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

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

چکیده

خصوصیات ویژه الیاف پشم گوسفندان بومی ایرانی (مانند بازگشت پذیری مناسب) در مقایسه با پشم گوسفندان مرینوس 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 به‌دست آوردن تغییرات مطلوب را مشخص نموده‌ایم. نتایج نشان 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.

لغات کلیدی: پشم، پروتئاز، استحکام، سفیدی، فرش **دستباف**

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، مادهٔ مورد عمل را نمی‌خورند. آنزیمها مانند کاتالیزورهای دیگر در حین واکنش تغییر یافته، اما بعد از انجام واکنش به شکل اولیه خود باز می‌گردند و می توانند واکنش دیگر را کاتالیست نمایند. این روند می‌تواند 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 نمدی کردن کالا و در نتیجه تثبیت ابعادی کالا است. امروزه حدود نود درصد عملیات ضد نمدی 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 می‌توان 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 نمی‌زند 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 به‌دست آوردن محدوده بهینه زمان، pH، غلظت و دمای عملیات آنزیمی انجام شده، سفید تر شدن الیاف پشم نشان داه 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 نگهداشتن 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. به‌طور کلی مشخص شده است که سطح‌فعالهای یونی می

فصلنامه
علمی پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره شش و هفت
بهار و تابستان ۱۳۸۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

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 آمینه ها می دانند. تغییرات فیزیکی که در اثر عملیات با آنزیم روی پارچه مشاهده شده، خاصیت ضد جمع شدگی است [۷-۲]. تحقیقات به عمل آمده همچنین نشان داده اند که سختی نخ پس از عملیات آنزیمی کاهش یافته و علت آن را کاهش قطر الیاف ضخیم موجود در نخ دانسته اند[۴].

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 وسائل

مواد مورد استفاده در این تحقیق عبارت هستند از نخ پشمی دولا با دانسیته خطی، ۵۲۰Tex، آنزیم پروتئاز با نام تجاری ساوینیاز (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 پروژکتینا (بزرگنمایی ۳۶۰X)، میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) فیلیپس، ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱گرم، اینسترون، pH متر، دسیکاتور، معیار سفیدی (Index Whiteness)، حمام بن ماری، کاغذ pH، خشک کن حرارتی (آون) استفاده شده است.

آزمایشها

به منظور خالص سازی نخ پشمی، تمامی نمونه ها قبل از انجام عملیات در حمامی حاوی آمونیاک ۱cc و شوینده با غلظت ۱ گرم برلیتر در حمامی با L:R = ۳۰:۱ 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 = ۳۰:۱، pH = ۸/۵، 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 نمونه ها از بافر پربورات استفاده شده است.

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

$$W.L\ \% = (W_1 - W_2) / W1 \times 100 \qquad \text{فرمول ۱}$$

که در آن W1 وزن کالا قبل از عمل با آنزیم W_2 وزن کالا بعد از عمل با آنزیم و W.L % درصد کاهش وزن می باشند.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

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 می‌توان تفاوت آنها را احساس کرد. شماره‌گذاری کارتها به نحوی است که یک کمترین درجه سفیدی (شیری کهربایی) و دوازده بیشترین درجه سفیدی را نشان می‌دهند.

نتایج

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

تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی در غلظت های مختلف آنزیم درشکل دو نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد 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 شکلهای 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 نمونه‌های عمل شده نیز مقایسه شوند؛ به عبارت دیگر تنها رسیدن به درصد کاهش وزن مناسب نمی‌تواند عامل مؤثر در تعیین بهترین شرایط عملیات آنزیمی باشد بلکه ارزیابی خواص مهمی مانند میزان کاهش استحکام نیز لازم است.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

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 درغلظتها و زمانهای متفاوت اندازه گیری شده اند. با افزایش زمان عملیات آنزیم، استحکام و ازدیاد طول نخها کاهش یافته در صورتی‌که درصد کاهش وزن افزایش می یابد. نتایج این آزمایش با نتایج دیگران [۲و۳] در این زمینه مشابه است. نمودار چهار اثر غلظت مختلف آنزیم در زمان متفاوت عملیات را روی استحکام نخ نشان می دهد. همان‌طوری که در این نمودار چهار مشاهده می شود با افزایش زمان عملیات آنزیمی، استحکام نمونه ها کاهش می یابد. میزان کاهش استحکام در نمونه‌های 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 به‌کار رفته است.

اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظتهای مختلف روی 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 تأثیر چندانی در تشدید عملیات آنزیمی ندارد. در زمانهای کوتاه با افزایش غلظت آنزیم استحکام چندان کاهش نمی یابد ولی در غلظتهای بسیار کم می توان با طولانی کردن زمان عملیات آنزیمی تأثیر آنزیم روی الیاف را افزایش داد. با توجه به نتایج ذکر شده، به نظر می رسد که زمان عملیات آنزیمی اثر بیشتری نسبت به غلظت آنزیم روی شدت عملیات آنزیمی دارد.

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 می‌دهند 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 مطالب مذکور می توان گفت مواد تعاونی حمام آنزیمی (مواد موجود در حمام آنزیمی به غیر از

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

آنزیم) و همین‌طور شرایط عملیات آنزیمی هیچ تأثیری روی سفیدی نمونه ها ندارند، اما شرایط شست‌وشوی نمونه ها به نحوی است که تأثیر جزئی روی سفیدی نمونه ها به‌وجود می آورند. در جدول یک مشاهده می شود که با افزایش زمان، سفیدی نمونه ها 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 ۰/۷۵به دست آمده است. ولی در هر دو غلظت با افزایش زمان تغییر محسوسی در سفیدی دیده نمی شود. این بدین معنی است که اثر سفید کنندگی آنزیم تا حدی با افزایش غلظت آنزیم افزایش می یابد و بعد از غلظت معینی، افزایش غلظت آنزیم تاثیری در افزایش سفیدی ندارد. با افزایش زمان، درجه سفیدی کمی افزایش می یابد. با مقایسه نمونه های شسته نشده که در همین غلظت (۰/۲۵ گرم بر لیتر) تحت عملیات آنزیمی قرار گرفتند، مشاهده می شود که سفیدی بیشتر شده است. این نشان می دهد که شست‌وشو روی سفیدی مؤثر است و باعث سفید تر شدن کالا می شود.

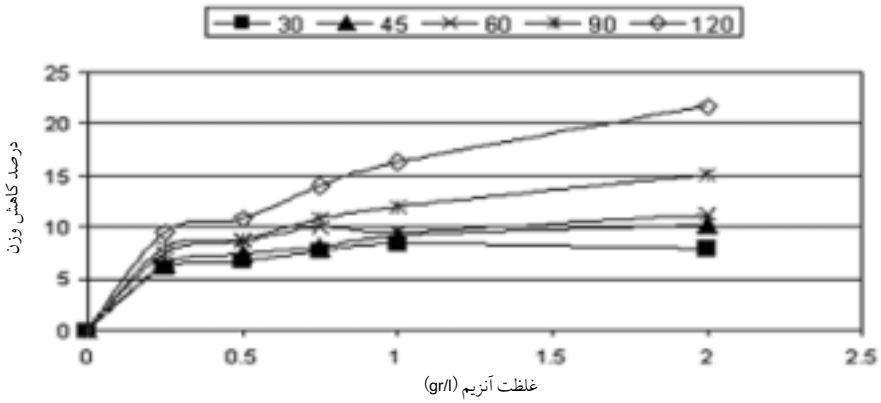
برای ارزیابی سختی در برابر انعطاف، نخها به طول هفت سانتیمتر بریده شده و زاویه ای که این طول تحت وزن خود با سطح افق می سازد توسط نقاله اندازه گیری شده است. شکل هشت اثر زمان عملیات آنزیمی روی زاویه خمش نخ در غلظتهای مختلف آنزیم را نشان می دهد. با افزایش زمان عملیات، زاویه خمش الیاف افزایش می یابد. این 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 می شود، با افزایش زمان آنزیمی، سختی نمونه ها کاهش اندکی دارند. با توجه به تفاوت سختی نمونه شاهد و نمونه خام می توان گفت که به جز آنزیم مواد دیگر موجود در عملیات آنزیمی شامل سطح فعال و بی کربنات 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 نمونه های مختلف با یکدیگر تفاوت قابل توجهی ندارند.

