برای غیرفعال کردن آنزیمها در انتهای عمل، کالاها به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر در دمای جوش شسته و با هوا خشک شدند.

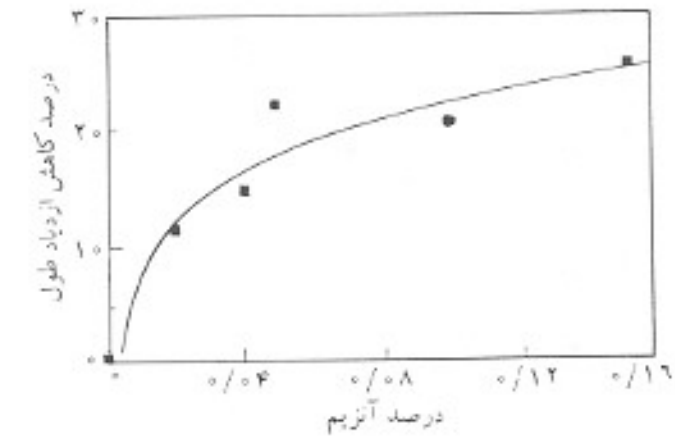


شکل ۲ - اثر غلظت آنزیم بر کاهش استحکام.

کاهش وزن نمونه‌ها بر اساس درصد کاهش وزن نسبت به نمونه اولیه محاسبه گردید. استحکام کششی نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM به شماره ۲۲۵۶ روی نمونه‌های به طول ۱۲ cm و با سرعت کشش ۴۰mm/min بدست آمد. برای اندازه‌گیری استحکام، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاندارد ۶۵ درصد رطوبت نسبی قرار داده شدند [۹]. اندازه‌گیری رطوبت نسبی قبل و بعد از عملیات با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در شرایط استاندارد (۶۵ درصد رطوبت نسبی و دمای ۲۵°C) محاسبه گردید. اندیس زردی با استفاده از دستگاه طیف نورسنج اندازه‌گیری و میزان زردی از معادله زیر محاسبه شد که در آن X،Y و Z محرکهای سه گانه رنگ در زیر منبع نوری C و مشاهده‌کننده استاندارد ۲°اند [۱۰]:

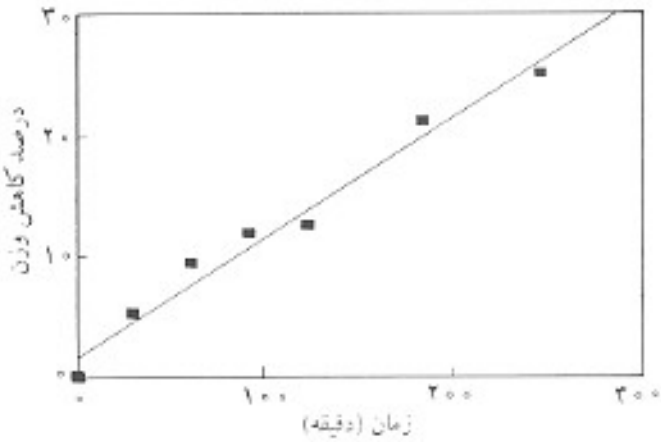
$$YI=(۱۲۷/۵X-۱۰۵/۸۴Z)/Y$$

برای بررسی سرعت جذب ماده رنگزا، نمونه‌های عمل‌آوری شده با



شکل ۳ - اثر غلظت آنزیم بر کاهش ازدیاد طول.

Archive of SID
www.SID.ir

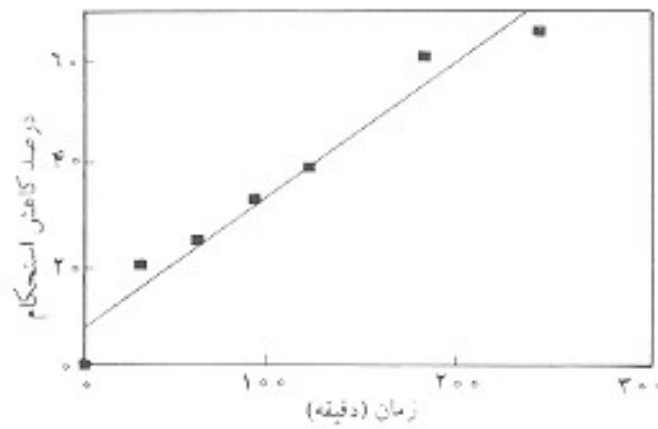


شکل ۴ - اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش وزن.

