

## پردازش زیستی برای پوشک و منسوجات هوشمند

### ۱- مقدمه

استفاده از آنزیم ها در فرآوری مواد غذایی، صنایع چرم و کاغذ، به عنوان پودرهای شوینده، و در فرایند و سایزینگ تولید نخ کاملاً ثبیت شده است. اما بیوکاتالیز نیز وارد چرخه پردازش منسوجات شده است. آنزیم ها، یعنی بیوکاتالیزهای دارای فعالیت ویژه و گزینشی، امروزه به وسیله فرایندهای بیوتکنولوژیکی (زیست فناوری) به مقادیر زیاد و کیفیت ثابت تولید شده اند و بنابراین در فرایندهای با مقیاس بزرگ کاربرد دارند.

از دیدگاه کاربردهای جدید که حاصل طراحی آنزیم های مربوط به فرایندهای ویژه است، یک تقاضا برای اشتراک مساعی بین بیوشیمیدان ها و شیمیدان های نساجی وجود دارد.

علاوه بر الیاف پروتئینی طبیعی مانند پشم و ابریشم و الیاف سلولزی طبیعی مانند پنبه، کتاب و شاه دانه، الیاف مصنوعی دارای اهداف فرایندهای بیوکاتالیزی نیز هستند. در اندودکاری پنبه ای به جای فرایندهای شیمیایی به طور گسترده از فرایندهای آنزیم- کاتالیز استفاده شده است. علاوه بر بیو استوئینگ و اندودکاری زیستی که کاملاً شناخته شده اند، ویژگی هایی مانند look Modifiad harde, used به وسیله اندودکاری آنزیمی شناسایی شده است. به

علاوه، پتانسیل برای جایگزینی پشم شویی قلیایی در معالجه با پنبه، با استفاده از آنزیم هایی

مانند پکتیناس وجود دارد. کاتالازها برای نابود کردن پروکسید باقیمانده در حمام های سفید

شویی، آسان کردن استفاده مجدد از لیکور ممکن افزوده می شوند که منجر به یک فرایند

دوستانه محیط زیست و مؤثر از نظر هزینه می گردد. در انود کردن پشم در آنزیم ها (بیشتر

پروتزها) برای دستیابی به خاصیت ضد چروک استفاده می شود. خواص منسوجات پشم

مانند کار با دست، سفیدی و برآفیت به وسیله واکنش آنزیم های کاتالیزی بهبود یافته است.

در مراحل اولیه حلاجی پشم مانند کربونیزاسیون و پشم شویی خام دورنمای کاربرد آنزیم

ارزیابی شده است. علاوه بر این فرایندهای زیستی توصیف شده منجر به کاهش دانه سازی

و بهبود رنگ پذیری می شود. صمغ زدایی ابریشم در گذشته به کمک صابون قلایی یا

اسید یصورت می گرفت که اکنون پروتز می شود، برای بهبود کیفیت و ثبات الیاف کتان

یک رطوبت دهی آنزیمی ویژه جایگزین رطوبت دهی میکرو بیال یا شبکی شده است. به

علاوه، رنگ پذیری ابریشم به وسیله تنزل آنزیم کاتالیزی مواد پکتینک بهبود یافته است

بدون اینکه آسیبی به اجزاء سلولزی وارد شود. شاه دانه از نظر آنزیمی با توجه به

تبloor پذیری، دسترس پذیری و «ساختار منفذدار» اصلاح شده است. از طریق فیبریلاسیون

کنترل شده و آنزیم کاتالیزی الیاف لیوسل، اثر معروف به «پوست هلوبی» ایجاد شده است.

گستره وسیعی از کاربردها و دورنمایهای زیادی جهت استفاده از آنزیم ها در پردازش

منسوج وجود دارد که به تأثیر مثبت بر محیط زیست منتهی می گردد. در این فصل توسعه

های جدید در زمینه پردازش آنزیمی منسوجات را بررسی نموده و درباره مزیت ها و محدودیت های این فرایندهای اندودکاری (تکمیلی) بحث می کند.

استفاده از آنزیم ها در فراوری مواد غذایی، صنایع چرم و پوشاک، به عنوان افزودنی در پودرهای شوینده و دسایزینگ تولید نخ تثبیت شده است. در حال حاضر، فرایندهای آنزیمی گسترش یافته اند، که هدف آنها اصلاح ظاهر و عملکرد منسوجات پشم و پنبه است.

آنژیم ها بیوکاتالیزهایی با فعالیت ویژه و انتخابی هستند و واکنش های متمایز را شتاب بخشیده و بعد از واکنش بدون تغییر باقی می مانند. از دیدگاه اکولوژیکی و اقتصادی،

پارامترهای واکنش مناسب فرایندهای آنزیم کاتالیزی و احتمال وجود آنزیم های دارای چرخه مجدد به ویژه جالب است. امروزه، آنزیم ها به وسیله فرایندهای بیوتکنولوژیکی به مقدار زیاد و با کیفیت ثابت تولید می شوند، بنابراین امکان استفاده از آنزیم ها در فرایندهای بزرگ وجود دارد. پیشرفت در زمینه مهندسی ژنتیک به تولید کنندگان آنزیم توانایی

طراحی یک آنزیم برای یک فرایند خاص را می دهد مثل بهینه با توجه به پایداری دما یا

PH. طراحی یک آنزیم برای یک هدف خاص نیاز به درک عمل کاتالیتیک آنزیم بر روی یک ماده خاص دارد. یعنی در مورد ماده فیبر طبیعی، طراح یک فرایند آنزیمی باید دانش

خاصی در مورد مورفولوژی پشم یا پنبه، تأثیر یک آنزیم خاص بر اجزاء فیبر و در نتیجه بر خواص کلی ماده فیبر داشته باشد. علاوه بر این، برای ارزیابی فرایند آنزیم، نتایج عملیات آنزیمی باید با نتایج پردازش شیمیایی معمولی مقایسه گردد. اولین فرایند آنزیمی در

اندود کاری منسوج فرآیند دسایزینگ با استفاده از آمیداز بود. بسیاری از عرصه های

اندود کاری منسوج از آن پس گشوده شده است. امروزه، چشم انداز در زمینه توسعه

اندودهای فشاری و بادوام جدید برای پنه و وجود دارد مانند اتصال عرضی در زمینه حذف

رنگ پخش شده و در زمینه ترکیب کردن الیاف مصنوعی. به علت ماهیت پروتئینی آنزیم

ها، اینمی استفاده از آنزیم ها اغلب مورد سوال ایست چون استنشاق مکرر ماده پروتئینی می

تواند باعث واکنش های آلرژیک در بعضی افراد شود. توجه به این نکته مهم است که هیچ

شواهدی که نشان دهد آلرژی های آنزیمی از طریق تماس پوستی منتقل شده اند وجود

ندارد. با آنزیم های توان با اطمینان کار کرد و همچنین با تجهیزات محافظ شخصی مناسب،

در طرح تولید از ذرات آنزیم و فرمولاسیون های پودری باید اجتناب کرد. در حالی که

فرمولاسیون های دانه ای (با قابلیت غباری پایین) و مایع (با فعالیت مکانیکی در رگ های

بسته) را می توان توصیه کرد. پتانسیل بارز برای آنزیم قابل توجه است. یک مطالعه به ازای

بیان آن است که از سال ۱۹۹۲ مبلغ ۳۵۰ میلیون دلا باید به ۵۸۸ میلیون دلار در سال ۲۰۰۰

رسیده باشد و بیشترین دغدغه درباره کاربردهای جدید آن در صنایع کاغذسازی، شیمیایی

و داروسازی و در بازیابی زباله ها باشد.

## ۲- رفتار پشم با آنزیم ها

### ۱- ریخت شناسی پشم

پشم به عنوان یک فیبر طبیعی پیچیده عمدتاً از پروتئین (۹۷٪) و لیپیدها (۱٪) تشکیل شده و

ماده ای ایده آل برای چند گروه از آنزیم ها است (مانند پروتئازها و لیپازها) فیبر پشم شامل

و بخش عمدہ از لحاظ ریخت شناسی است: بشره (کوتیکل) و قشر (کورتکس). بشره

متشکل از سلول های روی هم افتاده اطراف بخش داخلی فیبر، یعنی قشر می باشد. دومی از

سلول های دو کی شکل قند ساخته شده که به وسیله غناء سلول از یکدیگر جدا شده اند.

