

تأثیر رنگینه‌های پوست پسته، نیل، وسمه و بقم در کاغذهای رنگ‌شده مورد استفاده در مرمت نسخه‌های خطی

فاطمه فرسی؛ هابده خمسه

چکیده:

اسناد و نسخ خطی از جایگاه ویژه‌ای در معرفی و حفظ فرهنگ و تمدن هر کشوری برخوردارند. با توجه به اهمیت این آثار، حفاظت و نگهداری صحیح از آن‌ها امری مهم می‌باشد. یکی از آسیب‌های وارده به اسناد و نسخ خطی، ریختگی یا کمبود بخشی از آن‌هاست که در اثر عوامل مختلف ایجاد می‌شود. در این راستا، نیاز است به منظور حفظ استحکام و خواص ظاهری اثر، نسبت به حفاظت از آن‌ها اقدام نمود و بخش‌های کمبود را با استفاده از کاغذهای مرمتی مناسب از نظر رنگ و ضخامت مرمت کرد. بدین منظور در این پژوهش از چهار ماده گیاهی، پوست پسته، نیل، وسمه و بقم که به ترتیب ایجاد رنگ‌های زرد، آبی، قرمز می‌کنند، استفاده شد. کاغذ واتمن با استفاده از این مواد، رنگ شد و سپس تحت پیرسازی آدما و رطوبت (ISIRI-8273-2) قرار گرفت. در مرحله بعد آزمایش‌های سنجش اسیدیتیه، مقاومت کششی و FTIR انجام شد. نتایج بررسی‌ها، نشان داد که میزان اسیدیتیه نمونه رنگ‌شده به غیر از پوست پسته که افزایش اسیدیتیه داشته، بقیه نمونه‌ها تغییر چندانی نسبت به نمونه شاهد نداشتند. در آزمایشات دیگر نیز نمونه‌های رنگ‌شده نسبت به نمونه شاهد، تغییر چندانی نداشتند و نشان دادند که رنگینه‌های مذکور می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای تهیه کاغذهای رنگی مرمتی با کمترین میزان آسیب برای آثار کاغذی باشند.

1.lacuna
2. Aging

کلیدواژه‌ها

نسخه خطی، مرمت، رنگینه‌ها، پوست پسته، نیل، وسمه، بقم.



تأثیر رنگینه‌های پوست پسته، نیل، وسمه و بقم در کاغذهای رنگ‌شده مورد استفاده در مرمت نسخه‌های خطی^۱

فاطمه فرسی^۲؛ هایده خمسه^۳

مقدمه

کاغذ به‌عنوان یکی از اختراعات بشری در طول سده‌های متمادی، عرصه‌ای برای بروز هنرمندی جوامع، انتقال فرهنگ و دانش بوده است. حفظ نسخه‌های خطی به‌عنوان میراث ماندگار سرزمین ایران از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مراحل تولید نسخ خطی، رنگ‌آمیزی کاغذها برای مهیا کردن بستری الوان برای بهبود جنبه‌های بصری است. امروزه برای مرمت و بازسازی قسمت‌های کمبود نسخ خطی با توجه به رعایت تناسب بصری و همگونی با اثر تاریخی، از کاغذهای رنگ‌شده‌ای که معمولاً با رنگینه‌های گیاهی رنگ‌آمیزی شده‌اند، استفاده می‌شود (رضوانی کاشانی، ۱۳۹۳). بررسی رنگ‌های طبیعی به‌خصوص با منشاء گیاهی در طول دوره‌های متفاوت تاریخی ایران به علت کثرت گیاهان رنگ‌زا و تنوع تولید رنگ متداول بوده است. رنگ‌رزی با رنگ‌زاهای طبیعی به‌علت به‌وجود آوردن خاصیت آنتی‌باکتریال در الیاف و تجزیه‌پذیر بودن آن‌ها از نقطه نظر زیست‌محیطی بسیار مورد توجه است (ذوالریاستین و حاجیلاری، ۱۳۹۷). استفاده از ماده رنگ‌زای مناسب و شیوه به کارگیری آن، همواره یکی از مسائل حائز اهمیت بوده است.

در پاره‌ای از مواقع، هنگام مرمت نسخه‌های خطی با قسمت‌هایی مواجه هستیم که بنا به دلایل مختلف، دچار کمبود شده‌اند. جایگزینی این قسمت‌ها با استفاده از کاغذهای مرمتی مناسب، بخشی از کار مرمت است. از آن‌جا که توجه به اصل زیباشناسی اثر و حفظ یکپارچگی خصوصیات

۱. مکتوبات دست‌نویس و بعضاً تک نسخه

۲. کارشناسی ارشد مرمت اشیا فرهنگی و تاریخی. کارشناس مسول مرمت نسخ خطی
ffersi2004@yahoo.com

۳. دکتری مرمت. استاد دانشگاه علوم تحقیقات

۴. منظور قسمت‌هایی از کاغذ می‌باشد که دچار ریختگی شده و به هر دلیل از بین رفته است؛ (فصلنامه).



فیزیکی آن در مرمت امری مهم می‌باشد، انتخاب رنگ مناسب جهت کاربرد کاغذهای مورد استفاده در مرمت نسخه‌های خطی دارای اهمیت است (محسنیان و حدادی، ۱۳۹۳). با توجه به موارد اشاره شده و نیز با توجه به اهمیت مبحث زیبایی‌شناسی در مرمت آثار مورد نظر، استفاده از رنگینه‌هایی با شرایط ذیل مورد نیاز است:

رنگینه‌هایی که علاوه بر حفظ ویژگی‌های آثار به جنبه‌های فیزیکی آن‌ها نیز آسیبی وارد نکنند و در راستای حفاظت و مرمت کارایی لازم را داشته باشند.

دیگر آنکه از رنگینه‌هایی استفاده شود که با توجه به رنگ کاغذ، از گیاهانی که رنگینه شبیه رنگ آن کاغذ را دارا هستند، به‌دست آمده باشد.

رنگینه‌های طبیعی، دسته‌ای از رنگینه‌هایی با ثبات عالی و متوسط هستند که منشاء گیاهی و حیوانی دارند و بیشتر در رنگرزی سنتی نقش مؤثری دارند و از این رو می‌توانند مناسب‌ترین رنگ‌ها برای مرمت نسخ خطی و رنگ کردن آن‌ها باشند که این امر، موجب پژوهش و تحقیق در مورد اثرات این رنگ‌ها بر روی کاغذ و استفاده آن‌ها در مرمت کاغذ شده است. روناس، اسپرک، نیل، گل بابونه، برگ انگور عسگری، چغندر، پوست پیاز، برگ درخت توت، وسمه، گل رنگ، گل جعفری، برگ انجیر، پوست انار، بلوط، پوست گردو، هلیله، سماق، زعفران، جاشیر و غیره از گیاهانی هستند که در ایران یافت شده و از مواد رنگزای آن‌ها در رنگرزی پارچه و پشم (بیشتر) و در کاغذ (کمتر) استفاده شده است که در نسخ خطی متعددی، ساخت رنگ از برخی گیاهان مذکور و استفاده از آن‌ها مشاهده می‌شود.

در سال‌های اخیر، روند احیای هنر رنگرزی طبیعی شکل گرفته است. دلیل اصلی این امر، این است که در بعضی موارد رنگ‌های طبیعی سودمندتر از رنگ‌های مصنوعی هستند.

از جمله مواد گیاهی دیگری که می‌تواند در این زمینه استفاده شود، پوست پسته، وسمه، نیل و بقم هستند که در پژوهش‌های قبلی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند از این رو در این پژوهش تأثیرات آن‌ها بر روی کاغذ به‌منظور کاربرد در مرمت نسخ خطی بررسی شده است. در بحث رنگرزی اشاره زیادی به کاربرد این رنگینه‌ها در رنگرزی پشم پارچه شده اما در زمینه مرمت آثار کاغذی و کاربرد آن‌ها در مرمت کاغذ، موردی انجام نشده است در همین راستا نیاز به پژوهش بر روی آن‌ها احساس می‌شود.

