

# 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: ۱۳۸۴/۴/۲۸، پذیرش: ۱۳۸۵/۸/۲۹

## 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 می توانند به خاصیت ضد نمندی شدن و ایجاد زیر دست کنشیر مانند کمک کنند. در این پژوهش اثر آنزیم پروتئاز بر نخ پشمی بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که عمل آوری با آنزیم موجب کاهش وزن، استحکام و ازدیاد طول نخ پشمی می گردد و افزایش خلقت آنزیم مصرفی و مدت زمان عملیات این کاهش را شدت می بخشد. در اثر انجام این عملیات جذب رطوبت و مقدار سفیدی نمونه ها افزایش می یابد. بررسی نتایج همراه با تصاویر میکروسکوپی نشان می دهد که عدم کنترل شرایط در کاربرد آنزیم علاوه بر اثرگذاری روی فلسهای لایه کوتیکول می تواند لایه های درونی را نیز تخریب کند و بر کیفیت پشم اثر نامطلوب بگذارد.

واژه های کلیدی: آنزیم، پشم، پروتئاز، فلس زدایی، آمکانت

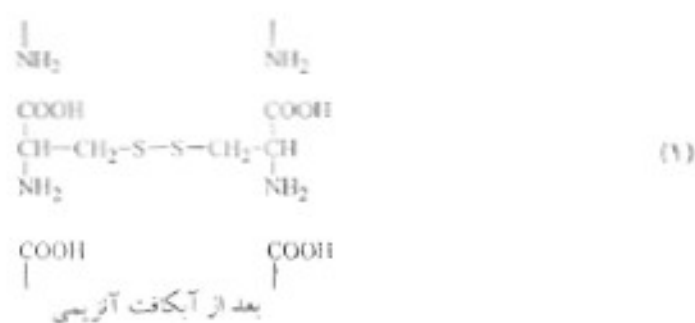
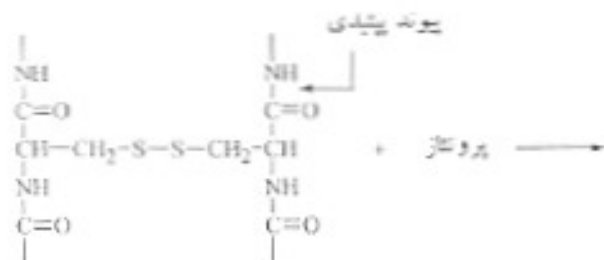
*Key Words: enzyme, wool, protease, descaling, hydrolyse*

## مقدمه

باشد، این خاصیت نیز بیشتر می گردد و چنانچه فلسهای پشم به گونه ای از بین روند یا پوشانده شوند، پشم دیگر خاصیت نمندی شدن نخواهد داشت [۱،۲].

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

یکی از ویژگیهای الیاف پشمی تمایل به نمندی شدن و آبرفتگی آن است. در خصوص منشاء این رفتار نظریه های مختلفی وجود دارد. مشخصه آبریزی و ساختار فلس دار سطح پشم از جمله عوامل اصلی در پدیده اصطکاک جهت دار است. در صورتی که به الیاف نیروهای مکانیکی وارد شود، الیاف در جهت فلسها جابه جا می شوند، در هم فرو می روند و چون اصطکاک در خلاف جهت فلسها بیشتر است، الیاف نمی توانند دوباره به جای اولیه خود برگردند. بنابراین، عامل مهم در نمندی کردن الیاف، ساختار فلس دار پشم است و هرچه میزان فلسها در واحد طول الیاف زیاده تر



زنجیر پلی پپتید قبل از عمل آوری با آزیم

آزیمها در محدوده pH=5/5-11 و محدوده دمایی 50-70°C پایدارند، اما پایتتر از pH=5 یا بالاتر از pH=11 سریعاً غیرفعال می‌شوند [4].

در سالهای اخیر استفاده از این آزیمها روی الیاف پروتئینی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. تاریخچه کاربرد پروتازها روی الیاف به قبل از سال 1910 برمی‌گردد. در آن زمان واکنشهای براساس کاربرد تریپسین و پپسین برای تمیز کردن قشای الیافی، که از حیوان مرده بیرون کشیده شده بودند، به ثبت رسیده است [6].

لیف پشمی پروتئینی است که از آمینوسیدهای مختلف، که به وسیله پیوندهای پپتیدی بهم متصل شده‌اند، تشکیل شده است. آزیمها بویژه 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 [16، 7]. معادله 1 واکنش مربوط را نشان می‌دهد.