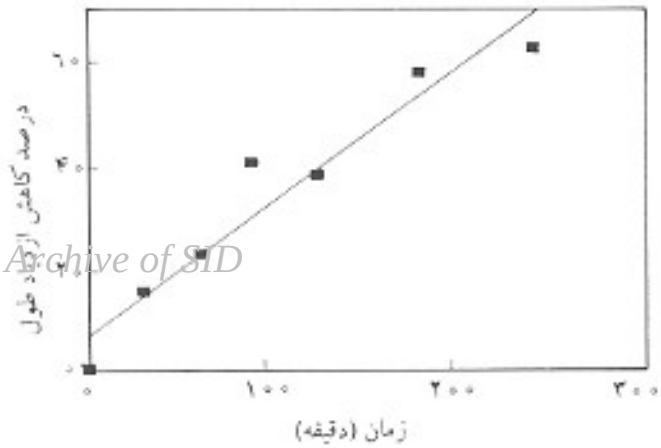
آنزیم به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۱ درصد رنگ آبی متیلن (CI Basic Blue 9) قرار گرفته‌اند و سپس به وسیله میکروسکوپ نوری از آنها عکس تهیه شد [۱۱]. عکسهای الیاف به کمک میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) تهیه گردید.

نتایج و بحث

عمل‌آوری پشم با آنزیمهای پروتئولیتی علاوه بر اینکه منجر به از بین رفتن فلسهای پشم و در نتیجه کاهش خاصیت نمدی شدن آن می‌شود، باعث کاهش قطر لیف و افزایش نرمی و ایجاد زیردست نرم در آن می‌گردد [۳]. حمله آنزیم به پشم باید در شرایط کنترل شده انجام شود، زیرا علاوه بر سطح الیاف، ساختار داخلی آن نیز تخریب می‌گردد. آثار این تخریب با اندازه‌گیری کاهش وزن، کاهش استحکام، ازدیاد طول و به کمک عکسهای میکروسکوپی قابل تشخیص است.



شکل ۵ - اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش استحکام.



Archive of SID

شکل ۶ - اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش ازدیاد طول.

بررسی اثر غلظت آنزیم

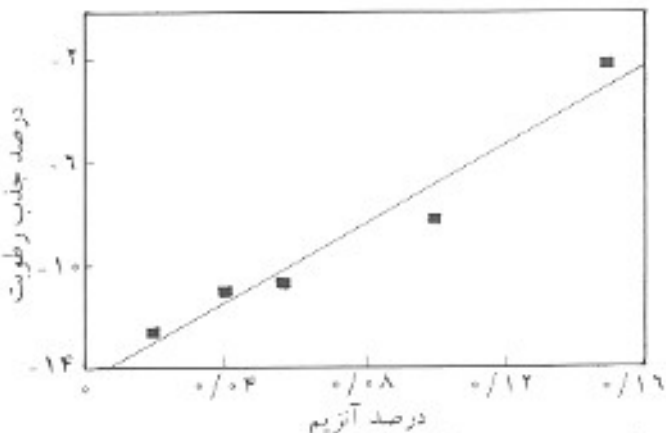
شکل ۱ کاهش وزن نمونه‌های عمل‌آوری شده را در غلظتهای مختلف آنزیم در مدت زمان یک ساعت نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت تا حدود ۰/۰۵ درصد شدت کاهش وزن زیاد بوده و پس از آن از شیب منحنی کم شده است.

