تأثیر صمغ کتیرای قلیایی‌شده بر خواص نوری و مکانیکی اسناد کاغذی تاریخی

اعظم سهیلی پور[۱*]
مهرناز آزادی بویاغچی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران، ایران

[۲] استادیار و عضو هیئت‌علمی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، ایران

مسئول مکاتبات:
A.soheiliii@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۰

چکیده

هدف این پژوهش، ارزیابی صمغ کتیرا، بهینه‌سازی و استفاده از آن به‌عنوان استحکام‌بخش جهت بازگرداندن مقاومت کششی و پایداری به اسناد کاغذی تاریخی است. در این پژوهش محلول کتیرا با درصدهای وزنی مختلف تهیه شد و جهت بالابردن میزان pH، کلسیم هیدروکسید و جهت افزایش انعطاف‌پذیری، گلیسرول به آن افزوده شد. تیمار حاصل روی نمونه‌های کاغذی سه بار به‌وسیله اسپری دستی به میزان ۳/۵ میلی‌لیتر اسپری شده و سپس تحت کهنه‌سازی رطوبت- دما به شماره استاندارد ISIRI -4706 به مدت ۱۲ روز کامل و کهنه‌سازی نور به شماره استاندارد ASTM D6789-02 به مدت ۶ روز کامل قرار داده شد. نتایج نشان داد که pH نمونه‌های تیمارشده قبل و بعد از کهنه‌سازی نسبت به نمونه شاهد، به میزان ۰/۷۵ تا ۲/۲ واحد افزایش یافته و در محدوده قلیایی قرار گرفته است. آنالیز SEM، پیوستگی سطحی بیشتر الیاف را گزارش داد. ارزیابی مقاومت کششی نمونه‌ها قبل و بعد از کهنه‌سازی بیان‌کننده افزایش مقاومت کششی تا ۱۵٪ بسته به میزان صمغ مصرفی بود. نتیجه آنالیز رنگ سنجی، قدر مطلق تغییرات رنگی نمونه‌های تیمارشده و نمونه شاهد را قبل و بعد از کهنه‌سازی ۰/۱۴۵ و ۰/۳۷۲ گزارش داده و عدم تغییرات رنگ و کدورت ماده استحکام‌بخش را اعلام نموده است.

واژگان کلیدی: صمغ کتیرای قلیایی شده، خواص نوری، خواص مکانیکی، اسناد کاغذی تاریخی.

مقدمه

عوامل فرسایش در کاغذ به دودسته عوامل بیرونی چون دما، رطوبت و نور نامناسب و عوامل درونی چون اسیدی بودن، ساختار نامناسب کاغذ در اثر فرآوری، نوع جوهر و مواد افزودنی طبقه‌بندی‌شده که هرکدام به‌نوعی کاغذ را در معرض خطر قرار می‌دهند. آثار کاغذی تهیه‌شده از خمیر حاوی چوب[۱] موردمطالعه قرار گرفته که به جهت ماهیت کاربردی خاص این کاغذ ازجمله زمان کم استفاده، هزینه و فرآیند ساخت پربازده و مکانیکی آن دارای لیگنین[۲] بالا می‌باشند، ساختار لیگنین موجود باعث

[1] Wood pulp
[2] Lignin

فراهم آوردن شرایط اسیدی در کاغذ و به‌نوعی موجبات شکنندگی، تردی و تغییر و ضعف ساختاری در ساختار کاغذ و پیوندهای بین الیاف سلولز می‌شود [۱]. دی‌پلیمریزاسیون سلولز با نقش کاتالیزوری اسید موجود در لیگنین، یکی از معضلات در ماندگاری کاغذ به شمار می‌رود که در بلندمدت، در روند ازهم‌پاشیدگی آن نقش اساسی ایفا می‌کنند؛ چراکه pH اسیدی منجر به شکست باندهای شیمیایی متصل‌کننده پلیمرهای سلولز – دی پلیمریزاسیون سلولز- در روندی ممتد و متوالی می‌شود که درنهایت منجر به تغییر رنگ و از دست دادن قدرت تحمل پارگی کاغذ می‌گردد. اکسیداسیون کاغذ نیز در بالابردن غلظت اسید در آن نقش دارد، چراکه به‌واسطه اکسیداسیون فتونی گروه‌های اولیه الکلی در پلیمر سلولز به آلدهید و در درجه‌های بعدی گونه‌های الکلی به گروه‌های کربوکسیل اکسید می‌گردد. یک‌راه متوقف کردن چرخه واکنش‌های تسریع شده به‌واسطه اسید، خنثی‌سازی پروتون‌های (H+) پدیدآورنده pH کمتر در واکنش ترکیبات قلیایی اسیدزدا است [۱و۲].

با توجه به اصول مبانی نظری مرمت، یافتن شیوه‌ای کم‌خطر جهت حفظ کالبد آثار هنری و تاریخی، استفاده از ماده اسیدزدا همراه با قابلیت استحکام‌بخشی (به‌عنوان تقویت‌کننده) آثار کاغذی کهنه‌شده ضروری به نظر می‌رسد. در راستای هدف پژوهش و در جهت عملیات حفاظت- مرمت و افزایش استحکام آثار کاغذی، می‌توان آهارزنی مجدد یا استحکام‌بخشی را انجام داد تا حدی که به تمامیت، شکل و ساختار آثار کاغذی خدشه‌ای وارد نشود [۱]. مواد استحکام‌دهنده مورداستفاده در کاغذ باید دارای ویژگی‌های؛ اندازه ذرات مناسب، عدم کدورت رنگی، انعطاف‌پذیری کافی، گرانروی یا ویسکوزیته مناسب با اثر و pH قلیایی باشند [۳]. درحالی‌که چسب‌های پلیمری موجود که به‌عنوان مواد عامل استحکام‌بخش رایج‌اند، دارای معایب؛ pH اسیدی، جلوگیری از مسدود شدن منافذ اثر، تغییر رنگ و زردشدن ماده پلیمری در برابر نور UV، داشتن دمای انتقال شیشه‌ای T_g[4] کم و در بعضی موارد بخارات سمی می‌باشند. در بین پلی ساکاریدها، نشاسته‌ها و صمغ‌های گیاهی از پرکاربردترین مواد به‌کاررفته در صنایع کاغذسازی هستند که به‌طور عمده جهت افزایش مقاومت کاغذ استفاده می‌شوند. زمانی که صمغ در بین الیاف کاغذ قرار گیرد باعث ایجاد و تقویت پیوند بین الیاف کاغذ می‌گردد. در مقایسه با دیگر پلیمرهای گیاهی، صمغ از عمل‌آوری و آماده‌سازی ساده‌تری برخوردار است. در راستای ارائه ماده‌ای با خواص متناسب با کاغذ جهت افزایش مقاومت کاغذهای فرسوده با ماهیت اسیدی، صمغ کتیرا[3] به علت نوع ترکیبات، خواص رئولوژی، پایداری در pH ها و دماهای مختلف و همچنین بومی و اقتصادی بودن آن برگزیده شد [۱].

کتیرا از دو جزء محلول یا تراگاکانتین و نامحلول یا باسورین با نسبت ۴۰ به ۶۰٪ تشکیل شده است که جزء محلول یا تراگاکانتین متشکل از اورونیک اسید متصل به چند مولکول قند آرابینوز است. جزء نامحلول یا باسورین متشکل از گالاکترونیک اسید متصل به قندهای گالاکتوز و کسیلوز است [۴]. در راستای پژوهش بر روی ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژی صمغ کتیرا با توجه به سایز مناسب[4] جزء محلول (تراگاکانتین)، pH خنثی[5] و گرانروی آن، جزء محلول به‌عنوان ماده مناسب جهت افزایش استحکام کاغذ موردبررسی قرار گرفته است [۵]. در راستای تهیه ماده استحکام‌بخش، از حلال آبی استفاده شد که باعث آبشویی و حفاظت از پارچه‌ها و کاغذهای تاریخی در برابر اسیدیته شده و همچنین پس از کهنه‌سازی نیز تأثیر مطلوبی دارد [۷].

