ارزیابی عملکرد چسب نشاسته برنج بازپروری و فعال‌سازی شده در آماده‌سازی تیشوهای مورداستفاده در مرمت آثار کاغذی

کبری دادمحمدی[۱*]
مهرناز آزادی بویاغچی[۲]
عباس عابد اصفهانی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی- تاریخی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، ایران

[۲] مهرناز آزادی بویاغچی، استادیار و عضو هیئت‌علمی دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، ایران

[۳] عباس عابد اصفهانی، عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد خوراسگان)، ایران

مسئول مکاتبات:
k.dadmohamadi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، تسهیل به‌کارگیری چسب نشاسته در مرمت آثار کاغذی که مرکب آن‌ها نسبت به آب حساس نیست و همچنین شناسایی و مقایسه ویژگی‌های ورق نشاسته فعال‌شده و چسب نشاسته تازه با یکدیگر است. شیوه گردآوری داده‌ها از طریق آزمایش‌های مرتبط با موضوع پژوهش همچون pH سنجی، رنگ سنجی، طیف‌سنجی مادون‌قرمز با بازتاب کلی تضعیف‌شده (FTIR-ATR)، اندازه‌گیری مقاومت کششی و همچنین اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی نمونه‌ها بوده است. به‌منظور نمونه‌سازی، ابتدا چسب نشاسته برنج و ورق خشک نشاسته برنج تهیه شد. سپس با استفاده از این چسب‌ها نمونه‌ها آماده شدند. نمونه‌های آماده‌شده تحت کهنه‌سازی تسریع شده حرارتی- رطوبت به مدت ۳۸۴ ساعت و نور طبق استاندارد ASTM به شماره D6789-02 به مدت ۳۶۰ ساعت قرار گرفتند و تغییرات رنگ، pH، مقاومت کششی و میزان چسبندگی آن‌ها، موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، بیشترین میزان اسیدیته پس از دو مرحله کهنه‌سازی مربوط به نمونه کاغذ تیشوی آغشته‌شده به چسب نشاسته برنج (RS) با pH ۶/۱ پس از کهنه‌سازی نوری و pH ۶/۰۱ پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت بود. کمترین میزان اسیدیته نیز مربوط به نمونه‌های ورق نشاسته (SF) با pH ۸/۳۵ پس از کهنه‌سازی نوری و pH ۸/۲۰ پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت است. پس از کهنه‌سازی نوری و حرارتی- رطوبت، بیشترین میزان مقاومت کششی مربوط به نمونه RS به میزان ۱/۰۸ کیلو نیوتن بر متر است. بررسی نتایج حاصل از آزمون مقاومت چسبندگی نیز نشان داد که پس از مرحله کهنه‌سازی نوری، بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه RS به میزان ۱/۳۲ نیوتن و پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت نیز بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه ورق نشاسته فعال‌شده (ASF) به مقدار ۱/۲۵ نیوتن است.

واژگان کلیدی: چسب نشاسته برنج، فعال‌سازی، بازپروری، تیشو، مرمت آثار کاغذی.

مقدمه

آثار کاغذی، از گذشته تاکنون بخش قابل‌توجهی از میراث فرهنگی- تاریخی را به خود اختصاص داده‌اند و نمونه‌های متعدد موجود در موزه‌ها، کتابخانه‌ها و آرشیوها گواه این مطلب است. ازآنجاکه آثار کاغذی در طول زمان آسیب زیادی می‌بینند، بنابراین مرمت آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است. یکی از موادی که در مرمت این آثار استفاده می‌شود چسب‌ها هستند. از مهم‌ترین چسب‌های مورداستفاده در مرمت آثار کاغذی می‌توان به چسب نشاسته اشاره کرد. این چسب هنوز نیز به‌وفور در مرمت مورداستفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه چسب نشاسته پس از تهیه بلافاصله باید استفاده شود و در صورت باقی ماندن بر روی آن قارچ و کپک رشد می‌کند و نگهداری آن مشکل است و مدت‌زمان ماندگاری آن بسیار کم است، باید دور ریخته شود. این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سؤالات است که در مرمت آثار کاغذی، فعال‌سازی تیشوهای چسب‌دار تهیه‌شده به‌وسیله چسب نشاسته چه عملکردی دارد؟ و موضوع دیگر این است که ورق نشاسته بازپروری‌شده به‌عنوان چسب چه عملکردی در مرمت آثار کاغذی دارد؟ بنابراین در این پژوهش سعی بر آن است که چسب نشاسته مورداستفاده در مرمت آثار کاغذی به‌صورت تیشوی چسب‌دار و نیز یک‌لایه ورق خشک تهیه شود و سپس توسط آب، فعال‌سازی شود و برای مرمت آثاری که مرکب و رنگ آن‌ها نسبت به آب حساس نیست استفاده شود. در این روش ماندگاری چسب بیشتر می‌شود و استفاده از آن نیز راحت‌تر خواهد بود. درنهایت بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد این چسب‌ها مورد ارزیابی قرارگرفته است. در زمینه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، به‌خصوص آثار کاغذی، منابع بسیار معدودی به چاپ رسیده است؛

