GANJINE-YE ASNAD
Historical Research & Archival Studies Quarterly

The Use of Nanoparticles in the Preservation Authenticity of the Structure, Color and Appearance of Deacidified Historical Papers[1]

Fatemeh Ghodrati BerenjAbadi[2] | Mohammad Taghi Ashouri[3] | Maryam Afsharpour[4]

Abstract

Purpose: Historical papers, as the most important and original works left over from past periods, have a special importance in historical studies and research. New technologies, especially nano in the field of cultural heritage, are highly sensitive due to the valuable and unique nature of historical works, and raise concerns and questions such as the direct and side effects of these methods on the works. The main purpose of this research is to investigate the preservation Authenticity of materials and materials, color, form and shape in deacidification interventions with nano calcium hydroxide in isopropanol, compared to deacidification with calcium hydroxide in water and calcium hydroxide in isopropanol.

Method and Research Design: This research is applied in terms of its results. information was collected in the library and field, and it was done in a laboratory. First, samples of Whatman paper and acidic historical paper were selected. Three deacidified solutions of calcium hydroxide in water, nanocalcium hydroxide in isopropanol, and calcium hydroxide in isopropanol with a concentration of 1000 ppm (1.0%) were prepared and the samples were deacidified.

Findings and conclusions: The results of the experiments show that preserving the authenticity of historical papers by deacidification with nano calcium hydroxide solution in isopropanol is more effective and efficient than calcium hydroxide solution in water and calcium hydroxide solution in isopropanol.

It is worth noting that calcium hydroxide solution is one of the most widely used deacidifiers in historical papers, which until now has three forms: calcium hydroxide in water (calcium hydroxide in water solution), calcium hydroxide in isopropanol (calcium hydroxide in alcohol solvent) and calcium hydroxide in isopropanol (calcium hydroxide in alcoholic solvent) has not been investigated.

Keywords: Authenticity; Nanoparticles; Deacidification; Historical Papers.

Citation: Ghodrati BerenjAbadi, F., Ashouri, M. T., & Afsharpour, M. (2024). The Use of Nanoparticles in the Preservation Authenticity of the Structure, Color and Appearance of Deacidified Historical Papers. *Ganjine-ye Asnad*, 34(2), 160-187 | doi: 10.30484/ganj.2024.3158

Ganjine-Ye Asnad
«134»

Peer-reviewed Journal | National Library & Archives of I. R. Iran, Archival Research Institute

ISSN: 1023-3652 | E-ISSN: 2538-2268

Digital Object Identifier(DOI): 10.30484/GANJ.2024.3158

Indexed by Google Scholar, Researchgate, ISC, SID & Iran Journal | http://ganjineh.nlai.ir

Vol: 34, No.: 2, Summer 2024 | pp: 160 -187 (28) | Received: 28, Dec. 2023 | Accepted: 17, Apr. 2024

Archival research

Research paper

1. This article is extracted feom Fatemeh Ghodrati BarenjAbadi's PhD Dissertation.

2. PhD Student in Restoration of Historical Cultural Objects, Art University, Tehran, Iran, (Coresponding Author)
fa_ghodraty@yahoo.com

3. Faculty Member, Department of Art Research, Art University, Tehran, Iran
taghi.ashouri@gmail.com

4. Faculty Member, Research Institute of Chemistry and Chemical Engineering, Tehran, Iran
afsharpour@ccerci.ac.ir

Copyright © 2024, NLAI (National Library & Archives of I. R. Iran). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and adapt the material for any purpose.

به‌کارگیری نانوذرات برای حفظ اصالت ساختار، رنگ و ظاهر کاغذهای تاریخی اسیدزدایی‌شده[1]

فاطمه قدرتی برنج آبادی[2] | محمد تقی آشوری[3] | مریم افشارپور[4]

فصلنامهٔ تحقیقات تاریخی و مطالعات آرشیوی

مقالهٔ پژوهشی

چکیده:

کاغذهای تاریخی به‌عنوان مهم‌ترین و اصیل‌ترین آثار باقی‌مانده از دوره‌های گذشته، اهمیتی ویژه در مطالعات و پژوهش‌های تاریخی دارند. به‌دلیل باارزش‌بودن و منحصربه‌فردبودن آثار تاریخی، استفاده از فناوری‌های نوین در حوزهٔ میراث فرهنگی به‌ویژه فناوری نانو حساسیت زیادی دارد و نگرانی‌ها و پرسش‌هایی را درزمینهٔ اثرات مستقیم و جانبی این روش‌ها بر روی آثار مطرح می‌کند.

هدف: بررسی حفظِ اصالتِ مواد و مصالح، و رنگ و فرم و شکل آن‌ها در مداخلات اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، نسبت به اسیدزدایی با هیدروکسید کلسیم در آب و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول.

روش/رویکرد پژوهش: این پژوهش ازنظر نتایج کاربردی است. اطلاعات پژوهش به‌صورت کتاب‌خانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده و پژوهش به‌صورت آزمایشگاهی انجام شده‌است. ابتدا نمونه‌های کاغذ واتمن و کاغذ تاریخی اسیدی انتخاب شدند. سه محلول اسیدزُدای هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول با غلظت ppm ۱۰۰۰ (۰/۱٪) تهیه و نمونه‌ها اسیدزدایی شدند.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که حفظ اصالت کاغذهای تاریخی با روش اسیدزدایی با محلول نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول از روش محلول هیدروکسید کلسیم در آب و روش محلول هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول مؤثرتر و کاراتر است.

شایان ذکر است که محلول هیدروکسید کلسیم از پرکاربردترین اسیدزداهای کاغذهای تاریخی است؛ ولی تاکنون هم‌زمان در سه حالت هیدروکسید کلسیم در آب (هیدروکسید کلسیم در حلال آب)، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نانوهیدروکسید کلسیم در حلال الکلی) و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (هیدروکسید کلسیم در حلال الکلی) بررسی نشده بود.

کلیدواژه‌ها: اصالت؛ نانوذرات؛ اسیدزدایی؛ کاغذهای تاریخی.

