بررسی تأثیر آهارهای نشاستهٔ گندم و نشاستهٔ برنج بر زردشدگی اوراق نسخ‌خطی تاریخی

دکتر مهرناز آزادی بویاغچی، مصطفی خواجه محمودی و عباس عابد اصفهانی

چکیده

مواد آهاری همواره به‌عنوان استحکام‌بخش و سهل‌کننده کتابت، به اوراق نسخ‌خطی اضافه شده است. نقش مثبت این مواد در استحکام و قوام کاغذهای تاریخی هیچ‌گاه نفی نشده است، اما این مسئله که آیا این مواد در فرایند زردشدگی و تغییررنگ کاغذهای تاریخی نیز نقش دارند به‌روشنی مشخص نشده است. هدف از این تحقیق، شناخت میزان تأثیر آهارهای نشاستهٔ گندم و نشاستهٔ برنج در فرایند تغییر رنگ و زردشدگی کاغذهای تاریخی است. در این پژوهش، روش یافته‌اندوزی کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است. نمونه کاغذها از دو نوع الیاف پنبه و کنف انتخاب و تهیه شدند. آهارهای نشاستهٔ برنج و نشاستهٔ گندم نیز طبق رسالات تاریخی موجود ساخته و نمونه‌های کاغذ به‌وسیلهٔ آن‌ها آهار داده شدند. تعداد نمونه کاغذها ۱۸ عدد (۶ گروه سه تایی) و نمونه‌ها در اندازه ۵×۵ سانتی‌متر برش زده شدند. طبق استانداردهای ASTM به شماره D6789 و D4714، نمونه‌ها تحت دو مرحله پیرسازی تسریعی نور و دما–رطوبت قرارگرفتند. نمونه‌ها قبل و پس از پیرسازی تسریعی به‌وسیلهٔ دستگاه رنگ‌سنج مدل Salutron Messtechnik GmbH موردِبررسی تغییرات رنگی قرار گرفتند. داده‌ها نشان داد پس از پیرسازی، نمونه کاغذ PH (کنف خالص) با فاکتور B (زردشدگی) برابر ۲۲٫۹۹، نمونه RPH (کنف با آهار نشاستهٔ برنج) با فاکتور B برابر با ۲۳٫۲۸ و نمونه BPH (کنف با آهار نشاستهٔ گندم) با فاکتور B برابر ۲۳٫۵ تقریباً در یک محدوده تغییرات هستند. هر چند، بیشترین تغییرات رنگی مربوط به پیرسازی دما–رطوبت و نمونه‌های ساخته‌شده با الیاف کنف و آهار نشاستهٔ برنج با ΔE (تغییرات رنگی کلی) برابر ۹ است. اما این تغییرات با نمونه کنف خالص بدون آهار با ΔE برابر ۸٫۳۶ تقریباً برابری می‌کند. در کل، نمونه‌های پنبه خالص دارای کمترین میزان تغییرات و نمونه‌های کنف خالص دارای بیشترین میزان تغییر رنگ هستند. نتایج بررسی داده‌ها نشان می‌دهد آهارهای نشاسته گندم و برنج، نقش مؤثری در زردشدگی اوراق نسخ‌خطی تاریخی ندارند.

کلیدواژه‌ها

آهار نشاسته گندم، آهار نشاسته برنج، کاغذ تاریخی، زردشدگی.