همزمان با کاهش وزن و شکستن پیوندهای پپتیدی در پشم، استحکام آن نیز کاهش می‌یابد. مقایسه شکلهای ۱ و ۲ نشان می‌دهد که حدود ۱۰ درصد کاهش وزن، استحکام نخ را تا میزان ۳۰ درصد کاهش می‌دهد که مقدار قابل توجهی است. عامل مهم در کاهش استحکام معمولا به کاهش وزن و کم شدن قدرت مقاومت دسته الیاف در برابر نیرو مربوط می‌گردد، اما از آنجا که کاهش استحکام بسیار بیشتر از کاهشی است که از کم شدن وزن انتظار می‌رفت، در نتیجه می‌توان مسئله تخریب الیاف و ایجاد نقاط ضعیف را در نظر گرفت. در واقع، کاهش استحکام غیرعادی تا اندازه‌ای به حمله آنزیمها به زنجیرهای پلی‌پپتیدی در لایه‌های درونی الیاف پشم مربوط می‌شود. با در نظر گرفتن منحنی ۳ که تغییرات ازدیاد طول نمونه‌ها در مقابل عملیات آبکافت آنزیمی را نشان می‌دهد، می‌توان شکسته شدن پیوندهای پپتیدی و تخریب زنجیرها را به صورت کاهش در مقدار ازدیاد طول مشاهده کرد. در واقع، ایجاد نقاط ضعیف و شکننده باعث می‌شوند که ازدیاد طول نمونه‌ها تا حد ۵۰ درصد کاهش یابد.

بررسی اثر مدت زمان عمل‌آوری

برای بررسی شدت آثار تخریبی آنزیم بر پشم، نمونه‌ها در زمانهای طولانی‌تر تا ۴ ساعت و با محلول ۱۵ درصد آنزیم عمل‌آوری شدند. همان‌گونه که شکلهای ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهند، کاهش وزن و کاهش استحکام و همچنین کاهش ازدیاد طول با گذشت زمان بشدت افزایش

www.SID.ir



شکل ۷ ـ اثر غلظت آنزیم بر میزان جذب رطوبت.

می‌یابد. نکته جالب توجه در شکلهای یاد شده این است که اثر زمان بر تخریب پشم به صورت خطی است، در صورتی که اثر غلظت بر کاهش وزن و کاهش استحکام ابتدا شدید بوده و پس از آن کم شده است. این مسئله می‌تواند تاییدی بر نظریه‌های عنوان شده درباره همدمای جذب لانگ میور برای جذب آنزیمها روی سوبسترا باشد [۱۲]. در این نظریه فرضیات بر این اساس است که جذب روی مکانهای خاصی در لیف انجام می‌گیرد و از این رو ظرفیت واکنش محدود بوده و با سیر شدن مکانها امکان جذب بیشتر ممکن نیست. در این حالت، منحنی میزان جذب روی لیف ابتدا صعودی بوده و پس از رسیدن به نقطه سیرشدن لیف به صورت خط موازی با محور درمی‌آید که در این صورت میزان خارج شدن مولکولها و جذب مولکولهای جدید یکسان می‌شود [۱۳]. بدان معناکه با افزایش غلظت تا حد معینی سطح لیف تقریبا سیر می‌شود و پس از آن افزایش آنزیم به جذب بیشتر کمکی نمی‌کند، در حالی که با افزایش زمان آنزیمها فرصت می‌یابند که به لایه‌های درونی الیاف نفوذ کنند و تخریب را به صورت عمقی ادامه دهند.

اثر غلظت آنزیم بر جذب رطوبت نمونه‌ها

آثار تخریب می‌تواند بر مقدار جذب رطوبت الیاف نیز تاثیر بگذارد. کوتیکول که لایه سطحی الیاف پشم است دارای مقادیر زیادی سیستین است و این امر باعث ایجاد خاصیت آنگریزی در پشم می‌شود. به همین دلیل پشم در برابر جذب رطوبت، رنگزا و مواد شیمیایی مقاومت اولیه دارد که با تخریب سطح پشم این مقاومت کاهش می‌یابد [۳،۱۴].

بررسی تغییرات جذب رطوبت نمونه‌ها در شکل ۷ نشان می‌دهد که کاربرد آنزیم باعث کاهش جذب رطوبت الیاف می‌گردد. اگرچه با افزایش غلظت آنزیم میزان جذب رطوبت افزایش می‌یابد، ولی در کل میزان جذب رطوبت نمونه‌ها از نمونه خام کمتر است. این امر احتمالا به دلیل آن است که آنزیم در مرحله اول مناطق بی‌شکل لیف پشمی را مورد حمله قرار می‌دهد و در نتیجه با از بین رفتن این مکانها که قابلیت نگهداری آب را دارند از میزان جذب رطوبت کاسته می‌شود.

