شیمی نساجی

استفاده از امواج فراصوت در رنگرزی و تکمیل پشم

چوپانی

چکیده:

تأثیرات امواج فراصوت در محدودهٔ فرکانس ۳۹-۳۵ کیلوهرتز به عنوان راهی برای کاهش اثرات زیست محیطی در چندین فرایند رنگرزی و تکمیل پشم بررسی شد. امواج فراصوت شستشوی پشم صابونی شده در آب را بهبود می بخشد و میزان محلول مصرفیآب-سطح فعال غیر یونی را کاهش می دهد. میکروسکوپ الکترونی روبشی هیچ گونه آسیبی را در سطح پشم نشان نداد. میکروسکوپ فلورسنس نشان داد که امواج فراصوت باعث از بین رفتن باندهای تیواستر چربی ها شده است. امواج فراصوت در عملیات آماده سازی، اثربخشی اکسایش-کاهش متوالی در سفیدگری را افزایش داد، اما بر جذب رنگینه های اسیدی لولینگ و میلینگ تأثیری نداشت. عملیات مقدماتی، جذب رنگینهٔ راکتیو را احتمالاً با افزایش کریستالیته لیف و یا از بین بردن پیوندهای اصلی چربی ها به تأخیر انداخت. امواج فراصوت رنگرزی را در روش های به امروزی در صنعت بهبود نداد، اما پتانسیل هایی را در کاهش مواد شیمیایی و انرژی مورد نیاز در رنگرزی پشم با رنگینه های راکتیو از خود نشان داد. اما در رنگرزی با رنگینه های اسیدی لولینگ تأثیری نداشت.

مقدمه

استفاده از انرژی به شکل امواج رادیویی، مایکروویو، اشعه مادون قرمز و امواج فراصوت، روشی برای کاهش اثرات تخریبی بر محیط زیست می باشد. برش و اتصال اولتراسونیک منسوجات مصنوعی به خوبی به کار گرفته شده است و استفاده از امواج فراصوت برای شستشوی الیاف با برخی نتایج مثبت برای پشم، پنبه و پلی لاکتیک اسید مورد مطالعه قرار گرفت. رنگرزی الیاف نساجی به کمک امواج فراصوت با رنگینه های طبیعی و مصنوعی انجام شد و در آخرین ارائه پیشرفت های قابل توجهی از خود نشان داد. از امواج فراصوت همچنین به منظور کمک به سفیدی پنبه نیز استفاده می شود. امواج فراصوت به شستشو، رنگرزی و سفیدگری از طریق کاویتاسیون یا حفره سازی، پدیده گسترش و فروپاشی میکروحباب ها در محیط مایع کمک می کند. در رنگرزی، کاویتاسیون ۴ روش می تواند به صورت بالقوه رنگرزی را بهبود بخشد: ۱- تفکیک ذرات رنگینه در محلول که سرعت انتشار آن را در الیاف افزایش می دهد. ۲- حذف هوای بین الیاف به منظور افزایش تماس بین لیف و مایع. ۳- اخلال لایه مرزی لیف و مایع به منظور افزایش سرعت انتشار رنگ در لیف. ۴- افزایش تورم در الیاف که سرعت انتشار رنگینه را در لیف افزایش داده و سطح تماس لیف و مایع را بالا می برد. همچنین امواج فراصوت نیز می تواند با حرارت و ارتعاش مکانیکی بهبودهایی را در این زمینه ایجاد کند.

از معایب فناوری امواج فراصوت، هزینهٔ بالای تجهیزات آن است. امواج فراصوت مزایای بسیاری به ویژه برای پشم دارد که هنوز با درجات مختلفی از اطمینان به ویژه در مقیاس های بزرگ در حال بررسی است.

الیاف، فتیله و پارچه های پشمی حاوی مقادیر کمی از ذرات ریز ناخالصی از قبیل خاک، چربی پشم و مواد کمکی هستند که نیاز است قبل از رنگرزی و تکمیل از بین بروند که این امر با شستشوی منسوج با سطح فعال ها و آب گرم بدست می آید. ما قابلیت امواج فراصوت را برای بالا بردن سطح تمیزی الیاف بررسی کرده ایم. با توجه به شناسایی تغییرات احتمالی الیاف از جمله ایجاد ترک و یا گروه سولفیدریل، این تغییرات می تواند بر هر دو عملیات تر متوالی و خواص مکانیکی پشم تأثیر گذارد.

ما بررسی کردیم که چگونه قرار دادن پشم در معرض امواج فراصوت، بر رنگرزی و سفیدگری بعد از آن تأثیر می گذارد؛ که این موضوع کمتر از استفاده امواج فراصوت در رنگرزی و سفیدگری مورد توجه قرار گرفته است. تأثیر امواج فراصوت در استفاده از سه کلاس رنگی مشترک پشم رنگرزی شده در شرایط استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

برای مشاهده اینکه امواج فراصوت می تواند انرژی و مواد شیمیایی مورد نیاز رنگرزی را کاهش دهد، آزمایشات بدون مواد شیمیایی کمکی و در دماهای پایین تر از حالت استاندارد انجام شد.

تجربی

مواد و تجهیزات

پشم شسته، کارد شده و شل با قطر متوسط ۱۸٫۵ میکرومتر. پارچه با ظرافت g/cm^2 ۲۰، پارچه کشباف ساده دوبل ۱×۱ ریب، پارچه کشباف ٪۱۰۰ پشمی، ۲۰ تکس نخ تک لا با ۵۲۰ تاب در متر.