بررسی تأثیر آهارهای نشاستهٔ گندم و نشاستهٔ برنج بر زردشدگی اوراق نسخ‌خطی تاریخی

دکترمهرناز آزادی بویاغچی[۱]، مصطفی خواجه محمودی[۲]، عباس عابد اصفهانی[۳]

مقدمه

از دیرباز، از مواد آلی با خاصیت چسبندگی مناسب، برای آهار دادن کاغذ و بهبود خواص فیزیکی و افزایش استحکام و مقاومت آن در برابر کتابت استفاده شده است. مواد آهاری سبب می‌شود تا خواص تَرشدگی کاغذ کاهش یافته و امکان نوشتن روی آن فراهم آید. زردشدگی عنوانی است که به کاغذهای تاریخی داده می‌شود که به مرور زمان کدر شده‌اند. این زردشدگی می‌تواند به علل گوناگونی حاصل آید که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به واکنش‌های اکسیداسیون، هیدرولیز و فتواکسیداسیون اشاره کرد. مواد افزودنی که در مراحل بعدی برای بهبود خواص کاغذ به آن اضافه می‌شود نیز از جمله مواردی است که می‌تواند با تغییر رنگ خود در درازمدت، سبب تغییر رنگ و زردشدگی کاغذ بستر خود شوند. شناخت علت اصلی زردشدگی کاغذ تاریخی می‌تواند در درمان آن نقش به‌سزایی داشته باشد. در این مقاله به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود که آیا آهارهای نشاستهٔ برنج و گندم سبب زردشدگی اوراق تاریخی می‌شوند و اگر چنین است نسبت زردشدگی کاغذ در کدام نمونه‌ها بیشتر است. بر این اساس، نمونه‌ها تحت دو مرحله پیرسازی تسریعی نور و دما–رطوبت قرار داده شدند که شرایط محیط پیرسازی بر اساس استانداردهای ASTM ایجاد شده و نمونه‌سازی‌ها نیز بر اساس متون تاریخی موجود انجام شده که در این باره نقل شده است. هدف از این پژوهش، بررسی میزان تأثیر آهارهای نشاستهٔ گندم و برنج بر تغییر رنگ و زردشدگی کاغذهای تاریخی است.

۱. نویسنده مسئول، استادیار، عضو هیئت‌علمی دانشگاه هنر اصفهان؛ Mehrnaz_Azadi@yahoo.com
۲. دانشجوی دکترای مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی؛ M.kh.mahmoudi@gmail.com
۳. دانشجوی دکترای مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد واحد خوراسگان؛ Abedesfahani@gmail.com

پرسش‌های اساسی این پژوهش عبارتند از:

۱- تأثیرات منفی مواد آهاری بر کاغذهای بستر چیست؟

۲- آهارهای نشاستهٔ گندم و برنج تا چه میزان بر فرایند زردشدگی کاغذهای بستر خود تأثیرگذارند؟

پیشینهٔ پژوهش

A. Mosca Conte et. 2012 به بررسی نقش اکسیداسیون سلولز[1] در برخی از کاغذهای متعلق به قرن ۱۵ میلادی پرداخته و پس از بررسی ساختاری نمونه‌های تاریخی اقدام به نمونه‌سازی از روی آن‌ها و پیرسازی نمونه‌ها کرده است. در ادامه هم از نمونه‌های تاریخی و هم از نمونه‌های ساخته‌شده و پیرسازی‌شده به‌صورت مصنوعی، با استفاده از محاسبات نظری روشی به‌نام AB-initio که بر اساس نظریه تابعی چگالی وابسته به زمان تفسیر شده است، غلظت کروموفورهایی که باعث تغییر رنگ شده‌اند را اندازه‌گیری می‌کنند. آن‌ها معتقدند مجموع کروموفورهای تولیدشده ثانویه در زمان پیری اثر، به‌شدت وابسته به شرایط زیست‌محیطی است که شیء در طول عمر خود در معرض آن قرار داشته است.

Gerard Banik, Irene Brukle 2011 به بررسی اجمالی برخی ساز و کارهای زردشدگی کاغذ مانند زردشدگی کاغذهایی که علت اصلی آن حضور لیگنین است و برخی دیگر که هیدرولیز سلولز[2] و پیش‌روی فرایند آن باعث ایجاد ترکیبات جاذب نور می‌شوند، پرداخته‌اند.