Malekian (۲۰۰۱)، مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص حفاظت و مرمت نسخ خطی و اسناد تاریخی انجام داده است که در آن ضمن بررسی عوامل تخریب آثار کاغذی ازجمله (آلودگی هوا، رطوبت، حرارت، نور، قارچ‌ها و کپک‌ها، حشرات)، به روش‌های مرمت و بازسازی آثار کاغذی نیز پرداخته است و در آن روش‌های مرمت را به روش مدرن (روش خشک، روش خیس (تر)، بازسازی با ماشین) و روش سنتی تقسیم کرده است. در روش مرمت خشک، از چسب ترموپلاست (تکسی کریل) آماده برای بازسازی آثار کاغذی استفاده می‌شود و در روش مرمت خیس از چسب‌های سلولزی استفاده شده است. ایشان بیان می‌کنند که در بازسازی و مرمت کتب، شناخت کامل از همه روش‌ها تلفیق شیوه مدرن و سنتی الزامی است و ترجیحاً در امر بازسازی نسخ خطی نفیس، از روش‌های مدرن که اجباراً از چسب‌های حرارتی و ترموپلاست استفاده می‌گردد پرهیز شود، چراکه پس از قرار گرفتن در قفسه‌های کتاب با کمترین فشار وارده اوراق کتاب به هم چسبیده می‌شوند، ولی در شیوه‌های سنتی این اتفاق نخواهد افتاد [۱]. Fairbass(۱۹۹۵)، به بررسی برخی از چسب‌های سنتی (نشاسته)، استفاده‌شده توسط مرمتگران آثار هنری کاغذی پرداخته است و اشاره کرده است که چسب نشاسته از گذشته‌های دور تاکنون استفاده می‌شود و اگر این چسب از گرانول‌های نشاسته گندم تهیه شود و نه آرد پخته‌شده، این چسب قابلیت برگشت‌پذیری خواهد داشت. به‌طورکلی پاک کردن چسب نشاسته به کیفیت نشاسته‌ای که استفاده‌شده و روش ساخت چسب بستگی دارد؛ و درنهایت نتیجه گرفته است که مرمتگران آثار هنری روی کاغذ به استفاده از چسب‌های سنتی که در طول زمان امتحان و تست‌شده‌اند، تمایل بیشتری دارند زیرا می‌توانند فرایند تخریب این چسب‌ها را کنترل کنند [۲]. در این پژوهش سعی بر آن است برای مرمت آثاری که مرکب و رنگ آن‌ها نسبت به آب حساس نیست با استفاده از تیشوی حاوی چسب نشاسته و نیز یک لایه ورق خشک نشاسته انجام شود. در این روش‌ها، ورق تیشوی حاوی چسب و ورق نشاسته توسط آب فعال‌سازی شود و به‌وسیله پرس موضعی و یا با استفاده از دستگاه پرس سرد (بدون اعمال حرارت) به اثر متصل شوند.

مواد و روش‌ها

تهیه نشاسته برنج

در این تحقیق نشاسته برنج بر اساس استاندارد شماره ۳-۳۸۱ سازمان ملی استاندارد ایران آماده شد. به این صورت که ابتدا ۱۰۰ گرم برنج با آب شستشو داده شد و ۲۴ ساعت در آب خیسانده شد تا نرم شود، سپس آب آن

جدا شد و برنج در هاون کوبیده شد. در مرحله بعد برنج کوبیده شده با ۵۰۰ سی‌سی آب مخلوط شد و بر روی هیتر قرار داده شد. پس از قوام آوردن آب محتوی برنج، محلول به‌دست‌آمده با صافی جداسازی شد و به‌عنوان چسب برای نمونه‌سازی مورداستفاده قرار گرفت. pH محلول ۱۶٫۷ درصد حجمی به‌دست‌آمده، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط pH متر تعیین شد. نشاسته محلول با نسبت‌های مختلف با آب ترکیب شد و درنهایت نسبت ۳ به ۱(۳ قسمت چسب و ۱ قسمت آب) به دلیل غلظت مناسب به‌عنوان چسب برای نمونه‌سازی مورداستفاده قرار گرفت.

تهیه ورق نشاسته و فعال‌سازی آن

برای تهیه ورق نشاسته، از استاندارد شماره ۴۷۹۷ سازمان ملی استاندارد ایران، استفاده شد. ابتدا نشاسته محلول به‌دست‌آمده و آب با نسبت ۱ به ۱ با یکدیگر ترکیب شدند، سپس محلول آماده‌شده بر روی یک ورق پلی‌استر ملینکس بر روی سطح صافی ریخته شد و پس از خشک‌شدن یک لایه‌نازک ورق نشاسته را تشکیل داد (شکل ۱). در مرحله بعد به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، ورق نشاسته دوباره فعال‌سازی شد به این صورت که مقداری از این ورق در یک بشر قرار داده شد و سپس مقداری آب گرم (۱۰ گرم فیلم نشاسته + ۴۰ سی‌سی آب) به آن اضافه شد و بشر در حمام بن ماری ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. پس از آماده شدن نشاسته، از آن برای نمونه‌سازی استفاده شد.

شکل ۱- تهیه ورق نشاسته

آماده‌سازی نمونه‌های کاغذ تیشو با پوشش دهی آن‌ها به‌وسیلهٔ نمونه چسب‌های ساخته

در این مرحله برای آماده‌سازی نمونه‌ها، جهت انجام آزمون‌های موردنظر از کاغذ تیشوی (ژاپنی)g/m^2 ۹/۱۰، GIFU استفاده شد. این کاغذ pH خنثی دارد و نسبت به سایر انواع کاغذهای تیشو ضخامت کمتری دارد و معمولاً برای آسترگیری آثار کاغذی استفاده می‌شود. کاغذهای تیشو در ابعاد ۱۵۰ در ۱۵ میلی‌متر به‌منظور تعیین مقاومت کششی بر اساس استاندارد شماره ۳-۱۴۴۷۱ سازمان ملی استاندارد ایران و همچنین ابعاد ۳۰۵ در ۲۵ میلی‌متر بر اساس استاندارد شماره ۱۴۶۴۷ سازمان ملی استاندارد ایران به‌منظور تعیین میزان چسبندگی نمونه‌ها برش خورد و سپس چسب‌های نشاسته آماده‌شده توسط قلم‌مو به‌آرامی بر روی نمونه‌ها قرار گرفت و کاغذها با نمونه چسب‌های ساخته‌شده پوشش داده شدند. نمونه‌های ساخته‌شده شامل ۳ دسته هستند که هرکدام از نمونه‌ها برای سنجش مقاومت کششی ۳ تکرار و برای سنجش میزان چسبندگی ۵ تکرار دارند و در کل شامل ۶۷ نمونه را شامل می‌شوند. در این مرحله، نمونه R به‌عنوان نمونه شاهد و بدون چسب در نظر گرفته‌شده است تا تغییرات ایجادشده بر روی کاغذ بدون چسب نیز لحاظ شود (جدول ۱).