از یک دستگاه حمام فراصوت الماسونیک S۳۰H (شرکت الما، آلمان) در محدوده فرکانس ۳۹-۳۵ کیلوهرتز با ۱٫۹ لیتر از محلول غلیظ استفاده شد. شکل موج سینوسی با قدرت مافوق صوت مؤثر ۸۰ W و پیک ۳۲۰ W بود. قدرت موثر، میانگین قدرت فراصوت بود؛ در حالیکه پیک، حداکثر توان خروجی در پیک موجود بود.

حمام فراصوت یک تابع رفت و برگشت دارد که فرکانس را بین ۳۵ تا ۳۹ کیلوهرتز تنظیم می کند و در همه آزمایشات بکار گرفته شده است. الیاف و پارچه ها در حمام فراصوت زیر یک میله آهنی در فاصله ۵۵ میلی متر زیر مایع (به فاصله ۱۰ میلی متر از پایین حمام) نگهداشته شده اند. برای آزمایش با پشم شل، محلول غلیظ در یک سر در انتهای حمام پمپ می شد و از سر دیگر در بالای حمام با یک پمپ مسترفلکس (شرکت کل پالمر، آمریکا) با نرخ ml/s ۱۹٫۵ متناظر با گردش یک دور حمام در ۱٫۶ دقیقه کشیده می شد. یک انتشاردهندهٔ گرمای شناور MGW (شرکت لاودا، آلمان) برای به گردش در آوردن محلول در طول

آزمایشات پارچه استفاده و بالای میله آهنی بالای حمام نصب شد. انتشار دهنده تنها وقتی که دماهای بالا برای رنگرزی نیاز بود، برای گرم کردن استفاده می شد.
تمام رنگ با استفاده از راهنمای رنگ ۴۵,۰ اسپکتروفوتومتر (شرکت ماهلو، آلمان) اندازه گیری شدند. پشم رنگرزی نشده توسط روش سازمان بین المللی نساجی برای اندازه گیری رنگ پشم خام (۰۷- IWTO-۵۶) در کمیسیون بین المللی d'Eclairage سال ۱۹۳۱، فضا رنگ XYZ با منبع نور/ناظر $C/2^o$ اندازه گیری شد. سه محرک XYZ به صورت فیزیکی به عنوان رنگ مشاهده نمی شوند، اما پارامترهایی هستند که به ترتیب از رنگ های قرمز، سبز و آبی مشتق شده اند. روشنایی پشم توسط مقدار Y نشان داده شده و زردی پشم توسط Y-Z تعیین می شود.
رنگ پشم رنگرزی شده با منبع روشنایی D۶۵ و ناظر ۱۰°، در فضارنگ $L^*a^*b^*$ اندازه گیری شد. در این فضارنگ L^* (روشنایی) صفر سیاه است و L^* ۱۰۰ سفید است. مقدار منفی a^*، سبز و a^* مثبت، قرمز را نشان می دهد. مقدار منفی b^* آبی و مقدار مثبت آن زرد را نشان می دهد. این فضارنگ برای پشم رنگرزی شده استفاده شده است. زیرا مقدار رنگی که بر روی سطح پشم قرار گرفته است می تواندبه جای ترکیبی از XYZ، با مقدار مناسب L^* ارزیابی شود.
نمونه ها در فاصله ۱۰ میلی متری با یک میکروسکوپ الکترونی روبشی میدانی JSM 7000F (شرکت جیول، ژاپن) با اعمال ۱۰ کیلو ولت مشاهده شدند. یک میکروسکوپ فلورسنس با میکروسکوپ ترکیبی ۱۴ استاندارد (شرکت Carl Zeiss، آلمان) با یک دوربین DP70 (شرکت Olympus، ژاپن) به کار گرفته شد.

اصلاح سطح لیف
شستشوی اولیه

پشم شل بدون تنظیم pH در دماهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه با امواج فراصوت و بدون آن شسته شد و رنگهای بدست آمده اندازه گیری شد. در برخی موارد مرطوب کننده و تمیز کنندهٔ غیر یونی (۴g/l ساندوزین MRN، شرکت کلاریت سوئیس) اضافه شد. در امتداد آزمایشات صنعتی، محلول شستشوی پشم با نسبت ۳۸۰:۱ بکار گرفته شد. پشم عمل شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت.

شناسایی گروه های سولفیل

پارچه های پشمی در ابتدا با اتر به مدت ۴ ساعت در دستگاه سوکسله شسته و سپس به قطعات ۱۵۰ میلی گرمی بریده شد. یک تکه پارچه در یک محلول متانولی (۴ml) از ۰,۱mg از ۷-فلوئوروبنز۲-اگزا-۱و۳-دیازول-۴-سولفونامید (ABD-F). ABD-F یک ترکیب اضافی با گروه های سولفیدریل تشکیل داد.
تکه های دیگر پارچه پس از عمل با یک سطح فعال (۴g/l ساندوزین MRN) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴۰°C و یک سطح فعال فراصوت با همان شرایط لکه گذاری شد. علاوه براین، یک عملیات با سطح فعال و امواج فراصوت نیز در دمای بالاتر از ۶۰°C انجام شد. سپس پارچه ها توسط میکروسکوپ فلورسنس با تحریک ۴۹۰-۴۵۰ نانومتر و پرتوگیری ۱,۲۰۸ ثانیه) بررسی شد.

عملیات آماده سازی قبل از رنگرزی و سفیدگری

عملیات آماده سازی بر روی پشم آزاد (شل) به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰°C بدون سطح فعال، با کنترل امواج فراصوت و بدون آن انجام شد (بخش ۲,۲,۱). پشم آماده‌سازی شده قبل از رنگرزی و سفیدگری خشک شد.