- این مکانیسم کاتالیتی در واقع شامل 3 واکنش پی در پی است:
- مرحله 1- تشکیل کمپلکس بین پیوند پپتید (سوسترا) و آزیم.
  - مرحله 2- شکسته شدن پیوند پپتید و
  - مرحله 3- حمله هسته دوسنی روی باقیمانده کمپلکس برای شکستن دیگر پیوندها [3، 8].

ساختار پیچیده الیاف طبیعی، بویژه پشم، کنترل این واکنش را مشکل می‌سازد و نفوذ آزیم 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 آزیم به سطح بیشترهای زیست‌شناختی تولید آزیمهای باکیفیت و واکنشهای محدود شده و کاربرد بهتر آنها را مسکن ساخته است. با پیشرفت چشمگیر صنعت نساجی در زمینه‌های مختلف و رایج شدن استفاده از آزیمها کاربرد این مواد می‌تواند موضوع بااهمیتی برای صنعت نساجی باشد [4، 6]. در این پژوهش، اثر آزیم پروتاز روی پشم و تغییرات حاصل از آن بررسی می‌شود.

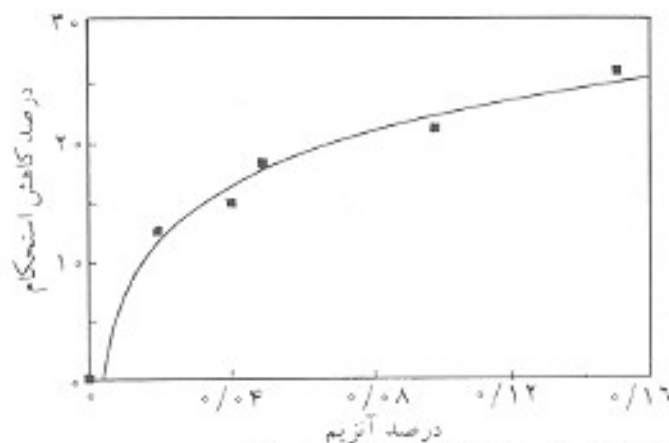
موجب می‌گردد تا روشهای زیست محیطی مناسب به عنوان بک جایگزین دنبال شوند [3].

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

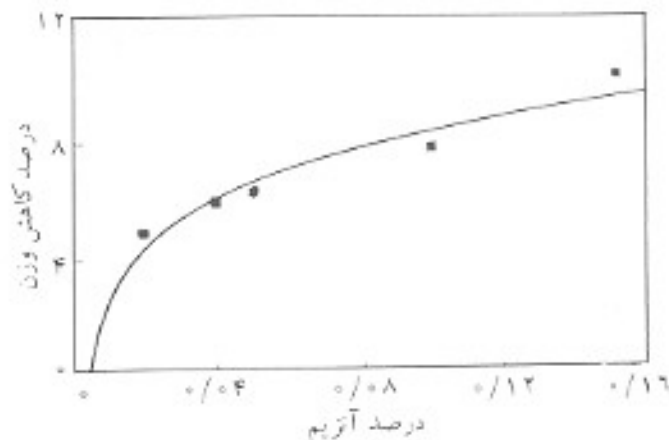
پروتازها یکی از مهمترین آزیمهای صنعتی‌اند که تولید آنها به 350 تن در سال می‌رسد. از این آزیمها به عنوان شوینده‌های زیست‌شناختی، مواد ناشی و در صنایع غذایی در آجوسازی، تولید پیر و ترد کردن گوشت استفاده می‌شود [3، 4]. پروتازها بر اساس خصوصیات پایه‌ای تقسیم‌بندیهای متفاوتی دارند. آنها بر طبق محدوده فعالیت به 2 دسته قلبایی، اسیدی و خنثی یا به دلیل خصوصیات شتری که روی آن عمل می‌کنند به کراتیناز، الاستاز و کلازیناز دسته‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی هارثلی [5] که به عنوان بهترین روش دسته‌بندی آزیمها معرفی شده است پروتازها را بر اساس خصوصیات مواضع فعال و حساسیتشان به باردارنده‌های مختلف به 4 دسته تقسیم می‌کند که عبارتند از:

- آمپاراتیک پروتاز (pH=2-3).
- سیتین پروتاز (pH=4-5).
- متالوپروتاز (pH=5-7) و
- سرین پروتاز (pH=9-11).