جدول ۱- نمونه‌های ساخته‌شده و کد اختصاری آن‌ها

نوع کاغذ	نوع چسب	کد اختصاری	تعداد
کاغذ تیشوی ۹/۱۰ گرمی	-	R[1]	۹
کاغذ تیشوی ۹/۱۰ گرمی	نشاسته برنج	RS	۲۴
کاغذ تیشوی ۹/۱۰ گرمی	ورق نشاسته فعال‌شده	ASF	۲۴
کاغذ تیشوی ۹/۱۰ گرمی	ورق نشاسته	SF	۱۰

[1] Reference نمونه شاهد (کاغذ تیشوی بدون چسب)

کهنه‌سازی تسریع شده‌ی نمونه‌ها

کهنه‌سازی تسریع شده‌ی نمونه‌ها جهت بررسی تغییرات ایجادشده در نمونه‌ها طی فرایند کهنه شدن مورداستفاده قرار گرفت. تغییرات موردبررسی شامل تغییرات pH، تغییرات رنگی، تغییر در مقاومت کششی و تغییر در مقاومت چسبندگی نمونه‌ها بود. این آزمون بر روی نمونه‌های آماده‌سازی شده (کاغذ پوشش داده‌شده با نمونه چسب‌ها و نمونه‌های شاهد بدون چسب) بر اساس استانداردهای در نظر گرفته‌شده به دو روش کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت (با میزان حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ به مدت ۳۸۴ ساعت) و کهنه‌سازی نوری (بر طبق استاندارد ASTM به شماره D6789-02، نمونه‌ها در معرض لامپ زنون OSKAM، HQI-BT400 ساخت کشور اسلواکی با زاویه تابش ۴۵ درجه و دمای روی سطح نمونه‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶۰ ساعت) انجام شد تا تغییرات ایجادشده پس از انجام این آزمون‌ها با نمونه‌های قبل از کهنه‌سازی مقایسه گردد.

تعیین pH چسب‌ها و نمونه‌های کاغذ آغشته به چسب

ازآنجاکه نمونه چسب‌های ساخته‌شده در مرمت آثار کاغذی استفاده خواهد شد، لازم است تأثیر این چسب‌ها بر روی میزان اسیدیته کاغذ، موردبررسی قرار گیرد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا پس از آماده‌سازی چسب‌های محلول مورداستفاده جهت نمونه‌سازی، pH آن‌ها (چسب نشاسته و چسب نشاسته فعال‌شده) توسط دستگاه pH سنج دیجیتال Metrohm مدل ۷۴۴ و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (جدول ۲). همچنین میزان pH نمونه کاغذ شاهد (بدون چسب) و نمونه‌های کاغذی که با نمونه چسب‌های موردنظر پوشش داده شده بودند بر اساس استاندارد TAPPI-T529 om-99، قبل از کهنه‌سازی در سه‌نقطه از سطح نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید. پس از دو مرحله کهنه-سازی مجدداً اسیدیته نمونه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد.

جدول ۲- نتایج سنجش pH چسب‌های آماده‌شده

نمونه چسب	میزان pH
RS	۷/۰۶
SF	۸/۶۳

رنگ سنجی نمونه‌ها

به‌منظور بررسی تغییرات ظاهری نمونه‌ها قبل و بعد از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت و کهنه سازی نوری، با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج دستی color tecto alpha محصول شرکت Salutron messtechnik، رنگ سنجی نمونه‌ها انجام شد. وسیع‌ترین سیستم پذیرفته‌شده تعریف رنگ، سیستم CIE است. در رنگ سنجی به روش CIELAB به‌وسیله مقادیر فاکتور L (روشنایی تا تاریکی)، فاکتور a (قرمز تا سبز) و فاکتور b (زرد تا آبی) تمام رنگ‌ها می‌توانند تعریف شوند. این مقادیر (L, a*,b*) در کنترل رنگ محصولات کاغذی تولیدشده نیز کاربرد دارند [۳].

طیف‌سنجی ATR-FTIR نمونه‌های ساخته‌شده

یکی از روش‌ها و ابزارهای سنجش و بررسی تغییرات نمونه‌های ساخته‌شده، طیف‌سنجی ATR-FTIR است. در این روش هرکدام از نمونه‌ها در زیر سنسور دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز مدل Nicolet-nexus 470 قرار گرفتند و این طیف‌سنجی به‌صورت سطحی (ATR) از نمونه‌ها انجام گرفت. طیف‌سنجی در دو مرحله، مرحله اول قبل از کهنه‌سازی نمونه‌ها و مرحله دوم پس از دو مرحله کهنه‌سازی نوری و کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت، از سطح نمونه‌ها انجام گرفت. سپس طیف‌های گرفته‌شده قبل و پس از کهنه سازی در کنار یکدیگر قرار گرفتند تا تغییرات صورت گرفته در طی دو مرحله کهنه‌سازی، برای هرکدام از نمونه‌ها موردبررسی قرار گیرد.

اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه‌ها

جهت سنجش مقاومت کششی نمونه‌ها، قبل و بعد از کهنه‌سازی، مقاومت کششی آن‌ها طبق استاندارد شماره ۳-۱۴۴۷۱ سازمان ملی استاندارد ایران در جهت طولی اندازه‌گیری شد. در این آزمایش برای سنجش مقاومت کششی الیاف، کاغذ را در ابعاد ۱۵۰ در ۱۵ میلی‌متر برش داده و به‌طور عمودی بین دو فک بالایی و پایینی دستگاه قرار گرفت که ۱۰۰ میلی‌متر از طول کاغذ بین دو فک قرارگرفته و نیروی کششی به آن وارد شد. هنگامی‌که نوار کاغذی از وسط پاره می‌شود نیرویی که دستگاه مشخص می‌کند میزان نیرویی است که کاغذ تا آستانه پاره شدن تحمل کرده است که واحد این نیرو، کیلو نیوتن بر متر است.