رنگرزی پشم آماده سازی شده

پشم های شل آماده سازی شدهبا امواج فراصوت در ماشین رنگرزی آزمایشگاه (Turbomat، شرکت آهیبا، سوئیس) رنگرزی شد. نسبت مایع به پشم ۱۲۰:۱ یک نسبت مشترک در مقیاس آزمایشگاهی برای تکمیل پشم شل بود. پروفیل های گرمایی که توسط تولیدکنندگان توصیه شده بودند، اعمال شد. ماکزیمم دماها و زمان های نگهداری آنها در زیر داده شده است. سطح رنگ در محلول ها در زمان های مختلف از جذب طول موج قوی ترین جذب تخمین زده شد. رنگ پشم ها و پارچه های رنگرزی شده اندازه گیری شد. سه کلاس از رنگ ها به شرح زیر اعمال شد:
رنگزای راکتیو- لاناسول آبی ۳R (۱٪ از وزن پشم، شرکت سیبا، سوئیس)، آلبگال B (۱٪ وزن پشم، شرکت سیبا)، pH=۶ (استیک اسید، شرکت جیسول، نیوزیلند) در دمای ۹۸°C به مدت ۳۰ دقیقه.
رنگزای اسیدی لولینگ- تکتیلون زرد ۲G (۱٪ از وزن پشم، شرکت سیبا، سوئیس)، آلبگال FFA (۰,۵g/l، شرکت سیبا، سوئیس)، نمک گلابر (بی آب، ۱۰٪ وزن پشم، شرکت جیسول، نیوزیلند) در دمای ۹۸°C به مدت ۴۵ دقیقه. رنگزای اسیدی میلینگ- ساندولان قرمز MF2BL (۱٪ وزن پشم، شرکت کلاریت سوئیس)، آلبگال FFA g/l ۰,۵)، لیوژن MF (۱٪ وزن پشم، شرکت کلاریت سوئیس)، نمک گلابر (بی آب، ۵٪ وزن پشم)، pH=۴,۵ (۰,۴g/l، سانداسید شرکت کلاریت سوئیس) در دمای ۹۸°C به مدت ۶۰ دقیقه.

سفیدگری پشم شسته‌شده با امواج فراصوت

پشم های شل آماده سازی شده با امواج فراصوت در۲ مرحله اکسایش-کاهش با هیدروژن پراکسید (۱,۲۵ ml/l از ۵۰٪w/w از شرکت جیسول نیوزیلند) و پرستوژن W (۳ml/l، شرکت BASF آلمان) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰°C با بلانکیت IN (g/l ۲ شرکت BASF آلمان) در pH=۳,۵ (فرمیک اسید، شرکت جیسول نیوزیلند) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰°C سفیدگری شد. نسبت مایع به پشم ۱۲۰:۱ بود که به طور معمول در مقیاس آزمایشگاهی استفاده می شود.پشم های سفیدگری شده شسته و خشک شدند و رنگ هایشان اندازه گیری شد.

استفاده از امواج فراصوت در رنگرزی

رنگرزی پارچه پشمی به دو روش (با امواج فراصوت، و بدون امواج فراصوت) توسط روش های شرح داده شده در بخش ۲,۳,۱ انجام شد.نسبت حجم مایع به پشم ۳۰:۱ بود که اغلب در صنعت از این نسبت استفاده می شود. برای اینکه پارچه بالک کمتری از پشم شل داشته باشد، می توان از یک نسبت مایع به پشم کمتر استفاده شد. علاوه براین، برخی از رنگرزی ها بدون مواد کمکی اضافی(به عنوان مثال بدون لیوژن MF و نمک گلابر و ... اما با معرف هایی برای کنترل pH انجام می شود) و در دماهای ماکزیمم ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد که کمتر از دمای پیشنهاد شده توسط تولیدکنندگان است، انجام می شود.

بحث و نتیجه گیری

اصلاح سطح لیف
شستشوی پشم

با اینکه روش استفاده از امواج فراصوت برای شستشوی پشم خام با نتایج امیدوار کننده استفاده شد، کاربردهای امواج فراصوت برای تمیزکردن پشم شسته شده نیست. یافته های ارائه شده در اینجا مربوط به شستشوی پشم قبل از رنگرزی و شستشوی نخ های پشمی هستند که هر دو در فرایند های صنعتی مهم می باشند.
امواج فراصوت میزان تمیزی را افزایش می دهد؛ به عنوان مثال ۵ دقیقه در دمای ۲۰°C بدون امواج فراصوت بر رنگ تأثیری نداشت، اما با امواج فراصوت میزان روشنایی با ۱,۰ واحد Y افزایش یافت. روشنایی پشم در دمای ۴۰°C به مدت ۲۰ دقیقه به حداکثر رسید. این شرایط در آماده سازی پشم استفاده شده و نتایج آن در سفیدگری و رنگرزی در بخش ۳,۲ بررسی و گزارش

شده است. با ۵ دقیقه انجام عملیات فراصوت در دمای ۴۰°C پشم روشن تر از ۲۰°C و ۶۰°C می‌باشد، که ممکن است به دلیل این باشد که کاویتاسیون یا حفره سازی آب در ۵۰°C–۴۵ بیشترین مقدار است، که به نوبه خود بیشترین حذف آلاینده از سطح لیف را همراه دارد.افزایش دما می تواند انتقال جرم سینتیکی را افزایش دهد. اما به نظر می رسد که این موضوع اثر کمتری بر تمیز کردن پشم نسبت به تغییرات در مقدار هر حفره داشته باشد. امواج فراصوت در افزایش درخشندگی پشم، به سودمندی سطح فعال ها نبود. هر چند که اعمال امواج فراصوت در طول تمیز کردن سطح فعال ها به مقدار کمی بیشتر از ۰,۴ واحد، روشنایی پشم را افزایش می دهد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی

شستشو با آب اثرات ذرات آلاینده را از بین می برد (شکل۱). عمل با سطح فعال ها ظاهر پشم را تمیزتر از عمل با امواج فراصوت می کند. تمیزترین پشم توسط اعمال هم زمان سطح فعال ها و امواج فراصوت بدست آمد و شکل۱ با نتایج رنگ گزارش شده در بخش ۳,۱,۱ سازگار است. هیچ ترکی در سطح فلس های پشم در عملیات الیاف با امواج فراصوت دیده نمی شود، و این نتایج با نتایج قبلی که نشان می داد در رنگرزی و تکمیل ابریشم (که مانند پشم پروتئینی است)، پنبه و پلی آمید با کمک امواج فراصوت الیاف ترک نخورده اند، سازگار است. در مقابل دیگران گزارش دادند امواج فراصوت می تواند سطح الیاف پشم را ترک دهد و فلس ها را از بین ببرد. چندین دلیل احتمالی برای عدم آسیب لیف در آزمایش ما وجود دارد. ما از لحاظ مدت زمان، دما، pH و یا شدت قدرت امواج فراصوت از شرایط ملایم استفاده کردیم و در آزمایش از الیاف با آلودگی بیشتر استفاده کردیم که ممکن است این آلودگی در مقابل آسیب از الیاف محافظت کند. فرکانس های مختلف امواج فراصوت را به کار گرفتیم تا مشخص کنیم فرکانس های محدوده ۴۵–۳۵ کیلوهرتز باعث ترک خوردن و فرکانس ۴۵ کیلوهرتز باعث پاره شدن لیف شده و بالاتر از فرکانس هاییست که فلس های لیف را از بین می برد (۲۰KHz). تنظیم الیاف از لحاظ تراکم و آرایش یافتگی نسبت به منبع امواج فراصوت، نسبت محلول به وزن لیف و حضور سطح فعال ها ممکن است بر مقدار آسیب به لیف تأثیر گذارد.

تشکیل گروه های سولفیدریل

لیپیدها با پیوندهای کووالانسی توسط پیوندهای تیواستر بر سطح لیف پشم وجود دارند. برخی از فرایندهای امروزی برای از بین بردن آنها درتحقیقات و صنایع شامل شرایطی هستندکه استحکام الیاف پشم را کاهش می دهد و یا در آنها از مواد شیمیایی نامطلوب از جمله کلرین، آلکیل آمین ها و قلیاها استفاده می شود. بنابراین، ما بررسی کردیم که آیا امواج فراصوت می تواند با افزایش سرعت هیدرولیز باند تیواستر تحت شرایط ملایم و تبدیل آنها به گروه های سولفیدریل در سطح الیاف، این چربیها را حذف کند؟

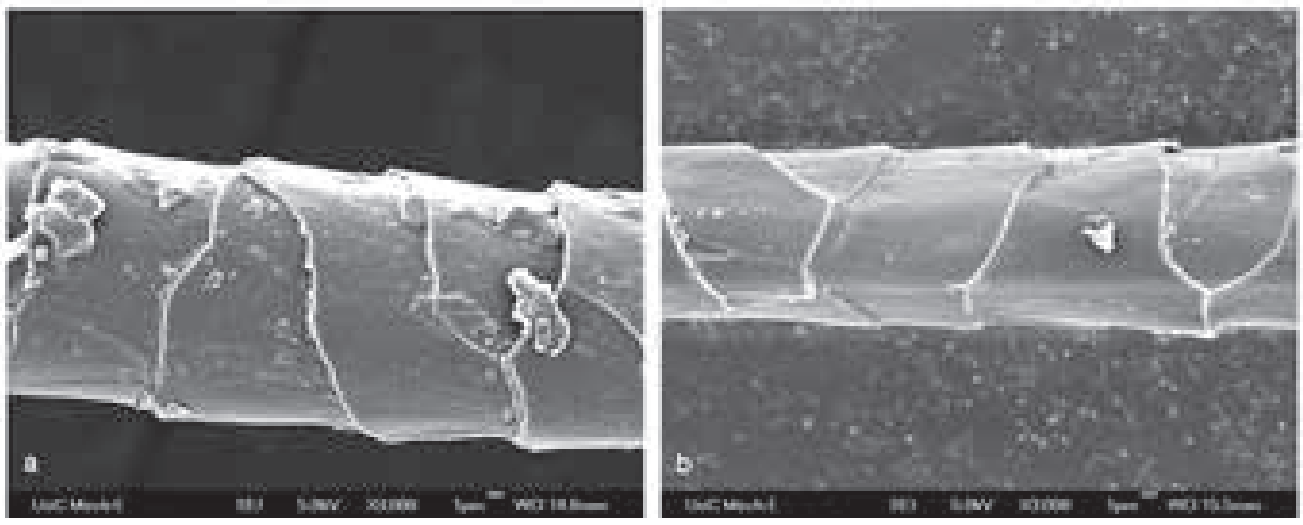
میکروگراف های فلورسنس پارچه ها نشان می دهد که لیف های تکی با هم درگیر شده و نخ ها را تشکیل می دهند. شکل ۲ نشان می دهد که پارچه عمل نشده، فلورسنس کمتری نشان می دهد که با ایجاد گروه های سولفیدریل در سطح پارچه سازگار است. پارچه عمل شده با سطح فعال (بدون امواج فراصوت) (شکل۳) در مقایسه با پارچه عمل نشده، تغییر ناچیزی در فلورسنس نشان می دهد و با یافته های دیگر که نشان می دهد سطح فعال ها قادر به از بین بردن لیپیدهایی که با پیوند کووالانسی به پشم متصل شده اندهستند، سازگار است. ترکیب سطح فعال ها و امواج فراصوت در دمای ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد در شکل۴ و۵ نشان می دهد که هر دو از فلورسنس خیلی بالا و گروه های سولفیدریل بهره مند شده اند. مشاهدات نشان می دهد که عملیات در دمای ۴۰°C اثربخشی بیشتری از عملیات در دمای ۶۰°C دارد و با نتایج گزارش شده برای الیاف تمیز در بخش های ۳,۱,۱ و ۳,۱,۲ مطابقت دارد.