بررسی لکه‌گذاری با آبی متیلن

برای بررسی این مسئله نمونه‌ها با رنگزای آبی متیلن (C.I.Basic Blue 9) در زمان کوتاه ۱۰ دقیقه عمل‌آوری شده و جذب رنگزا زیر میکروسکوپ بررسی گردید. همان گونه که تصاویر ۸ الف تا ج نشان می‌دهند، در نمونه خام جذب رنگ صورت نگرفته است، ولی نمونه‌هایی که با غلظتهای مختلف آنزیم عمل‌آوری شده‌اند توانسته‌اند در همین مدت کم رنگزا را جذب کنند. نفوذ رنگزا روی فلسها در نمونه‌های عمل‌آوری شده بخوبی مشخص است.

بررسی اثر زمان عمل‌آوری بر جذب رطوبت نمونه‌ها

در این آزمایش اثر مدت زمان عمل‌آوری بر جذب رطوبت بررسی شد. شکل ۹ نشان می‌دهد که افزایش زمان روی میزان جذب رطوبت تاثیر مستقیم و زیادی دارد و همانند کاهش وزن و کاهش استحکام با افزایش زمان، مقدار جذب رطوبت بطور خطی زیاد می‌شود. این نتیجه به همراه نتایج حاصل از تعیین میزان استحکام می‌تواند به دلیل تخریب لایه‌های درونی الیاف باشد. در واقع، آنزیم پس از تخریب اولیه سطح، به مناطق درونی لیف حمله کرده و ایجاد شکاف می‌کند. در زمانهای بیشتر و تخریبهای زیاد، ایجاد شکاف به کاهش مناطق بی‌شکل برتری یافته و در نتیجه با حبس فیزیکی آب در این مناطق جذب رطوبت افزایش می‌یابد. بررسی مکانیسم نفوذ مواد به درون الیاف می‌تواند توضیح بهتری را ارائه دهد.

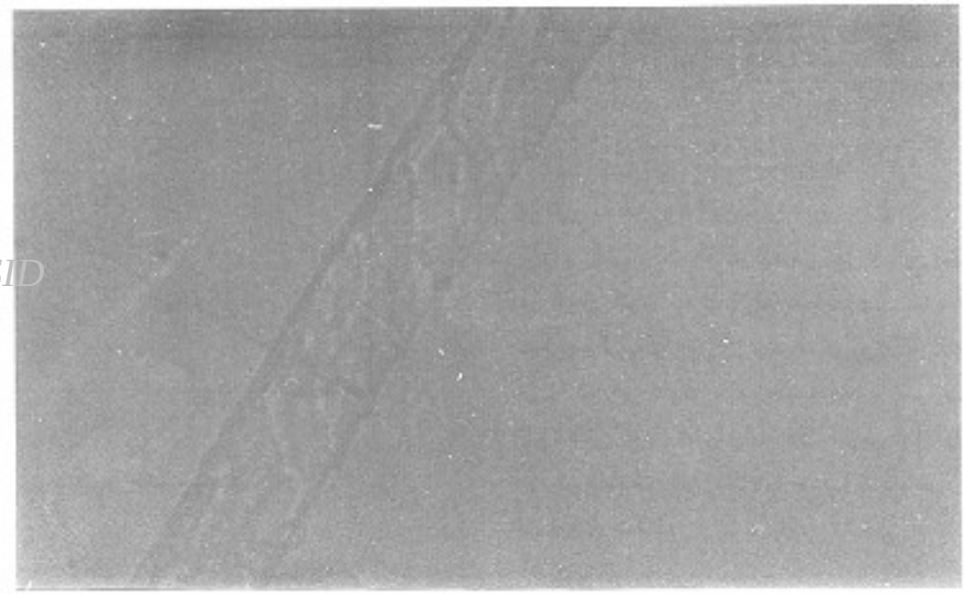
لیدر در تحقیقاتی که روی مکانیسم نفوذ رنگزا به داخل الیاف پشم انجام داد دو نظریه محتمل را پیشنهاد کرد. نظریه اول بر اساس نفوذ رنگزا از میان لایه کوتیکول و نظریه دوم بیانگر نفوذ رنگزا در طول کمپلکس غشای سلولی بین کوتیکولهاست [۱۵]. با مقایسه نسبی بین وزن مولکولی رنگ و ساختار پروتئاز، می‌توان انتظار داشت که حمله آنزیم به کورتکس پشم بر اساس نظریه دوم از لا به لای غشای سلولی انجام گیرد که نتیجه آن آبکافت ناهموار سطح پشم و نفوذ به لایه‌های درونی الیاف است. این موضوع می‌تواند دلیل جذب نایکنواخت رنگزای آبی متیلن و ایجاد شکاف در برخی نقاط لیف باشد.

بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی

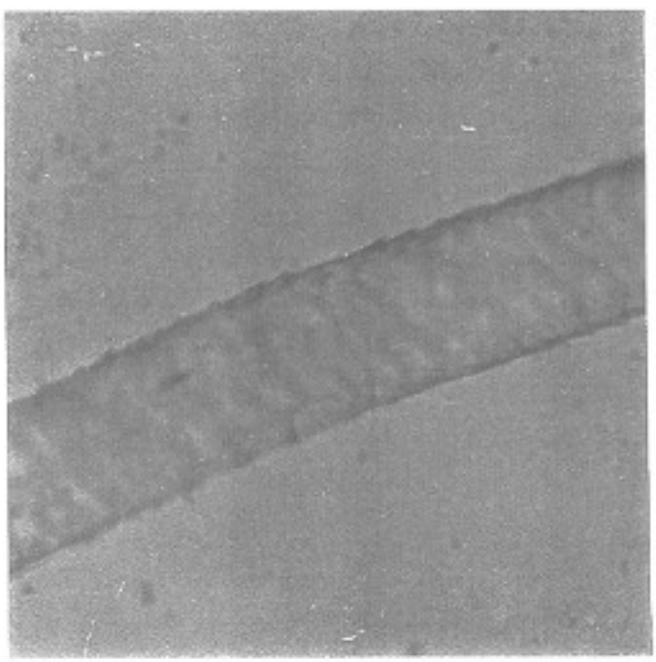
برای بررسی بیشتر از سطح الیاف عمل‌آوری نشده (شکل ۱۰)، عمل‌آوری شده با آنزیم به مدت ۳۰ دقیقه (شکل ۱۱) و ۲۴۰ دقیقه (شکلهای ۱۲ الف و ب) عکسهای میکروسکوپی تهیه شد. همان گونه

Archive of SID
www.SID.ir

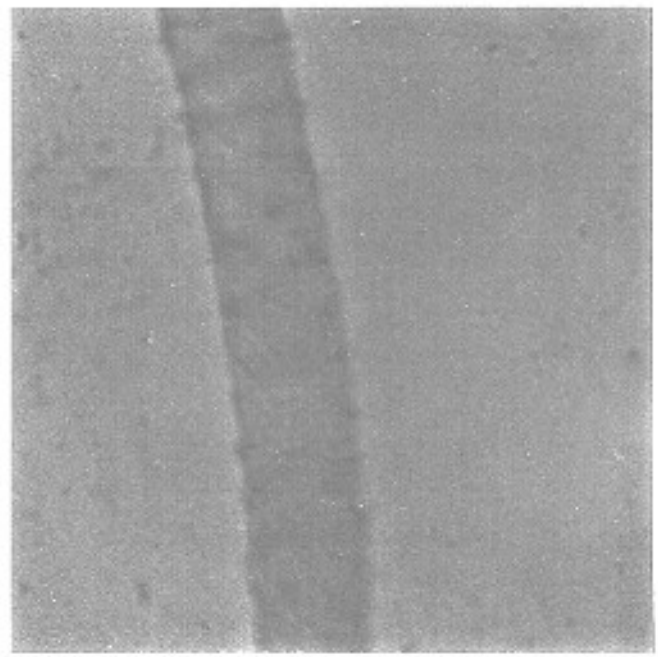
Archive of SID



(الف)



(ج)

