دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۸
پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۰

ارزیابی کاربرد سدیم لوریل اترسولفات در شستشوی پارچه‌های پنبه‌ایِ تاریخی با استفاده از نمونه‌های پیرشده تسریعی*

مهری قبادی** حسین احمدی*** سیدمجید مرتضوی****محسن محمدی آچاچلویی*****

چکیده

بااینکه موضوع پاک‌سازی و شستشوی بافته‌ها و منسوجات تاریخی در حوزه حفاظت و مرمت زمان زیادی است مطرح شده، اما همچنان یکی از مهم‌ترین و چالش‌انگیزترین مباحث در این حیطه است. بسته به ویژگی‌های متفاوت شوینده‌ها، فرمولاسیون شستشو نیز برای پارچه‌های گوناگون، متفاوت خواهد بود. شوینده‌های صنعتی و تجاری به‌دلیل دارابودن مواد افزودنی گوناگون و تغییرات فرمولاسیون درطول زمان، شرایط لازم و مطلوب را برای استفاده در حوزه حفاظت و مرمت ندارند. ازاین‌رو، انتخاب شوینده‌ای متناسب با شرایط آثار پارچه‌ای تاریخی و ویژگی‌های فیزیکی آنها، بایستی در دستورکار حفاظت‌گر قرار گیرد. شوینده مورد استفاده، لازم است ازسویی بدون آسیب‌رساندن به پارچه، میزان پاک‌کنندگی مناسبی داشته باشد و ازسویی دیگر، اثر نامطلوبی روی الیاف منسوج، در درازمدت ایجاد نکند. باتوجه‌به کاربرد گسترده ماده فعال‌سطحی سدیم لوریل اتر سولفات (ماده فعال‌سطحی آنیونی) در بیشتر شوینده‌ها و دردسترس و مقرون‌به‌صرفه‌بودن آن، در این پژوهش، کوشش شد با بررسی معایب و مزایای این ماده فعال‌سطحی در ترشویی پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی، مناسبت آن ارزیابی شود. به‌منظور دست‌یابی به این هدف، لازم است قابلیت پاک‌سازی و تأثیرات تخریبی آن در پاک‌سازی پارچه‌های پنبه‌ای بررسی گردد. روش پژوهش تحلیلی- مقایسه‌ای و شیوه گردآوری داده‌ها از طریق آزمایش‌های مرتبط با موضوع پژوهش همچون تهیه طیف مادون قرمز- انعکاس کلی تضعیف‌شده، تعیین میزان مقاومت کششی، رطوبت بازیافتی (تعادلی)، هدایت الکتریکی، رنگ‌سنجی و pH بوده است. مراحل انجام پژوهش حاضر بدین‌گونه بود که پارچه‌های پنبه‌ای پیرسازی‌شده با شوینده حاوی ماده فعال‌سطحی موردِنظر، سدیم کربوکسی متیل سلولز و اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید شسته و قبل و بعد از شستشو آزمایش شدند. نتایج بیانگر آن بود که ماده یادشده تأثیر تخریبی بر سلولز نداشته و در شستشوی پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی می‌توان از آن استفاده کرد.

کلیدواژگان: حفاظت، مرمت، شستشو، ماده فعال‌سطحی، سدیم لوریل اتر سولفات، پنبه.

---

* مقاله پیش‌رو، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهری قبادی باعنوان "ارزیابی کاربرد سدیم لوریل‌اترسولفات و کوکونات فتی اسید دی‌اتانول‌آمید در شستشوی پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی" به راهنمایی و مشاوره نویسندگان همکار ایشان در دانشگاه هنر اصفهان است.

** دانشجوی دکتری مرمت اشیای تاریخی- فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان. mehrighobadi@yahoo.com
*** دانشیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.
**** دانشیار، دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
***** دکتری مرمت اشیای تاریخی- فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.

مقدمه

پاک‌سازی منسوجات، بخشی از روند اجرایی عملیات حفاظت و مرمت آثار تاریخی پارچه‌ای است. مرمت‌گران باتوجه‌به شرایط آثار پارچه‌ای و ویژگی‌های فیزیکی آنها، ممکن است مبادرت به شستشو (پاک‌سازی خیس) نمایند. در شستشوی پارچه‌های تاریخی به ماده‌ای نیاز است که درعین پاک‌کنندگی مناسب، در درازمدت اثر نامطلوبی روی الیاف منسوج ایجاد نکند. موادی نظیر پرکننده، آنزیم، نرم‌کننده، اسانس و رنگ که در شوینده‌های صنعتی و تجاری وجود دارند، ممکن است به‌صورت کامل از بافت خارج نشود و به ساختار پارچه آسیب برساند. ازاین‌رو، شوینده‌های صنعتی به‌دلیل دارابودن مواد افزودنی گوناگون و نیز تغییرات فرمولاسیون درطول زمان، شرایط لازم و مطلوب را برای استفاده در حوزه حفاظت و مرمت ندارند. درحال‌حاضر، شوینده اختصاصیِ دردسترس و مقرون‌به‌صرفه‌ای موجود نیست لذا اکثر مرمت‌گران برای شستشوی پارچه‌های تاریخی به استفاده از شامپوهایی با درجه قلیایی پائین مانند شامپوبچه روی آورده‌اند.[۱] حفاظت‌گر می‌بایست با درنظرگرفتن نوع و وضعیت نمونه، مواد موجود و دردسترس، هزینه‌ها و زمان، ترکیب شوینده مناسب را انتخاب کند. محصولات تجاری گوناگونی در بازارهای خارجی به‌عنوان شوینده وجود دارند که در فرایندهای حفاظت و مرمت از آنها استفاده می‌شود. بااینکه هریک از این مواد، مزایا و معایبی دارند اما پژوهش‌های انجام شده بیشتر روی مواد شوینده تجاری و در زمینه مصارف صنعتی و خانگی است و به‌نظر می‌رسد، تأثیر این مواد روی الیاف در حوزه حفاظت و مرمت آثار تاریخی به‌صورت دقیق و ویژه بررسی نشده است. بنابر حساس‌بودن آثار تاریخی، هر ماده‌ای قبل از استفاده می‌بایست آزمایش گردد. دست‌کم شانزده عامل نظیر کیفیت آب استفاده‌شده ازنظر میزان سختی، ماهیت الیافی که نیاز به پاک‌سازی دارد (جنس الیاف پارچه)، خصوصیات لایه بستر (ویژگی‌های سطح)، مواد سازنده شوینده مانند سازندها و مواد تعلیق‌ساز چرکی، غلظت و ساختار ماده فعال‌سطحی، ماهیت چرکی یا تغییر رنگ ایجادشده بر پارچه، حالت چرکی (جامد یا مایع‌بودن آن) و درصورت جامدبودن چرکی اندازه ذرات آن، طول زمان فرایند شستشو، تعداد دفعات شستشو، نحوه شستشو و اعمال حرکات مکانیکی، سازوکارهای شستشو،[۲] مقدار نسبی چرکی و کثیفی، pH محلول شستشو،[۳] حمام شستشو (به‌طور کلی تحت عنوان نسبت مایع و تعداد دفعات آبکشی بیان می‌شود)، درجه حرارت شستشو و میزان کف، در شستشو تأثیرگذارند.

به‌کاربردن سه جزء در ساخت شوینده مورد استفاده در مرمت، لازم خواهد بود که عبارتند از: ماده فعال‌سطحی (سورفاکتانت)، سازند و بازدارنده ته‌نشست دوباره آلودگی و چرکی. ماده فعال‌سطحی یکی از ارکان مهم شوینده است که با افزایش ترشوندگی سطح در فرایندهای شستشوی خیس، باعث پاک‌سازی می‌شود و آگاهی از تأثیرات تخریبی آن روی الیاف به مرمت‌گر در تصمیم‌گیری مناسب، کمک شایان توجهی خواهد کرد. نظر به اینکه، بخش اعظمی از آثار تاریخی که لازم است از آنها حفاظت شود، از الیاف سلولزی هستند، در این پژوهش سعی بر آن است تا تأثیرات تخریبی ماده فعال‌سطحی آنیونی بسیار رایج که توسط شرکت‌های داخلی در ساخت اکثر مواد شوینده مورد مصرف قرار می‌گیردبا نام سدیم لوریل اتر سولفات بر روی پارچه‌های پنبه‌ای پیرشده بررسی شود و درنهایت، کارایی این مواد در ترشویی که یکی از انواع پاک‌سازی منسوجات است، مورد ارزیابی قرار گیرد.

ماده انتخاب‌شده در این پژوهش از مواد ارزان‌قیمت، بسیار معمول و دردسترس در بازار است که برای انواع شوینده‌ها از آن استفاده می‌شود. این پژوهش، شروعی برای تحقیقات گسترده در زمینه ارزیابی کاربرد انواع مختلف مواد فعال‌سطحی در شستشوی پارچه‌های گوناگون با جنس‌های متفاوت (ابریشم، پشم و ...)، پارچه‌های رنگی و طرح‌دار با رنگ‌های مختلف و کاربرد مواد فعال‌سطحی به همراه مواد گندزدا خواهد بود.

پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات و پژوهش‌هایی در زمینه شوینده‌ها و پاک‌سازی آنها در صنایع نساجی انجام شده است. در حوزه حفاظت و مرمت آثار نیز تحقیقاتی صورت گرفته است که در زمینه جایگزینی برخی شوینده‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌جای شوینده‌هایی است که مشکلات زیستی ایجاد می‌کنند. البته تأکید پژوهش‌ها بیشتر بر میزان شویندگی بیشتر درعین آسیب‌رسانی کمتر به محیط زیست بوده است نه تأثیرات تخریبی شوینده بر الیاف پارچه‌های سلولزی تاریخی. همچنین مطالعاتی روی تأثیرات شوینده‌ها و مواد فعال‌سطحی غیر از مواد موردِنظر این پژوهش، روی الیاف سلولزی، پشمی، کتان و ابریشم انجام شده است.

دبلیو جی دیاموند[۴] و *اچ لوین*[۵] (۱۹۵۷)، پژوهشی را در خصوص ارزیابی حذف چرکی از پارچه‌های پنبه‌ای انجام دادند که در آن، ردیابی حضور آلودگی با استفاده از رادیوگرافی زیرکونیل فسفات (رادیواکتیو P^{32}) صورت پذیرفت. زمان شستشو ۱۰ و ۲۰ دقیقه انتخاب شده و نمونه‌های پارچه پنبه‌ای در سه دمای: ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درجه فارنهایت با دو شوینده غیریونی جامد و مایع شسته شدند. چون در پژوهش یادشده، بررسی شویندگی ماشین لباس‌شویی مدنظر بوده

متأسفانه به نوع ماده فعال‌سطحی اشاره‌ای نشده است.

اچ. سی. اوانس[۶] (۱۹۸۵)، درخصوص تورم و جذب سطحی الیاف در سیستم‌های پارچه/ شوینده پژوهشی را انجام داد که در آن، میزان جذب سطحی سدیم آلکیل سولفات روی پشم و جذب سطحی صابون‌های اسید چرب، سدیم اولئات، سدیم دودسیل سولفات و آلکیل آریل سولفونات روی الیاف پنبه اندازه‌گیری شده است. در پژوهش وی، شکل نمودار جذب سطحی- غلظت ماده فعال‌سطحی می‌تواند براساس جذب سطحی یک نوع یون بر سطوح متفاوت، توضیح داده شود. همچنین، تأثیرات الکترولیت قلیایی و معدنی بر جذب سطحی هریک از مواد نیز بررسی شده است.