طی تحقیقات Burgess و همکاران (۹۱-۱۹۹۰)، چندین ماده اسیدزدا چون منیزیم هیدروکسید، کلسیم هیدروکسید، کربنات منیزیم، کربنات کلسیم و. در راستای حفاظت و مرمت کاغذ، اعمال گردید. نتایج نشان داد تیمار کلسیم هیدروکسید[6] ویژگی‌هایی چون عدم محصولات فرعی چون شوره، عدم تورم لیف، پایداری بعد از

[3] Ultra Violente
[4] Temperature Glasses

[5] Tragacanth Gum ($C_{28}H_{48}O$)

[4] بر اساس مطالعات Balaghi و همکاران (۲۰۱۱)، ا اندازه ذرات جزء محلول مستخرج از صمغ کتیرا کمتر از ۱۰۰ nm ارزیابی شده است [۶].

[5] pH صمغ ۵/۵ تا ۶ می‌باشد و به‌عبارتی اسیدی است درحالی‌که pH جزء محلول آن ۷ و به‌عبارتی خنثی می‌باشد [۶].

[6] Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$)

کهنه‌سازی و همچنین قابلیت استفاده از حلال آبی را دارا است. با قیاس این روش اسیدزدایی با درمان‌های رایج مشخص گردید که با وجود این‌که درمان محلول به دلیل واکنش‌های جنبشی، هیدرولیز قلیایی اولیه‌ی قوی‌تری را به وجود آورده، از به وجود آوردن کاتالیزورهای اکسیداسیون و هیدرولیز اسیدی مستقیماً در حمام درمان نیز جلوگیری نموده و همچنین در بلندمدت از پایین‌ترین سطوح تخریب سلولز ممانعت به عمل می‌آورد [۵ و ۸]؛ ازاین‌رو کلسیم هیدروکسید، جهت تأمین ذخیره قلیایی در آثار کاغذی تاریخی اسیدی و افزایش pH تیمار استفاده گردید [۹ و ۱۰]. تنها اشکال اصلی این فرضیه، محدودیت درمان به کاغذهایی با جوهرها و رنگ‌های غیرقابل‌حل در محلول‌های آبی است [۱ و ۲]. این درمان حفاظتی در دانشگاه فلورانس اصلاح‌شده و به‌عنوان یک روش اسیدزدایی کاغذ در سال ۲۰۰۲ منتشر شد [۲]. با توجه به انعطاف کم تیمارهای پوشش‌دهنده پلی ساکاریدی، افزودن لیپید متناسب با مواد، ضروری است [۱۱]، افزودن نرم‌کننده، سبب کاهش برهمکنش‌های موجود در ساختار تیمار شده و باعث بهبود انعطاف‌پذیری، افزایش میزان کشش‌پذیری و کاهش انتقال رطوبت به تیمار می‌شود که گلیسرول[1] به علت شفافیت آن به‌عنوان تیمار مناسب در نظر گرفته شده است [۱۲ و ۱۳].

با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد صمغ کتیرا و مواد بهینه‌ساز آن (کلسیم هیدروکسید و گلیسرول)، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پلیمرهای استخراج‌شده از صمغ کتیرا بر خواص pH، مقاومت و رنگ نمونه‌های کاغذی به‌منظور جبران ضعف‌های عدم پیوستگی، مقاومت پایین و تخلخل این دست آثار در ایجاد پیوستگی و استحکام الیاف است. آزمون مقاومت کششی نیز جهت بررسی مقاومت و استحکام نمونه‌های تیمار شده انجام شد. تأثیر ماده بر روی ساختار سطحی و همچنین رنگ نمونه‌ها ارزیابی گردید. قابل‌ذکر است که طرح حفاظتی ارائه‌شده در این مقاله و استفاده از کتیرا در علم مرمت کاملاً نوآورانه است و برای اولین بار، جهت تیماردهی کاغذ، به‌عنوان آهار مجدد و عامل استحکام‌بخش مطرح شده است.

[1] Glycerol

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش از صمغ کتیرا مفتولی سفیدرنگ همدان تهیه‌شده از عطاری محلی استفاده شد. گلیسرول[2] با فرمول مولکولی $C_3H_8O_3$ و همچنین از محلول تهیه‌شده هیدروکسید کلسیم محصول شرکت Merck آلمان استفاده شد [۱].

روش‌ها

روش پژوهش با مطالعات در چند دوره متناوب با درصدها، روش‌ها و شیوه‌های اجرای متفاوت صورت پذیرفته که در این مقاله مطلوب‌ترین درصدها و شیوه‌ها ارائه‌شده است. بکار گرفتن کلسیم هیدروکسید و گلیسرول، جهت ایجاد ذخیره قلیایی و انعطاف کافی در نمونه‌های کاغذی در راستای بهینه‌سازی صمغ بوده که دو درمان هم‌زمان استحکام‌بخشی و اسیدزدایی آثار کاغذی جهت تقویت الیاف و جلوگیری از فرسایش آن، روش پژوهش را جهت‌دار نموده است [۱ و ۱۴].

آماده‌سازی تیمار صمغ کتیرا

محلول کلسیم هیدروکسید به‌عنوان محلول اسیدزدا یا بافر در مرکز اسناد و کتابخانه ملی تهیه گردید. ابتدا ۵ گرم از کلسیم هیدروکسید را در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط نموده و به مدت ۳ روز روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. سپس مخلوط مذکور را از صافی رد نموده و محلول زیرین به‌عنوان محلول اسیدزدا، قابلیت استفاده را داشت. محلول کلسیم هیدرواکسید را قطره‌قطره در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته تا pH آب به ۱۰ برسد.pH محلول، باید به‌اندازه‌ای افزایش یابد تا در اثر اجرای ماده روی نمونه‌های کاغذی، pH نمونه از ۸/۵ بالاتر نرود چون باعث تورم بیش‌ازحد لیف و همچنین هیدرولیز آن خواهد شد و در این پژوهش بالاترین میزان pH، ۱۰ در نظر گرفته شد که نهایتاً مقدار ۲/۲ میلی‌لیتر محلول کلسیم هیدروکسید باعث حصول pH موردنظر شد [۱].

[2] محصول شرکت Merck آلمان با مشخصات۸۷٪ Cetwa، g/mol M: ۹۹/۱۰

بر اساس مقاله Balaghi و همکاران (۲۰۱۱)، ابتدا کتیرا با آسیاب DEPOSE پودر شد و سپس پودر صمغ از مش ۲۰ عبور داده شد. درصدهای مختلف صمغ که شامل غلظت‌های ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۳ و ۰/۴ درصد وزنی باشد، وزن گردیده و به آب قلیایی شده اضافه گردید. گلیسرول به نسبت ۳۳٪ وزن خشک صمغ به مخلوط اضافه شد. مخلوط با همزن شیشه‌ای به هم زده‌شده و سپس مواد به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاندارد محیطی (در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰٪) قرار داده شد تا به قوام و به عبارتی حداکثر ویسکوزیته برسد. مخلوط حاصل روی همزن مغناطیسی به مدت ۳ ساعت با دور ۷۵۰rpm و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا حباب‌های موجود در مخلوط از آن خارج گردد. سپس اجزای محلول و نامحلول تیمار صمغ با دستگاه سانتریفیوژ ۱/۰ Kendrolab Oratoryproducts Magnafage ساخت آلمان با دور ۳۵۰۰rpm طی زمان ۲۰ دقیقه جداسازی نموده و به‌منظور اصلاح و تقویت ویژگی‌های ماده از جزء محلول استفاده شد. قابل‌ذکر است که غلظت ۰/۱۵ درصد وزنی صمغ به دلیل میزان کم صمغ مصرفی و گرانروی پایین، ناکارآمد تشخیص داده‌شده و از ادامه آزمون‌ها کنار گذاشته شد. همچنین غلظت ۰/۴ درصد وزنی نیز به علت باردارشدن تیمار و دافعه بین بارها موجب ساختار پلاستیسیته و گسترده در آن شده [۱۴] و به دلیل عدم قابلیت جداسازی اجزای آن و همچنین گرانروی بالا از ادامه بررسی‌ها حذف شد و روند آزمون‌ها با مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۳ درصدهای وزنی ادامه یافت [۱ و ۴].