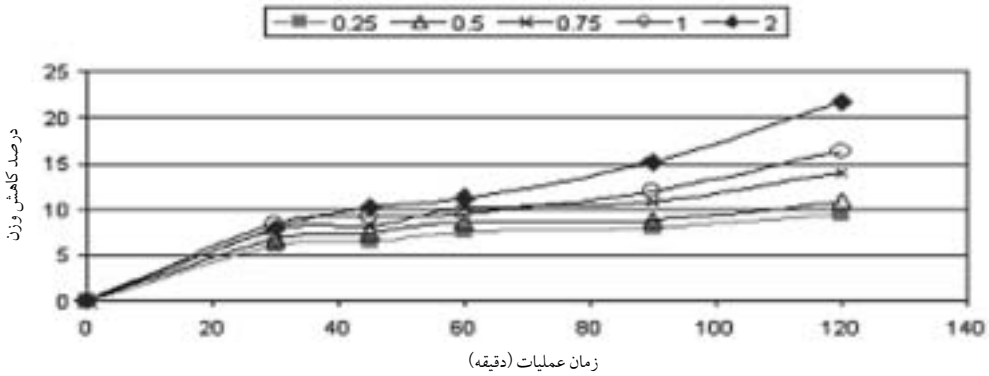
به منظور مشاهده تغییرات ایجاد شده در نتیجه عملیات آنزیمی روی سطح الیاف مانند تغییرات فلسهای الیاف، تخریب الیاف و... تصاویر میکروسکوپ الکترونی از الیاف تهیه شده است (شکل۹).

در نمونه خام، فلسها به وضوح مشاهده می شوند. با مقایسه تصویر نمونه عمل شده در غلظت ۰/۲۵ با تصویر نمونه خام مشاهده می شود که فلسها تراکم زیادی دارند و در مقایسه با نمونه خام تغییر چندانی مشاهده نمی شود و عملیات آنزیمی در این غلظت تأثیر چندانی روی فلسهای الیاف پشم به‌وجود نیاورده است. درتصویر ۹- c فلسها به وضوح مشاهده می گردند. با مقایسه این نمونه و نمونه خام می توان 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 می شود، تراکم و ارتفاع فلسها کم شده

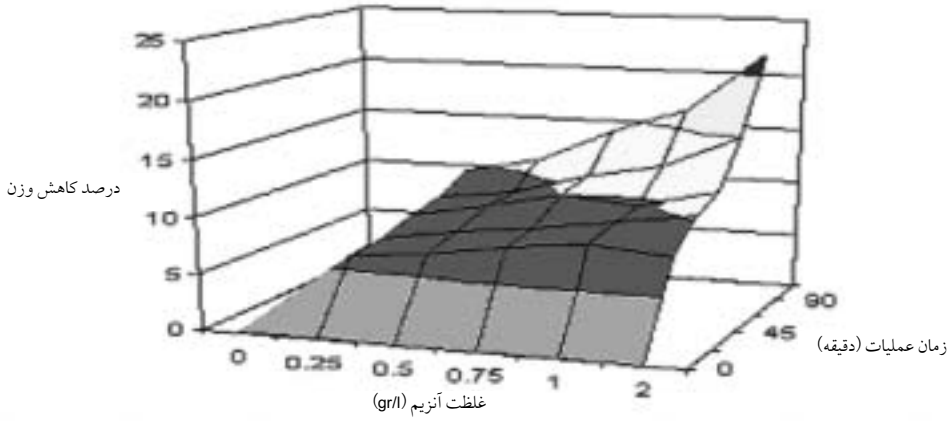
[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]