از آنجا که پژوهشی مرتبط با این تحقیق در بین مقالات و متون مورد مطالعه در این زمینه، یافت نشد. چند مورد از پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص رنگینه‌های گیاهی در مرمت آثار کاغذی در ذیل بیان می‌شود:

برکشلی در سال ۲۰۰۳ در پژوهشی به زعفران عامل ثبات سبز زنگاری در نگاره‌های ایرانی پرداخت. زعفران به‌عنوان یک ماده بافر معرفی و بیان شده که استفاده آن در مینیاتورهای



ایرانی در کنار سبز زنگاری باعث شده است که تأثیرات تغییر PH رنگ زنگار، کنترل شده و از تخریب رنگ سبز در مینیاتورها جلوگیری شود (Barkeshli, 2003). بوتروس و همکاران در سال ۲۰۰۴ در مقاله‌ای به ترکیبات آنتی اکسیدان و سیستم ایمنی برگ حنا و بررسی فتوشیمیایی و استخراج ترکیبات موجود در برگ حنا پرداختند. آن‌ها در این مطالعه هفت ترکیب را از برگ حنا استخراج کرده‌اند (Mikhaeil, 2004). برکشلی و همکاران در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی به بررسی تاریخی مواد استفاده شده در رنگرزی کاغذهای ایرانی با توجه ویژه بر رنگ حنا بر اساس تجزیه و تحلیل علمی و بررسی تأثیرات حنا بر کاغذهای تاریخی پرداختند. آنان معتقدند که استفاده از حنا در کاغذهای تاریخی از تخریب حاصل از عوامل بیولوژیکی و شیمیایی جلوگیری کرده است (Barkeshli, 2008).

سلیمانی و همکاران در سال ۱۳۹۰ در پژوهشی به بررسی تأثیر رنگ‌های گیاهی (حنا، گردو، چای) بر پایداری کاغذ در مرمت نسخ خطی به بررسی این مواد گیاهی پرداخت و چنین بیان می‌دارد که مقاومت در برابر تاخوردگی، تأثیر معنادار رنگ را نشان می‌دهد که نمونه چای در مقایسه با کاغذ، شاهد کاهش چشمگیر مقاومت به تا شدن را نشان می‌دهد. این مسئله یعنی کاهش مقاومت به تا شدن در مورد رنگ چای و همچنین رنگ حنا بعد از کهنه‌سازی نیز مشاهده می‌گردد. در آزمون‌های مکانیکی مقاومت کششی و پاره شدن، تأثیرات از نظر آماری معنادار نمی‌باشند؛ به عبارت دیگر رنگرزی تأثیری بر افزایش یا کاهش میزان مقاومت‌ها نداشته است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰). خواجه محمودی در سال ۱۳۹۲ در پژوهشی به بررسی علل زردشدگی کاغذهای نسخه خطی لب‌الاخیر پرداخت. در ابتدا با شناسایی حنا به‌عنوان ماده رنگ‌زا در رنگرزی و الیاف کف در تهیه کاغذ، نسخه مورد مطالعه، به تهیه نمونه‌های مطالعاتی و قراردادن آنان تحت پیرسازی تسریعی نوری و رطوبت و دما پرداخته است. تغییرات این نمونه‌ها، توسط روش‌های دستگاهی طیف‌سنجی مادون قرمز و PH سنجی و رنگ‌سنجی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مطرح شده است که رنگینه حنا به کار رفته در نمونه‌ها از اکسیداسیون الیاف کف در طی پیرسازی تسریعی این الیاف جلوگیری کرده است (خواجه محمودی، ۱۳۹۲).

رضوانی کاشانی در سال ۱۳۹۳ در پژوهشی به تأثیر رنگینه‌های پوست انار، بلوط، روناس و گلرنگ در کاغذهای رنگ‌شده مورد استفاده در مرمت نسخ خطی به بررسی تأثیر این رنگینه در کاغذ پرداخت. در این راستا چهار ماده روناس، گلرنگ، پوست انار و بلوط انتخاب و با استفاده از آن‌ها نمونه‌هایی تهیه و به‌منظور بررسی تغییرات ایجاد شده در کاغذ مرمتی پس از رنگرزی و بازسازی، آزمون‌هایی طراحی شده بود تا بتوان تغییرات را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. نتایج نشان داد که، رنگرزی کاغذ، باعث استحکام و پایداری مکانیکی کاغذ می‌شود و میزان آن در کاغذهای رنگرزی شده با پوست انار و بلوط نسبت به نمونه شاهد و دو رنگ دیگر بیشتر شده



است (رضوانی کاشانی، ۱۳۹۳).

ذوالریاستین و حاجیلاری در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی به رنگرزی الیاف لیگنوسولولزی چتایی با رنگزای طبیعی و تجدیدپذیر پوست گردو پرداختند. قبل از رنگرزی، طیفسنجی مادون قرمز برای تشخیص گروه‌های عاملی و طیفسنجی ماورای بنفش برای یافتن طول موج ماکزیمم انجام شد. چون طول موج ماکزیمم در پوست گردو، با تغییر PH محیط رنگرزی تغییر می‌یابد. لذا نخ‌های چتایی با رنگزای طبیعی پوست گردو در آب مقطر و در حضور یا عدم حضور دندانه بی‌کرومات پتاسیم به‌طور موفقیت‌آمیزی رنگرزی شدند. به‌کاربردن بی‌کرومات پتاسیم باعث افزایش جذب رنگ‌شده و با افزایش غلظت آن، جذب رنگ افزایش می‌یابد (ذوالریاستین و حاجیلاری، ۱۳۹۷).

۱. روش تحقیق

هدف اصلی این پژوهش، حفاظت از آثار کاغذی آسیب‌دیده دارای رنگ مشابه با چهار رنگینه پوست پسته، نیل، وسمه و بقم (در صورت عدم تأثیر منفی بر شاخصه‌های فیزیکی و بصری) است. اهداف فرعی این پژوهش به شرح ذیل است:

شناخت تأثیرات شیمیایی و فیزیکی چهار رنگینه پوست پسته، نیل، وسمه و بقم بر کاغذهای رنگ‌شده با این مواد؛

شناخت تغییر احتمالی در مقاومت کاغذهای رنگ‌شده با چهار رنگینه مورد پژوهش.

این پژوهش تحقیقی کاربردی است، زیرا نتایج آن می‌تواند در کارگاه‌های مرمت کاغذ مورد استفاده قرار گیرد. داده‌های این تحقیق با استفاده از روش کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی گردآوری شده و نتایج حاصل از این تحقیق به دو روش کیفی و کمی، تجزیه و تحلیل شده است. در این پژوهش سعی شده است با توجه به منابع در دسترس و مطالعات لازم و همچنین نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه نمونه‌های آزمون کاغذهای پیرسازی شده، تأثیرات رنگینه‌های ذکر شده بررسی شود. گردآوری اطلاعات بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی متون مرتبط با موضوع می‌باشد. علاوه بر آن از منابع اینترنتی نیز بهره گرفته شده است. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی مورد نیاز پیرسازی (دستگاه binder مدل 115 kbf متعلق به سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران)، طیفسنجی FTIR-ATR، (سنجش اسیدپتیه و مقاومت کششی نمونه‌ها) و مقایسه نتایج نمونه‌های آزمون موجود، و رجوع به منابع مطالعاتی برای قیاس نتایج است. این پژوهش با مقادیر کمی در تجزیه و تحلیل داده‌ها مواجه می‌باشد. اندازه‌گیری مقاومت کششی بر اساس استاندارد 2-8273-8273 ISIRI با دستگاه Tinius olsen مدل H10KS متعلق به سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام

۱. طیفسنجی انعکاسی کل
تضعیف‌شده فرورخ فوریه.