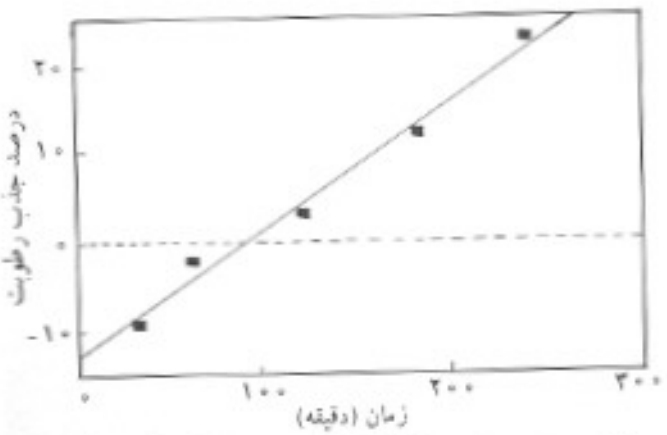


(ب)

شکل ۸. تصویر میکروسکوپی با بزرگنمایی ۱۴۰۰ از جذب آبی متیل روی پشم: (الف) عمل‌آوری نشده، (ب) عمل‌آوری شده با ۲ درصد آنزیم و (ج) عمل‌آوری شده با ۱۵ درصد آنزیم.

که در شکل ۱۱ پیداست، با انجام عملیات آنزیمی به مدت ۳۰ دقیقه سر فلسها کوتاهتر شده و بنظر می‌رسد که سطح لیف هموارتر و نرمتر شده است. مشاهده طول زیادی از الیاف نشان می‌دهد که این تغییرات تقریبا در همه طول لیف صورت گرفته است. با افزایش زمان عمل‌آوری، آنزیم توانسته است سرفلسها را کاملا کوتاه و صاف کند (شکل ۱۲ الف). علاوه بر این، آنزیم در بعضی مناطق فلسها را بطور کامل از بین برده و در نتیجه سطح لیف در این نقاط کاملا صاف شده است، اما به دلیل شرایط حاد، عمل تخریب در عمق لیف ادامه یافته

www.SID.ir



شکل ۹- اثر زمان میزان آبکافت آنزیمی بر میزان جذب رطوبت.

است، اما به دلیل شرایط حاد، عمل تخریب در عمق لیف ادامه یافته و منجر به ایجاد شکاف شده است. تصویر ۱۲ ب یکی از این شکافها را نشان می‌دهد.

بررسی کاهش میزان زردی نمونه‌ها

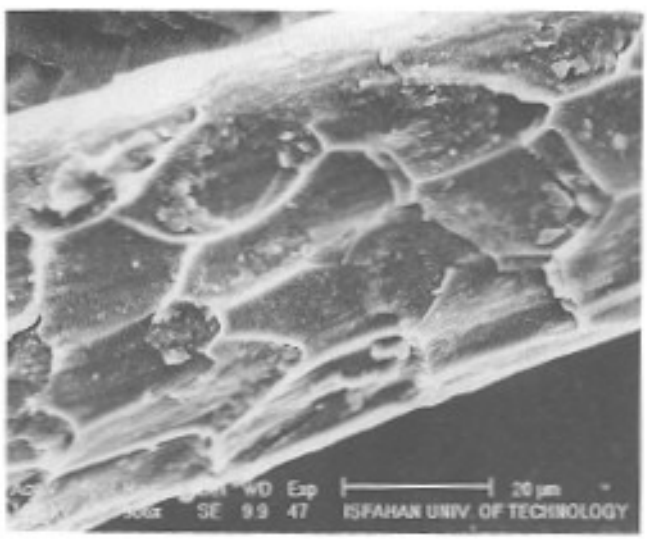
نکته مهم دیگری که در الیاف پشمی تکمیل شده با آنزیم مشاهده می‌شود، سفیدی و جلای بیشتر نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های عمل‌آوری نشده است. در اکثر موارد سفیدگری پشم یک امر لازم و ضروری است، بویژه در مواردی که کسب سایه‌های رنگی روشن موردنظر باشد. شکل ۱۳ نشان می‌دهد که عمل‌آوری با آنزیم باعث کاهش زردی الیاف و به عبارتی افزایش سفیدی آنها شده است. این افزایش سفیدی در حدی است که می‌تواند با سفیدی ناشی از روشهای اکسایشی مقایسه شود [۳].

