

بهبود خواص فیزیکی نخ پشمی ایرانی مورد استفاده در فرش دستباف توسط عملیات زیست سازگار

دکتر فاطمه داداشیان، دکتر مجید منتظر، شهرام رحیمی و قاسم بازیار

دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



فصلنامه

علمی پژوهشی

انجمن علمی

فرش ایران

شماره شش و هفت

بهار و تابستان ۱۳۸۶

۱۴۳

چکیده

می‌دهند که افزایش غلظت آنزیم سبب افزایش درصد کاهش وزن نمونه‌ها و کاهش استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی شده است. افزایش زمان عملیات آنزیمی نیز موجب افزایش سفیدی و درخشندگی نمونه‌ها و میزان زاویه خمش می‌شود. همچنین در این تحقیق به تغییرات مطلوب ایجاد شده در الیاف از جمله افزایش سفیدی، انعطاف پذیری و ظرافت و همچنین اثرهای دیگر مانند کاهش وزن، کاهش استحکام و ازدیاد طول نیز اشاره کرده‌ایم.

■ **کلمات کلیدی:** پشم، پروتئاز، استحکام، سفیدی،

فرش دستباف

خصوصیات ویژه الیاف پشم گوسفندان بومی ایرانی (مانند بازگشت پذیری مناسب) در مقایسه با پشم گوسفندان مریوس سبب استفاده انحصاری آنها در فرش دستباف شده است. بهبود خواص فیزیکی الیاف پشم مانند ایجاد تغییرات سطحی با تغییر در فلسها، افزایش جلا و سفیدی الیاف و یکنواخت تر کردن سطح کیفیت فرش دستباف را بهتر می‌کند. در این تحقیق، اثر آنزیم پروتئاز را روی الیاف پشم ایرانی بررسی کرده و غلظت و زمان مناسب عملیات آنزیمی برای به دست آوردن تغییرات مطلوب را مشخص نموده‌ایم. نتایج نشان

■ مقدمه

اغلب فرآیندهای شیمیایی در سیستمهای زیستی بدون اثر عوامل دیگر، با سرعت کمی به پیش می روند. کاتالیزورها برای افزایش سرعت این واکنشها مانند اثر آنها در سلول زنده لازم هستند. در سیستمهای بیولوژیکی، آنزیمها نقش کاتالیزوری دارند[۱]. آنها واکنشهای شیمیایی را تسریع کرده و بر خلاف عقیده گذشتگان، ماده مورد عمل را نمی خورند. آنزیمها مانند کاتالیزورهای دیگر در حین واکنش تغییر یافته، اما بعد از انجام واکنش به شکل اولیه خود باز می گردند و می توانند واکنش دیگر را کاتالیز کنند. این روند می تواند مرتباً تکرار شود. به همین دلیل مقدار بسیار کم آنزیم قادر به واکنش با مقدار زیادی کالا است[۲].

عمده ترین تکمیلی که روی کالای پشمی انجام می گیرد، ضد نمندی کردن کالا و در نتیجه تثبیت ابعادی کالا است. امروزه حدود نود درصد عملیات ضد نمندی کردن کالا با کلرینه کردن (کلریناسیون) انجام می گیرد. انجام این عمل روی پشم علاوه بر ایجاد زیر دست نامطلوب و خشن، سبب کاهش الاستیسیته پشم شده و بوی نامطلوبی نیز دارد. به علاوه پساب این عملیات مواد سمی داشته و سبب آلوده شدن محیط زیست نیز می شود. تکمیل ثبات ابعادی کالای پشمی را با آنزیم نیز می توان انجام داد. آنزیم علاوه بر اینکه بسیاری از خصوصیات فیزیکی پشم را بهبود می بخشد (مانند نرم شدن الیاف، درخشندگی بیشتر، سفیدتر شدن، کاهش نمره نخ و....) به محیط زیست نیز آسیب نمی زند زیرا آنزیمها ترکیباتی سازگار با محیط زیست هستند. این

ترکیبات توسط آنزیمها دیگر در محیط زیست از بین می روند و به آمینو اسیدها تبدیل می شوند. هر آنزیم در دما و اسیدیته خاصی بیشترین فعالیت را دارد و هرگونه تغییری سبب کاهش و یا توقف فعالیت آن می شود. با افزایش زمان نیز اثر آنزیمها بیشتر می شود. البته توصیه شده است که در دمای بالا از زمانهای طولانی استفاده نشود، زیرا ممکن است آسیب زیادی به کالا وارد شود. در تحقیقی که توسط Jovancic و همکارانش[۳] به منظور به دست آوردن محدوده بهینه زمان، pH، غلظت و دمای عملیات آنزیمی انجام شده، سفید تر شدن الیاف پشم نشان داده شده است. آنها ادعا کرده اند که علت سفید تر شدن پشم به حذف رنگدانه های طبیعی از سطح الیاف پشم مرتبط است. تصاویر میکروسکوپی از الیاف پشمی عمل شده با آنزیم، حاکی از این است که عملیات نسبتاً کوتاه (۱ ساعت) با غلظت زیاد آنزیم (با غلظت ۰/۸ گرم در لیتر) سبب آسیب زیادی به پشم می شود. در صورتی که زمان طولانی حتی در غلظت کم آنزیم به مراتب آسیب شدید تری را به وجود می آورد. جهت دستیابی به حداکثر فعالیت آنزیم، معمولاً از سیستم بافری برای ثابت نگه داشتن pH محیط استفاده می شود. در تحقیق Shen و همکارانش، اثر بافرهای مختلف روی فعالیت آنزیم بررسی شده است. نتایج نشان داده اند که بافرهای مختلف سبب ایجاد تغییرات متفاوتی در فعالیت آنزیم شده و افزایش غلظت یونهای بافر سبب کاهش فعالیت آنزیم می شود. سطح فعالها نقش مؤثری در فعالیت آنزیمها دارند و در انتخاب آنها باید دقت نمود. به طور کلی مشخص شده است که سطح فعالهای یونی می