بشره به دو لایه اصلی تقسیم می شود: اگزو (با لایه  $\alpha$ ,  $\beta$ ) و اندوکوتیکل و یک غشاء

دورترین نقطه که اپیکوتیکل نامیده می شود باعث واکنش آلوردن الیاف پشم با آب کلردار

می گردد. یک جزء مهم کوتیکل ۱۸- متیل لیکوسانوئیک اسید است. در یک مدل از

اپیکوتیکل که به وسیله نگری و همکارانش ترسیم شده، این اسید پرچرب در کنار یک

ماتریس پروتئین قرار دارد تا یک لایه را بسازد. بر طبق قول نگری و همکاران، این لایه که

به لایه F معروف است. را می توان با قرار دادن پشم در محلول های کلردار یا قلیایی الکلی

زدود، بنابراین رطوبت پذیری آن افزایش می یابد. ویژگی مهم دیگر اتصال عرضی

اگزو کوتیکل است، مثلاً لایه  $\alpha$  حاوی ۳۵٪ سیتین است. علاوه بر پیوندهای نرمال ؟؟،

کوتیکل با پیوندهای ایزو دی پپتید، لیزین (r-glutamyl) اتصال عرضی دارد.

کاراکتر هیدروفوبیک لایه  $\alpha$ ، به طور خاص به وسیله مقادیر زیاد اتصالات دی سولفید ایجاد شده و ماده لیپید منشأ سدهای دیفوژن است مثلاً برای مولکول های رنگ، بنابراین ترکیب و ریخت شناسی سطح پشم ابتدائاً در فرایندهای پیش رفتاری فیبر اصلاح شده است.

## ۲- واکنش های ناهمگن - عمل کاتالیک آنزیم ها روی پشم و پنبه

استفاده از پشم یا پنبه به عنوان اجزاء مورد عمل برای واکنش های آنزیم کاتالیزی، دنباله

رویی از یک نوع خاص سینتیک آنزیم بوده است. در سیستم ناهمگن آنزیم انحلال پذیر و

آنزیم جزء مورد عمل جامد، دیوفوژن، نسبت به سیستم ناهمگنی که در آن هم آنزیم و هم

جزء مورد عمل قابل حل هستند، نقش قاطع تری دارد. در واکنش ناهمگن، سینتیک نه تنها

به غلط اجزاء شرکت کننده در واکنش بلکه به ماده و مقدار PH لیکور نیز وابسته است؛

دیفوژن آنزیم، به عنوان یک پارامتر اضافی در فاز جامد جزء مورد عمل و دیفوژن

محصولات واکنش خارج از فاز جامد به داخل لیکور نیز باید مورد توجه باشند.

محصولات واکنش ماند پینیدها در مورد پشم و الیگوساکاریدها در مورد پنبه، زمانی که

پخش خارج از فیبر باشد به عنوان یک جزء مورد عمل در لیکور عمل می کند. بنابراین

بخشی از آنزیم ها در مجاورت ماده انحلال پذیر در حمام واکنش است.

نفوذ آنزیم از لیکور به داخل فیبر (پشم) مشابه نفوذ یک رنگینه است، مراحل زیر باید مورد

توجه قرار گیرند:

۱- نفوذ آنزیم در حمام

۲- جذب سطحی آنزیم در سطح فیبر

۳- نفوذ از سطح به داخل بخش درونی فیبر

۴- واکنش آنزیم کاتالیز شده

ساختار پیچیده الیاف طبیعی، به ویژه اصلاح فیبر آنزیمی را پیچیده کرده است. آنزیم هایی

مانند مانند پروتئاز و لیپاز تنزل اجزاء مختلف یک فیبر پشم را تسریع می کند، بنابراین کترول

واکنش را مشکل می سازد. یکبار که پروتئاز به داخل لایه درونی فیبر نفوذ کند بخش های

اندوکتیکل و پروتئین غشاء سلول را هیدرولیز می کند، بنابراین اگر کترول نشود منجر به

آسیب جدی به فیبر پشم می شود. بنابراین حداقل برای بعضی کاربردها، محدود کردن

فعالیت آنزیمی به سطح فیبر مطلوب است مثلاً با ثابت کردن آنزیم و نتایج واکنش پشم با

آنزیم های پروتولیتیک به علت نداشت دانش کامل درباره (الف) تاریخ پرازش جزء مورد

عمل و (ب) میزان تأثیرگذاری شرایط خاص پردازش بر رفتارهای آنزیمی حاصله، غیر قابل

پیش بینی است. برای روشن کردن این موضوع، اثرات گونه های یونی جذب شده روی

آنزیم، سینتیک واکنش و جذب مورد مطالعه قرار گرفت.

برای پنه، محدود کردن آنزیم به سطح فیبر به راحتی امکانپذیر است، چون سلوزل که یک

ماده کاملاً بلورین است و دارای فقط مقدار کمی آمورفوس می باشد، نفوذ آنزیم ها به

داخل فیبر پنه را تقریباً غیرممکن می سازد. بنابراین با تنظیم دوز آنزیم و انتخاب نوع آنزیم،

عمل تسریع کنندگی آنزیم به سطح پنبه و نواحی آمورفوس (بی شکل) محدود می شود و کل فیبر را دست نخورده باقی می گذارد.

## ۲-۳- ضد چروکی

یکی از خواص ذاتی پشم تمايل آن به نمای شدن و چروک خوردگی است. نظریه های مختلفی درباره منشاء نمای شدن پشم وجود دارد. کاراکتر هیدروفوبیک و ساختار ناهموار سطح پشم عوامل اصلی هسته که باعث اثر اصطحکاکی افترقی (DFE) می شود که نتیجه آن در تمام فیبرها به سمت ریشه آنها حرکت می کند در زمانی که عمل مکانیکی در حالت خیس صورت گرفته است.

بنابراین هدف فرایندهای ضد چروک در اصلاح سطح فیبر چه با روش های اکسایش و چه کاهشی، و یا با استفاده از رزین پلیمر روی سطح، می باشد. متداول ترین و تجاری ترین فرایند (فرایند کلری/هرکوست) شامل یک مرحله کلری شدن است که پس از آن مرحله کلرزدایی و کاربرد پلیمر است. کلریناسیون باعث اکسید شدن پسماندهای  $\text{Fe}^{2+}$  به پسماندهای

سیمیتیک اسید در سطح فیبر می شود و به پلیمر کاتیونیک اجازه می دهد که بخش شده و به سطح پشم بچسبد. کلریناسیون تولید محصولات جانبی (Aox) می کند در سیال خروجی ظهر می شود و نهایتاً ممکن است ایجاد سمیت در کل زنجیره غذایی و برداشته شدن به وسیله ارگانیسم های آبی کند. بنابراین تقاضای زیادی برای گزینه های دوستانه محیط زیست وجود دارد.

با درنظر گرفتن مسائل مربوط به فرایند ضدنمدی متداول ذکر شده در بالا، واضح است که

بیشتر فرایندهای آنزیمی دغدغه شان توسعه روش هایی برای جلوگیری از چروک است.

شرایط لازم برای یک فرایند آنزیمی به وسیله هافلی مورد بحث قرار گرفت. اثر ضدنمدی

باید بدون استفاده از یک رزین مصنوعی به دست آید، فقط باید از «شیمی نرم» استفاده

گردد و کل فرایند باید نسبت به محیط زیست دوستانه باشد و هیچ ماده زیان آوری تولید

نکند، قضیه ای که هنوز در تمام فرایندهایی که از آنزیم به عنوان عامل اصلی فیبر استفاده

می کنند اجرا نشده است. در بعضی از فرایندهای اندودکاری آنزیم های اولیه، پشم با

کلریناسیون گازی (فرایند کلرزیم) یا به وسیله  $H_2O_2$  (فرایند پرزیم) پیش از آنکه یا پایین

رشد نهفته داشته باشد، واکنش می داد و گیاه تولید پروتئاز و بی سولفت می کرد. این

فرایندها باعث حذف کامل سلول های کوتیکل می شدند به علت قیمت های بالای آنزیم

های به کار رفته در اتلاف وزن غیرقابل تحمل فیبرها، این فرایندهای آنزیمی ترکیب شده

اولیه هرگز به یک مقیاس صنعتی نرسیدند.

بخش عمده فرایندهای آنزیمی منتشر شده در چند سال گذشته نیز شامل فرایندهای ترکیبی

بودند. در سال ۱۹۸۳ یک فرایند برای افزایش مقاومت پشم در مقابل چروک خوردگی

تشریح شد که کاملاً فیبرها را پوسته زدایی کرد. این واکنش از پتاسیم پرمنگنات ( $KM_nO_6$ )

به عنوان یک عامل پیش اکسید و یک واکنش پروتئویک استفاده کرد و مقاومت پیلینگ

خاصی برای الیاف پشم به وجود آورد.