آزمون مقاومت چسبندگی نمونه‌ها

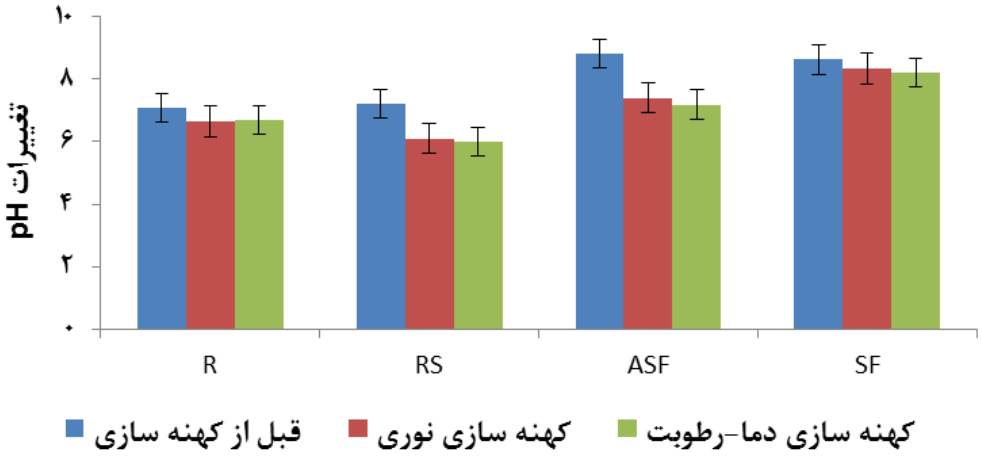
هدف از انجام این آزمون تعیین میزان مقاومت چسبندگی نمونه‌ها و بررسی میزان تغییرات چسبندگی آن‌ها قبل و بعد از مرحله کهنه‌سازی و همچنین مقایسه میزان مقاومت چسبندگی آن‌ها با یکدیگر بود که بر اساس استاندارد شماره ۱۴۶۴۷ سازمان ملی استاندارد ایران، با عنوان مقاومت به ورکنی (ورکنی- T) انجام شد. صفحه‌های آزمون با عرض ۲۵ و طول ۳۰۵ میلی‌متر تهیه شدند و ۲۴۱ میلی‌متر از طول آن‌ها با استفاده از دستگاه پرس سرد به یکدیگر اتصال داده شدند. طی آزمون طبق استاندارد مربوط، نمودار نیرو برحسب جابجایی گیره دستگاه یا نیرو برحسب طول ورکنده شده ثبت گردید و پس از انجام آزمون، نتایج حاصل بر اساس مقاومت ورکندن در طول حداقل ۱۲۷ میلی‌متر (۵ اینچ) از خط اتصال بعد از اولین پیک نمودار تعیین شد. ازآنجاکه آزمون برای هر نمونه ۵ بار تکرار شده بود، از نتایج حاصل میانگین گرفته شد. در انجام این آزمون از کاغذ فیلتر Munktell #393 معادل Watman# 42 به دلیل درصد بالای سلولز آن استفاده شد. همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این کاغذ شناخته‌شده است [۴].

نتایج و بحث

بررسی تغییرات pH

در بررسی سنجش اسیدیته نمونه‌ها بعد از دو مرحله کهنه‌سازی، مشخص شد که pH هیچ‌یک از نمونه‌ها از ۶ پایین‌تر نیامده است. pH بیشتر نمونه‌ها پس از کهنه‌سازی تقریباً در محدوده ۶ و ۷ باقی‌مانده است. این میزان افزایش pH درنتیجه فرایند کهنه‌سازی نوری تسریع شده، قابل پیش‌بینی است؛ اما به‌طور میانگین، بالاترین میزان اسیدیته پس از دو مرحله کهنه‌سازی مربوط به نمونه RS (کاغذ تیشوی آغشته به چسب نشاسته برنج) با pH ۶/۱ پس از کهنه‌سازی نوری و ۶/۰۱ پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت است. پایین‌ترین میزان اسیدیته نیز به‌طور میانگین مربوط به نمونه‌های SF(ورق نشاسته) با pH ۸/۳۵ پس از کهنه‌سازی نوری و pH ۸/۲۰ پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت است(شکل ۲). انجام واکنش‌های هیدرولیز و اکسیداسیون منجر به شکستن زنجیره سلولزی شده و پدیده اسیدی شدن کاغذ را در پی دارد. در این شرایط pH کاغذ کاهش‌یافته، رنگ آن به زردی گرایش پیدا می‌کند و بسیار شکننده شده، مقاومت مکانیکی خود را از دست می‌دهد [۵]. هیدرولیز مهم‌ترین واکنش شیمیایی است که باعث شکستن مولکول‌های سلولز می‌شود. در این واکنش، زنجیره سلولزی با اضافه شدن یک مولکول آب به ساختار شکسته می‌شود. این واکنش بیشتر در بخش‌های آمورف زنجیره سلولزی اتفاق می‌افتد. اکسیداسیون واکنش دیگری است که منجر به

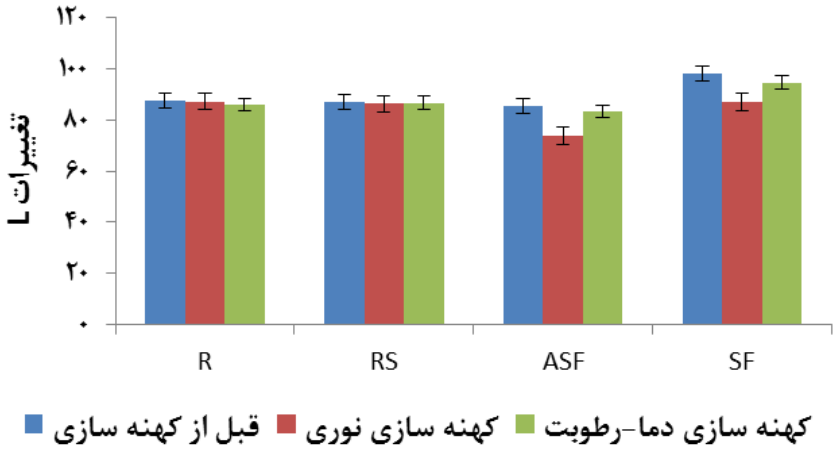
شکستن زنجیره‌های سلولزی می‌شود. در سلولز واکنش‌های اکسیداسیون بیشتر باعث تشکیل گروه‌های کربونیل از گروه‌های هیدروکسیل واحدهای گلوکز می‌شود. سپس با ادامه اکسیداسیون کربونیل‌ها، اسیدهای کربوکسیلیک تشکیل می‌شود [۶]. ازاین‌رو میزان pH کاغذ را می‌توان به‌عنوان یکی از شاخص‌ها برای تخریب سلولز در نظر گرفت.