توانند سبب کاهش فعالیت آنزیم شوند [۲]. در تحقیقات انجام شده در زمینه عملیات آنزیمی به دو عامل اساسی توجه کرده‌اند. این دو عامل، کاهش وزن و کاهش استحکام است که علت آن را هیدرولیز پروتئین پشم و تبدیل آن به اسید آمینه‌ها می‌دانند. تغییرات فیزیکی که در اثر عملیات با آنزیم روی پارچه مشاهده شده، خاصیت ضد جمع‌شدگی است [۷-۲]. تحقیقات به عمل آمده همچنین نشان داده‌اند که سختی نخ پس از عملیات آنزیمی کاهش یافته و علت آن را کاهش قطر الیاف ضخیم موجود در نخ دانسته‌اند [۴].

■ آزمایشها

در این تحقیق اثر آنزیم پروتئاز را روی الیاف پشم بررسی و غلظت و زمان مناسب عملیات آنزیمی برای حصول تغییراتی مانند افزایش سفیدی، انعطاف پذیری و ظرافت را گزارش کرده‌اند. همچنین اثرهای دیگر عملیات آنزیمی مانند کاهش وزن، کاهش استحکام و ازدیاد طول نیز بررسی و گزارش شده است.

در این تحقیق اثر آنزیم پروتئاز را روی الیاف پشم بررسی و غلظت و زمان مناسب عملیات آنزیمی برای حصول تغییراتی مانند افزایش سفیدی، انعطاف پذیری و ظرافت را گزارش کرده‌اند. همچنین اثرهای دیگر عملیات آنزیمی مانند کاهش وزن، کاهش استحکام و ازدیاد طول نیز بررسی و گزارش شده است.

■ مواد و وسائیل

مواد مورد استفاده در این تحقیق عبارت هستند از نخ پشمی دولا با دانسیته خطی، 520 Tex ، آنزیم پروتئاز با نام تجاری ساویناز (Savinase) از شرکت Novozyme، اسید سولفوریک ده درصد، اسید بوریک، سود، سطح فعال نانیونیک (Eriopon 01) از شرکت Ciba، آمونیاک از شرکت Merck.

در این تحقیق از میکروسکوپ پروژکتیو (بزرگنمایی $\times 360$)، میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) فیلیپس، ترازوی دیجیتال با دقت 0.001 گرم،

اینسرون، pH متر، دسیکاتور، معیار سفیدی (Index Whiteness)، حمام بن ماری، کاغذ pH، خشک کن حرارتی (آون) استفاده شده است.

به منظور خالص سازی نخ پشمی، تمامی نمونه‌ها قبل از انجام عملیات در حمامی حاوی آمونیاک ۱CC و شوینده با غلظت ۱ گرم برلیتر در حمامی با $L:R = 30:1$ در دمای جوش به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه شستشو شده و با گستره‌هایی از غلظت آنزیم ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ درصد نسبت به وزن کالا با نسخه زیر عمل شده‌اند:

$L:R = 30:1$ ، $pH = 11.5$ ، و دمای ۵۰ تا ۵۲ درجه سانتیگراد برای غیر فعال کردن آنزیم و جلوگیری از فعالیت آنها در حین انبار کالا و هنگام مصرف و جلوگیری از تغییرات ناخواسته بعدی، پس از عملیات آنزیمی، کالا به مدت ده دقیقه در حمامی با اسیدیته ۳-۴ و دمای هفتاد درجه سانتیگراد عمل شده است. به منظور تسریع و تشدید عملیات آنزیمی در برخی از نمونه‌ها از بافر پربورات استفاده شده است.

برای تعیین غلظت مناسب، کاهش وزن و استحکام نمونه‌ها به دست آمده است. نمونه‌ها را قبل از عمل با آنزیم وزن نموده و طبق فرمول ۱ در صد کاهش وزن محاسبه شده است.

$$\text{فرمول ۱} \quad W.L \% = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100$$

که در آن W_1 وزن کالا قبل از عمل با آنزیم W_2 وزن کالا بعد از عمل با آنزیم و $W.L \%$ درصد کاهش وزن می‌باشند.



همچنین برای مقایسه سفیدی نمونه های عمل شده، از معیار سفیدی (Whiteness Index) استفاده شده است. معیار سفیدی شامل دوازده کارت است که کارتها با توجه به سفیدی آنها از یک تا دوازده شماره گذاری شده اند. فواصل بین کارتها طوری است که با چشم می توان تفاوت آنها را احساس کرد. شماره گذاری کارتها به نحوی است که یک کمترین درجه سفیدی (شیری کهربایی) و دوازده بیشترین درجه سفیدی را نشان می دهند.