گرفت. این دستگاه برای ایجاد کشش بر روی نمونه با ابعاد مشخص با یک سرعت بارگذاری ثابت طراحی شده است. بدین منظور نمونه‌های مورد آزمون در ابعاد $15 \times 150 \text{ mm}$ تهیه گردید (تصویر شماره ۱) و فاصله بین دو فک دستگاه به اندازه $100 \pm 5 \text{ mm}$ تنظیم شد. ضخامت کاغذها نیز $140 \mu\text{m}$ میکرون بوده و سرعت بارگذاری ثابت (دقیقه/100mm) تنظیم گردید. این آزمون برای هر نمونه با سه بار تکرار انجام شد. بعد از هر بار آزمایش دستگاه به حالت اولیه بازگردید. در نهایت انحراف معیار حداکثر نیروی کششی نمونه‌ها بر حسب نیوتن محاسبه شد و بر اساس فرمول زیر که در استاندارد ارائه شده است، میزان مقاومت کششی نمونه‌ها به دست آمد. تمامی نمونه‌های کاغذ رنگ‌شده در ابتدا به مدت ۲۴ ساعت با دما و رطوبت در دمای 70°C درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 50% درصد مشروط شده تا از شرایط مشابهی به منظور انجام سایر آنالیزها برخوردار شوند.

۲. آماده‌سازی نمونه‌ها و نحوه انجام آزمون‌ها:

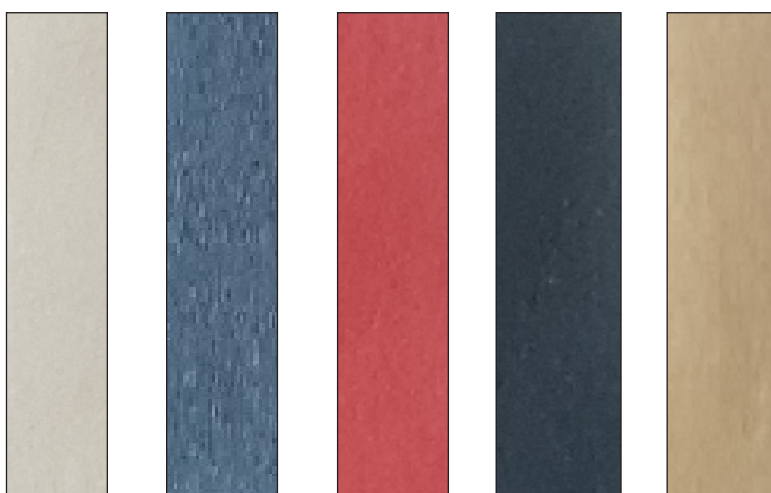
برای تهیه رنگ در رابطه با هر یک از مواد، پوست پسته و بقم، شرایط یکسانی به کار گرفته شد. ابتدا 30°C گرم از هر یک از این مواد را وزن کرده و بعد در یک بشر یک لیتری ریخته و تا حجم 400 mL میلی‌لیتر، آب به آن می‌افزاییم. بشر را روی شعله ملایم اجاق قرار داده و به مدت یک ساعت زمان را در نظر می‌گیریم. در مرحله جوشیدن رنگ، چندین دفعه با همزن شیشه‌ای، مخلوط فوق را هم می‌زنیم. بعد از یک ساعت هر یک از رنگ‌های پوست پسته، بقم رنگ خود را پس داده و به تنالیته‌های مختلف درمی‌آیند.

بعد از این مرحله، رنگینه‌ها را از صافی گذرانده و اجازه می‌دهیم تا سرد و خنک شوند. در خصوص وسمه مایع رنگ به شکل خمیری آماده شد و پس از 12 ساعت استراحت دادن به خمیر سطح رویی و زیرین کاغذ، کاملاً با آن پوشش داده شد و مجدد به مدت 8 ساعت به آن زمان داده شد تا رنگ روی کاغذ خود را نشان دهد. در خصوص نیل میزان 30°C گرم پودر نیل در 400°C گرم آب گرم اضافه شد و سپس به رنگریزی با آن پرداخته شد. شایان ذکر می‌باشد در این پژوهش برای اینکه از تأثیرات سایر عوامل مخرب (مانند نور و مواد به کار رفته در ساخت کاغذ و ...) صرف نظر شود از کاغذ استاندارد (واتمن) در شرایط آزمایش استاندارد استفاده گردید. برای ساخت نمونه‌های کاغذ حاوی مرکب و به منظور جلوگیری از تأثیرات ناشی از مواد افزودنی، پرکننده‌ها، آهار و دیگر مواد طبیعی در سایر نمونه‌های کاغذ، از کاغذ فیلتر با مشخصات *Filter Papers: 1Qualita-tive, Circles 185 mm, Cat No 1001 185* استفاده شد. پس از تهیه رنگ‌های مورد نظر، این رنگ‌ها در سینک کوچکی ریخته شد و کاغذهای واتمن در آن قرار داده شد. پس از گذشت یک دقیقه کاغذها را داخل سینک خارج کرده و در دمای اتاق خشک می‌نماییم. در پایان عملیات



رنگرزی و خشک‌شده کاغذها، به منظور صاف‌شدن آن‌ها و از بین بردن چروک‌های جزئی این کاغذها تحت فشار، پرس قرار داده شدند.

کاغذهای موردنظر در ابعاد 15×1.5 سانتیمتر برش داده شدند. انتخاب این ابعاد بر اساس استاندارد ISIRI-8273-2 (مقاومت کششی کاغذ) تعیین شد تا علاوه بر بررسی سایر موارد مورد نظر، امکان بررسی مقاومت کششی^۱ نمونه‌ها نیز فراهم گردد. تمامی نمونه‌های کاغذ رنگ‌شده در ابتدا به مدت ۲۴ ساعت تحت پیرسازی^۲ دما و رطوبت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار داده شد تا از شرایط مشابهی به‌منظور انجام سایر آنالیزها برخوردار شوند.



پوست پسته وسمه بقم نیل شاهد قبل از پیرسازی

تصویر شماره ۱- نمونه‌های آماده‌شده برای آزمایش تصویر شماره ۱

۳. نتایج این بخش

در این بخش نتایج مربوط به ارزیابی‌های انجام شده جهت بررسی رنگ‌های گیاهی مورد نظر در این پژوهش بیان شده است.

۱-۳. آزمون تعیین مقاومت کششی

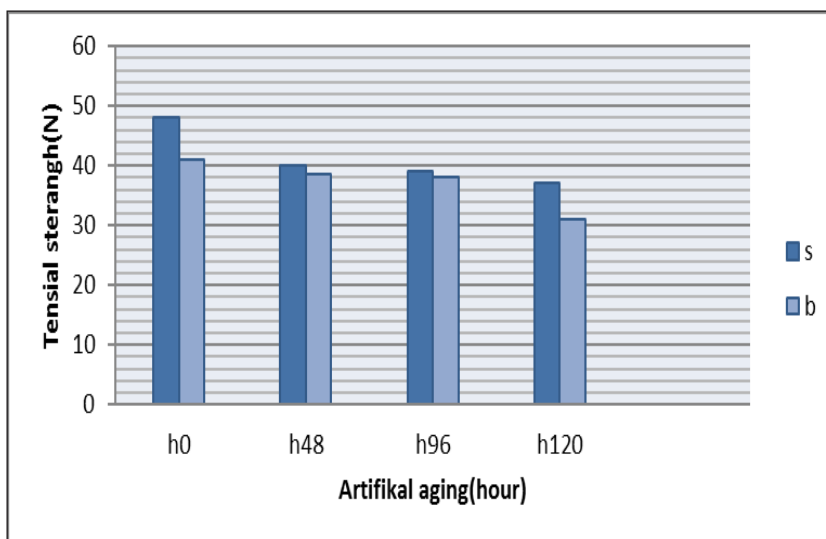
کشش و استحکام کاغذ و سایر مواد فیبری به جزئیات و ساختار مواد آن بستگی دارد. تحقیقات نشان داده که علت اصلی آسیب‌های مکانیکی، از دست رفتن قدرت و استحکام کاغذ است.