عملیات آماده سازی به منظور ارتقاء رنگرزی و سفیدگری

رنگرزی پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت اعمال یک فرایند با امواج فراصوت تأثیری برسرعت جذب رنگ و یا شیدهای بدست آمده با رنگزاهای اسیدی لولینگ و میلینگ نداشت، اما در رنگرزی با رنگزاهای راکتیو تأثیراتی مشاهده شد (جدول۱).

امواج فراصوت پس از رنگرزی

در انتهای رنگرزی با رنگزای راکتیو، پشم آماده سازی نشده همه رنگها را از محلول جذب کرد؛ در حالیکه در رنگرزی پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت، ۱۸٪ از رنگزا در محلول باقی ماند، که این موضوع نشان می دهد پشم آماده سازی نشده با امواج فراصوت شید عمیق تری (روشنایی کمتر L^*) از پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت را دارد. هنگامی که رنگرزی پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت متوقف شد، غلظت رنگ همچنان در حال کاهش بود. بنابراین اگر رنگرزی برای مدت بیشتری ادامه پیدا می کرد، ممکن بود همه رنگینه ها جذب پشم شود. رنگینه های استفاده شده



شکل۱–تصاویر میکروسکوپی لیف پشم شسته شده با آب ۴۰°C(a)،و لیف شسته شده با امواج فراصوت و سطح فعال در۴۰°C (b)

در این آزمایش طوری انتخاب شدند که خواص کاملاً متفاوتی از هم داشته باشند. تنها رنگینه های راکتیو با پشم پیوند کووالانسی تشکیل دادند که این موضوع آنها را نسبت به تغییرات در سطح لیف حساس تر می کرد. به منظور غلبه بر این حساسیت، برایاعمال رنگ های راکتیو با مواد کمکی از جمله آلبگال B روش صنعتی به کار گرفته شد که این روش تغییراتی در سطح لیف ایجاد کرد و به آرامی جذب رنگ را پایین آورد و رنگ نهایی را یکنواخت تر کرد. به نظر میرسد که آماده سازی با امواج فراصوت، تأثیر آلبگال B را (احتمالاً از طریق حذف چربی های سطح، بخش ۳،۱،۳) افزایش می دهد؛ بنابراین جذب رنگ به کندی صورت می گیرد. این موضوع نشان می دهد که آماده سازی پشم با امواج فراصوت، در تکمیل های کلرینه و پلاسما تأثیر کاملاً متفاوتی بر سطح پشم دارد و عموماً سرعت جذب رنگزاهای راکتیو را افزایش می دهد.

حداقل یک نمونه گزارش کاهش برداشت رنگ در پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت وجود دارد که شامل رنگرزی نایلون با رنگزای راکتیو می باشد و به افزایش بلورینگی لیف توسط امواج فراصوت نسبت داده شده است. همان اثر در پشم نیز ممکن است وجود داشته باشد، اما در مقاله های قبلی گزارش نشده است. عملیات آماده سازی با امواج فراصوتی که ما استفاده کردیم به اندازه کافی قوی نبود که بتواند باعث ترک خوردگی و یا شکستگی در سطح لیف شود که نشان می دهد سبب افزایش نفوذ رنگ در الیاف پشم و اکریلیک می شود.

سفیدگری پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت

مشخص شده است که کاویتاسیون آب می تواند رادیکال هایی از جمله هیدروکسید، اکسیژن و هیدروژن و مولکولهایی از جمله هیدروژن پراکسید و اوزون تولید کند. هیدروژن پر اکسید و اوزون در سفیدگری پشم مفید هستند، اما رادیکال ها باعث زردی پشم می شود. در طول عملیات آماده سازی، امواج فراصوت در حاشیه زردی پشم (Y-Z) را افزایش می دهد (جدول ۲)، و نشان می دهد که اثر رادیکال در شرایط به کار گرفته شده بیشتر است. زردی پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت ۳،۷ واحد در طول سفیدگری کاهش یافت که کمی بیشتر از پشم آماده سازی نشده با ۳،۲ واحد تغییرات نشان داد (جدول ۲). سفیدگری به طور قابل توجهی مقدار X، Y و Z پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت را افزایش داد، اما در پشم معمولی، سفیدگری بیشتر مقدار Z را افزایش داد. این نتایج نشان می دهد که عملیات آماده سازی پشم با امواج فراصوت احتمالاً با شل کردن لیف به منظور نفوذ واکنشگر و یا از بین بردن بردن پیوند کووالانسی چربی، اثربخشی سفیدگری را افزایش دهد.

محققان دیگر نشان دادند که اعمال امواج فراصوت در طول سفیدگری می تواند اثربخشی بیشتری بر فرایند داشته باشد. تفاوت های بین نتایج سفیدگری احتمالاً به علت این است که رنگینه ها بسیار بزرگتر هستند (جرم مولکولی ۸۰۰-۲۰۰) و از ذرات سفیدکننده آبگریزترند.