تهیه نمونه‌های کاغذی و نحوه اجرای تیمار کتیرا روی نمونه‌ها

ازاین‌جهت که هدف این پژوهش استحکام‌بخشی اسناد کاغذی تاریخی به‌ویژه کاغذهای تهیه‌شده از خمیر حاوی چوب مانند روزنامه بود، نمونه‌های جامعه آماری از کاغذهای روزنامه تاریخی با قدمت ۶۶ و ۳۶ سال به ترتیب باضخامت‌های ۱۴۰ و ۱۵۰ میکرومتر که جنبه آزمایشگاهی داشته و کاغذ روزنامه معاصر با ضخامت ۱۳۵ میکرومتر استفاده شد. ضمناً نمونه‌های کاغذی روزنامه جامعه آماری طبق آنالیز عنصری EDS، حاوی پرکننده-های قلیایی چون هیدروکسیدها، کربنات‌ها و ... نبوده و ماهیت اسیدی داشتند. همچنین از کاغذ صافی واتمن به ضخامت ۳۸۰ میکرومتر به دلیل pH خنثی آن به‌عنوان استاندارد آزمایشگاهی مورداستفاده قرار گرفت. ضخامت‌سنجی نمونه‌ها با دستگاه ضخامت‌سنج ThichnessGageo با مشخصات ۱S۱۲۳۴۶-۱۰ ارزیابی شد. نمونه‌ها برای ارزیابی مقاومت کششی با ابعاد ۲×۱۴ سانتی‌متر مربع در راستای طولی و عرضی و برای رنگ سنجی با ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر مربع برش زده شد. سپس تیمار حاصل سه بار و هر بار به میزان ۱/۱۶ میلی‌لیتر روی نمونه‌ها اسپری گردید [۱].

کهنه‌سازی تسریعی دما – رطوبت و نور[1]

کهنه‌سازی تسریعی دما- رطوبت و نور جهت ارزیابی آسیب‌های محیطی چون دما، رطوبت و نور روی تیمار و نمونه‌های کاغذی شاهد و تیمارشده انجام شد که ۵۵ نمونه از همه آنالیزها تحت عمل کهنه‌سازی قرار گرفتند. کهنه‌سازی تسریعی دما- رطوبت نمونه‌ها با استفاده از استاندارد ISIRI-۴۷۰۶ توسط دستگاه Binder (مدل KBF115) آلمان انجام شد، طبق این استاندارد همه نمونه‌ها در شرایط یکسان در معرض حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت بالای ۶۵٪ به مدت ۱۲ روز کامل قرار داده شد [۱۵ و ۱۶]. کهنه‌سازی تسریعی نور طبق استاندارد ASTM به شماره D6789-02 انجام شد [۱۷]. لامپ UVB (پهنای باند باریک W ۲۰ با طول‌موج ۳۱۱ نانومتر به رنگ آبی) در محفظه چوبی قرار داده‌شده و نمونه‌ها در فاصله ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری لامپ به مدت ۶ روز تحت کهنه‌سازی نوری قرار گرفتند [۱۸]. طبق استانداردهای مربوطه، نمونه‌ها به مدت ۵۰ سال پیر شدند [۱].

اندازه‌گیری ویژگی‌ها

تعیین pH

تغییرات pH در نمونه‌ها، قبل و بعد از کهنه‌سازی در مقایسه با نمونه شاهد به‌وسیله دستگاه pH متر با الکترود مسطح و مشخصات

[1] Accelerated Aging

مقاومت کششی

طی مطالعات Ansari و همکاران ۲۰۰۸، این آنالیز جهت بررسی میزان تغییرات مقاومت کششی آن‌ها با واحد کیلو نیوتن بر متر در سیستمSI انجام شد. آنالیز در راستای طولی یا راه الیاف نمونه‌ها و در راستای عرضی یا عمود بر راه الیاف هرکدام جداجدا بررسی شده و نمونه‌های تیمار شده قبل و بعد از کهنه‌سازی با نمونه شاهد در راستای طولی و عرضی مقایسه شدند [۲۰]. آنالیز با دستگاه INSTORN ساخت آمریکا، سرعت ۵۰ml/s و استاندارد ۲- ISIRI-۸۲۷۳ انجام گرفت [۲۱ و ۲۲]. در راستای این آنالیز، ۲۴ عدد نمونه کاغذ روزنامه تاریخی با ضخامت ۱۴۰ میکرومتر و ۴۰ نمونه آزمایشگاهی کاغذ واتمن با ضخامت ۳۸۰ میکرومتر با غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۳ درصد وزنی و موردسنجش قرار گرفت که ۳۲ نمونه جهت مقایسه تحت کهنه‌سازی قرار گرفتند. آنالیز با سه بار تکرار و هر بار با دو نمونه (به عبارتی ۶ بار تکرار) انجام شده و برای حداقل رساندن میزان خطا در آنالیز، میانگین گرفته شد.

رنگ سنجی[1]

یکی از ویژگی‌های مهم در انتخاب ماده محافظ یا استحکام‌بخش کاغذ، عدم تغییرات رنگی حاصل از ماده موردنظر روی نمونه‌های کاغذی است که این آزمون جهت بررسی تغییرات سراسری رنگی (ΔE)[2]طراحی شده و عدد کوچک‌تر ΔE نشانه تغییر کمتر در رنگ نمونه است و از طریق بررسی شاخص‌های رنگی[3] l^* a^* b^* به دست می‌آید. به‌منظور ارزیابی تغییرات رنگی یا ΔE از معادلات ۱ و ۲ استفاده می‌شود:

$$\Delta E_{l^*a^*b^*} = \sqrt{(l^*-l_0^*)^2 + (b^*-b_0^*)^2 + (a^*-0^*)^2} \quad (۱)$$

$$\Delta E = \Delta E \text{ sample} - \Delta E \text{ blank} \quad (۲)$$

که l^* شاخص روشنایی تا تیرگی[4]، a^* شاخص قرمزی تا سبزی، b^* شاخص زرد تا آبی است. در این آزمون ΔL>0 نشانه روشنی و ΔL<0 نشانه تیرگی است. علامت (+a) نشان‌دهنده طیف رنگی قرمز و علامت (-a) نشان‌دهنده طیف رنگی سبز، (+b) طیف رنگ زرد و (-b) طیف رنگ آبی است [۲۳ و ۲۴]. اعداد برحسب ارزش نسبی با یکدیگر مقایسه شدند. ضمناً تغییرات رنگی اگر بالای عدد یک بود، ماده استحکام‌بخش دارای رنگ بوده و ازنظر ویژگی عدم رنگی دهی یا کدورت، مردود است اما اگر تغییرات رنگی زیر ۰/۱ باشد خطای دستگاه فرض می‌شود. شاخص‌های رنگی ماده استحکام‌بخش با دستگاه Macbeth Color- Eye۷۰۰۰ A Spectrophotometer Gretag ساخت آمریکا با محدوده طیفی، ۳۶۰ تا ۷۵۰ نانومتر بر اساس استاندارد TAPPI TIS 0804-04 موردبررسی قرار گرفت [۱ و ۱۹].

این آنالیز با استفاده از ۱۲ نمونه کاغذ واتمن (به‌عنوان کاغذ استاندارد آزمایشگاهی)، ضخامت ۳۸۰ میکرومتر تیمارشده با غلظت ۰/۳ درصد وزنی صمغ انجام شد که ۶ نمونه تحت کهنه‌سازی قرار گرفتند. آنالیز با سه بار تکرار انجام شده و برای حداقل رساندن میزان خطا در آنالیز، میانگین گرفته شد.