نه تنها فرآیندهای فعلی نیز شامل استفاده از عوامل کلرزاکی است. اینو یک فرایند سه مرحله ای را توضیح داد: مرحله اول شامل به کار گیری مخلوطی از پاپائین، مونوتانولامین هیدروسلوفیک و اوره، مرحله دوم یک واکنش با دی کلروایزو سیانریک اسید و مرحله آخر باز هم یک واکنش آنزیمی است که باعث کاهش سطح چروک خوردگی پارچه های واکنش داده به این ترتیب می گردد. کانال و همکاران یک پروتئاز از قبل افزوده شده به کلریناسیون مرطوب یا افزايش اکسایش را با سدیم هیپوکلریت و پتاسیم پرمونگات ترکیب کرده و با بکار گیری پلیمر اضافی در پی به دست آوردن یک چروک خوردگی پارچه با سطح کاهش یافته بودند.

نه تنها فرایندهای پیش افزوده شیمیایی بلکه فیزیکی نیز با آنزیم های افزوده شده به پشم ترکیب شده اند. در یک فرایند ثبت شده به وسیله ناکانیشی و ایواساکی یک پلاسمای دارای درجه حرارت کم و پیش از افزوده شدن به عنوان ضد چروک پلیمری برای الیاف مورد استفاده قرار گرفتند. از این آنزیم برای جذب الیاف بیرون آمده از سطح پارچه استفاده شد. بنابراین دستیابی به یک نرمی بیشتر نیز حاصل گردید. سیامپی و همکاران یک واکنش پروتئاز را با یک واکنش گرمایی در بخار اشبع شده ترکیب کردند و فورنلی و سورن استفاده از پرتوافقنی با فرکانس بال (HF) بر ماده آنزیم دار را تشریح کردند. در سال ۱۹۹۱، ۲۰۰۰ Schodler superwash پشم به وسیله شیندلر گزارش شد. این واکنش یک فرایند سه مرحله ای شامل پیش افزايش جعبه سیاه، یک افزودن آنزیم و به کار گیری

یک رزین پلی آمید Aox-Low است. در فرایند گزارش شده به وسیله اولباج (که فرایند شولر نیز گفته می شود) یک «پیش افزایش شیمیایی حداقل خاص» به عنان لازمه فرایند آنژیمی توضیح داده شد. در این فرایند یک سوپر واش استاندارد به دست آمد بدون اینکه از یک زین استفاده شود. فوزنلی استفاده از یک رزین به عنون (still imperative) برای دستیابی به یک اثر کارآمد ضدنمدمی در آنژیم را گزارش کرد (Blo-LANA) زیرا به وسیله «براده برداری آنژیمی» از «اپیکوتیکل ناموار» فیرپشم فقط یک درجه خاص اما ناکافی از ضد نمد مالی به دست آمده بود. این کار به وسیله ریوا و همکارانش که نقش یک آنژیم در اهش چروکی پشم گزارش شده بود، مورد تائید قرار گرفت. گفته می شود که پروتئاز به کار رفته (streptomyces fradiate) در کاهش چروک پشم مؤثر بود اما در مورد سطوح ضد چروک مطلوب برای پشم که به شدت با ماشین شسته شده است نتایج چروک خوردگی از طریق افزودن سدیم سولفیت بهبود نیافته بود. استفاده از پروتئازها یا بعد از افزودن اکسایش با استفاده از هیدروژپروکسید یا افزودن پلاسمایی بود. مقاومت در برابر نمدی شدن به وسیله آنژیم بعد از افزودن به گونه ای قابل توجه اصلاح شده بود. چروک خوردگی پشم بعد از اضافه کردن پروتئاز کاهش یافت اما با توجه به بازده افزودن یک پروتئاز به تنها بی، اظهار شده بود که مثلاً افزودن Basalan DC هنوز برتر بود. از این دیدگاه این سؤال پیش آمده بود که چقدر باید شستشو شود تا درجه فیلتینگ پشم آنژیم دار در یک ماشین خانگی قابل مقایسه با پشم کلرین دار باشد.

ویژگی مشترک فرایندهایی که تاکنون گزارش شده استفاده از آنزیم های پروتئینیک است. در بخش زیر، یک بررسی در مورد فرایندهای مفروض که در آنها از سایر گروه های آنزیم استفاده شده است صورت گرفته است.

افرودن آنزیمی برای پشم ضد چروک که به وسیله کینگ و براکوی توضیح داده شده یکی از چند فرایند آنزیمی است که بدون کمک افزودن یک آنزیم شیمیایی یا فیزیکی قبل یا بعد از واکنش عمل می کند. در این کاربرد، آنزیم PDI (پروتئین دی سولفید ایزومراز)، که پیوندهای دی سولفید را باز چینی می کند، برای پشم شسته به کاربرفته است. افزودن PDI باعث ایجاد یک ماده ضد چروک در مقابل ماده بی شکل بدون افزودن هیچ ماده ای، می گردد. اوگاوا و همکارانش کاربرد آنزیم ترانز گلو تامیناز برای ضد چروک کردن پشم استفاده کردند. این آنزیم اتصالات عرضی اضافی را به زیر لایه می نمایاند که به یک مقاومت در برابر چروک اصلاح شده، ضد ناهمواری و هیدروفوبی سیتی ماده، بدون زیان رساندن به بافت، منتهی می شود.

#### ۲-۴- تتعديل به کارگیری

نرمی نقش اساسی در کیفیت بخشیدن به محصولات منسوج دارد. در نتیجه. یک هدف دیگر علاوه بر اثر نمدی کردن در افزودن و پردازش فیبرهای پشم ایجاد یک کاربرد «ترمه مانند» است. این هدف فرایندها است که الیاف پشم را برای کاهش خراسیدگی و افزایش نرمی و جلا اصلاح کند، بنابراین بهبود ویژگی های پشم به عنوان یک ماده پایه برای

منسوجات دارای کیفیت بالا صورت می گیرد. خراشیدگی در اثر الیاف پشم که سر آنها سفت شده و برای تحریک سرهای عصبی که مستقیماً زیر سطح پوشت قرار دارد کافی است. بنابراین یک هدف، کاهش مدلوس خمیدگی است. علاوه بر آن، قطر فیبر و ساختار فیبری نقش مهمی در بکارگیری دارد. بنابراین بیشتر افزودن‌ها به پشم برای بهبود تلاش به کار گیری برای کاهش قطر فیبر، مثلاً به وسیله پوسته زدایی کامل پشم، صورت می گیرد. پوسته زدایی به وسیله پیش افزایش  $KM_nO_4$  و آلومینیوم سولفات، استیک اسید و بی سولفات و یک پس افزایش با آنزیم پروتئولیتیک صورت می گیرد. پوسته زدایی از طریق بکارگیری یک پروتئاز مقاوم در برابر گرما و خنثی نیز حاصل شده بود که باعث احساسی ترمه مانند می گردد. در مقابل پوسته زدایی پشم، پس از بعضی بررسی‌ها تلاش دیگری برای بهبود بکارگیری صورت می گیرد. پنج حذف کامل بخش‌های تنزل یافته یا آسیب دیده الیاف پشم را توصیف نموده است، نه تنها در مورد کوتیکل بلکه افزودن یک پروتئاز و به دنبال آن یک رزین همراه با فرمیک اسید و به وسیله استفاده از یک نرم کننده، یک بکارگیری ترمه مانند نیز به وسیله افزودن سدیم دی کلروایزوسیانورات به پشم و خنثی سازی و رشد نهفته آن با پاپایین و بخار دهی آن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حاصل شد. به مخلوط پشم / پنبه هم سلولز و پروتئاز افزوده شد که باعث ایجاد یک احساس نرمی ماده گردید.

با افزودن های دقیقاً کنترل شده آنزیم های پروتئولیتیک، کاهش بار چین خوردگی نخ های پشم امکان پذیر بود. نشان داده شده بود که نرمی بهبود یافته و خراشیدگی لمس شده پارچه کاهش یافته است. آزمایش فشردگی دسته نخ های جدید بین نمونه هایی از پشم که تفاوت آنها به اندازه حدود  $1\mu\text{m}$  در میانگین قطر است، متمایز می کرد.