شکل ۲- میانگین میزان pH نمونه‌ها قبل و پس از کهنه‌سازی

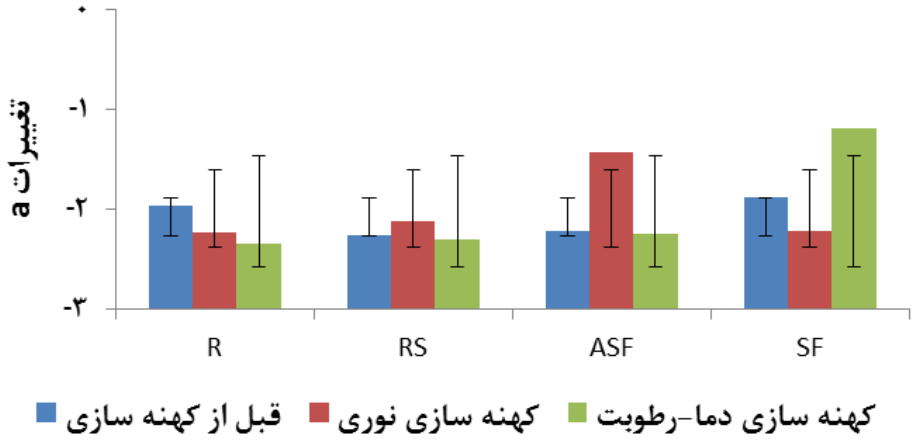
بررسی تغییرات رنگی نمونه‌ها

برای بررسی میزان تغییرات رنگی نمونه‌ها قبل و پس از کهنه‌سازی، میانگین تغییر فاکتورهای L* a* b* هر نمونه محاسبه گردید. در شکل ۳، تغییرات فاکتور L(روشنایی تا تاریکی) نمونه‌های مختلف در مقایسه با نمونه‌های شاهد نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، قبل از کهنه‌سازی میزان فاکتور L در نمونه‌های RS (کاغذ تیشوی پوشش داده‌شده توسط چسب نشاسته) و ASF (کاغذ تیشوی پوشش داده‌شده توسط چسب نشاسته فعال‌شده) نسبت به نمونه R (کاغذ تیشوی بدون چسب)، کاهش یافته است که این میزان کاهش در نمونه ASF بیشتر بوده است، بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که به‌کارگیری چسب نشاسته و چسب نشاسته فعال‌شده بر روی کاغذ، باعث تیره شدن رنگ کاغذ شده است. در نمونه شاهد بیشترین تغییرات رنگی پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت ایجادشده است و نمونه‌ها پس از کهنه‌سازی کمی تیره‌تر شده‌اند اما این تغییر بسیار کم بوده است. در نمونه RS، بیشترین تغییرات رنگ پس از کهنه‌سازی نوری ایجاد شده است. تغییرات رنگی ایجادشده در این نمونه‌ها نیز بسیار کم بوده است. در نمونه ASF فاکتور L پس از کهنه‌سازی نوری به میزان زیادی کاهش یافته است و درنتیجه رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شده است. پس از کهنه‌سازی دما- رطوبت نیز فاکتور L کاهش یافته است اما میزان آن بسیار کم بوده است. در نمونه SF (فیلم نشاسته)، فاکتور L پس از کهنه-سازی نوری، نسبت به کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت به میزان بیشتری کاهش‌یافته است و رنگ نمونه پس از کهنه‌سازی نوری تیره‌تر شده است، درحالی‌که پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت تغییرات رنگی کمتری در آن صورت گرفته است.



شکل ۳- تغییرات فاکتور L (روشنایی تا تاریکی) نمونه‌ها

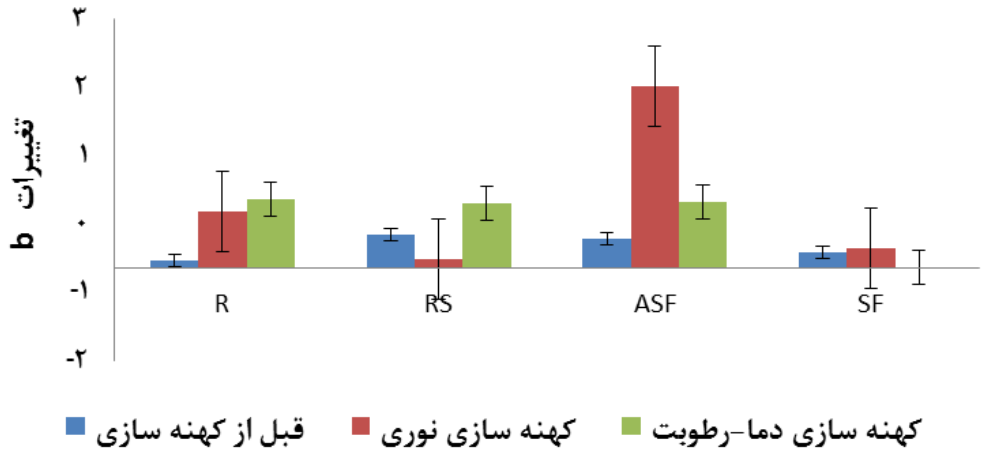
دیگر فاکتور موردبررسی در تغییرات رنگی، فاکتور a^* است که میزان تغییرات رنگی از سبز به قرمز را نشان می‌دهد. در شکل ۴، تغییرات a^* (سبز تا قرمز) نمونه‌ها قبل و بعد از کهنه‌سازی ارائه گردیده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان فاکتور a در نمونه R پس از کهنه-سازی کاهش یافته است که این میزان کاهش پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت بیشتر از کهنه‌سازی نوری است و نشان می‌دهد رنگ نمونه‌ها روشن‌تر شده است، البته میزان این تغییر رنگ بسیار کم بوده است. در نمونه RS پس از کهنه‌سازی حرارتی میزان فاکتور a افزایش‌یافته است و رنگ نمونه کمی قرمزتر شده است. در نمونه ASF فاکتور a پس از کهنه‌سازی نوری افزایش یافته است و نمونه‌ها به رنگ قرمز متمایل شده است. پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت رنگ نمونه‌ها نسبت به قبل از کهنه‌سازی تغییری نکرده و تقریباً ثابت مانده است. در نمونه SF پس از کهنه‌سازی نوری فاکتور a کاهش‌یافته است و رنگ نمونه سبزتر شده است اما پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت فاکتور a افزایش‌یافته و رنگ نمونه قرمزتر شده است.