از بین آنها سرین پروتازهای فلزاس اساساً در شوینده‌ها بکار می‌روند. مواضع فعال این آزیم شامل آمینوسیدهای سرین، سیتین و آمپاراتیک است. بررسی ساختار این آزیم نشان می‌دهد که از یک زنجیر تک پی پپتیدی متشکل از 274 آمینواسید ساخته شده است که بیشتر و کربوهیدرات در آن وجود ندارد. از نقطه نظر فیزیکی این آزیمها خود هضم شونده‌اند و به علت جذب پپتید روی این آزیمها، ناخالص می‌شوند. سرین پروتازها بیشتر پیوندهای پپتیدی را آبکافت می‌کنند. این



شکل ۲- اثر غلظت آنزیم بر کاهش استحکام.



شکل ۱- اثر غلظت آنزیم بر کاهش وزن.

### تجربی

#### مواد

مواد مصرفی عبارتند از: نخ ۱۰۰ درصد پشمی با نمرة ۱۰ در سیستم متری، آنزیم پروتاز (نووالان) از شرکت Novo Nordisk، سطح فعال غیریونی Lissapot 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 ۱۰۰۰ Ahiba Polymat
- دستگاه تعیین استحکام ۱۴۴۶ Zwick/material prufung
- طیف نورسنج انعکاسی Textflash
- میکروسکوپ نوری عبوری Across و
- میکروسکوپ الکترونی Philips X1.۳۰

#### 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 عمل آوری شد.

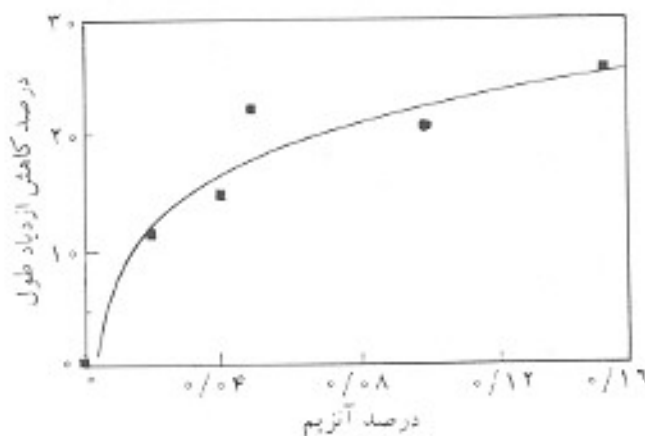
برای بررسی اثر غلظت آنزیم از غلظتهای مختلف ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد استفاده شد. برای بررسی مدت زمان عملیات، نمونه‌ها با محلول ۰/۱۵ درصد آنزیم در زمانهای ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه و شرایط یاد شده عمل آوری شدند.

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

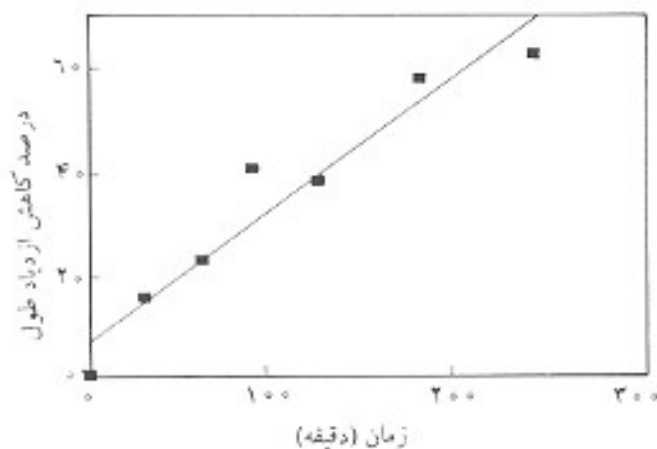
کاهش وزن نمونه‌ها بر اساس درصد کاهش وزن نسبت به نمونه اولیه محاسبه گردید. استحکام کششی نمونه‌ها طبق استاندارد ASTM به شماره ۲۲۵۶ روی نمونه‌های به طول ۱۲ cm و با سرعت کشش ۴۰ mm/min بدست آمد. برای اندازه‌گیری استحکام، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاندارد ۶۵ درصد رطوبت نسبی قرار داده شدند [۹]. اندازه‌گیری 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 Y و X و Z محرکهای سه گانه رنگ در زیر منبع نوری C و مشاهده کننده استاندارد ۲ [۱۰]:

$$YI = (127/5X - 105/84Z) / Y$$

برای بررسی سرعت جذب ماده رنگزا، نمونه‌های عمل آوری شده با



شکل ۳- اثر غلظت آنزیم بر کاهش ازدیاد طول.



شکل ۶- اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش از دیاد طول.