همچنین استحکام کاغذ به استحکام فیبر و مهمتر از همه به مقاومت اتصالات بین فیبر بستگی دارد. در این مرحله نمونه‌های پیرسازی شده توسط دما و رطوبت با یکدیگر مقایسه شد تا میزان استحکام و مقاومت کششی آن‌ها پس از پیرسازی سنجیده شود. جدول ۱ میزان مقاومت کششی هر کدام از این نمونه‌ها و شکل ۱ نمودار وضعیت مقاومت کششی نمونه‌ها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد

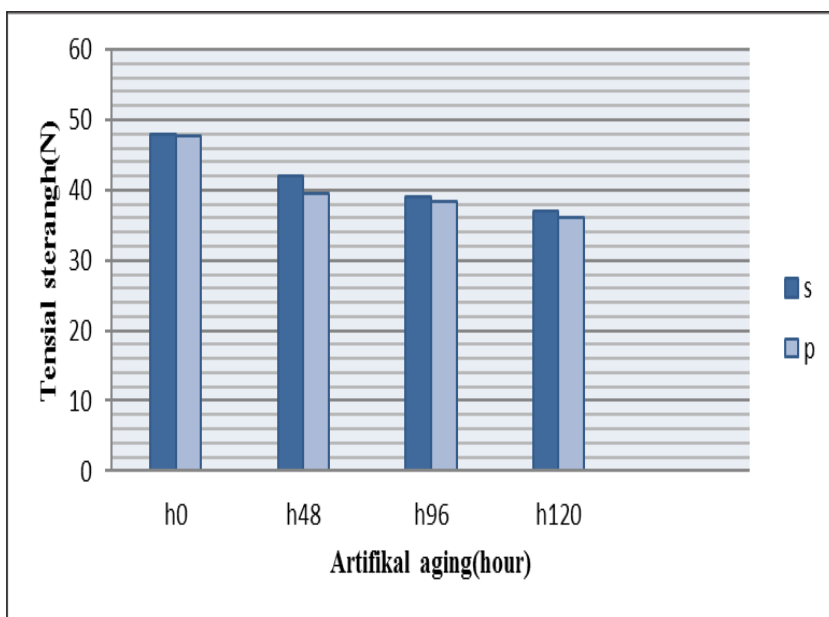
جدول ۱: مقاومت کششی نمونه‌ها پس از پیرسازی

نمونه	زمان		
	۰	۴۸	۹۶
S	۴۸	۴۰	۳۹/۱
B	۴۱	۳۸/۶	۳۸
P	۴۷/۸	۳۹/۸	۳۸/۳
N	۴۷/۳	۳۹/۳	۳۶/۶
V	۴۶	۳۹/۵	۳۷/۵

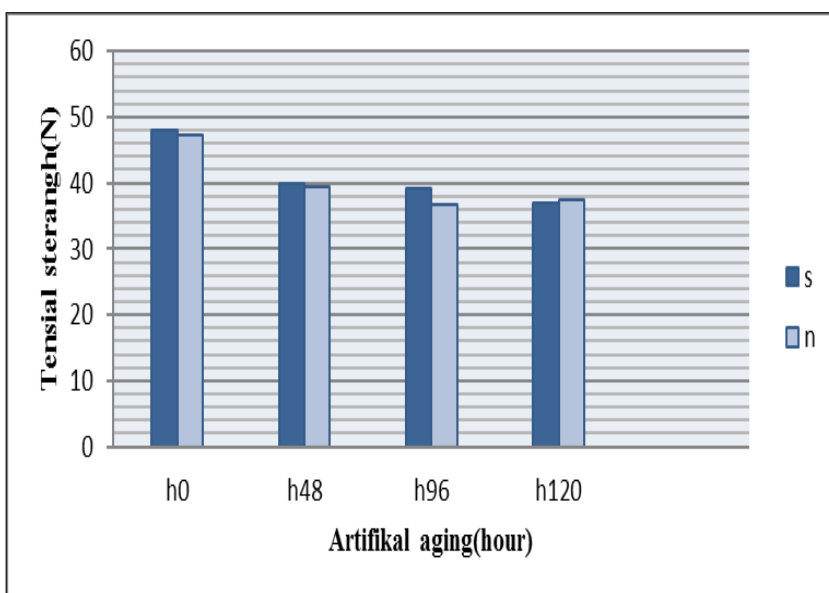


نمودار ۱- مقاومت کششی نمونه بقم در کنار شاهد

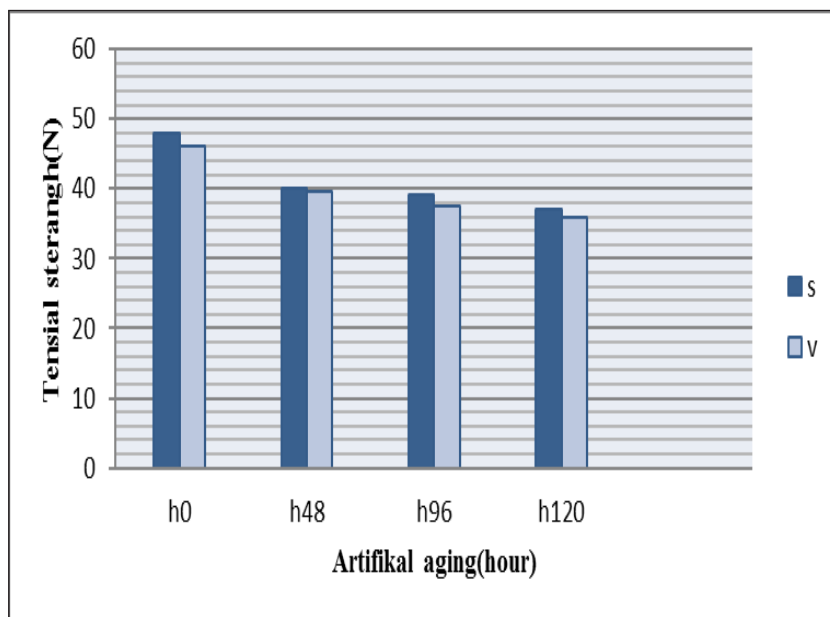




نمودار ۲- مقاومت کششی نمونه پوست پسته در کنار شاهد

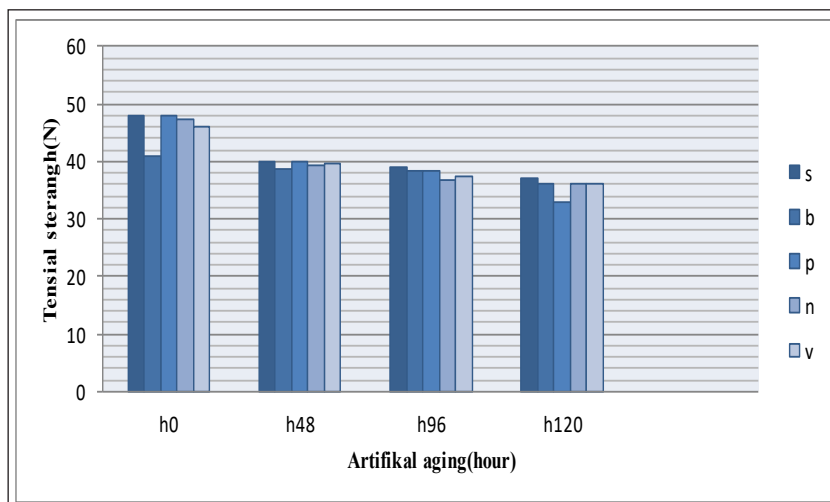


نمودار ۳- مقاومت کششی نمونه نیل در کنار شاهد



نمودار ۴- مقاومت کششی نمونه وسمه در کنار شاهد

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود با گذشت زمان از مقاومت کاغذ کم می‌شود. از آنجا که مقاومت کششی در زمان‌های مورد آزمایش در نمونه رنگی و شاهد نسبتاً کم می‌باشد، ماده رنگی مورد استفاده تأثیر در تخریب (کاهش مقاومتی) نمونه‌ها نداشته است و کاهش مقاومت به خاطر پیرسازی تسریعی (اعمال دما و رطوبت) می‌باشد.



نمودار ۵- مقاومت کششی نمونه‌ها در مقایسه با هم



همانطور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود در ابتدای آزمون و قبل از پیرسازی تسریعی دما و رطوبت، میزان مقاومت کششی تمامی نمونه‌ها بسیار نزدیک به هم می‌باشد تغییرات جزئی مشاهده شده در نمودار به علت ساختار رنگینه‌ها است. که با گذشت زمان مقاومت کششی آن‌ها کاهش می‌یابد و در زمان‌های پایان آزمون نیز هرچند میزان مقاومت کششی نمونه‌های کاغذ رنگ شده کمتر از نمونه کاغذ بدون رنگ است اما این میزان کاهش مقاومت در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بسیار کم می‌باشد. با توجه به این موضوع نمونه‌های پوست پسته و بقم در پایان پیرسازی دارای مقاومت بیشتری نسبت به نمونه‌های رنگی دیگر می‌باشند. همچنین میزان مقاومت کششی سایر نمونه‌ها در کنار یکدیگر نشان داده شده که نمونه وسمه و نیل مقاومت بهتری نشان داده‌اند و نمونه رنگی پوست پسته مقاومت کمتری داشته است.