ان. اچ. تننت[۷] (۱۹۸۶)، تحقیقاتی روی میزان ثبات برخی رنگ‌ها در پارچه پشمی انجام داده و اطلاعاتی را درباره محدودیت‌های استفاده از مواد شوینده در مرمت ارائه نموده است.

ماری بالارد[۸] و همکارش (۱۹۹۷)، روی باقی‌مانده شوینده تحقیقاتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که افزودن الکل به‌میزان بسیاری از مقدار باقی‌مانده شوینده بر پارچه ابریشمی می‌کاهد.

مؤسسه حفاظت کانادا (۲۰۰۱)، تحقیقی مروری و به‌روز رسانی را باعنوان تأثیرات ترشویی بر کاغذ و پارچه‌های سلولزی به‌چاپ رساند. در این گردآوری، برخی پژوهش‌های مختلف درخصوص تأثیر آب و مواد قلیایی که در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۶ انجام شده‌اند (۴۲ پژوهش درباره کاغذ و ۹ مورد پارچه سلولزی) و پاسخ سؤالات مرتبط با مبحث حساسیت شستشو با آب دیونیزه و مواد قلیایی، آورده شده است.

در مجله Conservator (۲۰۰۱)، پژوهشی ارائه شده که نتایج تحقیقات *دیانا ایستوپ*[۹] و *جی. لویس*[۱۰] در سال‌های ۱۹۹۵ و ۹۶ است. در این پژوهش، مخلوط ماده فعال‌سطحی آنیونی و غیریونی در ترشویی پارچه‌های تاریخی بررسی شده است. دو ماده فعال‌سطحی غیریونی رایج در مرمت سینپرونیک N[۱۱] و جانشین آن سینپرونیک A5 و ماده فعال‌سطحی آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) معادل با خمیر اوروس WA[۱۲] و دو مخلوط آنیونی- غیریونی (ماده ترکیبیِ تجاری برول ۷۸۴[۱۳] و مخلوط سینپرونیک A5 و SDS که محققین آن را تهیه کرده‌اند)، روی پارچه‌های پشمی و پنبه‌ای آزمایش شده که درباره پارچه‌های پشمی، شستشو مطلوب و درباره پارچه‌های پنبه‌ای بی‌نتیجه بوده است. پژوهش یادشده بیشتر بر پایه سنجش میزان تغییرات رنگی انجام شده و تأثیرات تخریبی درنظر گرفته نشده است.

تسه[۱۴] و همکارش (۲۰۰۱) در خبرنامه "مؤسسه حفاظت کانادا"، پژوهشی درباره باقی‌مانده مواد فعال‌سطحی روی پارچه حین شستشوی پارچه‌های تاریخی، منتشر کردند. در این پژوهش، مواد فعال‌سطحی سدیم دودسیل سولفات (SDS)، سینپرونیک N، سینپرونیک A7 و ساپونین و پارچه‌ها از جنس پشم، پنبه، ابریشم و کتان انتخاب شده بودند. هر نمونه به مدت ده دقیقه و بین صفر تا شش بار شسته شد. پارچه و محلول‌ها پس از شستشو آزمایش شدند. آنالیز سطح (XPS) را *دسلاندس*[۱۵] و *پلیزیر*[۱۶] انجام دادند و نتیجه در شستشو به‌شیوه غوطه‌وری مطلوب بود.

سانتانو پریا[۱۷] و همکارانش (۲۰۰۳)، مطالعاتی آزمایشگاهی روی جذب سطحی سه ماده فعال‌سطحی کاتیونی (ستیل تری‌متیل آمونیوم بروماید)، آنیونی (سدیم دودسیل بنزن سولفونات) و غیریونی (تریتون[۱۸] X-100) بر سطح سلولز و ارتباط آن با شستشو انجام دادند. پارچه پنبه‌ای آلوده در این پژوهش، دو نوع آلوده‌شده با ذرات کربن سیاه[۱۹] (دوده) و آلوده‌شده با مخلوط ذرات جامد ریز و ترکیبات روغنی[۲۰] بوده است. ایشان دریافتند جذب سطحی مواد فعال‌سطحی آنیونی با افزایش حضور کاتیون‌هایی با یک بار مثبت همچون سدیم و دو بار مثبت مانند کلسیم، بیشتر می‌شود درحالی‌که ماده فعال‌سطح غیریونی T X-100، چنین افزایشی را در حضور نمک نشان نمی‌دهد. همچنین افزایش قدرت شویندگی در هر دو پارچه پنبه‌ای آلوده‌شده، با افزایش جذب سطحی مواد فعال‌سطحی، همراه بوده است. جذب سطحی سدیم دودسیل بنزن سولفونات بر سلولز، با افزایش قدرت یونی محلول افزایش یافته اما افزایش قدرت یونی در شویندگی آلودگی ذرات ریز جامد نتیجه عکس داشته است.

جان ا. فیلدز[۲۱] و همکارانش (۲۰۰۴)، به‌منظور یافتن جایگزینی برای شوینده مورداستفاده در مرمت با نام سینپرونیک N، پژوهشی را انجام دادند. در این پژوهش قدرت شویندگی سینپرونیک A7، سینپرونیک ۹۱/۶، ایمبنتین[۲۲] C135/070، ایمبنتین T090، خمیر اوروس WA، پودر هوستاپون[۲۳] T، تریتون XL80N، ساپونین[۲۴]، ایرگاسول[۲۵] PL، دهیپون[۲۶] LS36 و دهیپون LS45 روی الیاف پشم و پنبه بررسی شده است. بررسی مذکور، با اندازه‌گیری شاخص رنگی نمونه‌ها قبل و بعد از شستشو انجام شده و سایر عوامل نظیر pH و هدایت الکتریکی[۲۷] برای کنترل مراحل شستشو و آبکشی بوده است. درنهایت قدرت شویندگی پودر هوستاپون T، خمیر اوروس WA، دهیپون LS45، سینپرونیک ۹۱/۶ و ایمبنتین C135/070 مناسب تشخیص داده شد و تأثیرات این مواد روی الیاف پشم و پنبه ارزیابی گردید. درپایان، هیچ‌کدام از مواد موردنظر اثری منفی بر میزان مقاومت کششی نداشت.

باربارا سیمون[۲۸] و *ورونیکا روزمن*[۲۹] (۲۰۰۷)، به انجام پژوهشی در زمینه میزان ترشوندگی پارچه پنبه‌ای با دو محلول آبی (آب دیونیزه) و قلیایی ماده فعال‌سطحی با ساختارهای متفاوت، دست زدند. ماده فعال‌سطحی غیریونی به‌کاررفته در پژوهش آنها، تریتون X- 100 و نوع آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) و سدیم دی‌اکتیل سولفو سوکسینات (SDOSS) بود. آنها دریافتند قدرت ترشوندگی به ساختار ماده فعال‌سطحی بستگی دارد و X-100 T از قدرت ترشوندگی بیشتری نسبت به SDS و SDOSS برخوردار است. جذب سطحی دولایه‌ای ماده فعال‌سطحی روی سلولز، جذب آب را در پنبه افزایش می‌دهد و این امر، در غلظت‌های بالای CMC افزایش می‌یابد. همچنین، تأثیر گروه آب‌گریز موجود در ساختار ماده فعال‌سطحی از گروه آب‌دوست آن بیشتر است.

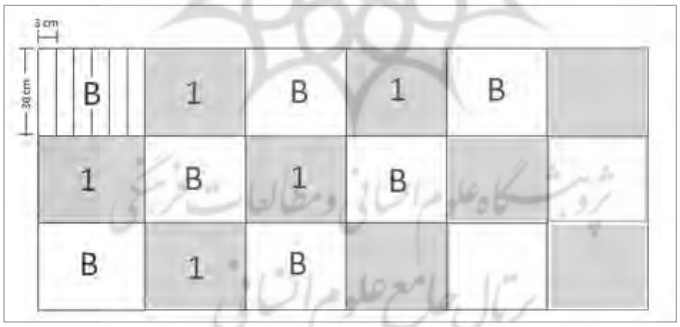
بنابر آنچه بیان شد، اکثر پژوهش‌های انجام‌شده یا در حوزه حفاظت و مرمت نبوده یا مواد موردمطالعه پژوهش حاضر را بررسی نکرده‌اند. ازهمین‌رو، نتایج پژوهش پیش‌رو، به معرفی یک نوع ماده فعال‌سطحی (سورفاکتانت) در پاک‌سازی پارچه‌های پنبه‌ای جهت استفاده مرمت‌گران پارچه، کمک شایان توجهی خواهد کرد.

روش پژوهش

روش پژوهش، تحلیلی- مقایسه‌ای و شیوه یافته‌اندوزی و گردآوری داده‌ها فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی‌بر انجام مطالعات کتابخانه‌ای: استخراج استانداردهای موردنیاز جهت انجام آزمون‌های مرتبط با آن و نیز بررسیِ تحقیقات انجام‌شده پیشین است. پس از انجام آزمایش‌های دستگاهی ازقبیل تعیین مقاومت کششی پارچه، FTIR-ATR، pH و رنگ‌سنجی، نتایج مربوط به پیش و پس از اعمال ماده فعال سطحی، مقایسه و تجزیه و تحلیل شدند.

مواد و روش‌ها

چون بررسی تأثیر یک ماده فعال‌سطحی بر پارچه پنبه‌ای مدنظر بود برای جلوگیری از تأثیر تفاوت ویژگی‌های تار و پود، از آزمایش پارچه در دو جهت تاروپود صرف‌نظر شد و هر ناحیه موازی با جهت پود پارچه، به شش قسمت نواری ۳۰×۳ سانتی‌متری تقسیم شده و پس از پیرسازی، برای شستشوی نمونه‌های هر ناحیه، از محلول شستشوی مربوط به آن استفاده گردید. ناحیه B، شاهد است که با دو محلول شسته شد: محلول شاهد اصلی؛ آب مقطر همراه با سایر مواد افزودنی و کمکی به‌جز شوینده موردآزمایش (B و S) و محلول کنترل؛ آب مقطر بدون هرگونه افزودنی (BW و SW)، (تصویر ۱ و جدول ۱).