خراسانی و همکارانش (۱۳۹۱) به بررسی اثرات نشاسته بر خواص کاغذهای صنعتی پرداخته‌اند. در پایان اذعان می‌دارند، استفاده از نشاسته برای جبران خواص پلیمری از دست‌رفته کاغذ نقش مؤثری داشته است.

مقالهٔ حاضر برای اولین‌بار به جست‌وجوی علل زردشدگی کاغذهای تاریخی در مسیری متفاوت پرداخته و میزان تأثیر مواد افزودنی مانند آهار نشاسته برنج و آهار گندم را روی کاغذهای نسخ‌خطی موردِبررسی قرار می‌دهد. در این راستا از منابع مختلف تاریخی و مقالات و کتب نوین و مطالعات آزمایشگاهی بهره گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها[3]

الف) ساخت کاغذ

در ساخت کاغذها از دو نوع الیاف کنف و الیاف پارچه کهنه پنبه‌ای استفاده شد. طناب‌های کنفی و پارچه‌های چلوار که از جنس پنبه هستند برای این منظور مورداِستفاده قرار گرفتند.

1. Cellulose oxidation
2. Cellulose hydrolysis
3. Preparation of samples

پارچه‌ها دارای بافت ساده بودند که نخ‌های پود در آن به‌طور متناوب و یک در میان زیر و روی نخ‌های تار قرار می‌گیرند. در ابتدا هر دو نوع الیاف به‌وسیلهٔ قیچی کاملاً کوتاه شدند و در آب آهک با pH22/12 خوابانده شدند تا هم باعث جدا شدن الیاف از یکدیگر و هم سبب روشن‌شدن رنگ الیاف شود. خواباندن در آب آهک و سپس شست‌وشوی آن با آب مقطر در چندین مرحله انجام گرفت و پس از هر مرحله الیاف با هاون کوبیده می‌شدند. پس از آماده‌شدن خمیر موردِنظر، کاغذسازی با قالب انجام شدند و بر روی پارچه کرباس پهن‌شده تا خشک شوند. نمونه‌ها در کاغذهای ساخته‌شده با الیاف پنبهٔ خالص و کاغذ با الیاف کنف خالص آماده شدند. برای هر کدام از نمونه‌های موردِنظر، سه عدد کاغذ در نظر گرفته شد. برای ساخت نمونه، کاغذهایی با اندازه ۵×۵ سانتی‌متر برش داده شدند.

ب) تهیه آهار نشاسته[1]

برای این منظور، دو نوع نشاستهٔ برنج و گندم که از رایج‌ترین آهارهای نشاسته موردِاستفاده در کاغذهای تاریخی هستند، انتخاب شدند. تهیه آهارها با توجه به دستورالعمل‌های گوناگون ساخت آهار انجام گرفت.

۱) تهیه نشاستهٔ گندم[2]

برای تهیه نشاستهٔ گندم چندین رساله موجود است که از آن جمله می‌توان به رسالهٔ «صراط‌السطور» از سلطان علی مشهدی، رسالهٔ «گلزار صفا» نوشتهٔ علی صیرفی و رسالهٔ «خط و مرکب» نوشتهٔ حسین عقیلی رستمداری اشاره کرد.

طبق دستورالعمل رسالهٔ «خط و مرکب» نوشتهٔ حسین عقیلی رستمداری، گندم‌ها به مدت یک شبانه‌روز در آب قرار داده شدند و سپس حرارت داده شدند تا عصارهٔ لزجی به‌دست آید، بعد گندم‌ها جدا و محلول آماده‌شده، برای آهار دادن کاغذها سرد شد. پس از سردشدن،pH آهار با استفاده از دستگاه pHسنج Metrohm اندازه‌گیری شد که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر ۶/۷۳ بود. نمونه‌ها توسط پنبه‌ای تمیز به آهار آغشته‌شده و سپس بر روی کرباس تمیزی پهن تا خشک شدند.