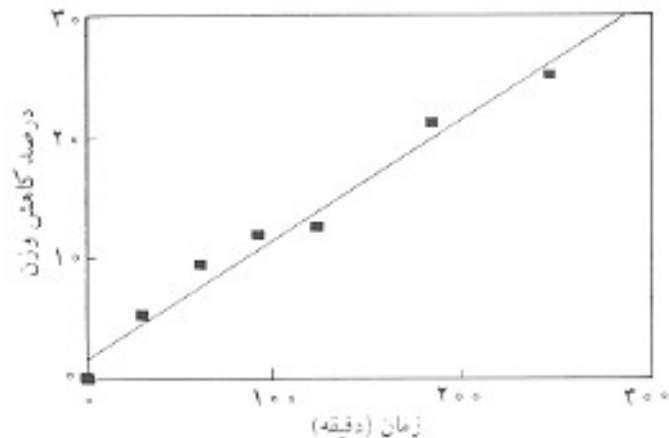
#### بررسی الو غلظت آنزیم

شکل ۱ کاهش وزن نمونه‌های عمل آوری 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 پیشدی 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 معمولاً به کاهش وزن و کم شدن قدرت مقاومت دسته الیاف در برابر نیرو مربوط می‌گردد، اما از آنجاکه 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 پلی‌پیشدی در لایه‌های درونی الیاف پشم مربوط می‌شود. با در نظر گرفتن منحنی ۳ که تغییرات از دیاد طول نمونه‌ها در مقابل عملیات آبکافت آنزیمی را نشان می‌دهد، می‌توان شکسته شدن پیوندهای پشم و تخریب زنجیرها را به صورت کاهش در مقدار از دیاد طول مشاهده کرد. در واقع، ایجاد نقاط ضعیف و شکسته شدن باعث می‌شوند که از دیاد طول نمونه‌ها تا حد ۵۰ درصد کاهش یابد.

#### بررسی اثر مدت زمان عمل آوری

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

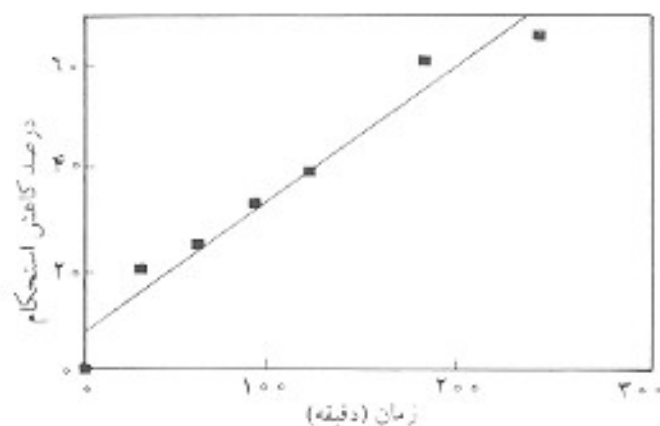


شکل ۴- اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش وزن.

آنزیم به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۱ درصد رنگ آبی متیلن (CI Basic Blue ۹) قرار گرفته‌اند و سپس به وسیله میکروسکوپ نوری از آنها عکس تهیه شد [۱۱]. عکسهای الیاف به کمک میکروسکوپ الکترون پوشی (SEM) تهیه گردید.

#### نتایج و بحث

عمل آوری پشم با آنزیمهای پروتولیتی علاوه بر اینکه منجر به از بین رفتن فلس‌های پشم و در نتیجه کاهش خاصیت نمادی شدن آن می‌شود، باعث کاهش قطر لیف و افزایش نرمی و ایجاد زبردست 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، از دیاد طول و به کمک عکسهای میکروسکوپی قابل تشخیص است.



شکل ۵- اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش استحکام.

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 رنگرای آبی متیلن (CI Basic Blue 9) در زمان کوتاه ۱۰ دقیقه عمل‌آوری شده و جذب رنگرا زیر میکروسکوپ بررسی گردید. همان‌گونه که تصاویر ۸ الف تا ج نشان می‌دهند، در نمونه خام جذب رنگ صورت نگرفته است، ولی نمونه‌هایی که با غلظتهای مختلف آزریم عمل‌آوری شده‌اند توانسته‌اند در همین مدت کم رنگرا را جذب کنند. نفوذ رنگرا روی فلسها در نمونه‌های عمل‌آوری شده بخوبی مشخص است.