تصویر ۱. نحوه تقسیم‌بندی و آماده‌سازی پارچه‌ها (نگارندگان)

جدول ۱. نحوه تقسیم‌بندی نواحی پارچه برای شستشو

شماره ناحیه	شوینده استفاده‌شده و وضعیت	کد	وضعیت آلودگی پارچه
۱	نمونه پارچه‌های شسته‌شده با ماده فعال‌سطحی سدیم لوریل اتر سولفات	S1	پارچه آلوده
		BS1	پارچه پاک
B	شاهد؛ نمونه پارچه‌های شسته‌شده با محلول شستشو بدون ماده فعال‌سطحی	S	پارچه آلوده
		B	پارچه پاک
B	کنترل؛ نمونه پارچه‌های شسته‌شده با آب مقطر	SW	پارچه آلوده
		BW	پارچه پاک

(نگارندگان)

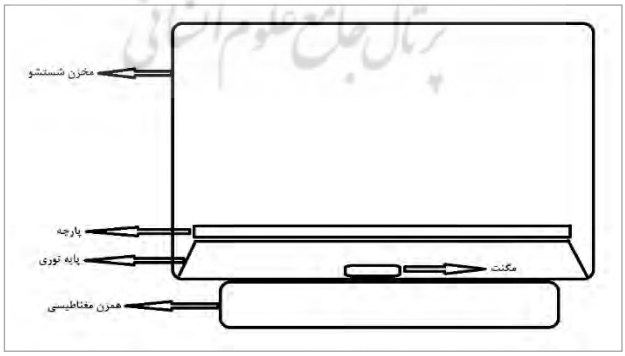
ازآنجاکه عمومی‌ترین آلودگی موجود در منسوجات تاریخی، خاک (Zippel, 2000) و دوده است،[۳۰] نیمی از نمونه‌ها با دوده و خاک با غلظت ۰/۱ درصد دوده در خاک، آلوده شدند. باتوجه‌به تأثیر کم هوای گرم و خشک (Ren, Liu & Sun, 2012)، همه نمونه‌ها به‌مدت ۲۹ روز در آون ساخت شرکت memmert ژاپن، با دمای بیشینه ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در دمای ۱۱۰ درجه با رطوبت نسبی ۹۵-۸۵ درصد طبق استاندارد ASTME 5427-03 تحت پیرسازی مصنوعی حرارتی و رطوبتی قرار گرفتند تا شیب نمودار تغییرات مقاومت کششی آنها دراثر افزایش زمان پیرسازی بسیار کم گردد (قبادی، ۱۳۹۲:۱۰۵). در این زمان پیرسازی، حدود دوسوم از مقاومت کششی اولیه نمونه‌ها کاهش یافت. پس از فرایند پیرسازی تسریعی، چون استفاده از دستگاه‌های صنعتی نظیر ترگوتومتر[۳۱] برای شستشو و بررسی میزان پاک‌کنندگی ماده فعال‌سطحی در حوزه حفاظت و مرمت قابل تعمیم نیست، پارچه‌ها مطابق با تصویر ۲ و فاکتورهای جدول ۳ شسته شدند. به‌نظر می‌رسد با شیوه غوطه‌وری، همراه با ایجاد تلاطم ملایم در محلول شستشو، شستشویی یکنواخت‌تر با قابلیت تکرارپذیری بیشتر حاصل می‌شود و تأثیرات ماده فعال‌سطحی نیز در همه قسمت‌ها یکسان خواهد بود. این شیوه در بسیاری از موارد حفاظت و مرمت پارچه نیز، به‌کار رفته است.[۳۲] افزون‌بر اینها، بررسی تغییر مقاومت کششی پارچه، یکی از فاکتورهایی است که جهت ارزیابی میزان تأثیر تخریبی ماده فعال‌سطحی بر سلولز درنظر گرفته شده و تأثیر کار مکانیکی بر این فاکتور، باعث ابهام نتایج می‌شود. لذا انتخاب شیوه غوطه‌وری، مناسب به‌نظر رسید و مخزن هم ثابت انتخاب شد تا بتوان علاوه‌بر دست‌یابی به اهدافی که بیان شد، از نتایج آزمایش محلول شستشو نیز بهره گرفت. بدین‌منظور، پارچه روی توری پایه‌دار در مخزن قرار داده شد و همزدن محلول به کمک همزن مغناطیسی با گردش مگنت به میزان ۱۲۰ دور در دقیقه (درجه سه همزن) انجام شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها، تغییرات pH و هدایت الکتریکی محلول استخراجی از پارچه‌ها، تغییرات طیف ATR-FTIR نمونه‌ها، تغییرات رنگی نمونه‌ها و تغییرات مقاومت کششی آنها قبل و بعد از شستشو بررسی گردید.

به‌دلیل تأثیرات متفاوت و برهمکنش‌های گوناگون مواد موجود در شوینده، سایر مواد موجود در آن به‌صورت ثابت درنظر گرفته شد؛ ماده فعال‌سطحی به‌صورت متغیر مستقل و تأثیرات تخریبی آن روی الیاف به‌عنوان متغیر وابسته بررسی شدند. این مواد بدین قرار است:

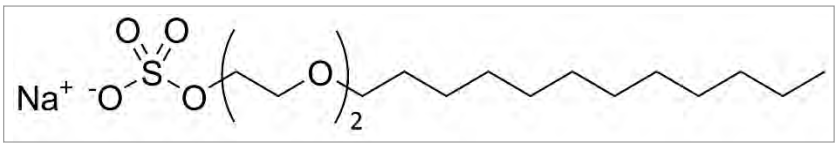
- سازند: اتیلن دی آمین ترا استیک اسیدِ (EDTA) شرکت مرک آلمان با غلظت ۰/۲ درصد،[۳۳]

- معلق‌کننده چرکی: سدیم کربوکسی متیل سلولز صنعتی (درجه بسپارش بیشتر از ۵۰۰) با غلظت ۰/۰۲۷۵ درصد.

در ترکیب شوینده، از ماده فعال‌سطحی آنیونی سدیم لوریل اترسولفات (SLES) با غلظت ۱/۲۶ میلی‌مولار استفاده شد. پس از رسیدن به ناحیه غلظت میسل بحرانی[۳۴] (CMC) افزایش غلظت شوینده، باعث شویندگی بسیار زیادی نخواهد شد و مقرون‌به‌صرفه هم نخواهد بود[۳۵] (Schramm et al.,2003). برای اطمینان از عبور از این ناحیه، همیشه مواد فعال‌سطحی در میزان بالاتری از غلظت میسل بحرانی ماده فعال‌سطحی، استفاده می‌شوند (Sree-iam et al.,1997). در این پژوهش، ۱/۵ برابر غلظت میسل بحرانی آن درنظر گرفته شد. در کلیه آزمایش‌ها از آب مقطر استفاده شده است. ساختار مولکولی SLES، در تصویر ۳ دیده می‌شود.



تصویر ۲. طرح شماتیک حمام شستشو (نگارندگان)



تصویر ۳. ساختار مولکولی SLES (نگارندگان با استفاده از فرمول ارائه‌شده شرکت‌های فروشنده و Rosen, 2004: 69)

در جدول ۲، ماده فعال‌سطحی SLES با مشخصات آن آورده شده است. مواد مذکور، در دو نوبت از دو شرکت پدیده شیمی و آناسیمین تهیه شدند و مشخصات فیزیکی اندازه‌گیری‌شده، میانگین چهار نمونه است که تفاوت درخور توجهی در آنها مشاهده نشد. ویژگی‌هایی که در ارزیابی کیفیت یک شوینده می‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد، بسته به نوع مصرف آن متفاوت است. پودرهای لباس‌شویی، مایع دست‌شویی، شامپوهای سر و بدن، صابون و ... هرکدام مراحل آزمون‌های مربوط به خود را برای کنترل و ورود به بازار، طی می‌کنند. با جستجو در استانداردهای داخلی و خارجی، می‌توان آزمون‌های یادشده را مشاهده کرد. ماده فعال‌سطحی استفاده‌شده در این پژوهش، تاکنون بیشتر در شوینده‌های مایع، نظیر شامپو و مایع دست‌شویی و ظرف‌شویی به‌کار رفته است. باتوجه‌به کاربرد این ماده در شوینده‌های دارای تأییدیه اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،[۳۶] نیازی به انجام آزمون‌های اولیه و ایمنی محصول نظیر تست زئین، RBC[۳۷] و HET CAM و آزمون میکروبیولوژی ماده فعال‌سطحی (استاندارد ملی ایران به شماره ۳۲۷۱) نیست بلکه ارزیابی میزان شویندگی مواد مذکور در زمینه منسوجات، همراه با نداشتن تأثیر تخریبی بر الیاف پنبه‌ای و نامطلوب در درازمدت بر بستر سلولزی از موارد مهمی است که باید بررسی شوند. فاکتورهای اعمال‌شده در شستشو، در جدول ۳ آورده شده‌اند.

تعیین تعداد دفعات شستشو

یکی از موارد تأثیرگذار بر میزان و کیفیت شویندگی، تعداد دفعات شستشو است. به‌دلیل حساسیت اشیای تاریخی، لازم است ارزیابی تأثیرات تخریبی مواد استفاده‌شده، با دقت و حساسیت بیشتری صورت پذیرد. ازاین‌رو، این سؤال مطرح می‌شود که تأثیر شوینده در چندین مرتبه استفاده، چه میزان خواهد بود. درصورت مضرنبودن شوینده در مرتبه نخست، ممکن است در دفعات بعدی، میزان تأثیر، همانند بار اول نباشد. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها، تعداد دفعات شستشو، یک، دو و سه مرتبه انتخاب شد.

انجام آزمایش‌های اصلی برای بررسی تغییرات پارچه دراثر شستشو

پس از شستشوی ۸۴ نمونه، شش نمونه از هر گروه؛ نمونه اصلی و شاهد هرکدام برای یک، دو و سه‌بار شستشو و یک نمونه کنترل، جمعاً ۴۲ نمونه، برای انجام آزمایش‌های اندازه‌گیری مقاومت کششی و درصد ازدیاد طول، رنگ‌سنجی جهت تعیین میزان سفیدی و قدرت شویندگی، pH، EC و میزان رطوبت بازیافتی (درصد) کنار گذاشته شدند و ۴۲ نمونه دیگر، به‌منظور بررسی تأثیر عملکرد شوینده در دراز مدت، برای بار دوم حدود ۲۲۰ ساعت دیگر پیر گردیدند. آزمایش‌ها، مانند مرحله پیش، قبل از مرحله پیرسازی دوم، انجام شدند.

- تغییر مقاومت کششی نمونه‌های آزمایش‌شده

تغییر طول زنجیر سلولزی بر مقاومت لیف، نخ و بالطبع پارچه، درمقابل کشش تأثیر می‌گذارد که می‌تواند با انجام آزمون کشش، بررسی کیفی و کمّی شود (Yi,2011). به‌دلیل نتایج مشابه با میزان مقاومت کششی، از آوردن نمودارهای مربوط به ازدیاد طول خودداری گردید. نتایج مربوط به آزمون اندازه‌گیری مقاومت کششی پارچه‌ها در تصویر ۴ و محاسبه میزان درصد تغییر آن، در جدول ۴ آورده شده است. آزمایش‌ها با دستگاه تعیین میزان مقاومت کششی پارچه شرکت Zwick مدل Zwick Universal Testing Machin- 144660 ساخت کشور آلمان (۱۹۹۴)، انجام شده است.

- تغییر شاخص‌های رنگی و میزان سفیدی نمونه‌های آزمایش‌شده

دراثر تغییرات ایجادشده و واکنش‌های شیمیایی حین تخریب زنجیره‌های سلولز و سایر مواد موجود در پنبه و تولید ترکیبات جدید، تغییراتی رنگی ایجاد می‌شود که با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج می‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری رنگ پارچه‌ها با دستگاه رنگ‌سنج دستی (پرتابل)[۳۸] شرکت آلمانی Salutron Messtechnik GmbH انجام شد. باتوجه‌به پارامترهای L^*، a^* و b^*، میزان تغییر رنگی را در سیستم CIE[۳۹] می‌توان از رابطه ۱ محاسبه کرد:

رابطه ۱: $$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

L^*: میزان روشنایی (روشنی مثبت و تیرگی منفی)، a^*: قرمزی- سبزی (قرمز مثبت و سبز منفی) و b^*: زردی- آبی‌بودن (زرد مثبت و آبی منفی) را نشان می‌دهد (استانداردهای ASTM E308 و ASTM D2244)، (Johnston-Feller,2001:35).