۲) تهیه نشاستهٔ برنج[3]

نشاستهٔ برنج مشخصاً در سه رسالهٔ بیان‌الصناعات نوشتهٔ حبیش تفلسیی مورخ ۱۲۰۶ میلادی، رسالهٔ جوهر سیمی در قرن پانزدهم میلادی و رسالهٔ حلیه‌الکتاب، فصل دهم بیان‌الصناعات توسط نویسنده‌ای ناشناس در دوره صفویه آمده است.

1. Starch Sizing
2. Wheat Starch
3. Rice Starch

ساخت آهار نشاسته طبق دستورالعمل رسالهٔ حلیه‌الکتاب، فصل دهم بیان‌الصناعات انجام گرفت. به برنج نمک اضافه شد و بعد چندبار با آب شستشو داده شد و یک شبانه‌روز در آب خیسانده شد تا نرم شود. سپس در هاون کوبیده و بر روی منبع حرارتی قرار داده شد. پس از حرارت‌دیدن و لزج‌شدن آب محتوی برنج، محلول به‌دست‌آمده برای آهاردهی نمونه‌ها سرد شد. pH محلول به‌دست آمده، در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد ۵٫۱ با دستگاه قرائت شد. نمونه‌ها با پنبهٔ تمیز و عاری از گرد و غبار به آهار نشاستهٔ برنج ساخته‌شده، آغشته شدند. نمونه‌های آغشته‌شده با نوع آهار نشاستهٔ برنج[1] و آهار نشاستهٔ گندم[2] روی کرباس تمیز پهن تا خشک شوند. قبل از اینکه نمونه‌ها کاملاً خشک شوند، با استفاده از سنگ صاف و صیقلی مهره شدند. پس از پایان نمونه‌سازی، تعداد ۶ گروه سه‌تایی نمونه آماده شد که در مجموع ۱۸ نمونه را شامل می‌شد. این نمونه‌ها در جدول زیر به همراه کد اختصاری آنها آورده شده است.

نمونه کاغذ	کد اختصاری	تعداد
پنبه خالص	PC	۳ عدد
پنبه خالص+ آهار نشاسته برنج	RPC	۳ عدد
پنبه خالص+ آهار نشاسته گندم	BPC	۳ عدد
کنف خالص	PH	۳ عدد
کنف خالص+ آهار نشاسته برنج	RPH	۳ عدد
کنف خالص+آهار نشاسته گندم	BPH	۳ عدد

جدول ۱- نمونه‌ها و کد اختصاری آن‌ها

پس از آماده‌سازی، نمونه‌ها وارد دو مرحله پیرسازی تسریعی[3] نور و دما-رطوبت شدند. قبل از شروع پیرسازی، از نمونه‌ها رنگ‌سنجی[4] انجام گرفت تا با تغییرات صورت‌گرفته در مراحل پیرسازی مقایسه شوند.

پیرسازی تسریعی نمونه‌ها

الف) پیرسازی نوری[5]

پیرسازی نوری نمونه‌ها طبق استاندارد شمارهٔ D6789 انجام گرفت. طبق این استاندارد، نمونه‌ها در معرض لامپ زنون OSKAM، HQI-BT400 ساخت کشور اسلواکی قرار گرفت. زاویه تابش ۴۵ درجه و دمای روی سطح نمونه‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، با تغییر

1. Rice Starch Sizing
2. Wheat Starch Sizing
3. Accelerated aging
4. colorimetry
5. Light aging

فاصلهٔ لامپ از نمونه‌ها، تنظیم شد. در این پیرسازی نمونه‌ها بر اساس استاندارد به مدت ۴۵۶ ساعت تحت تابش نور قرار گرفتند. پس از اتمام زمان در نظر گرفته شده، مجدداً از نمونه‌ها رنگ‌سنجی انجام گرفت تا میزان تغییرات صورت‌گرفته بررسی شود.