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

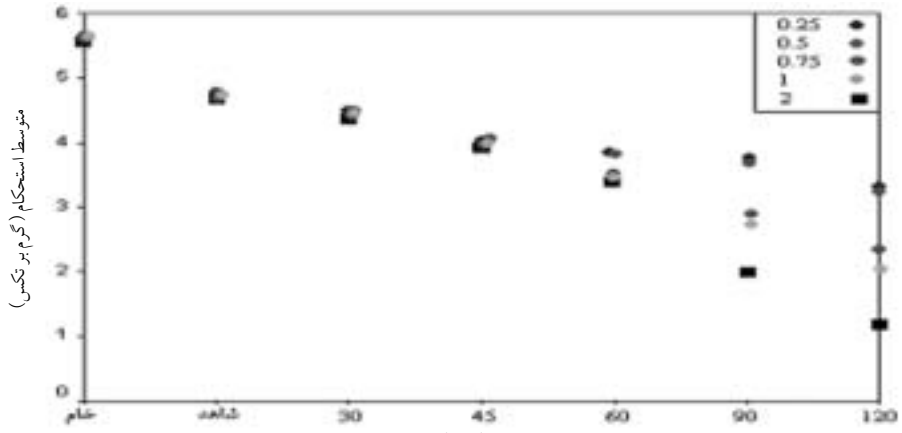


شکل ۲. تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی در غلظت های مختلف آنزیم

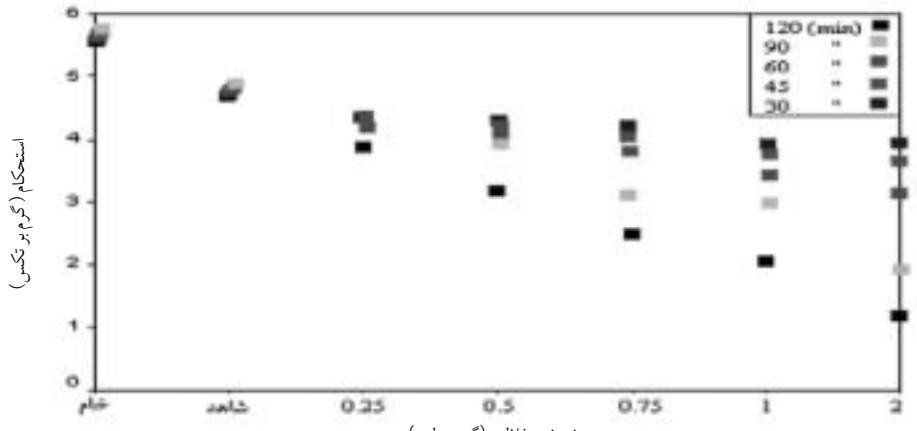


شکل ۳. تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب زمان عملیات آنزیمی و غلظت های مختلف آنزیم به طور سه بعدی

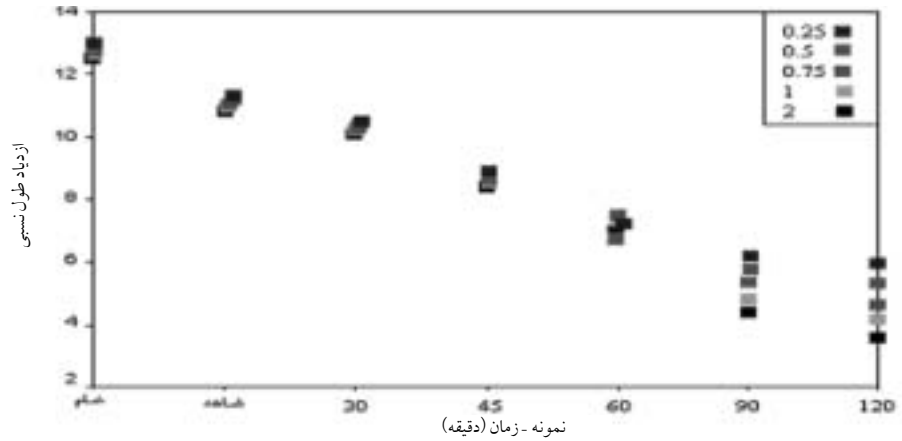
[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]