■ نتایج

اثر غلظت آنزیم روی کاهش وزن نمونه ها در شکل یک نشان داده شده است. همان طوری که در این شکل مشاهده می شود، با افزایش غلظت آنزیم، درصد کاهش وزن افزایش می یابد. ابتدا با افزایش غلظت آنزیم، درصد کاهش وزن با سرعت زیادی افزایش می یابد و سپس سرعت کاهش وزن کمتر می شود و حتی در غلظتهای پایین به مقدار نسبتاً ثابتی می رسد و با افزایش غلظت تغییر چندانی در درصد کاهش وزن دیده نمی شود. با توجه به نتایج می توان گفت غلظت آنزیم بیش از یک گرم بر لیتر در زمانهای کوتاه باعث کاهش وزن جزئی می شود.

تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی در غلظت های مختلف آنزیم در شکل دو نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که با افزایش زمان عملیات آنزیمی، درصد کاهش وزن افزایش می یابد. در ابتدا با افزایش زمان عملیات، درصد کاهش وزن با سرعت زیادی افزایش می یابد و سپس سرعت کاهش

وزن کم می شود ولی حتی در غلظتهای کم نیز به مقدار ثابتی نمی رسد. نکته قابل توجه در این نمودار، شیب بسیار زیاد منحنی با غلظت دو گرم بر لیتر بعد از زمان شصت دقیقه است.

با مقایسه شکل های ۱ و ۲ می توان دریافت که با افزایش زمان عملیات، امکان افزایش درصد کاهش وزن حتی در غلظتهای کم وجود دارد در صورتی که در زمانهای کوتاه با افزایش غلظت، درصد کاهش وزن به مقدار نسبتاً ثابتی می رسد. با توجه به نتایج مذکور، زمان عملیات آنزیمی نسبت به غلظت آنزیم عامل مؤثرتری در کاهش وزن است و به نظر می رسد که در زمانهای بسیار طولانی و غلظت کم آنزیم، امکان تخریب الیاف در عملیات آنزیمی به مراتب بیشتر از زمانی است که عملیات آنزیمی در غلظت زیاد و زمان کوتاه انجام می گیرد. در نمودار ۳ منحنی سه بعدی تغییرات کاهش وزن بر حسب غلظت آنزیم و زمان عملیات آنزیمی رسم شده است.

با توجه به نتایج حاصل، به نظر می رسد که بهترین شرایط برای عملیات آنزیمی (رسیدن به درصد کاهش وزن حدود ۸-۷٪) شرایطی است که در آن از آنزیم با غلظت یک گرم بر لیتر در زمان شصت دقیقه استفاده شده است. البته شایان ذکر است که به منظور بهینه سازی شرایط عملیات آنزیمی باید خصوصیات فیزیکی نمونه های عمل شده نیز مقایسه شوند؛ به عبارت دیگر تنها رسیدن به درصد کاهش وزن مناسب نمی تواند عامل مؤثر در تعیین بهترین شرایط عملیات آنزیمی باشد بلکه ارزیابی خواص مهمی مانند میزان کاهش استحکام نیز لازم است.

برای اندازه گیری استحکام و ازدیاد طول از دستگاه اینسترون با سرعت فک متحرک ۲۵ سانتی متر در دقیقه، سرعت کاغذ ده سانتی متر در دقیقه و طول نمونه پنجاه سانتی متر استفاده شده است. تعداد نمونه ها در این آزمایش سی بوده که نتایج حاصل در نمودارهای چهار تا هفت نشان داده شده است. به منظور تعیین زمان مناسب، درصد کاهش وزن، استحکام و ازدیاد طول نسبی، نمونه های عمل شده در غلظتها و زمانهای متفاوت اندازه گیری شده اند. با افزایش زمان عملیات آنزیم، استحکام و ازدیاد طول نخها کاهش یافته در صورتی که درصد کاهش وزن افزایش می یابد. نتایج این آزمایش با نتایج دیگران [۲ و ۳] در این زمینه مشابه است. نمودار چهار اثر غلظت مختلف آنزیم در زمان متفاوت عملیات را روی استحکام نخ نشان می دهد. همان طوری که در این نمودار چهار مشاهده می شود با افزایش زمان عملیات آنزیمی، استحکام نمونه ها کاهش می یابد. میزان کاهش استحکام در نمونه های عمل شده با غلظتهای مختلف در زمانهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه با یکدیگر تفاوت چندانی ندارند. شیب کاهش استحکام در نمونه های عمل شده در زمانهای ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه افزایش می یابد. این کاهش در غلظت ۲ گرم در لیتر بیشتر از سایر غلظتهای به کار رفته است.

اثر غلظت آنزیم روی ازدیاد طول نسبی در شکل شش نشان داده شده است. همانطوری که در شکل شش مشاهده می شود با افزایش زمان عملیات آنزیمی میزان ازدیاد طول نمونه ها کاهش می یابد. نمونه های عمل شده با یکدیگر تفاوت کاملاً مشهودی دارند و از ابتدا کاهش ازدیاد طول با افزایش زمان چشمگیر است.