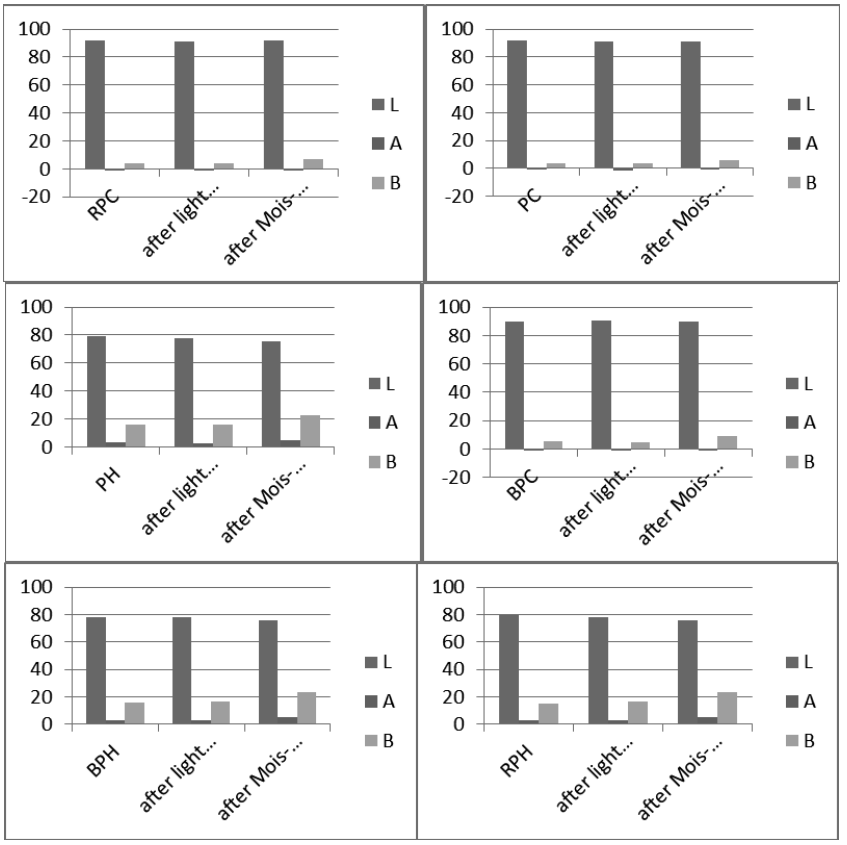
ب) پیرسازی دما-رطوبت[1]

پیرسازی دما-رطوبت طبق استاندارد ASTM[2] شمارهٔ D4714 انجام گرفت. طبق این استاندارد، نمونه‌ها در معرض دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت‌نسبی ۵۰% به مدت ۳۸۴ ساعت قرار گرفتند. محیط در نظر گرفته شده برای این پیرسازی، آون Memmert با قابلیت دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و تعیین زمان ۱۲ ساعت، ۶۰۰ وات و ۲۲۰ ولت است. منبع تأمین رطوبت در این آون، یک بشر ۴۰۰ میلی‌لیتری حاوی آب مقطر بود. در پایان مرحلهٔ پیرسازی دوم، از سطح نمونه‌ها رنگ‌سنجی انجام گرفت.