رنگرزی به کمک امواج فراصوت

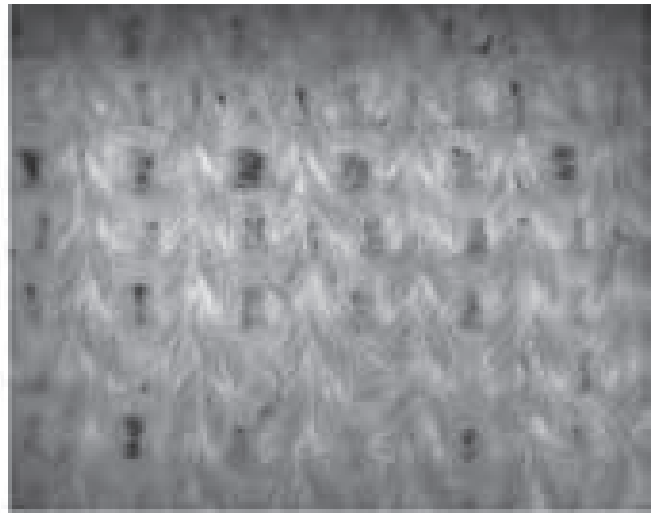
رنگرزی تحت شرایط استاندارد

روش های رنگرزی به کار گرفته شده در صنعت، بهترین روش از نظر مواد کمکی، pH ها و پروفیل های گرمایی برای رسیدن به رمق کشی کامل و یکنواخت رنگ به روی پشم با تکرارپذیری بالای دسته به دسته می باشند. بنابراین، جای تعجب نبود که امواج فراصوت تأثیر زیادی بر سرعت رمق کشی بر پشم و یا نتایج روشنایی (L^*) یا رنگ (b^* و a^*) سه نوع رنگ نداشت (جدول۳).

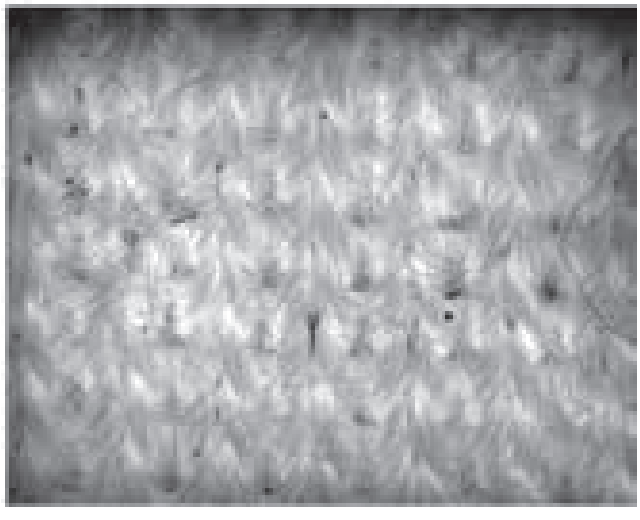
امواج فراصوت به طور قابل توجهی کاربرد رنگ هایی را که روش های بهینه ای برای آنها وجود ندارد و یا جذب کمی روی پشم، پنبه و یا دیگر الیاف دارند را افزایش می دهد. تمرکز ما بیشتر بر این موضوع بود که چگونه امواج فراصوت می تواند فرایندهای رنگرزی را با اثرات تخریبی کمتر بر محیط زیست (از لحاظ شیمیایی و یا انرژی گرمایی) انجام دهد (بخش ۳،۳،۲ و ۳،۳،۳).

رنگرزی بدون مواد کمکی

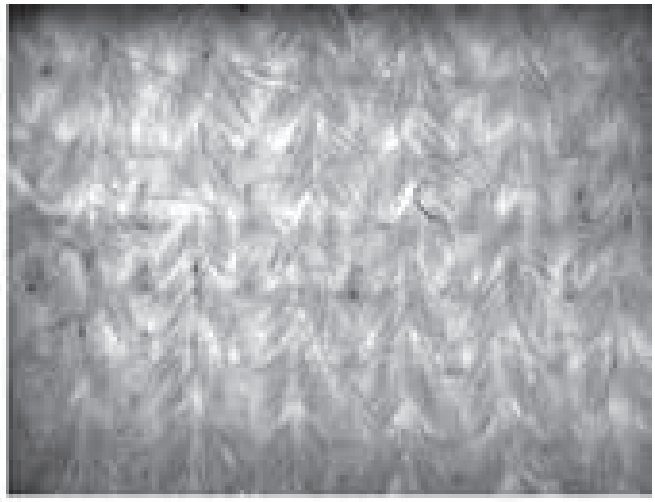
حذف مواد کمکی به طور قابل توجهی مقدار رنگ جذب شده به پشم را در طول رنگرزی با رنگزای راکتیو و اسیدی میلینگ کاهش داد، در صورتی که در رنگرزی با رنگزای اسیدی لولینگ اینگونه نبود (جدول ۳و ۴). مشخص شده است که برخی از رنگینه های پشم می توانند تجمع کنند، و در نتیجه بدون مواد کمکی آهسته تر در لیف منتشر می شوند. به این نوع رنگ ها که به طور بالقوه می توانند با امواج فراصوت جا به جا شوند، رنگ های غیر متراکم می گویند. در مقایسه با دو کلاس رنگی استفاده شده دیگر، رنگینه های اسیدی لولینگ مولکولهای کوچکی دارند و به آسانی روی پشم رمش کشی می شوند؛ بطوریکه کاربرد آنها زیاد به مواد کمکی وابسته نیست. در برخی روش های صنعتی، رنگینه های لولینگ بدون مواد کمکی به کار می روند. اعمال امواج فراصوت در طول رنگرزی با رنگینه ای راکتیو و اسیدی میلینگ بدون مواد کمکی، عمق شیدها را افزایش می دهد (به عنوان مثال L^* را کاهش می