روش‌های مختلفی برای محاسبه میزان سفیدی وجود دارد. *برگر*[۴۰]، *استنسبی*[۴۱] و *تائوب*[۴۲] فرمول‌هایی را برای محاسبه یک‌بعدی سفیدی و *گانز*[۴۳] و گریسر[۴۴] نیز فرمولی برای محاسبه دوبعدی سفیدی ارائه داده‌اند. با تغییر شاخص‌های رنگی L^*، a^* و b^* با استفاده از رابطه استنسبی می‌توان میزان سفیدی[۴۵] را تعیین کرد (Puebla, 2004: 28)، (رابطه ۲ و تصویر ۵). با داشتن میزان سفیدی قبل و بعد از شستشو هم، قدرت شوینده تعیین شد (جدول ۵). برای بررسی اثرات شوینده در درازمدت، تغییر و میزان سفیدی نمونه‌ها قبل و بعد از پیرسازی اندازه‌گیری و مقایسه گردیدند. نتیجه رنگ‌سنجی هر نمونه، میانگین بیست و پنج بار اندازه‌گیری است.

رابطه ۲:

$$W_{Stensby} = L^* + 3a^* - 3b^*$$

بازده حذف چرکی برای یک شوینده را می‌توان با اندازه‌گیری رنگ / روشنایی[۴۶] نمونه قبل و بعد از شستشو، بررسی کرد (رابطه ۳)، (Tímár-Balázsy & Eastop, 2000: 210).

رابطه ۳:

$$\text{Washing Power (\%)} = \frac{R_A - R_B}{R_B} \times 100$$

W= قدرت شویندگی، R_A= میزان انعکاس نوری بعد از شستشو و R_B= میزان انعکاس نوری قبل از شستشو.

جدول ۲. ماده فعال‌سطحی مطالعه‌شده و مشخصات آن

آزمون	ماده فعال‌سطحی	روش آزمون
	SLES	
نوع	آنیونی	-
فرمول مولکولی	$C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_2OSO_3Na$	
ساختار مولکولی	مطابق شکل ۳	
درصد خلوص	۳۰	-
ویسکوزیته (mPas.S)*	۴۹۰۰±۵۰**	ISO 6388 1989 و استاندارد ملی ایران ۷۹۹۷
دانسیته	۱/۱۶±۰/۰۳	
ضریب‌شکست نوری (RI) دما= ۲۰/۰±۰/۱ °C	۱/۴۴۵۳±۰/۰۰۵۵	
pH (°C)	۶/۳۸ (۱۸/۰)	ASTM D 1172 – 95

(نگارندگان)

*ویسکومتر شرکت Thermo Haake اسپانیا مدل Viscotester 7L با قابلیت تعیین گرانروی مایعات در محدوده mPas.s ۲-۴/۵×۱۰۶ است.

**اندازه‌گیری با Spindle L4، دمای ۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد و RPM=100 انجام شده و اعداد به‌دست‌آمده در محدوده ۸۱/۸ -۸۰/۸ درصد بوده‌اند.

جدول ۳. جمع‌بندی فاکتورهای موردِنیاز برای شستشو

فاکتورها	محلول شستشو		
	SLES	شاهد	کنترل
غلظت ماده فعال‌سطحی SLES (میلی‌مولار)	۱/۲۶	۰	۰
EDTA (%)	۰/۲	۰/۲	۰
SCMC (%)	۰/۰۲۷۵	۰/۰۲۷۵	۰
دما(°C)*	۲۵	۲۵	۲۵
نسبت مایع	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
زمان (دقیقه)**	۹۰	۹۰	۹۰
تعداد شستشو	۱، ۲ و ۳	۱، ۲ و ۳	۱
تعداد آبکشی	۴	۴	۴

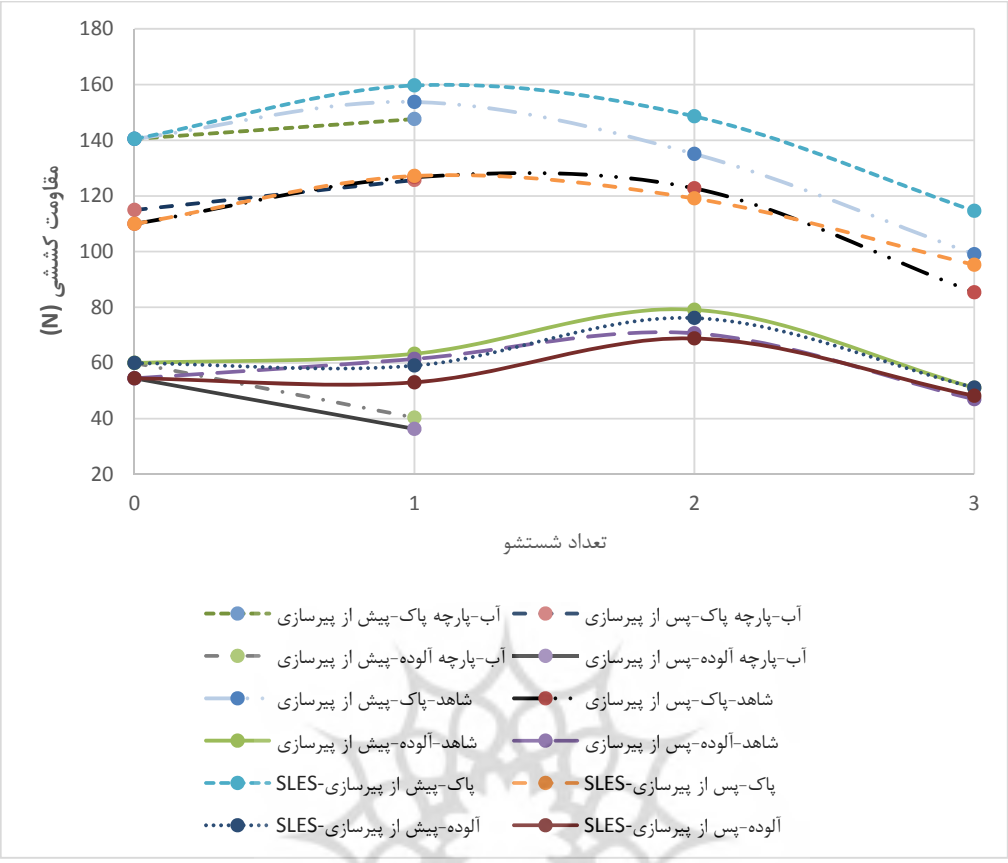
(نگارندگان)

*نظربه حساسیت کار در حوزه حفاظت و مرمت، به‌نظر می‌رسد انتخاب دمای محیط، جامع‌تر خواهد بود. خصوصاً اینکه مواد فعال‌سطحی استفاده‌شده، در دمای محیط فعال هستند. ازاین‌رو، دمای حمام شستشو دمای محیط (۳ ± ۲۵) درنظر گرفته شد گرچه بسیار بهتر بود که مخزن حمام، قابلیت ثابت نگه‌داشتن دما را داشته باشد. متأسفانه به‌دلیل دسترسی‌نداشتن به چنین امکانی، از خطاهای ناشی از نوسانات دما صرف‌نظر و تلاش شد آزمایش‌ها در بازه زمانی کوتاهی انجام شود تا نوسانات دما به حداقل برسد.

**تعیین قدرت شویندگی همراه با یافتن زمان بهینه شستشو و تعداد دفعات آبکشی، با تست اولیه تعیین شد (قبادی، ۱۳۹۲).

- تغییر pH و EC پارچه‌های آزمایش‌شده

pH و EC پارچه‌ها با اندازه‌گیری محلول استخراجی از پارچه‌های شسته‌شده با pH متر دیجیتالی شرکت Metrohm، مدل ۷۴۴ و هدایت‌سنج رومیزی شرکت isolab WTW series، مدل Cond 740 از کشور آلمان اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. برای اندازه‌گیری، از استاندارد ISO 3071:2005 استفاده شده است[۴۷] (تصویرهای ۶ و ۷).

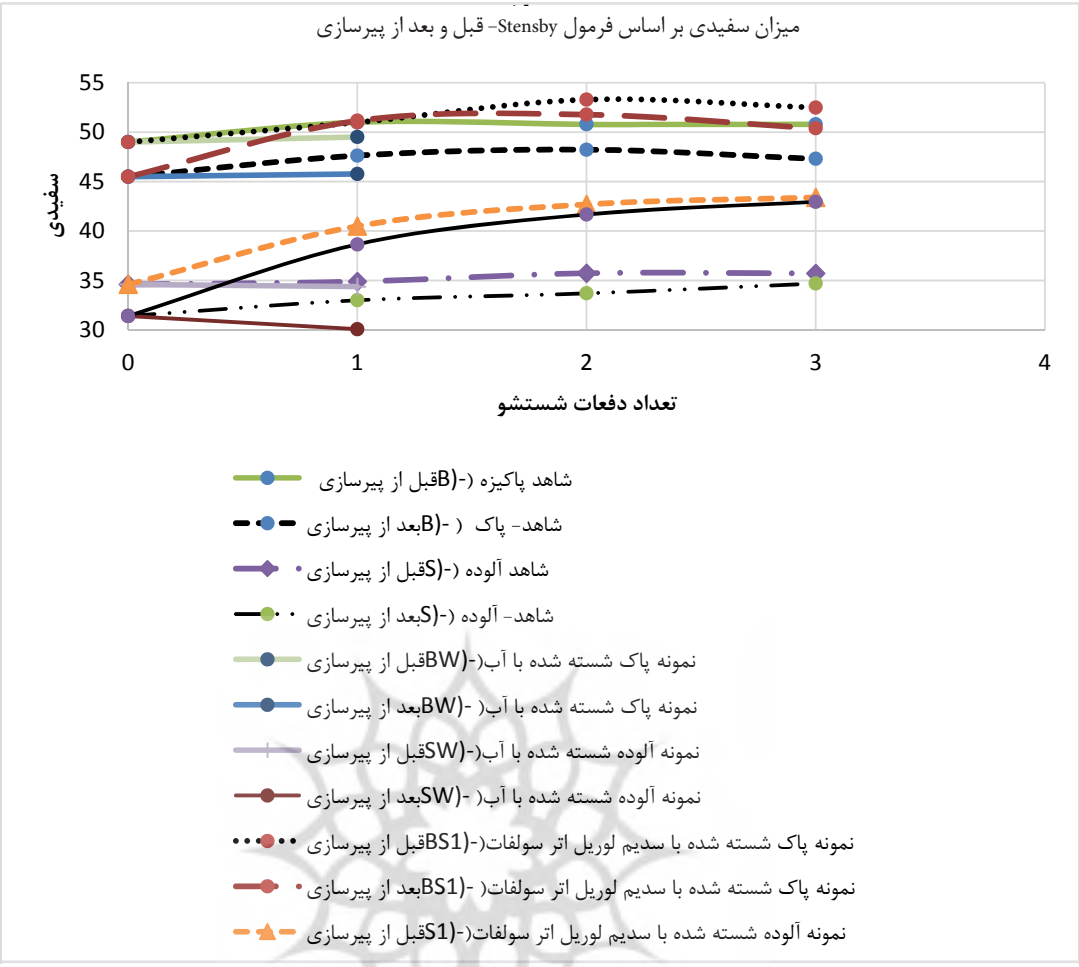


تصویر۴. تغییر میزان مقاومت کششی پارچه‌های آلوده و پاک، شسته‌شده با همه محلول‌ها، قبل و بعد از پیرسازی (نگارندگان)