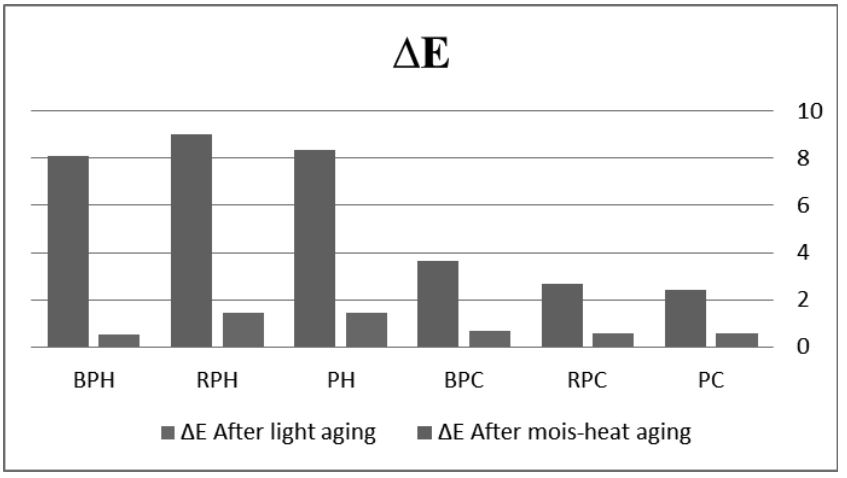
بحث و تحلیل داده‌ها

بررسی تغییرات رنگی در نمونه‌های ساخته‌شده قبل و پس از دو مرحلهٔ پیرسازی نوری و پیرسازی دما-رطوبت، با دستگاه اندازه‌گیری و اعداد خوانده شده و با برنامه اکسل به‌صورت نمودار آورده شده است. اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها با دستگاه بر اساس سه فاکتور L، A، B دستگاه رنگ‌سنج انجام شد. هر چه فاکتور L بزرگتر باشد، رنگ نمونه روشن‌تر و بالعکس هر چه مثبت آن کمتر و به منفی نزدیک‌تر باشد، رنگ نمونه تیره‌تر است. در مورد فاکتور A، هر چه مثبت آن بیشتر و عدد بزرگ‌تر باشد، رنگ نمونه رو به قرمزی و هرچه مثبت آن کمتر و به‌سمت منفی باشد، رنگ نمونه به‌سمت سبز گرایش دارد. برای فاکتور B نیز هرچقدر مقدار آن بزرگتر و مثبت آن بیشتر باشد، به طرف رنگ زرد و هرچقدر کمتر و به‌سمت منفی باشد به‌سمت رنگ آبی گرایش دارد. در ادامه، تغییرات کلی این فاکتورها از رابطه $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta A^2 + \Delta B^2}$ به‌دست می‌آید (کاظمی و دیگران، ۱۳۹۴). ΔE نشان‌دهندهٔ میانگین تغییرات رنگی کلی ایجادشده در نمونه‌هاست. از طریق این رابطه می‌توان مشخص کرد، بیشترین تغییرات رنگی مربوط به کدام نمونه‌ها و در کدام مرحله از پیرسازی صورت گرفته است. در زیر نمودارهای مربوط به رنگ‌سنجی نمونه‌ها قبل و پس از دو مرحله پیرسازی و کد اختصاری آن‌ها آورده شده است.