## ۲-۵- سفیدی و جلا

فاکتور مهم دیگر در پیش افزایش فیبر پشم افزایش سفیدی و جلا است. سفید کردن پشم ضروری است به ویژه زمانی که رنگ زدن سایه های خضراف رنگ مطلوب باشد. استفاده از آنزیم های پروتئولیتیک تنها یا در ترکیب با  $\text{H}_2\text{O}_2$  درجه سفیدی و آب دوستی الیاف در مقایسه با افروختن اکسایش تنها افزایش یافته بود. سفیدی در سفید کاری پشم به وسیله وجود یک پروتئاز که همراه با سفید کاری پراکسید و استفاده از دی تیونیک یا بی سولفات است، افزایش می یابد. افزودن همراه با اتلاف وزن و استحکام است.

## ۶- رفتار رنگرزی

مناسب بودن آنزیم ها برای بهبود جذب رنگ پشم به وسیله تجمیع فرایند آنزیمی در یک مرحله پیش افزایش قبل از رنگرزی مورد مطالعه قرار گرفته بود که با بکار گیری آنها به عنوان عوامل کمکی در رنگرزهای پشم همراه بود. نشان داده شده بود که رنگ های حجیم تر به مقدار بیشتری به وسیله نمونه های آنزیم ارجذب می شود. ثبات نمونه های پشم رنگرزی شده در مقابل نور مصنوعی بعد از افزودن آنزیم افزایش یافته است.

## ۲-۷- کربونیزاسیون (تقطیر تخریبی)

علاوه بر خود پشم، خاکی های طبیعی مانند ماهیت سبزی ها (بذر های چمن) و فلس های

پوست را می توان به لحاظ آنزیمی اصلاح کرد اگر تنل و زدودن کالاهای منسوج کامل

صورت نگیرد، ماهیت سبزی ها و پسماندهای پوست منجر به رنگرزی و چاپ ناهمگن می

گردد. ماهیت سبزی به طور طبیعی از طریق کربونیزه شدن از بین می رود، فرایندی که در آن

پشم به وسیله سولفوریک اسید تلقیح شده و سپس برای دفع ناخالصی ها پخته شده است.

سپس پسماندها و مواد زائد پشم مانند غبار کربن به وسیله برس زنی و مکش از آن خارج

می شوند. کار پژوهشی برای جایگزینی کربونیزاسیون به وسیله استفاده از آنزیم هایی مانند

سلولز و لیگیاز، با هدف کاهش بار سیال خروجی و آسیب به پشم و برای صرفه جویی در

انرژی صورت گرفته است.

بعضی از ابتکارات مربوط به تجزیه آنزیمی اجزاء پلاتت در پشم هستند. سویکا، زکوسکا و

زاکرزوسکی رفع ناخالصی های پلانت از پشم به وسیله استفاده از هیدرولاز، لیز و اکسید

داکتیز را گزارش کردند. میزان سولفوریک اسید به کار رفته برای کربونیزاسیون به وسیله

عمل آنزیم های سلولویتیک و پکتیونولینیک کاهش یافته بود. پس از رشد نهفته پشم با

سلولز زدودن زائد ها از طریق ضعیف کردن چسبندگی بین زائد و پشم آسان تر است. هیچ

آسیب فیزیکی و شیمیایی به پشم، پس از زدودن مکائیکی زائد های آنزیم دار مشاهده نشد.

براهیمی و هورن و همکاران یک بررسی در مورد استفاده از آنزیم ها برای گستره ای از

ترکیبات نمونه برای روغن پشم و ریشه سبزیجات انجام دادند. زدن مخلوطی از سلوولز،

پکتیناز و لیگنیناز به پشم به الیاف آن آسیب نمی ساند. لیپکیند و همکارانش پروکسیدازهای

لیگنین که از نظر تجاری وجود ندارد را با هدف تنزل به ویژه لیگنین زائده ها تولید کردند.

فرایند تنزل لیگنین یک فرایند بلند مدت است و در زمان ثبت شده (۲۴ ساعت)  $H_2O_2$

چندین بار افزوده شد. پشم در اثر این فرایند مورد حمله قرار نگرفت ولی زائده ها هم تغییر

محسوسی نکردند. فرایند Biocarbo معرفی گردید که به وسیله لایی گذرای و شستشو در

یک حمام آنزیم اسیدی از آنزیم های پکتولیتیک و سلوولیتیک استفاده می کند.

پسماندهای علف ها پس از خشک شدن از طریق پرداخت یا زدن زدوده می شوند. این

روش برای پشم های حاوی کمتر از ۳٪ علف توصیه می گردد. در مقابل این، حذف علف

از پشم با استفاده از یک آزمونگر آشغال (USTER MDTA ۳) بعد از زدن آنزیم های

هیدرولیتیک به آن (پکتیناز، همیلولاز، سلوولز) افزایش نیافته بود. دورنمایی برای استفاده از

آنزیم های اکسیداتیو در این زمینه وجود دارد.

## ۲-۸- ابریشم

فرایند صمغ زدایی ابریشم به عنوان یکی دیگر از نمونه های فیبرهای پروتئیناسوز به طور

طبیعی به وسیله واکنش شیمیایی با استفاده از صابون ها، قلیا، اسید یا آب صورت می گیرد. با

این فرایند سریسین چسب پروتئینی بی شکل از رشته های ابریشم زدوده شده و دو فیبر

فیبروئین بسیار بلورین را آزاد می کند. علاوه بر صمغ زدایی شیمیایی حذف پروتولیک

سریسین نیز به طور موفقیت آمیز به کار رفت. نشان داده شده بود که کاربرد موفق صوت هنگام استفاده از پاپایین آنزیم پروتئولیک فرایند صمع زدایی را شتاب می دهد، حالی که در مورد آلکالاز (NOV Nordisk A/S) و تریسپین اثر مفید واکنش فیزیکی کمتر است.

#### ۲-۹- خلاصه

از بین تمام فرایندهای توضیح داده شده فقط تعداد کمی فرایند آنزیمی «خاص» هستند، یعنی فرایندهای آنزیم بدون هیچ پیش یا پس افزایش در دو فرایند به جای پروتئاز از دیگر گروه های آنزیمی استفاده می شود: ترنز گلوتامیناز و ایزومر دی سولفید پروتئین، پروتئازها برای حذف فیرهای آسیب دیده یا دستیابی به اثرات فاتی خاص به کار می روند. فرایندهای مرکب با استفاده از پروتئازها شامل به کارگیری اضافی یک رزین، پیش افزایش های اکسایش و فیزکی نیز با بکارگیری آنزیم ها ترکیب شده اند. سپس تأکید بر نرم سازی یا بهبود کارکرد و پس از آن شتاب رنگرزی، سفید کاری و مقاومت بیلینگ می باشد.

در فرایندهای ترکیب شده، سطح کوکتیل به وسیله پیش افزایی مخصوص برای زدودن لیپیدها و شکستن پل های دی سولفید و به وسیله پس افزایی پروتئولیتیک که تعداد مکان های اجباری هیدروفیلیک را در فیرها افزایش می دهد، اصلاح شده است. هم پیش افزایی و هم پس افزایی منجر به دفع الکترواستاتیک فیرها می گردد تا یک افزایش درجه از دوم فیر یک جذب رنگ حاصل گردد.

اگر اصلاح فیبر با موفقیت به وسیله استفاده از آنزیم تنها صورت گیرد، چه از گروه های دیگر آنزیمی غیر از پروتئاز و چه پروتئاز مورد استفاده قرار گیرد، نه برای اصلاح فرو فیبر بلکه برای نترل کامل و حذف الیاف آسیب دیده در مراحل قبلی پردازش است.

فرایندهای آنزیمی ترکیب شده شامل پیش افزایی شیمیایی به ویژه مراحل کلویناسیون فرایندهای واقعی نیستند و... .

با پوسته زدایی کامل فیبرها از یک طرف هم جلا و هم به کار گیری افزایش و نمدمی شدن کاهش می یابد. از سوی دیگر کورتکس فیبر آشکار شده است، بنابراین باعث ضعیف شدن فیبر می شود. با در نظر گرفتن آسیب به فیبر به وسیله فعالیت آنزیمی به ویژه پروتئولیتیک می توان گفت که برای دستیابی به اثر مطلوب، چه عمل آنزیمی که نیاز به نترل دارد؛ مانند کنترل دیفوژن (نفوذ) به وسیله ثابت کردن آنزیم چه آنزیم که نیاز به طراحی خاص به وسیله مهندس ژنتیک دارد، باید صورت گیرد. به وسیله فرایند دوم یک آنزیم جدید ایجاد شده یا یک آنزیم معمولی به گونه ای اصلاح شود که یک قسمت مجزای زیر لایه هدف تغییر

کند. فورنلی آنزیم های مناسب برای اندودکاری پشم مانند «هوشمند» یا «سحر آمیز» را توضیح داده است.