استناد: قدرتی برنج آبادی، فاطمه، آشوری، محمدتقی، افشارپور، مریم. (۱۴۰۳). به‌کارگیری نانوذرات برای حفظ اصالت ساختار، رنگ و ظاهر کاغذهای تاریخی اسیدزدایی‌شده. *گنجینهٔ اسناد*، ۳۴(۲)، ۱۶۰-۱۸۷.

doi: ۱۰,۳۰۴۸۴/ganj.۲۰۲۴,۳۱۵۸

۱. این مقاله از پایان نامه دکترا با عنوان زیر استخراج شده است :
کاربرد نانو تکنولوژی در اسید زدایی کاغذ های تاریخی: چالش ها و اصول نظری، مطالعه موردی کاغذهای تاریخی اسید زدایی شده با هیدروکسید کلسیم و نانو تکنولوژی

۲. دانشجوی دکتری مرمت اشیاء فرهنگی تاریخی، دانشگاه هنر، تهران، ایران
fa_ghodraty@yahoo.com

۳. عضو هیئت علمی گروه آموزشی پژوهش هنر، دانشگاه هنر، تهران، ایران
taghi.ashouri@gmail.com

۴. عضو هیئت علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی، تهران، ایران
afsharpour@ccerci.ac.ir

گنجینهٔ اسناد
۱۳۴

فصلنامهٔ علمی | سازمان اسناد و کتابخانهٔ ملی ج.ا.ایران -پژوهشکدهٔ اسناد

شاپا(چاپی): ۳۶۵۲-۱۰۲۳ | شاپا(الکترونیکی): ۲۲۶۸-۲۵۳۸

شناسانهٔ برنمود رقمی (DOI): ۱۰,۳۰۴۸۴/GANJ.۲۰۲۴,۳۱۵۸

نمایه در Google Scholar, Researchgate, SID, ISC و ایران ژورنال | http://ganjineh.nlai.ir

سال ۳۴، دفتر ۲، تابستان ۱۴۰۳ | صص:۱۶۰-۱۸۷(۲۸)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۷ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۹

تحقیقات آرشیوی

۱. مقدمه

کاغذهای تاریخی به‌عنوان مهم‌ترین و اصیل‌ترین آثار باقی‌مانده از دوره‌های گذشته، اهمیتی ویژه در مطالعات و پژوهش‌های تاریخی دارند.

مفهوم اصالت به‌قدری اهمیت دارد که منشورها، توصیه‌نامه‌ها، کنوانسیون‌ها و قطع‌نامه‌های زیادی دراین‌باره مطرح شده‌است که از آن جمله می‌توان به منشور آتن (۱۳۳۱ میلادی)، منشور ونیز (۱۹٦٤ میلادی)، سند نارای ژاپن (۱۹۹٤ میلادی)، اجلاس کمیتهٔ میراث جهانی (۱۹۷۷ میلادی) و اجلاس برگن نروژ (۱۹۹٤ میلادی) اشاره کرد (Rossler, 2008, p48)؛ (فدایی‌نژاد، ۱۳۹۳).

در نظریهٔ حفاظت نوین، اصالتْ مفهومی بنیادین است؛ ولی برداشت‌های متداول از آن عمدتاً بر مستندنگاری مصالح (اثر) در مقاطع مختلف تاریخی متمرکز بوده‌است (یوکیلهتو، ۱۳۸۷، ص۳۳۰). یوکیلهتو اصالت را شرطی اصلی در اثر تاریخی، سنجش حقیقت و یکپارچگی درونی اثر می‌داند (Jokilehto, 1994). حفاظت و مرمت باید تاحدّممکن مانع از حذف، تغییر یا مخفی‌کردن مواد اصلی شود (مونیوس ویناس، ۱۳۹٦، ص۹٦). مرمت اثر ممکن است در مواردی بهبودهایی ایجاد کند، ولی به‌هیچ‌وجه آن را اصیل‌تر از آنچه که هست نمی‌کند (نظارتی‌زاده و همکاران، ۱۳۹٤). در حفاظت و مرمتِ علمی باید سعی شود تا ماهیت حقیقی اشیاء حفظ شود و ماهیت حقیقی اشیاء برپایهٔ اجزاء تشکیل‌دهندهٔ مادی استوار باشد. روش‌ها و اهداف فعالیت‌های حفاظت و مرمت باید با روش‌های علمی تعیین شود و از سلایق و رجحان‌های ذهنی خودداری شود (مونیوس ویناس، ۱۳۹٦، ص۹۹).

یکی از کاربردهای نانوتکنولوژی، اسیدزدایی از آثار کاغذی است. آثار کاغذی، ازجمله نقاشی‌ها، کتاب‌ها، نسخه‌های خطی و سندهای تاریخی، با گذشت زمان و به‌دلیل شرایط محیطی و شیمیایی مانند اکسیداسیون، رطوبت و واکنش با مواد اسیدی مانند آلاینده‌ها، ممکن است اسیدی شوند. در این موارد، استفاده از نانوذرات هیدروکسید کلسیم به‌عنوان محلولی اسیدزدا می‌تواند بهبودی قابل‌توجه در حفظ اصالت کاغذهای تاریخی داشته باشد. بااین‌حال، برای حصول نتایج بهتر و اطمینان از اثربخشی و ایمنی استفاده از نانوذرات هیدروکسید کلسیم در اسیدزدایی آثار کاغذی، لازم است تا مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود.

۲. پیشینهٔ پژوهش

اصالت یکی از اصول و مفاهیم مهم در بررسی و انتخاب روش‌های درمانی حفاظت و مرمت کاغذهای تاریخی است که در ابعاد مختلف مانند اصالت ماده، مکان، زمان، تکنیک

ساخت، لایه‌های تاریخی (الحاقات- آسیب‌ها)، اخلاقیات، نیت مؤلف، خالق اثر، سبک، دورهٔ تاریخی و ... قابل‌تأمل است (نظارتی‌زاده و همکاران، ۱۳۹٤). دربارهٔ اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم و مزایای به‌کارگیری آن پژوهش‌های زیادی انجام شده‌است؛ ولی درارتباط‌با حفظ اصالت در اسیدزدایی با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در حلال‌های مختلف (حلال آبی، حلال الکلی) تحقیقی به‌عمل نیامده‌است.

افشارپور (۱۳۹۰) در پژوهش خود که در حوزهٔ حفاظت و اسیدزدایی از آثار کاغذی است به معرفی چهار روش ازجمله اسیدزدایی با استفاده از فناوری نانو که در کتاب‌خانهٔ مرکزی دانشگاه تهران نیز استفاده می‌شود و مزایای این روش‌ها در مقایسه با روش‌های قدیمی پرداخته‌است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از نانوساختارهای اکسیدهای فلزی، پوشش‌های حفاظتی خوبی را دربرابر نور، عوامل بیولوژیک و آلاینده‌های آلی ایجاد می‌کند.