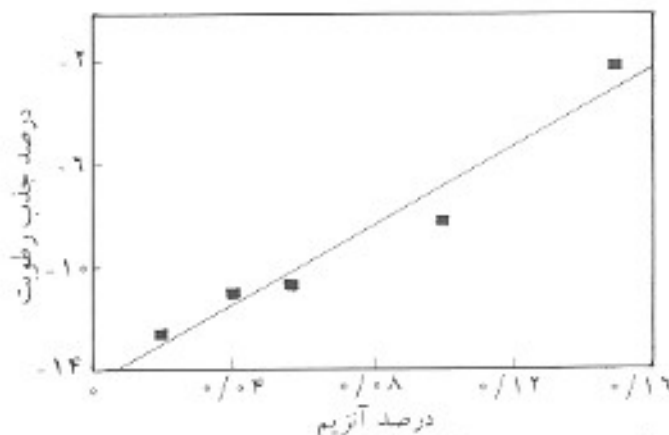
#### بررسی اثر زمان عمل‌آوری بر جذب رطوبت نمونه‌ها

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، آزریم 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 منافذ جذب رطوبت افزایش می‌یابد. بررسی مکانیسم نفوذ مواد به درون الیاف می‌تواند توضیح بهتری را ارائه دهد.

لیدر در تحقیقاتی که روی مکانیسم نفوذ رنگرا به داخل الیاف پشم انجام داد دو نظریه محتمل را پیشنهاد کرد. نظریه اول بر اساس نفوذ رنگرا از میان لایه کوتیکول و نظریه دوم بیانگر نفوذ رنگرا در طول کپلهکس غشای سلولی بین کوتیکولهاست [۱۵]. با مقایسه نسی بین وزن مولکولی رنگ و ساختار پروتاز، می‌توان انتظار داشت که حمله آزریم به کورتکس پشم بر اساس نظریه دوم از لایه لای غشای سلولی انجام گیرد که نتیجه آن آبکافت ناهموار سطح پشم و نفوذ به لایه‌های درونی الیاف است. این موضوع می‌تواند دلیل جذب ناپذیرناخت رنگرای 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 آزریم به مدت ۳۰ دقیقه (شکل ۱۱) و ۲۴۰ دقیقه (شکلهای ۱۲ الف و ب) عکسهای میکروسکوپی تهیه شد. همان‌گونه



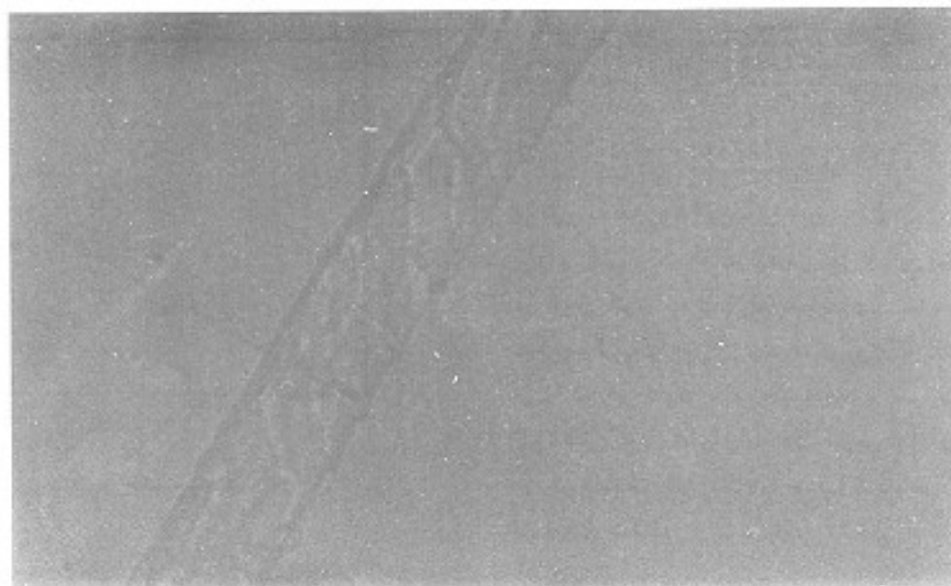
شکل ۷- اثر غلظت آزریم بر میزان جذب رطوبت.

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 آزریمها روی سوستر 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 سیر شدن لیف به صورت خط موازی با محور درمی‌آید که در این صورت میزان خارج شدن مولکولها و جذب مولکولهای جدید یکسان می‌شود [۱۳]. بدان معنا که با افزایش غلظت تا حد معینی سطح لیف تقریباً سیر می‌شود و پس از آن افزایش آزریم به جذب بیشتر کسکی نمی‌کند. در حالی که با افزایش زمان آزریمها فرصت می‌یابد که به لایه‌های درونی الیاف نفوذ کنند و تخریب را به صورت عمقی ادامه دهند.