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



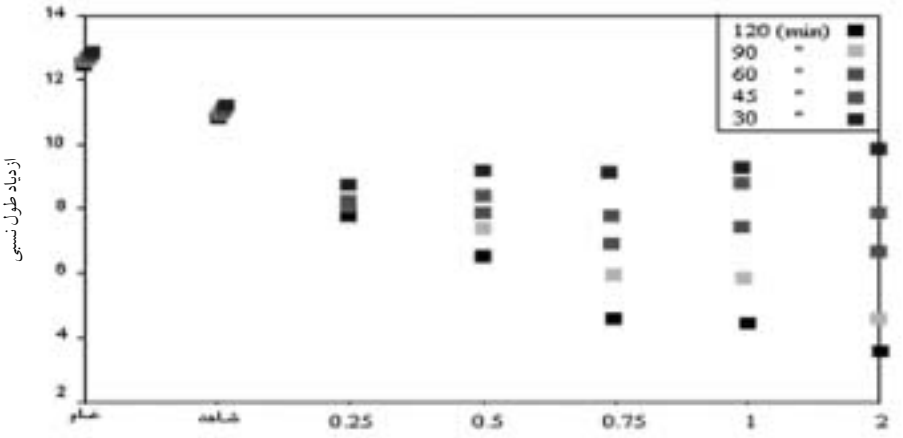
شکل ۵. اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظتهای مختلف بر روی استحکام



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

فصلنامه
علمی پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره شش و هفت
بهار و تابستان ۱۳۸۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

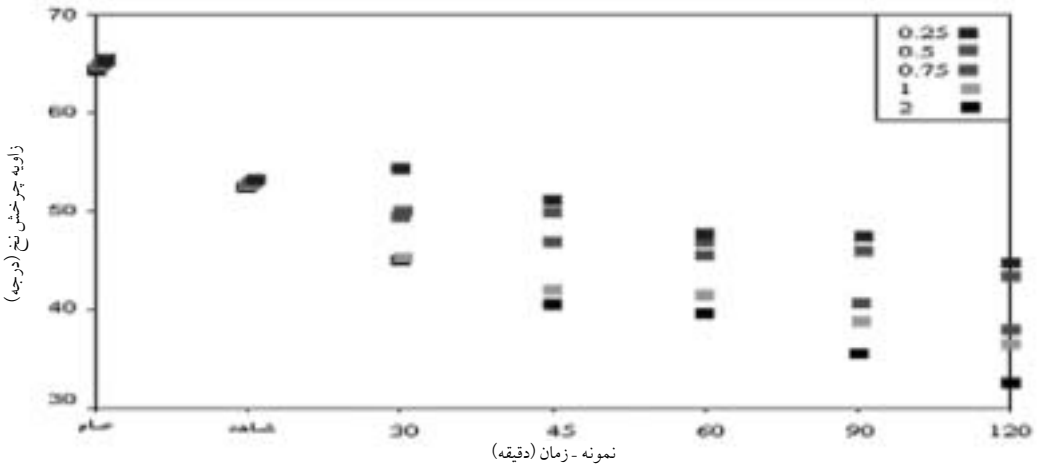


شکل ۷. اثر زمان عملیات آنزیمی در غلظتهای مختلف بر روی ازدیاد طول

فصلنامه
علمی پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره شش و هفت
بهار و تابستان ۱۳۸۶