شکل ۴- تغییرات فاکتور a (سبز تا قرمز) نمونه‌ها

آنچه در بررسی تغییرات رنگی ایجادشده در نمونه‌ها بسیار واجد اهمیت است، تغییرات به وجود آمده در فاکتور b (زرد تا آبی) است. در نمونه R پس از کهنه‌سازی، فاکتور b افزایش یافته است که این میزان افزایش پس از کهن-سازی حرارتی- رطوبت بیشتر از کهنه‌سازی نوری بوده است و رنگ نمونه به زرد متمایل شده است. در نمونه RS پس از کهنه‌سازی نوری فاکتور b کاهش یافته و رنگ نمونه روشن‌تر شده اما پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت میزان این فاکتور افزایش یافته و رنگ نمونه تیره‌تر شده است. در نمونه ASF پس از هر دو مرحله کهنه‌سازی رنگ

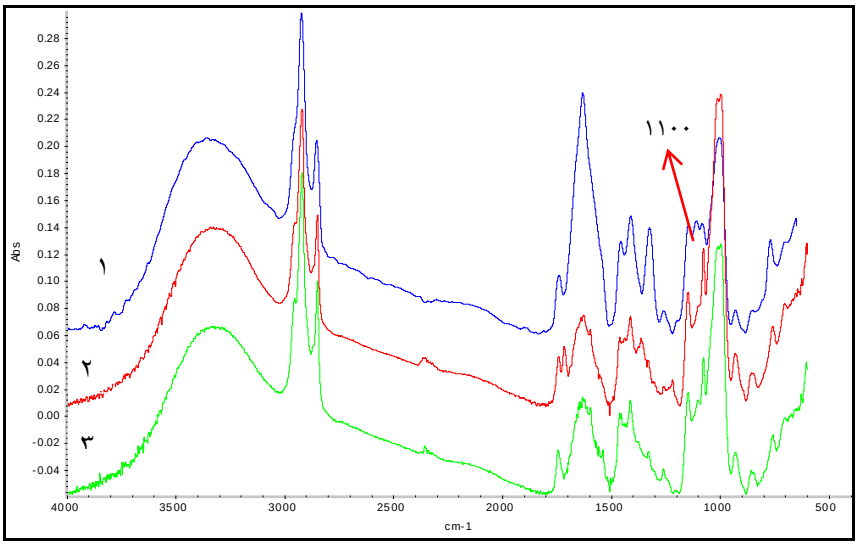
نمونه‌ها تیره شده است اما پس از کهنه‌سازی نوری تغییرات رنگی بیشتری در نمونه‌ها ایجاد شده است. در نمونه SF پس از کهنه‌سازی نوری فاکتور b افزایش‌یافته و رنگ نمونه‌ها به زرد متمایل شده است اما پس از کهنه-سازی حرارتی- رطوبت، فاکتور b به میزان کمی کاهش یافته است (شکل ۵).



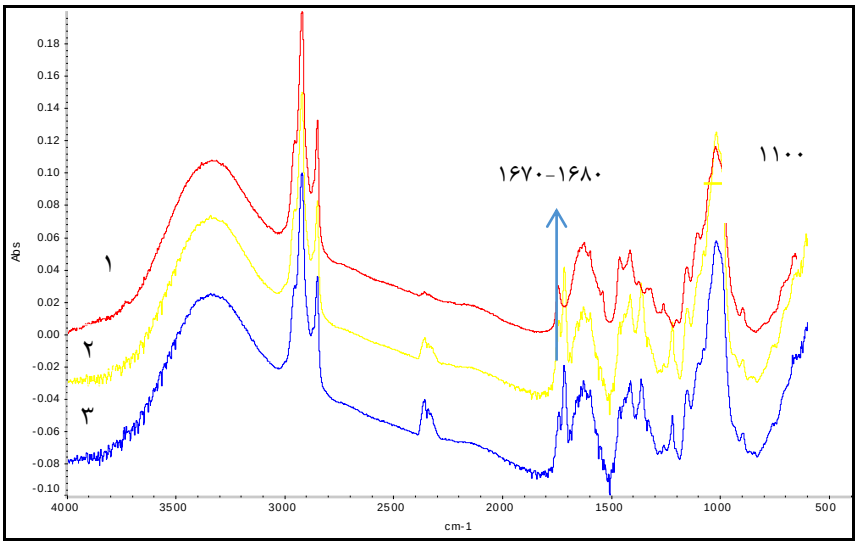
شکل ۵- تغییرات فاکتور b (زرد تا آبی) نمونه‌ها

بررسی نتایج حاصل از طیف‌سنجی ATR-FTIR نمونه‌های ساخته‌شده

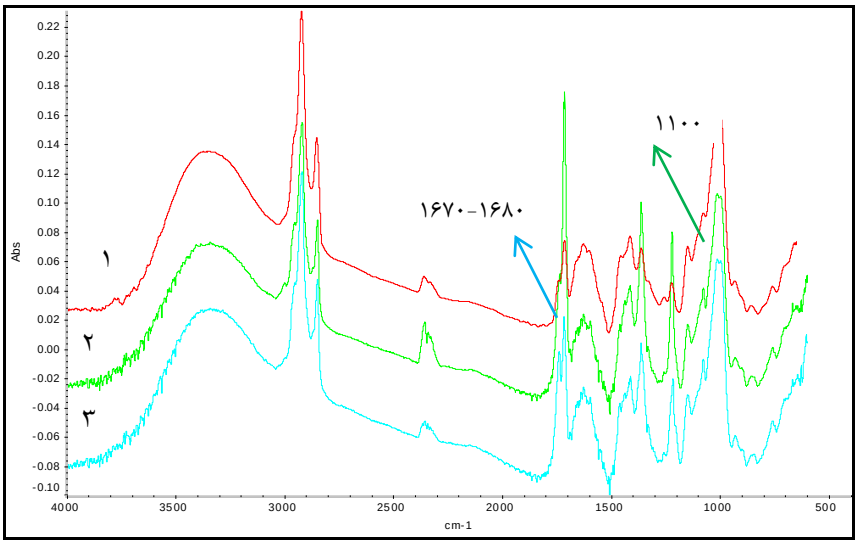
تغییر شدت جذب در برخی نواحی مانند افزایش جذب در محدوده cm^{-1} ۱۶۷۰-۱۶۸۰ یعنی ناحیه پیوند دوگانه C=O که مربوط به گروه‌های کربونیل است، در نمونه‌های RS و ASF پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت و کهنه‌سازی نوری می‌تواند ناشی از اکسایش این پیوندهای دوگانه و عامل تغییر رنگ نمونه‌ها باشد. ظهور پیک در محدوده cm^{-1} ۱۱۰۰ در نمونه‌های RS، SF و در نمونه ASF، پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت، نشانگر ارتعاش کششی C-O در سلولز است. تغییرات این جذب، نشان‌دهنده شکست پل اکسیژنی در زنجیره پلیمری پلی ساکاریدها است. افزایش جذب در محدوده cm^{-1} ۱۵۰۰- ۱۴۰۰ در اثر ارتعاش خمشی نامتقارن گروه CH بر افزایش این گروه دلالت دارد که خود تخریب عرضی را تأیید می‌کند [۷]. به‌طورکلی افزایش شدت پیک‌ها در کهنه-سازی نوری بیشتر از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت بوده است و تغییرات ساختاری ایجادشده در نمونه‌ها در اثر کهنه‌سازی نوری بیشتر از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت بوده است (شکل ۶ تا ۸).