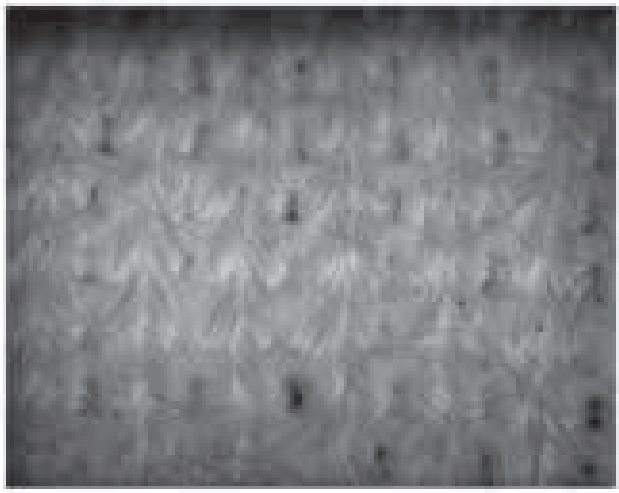
شکل ۲-پشم عمل نشده و رنگ شده با ABD-F



شکل۳-سطح فعال (۲۰دقیقه،۴۰°C) سپس ABD-F



شکل٤-سطح فعال و امواج فراصوت (۲۰دقیقه، ۴۰°C) سپس ABD-F



شکل۵-سطح فعال و امواج فراصوت (۲۰دقیقه،۶۰°C) سپس ABD-F

دهد) (جدول۴). بزرگترین تأثیر آن در رنگرزی با رنگینه راکتیو بود که امواج فراصوت ۶,۷ واحد از ۱۰,۳ واحد L^* از دست رفته با حذف مواد کمکی را جبران کرد. این نتایج نشان می دهد که اعمال امواج فراصوت در طول استفاده از رنگینه های راکتیو و اسیدی میلینگ می تواند به طور بالقوه اجازه دهد که از میزان مواد کمکی مصرفی بدون خطر تغییر شید، کم شود (اگرچه حذف نشود).

دماهای پایین

همچنان که ماکزیمم دما در رنگرزی با رنگزای راکتیو به تدریج از ۹۸°C کاهش می یافت، کم کم رنگ وارد لیف پشم می شد و نتایج روشنایی افزایش می یافت (شکل۶).

رنگرزی با رنگینه راکتیو با امواج فراصوت در ۶۰°C افزایش یافت اما در دیگر دماها بی تأثیر بود. بازده رنگ ها در رنگرزی با رنگینه اسیدی میلینگ نیز با کاهش دما کاهش یافت و با امواج فراصوت در دمای ۴۰°C افزایش یافت (شکل۷). تأثیر امواج فراصوت مشابه تأثیر ۲۰°C افزایش دما بود. در حقیقت ارتقاء رخ داده شده در دماهای مختلف برای کلاس های رنگی مختلف، نشان دهنده تفاوت در تمایل آنها به تجمع و تفاوت به آفینیته آنها به لیف می باشد و اینکه در حقیقت تنها رنگ های راکتیو با پشم پیوند کووالانسی می دهند. همچنین این نتایج نشان می دهد که بهبود رنگرزی تنها به دلیل کاویتاسیون (که در دمای ۵۰°C-۴۰ بیشترین مقدار

نوع رنگینه	L^*	a^*	b^*
راکتیو			
بدون امواج فراصوت	۳۵,۱	-۱,۵	-۲۹,۲
با امواج فراصوت	۳۷,۰	-۲,۱	-۲۹,۱
اسیدی نوامینگ			
بدون امواج فراصوت	۳۲,۱	-۴,۰	-۲۷,۱
با امواج فراصوت	۳۴,۵	-۴,۲	-۲۹,۰

جدول۱- رنگ های الیاف پشم آماده سازی شده با

		عملیات آماده سازی	سفیدگری	Z	Y-ZYX
بدون امواج فراصوت	-	۵۲,۹	۵۳,۹	۵۲,۵	۱,۹
با امواج فراصوت	-	۵۳,۰	۵۴,۲	۵۲,۸	۱,۶
بدون امواج فراصوت	B	۵۳,۳	۵۴,۹	۵۶,۷	-۱,۸
با امواج فراصوت	B	۵۶,۵	۵۸,۲	۶۰,۳	-۲,۱

جدول۲-رنگ های الیاف پشم آماده سازی شده با امواج فراصوت قبل و بعد ازسفیدگری

		امواج فراصوت		L* a* b*
راکتیو	–	۳۰٫۶	۱٫۴	-۲۷٫۸
راکتیو	U	۲۹٫۹	۲٫۳	-۲۸٫۹
اسیدی لولینگ	–	۲۸٫۳	۲٫۸	۸۷٫۵
اسیدی لولینگ	U	۲۸٫۲	۲٫۸	۸۷٫۲
اسیدی میلینگ	–	۳۲٫۹	۵۲٫۶	۲۷٫۸
اسیدی میلینگ	U	۳۲٫۰	۵۳٫۸	۲۷٫۶

جدول۳-رنگ های پارچه های رنگ شده پس از رنگرزی استاندارد

		امواج فراصوت		L* a* b*
راکتیو	–	۳۰٫۹	۲٫۷	-۲۶٫۲
راکتیو	U	۳۲٫۲	۲٫۵	-۲۱٫۰
اسیدی لولینگ	–	۲۶٫۲	۰٫۶	۸۱٫۶
اسیدی لولینگ	U	۲۶٫۲	۰٫۰	۸۳٫۲
اسیدی میلینگ	–	۴۵٫۹	۵۱٫۶	۱۷٫۷
اسیدی میلینگ	U	۴۲٫۶	۵۲٫۶	۱۹٫۹