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

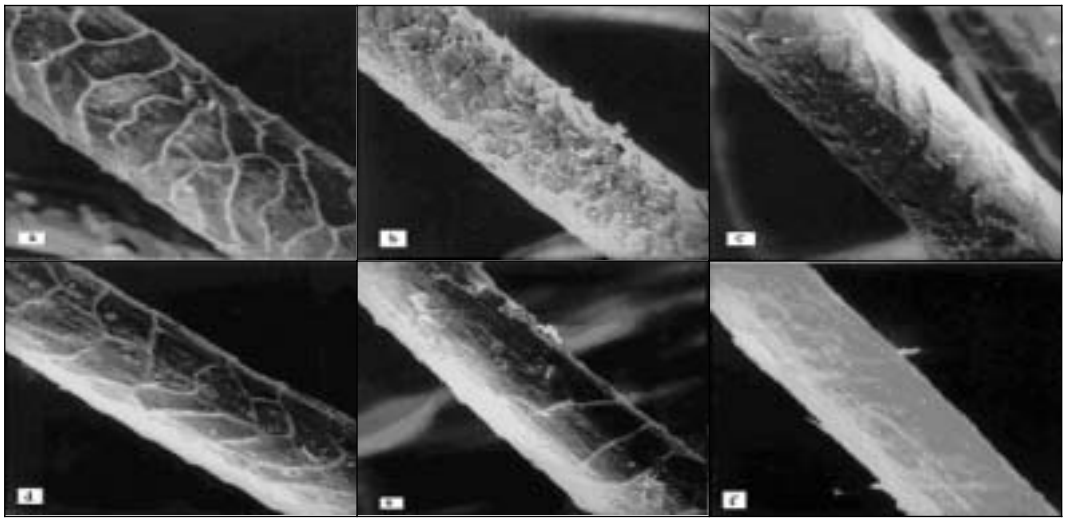
جدول ۱. اثر غلظت آنزیم و زمان عملیات آنزیمی روی درجه سفیدی



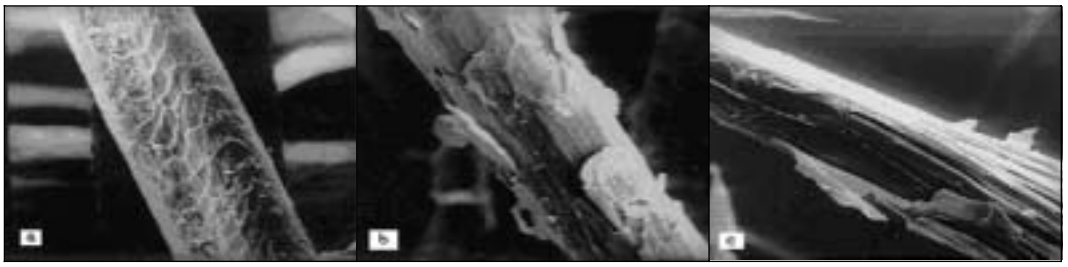
شکل ۸. اثر زمان عملیت آنزیمی بر روی زاویه خمش نخ در غلظتهای مختلف آنزیم

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]



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



شکل ۱۰. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه های شسته شده و سپس عمل شده با آنزیم در غلظت‌های مختلف در زمان یک ساعت در محیط بافر: a) غلظت۰/۲۵گرم بر لیتر، b) غلظت ۰/۵گرم بر لیتر، c) غلظت ۰/۷۵گرم 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 می دهد. همان‌طوری که در تصویر به وضوح دیده می شود، نه تنها فلسها به مراتب کمتر شده اند، 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 به‌دست آمده و مقایسه آن با تصاویر قبلی، دیده می شود که فلسها در بعضی از قسمتها کاملاً از بین رفته اند 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 می شود که فلسها در تمام قسمتها کاملاً از بین رفته اند 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

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

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.

همان‌طور 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 شست‌وشو 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 پربورات تسریع و تشدید نمود. البته در این شرایط کنترل عملیات مشکل بوده و احتمال آسیب به الیاف وجود دارد.

نتیجه‌گیری

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 به‌دست 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.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]

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., Jocic, 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- resistancce 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.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1386.3.6.9.7]