باگلیونی[1] و همکار (۲۰۰٦) در تحقیق خود جدیدترین کاربردهای فناوری نانو درزمینهٔ حفاظت و نگهداری ازجمله استفاده از نانوذرات کلسیم و منیزیم در اسیدزدایی آثار کاغذی را بررسی کرده‌است. نتایج پژوهش مذکور حاکی است که نانوذرات هیدروکسید کلسیم و منیزیم در اسیدزدایی کاغذ و چوب نتایج خوبی را در حفظ اثر نشان می‌دهد. تاتاری و همکاران (۱۳۹۲) در مقالهٔ خود به بررسی فناوری نانو در حفاظت و مرمت آثار کاغذی پرداخته‌اند. هدف از این پژوهش، بررسی روش‌های متداول و نوین نگهداری کاغذ اسناد با هدف حفظ و نگهداری منابع سلولزی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری روش‌های حفظ و نگهداری آثار کاغذی به‌ویژه روش‌های نوینی مثل نانو، پلاسما و لیزر باعث اکسیداسیون کمتر کاغذ، کاهش سرعت رشد قارچ، و حتی افزایش مقاومت‌های مکانیکی کاغذ می‌شود. ذوالریاستین و همکاران (۱۳۹۵) نانومواد را در حفاظت و مرمت آثار تاریخی و نسخ خطی سودمند دانسته‌اند. در این پژوهش آمده‌است که با استفاده از روش‌های قدیمی مرمت بسیاری از آثار تخریب شده‌اند و رو به نابودی رفته‌اند؛ ولی با استفاده از نانومواد می‌توان طول عمر آثار را افزایش داد و از تخریب آن‌ها نیز جلوگیری کرد. باتوجه‌به این‌که هر اثر تاریخی و هنری منحصربه‌فرد شمرده می‌شود، راه‌حل‌های درمانی و حفاظت از آن نیز ویژه است و لزوماً قابل‌تعمیم به آثار دیگر نیست. در مقالهٔ مذکور انواع نانومواد تولیدشده و تأثیرات آن‌ها بر روی آثار باستانی بررسی شده‌است. پوگی[2] و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که به‌کارگیری نانوذرات هیدروکسید کلسیم در واسطهٔ الکلی در کنترل PH کاغذ و ویژگی‌های ضداسیدی مؤثر است. «جایگاه علم و فناوری‌های نوین (به‌ویژه

1. Baglioni
2. Poggi, Giovanna; Giorgi, Rodorico; Toccafondi, Nicola; Katzur, Verena; Baglioni, Piero. (2010). "Hydroxide Nanoparticles for Deacidification and Concomitant Inhibition of Iron-Gall Ink Corrosion of Paper". Langmuir, 26, pp 19084-19090.

فناوری نانو) در نگهداری و حفاظت از میراث فرهنگی [با رویکرد نظام‌های بین‌رشته‌ای]» پژوهشی است که عطاری (۱۳۸۷) انجام داده‌است. در پژوهش قربانی و همکاران (۱۳۹۵) آمده‌است که دربین حفاظت‌گران علمی و سنتی همیشه تردید و اختلاف‌نظرهای زیادی در کاربرد مواد و روش‌ها وجود داشته‌است و هم‌اکنون هم وجود دارد. معمولاً این شرایط ناشی از دو موضوع است: الف: نگرش و باورهای نیمه‌آگاهانه؛ ب: پافشاری و پایبندی همراه با تعصب به کاربرد بعضی از مواد و روش‌ها. در مواردی هم این اختلاف‌ها، به‌دلیل سیاست‌گذاری‌های متفاوت سازمانی و اداری است. تفضلی (۱۳۹۲) در حوزهٔ حفاظت و مرمت آثار و کتب کاغذی به روش‌های حفاظت و مرمت سنتی و مقایسهٔ آن با شیوه‌های مرمتی جدید و درنهایت تصمیم‌گیری دربارهٔ اصلاح یا تغییر روش استفاده از مواد مرمتی پرداخته‌است. نتایج پژوهش مذکور نشان می‌دهد که مواد و شیوه‌های به‌کاررفته در مرمت سنتی به‌دلیل دوامی که در گذر زمان از خود نشان داده‌اند مناسب‌اند و باید از مواد جدید که زمان کوتاهی است به عرصهٔ مرمت وارد شده‌اند اجتناب کرد. طلایی راد (۱۳۸۸)[1] در پژوهش خود حفاظت از آثار کاغذی را با به‌کارگیری نانوساختارهای اکسید تیتانیوم بررسی کرده‌است. آثار کاغذی از ظریف‌ترین و حساس‌ترین آثار به‌شمار می‌آیند که به‌شدت درمعرض آسیب‌های شیمیایی و بیولوژیکی قرار دارند؛ بنابراین حفاظت از این آثار ارزشمند از مهم‌ترین دغدغه‌های فکری مرمت‌گران و حفاظت‌گران است. در پژوهش مذکور سعی شده‌است تا با استفاده از فناوری نانو اقدامات مناسب و مفیدی درجهت حفاظت از آثار کاغذی انجام شود. نانوساختارهای دی‌اکسید تیتانیوم به‌دلیل خواص منحصربه‌فردی که دارند مثل خواص ضدماوراءبنفش، ضدباکتری و ضدقارچ، حذف آلاینده‌های هوا، تجزیهٔ لکه‌ها و آلودگی‌ها و... برای حفاظت چندجانبه از آثار کاغذی انتخاب شدند؛ بدین‌ترتیب که دی‌اکسید تیتانیوم به‌صورت نانوذرات و هم‌چنین به فرم نانوکامپوزیت بر روی سطح اثر کاغذی قرار می‌گیرد. هم‌چنین پژوهش‌گران زیادی ازجمله بیچیری[2] و همکاران (۲۰۱۷)، باکری[3] و همکاران (۲۰۱۹)، حسن[4] و همکاران (۲۰۲۰)، ونگ[5] و همکاران (۲۰۱۹)، و استفانیس[6] و همکار (۲۰۰۷) اسیدزدایی آثار کاغذی با هیدروکسید کلسیم به‌روش نانو را بررسی کرده‌اند و اسیدزدایی با نانوذرات را مناسب‌تر از روش‌های غیرنانو دانسته‌اند.

کاتپالیا معتقد است که مواد مورداستفاده در حفاظت و مرمت اسناد باید مقاوم و بادوام باشند و با همدیگر و با مواد سازندهٔ اثر تاریخی هماهنگ و سازگار باشند. مرمت‌گر اسناد تاریخی باید فرایند مرمتی مطمئنی را با حداقل آسیب و با قابلیت برگشت‌پذیری انتخاب کند (Kathpalia, 1973).