شکل ۶- طیف ATR-FTIR نمونه SF، (۱) قبل از کهنه‌سازی، (۲) پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت، (۳) پس از کهنه‌سازی نوری



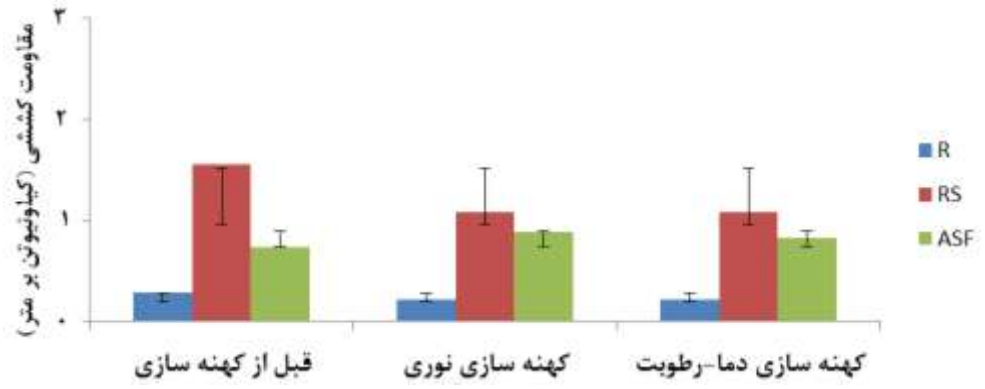
شکل ۷- طیف ATR-FTIR نمونه ASF، (۱) قبل از کهنه‌سازی، (۲) پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت، (۳) پس از کهنه‌سازی نوری



شکل ۸- طیف ATR-FTIR نمونه RS، (۱) قبل از کهنه‌سازی، (۲) پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت، (۳) پس از کهنه‌سازی نوری

بررسی نتایج حاصل از آزمون مقاومت کششی نمونه‌ها

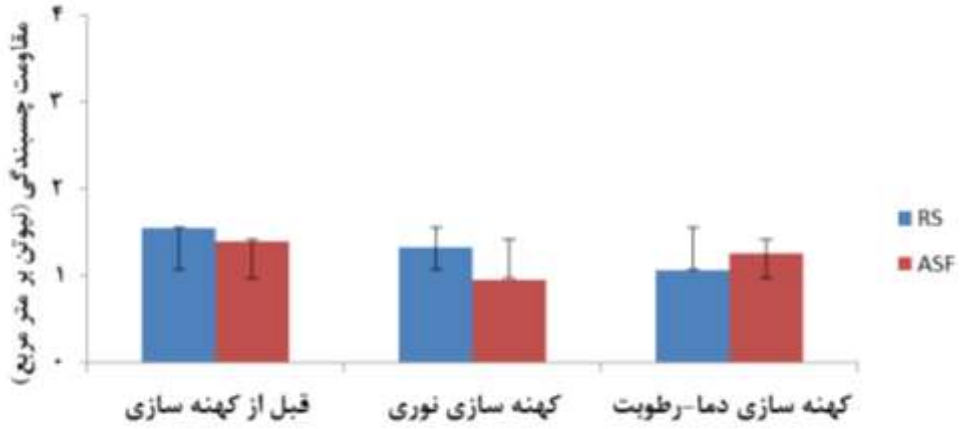
نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مقاومت کششی نمونه‌ها نشان می‌دهد که میزان مقاومت کششی نمونه‌های پوشش داده‌شده توسط چسب، نسبت به نمونه شاهد بدون چسب، در مرحله قبل از کهنه‌سازی افزایش‌یافته است. این افزایش مقاومت نسبت به کشش و گسیختگی به دلیل قرارگیری چسب مورداستفاده به‌صورت یک‌لایه بر روی کاغذ است که مقاومت را افزایش می‌دهد. بیشترین مقاومت به کشش در مرحله قبل از کهنه‌سازی، مربوط به نمونه RS است. میزان مقاومت کششی نمونه‌های ASF نسبت به نمونه RS کاهش یافته است. پس از کهنه‌سازی نوری و حرارتی- رطوبت، بیشترین میزان مقاومت کششی مربوط به نمونه RS است و مقاومت کششی نمونه ASF نسبت به آن کاهش‌یافته است (شکل ۹).