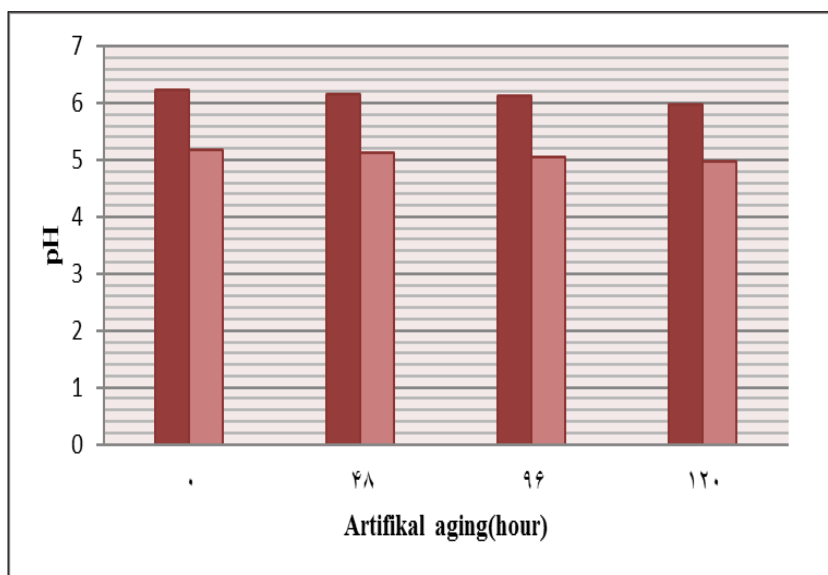
۲-۳. تعیین PH (PH سنجی)

میزان اسیدیته نمونه‌های مورد بررسی مطابق با استاندارد ISIRI-1-3568 و با استفاده از PH تردیجیتال مدل Metrohm691 با الکتروود شیشه‌ای انجام شد. این PH سنج توسط محلول‌های بافر استاندارد ۴، ۷ و ۹ کالیبره شد. برای سنجش PH هر نمونه، ۰/۱ گرم از نمونه در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد و PH هر آزمون پس از یک ساعت قرار دادن در آب مقطر و دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد میزان PH نمونه‌ها در جدول ۲ و تصویر ۷ نمایش داده شده است.

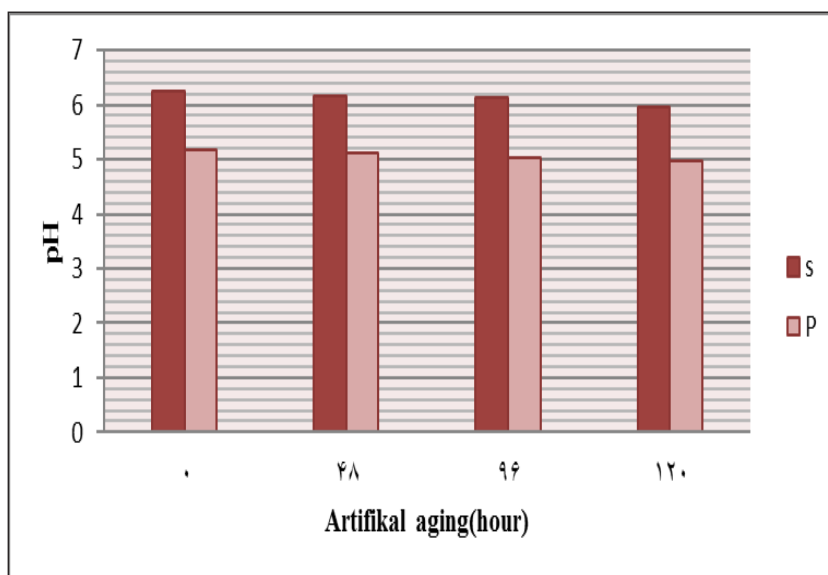
جدول ۲- میزان PH نمونه‌ها پس از پیرسازی

نمونه	زمان		
	۰	۴۸	۹۶
S	۶/۲۴	۶/۱۵	۶/۱۳
B	۶/۸۷	۶/۶۴	۶/۵۳
P	۵/۱۷	۵/۱۳	۵/۰۴
N	۷/۲۰	۶/۷۷	۶/۲۳
V	۷/۶۰	۶/۸۲	۶/۶۶