1. Mois-heat aging
2. American Society for Testing and Materials



نمودار ۱– نمودارهای رنگ‌سنجی نمونه‌ها پس از دو مرحله پیرسازی تسریعی



نمودار ۲– نمودار تغییرات شش نمونه مورد مطالعه پس از دو مرحله پیرسازی تسریعی

در نمودار ۱، در همهٔ نمونه‌ها، فاکتور B که نشان‌دهنده میزان زرد شدگی نمونه‌هاست، افزایش‌یافته است. این فاکتور در مرحله پیرسازی دما–رطوبت افزایش یافته است که نشان می‌دهد فتواکسیداسیون[1] سبب زردشدگی کاغذهای موردِنظر نشده و آنچه عامل آن است، اکسیداسیون و هیدرولیزی است که طی مرحلهٔ پیرسازی دما–رطوبت رخ داده است. فاکتور A که نشان‌دهندهٔ محدوده رنگ سبز و قرمز می‌باشد، در نمونه‌های کنف افزایش محسوسی داشته و به‌سمت رنگ سبز متمایل گشته که این تغییرات نیز در مرحله پیرسازی دما و رطوبت رخ داده است و باز هم نشان از زردشدگی این نمونه‌ها دارد. و در مورد فاکتور L که نشانگر تیرگی و روشنی نمونه‌هاست، در نمونه‌های پنبه‌ای تقریباً ثابت مانده و در نمونه‌های کنفی با کاهش تقریباً محسوسی همراه است. در کل، نمونه‌های پنبه خالص دارای کمترین میزان تغییرات و نمونه‌های کنف خالص دارای بیشترین میزان تغییر رنگ هستند. آنچه در این تغییرات به‌خوبی روشن است، آن است که آهار نشاستهٔ گندم و برنج تأثیر ناچیز و تقریباً صفری را بر زردشدگی نمونه‌ها گذاشته و آنچه سبب این تغییرات گشته است، ساختار خود کاغذ و شرایط محیطی مؤثر بر آن بوده است. نمونه PH (کنف خالص) با فاکتور B برابر ۲۲٫۹۹، نمونه RPH (کنف با آهار نشاستهٔ برنج) با فاکتور B برابر با ۲۳٫۲۸و نمونه BPH (کنف با آهار نشاستهٔ گندم) با فاکتور B برابر ۲۳٫۵ این امر را تصدیق می‌کند. هر چند، طبق نمودار ۲، بیشترین تغییرات رنگی مربوط به پیرسازی دما–رطوبت و نمونه‌های ساخته‌شده با الیاف کنف و آهار نشاستهٔ برنج با ΔE برابر ۹ است، اما این تغییرات با نمونه کنف خالص بدون آهار با ΔE برابر ۸٫۳۶ تقریباً برابری می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله میزان تأثیر آهار نشاستهٔ گندم و برنج بر فرایند زردشدگی اوراق نسخ‌خطی تاریخی موردِبررسی قرارگرفته است. در یک بررسی آزمایشگاهی و آماری مشخص شد، نمونه کاغذهای کنفی با توجه به ناخالصی‌های فراوان موجود در آن در شرایط پیرسازی تسریعی دما–رطوبت، بیشترین میزان زردشدگی را از خود نشان دادند و این شرایط با وجود آهار نشاسته (گندم و برنج) تغییر چندانی نداشته است. در نمونه‌های کاغذ با الیاف پنبه‌ای نیز کمترین میزان تغییرات مشاهده شد و در نمونه‌های پنبه حاوی آهار نشاسته (به‌طورکلی نشاسته گندم و برنج) نیز تغییرات قابل‌توجهی نسبت به پنبه بدون آهار مشاهده نشد. هرچند، بیشترین میزان تغییرات نیز متوجه نمونه‌های کنفی حاوی آهار نشاسته برنج می‌باشد که نقش آهار نیز در این تغییرات با توجه به تغییرات نمونهٔ کنف خالص بدون آهار، بسیار کم‌رنگ می‌شود. این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین تغییر در کاغذهای تاریخی مربوط به نوع الیاف، میزان ناخالصی موجود

1. Photo-oxidation

در آن‌ها و همچنین محیطی که در طول حیات خود در آن قرار دارند، می‌باشد. همچنین نشان می‌دهد که نور نیز کمتر از دما و رطوبت سبب تخریب و زردشدگی نمونه‌های ساخته‌شده گردیده و آنچه مهم‌ترین عامل ایجاد زردشدگی در آن‌ها به‌حساب می‌آید، واکنش‌های اکسیداسیون و هیدرولیز سلولز انجام گرفته بر اثر تغییرات دما و رطوبت است.