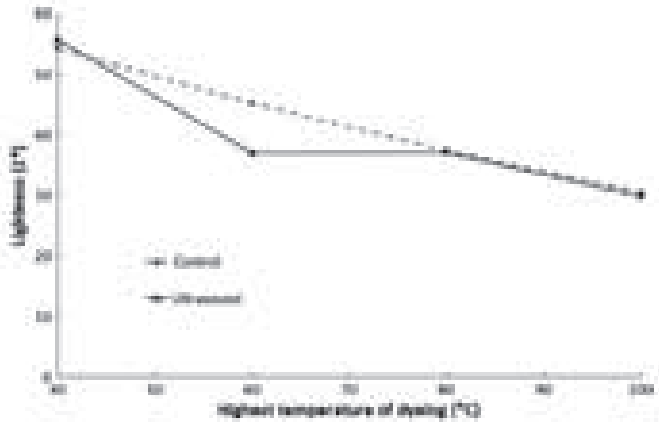
جدول٤-رنگ های پارچه های رنگرزی شده بدون مواد کمکی

است) نبود و احتمالاً ارتعاش مکانیکی تولید شده توسط امواج فراصوت نیز کمک به سزایی داشته است. این نتایج در مورد پشم، یافته های ویسنیوسکا و واورزینیاک بر روی پلی آمید (که نشان می داد امواج فراصوت ماکزیمم افزایش را در جذب رنگ در بالاترین دمایی که مولکولهای رنگ انرژی جنبشی کافی برای انتشار در لیف ندارند،ایجاد می کند) را تأیید می کند.

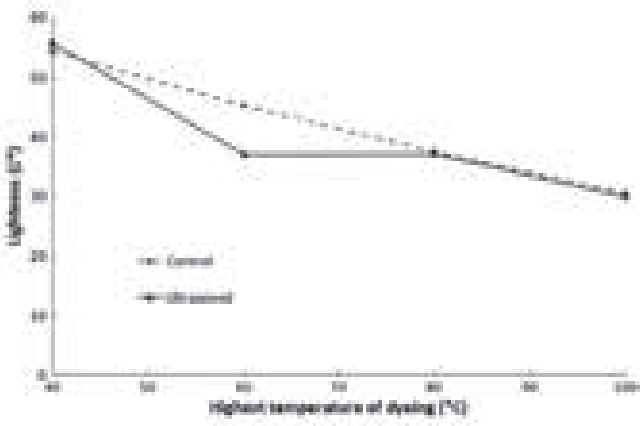
کاهش ماکزیمم دمای رنگرزی رنگینه اسیدی لولینگ، بازده رنگ را کاهش داده و امواج فراصوت تأثیری در هیچ کدام از دماهای استفاده شده ندارد. این نتایج با نتایج بدست آمده از رنگرزی بدون مواد کمکی (که در آن رنگرزی با رنگینهاسیدی لولینگ بر خلاف سایر کلاس های رنگی به امواج فراصوت حساس نبود) مطابقت دارد. این یافته ها همچنین با نتایج گیل و همکارانش نیز مطابقت دارند. در نتایج آنها نشان داده شد که وقتی محلول رنگ به صورت مکانیکی به گردش در می آید، امواج فراصوت برداشت رنگینه اسیدی میلینگ را افزایش می دهد، اما بر رنگینه اسیدی لولینگ تأثیر ندارد.همچنان که دما کاهش می یابد، تجمع رنگ ها افزایش می یابد. نتایج ما همچنین با یافته های شوکلا (که نشان می داد در جرم مولکولی کمتر تأثیرر امواج فراصوت بر برداشت رنگ توسط ابریشم کمتر است) مطابقت دارد.

نتیجه گیری

امواج فراصوت اثرپذیری پشم شسته شده در آب و مخلوط آب و سطح فعال غیر یونی را بدون ایجاد ترک و یا شکستگی در سطح لیف، بهبود می بخشد. امواج فراصوت در شرایط ملایم به از بین رفتن باندهای تیواستر چربی های سطح کمک می کند. آماده سازی پشم با امواج فراصوت تأثیری بر برداشت رنگینه اسیدی لولینگ و اسیدی میلینگ ندارد، اما برداشت رنگینه راکتیو را احتمالاً با افزایش بلورینگی لیف یا از بین بردن باندهای تیواستر چربی های سطح، کند می کند. عملیات آماده سازی با امواج فراصوت اثربخشی سفیدگری اکسایشی دو مرحله ای متوالی را افزایش می دهد. امواج فراصوت رنگرزی در شرایط صنعتی را بهبود نمی بخشد اما مواد شیمیایی و انرژی مورد نیاز برای رنگرزی پشم با رنگینه های راکتیو و اسیدی میلینگ را کاهش می دهد. این خلاصه ارزیابی های گزارش شده، پتانسیل امواج فراصوت برای افزایش محدوده رنگرزی پشم و فرایندهای تکمیل را نشان می دهد. برای تعیین میزان بهبود در اثرات آن بر محیط زیست بدون افت کیفیت، باید آزمایشات دقیق در طیف وسیعی از دماها و غلظت های معرف در امتداد مطالعات جامع Thakore بر کاربردهای مستقیم رنگ بر پنبه انجام شود.



شکل٦-روشنایی رنگرزی با رنگینه راکتیو انجام شده در دماهای مختلف



شکل۷-روشنایی رنگرزی با رنگینه اسیدی میلینگ انجام شده در دماهای مختلف