تحلیل آماری

بررسی و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شد. همچنین شاخص خطا برای متوسط داده‌ها محاسبه و روی نمودار نشان داده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها در گروه‌های دوتایی نیز با آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد

[1] Lightness- Darkness
[2] Total color difference
[3] Colorimetrice analysis
[4] Greenness-Redness
[5] Blueness-Yellowness

جدول ۱- ویژگی‌های موردبررسی و استانداردهای مربوطه

ویژگی موردبررسی	شماره استاندارد
کهنه‌سازی تسریعی دما و رطوبت	ISIRI-4706
کهنه‌سازی تسریعی نور	ASTM D6789-02
تعیین pH	TAPPI T 529-om99
مقاومت کششی	ISIRI-8273-2
رنگ سنجی	TAPPI TIS 0804-04

نتایج و بحث

تعیین pH تیمار و نمونه‌های تیمار شده

طبق اشکال ۱، pH نمونه‌های تیمار شده A1، A2 و A3 از نوع کاغذ روزنامه، قبل از کهنه‌سازی در محدوده قلیایی ۷/۳۹ تا ۷/۵۹ و بعد از عمل کهنه‌سازی، نیز pH نمونه‌های تیمار شده در محدوده نزدیک به قلیایی ۶/۸۱ تا ۷/۴۵ است. نمونه‌های واتمن فاقد اسید نیز تیمار شده و pH قبل از کهنه‌سازی ۷/۸۸ و بعد از کهنه‌سازی ۷/۷۸ است. طی نتایج گروه‌بندی دانکن، بین pH نمونه‌های تیمارشده و شاهد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت و این تفاوت در نمونه‌های تیمار شده با ۰/۳ درصد وزنی صمغ با توجه به افزایش ۴۰ درصدی pH، آشکار بود.

با توجه به ماهیت اسیدی بودن نمونه‌های روزنامه جامعه آماری، تیماردهی نمونه‌ها موجب افزایش pH نمونه‌های تیمارشده قبل از کهنه‌سازی نسبت به نمونه شاهد شده و همچنین پس از کهنه‌سازی، نمونه‌ها همچنان دارای pH قلیایی هستند. البته کاهش pH درنتیجه فرآیند کهنه‌سازی تسریعی کاغذ، قابل پیش‌بینی است و این کاهش در نمونه شاهد نیز مشهود است [۲۵]. افزایش pH موجب جلوگیری از تخریب سلولز و اکسیداسیون الیاف کاغذ شده و حتی پایداری خود را بعد از کهنه‌سازی نیز حفظ نموده است. نتیجتاً ماده اسیدزدای کلسیم هیدروکسید موجود در تیمار توانسته است واکنش خنثی‌سازی را صورت داده و حتی ذخیره قلیایی کافی در نمونه‌ها ایجاد نموده و نقش اسیدزدایی و آبشویی نمونه‌ها را بر عهده گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات Boggard (۲۰۰۱)، تطابق دارد [۹].

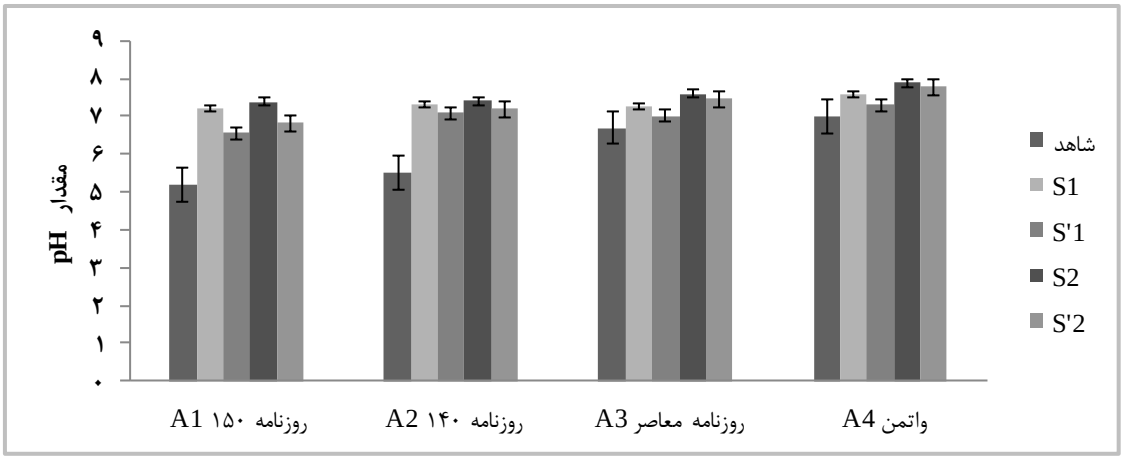
(۷/۳pH meter) Metrohm ۶۹۱ بر اساس استاندارد TAPPI T 529-om99 در دمای $^{\circ}$cc ۰/۵ ±۲۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. تعیین pH محلول با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی مدل Metrohm ۷۴۴ انجام شد [۱۹]، نمونه‌های تیمار شده به تعداد ۴۰ عدد با غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۳ درصد وزنی ماده موردبررسی قرار گرفت که ۱۶ عدد آن جهت مقایسه، تحت عمل کهنه‌سازی قرار گرفتند. آنالیز با سه بار تکرار انجام شده و برای حداقل رساندن میزان خطا در آنالیز، میانگین گرفته شد [۱].

ریخت‌شناسی

به‌منظور مطالعه ریخت‌شناسی، نحوه قرارگیری تیمار در زمینه پلیمری و تخلخل الیاف در نمونه‌های شاهد و تیمارشده با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) موردبررسی قرار گرفت. لذا از مقاطع نمونه‌ها با هدف بررسی میزان عمق نفوذ تیمار، میزان پر شدن خلل و فرج الیاف و ریخت‌شناسی تیمار روی نمونه‌های کاغذی با SEM[1] توسط دستگاه Seron Technology مدل AIC ۲۱۰۰ ساخت کره و دتکتور SE[2] انجام شد؛ تخلخل نمونه‌های تیمار شده و شاهد بر اساس نرم‌افزار Image G توسط SEM محاسبه گردید. نمونه‌ها به تعداد ۳ عدد بوده که ۱ نمونه تحت کهنه‌سازی واقع شد. نهایتاً نمونه‌های تیمار شده قبل و بعد از کهنه‌سازی با نمونه شاهد مقایسه شدند [۱].

[1] میکروسکوپ الکترونی روبشی

[2] Secondary Electrons



شکل ۱- نتایج pH نمونه‌ها

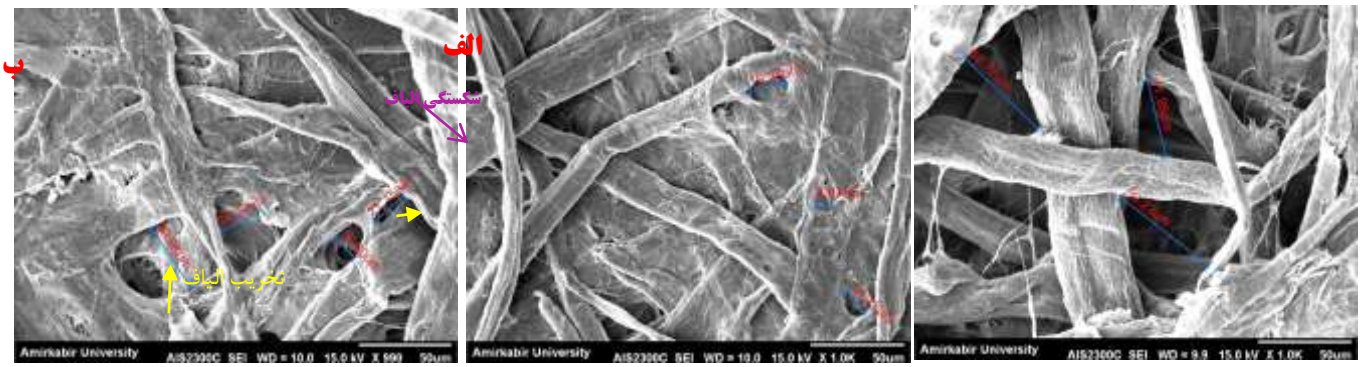
نوع نمونه، بر اساس ضخامت µm، BS: pH نمونه شاهد بدون تیمار