۱. طلایی راد، فرشته. (۱۳۸۸). «حفاظت آثار کاغذی با استفاده از نانوساختارهای اکسید تیتانیوم». پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران، دانشکدهٔ هنرهای کاربردی.

2. Bicchieri
3. Bakkari
4. Hassan
5. Weng
6. Setefanis

دهقانی (۱۳۸۷) در پژوهش خود به این موضوع اشاره دارد که آب باعث چروک‌شدن کاغذ می‌شود؛ هم‌چنین مرکب‌ها و رنگ‌های محلول در آب هم دچار پخش‌شدگی می‌شوند. حال‌آنکه به‌کارگیری دیسپرسیون[1] نانوذرات در حلال‌های غیرآبی دچار چین‌وچروک نمی‌شود و به‌علت استفاده از حلال‌های الکلی پخش‌شدگی اتفاق نمی‌افتد. به‌کارگیری نانوکامپوزیت‌های هیدروکسید فلزی با استفاده از پلیمرهای سلولزی، پژوهش دیگری است که گیلانی (۱۳۹۲) برای جلوگیری از چروک شدگی و پخش‌شدگی در آثار کاغذی انجام داده‌است. این پژوهش درارتباط‌با مفهوم حفظ اصالتْ قابل‌بررسی است.

یکی از مشکلات مهم درزمینهٔ آثار کاغذی، مربوط به شرایط فیزیکی، شامل کاهش استحکام و زردشدن است؛ بنابراین موضوع دوام و کیفیت مواد مورداستفاده در درمان این آثار، همیشه موردتوجه کتاب‌خانه‌ها و مراکز نگهداری اسناد بوده‌است. مشکل استحکام‌بخشی به آثار کاغذی، نوعی اقدام مداخله‌گرانه است. دربین حفاظت‌گران علمی و سنتی همواره اختلاف‌نظرهای زیادی در کاربرد مواد و روش‌ها وجود داشته‌است. خصوصیات مواد مورداستفاده نباید مانع از مطالعهٔ بصری عناصر نوشتاری اثر کاغذی شود؛ در حفاظت و مرمت آثار کاغذی، روش درمان بایستی: الف- خوانایی داشته باشد؛ ب- بادوام باشد؛ ج- پایدار باشد (Hummel and Barrow, 1956).

در دیدگاه روش‌شناختیِ درمان و متناسب با مواد مورداستفاده، این گونه مطرح شده‌است که: الف- عملیات درمان باید برگشت‌پذیر باشد تا بعداً هرزمانی بتوان آن اثر را به وضعیت اصلی برگرداند؛ ب- باید اطمینان حاصل کرد که تمامی مواد شیمیایی مورداستفاده در درمان اثر، بادوام باشد؛ ج- مواد شیمیایی مورداستفاده برای درمان علاوه‌بر سازگاری با اجزاء تشکیل‌دهندهٔ موجود در اثر و حفظ کیفیت فیزیکی-شیمیایی و مکانیکی آن، آسیب وارده را هم باید بهبود دهد و حتی‌الامکان معکوس کند (Baglioni and Giorgi, 2006). باگلیونی و همکاران (۲۰۱۵) در کتاب خود با عنوان *«فناوری نانو در حفاظت از آثار تاریخی و فرهنگی (مواد و تکنیک‌ها)»* به این موضوع اشاره دارند که آثار سلولزی توسط فرایندهای هیدرولیز اسیدی و اکسیداسیون تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند و درنهایت این فرایندها باعث تغییر زیبایی و ازدست‌رفتن ویژگی‌های مکانیکی آن‌ها می‌شود (باگلیونی و همکاران، ۱۳۹۷، ص۱۲۳).

۳. اسیدزداهای مورداستفاده در اسیدزدایی کاغذهای تاریخی

اسیدزداها به سه روش محلول در حلال آبی، محلول در حلال غیرآبی و گازی در اسیدزدایی کاغذهای تاریخی به‌کار می‌روند. بازهای قوی مانند NaOH در اسیدزدایی استفاده نمی‌شود و برای اسیدزدایی کاغذهای تاریخی از بازهای ضعیف مانند کربنات‌ها،

۱. dispersion: پراکندگی: سیستمی که در آن ذراتی از ترکیبات یا مواد گوناگون، به‌طور پیوسته‌پراکنده‌می‌شوند.

بی‌کربنات‌ها، برخی از هیدروکسیدها، اکسیدهای مختلف و هم‌چنین آمین‌ها استفاده می‌شود (Cunha, 1987).

مهم‌ترین اسیدزداها براساس زمان تولید و به‌کارگیری شامل کربنات‌ها یا هیدروکسیدهای قلیایی خاکی (۱۹۳٦)، هیدروکسید باریم (۱۹٦۹)، اکسیدهای قلیایی (۱۹۷۲)، هگزامتیلن‌تراآمین گازی (۱۹۷۲)، مورفولین گازی (۱۹۷۳)، متیل‌منیزیم‌کربنات (۱۹۷٦)، دی‌اتیل روی (۱۹۷٦)، اکسید منیزیم (II) (۱۹۸۲)، کربنات روی، کربنات سدیم (۱۹۸۸)، ترکیبات آمین (۱۹۸۹)، آمونیاک (۱۹۸۹)، اتوکسی‌منیزیم کربناته–متوکسی‌پلی‌اتوکسید (۱۹۹۲)، کربنات‌آلومینیوم آلی (۱۹۹۳)، کربنات‌اتیل منیزیم (۱۹۹۳)، دی‌بوتیل منیزیم (۱۹۹۳)، تترابوتیل تیتانیوم (۱۹۹٤)، و آلکوکسیدهای قلیایی خاکی (۱۹۹۷) است (Batty et al., 2010).

در اوایل دهۀ ۲۰۰۰ استفاده از نانوذراتِ مواد قلیایی به‌دلیل نفوذ آسان در الیاف کاغذ برای اسیدزدایی و ذخیرۀ قلیایی[1] بارها گزارش شد (Giorgi, Bozzi et al., 2005; Giorgi, Chelazzi et al., 2005) و محلول‌های مخلوطِ حاویِ نانوذراتِ $Mg(OH)_2$ یا $Ca(OH)_2$ با روش‌های مختلف برای حفاظت از کاغذهای تاریخی تهیه شدند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که آثار کاغذی را می‌توان به‌طور مؤثری با نانوذراتِ $Mg(OH)_2$ و $Ca(OH)_2$ اسیدزدایی کرد (Chelazzi, Poggi, Jaidar, Toccafondi, Giorgi, Baglioni, 2013; Giorgi, Bozzi et al., 2005; Giorgi, Chelazzi et al., 2005; Sequeira et al., 2006).