شکل ۹- تغییرات مقاومت کششی نمونه‌ها قبل و پس از دو مرحله کهنه‌سازی

بررسی نتایج حاصل از آزمون مقاومت چسبندگی نمونه‌ها

نتایج حاصل از این آزمون نشان می‌دهد که میزان چسبندگی نمونه‌ها پس از کهنه‌سازی نوری و حرارتی- رطوبت کاهش یافته است. میزان چسبندگی نمونه RS برخلاف نمونه ASF، پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت نسبت به کهنه‌سازی نوری کاهش بیشتری یافته است. بیشترین میزان چسبندگی در مرحله قبل از کهنه‌سازی مربوط به نمونه RS است. پس از مرحله کهنه‌سازی نوری بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه RS و کمترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه ASF است. پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت نیز بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه ASF و کمترین میزان نیز مربوط به نمونه RS است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- تغییرات مقاومت چسبندگی نمونه‌ها قبل و پس از دو مرحله کهنه‌سازی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از رنگ سنجی نمونه‌ها، قبل و پس از کهنه‌سازی نشان می‌دهد که تمام نمونه‌ها مقداری تغییرات رنگی داشته‌اند، در این میان بیشترین تغییرات رنگ مربوط به نمونه ASF(کاغذ تیشوی آغشته‌شده به ورق نشاسته فعال‌شده) و SF (ورق نشاسته) و کمترین میزان تغییرات رنگ مربوط به نمونه R (نمونه شاهد بدون چسب) بود. سنجش میزان اسیدیته نمونه‌ها نیز نشان می‌دهد که پس از کهنه‌سازی، میزان اسیدیته نمونه‌ها کاهش یافته است. بالاترین میزان اسیدیته پس از دو مرحله پیرسازی مربوط به نمونه RS (کاغذ تیشوی آغشته به چسب نشاسته برنج) است که میزان pH آن از ۷/۲ قبل از کهنه‌سازی به ۶/۱ پس از کهنه‌سازی نوری و ۶/۰۱ پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت کاهش‌یافته است. پایین‌ترین میزان اسیدیته نیز به‌طور میانگین مربوط به نمونه‌های SF(ورق نشاسته) است که میزان pH آن از ۸/۶۳ قبل از کهنه‌سازی به ۸/۳۵ پس از کهنه‌سازی نوری و pH ۸/۲۰ پس از کهنه‌سازی دما- رطوبت کاهش یافته است. مقایسه نتایج حاصل از آزمون مقاومت کششی نمونه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت به کشش در مرحله قبل از کهنه‌سازی، مربوط به نمونه RS است. پس از کهنه‌سازی نوری و حرارتی- رطوبت، بیشترین میزان مقاومت کششی مربوط به نمونه RS است و مقاومت کششی نمونه ASF نسبت به آن کاهش‌یافته است. بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی نمونه‌ها نیز نشان می‌دهد که بیشترین میزان چسبندگی در مرحله قبل از کهنه‌سازی مربوط به نمونه RS است. پس از مرحله کهنه‌سازی نوری بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه RS و کمترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه ASF است. پس از کهنه‌سازی حرارتی- رطوبت نیز بیشترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه ASF و کمترین میزان نیز مربوط به نمونه RS است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که این چسب قابلیت برگشت‌پذیری دارد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون مقاومت چسبندگی می‌توان نتیجه گرفت که گذشت زمان و عواملی مانند نور و دما باعث فعال شدن این نوع چسب نمی‌شود. درنتیجه این عوامل باعث ایجاد آسیب در این چسب نمی‌شوند.

منابع

[1] Malekian, M., 2001. A review of the conservation and restoration of manuscripts and historical documents. Payam Baharestan, 2(7): 45-53. (In Persian).

[2] Fairbass, SH., 1995. Sticky Problem for conservators of works of art on paper. Journal of Adhesion and Adhesives, 15 (2):115- 126.

[3] Holik, H., 2006. Handbook of paper and board, John Wiley & Sons, 32p.

[4] Sequeira, S. Cabrita, E. and Macedo, M., 2012., Antiungals on paper conservation, International Biodeterioration & biodegradation, 74 (3): 67-86.

[5] LiehNardi, A. and Vandom, F., 1998. Guide the protection, conservation and restoration of paper, Research Foundation of Astan Quds Razavi, Mashhad, 23p.

[6] Banik, G. and Brukle, I., 2011. Paper and water, Oxford: Butter worth- heinmann, 87p.

[7] Lukinac, J. Jokic, S. Planinic, M. Magdic, D. Velicv, D. Bucic-Kojicb, A. Bilic, M. and SreĆko, T., 2009. An Application of Image Analysis and Colorimetric Methods on Color Change of Dehydrated Asparagus (Asparagus maritimus L), Agriculturae Conspectus Scientificus,74 (3): 233-237.

[8] Rosenau, Th., Potthast, A., Krainz , K., Yoneda, Y., Dietz, Th. and French, A., 2011. Chromophores in cellulosics, VI. First isolation and identification of residual chromophores from agedcotton linters, Springer Science + Business Media, 18(4): 1623–1633.

Evaluation function rice starch glues of rehabilitation and activation in preparation tissues used in restoration paper works

Abstract

The aim of this research were to facilitate the use of starch in paper works that combined they are not sensitive to water and also identify the characteristics of adhesives (sheets) enabled starch and starch together new. The research, analytical comparison and gathering data through experiments related to research like pH measurement, colorimetric, infrared spectroscopy with attenuated total reflection (FTIR- ATR), measurement of tensile strength and adhesion strength of the samples was also measured. The present study was thus that the adhesives were prepared rice starch and rice starch plate enabled. The prototyping was done using adhesives. Thermal-humidity accelerated aging specimens for 384 hours and changes color, pH, tensile strength and adhesion are studied. The results showed, the highest acidity after two rounds of the sample aging RS (tissue paper coated with glue rice starch) with pH 6/1 after the optical aging and 6/01 after Thermal - humidity aging as well as the lowest acidity of the average of the samples SF (plate starch) with pH 8/35 after optical aging and pH 8/20 after Thermal-humidity. after optical and Thermal-humidity aging, the highest tensile strength of the sample RS is the 1/08 kN per meter. Reviews results that the adhesion strength test showed after stage optical aging, the maximum adhesion of the is sample RS 1/32 Newton and after the Thermal-humidity aging of the highest adhesion into sample activated starch sheets (ASF) to amount 1/25 Newton.

Keywords: rice starch glue, activation, rehabilitation, tissue, restoration of paper works.

K. dadmohamadi[1*]
M. azadi[2]
A. abed esfahani[3]

[1] Ph.D. student, Restoration of historical and cultural objects, Art university of Isfahan, Iran

[2] Assistant Prof., Department of restoration of cultural and historical objects, Art university of Isfahan, Iran

[3] science Committee Member Islamic Azad university (Khorasgan), Iran

Corresponding author:
k.dadmohamadi@yahoo.com

Received: 2017/02/03
Accepted: 2018/02/26