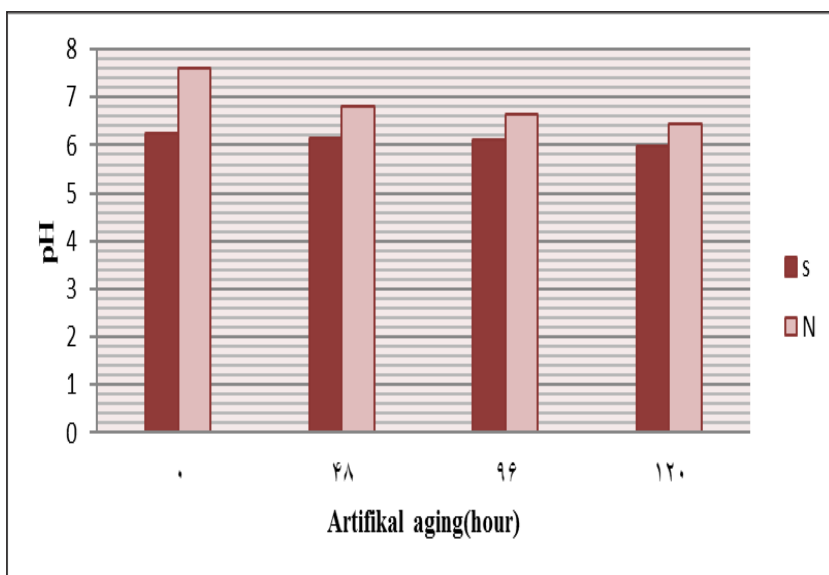


نمودار ۶- نمودار میزان PH نمونه بقم پس از پیرسازی دما و رطوبت

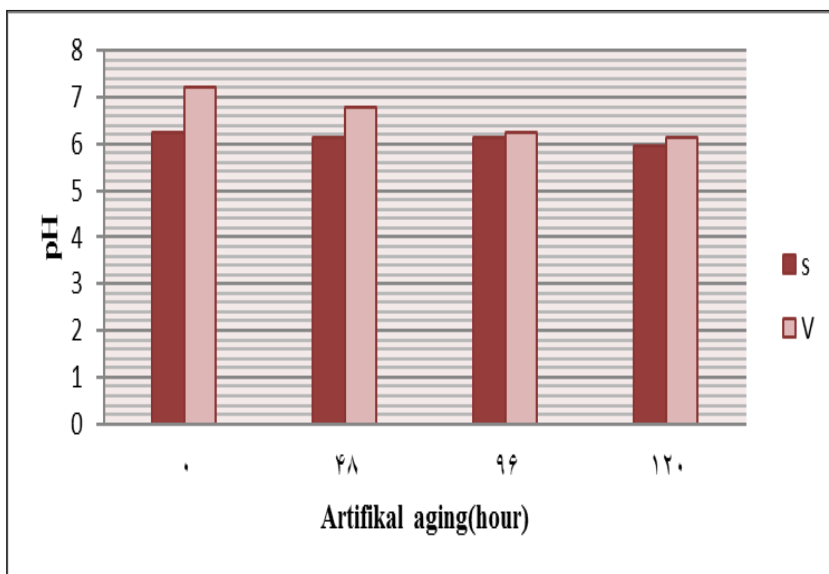


نمودار ۷- نمودار میزان PH نمونه پوست پسته پس از پیرسازی دما و رطوبت



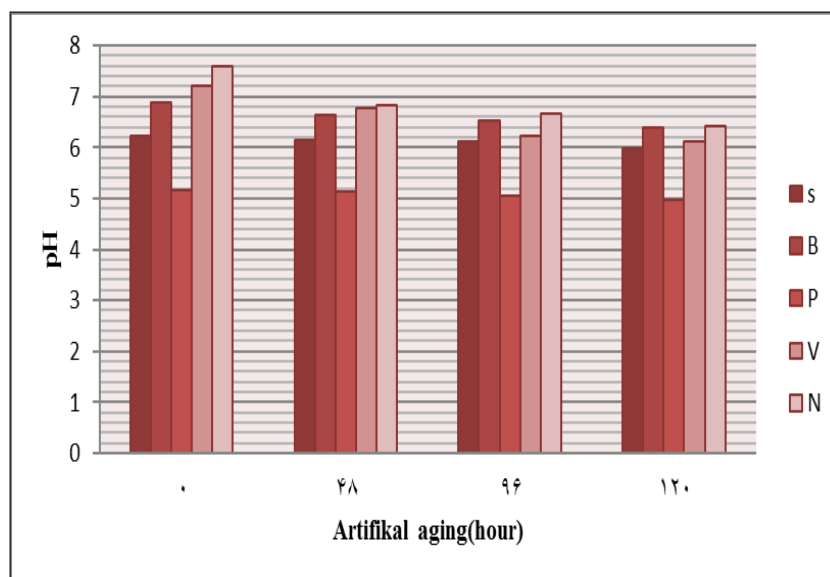


نمودار ۸- میزان PH نمونه وسمه پس از پیرسازی دما و رطوبت



نمودار ۹- میزان PH نمونه نیل پس از پیرسازی دما و رطوبت

همانطور که در نمودار ۹ مشاهده می‌شود در ابتدای آزمون و قبل از پیرسازی تسریعی دما و رطوبت (۰ hour)، میزان اسیدیته تمامی نمونه‌ها بسیار نزدیک به هم می‌باشد که با گذشت زمان میزان اسیدیته آن‌ها افزایش می‌یابد و در زمان‌های پایان آزمون نیز هرچند میزان اسیدیته نمونه‌های کاغذ رنگ‌شده به علت ساختار رنگینه بیشتر از نمونه کاغذ بدون رنگ می‌باشد اما این میزان در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بسیار کم می‌باشد. با توجه به این موضوع نمونه‌های وسمه و بقم در پایان پیرسازی به میزان بیشتری نسبت به نمونه‌های رنگی دیگر اسیدی می‌باشند و نمونه پوست پسته اسیدیته کمتری دارد.



نمودار ۱۰- میزان PH نمونه‌ها پس از پیرسازی دما و رطوبت

۳-۳. طیف‌سنجی تبدیل فوریه- مادون قرمز

تکنیک‌های طیف‌سنجی FTIR به‌عنوان ابزار موثر برای بررسی تغییرات در طی پیرسازی تسریعی رواج دارد (Ursescu et al. 2009). این روش از روش‌های مهم غیرمخرب برای تشخیص ارزیابی وضعیت و پایداری کاغذ است. ثابت شده است که درجه حرارت و رطوبت نسبی نقش حیاتی در طول عمر کاغذ دارند، بنابراین پس از پیرسازی تسریعی امکان رخ‌دادن فرایندهای هیدرولیز پیوندهای گلوکوزیدی سلولز و همچنین اکسیداسیون و تولید پیوندهای کربونیل وجود دارد (Zervos & Zερβός, 2015).



در این آزمایش نمونه‌ها در زمان‌های مشخص تحت پیرسازی تسریع شده دما و رطوبت قرار گرفتند و پس از انجام آزمایش برای بررسی میزان تأثیر دما و رطوبت بر روی نمونه‌هایی که در زمان‌های مشخص تحت تأثیر دما و رطوبت بودند از آن‌ها طیف ATR-FTIR گرفته و به مقایسه طیف هر نمونه پرداخته شد. همچنین از نمونه کاغذ پیرسازی نشده نیز طیف گرفته شده تا در بررسی و تحلیل نمونه‌ها از آن استفاده شود.

در طیف FTIR کاغذ، پیک‌های شاخص سلولز را می‌توان در ناحیه $850-1500\text{ cm}^{-1}$ که ناحیه اثر انگشت شناخته می‌شود، مشاهده کرد. نوار جذبی موجود در ناحیه 3334 cm^{-1} ، مربوط به ارتعاش کششی OH است که می‌تواند اطلاعات صحیحی در رابطه با باندهای هیدروژنی فراهم آورد. مربوط به ارتعاش کششی گروه CH سلولز، در ناحیه 2922 cm^{-1} مشاهده می‌شود. باندهای 1366 cm^{-1} و 1425 cm^{-1} به ترتیب نشان‌دهنده CH کششی نامتقارن و ارتعاش خمشی CH_2 متقارن است.

در بازه $1200-1900\text{ cm}^{-1}$ باندهای مربوط به ارتعاش کششی پیوند اتری C-O مشاهده می‌گردد (میره‌کی و شاکری، ۱۳۹۲). نوار جذبی 898 cm^{-1} مربوط به C-O-C کششی در پیوند $\beta(1-4)\text{-glycosidic}$ است که به‌عنوان پیک شاخص ساختار آمورف سلولز شناخته می‌شود. جذب در منطقه 1200 تا 1500 cm^{-1} عملکرد گروه الکل (OH) که مربوط به ارتعاشات C-O و C-H را نشان می‌دهد. این محدوده به‌عنوان گروه‌های عاملی CH_2 نیز مشخص شده است (کریمی و هلاکویی، ۱۳۹۳). ناحیه 1420 و 1430 cm^{-1} خمشی CH_2 را نشان می‌دهد. همچنین ناحیه 1029 cm^{-1} آلکن‌ها از پلی ساکاریدها که برای همه صمغ‌ها است را نشان می‌دهد. با توجه به طیف‌های موجود، باند جذبی 1224 cm^{-1} که مربوط به باند C-O کششی و ناشی از حضور گالیک اسید یا تانن‌های موجود در مرکب است.

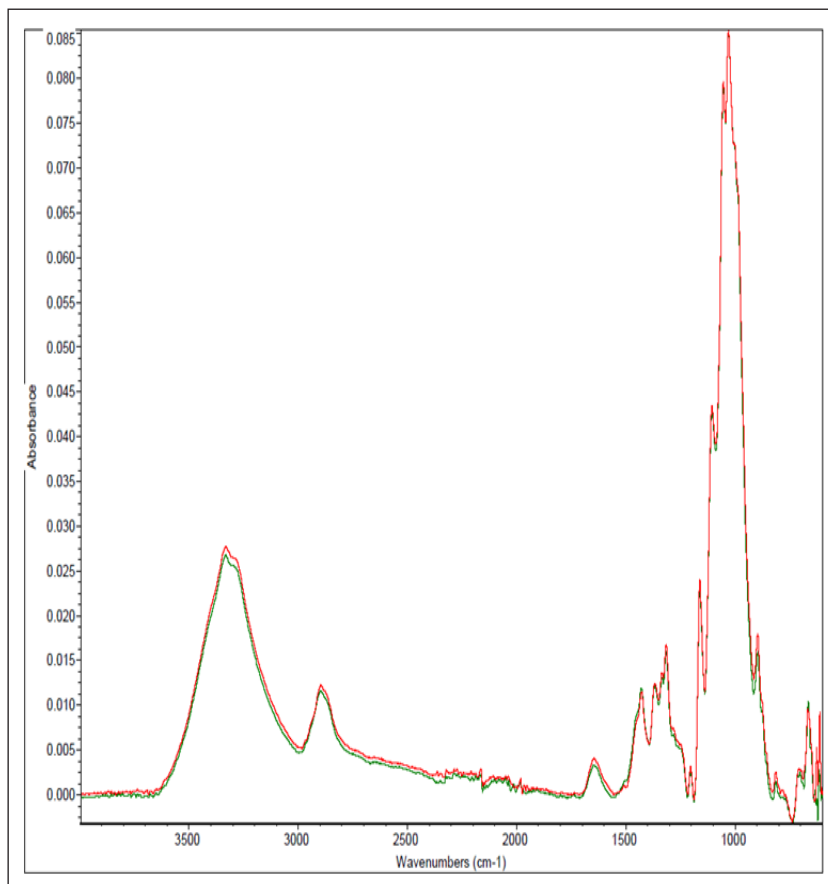
در محدوده $1500-1900\text{ cm}^{-1}$ محصولات هیدرولیز سلولز و اکسیداسیون ناقص، به‌صورت گروه‌های کربونیل و کربوکسیل ظاهر می‌شوند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ناحیه 1550 cm^{-1} تا 1800 cm^{-1} مشخصه آلکین‌ها و گروه کربونیل بوده که تغییرات و افزایش جذب در این ناحیه گویای واکنش اکسیداسیون است افزایش باند جذبی $1730-1745\text{ cm}^{-1}$ در نمونه کاغذ حاوی مرکب (بدون آنتی‌اکسیدان) مربوط به گروه‌های عاملی C=O کششی در کربونیل است. پیک تشکیل شده در 1107 cm^{-1} ، به ارتعاشات کششی نامتقارن C-O-C در حلقه پیرانوز اختصاص دارد.