جدول ۴. نتایج درصد تغییر مقاومت کششی پارچه نسبت به نمونه‌های شسته‌نشده

شوینده		پارچه‌های پاک				پارچه‌های آلوده			
		شسته نشده	یک‌بار شستشو	دوبار شستشو	سه‌بار شستشو	شسته نشده	یک‌بار شستشو	دوبار شستشو	سه‌بار شستشو
SLES	پیش از پیرسازی	۰	۱۲/۰	۵/۵	-۲۲/۶	۰	-۱/۵	۲۱/۲	-۱۷/۳
	پس از پیرسازی	۰	۱۳/۵	۷/۶	-۱۵/۴	۰	-۲/۸	۲۰/۸	-۱۳/۰
	درصد تفاوت قبل و بعد	-۲۱/۷	-۲۰/۴	-۱۹/۸	-۱۶/۹	-۹/۲	-۱۰/۲	-۹/۷	-۵/۸
شاهد B	پیش از پیرسازی	۰	۸/۶	-۴/۰	-۴۱/۸	۰	۵/۲	۲۴/۲	-۱۷/۵
	پس از پیرسازی	۰	۱۳/۲	۱۰/۴	-۲۸/۸	۰	۱۱/۳	۲۲/۹	-۱۵/۹
	درصد تفاوت قبل و بعد	-۲۱/۷	-۱۷/۶	-۹/۲	-۱۳/۸	-۹/۲	-۲/۹	-۱۰/۷	-۸/۰
کنترل (آب مقطر)	پیش از پیرسازی	۰	۴/۸	-	-	۰	-۴۸/۶	-	-
	پس از پیرسازی	۰	۸/۵	-	-	۰	-۳۷/۸	-	-
	درصد تفاوت قبل و بعد	-۱۸/۱	-۱۴/۸	-	-	-۹/۲	-۱۰/۰	-	-

(نگارندگان)



تصویر ۵. میزان سفیدی پارچه‌های آلوده و پاک، قبل و بعد از پیرسازی (نگارندگان)

جدول ۵. میزان قدرت شوینده‌گی مواد استفاده‌شده در سه مرحله شستشوی پارچه‌های پاک و آلوده

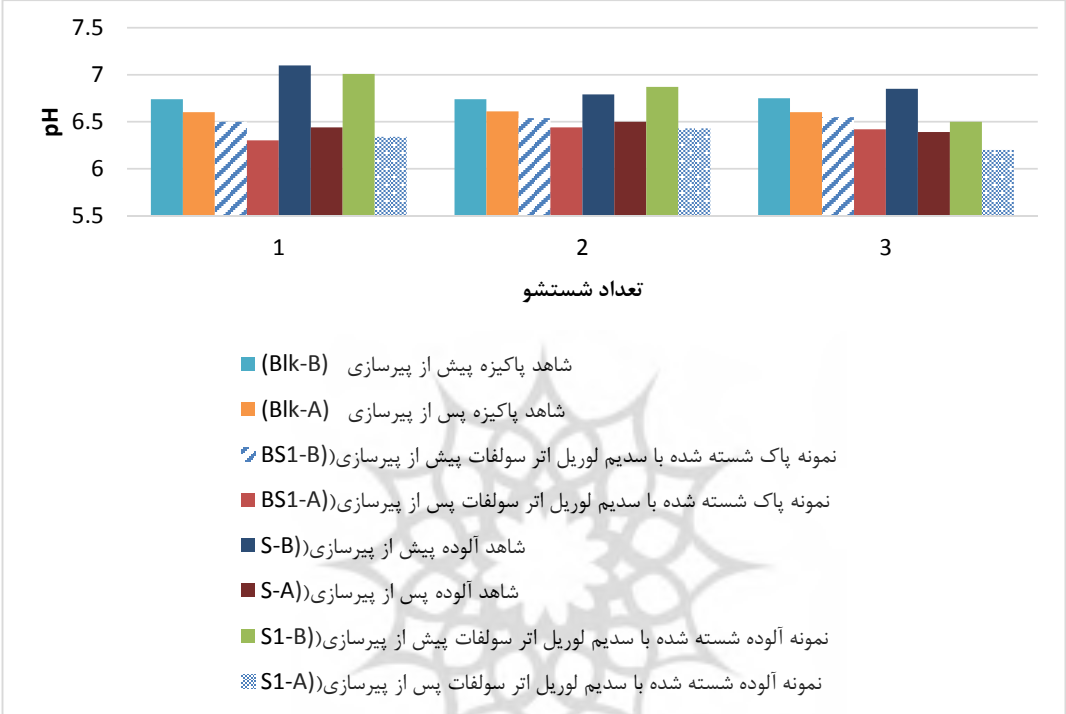
	پارچه‌های پاک			پارچه‌های آلوده		
	یک‌بار شستشو	دوبار شستشو	سه‌بار شستشو	یک‌بار شستشو	دوبار شستشو	سه‌بار شستشو
SLES	۴/۱	۸/۸	۷/۱	۱۷/۰	۲۳/۴	۲۵/۴
شاهد	۴/۱	۳/۷	۳/۷	۰/۹	۳/۳	۳/۲
کنترل (آب مقطر)	۱/۱	-	-	-۰/۶	-	-

(نگارندگان)

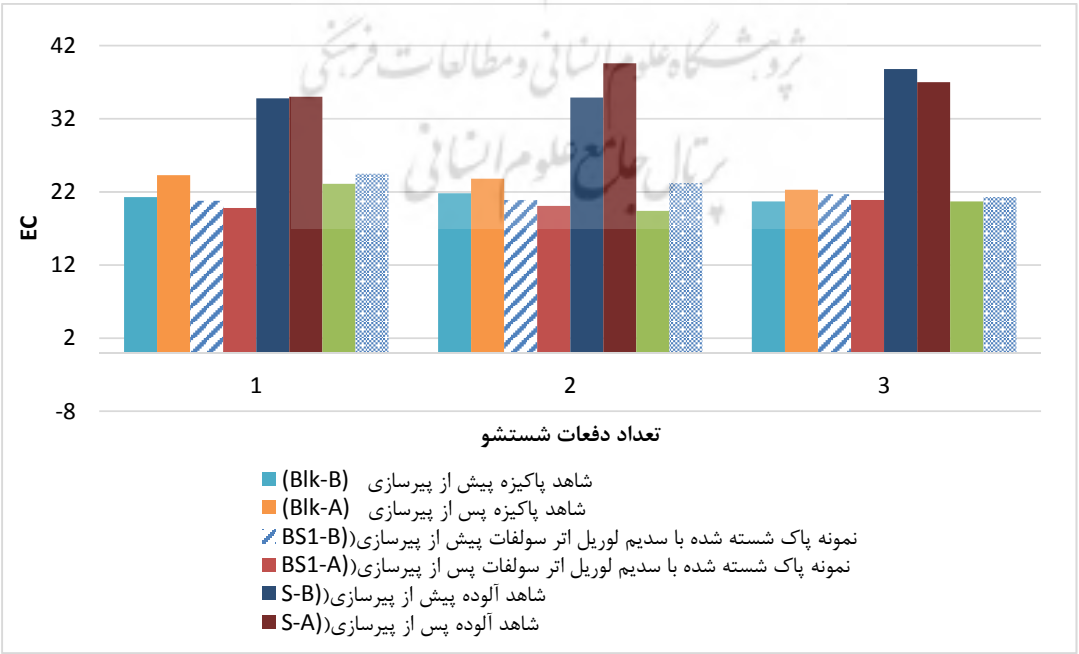
- تهیه طیف مادون قرمز نمونه‌ها

طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه[۴۸] (FTIR)، ازجمله تکنیک‌های طیف‌سنجی در بررسی ساختاری مواد است که باتوجه‌به ارتعاش مولکولی و میزان جذب باندهای موجود خصوصاً در ترکیبات آلی، می‌تواند به‌منظور ارزیابی ساختاری به‌کار رود. چنانچه شکست پیوندهای هیدروژنی در زنجیره‌های سلولزیِ مجاور هم رخ دهد، نواحی بلورین سلولز تحت تأثیر قرار گرفته و با استفاده از تغییرات مشاهده‌شده در طیف FTIR می‌تواند بررسی شود (Liu,2013). چون درصورت تهیه طیف ازطریق ساخت قرص، عملیات مکانیکی باعث تغییرات و آسیب‌هایی در زنجیر سلولز همچون میزان بلورینگی آن می‌شود ازاین‌رو، طیف مادون قرمز انعکاسیِ نمونه‌ها تهیه شد (Schwanninger et al., 2004). درواقع، طیف‌های مادون قرمز نمونه‌ها به‌صورت انعکاس کلی تضعیف‌شده[۴۹] تهیه و ثبت گردید که در این حالت، نیازی به سایش و آماده‌سازی نمونه نبود. برای این

منظور، از دستگاه FTIR Spectrometer مدل Nexus 470 ساخت شرکت Thermo Nicolet کشور آمریکا، همراه با ابزار ثبت طیف انعکاس کلی تضعیف‌شده (ATR) شرکت PIKE Technologies مدل MIRacle با کریستال روی- سلنیوم (ZnSe) استفاده شد. برای هر نمونه ۶۴ پیمایش در محدوده ۴۰۰۰-۶۵۰ cm^{-1} با قدرت تفکیک ۴ cm^{-1} [۵۰]، قبل از هر نمونه طیف زمینه[۵۱] تهیه شد. میزان جذب هر ناحیه از طریق محاسبه مساحت هر پیک با استفاده از نرم‌افزار OMNIC 6.1a تعیین گردید. بلورینگی با محاسبه نسبت نواحی پیک FTIR در ۱۴۲۳ cm^{-1} به ۸۹۷ cm^{-1} تعیین می‌شود و نسبت ۱۴۲۳/۸۹۷، به‌عنوان شاخص نظم جانبی درنظر گرفته می‌شود. ضریب بلورینگی کل[۵۲] که شامل سلولز I و II و III است، با نسبت



تصویر ۶. میزان pH نمونه‌های پارچه طی مراحل شستشو و بعد از پیرسازی (نگارندگان)