در واقع، کاربر آنزیم ها از برتری ویژگی های ذاتی آنزیم یعنی ویژه بدون و گزینش پذیری استفاده می کند، آنزیم تحت استفاده یا ذاتی است یا برای یک فرایند خاص طراحی شده است.

### ۳- افزودن آنزیم ها به پنبه

#### ۱-۳- ریخت شناسی پنبه

پنبه از مواد سلولزی و غیرسلولزی ساخته شده است. بیرونی ترین لایه فیبر پنبه کوکتیل

پوشیده شده به وسیله موم و پروتئین است که به طرف داخل یک دیواره اولیه ساخته شده از

سلولز، پروتئین، موم و مواد پروتئینی وجود دارد. بخش داخلی فیبر پنبه شامل دیواره دوم

است که به چند لایه موازی فیبریل سلولز و لومن تقسیم شده است. کوچکترین واحد فیبریل

بنیادی، شامل دسته های متراکم زنجیره های سلولز است. کل موادی که به فیبر چسبیده

است تا ۲۰٪ وزن فیبر را تشکیل می دهد. مواد غیرسلولزی داخل یا روی دیواره اولیه قرار

گرفته است و لایه بیرونی از یک فیبر پنبه است که تا ۱٪ قطر فیبر را تشکیل می دهد دیواره

دوم، که تا ۹۰٪ وزن فیبر را تشکیل می دهد، عمدتاً از سلولز تشکیل شده است.

هیدرولیز آنزیمی پنبه به وسیله سلولز صورت می گیرد که حداقل از سه سیستم آنزیم که با

هم همکاری می کنند تشکیل شده است. اندو- $\beta$  (۱و۴) گلوکاناز (۱) زنجیره هیدرولیز

سلولز طبیعی، بنابراین ساختارهای دارای تبلور پذیری کم تنزل یافته و زنجیره هایی با سر

آزاد تولید می کنند. سلوبیو هیدرولاز ( $C_{BH_2}$ ) (۲) تنزل سلولز از سه زنجیر و آزاد شدن

سلوبیوز که به وسیله (۱و۴)  $\beta$  گلوکانازیداز هیدرولیز شده است.

(۳) به واحدهای گلوکز، مهمترین ارگانیسم های تولید کننده سلولز قارچ دسته

. Fusarium, Penicillium, Trichaderma هستند.

پکتین عبارت ژنریک برای پلی ساکاریدها مانند گالاکتورونائز ...

در پنبه، پکتین عمدتاً شامل (۱۰۴) α باند پلی گالاکتورونیک اسید است که از گروه های کربوکسیک استری شده با مтанول است. آنزیم های پکتینولیتیک پلی گالاترونازهایی هستند که پیوندهای (۱۰۴) α گلیکوسیدیک پکتین را می شکافد.

۲-۳- واکنش آنزیمی پنبه را می توان به سه موضوع اصلی تقسیم کرد. موضوع اول در مورد بخش سلولزی پنبه و متعاقب آن آنزیم های به کار رفته سلولی است. اثرات به دست آمده به وسیله این آنزیم ها عبارتند از کاهش پیلینگ، افزایش نرم، اصلاح بکارگیری، ساختار سطحی و ظاهر فابریک است. این اثرات به صورت یک عبارت «صیقل دهی زیستی» خلاصه شده است که به وسیله شرکت Danish Company Naro Nordisk ایجاد شده است. در کابرد دوم آنزیم ها در انود کاری پنبه، فرایند سنگ شویی ماده و نیم به وسیله استفاده از سلولز جایگزین شده است. با افزودن آنزیم میزان ماده سنگی مورد نیاز را می توان کاهش داد یا حتی به طور کامل جایگزین کرد، و برخلاف فرایند سنگ شویی افزودن آنزیم را می توان طولانی کرد. بدون اینکه به ماده منسوج آسیبی برسد. عرصه سوم بکارگیری در مور زدودن مواد طبیعی چسبیده به فیبر (پکتین) به عنوان یک فرایند مقدماتی برای گام های پردازش بعدی است. پکتینازها با ترکیبی از پکتینازها و سلولزها آنزیم هایی هستند که از آنها برای تنزل ماده پکتین استفاده شده است. تأثیر عوامل مداخله کننده مانند سوراکتانت ها، الکتروولیت ها و مواد رنگینه بر کیفیت فرایندهای بیوفینیش از تعیین اتلاف

وزن کنترل گردیده است. افزودن سلوالز فقط برای پنهان نیست بلکه برای الیاف سلوالزی

ستزی مانند لیوسل / تنسیل و ریون است که در آن نرمی، پارچه پوشانی، پیلینگ و ظاهر پس

از شستشو بھبود می یابد. در مورد سلوالز استات، توضیح داده شده که فایده کمی دارد.

استفاده از آنزیم ها برای اصلاح لیوسل در ترکیب های فیبر، محصول آنزیم همیشه باید با

نیازهای فیبر همراه سازگار باشد.

### ۳-۳- جladهی زیستی (زیست جladهی)

اثرات نرم سازی به دست آمده از طریق زدن آنزیم به منسوجات پنهان ای از ۲۰ سال پیش تا

کنون آشکار شده است. این افزودن قدرت کشش را پایین نمی آورد و در عین حال منسوج

را نرم می سازد. در سال ۱۹۸۱ یک فرایند به ثبت رسید که شامل تورم الیاف سلوالی با

سولفوریک اسید و به زبان آن افزودن به سلوالز بود تا یک اصلاح در نرم بودن پارچه

صورت گیرد. اولین عملیات سلوالز واقعی الیاف سلوالزی در سال ۱۹۸۸ منتشر شد. این

فرایند منتهی به کاهش الیاف گردید و یک کاهش وزن ۳-۵ درصدی به عنوان امری بهینه

برای دستیابی به ظاهر سطحی نرم بهتر بود. یک فرایند برای نرم کردن پنهان در سال ۱۹۹۰ به

ثبت رسید. از یک پلاسمای دارای دما کم پیش از افزودن سولاز استفاده شده بود. با زون

سلولاز به پارچه های نخی (مثلًا *Trichoderma reesei*) یک نرمی بهتر و ظاهری

مناسب تر و همچنین محصول رنگرزی بالاتر حاصل شده بود و کاهش وزن الیاف پایین

باقی مانده بود. سکو و همکاران، استفاده از سلوالزهای تولید شده به وسیله باکتریایی گره

بر روی یک گره پنبه ای، نرمی و هیگروسکوپی بردن را از ایش داده و از Bacillus

قدرت کشش عالی فیبر حفاظت می نماید. در سال ۱۹۹۲ پورسن و همکاران، اثر جladهی

زیستی را گزارش کردند. مبنای جladهی زیستی هیدرولیز بخشی از فیبرهای سلولزی است،

که باعث اتلاف میزان خاصی از قدرت کشش می شود. این اثر بهینه با اتلاف ۲ تا ۷

درصدی این قدرت به دست می آمد. سرهای کوتاه بیرون آمده از سطح پارچه از نظر

آنژیمی هیدرولیز شدند اما یک رفتار مکانیکی اضافی برای کامل کدن این فرایند لازم بود؛

یعنی بهبود الیاف به طور طبیعی به پیلینگ منتهی می شود. سطح ظاهری پارچه ها که به آن

طریق عمل شده بود اصلاح گردید. این اثر دائمی بود، یعنی حتی بعد از چند بار شستشو با

ماشین منسوج ها تقریباً همگی بدون لکه ماندند. در مقابل نرم کتنه های به کار رفته در

سطح فیبر، آبگیری مجدد به وسیله واکنش های آنژیمی کاهش نیافته بود. پارامترهای این

فرایند و نام تجاری آنژیم به کار رفته به وسیله بانزین و همکاران مطرح گردید. در سال

۱۹۹۳ یک فرایند جladهی زیستی به وسیله ویدباک و اندرسن ثبت گردید. با به کارگیری

یک سطح از آنژیم ها به جای فرایند گروهی، کاهش قدرت الیاف در نرم سازی واکنش

آب چینی به حداقل رسیده بود. افزودن سلولاز و پروتئاز به مخلوط پنبه و پشم باعث نرم

شدن پارچه شد. پارچه های نخی سلولاز دار با پارچه های پلی استر قلیا دار، مقایسه شد که

هر کدام ۵٪ کاهش وزن داشتند به هر دو مورد سختی خمیش کاهش یافته بود. کلارک یک

فرایند آنژیمی برای کاهش دانه ای شدن را مطرح کرد، به ویژه جامه های نخی یا پشمی

رنگرزی شده، در مورد پشم یک واکنشگر کاهش افروده شد. مکانیسم تنزل سلوولز به وسیله آلمیدا و کاواکو پائولو توضیح داده شد. هیدرولیز آنزیمی سلوولز عمدتاً در نواحی بی شکل صورت می دهد.