شکل هفت اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظتهای مختلف روی ازدیاد طول را نشان می دهد. با توجه به شیب منحنی موجود در شکل هفت می توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت آنزیم، تغییرات قابل توجهی در ازدیاد طول دیده نمی شود. نتایج حاصل از مقایسه نمونه ها با مقیاس سفیدی در جدول ۱ خلاصه شده است.

آزمایشهای انجام شده نشان می دهند که درجه سفیدی نمونه شاهد، تفاوت چندانی با نمونه خام ندارد و فقط مقدار کمی شفاف تر به نظر می رسد. اما نمونه شسته شده (بدون عملیات آنزیمی) کمی سفید تر از نمونه های خام و شاهد است.

با توجه به شکل پنج می توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت آنزیم، تغییری در استحکام دیده نمی شود و در زمانهای کوتاه عملیات آنزیمی، افزایش غلظت آنزیم استحکام در نمودار پنج نشان داده شده است.

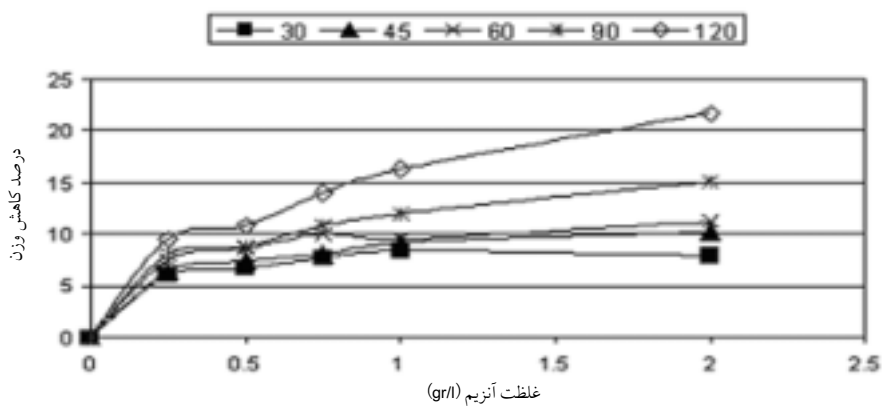
با توجه به شکل پنج می توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت آنزیم، تغییری در استحکام دیده نمی شود و در زمانهای کوتاه عملیات آنزیمی، افزایش غلظت آنزیم



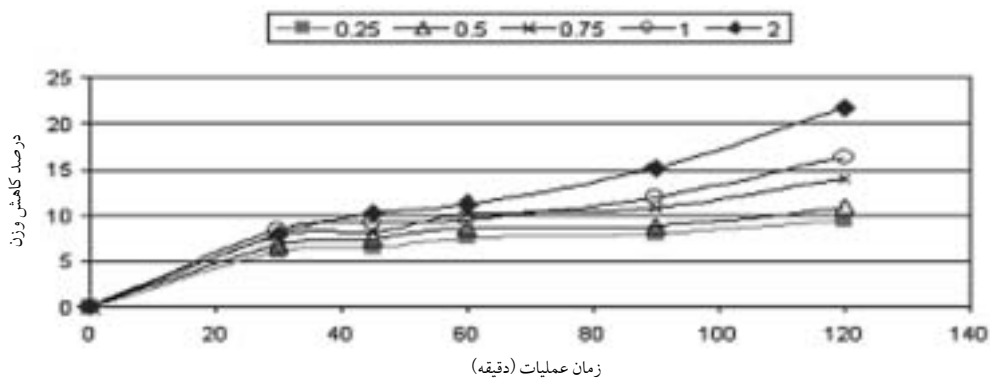


آنزیم) و همین‌طور شرایط عملیات آنزیمی هیچ تأثیری روی سفیدی نمونه‌ها ندارند، اما شرایط شست‌وشوی نمونه‌ها به نحوی است که تأثیر جزئی روی سفیدی نمونه‌ها به وجود می‌آوردند. در جدول یک مشاهده می‌شود که با افزایش زمان، سفیدی نمونه‌ها در عملیات آنزیمی با غلظت ۰/۲۵ گرم بر لیتر تغییری نکرده است. نتایج نشان می‌دهند که غلظت آنزیم نقش مهمی در میزان سفیدی حاصل دارد به طوری که در غلظت ۰/۲۵ سفیدی کمتر از غلظت ۰/۷۵ به دست آمده است. ولی در هر دو غلظت با افزایش زمان تغییر محسوسی در سفیدی دیده نمی‌شود. این بدین معنی است که اثر سفیدکنندگی آنزیم تا حدی با افزایش غلظت آنزیم افزایش می‌یابد و بعد از غلظت معینی، افزایش غلظت آنزیم تأثیری در افزایش سفیدی ندارد. با افزایش زمان، درجه سفیدی کمی افزایش می‌یابد. با مقایسه نمونه‌های شسته نشده که در همین غلظت (۰/۲۵ گرم بر لیتر) تحت عملیات آنزیمی قرار گرفتند، مشاهده می‌شود که سفیدی بیشتر شده است. این نشان می‌دهد که شست‌وشو روی سفیدی مؤثر است و باعث سفیدتر شدن کالا می‌شود. برای ارزیابی سختی در برابر انعطاف، نخ‌ها به طول هفت سانتیمتر بریده شده و زاویه‌ای که این طول تحت وزن خود با سطح افق می‌سازد توسط نقاله اندازه‌گیری شده است. شکل هشت اثر زمان عملیات آنزیمی روی زاویه خمش نخ در غلظتهای مختلف آنزیم را نشان می‌دهد. با افزایش زمان عملیات، زاویه خمش الیاف افزایش می‌یابد. این نشان دهنده کاهش سختی الیاف است. در تحقیقی Bioshop و همکارانش [۴] این موضوع بررسی