۴. تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

روش تحقیق

این پژوهش ازنظر نتایج، کاربردی است و اطلاعات آن به‌صورت کتاب‌خانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده و به‌صورت آزمایشگاهی انجام شده‌است. ابتدا نمونه‌های کاغذ واتمن و کاغذ تاریخی اسیدی انتخاب شد. سپس سه محلول اسیدزدای هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول با غلظت ۱/۰٪) ۱۰۰۰ ppm) تهیه شد. روش به‌کارگیری محلول اسیدزدا به‌صورت اسپری بود.

در این تحقیق از کاغذ واتمن Whatman Filter Paper ۱ و اسناد آرشیوی (اسناد آرشیوی امحایی با منشأ وزارت دارایی در سازمان اسناد و کتاب‌خانۀ ملی ج.ا.ا. با تاریخ تولید سند بین سال‌های ۱۳۲۰ الی ۱۳۳۰ شمسی) استفاده شد.

نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران به‌شمارۀ ۱۰٦ برای مدت ۲٤ ساعت در رطوبت نسبی ۱۰–۳۵ درصد با حداکثر دمای ٤۰ درجۀ سلسیوس مشروط شدند[2] (ISIRI 106).

۱. dispersion: پراکندگی: سیستمی که در آن ذراتی از ترکیبات یا مواد گوناگون، به‌طور پیوسته پراکنده می‌شوند.
۲. مشروط‌کردن: قراردادن نمونه‌های کاغذ پیش‌از پیرسازی در دما و رطوبت معین به‌مدت معین (طبق استاندارد).

سپس نمونه‌ها، طبق استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ٤٧٠٦ طی مدت ٣٣٦ ساعت در دمای ٨٠ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ٦٥ درصد، پیرسازی شدند (ISIRI 4706). با دستگاه AGING مدل BINDER پیرسازی شدند.

میزان اسیدیته با pHمتر متروم مدل ٦٩١ به‌صورت میانگین از بخش‌های مختلف نمونه‌کاغذ واتمن و تاریخی اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های کاغذ واتمن، طبق استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ٢-٨٢٧٣ در ابعاد ١/٥×١٥ سانتی‌متر برای هر آزمون تهیه شد و طبق اصول ذکرشده در همین شمارهٔ استاندارد، آزمون مقاومت کششی برای نمونه‌های کاغذی با استفاده از دستگاه مقاومت کششی مدل Tinius Olsen, KS10H اجرا شد. نمونه‌های موردآزمون در هر مرحله ٥ عدد بود و نتایج به‌صورت میانگین گزارش شد.

میزان زردی قبل و بعداز پیرسازیِ (دراثر پیرشدگیِ) نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی از طیف انعکاسی نمونهٔ مدنظر با استفاده از دستگاه گونیو اسپکتروفتومتر مدل Gretag-Macbeth Color-Eye 7000A در محدودهٔ طیفی ٤٠٠ تا ٧٥٠ نانومتر با گام ١٠ نانومتر اندازه‌گیری شد. مختصات رنگی نمونهٔ تحت مشاهده‌کنندهٔ ١٠° و منابع نوری مختلف با نرم‌افزار دستگاه در دو نمونه‌کاغذ واتمن و تاریخی قبل و بعداز پیرسازی محاسبه شد.

ساختار نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی قبل و بعداز اسیدزدایی در شرایط قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی، با دستگاه ATR بررسی شد.

علامت اختصاری	ملاحظات
W	کاغذ واتمن
W٠	نمونهٔ واتمن شاهد
W١	نمونهٔ واتمن شاهد پیرشده
W٢	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب
W٣	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب و پیرشده
W٤	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
W٥	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده
W٦	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
W٧	نمونهٔ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده

جدول ١
راهنمای نمونه‌های آزمون (کاغذ واتمن)

جدول ۲
راهنمای نمونه‌های آزمون (کاغذ تاریخی)

علامت اختصاری	ملاحظات
H	کاغذ تاریخی
H۰	نمونهٔ تاریخی شاهد
H۱	نمونهٔ تاریخی شاهد پیرشده
H۲	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب
H۳	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب و پیرشده
H۴	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
H۵	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده
H۶	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
H۷	نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده

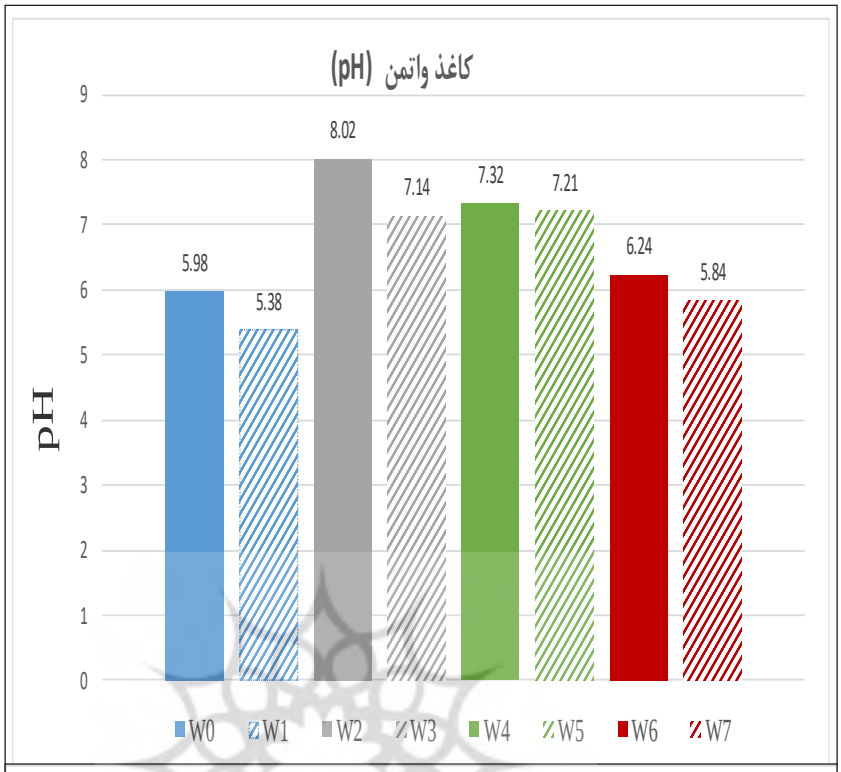
شایان ذکر است که نمونهٔ شاهد تاریخی از اسناد آرشیوی امحایی با منشأ وزارت دارایی در سازمان اسناد و کتاب‌خانهٔ ملی ج.ا.ا، با تاریخ تولید سند بین سال‌های ۱۳۲۰ الی ۱۳۳۰ شمسی است.