در نتیجه یک پیش افزودن درجه تبلور پذیری سلوولز کاهش یافته و سرعت هیدرولیز آنزیمی را افزایش می دهد، برای مثال پنبه مرسی شده نسبت به پنبه بدون پیش افزودن در برابر اصلاح آنزیمی مستعدتر خواهد بود. مؤلفان نرمی پارچه را بدین صورت تعریف می کند: خواص مکانیکی یک پارچه نرم به وسیله خمس کم و سختی برش و نیز درجه بالایی از طویل شدگی مشخص می گردد.

یک واکنش آنزیمی بلندمدت یک تأثیر منفی را نشان می دهد که باعث آسیب رسیدن به فیبر و کاهش خواص به کارگیری می شود. کو و همکاران کاربرد سلوولاز بر پنبه رنگ شده با گروه های مختلف رنگ را گزارش کردند. یک پارچه رنگ شده با رنگرزی مستقیم یا واکنش به نظر می رسید فعالیت سلوولاز را نشان می دهد که به این حقیقت استناد شده است

که هرچه غلظت رنگ روی فیبرها بیشتر باشد، کاهش وزن فیبرها پس از افزودن آنزیم کمتر خواهد بود. در مقابل از عمل کاتالیزی سلوولاز به کار رفته برای پارچه های رنگ شده با رنگ های خمره ای جلوگیری نشد (این یک واقعیت مهم درباره بیواستونینگ پنبه است که در ادامه همین مقاله به آن اشاره خواهد شد)، مؤلفان نیز تأیید می کنند که کرکی بودن پارچه ها به علت پستی پارچه های نخی که الیاف کوچک دارند کاهش یافته است، و در

نتیجه پارچه هایی که به آنها زده شده است پس از شستشو و نگ پریدگی کمتری را از خود نشان می دهن. ریون به علت میزان کمتر پلیمریزاسیون در مقایسه با پنبه، نسبت به از دست دادن استحکام هنگام افزودن سلولاز به آن حساس تر است.

به طور کلی این امر پذیرفته شده که زمان کوتاه افزودن و تأثیر مکانیکی سطح حساس به اصلاح سطح هدف پنبه‌ای (نخی) متنه می گردد، در حالی که نصب پیوسته بدون آشفتگی مایع برای این منظور نامناسب است. آشفتگی مکانیکی در طول مدت افزودن آنژیم نه تنها بر کیفیت های لمس و زیبایی تأثیر می گذارد بلکه بر عملکرد آسودگی گرمایی نیز مؤثر است. با در نظر گرفتن انواع ماشین های رنگرزی و روش های آن که شامل میزان و حالت های مختلف آشفتگی است، تأثیر آشفتگی مکانیکی بر کیفیت منسوجات سلوزلز دار علاقه عملی بسیاری را به خود جلب کرده است. توضیح داده شده بود که فعالیت اندو گلو کاناژ در سطوح بالای آشفتگی افزایش می یابد، بنابراین به خطر پذیری بیشتری در مورد کاهش استحکام پارچه منجر می گردد. علاوه بر آشفتگی مکانیکی تاریخ پردازش پارچه و ساخت پارچه پارامترهایی هستند که به اندازه انتخاب غلظت و ترکیب آنژیم مهم می باشند.

اجزاء سیستم آنژیم سلولاز به لحاظ تأثیر آن بر اصلاح پنبه خالص سازی و تجزیه و تحلیل شده است. با توجه به نمونه های نخی دارای میزان کاهش وزن یکسان، چه در اثر فعالیت کاتالیزی سلوبیوهیدرولاز (CBHI) یا اندو گلو کاناژ، در مورد نمونه های اندو گلو کاناژ دار

کاهش قدرت بیشتری مشاهده شد، اما در همان حال اثراًت مثبت بر رفتار خمش و پیلینگ حاصل شد. در مقایسه یا آماده سازی سرشار از اندو گلو کاناز، استفاده از کل سلو لاز با توجه به حذف سطح آشفته مؤثرتر است، در حالی که آنزیم سرشار از اندو دارای تکاپوی کمتر است و باعث آسیب کمتر فیر می شود، بنابراین برای بافتگی ظرفی مناسب تر است. هیدرولیز آنزیمی پارچه های نخی رنگ شده با رنگرزی مستقیم به اتلاف وزنی معادل پارچه های رنگ نشده است، در حالی که در مورد پارچه های نخی رنگ شده با رنگرزی مستقیم، به نظر می رسد که تنزل آنزیمی جلوگیری می شود.

### ۴- بیواستونینگ

بسیاری از پارچه ها به طور اتفاقی با یک فرایند شسته می شوند تا به آنها ظاهر فرسوده بدهد. یک مثال معروف آن شلوار فاستونی نخی است؛ پارچه آبی رنگ در اثر عمل سایشی سنگ پا کمرنگ می شود. در فرایند بیواستونینگ از سلو لازها (ختنی یا اسیدی) برای شتاب دادن فرسایش از طریق؟؟ کردن رنگ نیلی روی پارچه استفاده می شود. این فرایند از نظر محیط زیست پذیرش زیادی دارد. چون مقداری سنگ جایگزین شده یا کاهش می یابد، بنابراین از دستگاه ها حفاظت کرده و از ورود غبار سنگ پا به داخل محیط شستشو جلوگیری می کند. این فرایند تاکنون در صنعت شستشوی سنگ متخلخل پذیرش گسترده ای داشته است. تیندال استفاده از سلو لازها به صورت ترکیب شده با یک عمل مکانیکی برای بهبود نرمی و سطح ظاهری را گزارش داد. افزودن آنزیم به منسوجات رنگ شده با

رنگ های ایندیگو، گوگردی، رنگدانه ای، خمره ای و سایر رنگ های سطحی باعث ایجاد ظاهری فرسوده در آنها می گردد. در این واکنش، میزان خاصی از کاهش وزن و استحکام باید پذیرفته شود. یک بررسی گسترده از برنامه اندودکاری پارچه کتانی به وسیله ایرت ارائه شد که فرایند رنگرزی ایندیگو، فرایند شستشوی سنگی و جایگزینی آن به وسیله افزودن سلولاز را توضیح می داد. برای دستیابی به «ظاهر کنه» ماده کتانی، مهم این است که رنگ زدگی به حداقل برسد و در  $\text{PH}=5$  به بالاترین حد برسد. ایرت بیان کرد که بینابراین سلولاز هیدرولیزینگ ماده سلولزی در گستره  $\text{PH}$  خنثی، ترجیحاً برای اندودکاری شلوارها به کار می رود. زیر و همکارانش یک مدل تجربی را بر اساس مشاهدات صورت گرفته در طول رنگ زدایی آنزیمی پارچه های سلولزی را ترسیم نمودند. مؤلفان نتیجه گرفتند که ساییدگی سطح فیبر نقش مهمی در رنگ زدایی آنزیمی پنه دارد. آنها بیان کردند که عمل مکانیکی بیرونی ترین لایه بلور سازی را باز می کنند، بنابراین بخش دسترسی به آنزیم سلولز افزایش یافت و امکان حذف آنزیمی رنگ را فراهم می آورد. لک دار شدن ایندیگو در طول بیواستونینگ مورد مطالعه قرار گرفت. نتیجه گیری این شد که لک دار شدن همراه با افزایش زمان واکنش و غلظت آنزیم افزایش می یابد. با استفاده از آنزیم های مختلف لک دار شدن در مورد یک سلولز خنثی ( $\text{PH}=6-8$ ) کم و در مورد یک سلولاز اسیدی ( $\text{PH}=4.5-5.5$ ) زیاد است.

### ۳-۵-سفیدکاری (رنگبری)

بعد از سفید کاری (رنگبری) کتان با  $H_2O_2$  ماده گندزا را نمی توان برای مرحله بعدی واکنش مثلاً رنگرزی استفاده کرد که این به علت اثر اکسایشی پسماند  $H_2O_2$  است. تنزل این پسماند  $H_2O_2$  در حمام رنگبری به وسیله کاتالاز آنزیم، جایگزینی محلول واکنش یا شستشوی مواد غیرضروری را انجام می دهد. بنابراین از همان محلول می توان برای مرحله بعد پردازش استفاده نمود که منجر به صرفه جویی در زمان، فاضلاب (آب اضافی) و انرژی می گردد. فرایند حذف پراکسید پسماند از ماده کتان نه تنها از نظر اکولوژیکی بلکه از نظر اقتصادی نیز ارزیابی شد، با این نتیجه گیری که به کارگیری کاتالاز، میزان آب تازه مصرفی برای شستشو، سردسازی و حرارت دادن کاهش یافته و در آب زائد صرفه جویی گردیده است که منجر به صرفه جویی کلی ۶ تا ۸ درصد هزینه در سال می گردد.