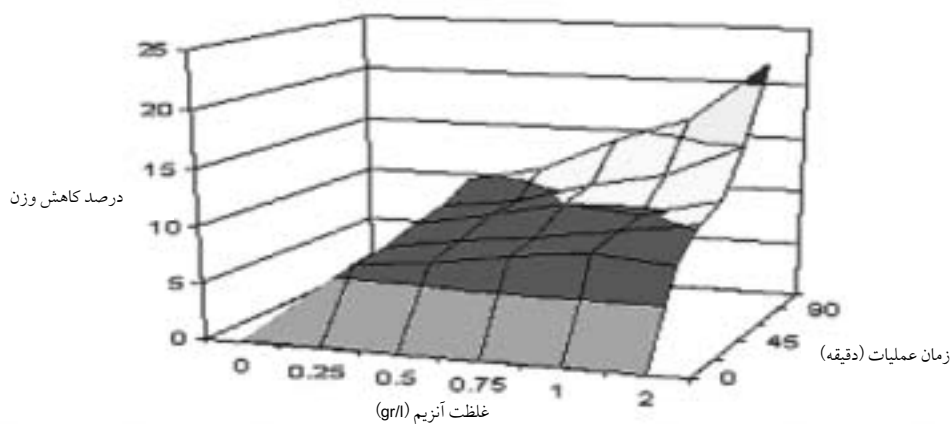
و نتایج مشابه گزارش شده است. همان‌طور که در شکل هشت مشاهده می‌شود، با افزایش زمان آنزیمی، سختی نمونه‌ها کاهش اندکی دارند. با توجه به تفاوت سختی نمونه شاهد و نمونه خام می‌توان گفت که به جز آنزیم مواد دیگر موجود در عملیات آنزیمی شامل سطح فعال و بی‌کربنات سدیم و همین‌طور شرایط عملیات آنزیمی، در کاهش سختی الیاف پشم مؤثر هستند. بخش عمده کاهش سختی در اثر عملیات آنزیمی در غلظت کم آنزیم (۰/۲۵ گرم بر لیتر) مربوط به مواد غیر از آنزیم و شرایط عملیات است؛ به عبارت دیگر در غلظت کم آنزیم، کاهش سختی نمونه‌های مختلف با یکدیگر تفاوت قابل توجهی ندارند. به منظور مشاهده تغییرات ایجاد شده در نتیجه عملیات آنزیمی روی سطح الیاف مانند تغییرات فلسهای الیاف، تخریب الیاف و... تصاویر میکروسکوپ الکترونی از الیاف تهیه شده است (شکل ۹). در نمونه خام، فلسها به وضوح مشاهده می‌شوند. با مقایسه تصویر نمونه عمل شده در غلظت ۰/۲۵ با تصویر نمونه خام مشاهده می‌شود که فلسها تراکم زیادی دارند و در مقایسه با نمونه خام تغییر چندانی مشاهده نمی‌شود و عملیات آنزیمی در این غلظت تأثیر چندانی روی فلسهای الیاف پشم به وجود نیاورده است. در تصویر ۹- C فلسها به وضوح مشاهده می‌گردند. با مقایسه این نمونه و نمونه خام می‌توان گفت که شرایط عملیات در غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر در زمان یک ساعت توانسته است بخشی از فلسها را تخریب نماید و همان‌طوری که در تصویر دیده می‌شود، تراکم و ارتفاع فلسها کم شده



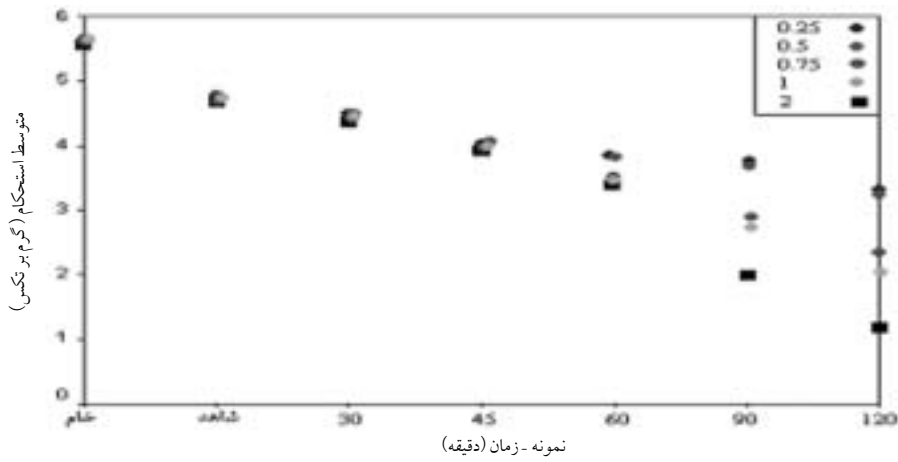
شکل ۱. تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب تغییرات غلظت آنزیم در زمانهای مختلف