۵.تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

بررسی اسیدیتهٔ نمونه‌ها قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

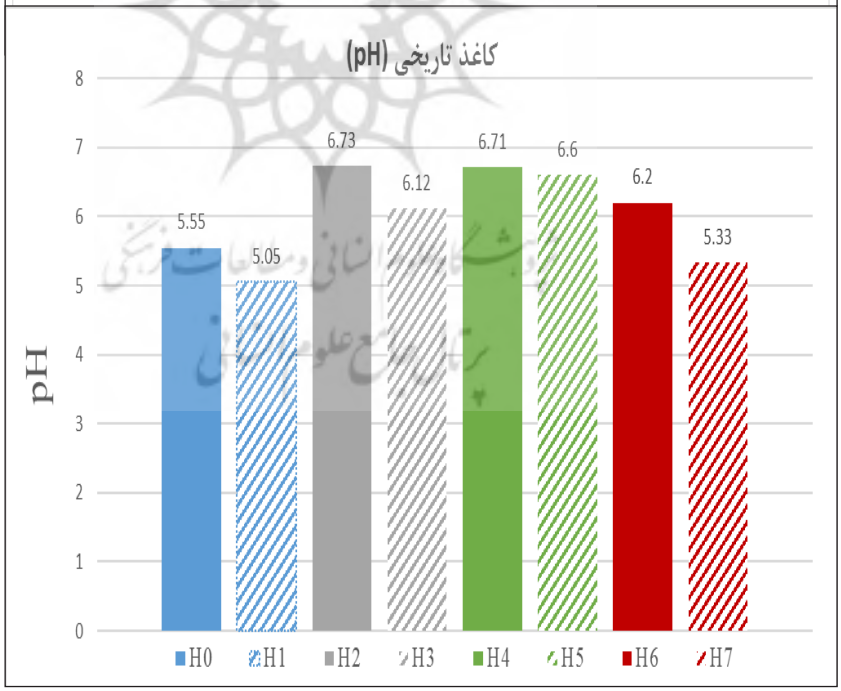
نتایج میزان اسیدیتهٔ نمونه‌های اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی در کاغذ واتمن مطابق با نمودار ۱ و در کاغذ تاریخی مطابق با نمودار ۲ است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱

نمودار میزان اسیدیتهٔ نمونه‌های کاغذ واتمن قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



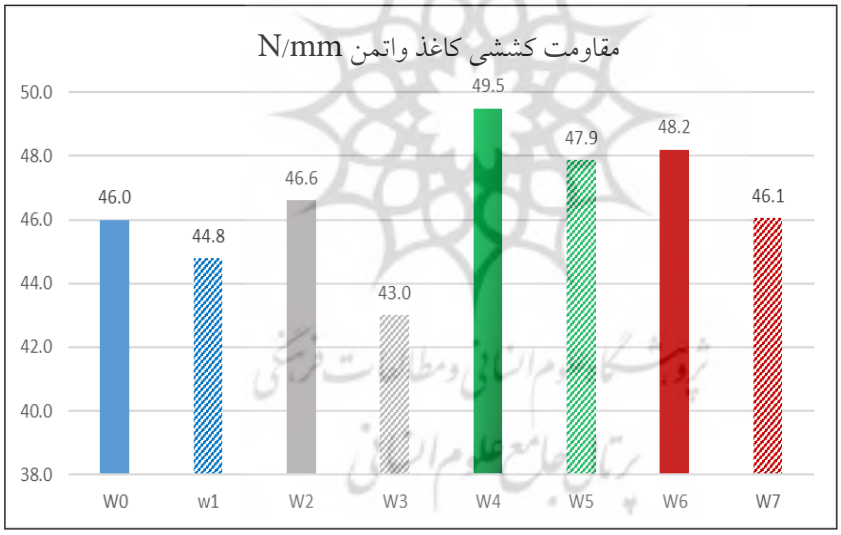
شکل ۲

نمودار میزان اسیدیتهٔ نمونه‌های کاغذ تاریخی قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

نتایج اسیدزدایی با سه محلول هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول نشان داد که هر سه محلول در اسیدزدایی نمونه‌های واتمن و تاریخی مؤثرند؛ ولی کاهش اسیدیته در نمونهٔ تاریخی اسیدزدایی‌شده با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول بعداز پیرسازی (H5) ملایم‌تر است. استفاده از نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، در اسیدزدایی کاغذهای تاریخی به حفظ سلامت و استحکام بیشتر این آثار کمک می‌کند. نانوذرات به‌دلیل نفوذپذیری بیشتر و کاهش ملایم‌تر و کنترل‌شده‌تر اسیدیته بعداز پیرسازی، در حفظ استحکام و حفظ اصالت کاغذهای تاریخی مؤثرتر و کاراترند.

بررسی مقاومت کششی نمونه‌ها قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

نتایج میزان مقاومت کششی نمونه‌های کاغذ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی مطابق با نمودار ۳ است.



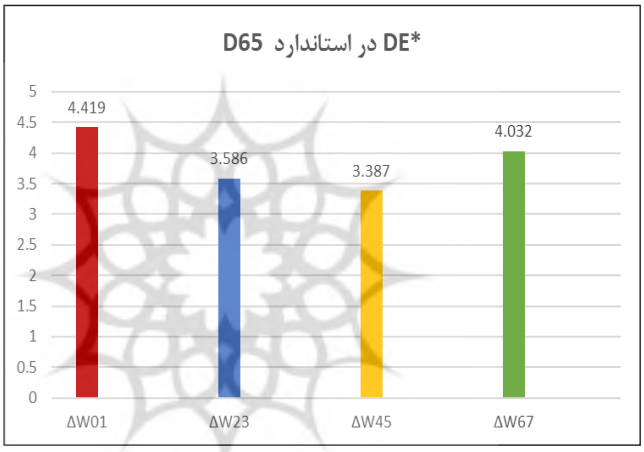
نمودار ۳
میزان مقاومت کششی نمونه‌های کاغذ واتمن قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

نتایج مقاومت کششی در نمونه‌های واتمن نشان داد که هر سه محلول اسیدزدای هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول در افزایش مقاومت کششی کاغذ مؤثر است؛ البته مقاومت کششی نمونهٔ درمان‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول بعداز پیرسازی (W5)، کمتر کاهش داشت؛ بنابراین انجام این روش در حفظ تمامیت و اصالت اثر مؤثرتر است.