محدوده $1000-1200\text{ cm}^{-1}$ نیز مشخصه گروه‌های آمورف است. سولفات آلوم (زاج) نیز بیشترین جذب را در منطقه $1400-1900\text{ cm}^{-1}$ دارد. از طرفی اگر منطقه 820 cm^{-1} افزایش جذب وجود داشته باشد، این تغییر جذب افزایش آروماتیزه آلوم را نشان می‌دهد. در



ناحیه 1040-1150 cm^{-1} نشان دهنده زنجیر مولکولی CH است و پیوند گلوکوزیدی C-O-C در این منطقه ظاهر می‌شود.

افزایش جذب در ناحیه 1200-1000 cm^{-1} باعث افزایش درجه پلیمریزاسیون و تضعیف شدن پیوندهای گلوکوزیدی شده است. همچنین در ناحیه 895 cm^{-1} کشش ساختار سلولزی مشاهده می‌شود.



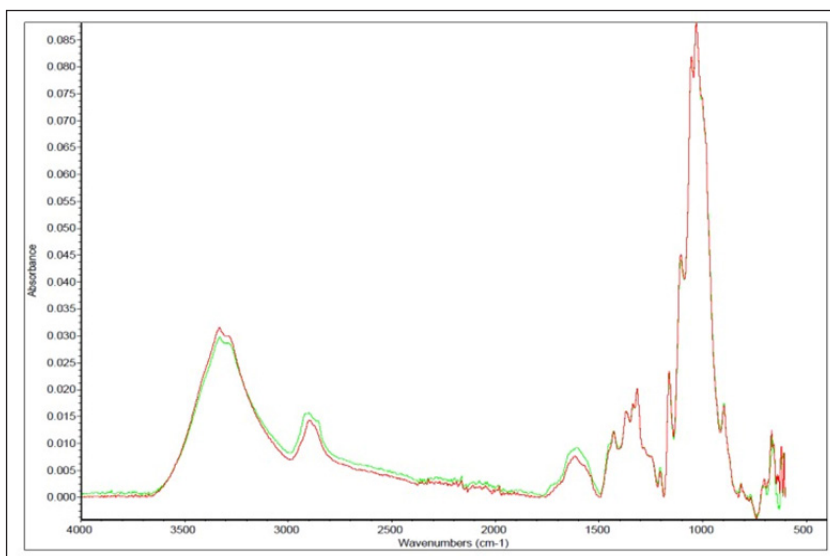
شاهد



وسمه

نمودار ۱۱- طیف‌سنجی نمونه وسمه بعد از پیرسازی در کنار نمونه شاهد



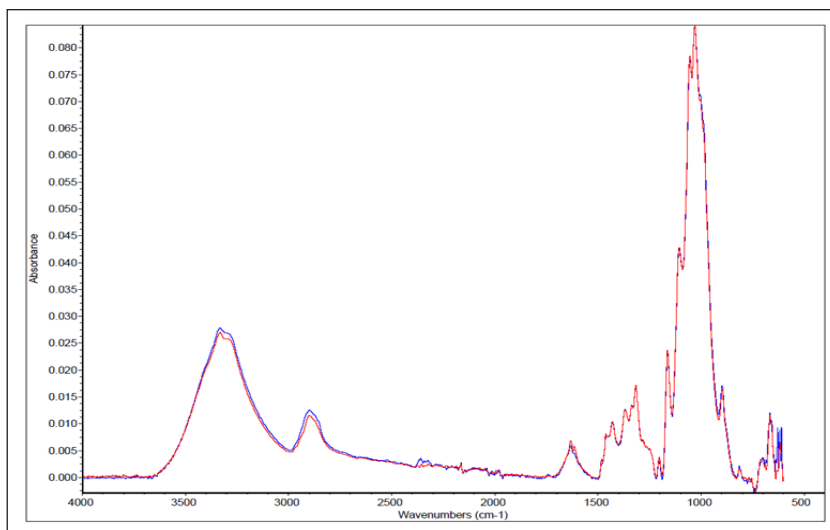


شاهد



پوست پسته

نمودار ۱۲- طیف‌سنجی نمونه پوست پسته بعد از پیرسازی در کنار نمونه شاهد



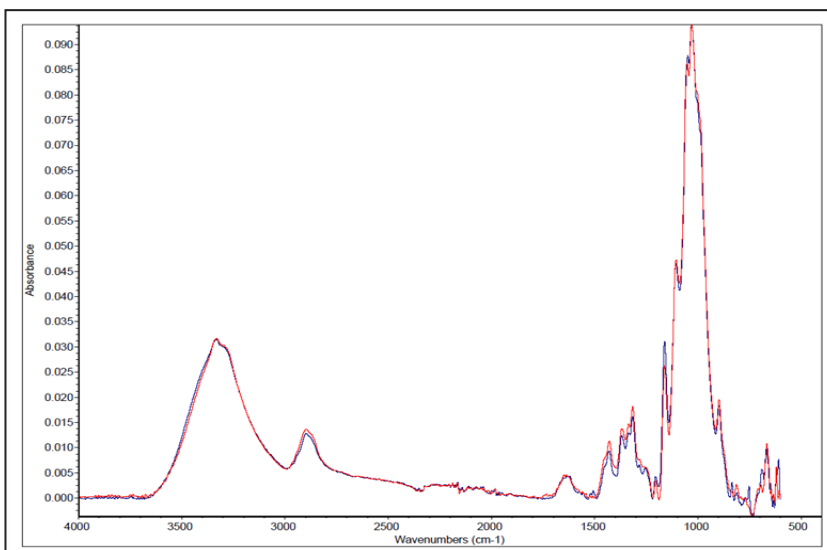
شاهد



بقم

نمودار ۱۳- طیف‌سنجی نمونه بقم بعد از پیرسازی در کنار نمونه شاهد



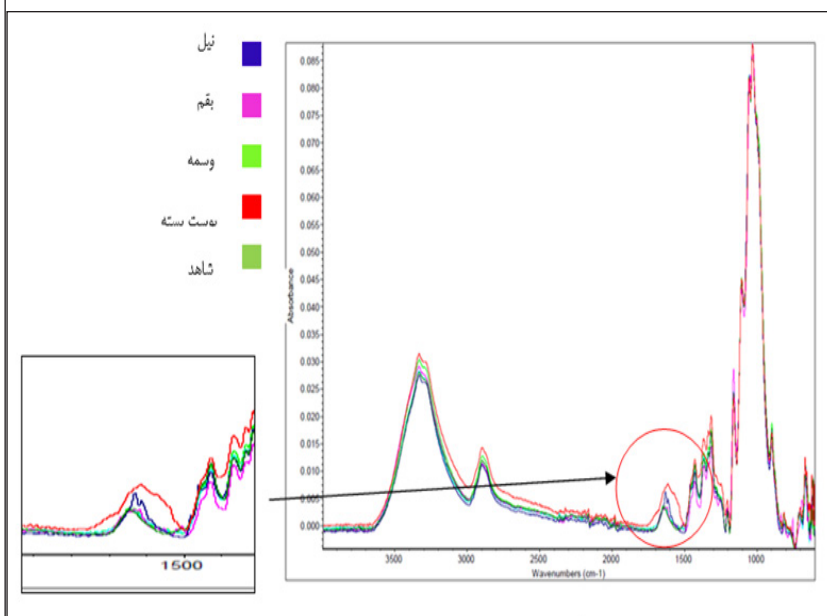


شاهد



نیل

نمودار ۱۴- طیف‌سنجی نمونه نیل بعد از پیرسازی در کنار نمونه شاهد



نمودار ۱۵- طیف‌سنجی نمونه‌ها بعد از پیرسازی در کنار نمونه شاهد



با توجه به مطالب ارائه شده در ناحیه مشخص شده در بین نمونه‌های رنگ‌شده با گیاهان مورد پژوهش اکسایش سلولز در نمونه پوست پسته، بیشتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