S1: pH نمونه تیمار شده قبل از کهنه‌سازی، حاوی ۰/۲۵ درصد وزنی صمغ، S'1: pH نمونه تیمار شده بعد از کهنه‌سازی، حاوی ۰/۲۵ درصد وزنی صمغ

S2: pH نمونه تیمار شده قبل از کهنه‌سازی، حاوی ۰/۳ درصد وزنی صمغ، S'2: pH نمونه تیمار شده بعد از کهنه‌سازی، حاوی ۰/۳ درصد وزنی صمغ

ریخت‌شناسی نمونه‌ها

شکل ۲، تصاویر میکروسکوپی غلظت‌های مختلف تیمار کتیرا را با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر نشان می‌دهند. با توجه به بی‌شکل بودن ماده، غشایی از ماده تیمار روی سطح نمونه‌ها دیده می‌شود. البته به دلیل اسپری دستی تیمار روی نمونه‌ها، پاشش همگونی از ماده روی کل سطح نمونه‌ها وجود ندارد. تصاویر گویای این مطلب است که در نمونه فاقد تیمار یا شاهد (الف)، خلل و فرج با عمق زیاد، بین الیاف مشاهده می‌شود، شکستگی الیاف در اثر تخریب ساختار و دیپلیمریزاسیون آن‌ها به دلیل اسیدی بودن کاغذ، مشهود است و همچنین پیوند بین سطحی الیاف نیز از بین رفته است. در شکل (ب)، ماده تیمار موجب چسبندگی الیاف و ماده زمینه بیوپلیمر و همچنین بهبود پیوند و اتصالات بین الیاف کاغذ شده است به‌طوری‌که نمونه‌های تیمارشده نسبت به نمونه فاقد تیمار یکنواخت‌تر و هموارتر بوده و خلل و فرج با عمق کمتری در سطوح نمونه‌های کاغذی دیده می‌شود. درنتیجه، تیمار باعث کاهش حفره‌ها شده است (جدول ۲) به‌نوعی که فرآیند استحکام‌بخشی باعث افزایش پیوند فیزیکی سطح طولی الیاف و شکل‌پذیری منظم‌تر آن‌ها گردیده است [۲۰].



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی و میزان تخلخل در: (الف) نمونه شاهد فاقد تیمار، (ب) نمونه تیمارشده حاوی تیمار ۰/۳ درصد وزنی کتیرا، قبل از کهنه‌سازی، (ج) نمونه تیمارشده حاوی تیمار ۰/۳ درصد وزنی کتیرا، بعد از کهنه‌سازی با بزرگنمایی ۱۰۰۰X

در نمونه (ج)، تیمار حتی بعد از کهنه‌سازی نیز باعث انسجام بیشتر و تخلخل کمتر الیاف نسبت به نمونه شاهد شده و نیز یکنواختی و چسبندگی خود را حفظ نموده است. لذا تیمار نه‌تنها باعث اصلاح سطح و استحکام الیاف شده بلکه بهبود چسبندگی بین سطح الیاف و ماده زمینه پلیمری را نیز باعث می‌گردد. تیمار کتیرا موجب بهبود خواص الیاف کاغذ و کیفیت پراکنده شدن ذرات و چسبندگی آن در سطح اتصال شده است [۲۰] و بعلاوه پایداری خود را نیز پس از کهنه‌سازی حفظ نموده است.

Afsharpour و همکاران (۲۰۱۱) و Imani و Afsharpour (۲۰۱۴) نیز طی تحقیقات خود دریافتند که آهاردهی مجدد آثار کاغذی، موجب پوشش‌دهی مناسب، استحکام، تقویت و کاهش تخلخل و حفره‌های سطح کاغذ شده است [۲۶ و ۲۷]. طبق جدول ۲، مقادیر تخلخل نمونه‌های تیمار شده و شاهد نشان داد که نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد دارای تخلخل کم‌تری بوده، هرچند نمونه‌های کهنه‌سازی شده عمق تخلخل بیش‌تری را نسبت به نمونه‌های قبل از کهنه‌سازی دارا بودند.

جدول ۲- میزان تخلخل نمونه‌ها

نمونه	نوع نمونه	میزان تخلخل برحسب um یا میکرون		
الف	نمونه شاهد	۵۹/۲۳	۵۴/۷۷	۴۱/۹۵
ب	نمونه تیمار شده قبل از کهنه‌سازی	۱۹/۲۸	۱۴/۷۸	۸/۶۷
ج	نمونه تیمار شده بعد از کهنه‌سازی	۳۹/۹۸	۲۴/۳۳	۱۵/۰۸

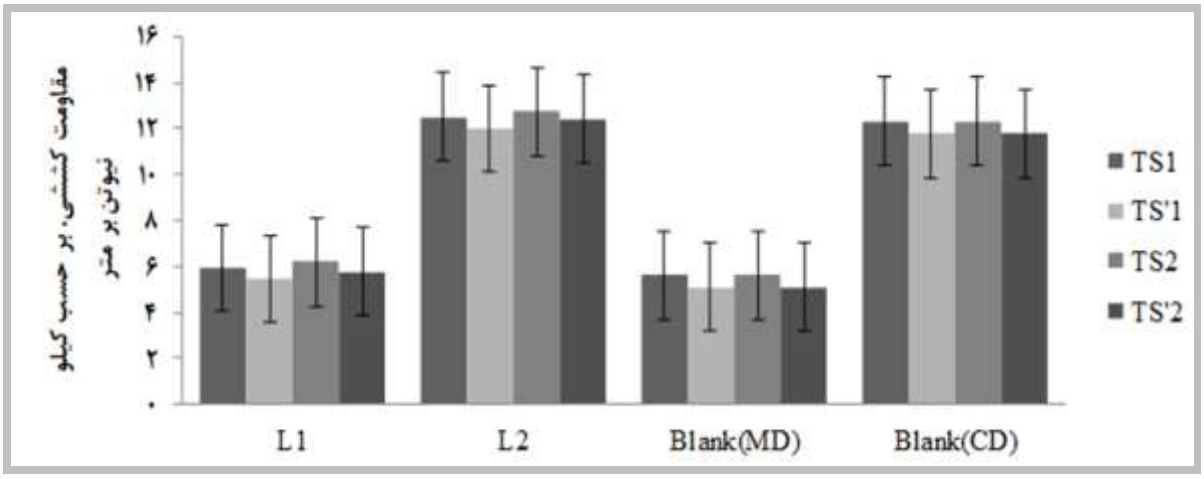
مقاومت کششی[1]

با توجه به اشکال ۳، داده‌های نتایج مقاومت کششی نمونه‌های روزنامه نشان می‌دهد که مقاومت کششی نمونه‌های استحکام بخشی‌شده، قبل از کهنه‌سازی به میزان ۰/۱۷ تا ۰/۵۷ کیلو نیوتن بر متر و بعد از کهنه‌سازی، ۰/۲۱ تا ۰/۷۳ کیلو نیوتن بر متر نسبت به نمونه شاهد در راستای طولی و عرضی افزایش داشت. ضمناً مقاومت نمونه‌ها در راستای طولی یا راه الیاف نسبت به راستای عرضی افزایش بیشتری داشته‌اند. مقاومت کششی در نمونه‌های روزنامه ازلحاظ آماری و گروه‌بندی دانکن در نمونه‌های تیمارشده با غلظت ۰/۳ درصد وزنی صمغ با افزایش درصد مقاومت، با توجه به سطح معناداری ۰/۰۰۰۱ که کمتر از خطای مفروض در پژوهش (۰/۰۵) بوده دارای تفاوت معناداری است. ولیکن در ۰/۲۵ درصد وزنی با توجه به اختلاف کمتر داده‌ها، تفاوت معناداری، کمتر است.