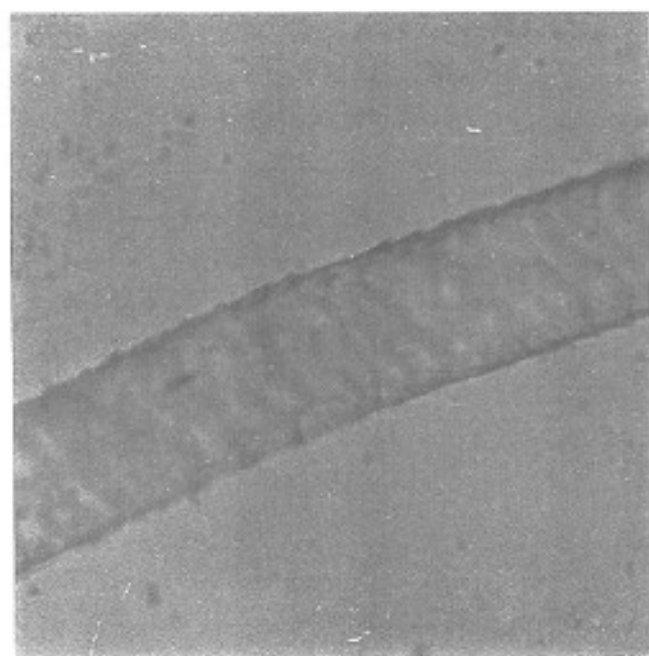
#### اثر غلظت آزریم بر جذب رطوبت نمونه‌ها

آثار تخریب می‌تواند بر مقدار جذب رطوبت الیاف نیز تاثیر بگذارد. کوتیکول که لایه سطحی الیاف پشم است دارای مقادیر زیادی سیسین است و این امر باعث ایجاد خاصیت آگریزی در پشم می‌شود. به همین دلیل پشم در برابر جذب رطوبت، رنگرا و مواد شیمیایی مقاومت اولیه دارد که با تخریب سطح پشم این مقاومت کاهش می‌یابد [۱۶، ۳].

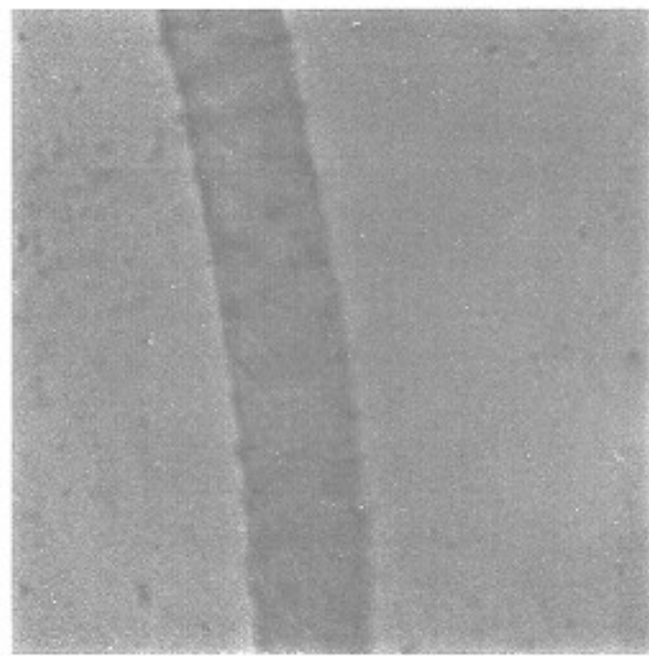
بررسی تغییرات جذب رطوبت نمونه‌ها در شکل ۷ نشان می‌دهد که کاربرد آزریم باعث کاهش جذب رطوبت الیاف می‌گردد. اگرچه با افزایش غلظت آزریم میزان جذب رطوبت افزایش می‌یابد، ولی در کل میزان جذب رطوبت نمونه‌ها از نمونه خام کمتر است. این امر احتمالاً به دلیل آن است که آزریم در مرحله اول مناطق بی‌شکل



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۸. تصویر میکروسکوپی با بزرگنمایی ۴۰۰۰ از جذب آبی متیلن روی پنجم: (الف) عمل آوری شده، (ب) عمل آوری شده با ۲ درصد آنزیم و (ج) عمل آوری شده با ۱۵ درصد آنزیم.