منابع

- خراسانی، زینب؛ همزه، یحیی؛ عشوری، علیرضا؛ آزاد فلاح، محمد (۱۳۹۱). اثر نشاسته کاتیونی و کیتوسان بر مقاومت خشک خمیرکاغذ رنگ‌بری‌شده حاصل از باگاس پیش‌استخراج‌شده و پیش‌استخراج‌نشده. *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، ۲۵ (۵)، صص۳۸۳-۳۹۲.
- روبرتس، جی. سی. (۱۳۸۱). *شیمی کاغذ*. (مترجمان: سید احمد میرشکرایی؛ حسن صادقی‌فر). تهران: نشر آییژ.
- سدینگتن، مرین (۱۳۷۸). *هنر کاغذسازی دستی* (مترجم: مهران روحانی). تهران: شرکت انتشارات فنی ایران.
- کاظمی، محسن؛ شعبانپور، بهاره و پورعاشوری، پرستو (۱۳۹۴). بررسی خصوصیات فیزیکی فیلم نانوکامپوزیتی حاصل از پروتئین ماهی تقویت‌شده با نانوفیبر سلولز. *فصلنامه علمی-پژوهشی علوم و فنون شیلات*. ۴ (۳)، صص۱۱۹-۱۳۱.
- کریم‌نژاد، فاطمه؛ فیروزبخت، فهیمه؛ میرلطفی، صدیقه؛ قدیمی، شهرزاد؛ فرجادمند، فاطمه (۱۳۹۱). ارزیابی توأم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فلاونوئیدهای عصاره الکلی برخی از گیاهان رایج طب سنتی. *پاتوبیولوژی مقایسه‌ای*، ۹(۳)، ۷۵۵-۷۵۸.
- فرهوش، رضا؛ حدادخداپرست، محمدحسین؛ پورآذرنگ، هاشم؛ رحیمی‌زاده، محمد؛ سیدی، سیدمحمد (۲۰۰۶). مقاومت حرارتی فراکسیون عمده آنتی‌اکسیدانی برگ گیاه نوروزک (Salvia leriifolia). *علوم و صنایع کشاورزی*، ش ۱: صص۵۳-۶۰.
- لیه‌ناردی، آن؛ وان دام، فیلیپ (۱۳۷۹). *راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ* (ابوالحسن سرومقدم، مترجم). مشهد: بنیاد پژوهش‌های آستان قدس رضوی.
- مایل هروی، نجیب (۱۳۷۲). *کتاب‌آرایی در تمدن اسلامی: مجموعه رسائل در زمینه خوشنویسی، مرکب‌سازی، کاغذگری، تذهیب و تجلید. بانضمام فرهنگ واژگان نظام کتاب‌آرایی*. مشهد: آستان قدس رضوی، بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- منشی‌قمی، قاضی احمد (۱۳۶۶). *گلستان هنر*. به‌کوشش احمد سهیلی خوانساری، تهران: کتابخانه منوچهری.
- Banik, Gerhard and Brukle, Irene (2011). Paper and water. Oxford: Butterworth-

Heinmann.

- Dhakal, H.N.; Zhang, Z.Y. and Richardson, M.O.W. (2006). "Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites". Composites Science and Technology, 1-10.
- Dolenc, J.; Sket, B. and Strlic, M. (2002). "Are quinonemethides responsible for yellowing of paper in light?". Tetrahedron Letters. 43)32: (5669–5671.
- Ming, GAO and DAI Qiu-ju (2006). "Studies on Thermal Degradation of Cellulosic Fibers Treated with Flame Retardants". The Chinese Journal of Process Engineering, 6(2): 242-246.
- Mosca conte, A.; Pulci O.; Knapik A.; Bagniuk, J.; Del Sole R.; Lojewska, J. and Missori, M. (2012). "Role of Cellulose Oxidation in the Yellowing of Ancient Paper". APS Journals, Phys. Rev. Lett.,108(16):285-294.
- Pramanik, P. and Patil, Vilas M. (2009). "Physical Characteristics of Cotton/Polyester core spun yarn made using ring and AIR-JET systems". AUTEX Research Journal, 9(1):14-19.
- Tosun, M.; Ercisli, S.; Ozer, H.; Turan, M.; Polat, T.; Ozturk, E.; Padem, H. and Kilicgun, H. (2012). "Chemical composition and antioxidant activity of Foxtail Lily (Eremurusspectabilis)". Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 11(3): 145-153.
- Whitmore, Paul M. (2011). Paper aging and the influence of water. In: Banik, Gerard; Brukle, Irene. Water and paper. 224. Oxford: Butterworth- Heinmann.