مقایسه بین داده‌های نتایج مقاومت کششی نمونه‌های واتمن در اشکال ۴ نشان داد که مقاومت نمونه‌های استحکام‌بخشی شده، قبل از کهنه‌سازی به میزان ۰/۰۸ تا ۱/۴۵ و بعد از کهنه‌سازی، به میزان ۰/۰۱ تا ۰/۵۹ کیلو نیوتن بر متر نسبت به نمونه شاهد در راستای طولی و عرضی افزایش داشت. مقایسه بین تیمارهای مختلف نشان داد که بالاترین مقاومت‌ها مربوط به نمونه‌های حاوی ۰/۳ درصد وزنی صمغ و ۰/۱ میلی‌لیتر گلیسرول بوده و کمترین مقاومت‌ها متعلق به نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ گرم صمغ است. مقاومت کششی در نمونه‌های روزنامه ازلحاظ آماری و گروه‌بندی دانکن در نمونه‌های تیمارشده با غلظت ۰/۳ درصد وزنی صمغ با افزایش درصد مقاومت، با توجه به سطح معناداری ۰/۰۰۰۱ که کمتر از خطای مفروض در پژوهش (۰/۰۵) بوده دارای تفاوت معناداری است؛ اما در غلظت ۰/۲۵ درصد وزنی با توجه به اختلاف کمتر داده‌ها، تفاوت معناداری کمتری وجود دارد. آنالیز مقاومت نشان داد که نمونه‌های تیمارشده قبل و حتی بعد از کهنه‌سازی، افزایش مقاومت کششی را نسبت به نمونه شاهد نشان داده که نشان‌دهنده آن است که در اثر استفاده از تیمار صمغ کتیرا، منطقه سطحی تماس الیاف و ماده، توسعه‌یافته که موجب بهبود چسبندگی الیاف- پلیمر، انتقال بهتر تنش به تیمار و بهبود خواص مکانیکی کششی شده است. به‌طور خلاصه تیمار منجر به اسیدزدایی کاغذ، برهمکنش و اختلاط بهتر ماده تیمار و الیاف شده و همین امر موجب افزایش مقاومت نمونه‌ها شده و حتی از فرسایش مکانیکی و فیزیکی بیشتر کاغذ طی گذر زمان ممانعت به عمل آورده است [۲۰]. در نتایج مطالعات

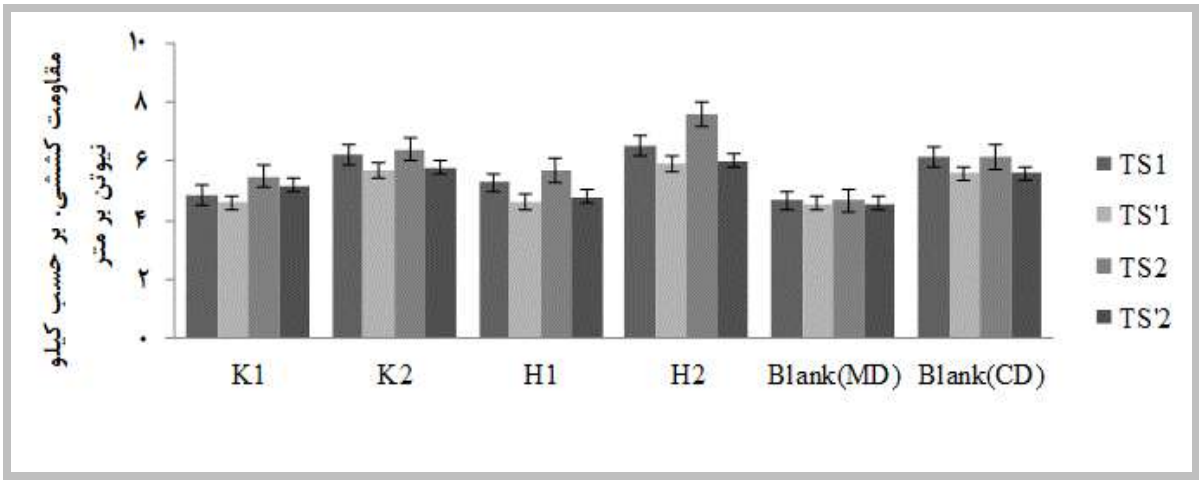
[1] Tensile Stress

Soheilipour (۲۰۱۷) دریافت که ماده صمغ به‌عنوان ماده پوشاننده و پایدارکننده توانسته است باعث افزایش مقاومت نمونه‌ها شده و بعد از کهنه‌سازی نیز خواص خود را حفظ نماید [۲۸]. از طرفی دیگر در ارتباط با افزایش مقاومت نمونه‌های حاوی گلیسرول در مقایسه با نمونه‌های فاقد این ماده می‌توان استنباط کرد که گلیسرول باعث افزایش قابلیت تقویت‌کنندگی کتیرا شده است. Balaghi و همکاران (۲۰۱۲) نیز طی تحقیقی دریافتند که در نمونه‌های حاوی گلیسرول، بهبود خواص تیمار به‌طور مستقیم به ابعاد، عمق نفوذ و میزان درهم‌رفتگی ذرات بستگی دارد و همچنین گلیسرول نقش بسزایی در بهبود مدول الاستیسیته تیمار ایفا می‌کند [۶]. نتایج این پژوهش مبنی بر افزایش مقاومت کششی در نمونه‌های کاغذی تیمارشده با ماده استحکام‌بخش با مطالعات Ariafar و همکاران (۲۰۱۶) و Khoobani و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد [۱۹ و ۲۵].



شکل ۳- مقاومت کششی نمونه‌های روزنامه ۱۴۰ میکرومتر

TS1، مقاومت کششی نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ، TS2، مقاومت کششی نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ
L1 نمونه تیمار شده حاوی کتیرا و گلیسرول، در راستای طولی یا MD، L2 در راستای عرضی یا CD
Blank(MD) نمونه شاهد بدون تیمار در راستای طولی و Blank(CD) نمونه شاهد در راستای عرضی



شکل ۴- مقاومت کششی نمونه‌های واتمن

TS1 مقاومت کششی نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد وزنی صمغ، TS2، مقاومت کششی نمونه حاوی ۰/۳ درصد وزنی صمغ
K1 نمونه استحکام‌بخشی شده حاوی ۰/۳ درصد وزنی کتیرا، در راستای طولی یا MD، K2 در راستای عرضی یا CD
H1 نمونه استحکام‌بخشی شده حاوی ۰/۳ درصد وزنی کتیرا و ۰/۱ میلی‌لیتر گلیسرول در راستای طولی، H2 در راستای عرضی
Blank(MD) نمونه شاهد بدون تیمار در راستای طولی و Blank(CD) در راستای عرضی

رنگ‌سنجی نمونه‌ها

در جدول ۳ تغییرات l^* (روشنایی- تاریکی) نمونه‌های تیمارشده در مقایسه با نمونه شاهد قبل و بعد از کهنه‌سازی نشان داده شده است. این تغییرات بیانگر مقدار جزئی کاهش در روشنایی نمونه‌ها قبل از کهنه‌سازی در اثر افزودن تیمار کتیرا است. نتایج بررسی این شاخص، بعد از کهنه‌سازی حاکی از کاهش اندکی در روشنایی کلیه نمونه‌ها است. این کاهش در روشنایی نمونه‌های حاوی تیمار، بیشتر از نمونه شاهد است که نشان‌دهنده تغییر روشنایی اندک ماده بعد از کهنه‌سازی است. این نشان می‌دهد که افزودن کتیرا تأثیر چندانی بر کاهش روشنایی نمونه‌های کاغذی نداشته و تأییدکننده روشنایی ماده است.