### ۶-۳- بیواسکورینگ (شستشوی زیستی)

رنگرزی و چاپ مؤثر منسوجات به جذب سطحی همگن نیاز دارد. علاوه بر این، هیچ مقدار

مزاحم از آلدگی ها، آهار یا مواد چسب طبیعی نباید روی الیاف باقی بماند. ۶۰ درصد از

کل مشکلاتی که در رنگرزی و اندودکاری کتان به وجود می آید حاصل یک پیش

افزایشی اشتباه یا ناهمگن است. بنابراین پیش افزایی مهمترین مرحله در اندودکاری کتان

است. در نتیجه مواد طبیعی چسبنده و آهارها باید زدوده شود. موم مهای سطحی ایجاد یک

سطح فیبری مانع نفوذ آب می کند. پوست دانه ها، پکتین ها، همی سلولها و آهار (چسب)

ها بخشی از مواد رنگی را ثابت نگه می دارند و بنابراین باعث رنگرزی ناهمگن می گردند.

علاوه، هنگام استفاده از سدیم هیپوکلریت به عنوان یک عامل رنگبر (این ماده اگر زدوده

نشود) منجر به تشکیل AOX در سیال خروجی می شود. بنابراین، پیش از مرحله رنگبری

(سفید کاری) یک جوش قلیایی صورت می گیرد تا میزان ماده کتان چسبنده کاهش یابد.

با توجه به حذف آنزیمی کتان چسبنده طبیعی، باچ و اسکول مایر تنزل پکتین کتان به وسیله

آنزیم های پکتیونولیتیک را مورد بررسی قرار دادند. پکتین از کتان استخراج و به عنوان

یک زیرلایه در محلول همگن مورد استفاده قرار می گرفت یا مستقیماً روی سطح کتان در

واکنش همگن افت می کرد. میزان تنزل از طریق اندازه گیری مقدار گروه های کاهنده رها

شده در محلول تعیین گردیده بود. نتایج این تنزل به وسیله پاچ و اسکول مایر در سال ۱۹۳

منتشر شد. میزان سفیدی پس از تنزل آنزیمی پکتین در مقایسه با جوش قلیایی پایین تر بود.

اما با ترکیب افزودن آنزیم (افزودن همزمان پکتیناز و سلولاز) یا جوش قلیایی با یک قلیای گندздای  $H_2O_2$  میزان کلی سفیدی همراه با افزودن آنزیم بالاتر بود. راسترتائید کرد که میزان سفیدی یک نمونه کتان که فقط آنزیم ها به آن زده شده بود ۸-۱۰٪ کمتر از میزان سفیدی یک ماده قلیایی جوشیده بود. تأثیر افزودن آنزیم نیز با اندازه گیری رطوبت پذیری پارچه های پیش افزایی شده مختلف تعیین گردیده بود. تفاوت های موجود به وسیله تست دراپ TEGEWN مستند گردید. پارچه های آهار زدایی شده به آنها آنزیم یا قلیازده شده بود. تفاوت های موجود در رطوبت پذیری که در این مرحله واکنش صورت می گرفت به وسیله یک فرایند رنگبری پراکسید اضافی زدوده شد. فرایند ترکیبی که شامل ازومن یک آنزیم بود، نتایجی قابل مقایسه با افزودن قلیا به دست می دهد.

عوامل تأثیر گذار بر شستشو عبارتند از ماهیت لایه فرعی، نوع آنزیم به کار رفته، فعالیت آنزیم، استفاده از سورفاکtant ها و تأثیر مکانیکی. مشاهده گردید که در مدت شستشوی پکتیناز مقدار موم خیلی کمتری در مقایسه با شستشوی قلیایی زدوده می شد. اگر این واکنش را با واکنش سوفاکtant ترکیب شود، نتایج معادل شستشوی قلیایی می تواند حاصل شود. یک افزودن آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد برای افزایش تأثیر گذاری شستشوی پارچه کتان (نخ) با ترکیبی از پکتیناز، پروتئاز و لیپاز گزارش شد. در حالی که استفاده از (Nardick A/S Bio Prep<sup>TM</sup>, Novo) این آنزیم ها به تنها ی تأثیر خیلی کمی داشت. یک پکتیناز جدید

برای حذف مواد چسبیده به کتان را دارد. عمل پکتیناز به تنها یی رطوبت پذیری کامل را ایجاد نمی کند. سورفاکtant نمک های Ca دار، امولسیفایرها و دمای های واکنش بالا، حذف مواد پیچیده مومی و Ca-petule را کامل می کند.

عمره های نسبی سود سوز آور جهت شستشو و پارچه های دارای ترکیب زیستی دوست محیط زیست تفاوت های زیادی نشان نمی دهنند.

تأثیر شستشو با آنزیم ها با واکنش سود سوز آور در متداول و استخراج حلال مورد مقایسه قرار گرفت. در حالی که افزودن سود سوز آور باعث تباہی یک سطح مولکولی می شد اما نتیجه آن میزان بالای سفیدی بود، نمونه های استخراج شده به وسیله حلال قدرت کششی بیشتر و نمونه های شستشوی زیستی شده بیشترین تأثیر نرم کنندگی را نشان می دادند.

### ۷-۳-کتان

کتان حساس ترین فیبر است که سلولاز به آن زده می شود. مشخص شده بود که سلولازهای تک جزئی برای محدود کردن واکنش آنزیم به اثرات مطلوب مانند افزایش

بکارگیری یا ظاهر مستعمل در منسوجات چاپی یا رنگ شده با رنگینه است. برای بهبود رنگرزی و بهبود چین خوردگی، سهم عمدۀ ای از مواد پکتینک باید حذف شود. بدون اینکه به بخش سلولزی پارچه آسیبی وارد شود. توضیح داده شده بود که کنترل این واکنش عملاً مشکل است. کیفیت الیاف کتان را می توان از طریق کنترل رطوبت آنزیم و بنابراین به حداقل رسیدن رطوبت بیش از حد و استحکام کاهش یافته الیاف، افزایش داد.

### ۳-۸- شاهدانه (کنف)

پارچه های کنفی با استفاده از سلو لاز، همی سلو لاز ترکیب شد، با  $\beta$ -گلوکوزیداس اصلاح گردید. سرعت هیدرولیز و خواص محصول مانند قدرت کششی، تبلور پذیری و ساختار متخلخل مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شده بود که آشفتگی مکانیکی بیشترین تأثیر را بر پارچه ها دارد، در زمانی که در طول مدت افزودن آنزیم به کار برد شود. بیشترین تخلخل و بالاترین تعداد منافذ کوچک بعد از افزودن سلو لاز تنها به دست آمده بود.

### ۳-۹- لیوسل

لیوسل یک فیبر سلولزی سنتریبا فیبریلاسیون (رشته رشته سازی) زیاد است. سرعت بالای فیبریلاسیون باعث به کار گیری و ظاهر جالب آن می شود، اگرچه که رنگرزی و انود کاری به علت خطر بیشتر آسیب موضعی مشکل تر است. در طول مدت پردازش، یک فیبریلاسیون مقدماتی ناشی از عمل هیدرومکانیکی صورت می گیرد. پس از آن مرحله، افروden سلو لاز صورت می گیرد. در مرحله دوم فیبریلاسیون، فیبریل های کوتاه که به هم متصل نمی شوند تا پیل تشکیل شود، تولید می گردد، بنابراین به کار گیری و ظاهر محصول تغییر می کند (پوست هلویی) آماده سازی آنزیم سرشار از اندو گلو کاناژ به کار گیری پارچه را بهتر نموده و آسیب شکافی را به حداقل می رساند.