عمل آوری، آنزیم توانسته است سرفلسها را کاملاً کوناه 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 کاملاً صاف شده است، اما به دلیل شرایط حاد، عمل تخریب در عمق لیف ادامه یافته

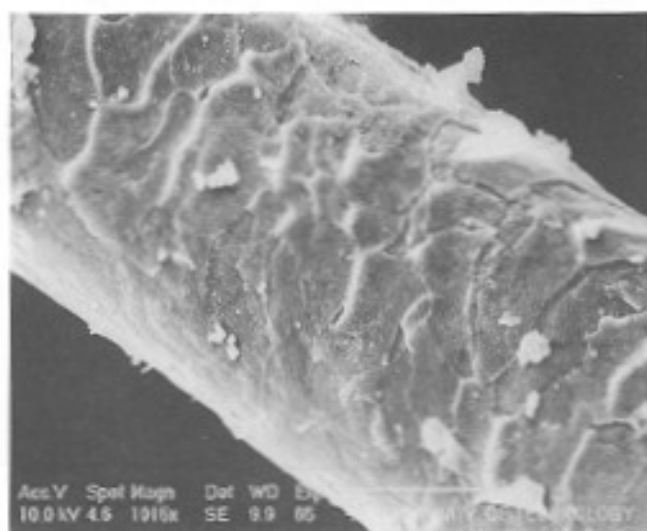
که در شکل ۱۱ پیداست، با انجام عملیات آنزیمی به مدت ۳۰ دقیقه سرفلسها کوتاهتر شده و بنظر می‌رسد که سطح لیف هموارتر و نرمتر شده است. مشاهده طول زیادی از الیاف نشان می‌دهد که این تغییرات تقریباً در همه طول لیف صورت گرفته است. با افزایش زمان

### نتیجه گیری

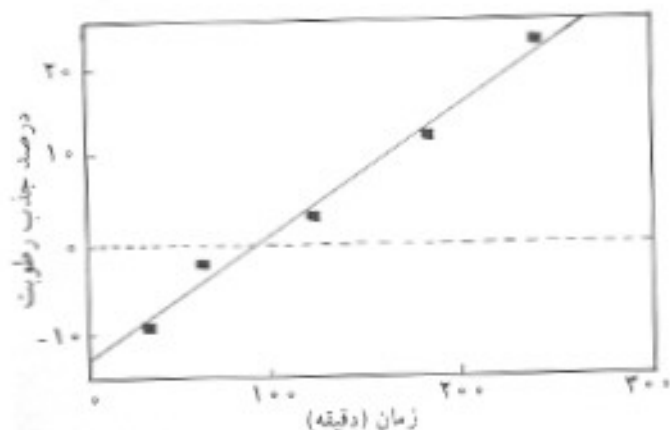
در این پژوهش اثر آنزیم پروتاز بر نخهای پشمی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد آنزیم باعث کاهش وزن، کاهش استحکام و کاهش ازدیاد طول نخها می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از اثر غلظت محلول آنزیم و مدت زمان عمل آوری، مشاهده می‌شود که در زمانهای زیاد نسبت کاهش استحکام به کاهش وزن بسیار زیاد است که این کاهش غیر عادی به تخریب زنجیرهای پیبیدی در الیاف ارتباط دارد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که تغییرات جذب رطوبت در نمونه‌هایی که با غلظت کم آنزیم یا در مدت زمان کوتاه عمل آوری شده‌اند زیاد نیست، ولی با ازدیاد زمان عمل آوری جذب رطوبت افزایش می‌یابد که کسب این نتیجه به ایجاد شکاف در الیاف نسبت داده می‌شود.

در واقع، اعمال شرایط ملایم در عمل آوری 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 عمل آوری شده نیز بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. از نتایج حاصل چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اگرچه آنزیم پروتاز 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 عمل آوری را تایید می‌کند. این نتیجه از نظر کاربرد آنزیم پروتاز در ضد نمندی کردن پشم اهمیت دارد.



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

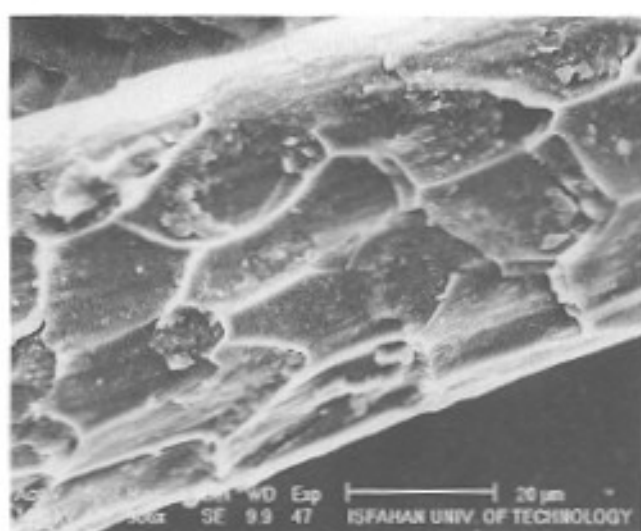


شکل ۹- اثر زمان میزان آبکافت آنزیمی بر میزان جذب رطوبت.