شناخت نوع کاغذ، رنگ به کار رفته در آن، دوره کتابت، بسیار در اصول نسخه‌شناسی مهم و حائز اهمیت است. در این میان شناخت آسیب‌های وارده به کاغذ نیز جایگاه ویژه‌ای دارد. آسیب‌های وارده به کاغذ آسیب‌های بیولوژیکی، آسیب شیمیایی و آسیب‌های مکانیکی را شامل می‌شوند. در این راستا آسیب‌های بیولوژیکی شامل رشد انواع قارچ و کپک، آسیب‌های شیمیایی شامل اسیدی‌شدن، تغییرات شیمیایی در مرکب و رنگ‌های مورد استفاده در کاغذ و ... را شامل می‌شود. آسیب‌های مکانیکی شامل ریختگی، پاره‌شدن و غیره است. در میان همه این آسیب‌ها ریختگی که بیشترین آسیب به کاغذ و باعث از بین رفتن متن اثر می‌شود، بسیار اهمیت دارد. در این راستا ایجاد بستر مناسب برای کاغذ و مرمت هرچه بهتر آن اهمیت دارد. در مراحل مختلف مرمت کاغذ مرحله مهم آن هم‌رنگ‌سازی کاغذ مرمتی با متن اثر می‌باشد. رنگ‌هایی که در مرمت مورد استفاده قرار می‌گیرند و شناسایی آسیب‌های احتمالی که ممکن است به کاغذ وارد کنند بسیار مهم است. در این میان چهار رنگ بقم، وسمه، پوست پسته و نیل مورد بررسی قرار گرفت که هر کدام به ترتیب رنگ قرمز، آبی، زرد را در کاغذ ایجاد می‌کنند. در این آزمایش نمونه‌هایی از کاغذ واتمن با گیاهان مورد نظر رنگ شد و سپس تحت آزمایش‌های پیرسازی، مقاومت کششی، تعیین اسیدیته و FTIR قرار گرفت نتایج حاصله به شرح زیر می‌باشد:

نمونه وسمه: میزان PH بعد از پیرسازی بعد از ۱۲۰ ساعت نسبت به نمونه شاهد و نمونه رنگ‌شده در زمان صفر تغییرات اندکی را نشان داد. اثر رنگ در بافت کاغذ و میان مقاومت کششی آن تغییر چندانی به وجود نیاورد و میزان اسیدیته آن نیز نسبت به نمونه شاهد کم بود.

نمونه بقم: در آزمایشات انجام‌شده تغییرات اسیدیته این نمونه نیز کم بود اما رنگ در مقاومت کاغذ نسبت به نمونه شاهد تغییر چندانی به وجود نیاورده بود.

نمونه نیل: این نمونه نیز تا حدودی تغییرات اسیدی اندکی را در خود نشان می‌داد اما مقاومت کششی نسبت به نمونه شاهد تغییر چندانی نکرده بود.

پوست پسته: بیشترین میزان تغییرات اسیدیته را در خود نشان داد اما میزان مقاومت کششی کاغذ تغییر چندانی نکرده بود.

نتایج آزمایش‌های FTIR نشان داد که اکسایش تنها در نمونه پوست پسته در ناحیه ۱۵۰۰ اتفاق افتاده است. در نمونه‌های دیگر نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد، تغییر چندانی نداشتند. لذا استفاده از رنگ‌های مذکور در مرمت کاغذ بلامانع است.

رنگ‌های مورد استفاده با توجه به نتایج آزمایش و بررسی روند پیرسازی نشان دادند تأثیر چندانی بر مقاومت کاغذ ندارند و استحکام کاغذ را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. مشخص شد که رنگ‌های مورد نظر جز تأثیر مستقیم بر روی اسیدیتته، تأثیری روی پیوند بافت کاغذ و مقاومت کششی آن ندارند و با استفاده از محلول‌های اسیدزدایی می‌توان از این رنگ‌ها برای کار مرمت استفاده کرد. مراقبت از آثاری که کاغذ آن‌ها رنگ‌شده است و دارای تزئینات می‌باشند شرایط و ویژگی‌هایی خاصی دارد و باید در نگهداری آن‌ها توجه کرد.

منابع

خواجه‌محمودی، مصطفی. (۱۳۹۲). بررسی زردشدگی کاغذهای نسخ خطی لب‌الاب‌الاکسیر متعلق به قرن ۱۳ هجری قمری و ارائه راهکار حفاظتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه هنر اصفهان. ذوالریاستین، علی‌اکبر؛ حاجیلاری، مهرداد. (۱۳۹۷). رنگ‌رزی الیاف لیگنوسولوزی چتایی با رنگ‌زای طبیعی و تجدیدپذیر پوست گردو، کرج، *دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در مهندسی کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی*. محل نشر: ناشر.

رضوانی کاشانی، نیلوفر. (۱۳۹۳). تأثیر رنگینه‌های پوست انار، بلوط، روناس و گلرنگ در کاغذهای رنگ‌شده مورد استفاده در مرمت نسخ خطی، استاد راهنما: مهرناز آزادی، حمید فرهمند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار فرهنگی و تاریخی.

سلیمانی، سمیه؛ سپیده‌دم، سید محمدجواد؛ ملکیان، حمید. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر رنگ‌های گیاهی حنا، گردو و چای بر پایداری کاغذ در مرمت نسخ خطی. *تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران*. شماره ۴، صص ۶۴۷-۶۶۶.

کریمی، امیرحسین و هلاکویی، پرویز. (۱۳۹۳). کاربرد طیف‌بینی میکرورامان در شناسایی غیرتخریبی بست‌های نقاشی ایران. *مرمت و معماری ایران (مرمت آثار و بافت‌های تاریخی فرهنگی)*، شماره ۸، صص ۱۹-۴۸.

محسنیان، سیده‌سمیه؛ حدادی، محمد. (۱۳۹۳). مرمت مجازی آثار کاغذی: مطالعه موردی بر روی چند برگ اثر کاغذی، *گنجینه اسناد*: س ۲۴، دفتر دوم، صص ۱۵۲-۱۶۹.

میره‌کی، فرشاد؛ شاکری، علیرضا. (۱۳۹۲). بررسی خواص میکرو کریستالین سلولز به دست آمده از ساقه پنبه و پوست کنف، *مجله صنایع چوب و کاغذ ایران*، س ۴، شماره دوم، صص ۳۳-۳۲.

Barkeshli, M. (2003). Historical and scientific analysis on sizing material used in Iranian manuscripts and miniature paintings. American Institute first conservation of Historic and Artistic work (AIC). The book



and paper group annual.

Barkeshli, Mandana, Ghasem Ataie and Mohammad Alimohamadian. (2008). Historical analysis of materials used in Iraan paper dyeing with special reference to thr effect of henna dye on paper based on scientific analysis. Triennial conference New Delhi.

Mikhaeil, Botros R., Farid A. Bbadria, Galal T. Magtoog and Mohamad M.A. Amer. (2004). Antioxidant and Immunomodulatory constituents of Henna leaves. Z. naturforsch. 59.

Zervos, S. (2010). Natural and accelerated ageing of cellulose and paper: A literature review. Cellulose: structure and properties, derivatives and industrial uses, 155-203.