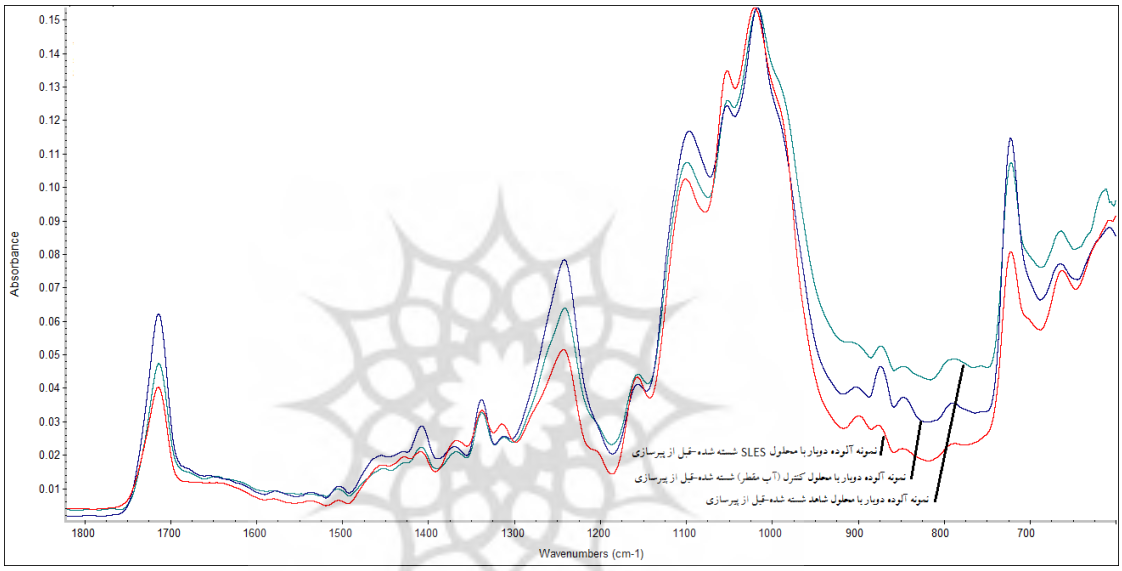


تصویر ۷. میزان هدایت الکتریکی EC پارچه‌ها طی مراحل شستشو، قبل و بعد از پیرسازی (نگارندگان)

نواحی پیک در $1372\ cm^{-1}$ به $2900\ cm^{-1}$، محاسبه می‌گردد. اگرچه ساختار سلولز II و III بی‌نظم‌تر اما نسبت به سلولز I پایدارترند. با تخریب سلولز هنگام پیرشدن، از میزان سلولز I کاسته و به فرم‌های دیگر تبدیل می‌شود (Yang, 1991) که در طیف ATR-FTIR نمونه‌ها قابل مشاهده می‌گردد. باتوجه‌به تخریب نواحی بی‌نظم، نسبت نواحی بلورین به بی‌نظم افزایش می‌یابد و نسبت بلورینگی کل در نمونه‌های پاک زیاد شده است ولی در نمونه‌های آلوده چون پیک خاک و دوده در ناحیه $1400\ cm^{-1}$، پیک مربوط جهت محاسبه بلورینگی کل را تحت پوشش قرار می‌دهد، امکان اندازه‌گیری میزان بلورینگی کل نمونه‌های آلوده با طیف ATR-FTIR وجود ندارد. بنابراین، این میزان از طریق محاسبه میزان رطوبت بازیافتی تعیین شد (تصویرهای ۸ و ۹).

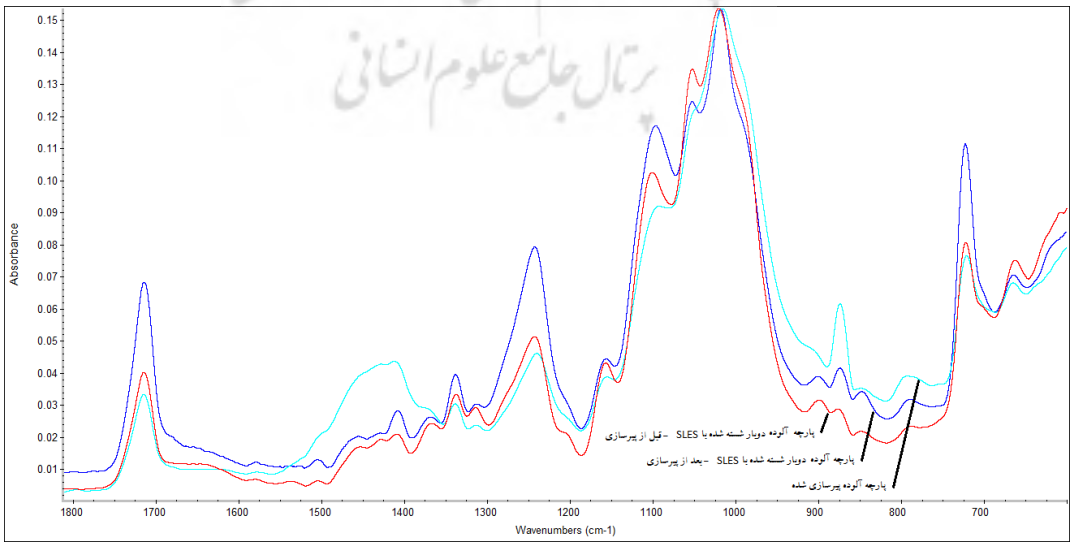
- تغییر میزان رطوبت بازیافتی نمونه‌های آزمایش‌شده

نظر به این نکته که جذب آب در قسمت‌های بی‌نظم زنجیر سلولز بیشتر اتفاق می‌افتد، تغییر میزان رطوبت بازیافتی پارچه‌ها جهت بررسی تغییر در بخش‌های بلورین و بی‌نظم همراه با نتایج ATR-FTIR، آزمایش شدند (تصویر ۱۰).

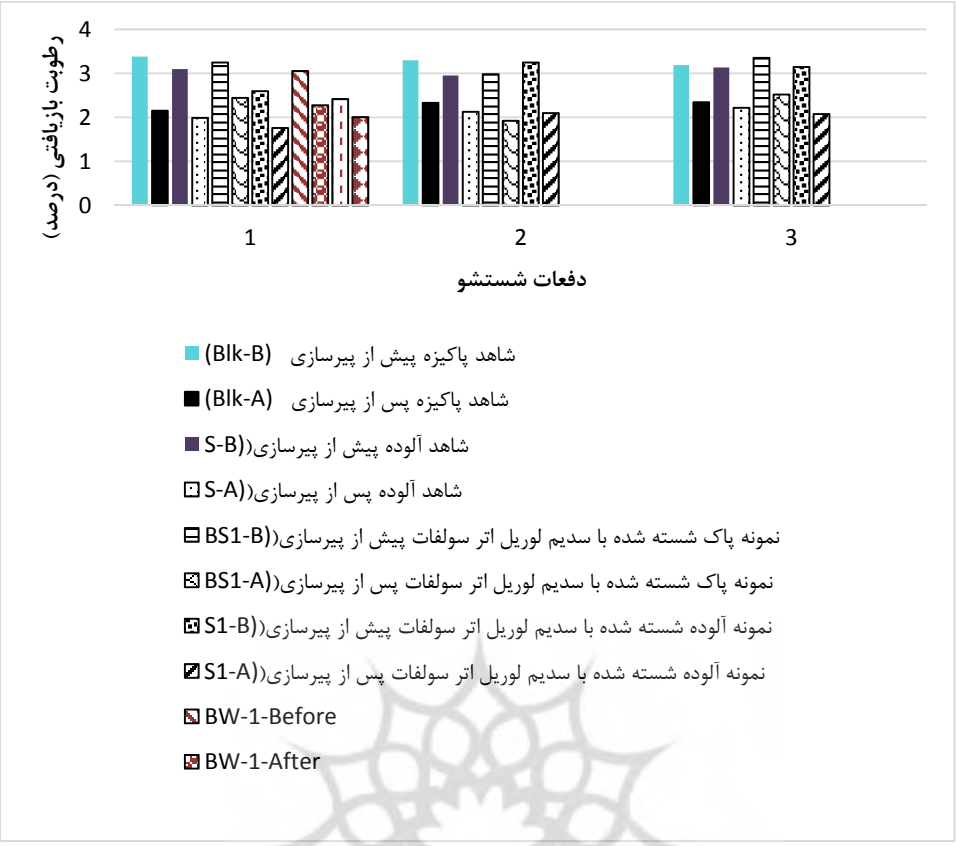


تصویر۸. طیف ATR-FTIR پارچه آلوده دوبار شسته‌شده با محلول‌های SLES، شاهد و کنترل قبل از پیرسازی در محدوده $1800-650\ cm^{-1}$ (نگارندگان)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



تصویر ۹. طیف ATR-FTIR پارچه آلوده دوبار شسته‌شده با محلول SLES، قبل و بعد از پیرسازی و پارچه پیرشده شسته‌نشده به‌عنوان شاهد (نگارندگان)



تصویر ۱۰. تغییر درصد رطوبت بازیافتی پارچه‌های آلوده و پاک طی سه بار شستشو (نگارندگان)

نتیجه‌گیری

در پارچه‌های پاکِ شسته‌شده، pH پارچه‌ها بدون تغییر بوده یا افزایش کمی یافته‌اند. پس از پیرسازی نیز pH اندکی کاسته شده اما همه از روند مشابهی پیروی می‌کنند و نمونه‌ای غیرعادی به‌چشم نمی‌خورد. در مرتبه اول شستشویِ نمونه شاهد آلوده، آلودگی‌ها خارج نشده و باعث کاهش میزان pH پس از پیرسازی شده‌است. پس از پیرسازی نیز در پارچه‌ها، کاهش میزان pH دیده می‌شود. pH بالای نمونه شسته‌شده با آب مقطر، نشان‌دهنده خارج‌نشدن آلودگی‌ها از پارچه است که پس از پیرسازی باعث اسیدی‌تر شدن پارچه نسبت به حالت پاکیزه آن گردیده است. اما در نمونه‌های آلوده‌ای که با SLES شسته شده‌اند، pH پارچه‌ها کاهش یافته که به‌دلیل خروج آلودگی‌های خاک و دوده است (روند کاهش pH خاک و دوده در نمونه شاهد نامنظم است ولی تفاوت ناچیز و قابل چشم‌پوشی است). تفاوت میزان هدایت الکتریکی پارچه آلوده و پاک در محلول شاهد و آب مقطر، نشان می‌دهد آلودگی‌ها از پارچه خارج نشده‌اند اما این اختلاف در پارچه‌های شسته‌شده با محلول SLES دیده نمی‌شود که نشان‌دهنده خروج بسیاری از مواد آلاینده یونی است. میزان مقاومت کششی در اولین مرتبه شستشوی پارچه‌های پاک افزایش یافت که این روند در SLES، بیش از شاهد و هر دو بیش از آب مقطر بوده‌اند که نشان می‌دهد به‌دلیل حضور مواد افزوده‌شده به‌خصوص SCMC است. البته در نمونه‌های شسته‌شده با محلول حاوی مواد فعال‌سطحی، ترشوندگی بیشتر و جذب SCMC روی پارچه بیشتر شده که باعث افزایش مقاومت کششی گردیده و در پیرسازی نیز آسیب جدی به پارچه وارد نشده است. اما در مرتبه دوم و سوم شستشو، از میزان آن به‌نحو چشم‌گیری کاسته شده است. این کاهش در نمونه‌های آلوده به‌چشم نمی‌خورد پس می‌توان گفت، شستشوی پارچه‌ها درحالی‌که آلوده نبوده و نیازی به شستشو ندارند، به آنها آسیب بسیاری وارد می‌کند. مقدار این آسیب در مرتبه‌های نخست کم است و به‌تدریج زیاد می‌شود. اهمیت این مطلب درباره پارچه‌های تاریخی ویژه‌ای است که به دفعات کم، شسته شده‌اند.