دیگر شاخص موردبررسی در تغییرات رنگی، فاکتور a^* است که میزان تغییرات رنگی از سبز به قرمز در نمونه‌های حاوی تیمار قبل و بعد از کهنه‌سازی را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده این است که در نمونه‌های قبل از کهنه‌سازی با افزودن تیمار، شاهد سیر صعودی در مقدار این پارامتر هستیم که درواقع نمایانگر تمایل به سمت سبزی است. تیماردهی نمونه‌های کاغذی نیز به‌تنهایی تأثیر فراوانی بر سبزی کاغذ قبل از کهنه‌سازی داشته است. نتایج به‌دست‌آمده در نمونه‌های کهنه‌سازی شده نیز روند مشابهی را همانند نمونه‌های قبل از کهنه‌سازی نشان می‌دهد.

آنچه در بررسی تغییرات رنگی ایجادشده در نمونه‌ها بسیار واجد اهمیت است، تغییرات به وجود آمده در شاخص b^* (زرد تا آبی) است. در بررسی این شاخص از تغییرات رنگی، همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج حاکی از نتیجه مثبت در کاهش زرد شدگی ماده تیمار روی کاغذ است. در مقایسه نمونه‌های شاهد قبل و بعد از کهنه‌سازی، شکل مؤثری از زرد شدگی مشهود است درحالی‌که در مقایسه نمونه‌های تیمارشده، قبل و بعد از کهنه‌سازی میزان زردشدگی، افزایش بیشتری را در اثر کهنه‌سازی داشته است. البته میزان زردشدگی بعد از کهنه‌سازی، ناشی از تغییرات شیمیایی ایجادشده در کاغذ طی فرآیند کهنه‌سازی بوده که این تغییرات شیمیایی، همان اکسیداسیون لیگنین است [۱ و ۲۵]. قابل‌ذکر است، حضور تیمار کتیرا و همچنین رنگ سفید آن موجب کاهش اندکی در فرآیند زردشدگی نمونه تیمار در مقایسه با نمونه شاهد شده است.

علاوه بر تحلیل و بررسی جداگانه هریک از شاخص‌ها در نمونه‌ها، تغییرات کلی رنگ (ΔE) با استفاده از فرمول ۱ و ۲ نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در این فرمول l_0^* ، a_0^*، b_0^* شاخص‌های شاهد رنگی در نمونه‌های قبل از کهنه‌سازی بوده که به‌عنوان مرجع در ارزیابی تغییر رنگ پس از کهنه‌سازی مورداستفاده قرار گرفته است.

تغییرات رنگی یا ΔEمقادیر ۱≤ ۰/۳۷۲ و ۰/۱۴۵= ΔE ≤۰/۱ را نشان داده که برابر قدر مطلق نمونه تیمارشده و نمونه شاهد قبل از کهنه‌سازی، ۰/۱۴۵ و بعد از کهنه‌سازی ۰/۳۷۲ بوده است. داده‌ها مشخص نمود که تغییرات رنگی یا $Avg\Delta E$ مقادیری مابین اعداد ۰/۱ و ۱ بوده و کدورت رنگی محسوب نمی‌شود. قابل‌ذکر است که کهنه‌سازی سبب افزایش شاخص‌های رنگی l^*, a^* نمونه‌های تیمار شده و شاهد شده است. مقادیر به‌دست‌آمده به شرح زیر است:

ΔE (Blank) = ۹۰/۶۸۲
ΔE (Blank') = ۹۲/۲۷۲
AvgΔE (H1) - ΔE (Blank) = ۰/۱۴۵

ΔE (H1) = ۹۰/۸۲۷
ΔE (H'۱) = ۹۲/۶۴۴
Avg ΔE (H'۱) - ΔE (Blank') = ۰/۳۷۲

پلیمرهای موجود در کتیرا نه‌تنها اثر زیان باری بر تغییر رنگ نمونه کاغذ تیمار شده ندارد بلکه می‌تواند به شکل مؤثری مانع تغییر رنگ به‌ویژه رنگ زرد شود. نتایج حاصل از این پژوهش با Sediqian(۲۰۰۹) و Ariafar و همکاران (۲۰۱۶) تطابق دارد [۲ و ۲۵].

جدول ۳- نتایج رنگ سنجی

Sample	l*	a*	b*	ΔE
Blank(MD)	۹۰/۵۶۸	-۰/۰۸۱	۴/۵۶۳	۹۰/۶۸۲
H1(MD)	۹۰/۸۱۱	-۰/۲۰۵	۱/۷۲۹	۹۰/۸۲۷
Blank'(MD)	۹۲/۱۴۳	-۰/۱۵۰	۴/۸۸۱	۹۲/۲۷۲
H'1(MD)	۹۲/۶۱۶	-۰/۳۰۶	۲/۲۷۱	۹۲/۶۴۴

Blank(MD) نمونه شاهد بدون استحکام‌بخش قبل از کهنه‌سازی تسریعی،Blank'(MD) نمونه شاهد، بعد از کهنه‌سازی تسریعی
H1(MD) نمونه تیمار شده حاوی ۰/۳ درصد وزنی صمغ، قبل از کهنه‌سازی تسریعی، H'1(MD) نمونه تیمار شده، بعد از کهنه‌سازی تسریعی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر استفاده از محلول صمغ کتیرا قلیایی شده با هیدروکسید کلسیم بر ویژگی‌های pH، مقاومت کششی، استحکام، ریخت‌شناسی و رنگ‌سنجی نمونه‌های کاغذی تیمارشده موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که:

۱. تیمار کاغذها با کتیرا و هیدروکسید کلسیم قادر به افزایش pH، مقاومت کششی برحسب میزان صمغ مصرفی شده است، این تیمار سبب افزایش اتصال سطح الیاف شده و همچنین قادر است تا الیاف اسیدی فرسایش یافته را هم‌زمان استحکام‌بخشی و اسیدزدایی نماید. به عبارتی، بهبود معناداری در مقاومت کششی الیاف نمونه‌های کاغذی ایجاد نموده و از فرآیند فرسایش نمونه‌ها بعد از کهنه‌سازی نیز جلوگیری به عمل آورد.

۲. ماده صمغ کتیرا، فاقد رنگ و کدورت روی کاغذ بوده، در دماها و pH های مختلف پایدار بوده و بعد از کهنه‌سازی نیز پایداری خود را حفظ نموده است.

۳. محلول تیمار با غلظت ۰/۳ درصد وزنی صمغ، مؤثرترین غلظت تشخیص داده شده و بهترین نتایج را در آنالیزها به خود اختصاص داده است.

با توجه به ویژگی‌های ماده صمغ کتیرا می‌توان در جلوگیری از آثار کاغذی فرسوده شده که هنوز دچار اضمحلال نشده‌اند استفاده نمود تا از نابودی آن‌ها طی سال‌های آتی ممانعت به عمل آید. ضمناً این ماده قابلیت استفاده در تمامی آثار کاغذی علاوه بر آثار تهیه‌شده از خمیر حاوی چوب را دارد. با توجه به معایب چسب‌های رایج مورداستفاده در مرمت و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و در راستای هدف دستیابی به ماده استحکام‌بخش زیست پلیمر دارای خواص فیزیکی و مکانیکی متناسب با کاغذ، باید عنوان نمود که ماده صمغ کتیرا با توجه به ویژگی‌های آن جهت حفاظت آثار کاغذی تاریخی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

از جناب آقای محمدمهدی هادیلام بابت همکاری در بخش مطالعاتی فرآوری و آسیب‌های کاغذ، سپاسگزارم.

منابع

[1] Soheilipour, A. and Azadi Bouyaghchi, M.., 2015. Reinforce of Papery Documents with Using the Nano Particles of Tragacanth Gum. Internal Patent No: 86531 (In Persian).