شایان ذکر است که نمونه‌کاغذ تاریخی، بعداز پیرسازی به تخریب و ریختگی دچار شد؛ بنابراین اندازه‌گیری مقاومت کششی آن امکان‌پذیر نبود.

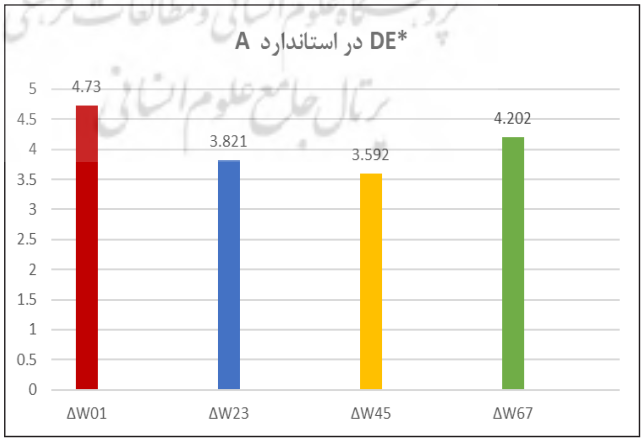
ارزیابی تغییرات زردی نمونه‌ها قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

رنگ‌سنجی نمونه‌ها، روشی برای تعیین میزان تغییرات رنگی (DE*) ایجادشده در آن‌هاست (عبدالعلی‌زاده، آزادی بویاغچی، محمدی آچاچلویی، ۱۳۹۶). تغییرات مولکولی ایجادشده توسط واکنش‌های تخریب سلولز، سبب تغییر در رنگ کاغذ می‌شود. نتایج رنگ‌سنجی نمونه‌های (کاغذ واتمن، کاغذ تاریخی) قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازیِ تسریع‌شده با منابع نوریِ A، D65، و CWF-2، براساس نمودارهای زیر است.



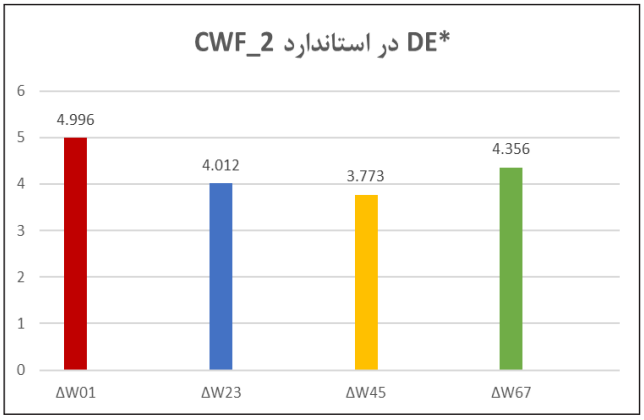
نمودار ۴

در کاغذ (DE*) میزان تغییرات رنگی واتمن اسیدزدایی‌شده با سه محلول D۶۵ اسیدزدا در استاندارد



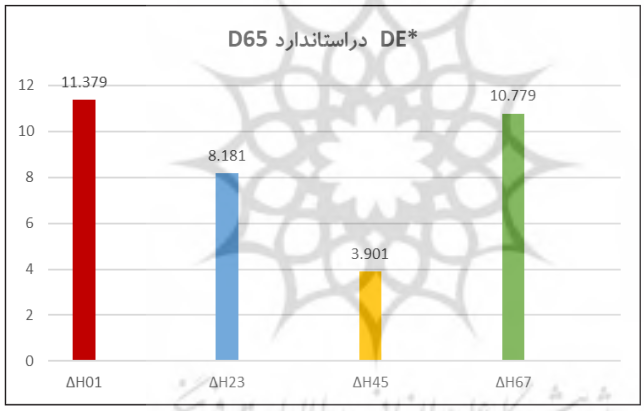
نمودار ۵

در کاغذ (DE*) میزان تغییرات رنگی واتمن اسیدزدایی‌شده با سه محلول A اسیدزدا در استاندارد

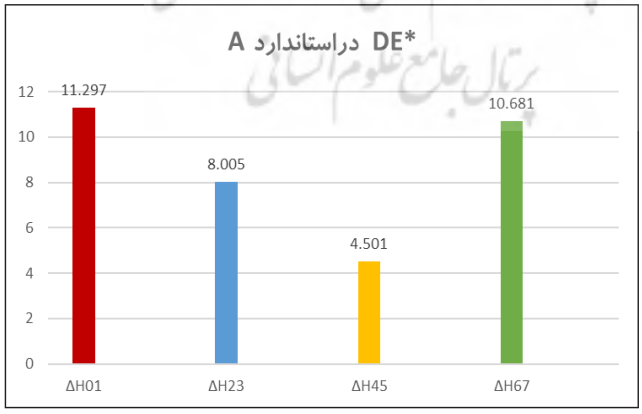


نمودار ۶
میزان تغییرات رنگی (DE^*) در کاغذ واتمن اسیدزدایی‌شده با سه محلول اسیدزدا در استاندارد CWF-2

D65: استاندارد بین‌المللی نور مصنوعی روز؛
A: استاندارد نور روز هنگام غروب؛
CWF: استاندارد نور فلورسنت سفید سرد در کمیتهٔ ملی روشنایی.



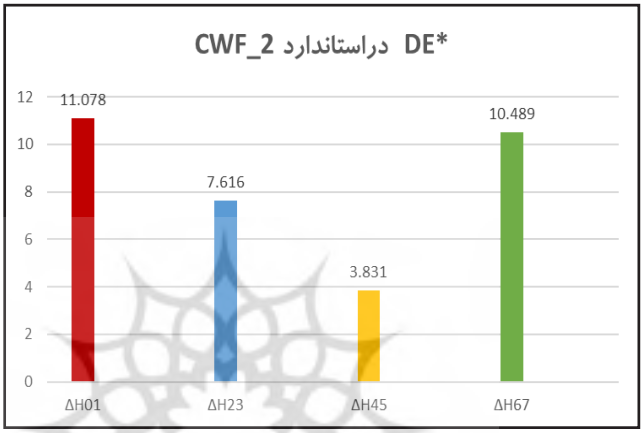
نمودار ۷
میزان تغییرات رنگی (DE^*) در کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با سه محلول اسیدزدا در استاندارد D۶۵



نمودار ۸
میزان تغییرات رنگی (DE^*) در کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با سه محلول اسیدزدا در استاندارد A

ارزیابی تغییرات رنگی در نمونه‌های کاغذهای واتمن و تاریخی نشان می‌دهد که میزان تغییرات رنگی در نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی درمان‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (ΔH45 و ΔW45) کمتر از تغییرات رنگیِ نمونه‌های درمان‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب (ΔH23 و ΔW23) و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (ΔH67 و $W67\Delta^{1}$) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در کاهش زردی و افزایش روشنایی کاغذ و درنتیجه در حفظ تمامیت و اصالت اثر، کاراتر و مؤثرتر است.