باتوجه‌به تفاوت روند تغییرات نوارهای جذبی مادون قرمز در پارچه‌های آلوده نسبت به پارچه‌های پاک، باید خاطرنشان کرد وجود آلودگی بر رفتار سیستم مؤثر است و در این آزمون و موارد مشابه، تعمیم نتایج به‌دست‌آمده از نمونه‌های پاک به کلیه موارد، صحیح نیست. همچنین، برای تحقیق درباره تأثیر هر ماده‌ای بر سلولز در پارچه‌های پنبه‌ای_ تاریخی، نمی‌توان فاکتور آلودگی را در پارچه حذف کرد. تفاوت میزان افت مقاومت کششی در نمونه‌های پاک و آلوده، بیانگر این است که حضور مواد آلاینده از تأثیر شوینده بر الیاف می‌کاهد. درهرحال، جدایش ذرات چرکی از بستر با تنش همراه است و کاهش جزئی مقاومت کششی مشاهده‌شده در نمونه‌های آلوده، می‌تواند به‌همین علت باشد. اما باتوجه‌به بررسی تخریب پارچه دراثر آلودگی، می‌توان گفت این میزان در مقایسه با تأثیر تخریبی آلودگی درطول زمان بیشتر نیست. نمودار ۲ و ۳ نشان می‌دهد، SLES نسبت به شاهد به‌میزان بسیار زیادی باعث افزایش سفیدی پارچه‌های آلوده شده‌اند که باتوجه‌به این مقدار، قدرت شویندگی طبق نمودار ۴ و جدول ۵ خواهد بود. (آزمون‌های آماری با سطح اطمینان ۹۵ درصد نیز بیانگر این نکته هستند که تفاوت معناداری بین قدرت شویندگی محلول شاهد و محلول شوینده SLES وجود دارد) گرچه در نمودار ۱، محلول شاهد باعث افزایش مقاومت کششی نمونه‌ها شده بود اما نظر به میزان شاخص رنگی و سفیدی، قدرت شویندگی نداشته و ازنظر بصری، به شیء آسیب وارد می‌کند. استفاده از آب مقطر در پارچه‌های آلوده به خاک و دوده، از میزان سفیدی آن کاسته (قدرت شویندگی منفی است) و این مقدار در پیرسازی افزایش یافته است. براین اساس، می‌توان استنباط نمود شستشوی منسوجات با مقدار کم و ناکافی مواد شوینده، برای نمونه ۱۰ قطره شامپو بچه در ۱۰ لیتر آب یا ۱۱ قطره شامپو بچه در ۱۵ لیتر آب[۵۳]، نه‌تنها باعث پاک‌سازی شیء از آلودگی‌ها نمی‌شود بلکه چرکی را در پارچه تثبیت می‌کند. نمودار ۳، نشان می‌دهد میزان سفیدی پس از پیرسازی حدود سه درصد کاسته شده که امری طبیعی است اما دراثر استفاده از مواد فعال‌سطحی، این کاهش بیشتر نشده است. به‌معنای دیگر شوینده‌های استفاده‌شده با گذشت زمان، تأثیری بر رنگ سلولز نداشته و زردی آن را بیشتر نکرده‌اند بلکه با شستشوی مراحل دوم و سوم به‌دلیل پاکیزه‌ترشدن نمونه، تغییر آن، روندی افزایشی داشته‌است (از میزان منفی‌بودن آن کاسته شده‌است). نمودار سفیدی بعد از پیرسازی به نمودار قبل از پیرسازی نزدیک‌تر شده‌است به بیان دیگر، ماده مذکور پس از کاربرد در شستشوی پارچه، درطول زمان نیز تأثیر نامطلوبی ازنظر تغییرات رنگی و بصری بر پارچه ندارد. طیف قبل و بعد از پیرسازی نیز (نمودار ۸)، این نکته را تأیید می‌کند. شستشوی نمونه‌ها برای بار دوم، آنها را هم ازلحاظ استحکام و هم میزان سفیدی در شرایط مطلوبی قرار داده به‌نحوی که، شیب تغییر در مرتبه سوم بسیار کاهش یافته است. این موضوع، نشان می‌دهد مواد فعال‌سطحی در دو مرحله بیشترین میزان شویندگی خود را داشته‌اند و در یک فرایند شستشو، شستشوی بیشتر از دوبار، بازده بیشتری نداشته که باتوجه‌به کاهش مقاومت کششی منطقی نخواهد بود. درهرصورت، باتوجه‌به کاهش شدت پیک دوده در نمونه‌های شسته‌شده، شستشو با حذف دوده همراه بوده است.

همه نمونه‌ها دراثر پیرسازی دچار کاهش میزان رطوبت بازیافتی شدند که می‌تواند به دلیل افزایش مواد حاصل از تخریب و ممانعت فضایی ناشی از آن باشد. نمونه‌های آلوده دراثر شستشو نسبت به نمونه‌های پاکِ مشابه خود، میزان رطوبت کمتری را جذب نمودند که به‌علت خروج مواد آلوده از پارچه است. چونکه سطح آلودگی‌ها رطوبت جذب می‌کند و حذف مقدار زیادی از آنها با کاهش جذب رطوبت همراه خواهد بود. در شستشوی بیشترِ نمونه‌های آلوده (دو و سه‌بار)، به‌علت رفع آلودگی‌ها، گروه‌های عاملی بیشتری قادر به جذب رطوبت خواهند بود و میزان جذب رطوبت افزایش خواهد یافت. براساس نمودار ۷، در نمونه‌های پارچه‌ای آلوده شسته‌شده با محلول شاهد و کنترل پیک ناحیه $۶۶۵\ cm^{-1}$، که مربوط به ارتعاشات خمشی گروه هیدروکسیل خارج از صفحه است، کاهش جذب و درحقیقت کاهش گروه‌های هیدروکسیل آزاد (پیوندنداده) را در ناحیه بی‌نظم زنجیر سلولز نشان می‌دهد. این کاهش، همراه با افزایش جذب ناحیه $۱۷۱۴\ cm^{-1}$ ناشی از ارتعاش کششی C=O و بیانگر تخریب زنجیر سلولزی است. همچنین در این طیف‌ها، نوار جذبی $۱۰۵۰\ cm^{-1}$، نشانگر ارتعاش کششی C–O در سلولز است. جذب در $۱۱۵۵\ cm^{-1}$، دراثر ارتعاش کششی نامتقارن C-O-C در سلولز است (Abidi et al., 2013). کاهش این جذب، نشان‌دهنده شکست زنجیر پلیمری در قسمت پل اکسیژنی در پلی ساکاریدهاست. جذب در حوالی $۱۳۲۵\ cm^{-1}$ نیز، ناشی از ارتعاش

گروه CH_2 در سلولز است. نوار جذبی مربوط به گروه C1 (ß-linkage)، در سلولز در حدود cm^{-1} ۸۹۴ دیده می‌شود (Abidi et al., 2013). کاهش جذب در این ناحیه و نیز افزایش در cm^{-1} ۱۳۳۸، می‌تواند ناشی از فرایندهای بازشدن حلقه گلوکزی در ساختار پلی ساکارید باشد. براین‌اساس، در طیف حاصل از نمونه شسته‌شده با SLES برخلاف نمونه شسته‌شده با محلول شاهد و کنترل، این موارد دیده نمی‌شود و می‌توان گفت شستشو با SLES، تأثیری در ساختار پارچه نداشته است. نمودار ۸ و پیک‌های جذب در cm^{-1} ۸۹۹، cm^{-1} ۱۳۳۸، نوار جذبی cm^{-1} ۱۰۵۰ و cm^{-1} ۱۱۵۵گویای تخریب بیشتر نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه شسته‌شده با محلول حاوی SLES درطول زمان هستند که باتوجه‌به این نتیجه و نیز تغییرنیافتن رنگ در آزمایش میزان سفیدی، می‌توان گفت استفاده از این ماده طی زمان نیز تأثیری تخریبی بر ساختار سلولز نداشته است.

پی‌نوشت

۱. این مطلب را باتوجه‌به پایان‌نامه‌های موجود نیز می‌توان دریافت. تا تاریخ ۹۲/۹/۳۰ از میان چهارده پایان‌نامه موجود در دانشگاه هنر اصفهان که روی پارچه مطالعه شده است، در دوازده نمونه، شیء شسته شده است که در هفت مورد (۵۸ درصد)، کارشناسان از شامپو بچه استفاده کرده‌اند. در یک نمونه از Tinovetin G-U 400%، در دو نمونه از Triton 100X و در یک نمونه، از شوینده‌ای با نام درجنت یاد شده که دقیقاً مشخص نیست چه شوینده‌ای به‌کار رفته است.

۲. سازوکار حذف چرکی توسط شوینده ازطریق نیروهای فیزیکی یا شیمیایی، تنش‌های خاصی به بستر وارد می‌کند.

۳. در ترشویی، pH محلول همیشه از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طور کلی، توصیه شده که pH به‌جز هنگام سفیدکنندگی هیچ‌گاه از ۸/۵ بیشتر نشود حتی برای الیاف سلولزی. pH محلول‌های شستشو برای الیاف پروتئینی باید خنثی یا پائین‌تر از آن (کمی اسیدی) باشند (Landi S., 1992: 68).

4. Diamond W. J.
5. Levin H.
6. H. C. Evans
7. N. H. Tennent
8. Mary Ballard
9. D. Eastop
10. J. Lewis
11. Synperonic
12. Orvus
13. Berol
14. Tse
15. Yves Deslandes
16. Gerald Pleizier
17. Santanu Paria
18. Triton
19. Terrace
20. WFK-10D
21. John A. Fields
22. Imbentin
23. Hostapon
24. Saponin
25. Irgasol
26. Dehypon
27. Electrical Conductivity (EC)
28. Barbara Simonˇciˇc
29. Veronika Rozman

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳۰. متأسفانه به‌دلیل نبود مدارک مکتوب، نگارنده قادر به ارائه آمار دقیق نیست و فقط مصاحبه‌ای با کارشناس میراث فرهنگی، مریم رضازاده، انجام داده است.

31. Tergotometer

۳۲. در (Fields et al., 2004) و همچنین همه موارد مطالعه‌شده در دانشگاه هنر اصفهان که قبلاً به آنها اشاره شد، شستشو به شیوه غوطه‌وری مناسب تشخیص داده شده است.

۳۳. انتخاب غلظت‌ها باتوجه‌به موارد مطرح‌شده توسط شیلا لندی و اگنس تیمار انتخاب شده است (Landi S., 1992 Tímár-; Balázsy &Eastop, 2000).

34. Critical Micell Concentration

۳۵. البته شواهدی وجود دارد مبنی‌بر اینکه با ماده فعال‌سطحی خاصی، میزان شویندگی چرکی‌های روغنی در غلظت‌های بالاتر از CMC همچنان افزایش می‌یابد (Jesse & Lynn, 2005:pp. 28-31).

۳۶. (Sree-iam et al., 1997) و نیز برخی از محصولات تجاری مانند فوم دست‌شویی اتکا تولیدی شرکت روغن‌کشی خرمشهر، شامپو ایوان، پودر صابون شوما، ژل پاک‌کننده Bioderma ساخت کارخانه Dipta کشور فرانسه و شامپو NIVEA محصول کشور آلمان، این مواد در ترکیبات آنها استفاده شده‌است. اطلاعات یادشده، با مراجعه به سایت شرکت و نیز بسته‌بندی محصول گردآوری شده است.