[2] Sequeria, S., Casanov, C. and Cabrita, E.J., 2009. Deacidification of paper using dispersions of $Ca(OH)_2$ Nanoparticles in isopropanol study of efficiency. Translatore: Ataallah Sediqian. Restoration Science and Cultural Heritage Electronic Journal, 2:1-13. (In Persian).

[3] Weber, H., 1985. Conservation and Restoration of Natural Stone in Europe. Bulletin of the Association for Preservation Technology, 17:15-23.

[4] Emad, M., Gheibi, F., Rasuli, M., Khanjanzade, R. and Mohamadi jouzani, S., 2012. Medicinal, Industrial plants- Tragacanth Gum, 1st Ed., Peimane noandish, Tehran, 44-45p. (In Persian).

[5] Nayari, H., Fattahi, A., Iranpoor, M. and Nori, P., 2015. Stabilization of lactoperoxidase by Tragacanth-chitosan nano biopolymer. International Journal of biosciences, 6: 418- 426.

[6] Balaghi, S., Mohammadifar, M., Zargaran, A., Ahmadi, H. and Mohammadi, Mehrdad., 2011. Compositional analysis and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian Astragalus. Food hydrocolloids Journal , 25: 1775-1784.

[7] Tang, L. C., 2001. Effect of Water Washing on Paper and Cellulosic Textiles: an Overview and Update of CCI Research. In: Presented at the Book & Paper Group Session, AIC 29th Annual Meeting. May. 30–June. 5, Dallas, Texas. Received for publication Fall 2001, 35-39p.

[8] Burgess, H D., Duffy, S. and Tse, S., 1990. In vestigation of the effect of alkali on paper. Journal of the American institute for conservation, The book and paper group annual, 9: 29-36.

[9] Bogaard, J. and M.Whitmore, P., 2001. Effects of dilute calcium washing treatments on paper. Journal of the American institute for conservation, 40: 105-123.

[10] Kolar, J. and Novak, G., 2004. Effect of various deacidification solutions on the stability of cellulose pulps. Restorator, 17: 25-31.

[11] Fazel. M., Azizi.M., Abasi.S. and Barzegar. M., 2012. Study of Tragacanth Gum, Glyserol and Oil on the features of food film based on potato starch. Food science and Technology Journal, 34: 97-107. (In Persian).

[12] Ranjbar, M., Bahrami, S.H. and Joghataei, M.T., 2013. Fabrication of Novel Nano Fiber Scaffolds from Gum Tragacanth /Poly (Vinil Alcohol) for Wound Dressing Application: In Vitro Evaluation and Antibacterial Properties. Material Science and Engineering Journal, 33: 4935-4943.

[13] Bahadori, R., 2007. Organic Chemistry- Foundation and Application in Conservation and Restoration of Historical Objects, 1st Ed., Conservation and Restoration of Historical Objects Institute, Tehran, 110 p. (In Persian).

[14] Rezaierod, A. and Kameli, M., 2011. Rheological Studies of Silice- Tragacanth Suspensions. Journal of Macromolecular Science, 50: 1605-1614.

[15] Shahani, C., Hengemihle, N. and Weberg, N., 1989. The effect of variations in relative humidity on the accelerated Aging of Paper. In: Historic textile and paper materials II: Conservation and Charactrization, ed. Zeronian, S. H., and Needles, H.L. American chemical society symposium series.Washangton, D.C, p 63-80.

[16] Standard test method in accelerated aging paper and paper board in temperature 80°c and humidity 65%, Ed 1st, ISIRI Standard, No:4706, 1998

[17] Amal, H.A. and Samar H.M., 2012. Physical and mechanical properties of unbleached and bleached bagasse sheets after exposure to Ultra Violet light. Scholars research library, Archives of applied science research, 4: 1363-71.

[18] Dadmohamadi, K. and Azadi, M. 2016. Identify performance CMC rehabilitation and activated for preparations tissues used in restoration papary objects. Journal of Wood and Paper industry in Iran, Published online from Mehr 18. (In Persian).

[19] Khoobani.R, M., Azadi.B, M., Zolfaghari, B. and Dehghan, P., 2016. Antifungal effect of herbal extract Kabikag for conservation of the historical papery objects. Ganjineh Asnad Journal, 101: 104-123. (In Persian).

[20] Ansari, N., 2008. Principles and theories physical tests on fibers and textile, 1st Ed., Amirkabir University, Tehran, 83p. (In Persian).

[21] Standard test method in Packaging-Polyethylene treated paper – Specifications and test methods, Ed 1st, ISIRI Standard, No:2-8273, 2008

[22] Keramati. M., Nosrati. B., Mohebi. R. and Abdous. M., 2015. Influnce of Role nanoparticles and coupling MAPP for physical and mechanical features in the Several structures made of waste paper/ Poly Poropilen.Iranian Journal of Wood and Paper industries, 7:193-203. (In Persian).

[23] Rahimi, S., Abbasi, S., Sahari, M. and Azizi,M., 2011. Characterization of an unknown exudate gum from Iran: Persian Gum. Food hydrocolloids Journal, 40:1-10.(In Persian).

[24] Thaise, C.F., Nunes,V., Rogovschi, A., Fabbri, J M. A., Sagretti, F K. and Hirashima, S F., 2013. Colorimetric Evaluation of Irradiated Red Beetroots. In: International Nuclear Atlantic Conference – INAC. Nov. 24-29 Sao Paolo, Brazil, p 152-
56.

[25] Ariafar. A., Samanian. K. and Afsharpour. M., 2015. Optimization of CMC against microorganism factors with nanoparticles Titanium Deoxide using for promotion of this polymer quality protection in restoration of paper document. Ganjineh Asnad Journal, 25: 116-140. (In Persian).

[26] Afsharpour. M., T. Rod. F. and Malekian. H., 2011. New cellulosic Titanium Deoxide nano composite as a protective coating for preserving paper- art works. Journal of Cultural Heritage, 12:380-383.

[27] Imani, S. and Afsharpour,M., 2013. ZnO Nano- composite coating on the surfaces of historic and artistic works on paper. Restoration Science and Cultural Heritage Electronic Journal, 1: 39-47. (In Persian).

[28] Soheilipour, A., 2017. Assessment Zeta Potential and Size measurement of Persian Gum or Zodo for reinforce of the historical cellulose objects. In: Research Institute of Cultural Heritage, 12th annual Conference of conservation and restoration of historical objects. Feb. 23-24 Tehran, Iran, p 60-65. (In Persian).

Influence of the alkalified tragacanth gum on optical and mechanical strength of the historical paper documents

Abstract

The aim of this study is the assessment of the tragacanth gum, its optimization and usage as a strengthener for restoration the strength and durability to the historic papery documents. In this study the tragacanth gum were extracted with different weight percentages, then Calcium Hydroxide and Glycerol were added to them for increasing the amount of PH and flexibility, respectively. The treatment was sprayed three times by 3.5 ml using spray can, then the samples were put in an aging condition of temperature- humidity by the standard No. of ISIRI- 4706 over 12 days, and aging condition of light by the standard No. ASTM D6819-02e3 standard over 6 days. The findings show that PH was increased about 0.75 to 2.20 per unit in the treatment samples in comparison to the control sample in before and after aging process, which it is transferred to the alkaline range. The SEM analysis indicated the continuity of the broken fibers. Tensile stress analysis showed an increase of the strength in the samples before and after of aging about to 15% depending on the gum consumption. Moreover, the results of colorimetric reported the absolute color changes of the reinforcement samples and control samples about 0.145 and 0.372 before and after aging with unchanging in the strengthener material.

Keywords: tragacanth gum, optical features, mechanical strenght features, historical paper documents.

A. Soheilipour[1*]
M. Azadi Bouyaghchi[2]

[1] Ph.D. student, Department of conservation and restoration, Islamic art university of Tehran, Iran

[2] Assistant Prof., Department of conservation and restoration, Art university of Isfahan, Iran

Corresponding author:
a.soheiliii@gmail.com

Received: 2016/12/22
Accepted: 2017/07/01