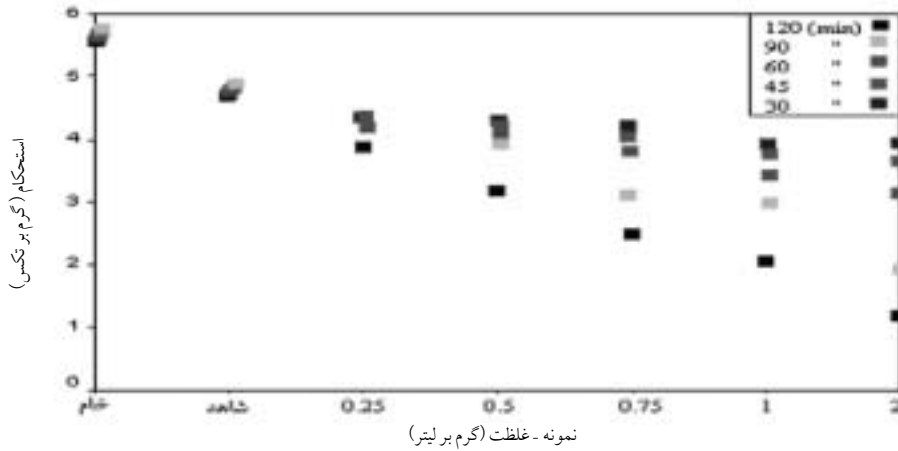
شکل ۲. تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی در غلظت های مختلف آنزیم



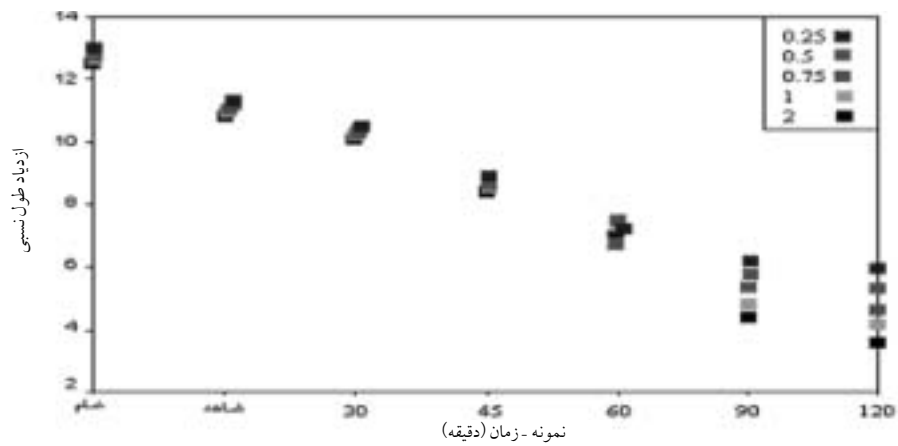
شکل ۳. تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی و غلظت های مختلف آنزیم به طور سه بعدی



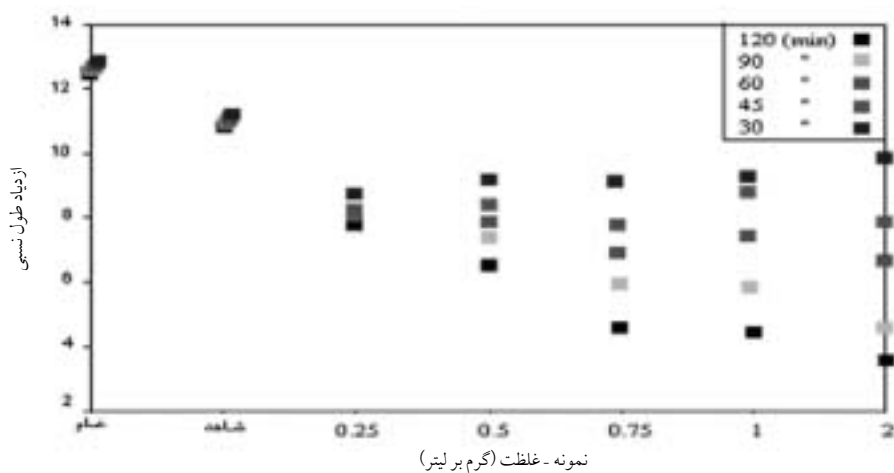
شکل ۴. اثر غلظت آنزیم در زمانهای مختلف بر روی استحکام



شکل ۵. اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظتهای مختلف بر روی استحکام