۳۷. Gotte -Zein (1964) نشان داد، قابلیت حلالیت زئین در محلول‌های سورفکتانت ارتباط خوبی با تحریک پوستی ناشی از سورفکتانت دارد. او دریافت که تحریک پوستی با افزایش حلالیت زئین افزایش می‌یابد. این تست براساس مقدار پروتئین زئین حل‌شده که شباهت به پروتئین موجود در پوست دارد، در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول مشخصی از نمونه است. درنهایت، میزان نیتروژن آزادشده محاسبه خواهد شد. هرچه میزان نیتروژن آزادشده بیشتر باشد، نشان‌دهنده تحریک‌زائی بیشتر محلول مدنظر است.

38. Color Tector Alpha®

39. Commission Internationale de l’Éclairage

40. Berger

41. Stensby

42. Taube

43. Ganz

44. Griesser

45. Whiteness

46. Brightness

۴۷. در این استاندارد، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب به ۲ گرم پارچه افزوده شده و پس از دو ساعت هم‌زدن بر روی لرزاننده (شیکر یونیورسال ساخت شرکت آرین آزما)، pH محلول اندازه‌گیری می‌شود.

48. Fourier Transform Infrared Spectroscopy

49. Attenuated Total Reflectance- Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR)

50. Resolution

51. Background

52. Total Crystalinity Index (Total CI)

۵۳. این موارد از گزارشات مرمتی پایان‌نامه‌ها برداشت شده است. باتوجه‌به این نکته که در مواد شوینده تجاری حدود ۳۰-۲۰ درصد ماده فعال‌سطحی وجود دارد، با فرض حجم ۰/۰۵ میلی‌لیتر برای هر قطره، غلظت ماده فعال‌سطحی محاسبه می‌شود که بسیار پایین‌تر از CMC خواهد بود. البته در برخی موارد، گزارش شده است که هفت مرحله آبکشی برای خروج کفِ این مقدار ماده شوینده، نیاز بوده که جای تأمل دارد.

منابع و مآخذ

- خانی، مریم (۱۳۹۰). **حفاظت و مرمت یک نیم‌تنه، متعلق به کلیسای وانک اصفهان**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- زمانیان، نرگس (۱۳۸۷). **مطالعه موردی بر روی یک نیم‌تنه مخملی، متعلق به موزه کلیسای وانک اصفهان**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- شهیدزاده، شیما (۱۳۹۲). **مطالعه موردی و حفاظت و مرمت یک نمونه پارچه زربفت متعلق به دوره قاجار**. پایان‌نامه

کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- صامتی، مریم (۱۳۷۴). **شناخت و بررسی آسیب‌های وارده بر تزئینات فلزی به‌کاررفته در بافته‌ها، مرمت و حفاظت یک نمونه پارچه زربفت قدیمی**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- عبدالهی، شیوا (۱۳۹۰). **حفظ و مرمت یک کت مخمل متعلق به موزه کلیسای وانک اصفهان**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- علیمیرزایی، فاطمه (۱۳۸۵). **حفاظت و مرمت بخش‌های پارچه‌ای مربوط به صندلی معروف به صندلی شاه متعلق به گنجینه نقاشی پشت شیشه**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- فضلی، مریم (۱۳۸۸). **بررسی، حفظ و مرمت یک پارچه گلابتون‌دوزی‌شده موسوم به پوراورار متعلق به موزه کلیسای وانک اصفهان**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- قبادی، مهری (۱۳۹۲). **ارزیابی کاربرد سدیم لوریل اتر سولفات و کوکونات فتی اسید دی اتانول آمید در شستشوی پارچه‌های پنبه‌ای تاریخی**. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- کاکویی، مینا (۱۳۸۹). **طرح حفظ و مرمت از یک نمونه پارچه ابریشمی نقاشی شده (قسمتی از پاروان کاخ- موزه گلستان)**. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- کشکولیان، صفورا (۱۳۸۹). **پارچه قلمکار (مطالعه موردی بر روی رویه تشک قلمکار و حفاظت و مرمت آن**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- معتقد، سوسن (۱۳۶۸). **حفاظت و مرمت پارچه‌های تاریخی نمونه باستانی ارجان**. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- مهدی‌زاده، گیتا (۱۳۷۲). **حفاظت از پارچه‌های قدیمی دربرابر عوامل محیطی و مرمت نمونه پارچه قومیس دامغان**. پایان‌نامه کارشناسی، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.

- Abidi, N., Cabrales, L., & Haigler, C. H. (2013). Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fibers investigated by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, [Article in press, Accepted 24 January 2013].
- Ballard, M. W. & Rhee, H. (1997). "The effect of surfactant residues on silk." **SFT Jubilee conference: silk different aspect**s. Stockholm. P. 7.
- Diamond, W. J. & Levin, H. (1957). "Evaluation of Soil Removal from Cotton Fabrics." **Textile Research Journal**, 787-795.
- Eastop, D. & Lewis J. (2001). "MIxtures of anionic and non-ionic surfactants for wet-cleaning historic textiles: a preliminary evaluation with standard soiled wool and cotton test fabrics." **The Conservator**,(25): 73-89.
- (2001). Effect of Water Washing on Paper and Cellulosic Textiles:An Overview and Update of CCI Research. **The Book and Paper Group Annual, Canadian Heritage, Canadian Conservation Institute (CCI)**, Ottawa: Canadian Conservation Institute (CCI), 35-39.
- Evans, H. C. (1958). "Fiber swelling and detergent adsorption in detergent/textile fibers systems." **Journal of Colloid Science**, 13: 537-552.
- Fan, M.; Dai, D. & Huang, B. (?). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres. **Fourier Transform – Materials Analysis.** www.intechopen.com/download/get/type/pdfs/id/37067 (Retrieved 27/12/2013).
- Fields, J. A.; Wingham, A.; Hartog , F. & Daniels, V. (2004). "Finding substitute surfactants for SYNPERONIC N ." **Journal of the American Institute for Conservator (JAIC)**, 43 (1): 55-73.
- Jesse, L., & Lynn, J. (2005). Detergents and Detergency. F. Shahidi (Ed.), **BAILEY'S INDUSTRIAL**

OIL AND FAT PRODUCTS (Vol. 6). Hoboken, Canada: WILEY. www.mrw.interscience.wiley.com/biofp (access date: 20/2/2013).

- Johnston-Feller, R. (2001). **Color Science in the Examination of Museum Objects: Nondestructive Procedures**. Los Angeles: The J. Paul Getty Trust.
- Landi, S. (1999). **The Textile Conservator's Manual**. London: Butterworth-Heinemann.
- Liu, Y. (2013). Recent Progress in Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy Study of Compositional, Structural and Physical Attributes of Developmental Cotton Fibers. **Materials**, 6: 299-313.
- paria, S.; Manohar, C. & Khilar, K. C. (2003). Experimental Studies on Adsorption of Surfactants onto Cellulosic Surface and it's Relevance to Detergency. **Journal of The Institution of Engineers**, 43(2): 34-44.
- Puebla, C. (2004). Whiteness Assessment: A Primer Concepts, Determination and control of Perceived Whiteness, Axiphos GmbH (access date:20/2/2014).
- Ren, Y. H.; Liu, B. X. & Sun, X. N. (2012). Research on the Aging of Natural Fiber Textiles. **International Conference on Biological and Biomedical Sciences (ICBBS)**, 9: 1-5.
- Rosen, M. J. (2004). Surfactants and Interfacial Phenomena (third ed.). Hoboken: Wiley.
- Schramm, L. L.; Stasiuk, E. N. & Marangoni, G. D. (2003). Surfactants and their applications. **Annual Reports on the Progress of Chemistry,** Section C (physical chemistry), London: Royal Society of Chemistry(RSC), 99: 3-48.
- Schwanninger, M.; Rodrigues, J. C.; Pereira, H. & Hinterstoisser, B. (2004). Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose. **Vibrational Spectroscopy,** 36: 23-40.
- Simonˇciˇc, B., & Rozman, V. (2007). "Wettability of cotton fabric by aqueous solutions of surfactants with different structures". **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects,** 292: 236–245.
- Sree-iam, S.; Kaewnopparat, S. & Pinsuwan, S. (1997). Influence of Clear Liquid Shampoo Components on Preservative Activity of Parabens. **Thammasa Int. J. Sc. Tech.,** 2(2): 79-83.
- Tennent, N. H. (1986). "The deterioration and conservation of dyed historic textiles." **REV. PROG. COLORATION,** 16: 39-45. www.elearnica.ir (access date: 10/9/2013).
- Tímár-Balázsy, Á. & Eastop, D. (2000). "Chemical Principles of Textile Conservation". **International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.** 45(3).
- Tse, S. & Derschau, D. V. (2001). The Science of Conservation: Surfactant Residue and Rinsing Procedures for Historic Textiles. **CCI Newsletter,** (27). www.cci-icc.gc.ca (access date: 10/12/2012).
- Yang, C. Q. (1991). "FT-IR Spectroscopy Study of the Ester Crosslinking Mechanism of Cotton Cellulose ", **Textile Research Journal** . 61: 433-440.
- Yi, C. M. (2011). **"EFFECT OF WASHING ON TENSILE STRENGTH OF DENIM FABRIC".** Bachelor of Arts Thesis. Hong Kong: INSTITUTE OF TEXTILES & CLOTHING, THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY.
- Zippel, E. (2000). Staub, eine Reinigungsherausforderung (Dust, a challenge for cleaning). In N. Lachmann, & S. Miklin-Kniefacz (Ed.), **Schmutz: Zeitdokument oder Schadensbild?** 14 Tagung des Österreichischen Restauratorenverbandes, Altes Rathaus Wien, 14./15. Juni 1999 (pp. 76-80). Vienna: Österreichischer RestauratorenVerband.

Received: 2014/05/18
Accepted: 2014/08/11

Assessing the Application of Sodium Lauryl Ether Sulphate in the Cleaning of Historical Cotton Fabrics by Using Accelerated-Aged Samples

Mehri Ghobadi* Hossein Ahmadi**
Majid Mortazavi* Mohsen Mohammadi Achachluei******

Abstract

Although the issue of cleaning and washing the historical textiles and fabrics has been proposed in the field of conservation and restoration for a long time, it is still one of the important and challenging issues in this field. Depending on different characteristics of detergents, the cleaning formulation for various textiles will be different. Having different additives and changes of formulation due to time passing, industrial and commercial detergents lack sufficient and proper conditions to be used in such field. Choosing a detergent which is proportionate to the conditions of the textile and its physical features, has good cleaning effect and does not damage the textile and create bad effects on its fibers in the long run should be considered by the conservator in his plan. Regarding the extensive use of Sodium Lauryl Ether Sulphate (Anion surfactant) in most detergents and its being available and economical, this research aims to investigate its suitability by investigating its advantages and disadvantages in the wet-cleaning of historical cotton textile. To reach such an aim, its cleaning capacity and damaging effects in the cleaning of cotton textile should be assessed. The method of this research is comparative-analytic and the data has been gathered via relevant experiments such as ATR-FTIR, colorimetery, tensile strain etc. The aged cotton textiles are washed by the detergent which consists of the under-study surfactant, and they are examined before and after washing. The results of this study show that it has no damaging effect on the cellulose and can be used in washing historical cotton textiles.

Keywords: conservation, restoration, cotton, washing, surfactant, Sodium Lauryl Ether Sulphate

* PhD Candidate, Conservation of works of Art, Art University of Isfahan
** Associated Professor, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan
*** Associated Professor, Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology
**** PhD, Conservation of Works of Art, Art University of Isfahan