نتیجه‌گیری

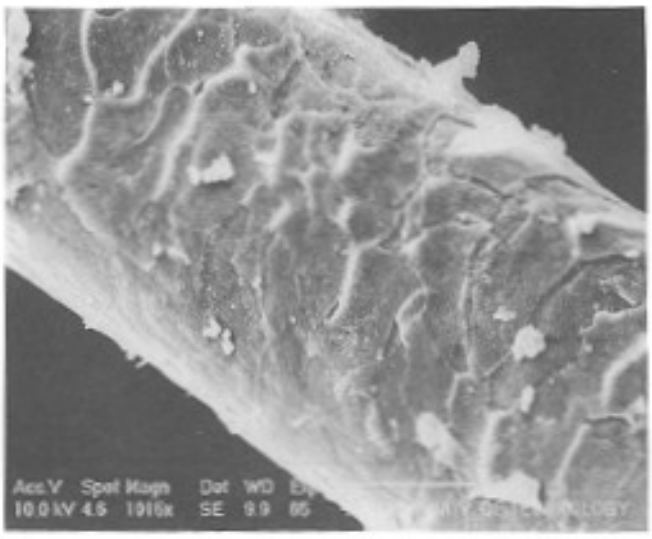
در این پژوهش اثر آنزیم پروتئاز بر لخهای پشمی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد آنزیم باعث کاهش وزن، کاهش استحکام و کاهش ازدیاد طول لخها می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از اثر غلظت محلول آنزیم و مدت زمان عمل‌آوری، مشاهده می‌شود که با اینکه زیاد نسبت کاهش استحکام به کاهش وزن بسیار زیاد است که این کاهش غیرعادی به تخریب زنجیرهای پپتیدی در الیاف ارتباط دارد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که تغییرات جذب رطوبت در نمونه‌هایی که با غلظت کم آنزیم یا در مدت زمان کوتاه عمل‌آوری شده‌اند زیاد نیست، ولی با ازدیاد زمان عمل‌آوری جذب رطوبت افزایش می‌یابد که کسب این نتیجه به ایجاد شکاف در الیاف نسبت داده می‌شود.

در واقع، اعمال شرایط ملایم در عمل‌آوری آنزیمی اثری بر جذب رطوبت نمی‌گذارد، اما بررسی عکسهای میکروسکوپی نمونه‌هایی که با ماده رنگزای آبی متیلن رنگ شده‌اند افزایش لکه‌گذاری را نشان می‌دهد. علاوه بر این، تغییرات سفیدی نمونه‌های عمل‌آوری شده نیز بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. از نتایج حاصل چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اگرچه آنزیم پروتئاز قابلیت کوتاه کردن و از بین بردن فلسها را دارد و باعث بهبود برخی از خواص پشم می‌شود، اما عدم کنترل شرایط عمل می‌تواند منجر به ایجاد تخریبهای جدی الیاف و کاهش کیفیت نمونه‌ها شود.

عکسهای میکروسکوپ الکترونی تهیه شده از سطح الیاف، کوتاه شدن فلسها و ایجاد شکاف در شرایط حاد عمل‌آوری را تایید می‌کند. این نتیجه از نظر کاربرد آنزیم پروتئاز در ضد نمدی کردن پشم اهمیت دارد.

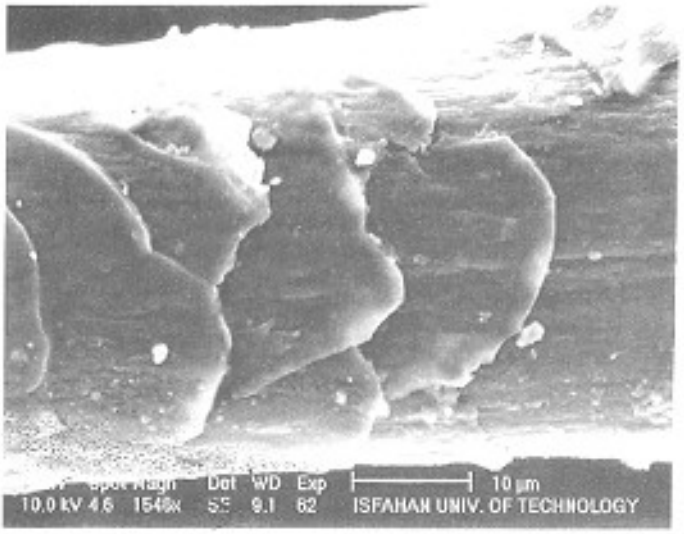


شکل ۱۰- عکس میکروسکوپ الکترونی از پشم خام.