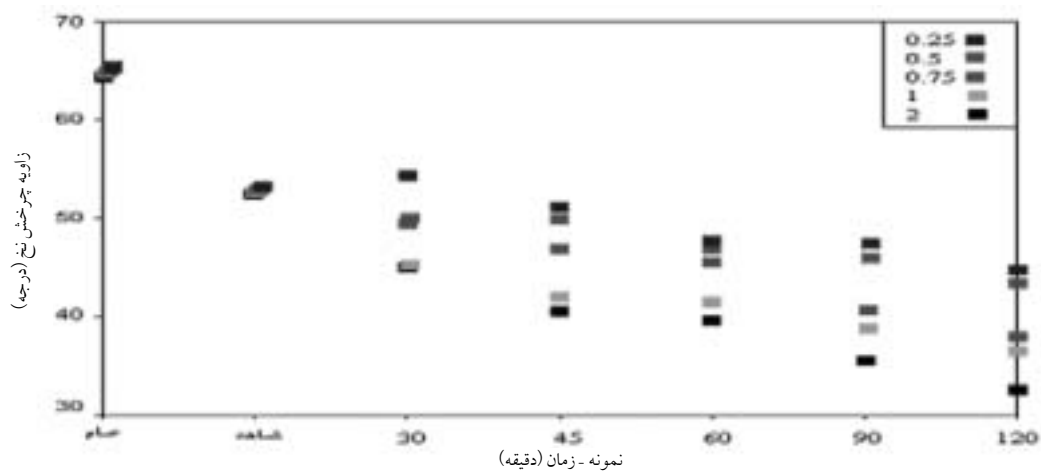
شکل ۶. اثر غلظت آنزیم در زمانهای مختلف بر روی ازدیاد طول نسبی



شکل ۷. اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظت‌های مختلف بر روی ازدیاد طول

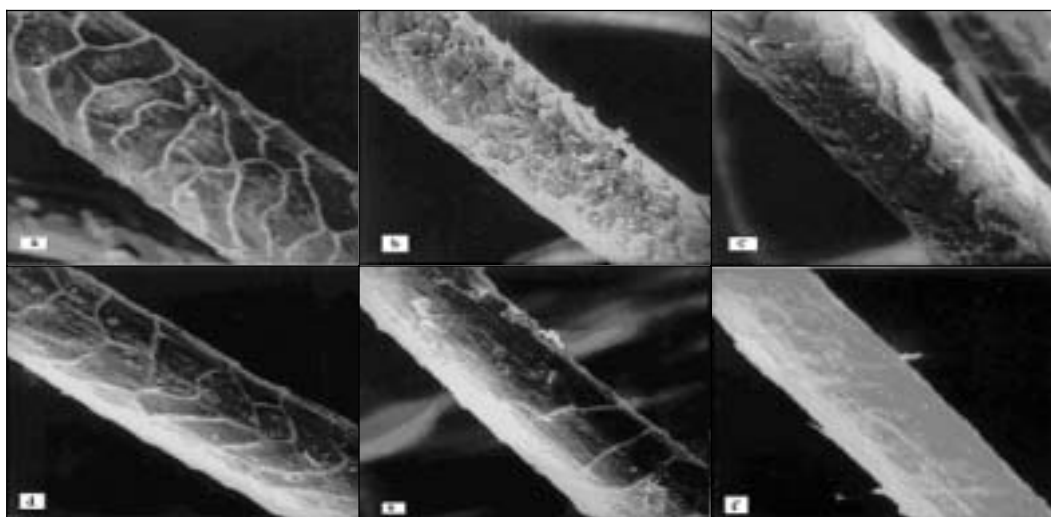
غلظت (g/lit) \ زمان (min)	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	۲
۳۰	۱	۱	۲	۲	۲
۴۵	۱	۱	۲	۲	۲
۶۰	۱	۱	۲	۲-۳	۲-۳
۹۰	۱	۱	۲	۲-۳	۲-۳
۱۲۰	۲	۱	۲-۳	۳	۳

جدول ۱. اثر غلظت آنزیم و زمان عملیات آنزیمی روی درجه سفیدی

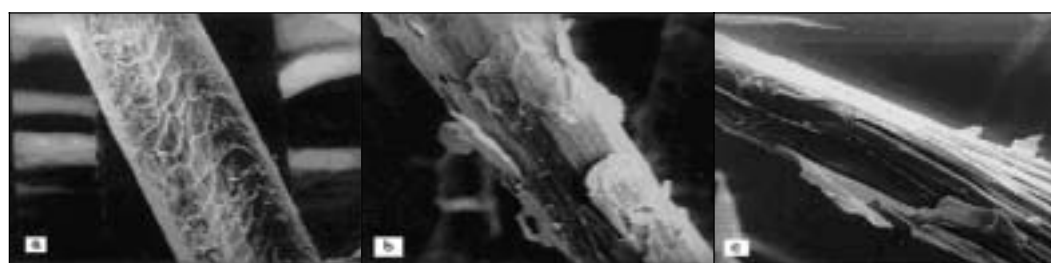


شکل ۸. اثر زمان عملیات آنزیمی بر روی زاویه خمش نغ در غلظت‌های مختلف آنزیم





شکل ۹. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه خام و نمونه‌های عمل شده با آنزیم در غلظت‌های مختلف در زمان یک ساعت: (a) نمونه خام، (b) غلظت ۰/۲۵ گرم بر لیتر، (c) غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر، (d) غلظت ۰/۷۵ گرم بر لیتر، (e) غلظت یک گرم بر لیتر، (f) غلظت ۲ گرم بر لیتر



شکل ۱۰. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه‌های شسته شده و سپس عمل شده با آنزیم در غلظت‌های مختلف در زمان یک ساعت در محیط بافر: (a) غلظت ۰/۲۵ گرم بر لیتر، (b) غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر، (c) غلظت ۰/۷۵ گرم بر لیتر.