### ۱۵-۳- خلاصه

بیشتر کارهای انجام شده در زمینه پرداخت پنه آنزیمی برکاهش پیلینگ و برزدار بودن پارچه های نخی به وسیله عمل کاتالیزی سلولا متمرکز بوده است. علاوه بر این، پوشش معمولی به وسیله عمل کاتالیزی سلولازها در فرایند بیواستونینگ به جای سنگ شویی ایجاد شده است. در بعضی از فرایندها افزودن آنزیم با عمل مکانیکی جهت افزایش دسترس پذیری به زیرلايه نخی ترکیب شده است. شیوه دیگر ترکیب کردن یک پلاسمافرازی با آنزیم افزایی است. پژوهش های زیادی در زمینه شستشوی آنزیمی پنه با هدف جایگزینی جوش قلیایی صورت گرفته است. سیستیک (جنپش) های تنزل پکتین مورد بررسی قرار گرفت تا فرایند بهینه را مطالع کند و الیاف پوستی مانند کتان و کنف و الیاف سلولزی مصنوعی مانند لیوسن نیز هدف فرایندهای آنزیم کاتالیزی هستند و تاکنون به طور موفقیت آمیز اصلاح گردیده اند.

#### ۴- اصلاح آنزیمی الیاف مصنوعی

الیاف پلی کاپرولاتکتون از طریق عمل کاتالیزی یک لیپاز اصلاح گردیده بود.ین الیاف انساط پیدا نکرده بودند، چون تنزل کاتالیزی آنزیمی همراه با افزایش میزان انساط، کاهش می یابد. پس از هیدرولیز آنزیم، الیاف دارای شکل غیر منبسط ساختارهای نامنظم را نشان می دهند، در حالی که الیاف بسط یافته ساختارهایی طول محور را نشان می دهند. لیپازها رطوبت گیری و قدرت جذب پارچه های پلی استر را افزایش می دهند. در مقایسه با قدرت کاهش یافته و توده حاصل از هیدرولیز قلیایی، پارچه های آنزیم دار قدرت حفظ کامل

استحکام را نشان می دهند. اثبات شده که اثر رطوبت پذیری ناشی از عمل هیدرولیتیک به جای جذب پروتئین است.

## ۵- ابریشم عنكبوتی

ابریشم در آگلین عنکبوتی قوی تر از فولاد است و دارای استحکام کششی نزدیک به کولار(Keular) است. کشسانی فوق العاده بالای آن هم قابل توجه است. ترکیب غیرعادی

دارای کشش و استحکام بالای این ماده، آن را برای پژوهشگران فوق العاده جذاب نموده است. ابریشم در آگلین عنکبوتی عمدتاً از گلیسین (۴۲٪) و آلانین (۲۵٪) ساخته شده است و

ما بقی آن بیشتر از گلوتامین، سرین و تیروزین تشکیل شده است. ۵ تا ۱۰ پسماند پلی- آلانین یک ورقه  $\beta$  را تشکیل داده و بیشترین کسر تبلور (۳۰٪) را به وجود می آورد.

قلمروهای تبلور از طریق نواحی پراز گلیسین ( $\beta$ ) محدود شده اند و در داخل نواحی بی شکل قرا دارند. محیط پیرامونی و مرطوب فیبرها سوپرکانتراکت کرده و ۶۰٪ از طول قبلی خود را به دست می آورند. هدف این کار پژوهشی تولید پروتئین های ابریشم عنکبوتی به

روش بیوتکنولوژی با کمیت های مطلوب و تبدیل آنها به الیاف در مقایس صنعتی می باشد.

در این زمینه دو کار اصلی باید انجام شود. اول کلونی سازی و ترکیب مجدد پروتئین های

ابریشم عنکبوتی برای شفاف سازی مبانی و شرایط لازم برای تبدیل پروتئین های ابریشم عنکبوتی به فیبر است. ابریشم های مشابه ابریشم عنکبوتی در سلول های باکتری پرورش یافته اند. اما تولید بخش های پروتئینی بزرگتر تا کنون به دست نیامده اند. مواد نمونه مانند

ابریشم طبیعی صمع زدایی شده حاصل از کرم ابریشم توت Bombyx mori برای مطالعات انحلال پذیری و تست یک ابزار دورانی دارای مقیاس آزمایشگاهی جهت تولید فیلامنت از محلول های پلیمر کم حجم، مورد استفاده قرار گرفت. آینده نشان خواهد داد که آیا پارامترهای تکنولوژیکی مناسب که شامل پردازش بیوتکنیکال باشند، امکان پذیر خواهد بود یا نه؟

## ۶- الیاف (فیبرهای) هوشمند

منسوجات منسوجات مداخله کننده در تنظیم گرمایی از طریق ترکیب مواد «تغیر فاز» با راحتی پوشانک به ویژه در لباس های ورزشی و راحتی مرتبط است. دیدگاه ها برای پذیرش این مواد و نیز منسوجات پزشکی آماده شده و پوشانک محافظه شکلی برای آتش نشانان، رقابت کنندگان و کارکنان پمپ بنزین ها در حال تولید است. موارد اخیر شامل مواد حافظه شکل در یک لایه است که در دماهای زیاد خاصی در تشکیل یک لایه عایق به وسیله بازگردانی شکل اصلی مشارکت می کند. به این طریق، این لباس انسان را از گرمای بیش از حد حفظ می کند. دیدگاه های مربوط به پردازش بیوتکنیکال در زمینه الیاف خاص که گستره آن از کارکردی بودن الیاف آنزیم کاتالیزی تا شمول و بنابراین ثابت نگه داشتن آنزیم ها درون یا روی آن الیاف می باشد، است.

## ۷- نتیجه گیری

استفاده از آنزیم ها در انودکاری پنبه پذیرش بسیار بیشتری را نسبت به استفاده از آنزیم ها در انودکاری پشم داشته است. فرایندهای آنزیمی تا کنون در صنعت پنبه به خوبی ثبیت شده اند. اصطکامات انودکاری و جلادهی زیستی نه تنها شعار تبلیغاتی نیستند بلکه جایگزین فرایندهای قابل پذیرش از نظر زیست محیطی نیز می باشند. پشم در مقایسه با الیاف پنبه یک ماده فیبری پیچیده تر است. ترکیب ساختاری و دسترس پذیری حتی در مورد بخش حجمی الیاف محدودیت افزودن آنزیم به سطح فیبر را پیچیده می سازد. تنزل کامل الیاف یا سرهای الیاف منسوج از طریق افروden آنزیم منجر به اثرات طلوب جلا و نرمی در انودکاری پنبه می شود. در انودکاری پشم تک الیاف ها باید اصلاح شوند تا بای مثال تأثیر ضدنمدمی، نرمی و جلا حاصل شود. بنابراین، کنترل واکنش نقش مهم تری در انودکاری پشم ناشی از امکان پذیری نفوذ آنزیم ها به داخل و آسیب رساندن به الیاف پشم دارد. الیاف پشم اغلب پیش از زدن آنزیم، به آنها واسطه های شیمیایی یا فیزیکی افزوده می شد تا امکانپذیری کوتیکل را افزیش دهد، زمان واکنش را کوتاه تر کند و آنزیم را هب سطح فیبر محدود سازد بنابراین طراحی آنزیم های خاص واکنش دهنده با فقط یک جزء خاص از فیبر و یا تولید آنزیم ها کنترل شده نفوذی می تواند یک راهکار برای توسعه فرایندهای پیو تکنیکال جهت انودکاری منسوج در آینده باشد. بنابراین، نه تنها بهینه سازی پارامترهای فرایند مانند مقدار PH، درجه حرارت، قدرت یونی و دانش مربوط به آیتم های

تکنولوژیکی (فنی) مانند تأثیر مکانیکی حاصل از ابزارهای ماشینی مختلفی، بلکه آنزیم های کاملاً مهندسی شده ما را به سمت فرایندها و محصولات هوشمند «سفراشی» هدایت می کند. بنابراین نیاز برای همکاری نزدیک بین شیمیان های نساجی و زیستی وجود دارد که به آنزیم های جدید و الیاف جدید منتهی می شود. به عنوان یک مثال، دیدگاه های گسترده ای در زمینه مواد منسوج «هوشمند» وجود دارد. از این منظر، هرگز نباید فراموش کرد که از آنزیم ها نباید به خاطر آنزیم ها استفاده شود. اما در بعضی رشته ها نشان داده شده که اکولوژی و اقتصاد از فرایندهای آنزیمی هوشمند سود می برند. برتری اصلی فرایندهای آنزیمی امکان پذیری استفاده از تکنولوژی متداول است که اکنون در نساجی وجود دارد. فرمولاسیون های آنزیم باید در محلول به کار برد شوند تا از تشکیل غبار و کاهش پتانسیل آرژی زای مواد پروتئینی در هنگام تنفس جلوگیری شود. یک واکنش گرمایی برای توقف عملکرد معکوس آنزیمی کافی است. بنابراین تبدیل یک فرایند آنزیمی که در مقایس آزمایشگاهی به صنعت نساجی باید بدون تأخیر زیاد امکان پذیر باشد.