شکل ۱۱- نمونه عمل‌آوری شده با آنزیم به مدت ۳۰ دقیقه.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۲ ـ (الف) پشم عمل‌آوری شده با آنزیم به مدت ۲۴۰ دقیقه و (ب) شکاف ایجاد شده روی همان پشم.

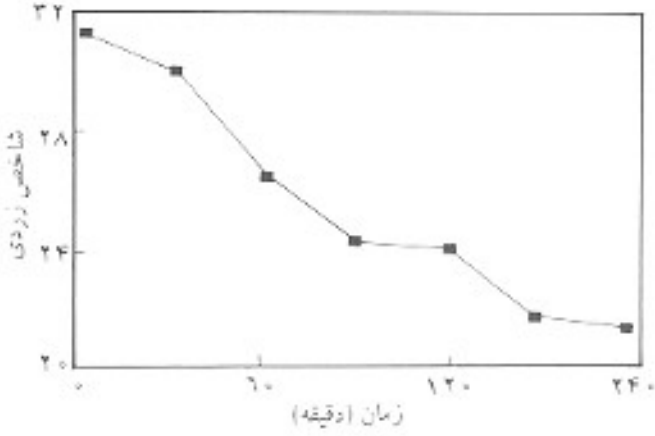
قدردانی

از خانمها مهندس زهرا فلاحیان و مهندس مریم گرجی به دلیل همکاری در انجام تعدادی از آزمایشها قدردانی می‌شود.

مراجع

۱ـ توانایی حسین، تکمیل در صنعت نساجی، نشر ارکان اصفهان، ۱۳۷۵.

۲ـ مرتضوی مجید، تکمیل کالای نساجی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۶۸.



شکل ۱۳ ـ اثر زمان آنکافت آنزیمی بر کاهش زردی پشم.

3. Heine E. and Hocker H.; Enzyme Treatments on Wool and Cotton; *Rev. Prog. Coloration*; **25**, 57-63, 1995.

4. Murray, *Comprehensive in Biotechnology*, Young M. (Ed.), 1985.

5. Hartley B. S., Proteolytic Enzymes; *Annu. Rev. Biochem.*; **29**, 45-72, 1960.

6. Nolte H., Bishop D. P. and Hocker H., Effect of Proteolytic and Lipolytic Enzymes on Untreated and Shrink-Resist-Treated Wool; *J. Text. Inst.*; **87**, Part 1, 1, 212-27, 1996.

7. Schridhar V., Chikkodi S. V., Samina Kh. and Mahta R. D., Determinig of Fiberloss in Biofinishing of Cotton and Cotton-Wool Blended Fabrics; *Text. Chem. Colorist.*; **27**, 3, 28-31, March 1996.

۸ـ عالم‌زاده ایران، فرایندهای آنزیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۷.

9. Booth J. E.; *Principles of Textile Testing*; Arrowsmith J. W., Bristol, 1968.

10. McDonald R.; *Colour Physics for Industry*; Company Publications Trust, Bradford, 1987.

۱۱ـ احمدی ب، شیمی نساجی، نشر فاتد، ۱۳۶۴.

12. Nidetzky B., Steiner W., A New Approach for Modeling Cellulase-Cellulose Adsorption and the Kinetic of Enzyme Hydrolysis; *Biotech. Bioeng.*; **42**, 469-79, 1993.

13. Cegarra J., Puenta P. and Valdepresa J.; *The Dyeing of*

Archive of SID

www.SID.ir

15. Leeder J. D., Rippon J. A., Rothery F. E. and Stapleton I. W., Use of Transmission Electron Microscope to Study Dyeing and Diffusion Processes, Proceeding of 7th International Wool Textile Research Conference; Tokyo; 5, 99, 1985.

Textile Materials; Texilio, Instituto Per La, 1992.

14. Yoon N. S., Lim Y. J., Tahara M. and Takagishi T., Mechanical and Dyeing Properties of Wool and Cotton Fabric Treated with Low Temperature Plasma and Enzymes; *Text. Res. J.*; **66**, 5, 329-79, 1996.

www.SID.ir