است. تصویر ۹-d اثر شرایط عملیات در غلظت ۰/۷۵ گرم بر لیتر در زمان یک ساعت را روی لیف پشم نشان می‌دهد. همان‌طوری که در تصویر به وضوح دیده می‌شود، نه تنها فلسها به مراتب کمتر شده‌اند، بلکه ارتفاع فلسهای باقی‌مانده نیز بسیار کاهش یافته است. با مشاهده تصویر ۹-e که از نمونه عمل شده در غلظت یک گرم بر لیتر آنزیم و زمان یک ساعت به دست آمده و مقایسه آن با تصاویر قبلی، دیده می‌شود که فلسها در بعضی از قسمت‌ها کاملاً از بین رفته‌اند و در مکانهای دیگر که بقایای آنها باقی مانده است، تعداد آنها بسیار کم است و ارتفاع بسیار ناچیزی دارند. در تصویر نمونه عمل شده در غلظت دو گرم بر لیتر آنزیم و زمان یک ساعت مشاهده می‌شود که فلسها در تمام قسمت‌ها کاملاً از بین رفته‌اند و در هیچ مکانی از لیف باقی نمانده است. البته در بعضی نقاط لیف، آنزیم شروع به تخریب لیف نموده است. به همین علت است که استحکام این نمونه نسبت

به نمونه های قبلی بسیار کاهش یافته است. شکل ده تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه های شسته شده و سپس عمل شده با آنزیم در غلظت های مختلف را در محیط بافر نشان می دهد.

همان طور که در شکل ده مشاهده می شود، عملیات آنزیمی در نمونه عمل شده در غلظت ۰/۲۵ گرم بر لیتر در زمان یک ساعت که قبل از عملیات آنزیمی تحت شست و شو قرار گرفته، نتوانسته است فلسها را تخریب نماید.

با مشاهده تصویر ۱۰-b دیده می شود که لیف به شدت مورد حمله آنزیم قرار گرفته و بیشتر مکانهای موجود در لیف تخریب شده اند؛ به عبارت دیگر عملیات آنزیمی به قدری شدید بوده که بعد از تخریب تمامی فلسهای موجود در سطح، آنزیم به بدنه اصلی الیاف حمله کرده و باعث تخریب آن شده است. با مشاهده تصویر ۱۰-c و مقایسه آن با تصویر قبلی مشاهده می شود که شدت تخریب لیف به مراتب بیشتر شده است. با مشاهده این تصاویر به نظر می رسد که عملیات آنزیمی را می توان با عواملی مانند بافر پرورات تسریع و تشدید نمود. البته در این شرایط کنترل عملیات مشکل بوده و احتمال آسیب به الیاف وجود دارد.

نتیجه گیری

استفاده از آنزیم پروتئاز جهت بهبود خواص فیزیکی الیاف پشم مانند ایجاد تغییرات سطحی با تغییر در فلسها و افزایش جلا و سفیدی در الیاف و یکنواخت تر کردن سطح می تواند سبب بهبود خامه قالی و در نهایت بهبود

کیفیت فرش دستباف شود. در این تحقیق غلظت و زمان مناسب عملیات آنزیمی برای به دست آوردن تغییرات مطلوب نخ خامه قالی بررسی شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که افزایش زمان عملیات آنزیمی نسبت به افزایش غلظت آنزیم تأثیر بیشتری بر تغییرات خواص فیزیکی الیاف داشته است. با افزایش غلظت آنزیم درصد کاهش وزن نمونه ها افزایش یافته و استحکام و درصد ازدیاد طول نسبی کاهش یافته است. افزایش زمان عملیات آنزیمی موجب افزایش سفیدی و درخشندگی نمونه ها و همچنین افزایش میزان زاویه خمش نخها شده است. افزایش سفیدی و درخشندگی نمونه ها می تواند به دلیل کاهش تعداد فلسها و در نتیجه کاهش پراکندگی نور منعکس شده از سطح الیاف در نظر گرفته شود. افزایش میزان زاویه خمش نخها موجب ایجاد انعطاف پذیری و زیر دست بهتر و کاهش سختی در برابر خمش می شود.



منابع

1. Purich, D. L. " Cotemporary enzyme kinetics and mechanism", 2nd ed., San Diego, Academic Press, 1996.
2. Shen, J., Bioshop, D.P., Heiene , E., and Hollfelder , B., "Some factors affecting the control of proteolytic enzyme reactions on wool" ., J. Tex. Ins., 90, 404-1999.
3. Jovancic, P., Jovic, D., and dunic, J. "The efficiency of an enzyme treatment in reducing wool shrinkage", J. Tex. Ins., 88, 106-110, 1997.
4. Bioshop, D.P , Shen, J., Heine, E., and Hollfelder ,B., "The use of proteolytic enzyme to reduce wool-fibre stiffness and prickle", J. Tex. Ins, 89, 546-551,1998.
5. Leven R., Cohen, Y., and Barkai, D., "Applying proteases to improves shrink- resistance to wool. J. SDC, 112, 6-10, 1996.
6. Ariva, J. and Prieto, R., "The role an enzyme in reducing wool shrinkage", J. SDC, 109, 210-213,1993.
7. Notle, H., Bishop, D. P., and Hocker, H., "Effect of proteolytic enzyme on untreated and shrink-resist-treated wool", J. Tex. Ins., 87, 212-226, 1996.