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.

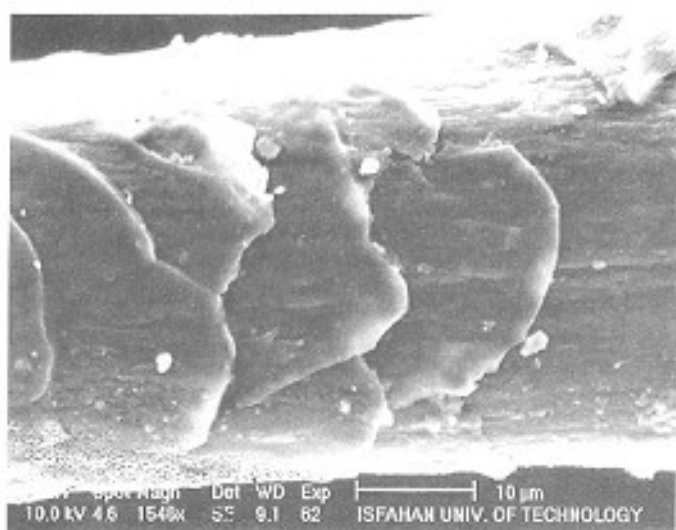
### بررسی کاهش میزان زردی نمونه‌ها

نکته مهم دیگری که در الیاف پشمی تکمیل شده با آنزیم مشاهده می‌شود، سفیدی و جلای بیشتر نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های عمل آوری نشده است. در اکثر موارد سفیدگری پشم یک امر لازم و ضروری است، بویژه در مواردی که کسب سایه‌های رنگی روشن مورد نظر باشد. شکل ۱۳ نشان می‌دهد که عمل آوری 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].



شکل ۱۰- عکس میکروسکوپ الکترونی از پشم خام.





شکل ۱۲ - (الف) پشم عمل آوری شده با آنزیم به مدت ۲۴ دقیقه و (ب) شکاف ایجاد شده روی همان پشم.

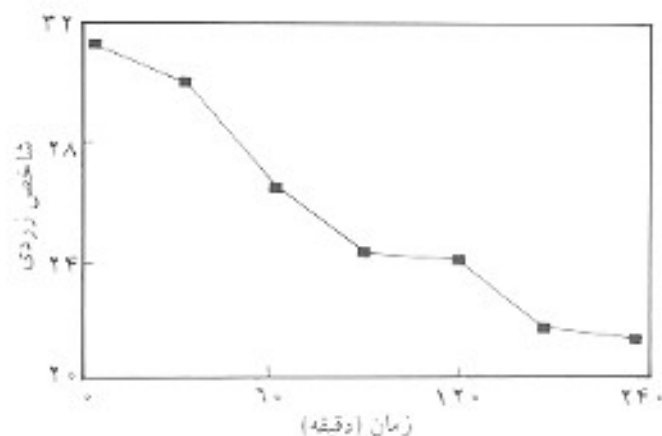
3. Heine E. and Hoeker H.; Enzyme Treatments on Wool and Cotton; *Rev. Prog. Coloration*; **25**, 57-63, 1995.
4. Murray, *Comprehensive in Biotechnology*, Young M. (Ed.), 1985.
5. Hartley B. S., Proteolytic Enzymes; *Annu. Rev. Biochem.*; **29**, 45-72, 1960.
6. Nolte H., Bishop D. P. and Hoeker H., 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., Determining of Fiberloss in Biofinishing of Cotton and Cotton-Wool Blended Fabrics; *Text. Chem. Colorist*; **27**, 3, 28-31, March 1996.
- ۸- 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.
- ۱۱- احمدی ب، شیمی نساجی، نشر فالد، 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., Puente P. and Valdepresa J.; *The Dyeing of*

### فقدانی

از خانمها مهندس زهرا فلاحیان و مهندس مریم نگرچی به دلیل همکاری در انجام تعدادی از آزمایشها قدردانی می شود.

### مراجع

- ۱- توانایی حسین، تکمیل در صنعت نساجی، نشر ارکان اصفهان، ۱۳۷۵.
- ۲- مرتضوی مجید، تکمیل کالای نساجی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۶۸.



شکل ۱۳ - اثر زمان آبکافت آنزیمی بر کاهش زردی پشم.



مطالعه تاثیر آنزیم پروتاز روی برخی از خصوصیات ...

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.