۱. ΔW۶۷ یعنی میزان زردی کاغذ اسیدزدایی‌شده با هیدرکسید کلسیم در ایزوپروپانول پیرشده (WV) منهای میزان زردی کاغذ اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول پیرنشده (w۶)

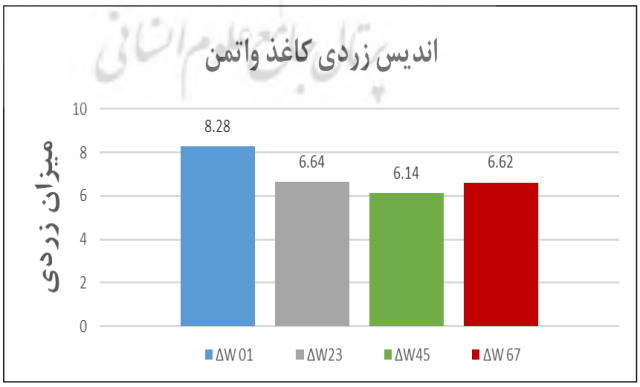


نمودار ۹

میزان تغییرات رنگی(DE*) در کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با سه محلول اسیدزدا در استاندارد CWF-۲

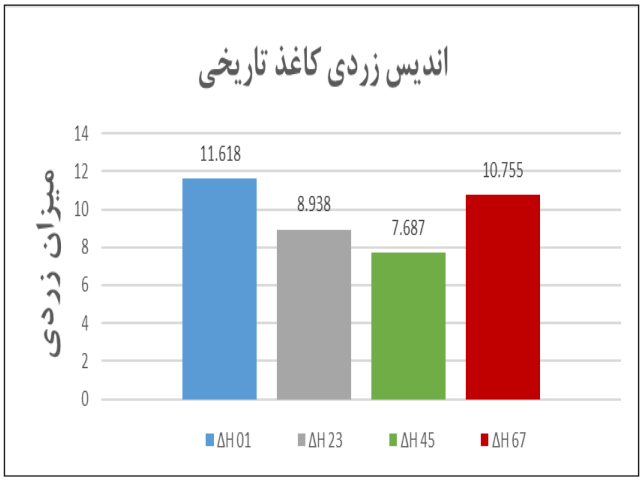
بررسی میزان تغییرات اندیس زردی قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

میزان اندیس زردی نمونه‌های اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی در کاغذ واتمن مطابق با نمودار ۱۰ و در کاغذ تاریخی مطابق با نمودار ۱۱ است.



نمودار ۱۰

نمودار میزان اندیس زردی نمونه‌های درمان‌شدهٔ کاغذ واتمن قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



نمودار ۱۱

نمودار میزان اندیس زردی نمونه‌های درمان‌شدهٔ کاغذ تاریخی قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

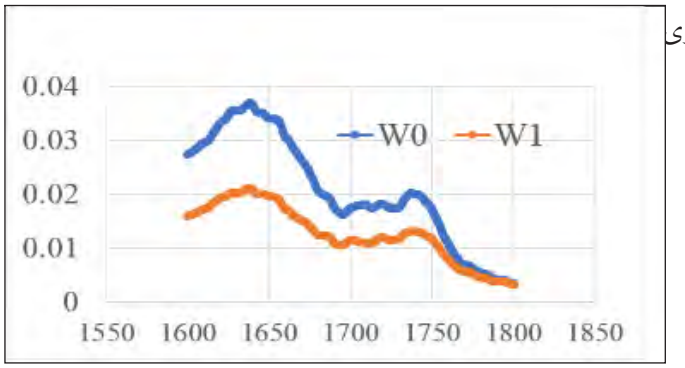
نتایج اندیس زردی در نمونه‌کاغذهای واتمن و تاریخی نشان داد که همهٔ روش‌های درمان (اسیدزدایی) باعث کندی و تأخیر در زردی شده‌است؛ ولی کم‌ترین میزان اندیس زردی مربوط به درمان با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (ΔW45 و ΔH45) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در کاهش زردی کاغذ و درنهایت در حفظ تمامیت و اصالت اثر مؤثرتر است.

بررسی ساختار نمونه‌ها قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

برای بررسی اصالت ساختار نمونه‌ها، میزان تخریب و تغییرات ساختاری نمونه‌ها ازطریق طیف‌سنجی ATR مشخص شد.

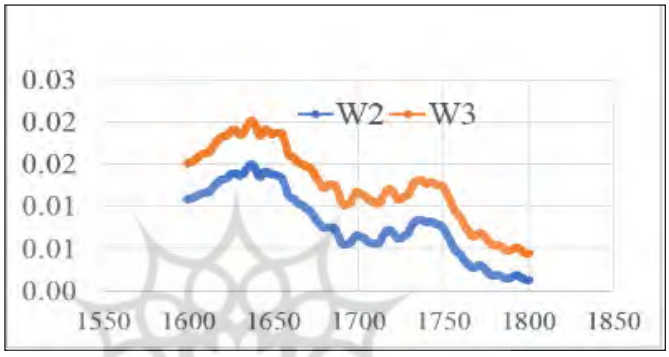
از مهم‌ترین واکنش‌های تخریبی انجام‌شده در کاغذها می‌توان به اکسایش و صدمات فتوشیمیایی اشاره کرد. اکسایش واکنشی تخریبی است که می‌تواند به شکسته‌شدن زنجیرهٔ سلولز در کاغذ منجر شود (روحی، سامانیان، افشارپور، ۱۳۹۸). پیک‌های شاخص سلولز را می‌توان در ناحیهٔ 850-1500 cm^{-1} که ناحیهٔ اثرانگشت شناخته می‌شود، مشاهده کرد (Hajji et al., 2015). بیشترین ناحیهٔ طیفی حاوی اطلاعات مفید از طیف سلولز، به‌ویژه برای آزمون تخریب سلولز، بین ۱۵۰۰-۱۹۰۰ cm^{-1} شناخته شده‌است. در کاغذ سلولزی خالص، واکنش اکسایش بسیار آرام انجام می‌شود (روحی و همکاران، ۱۳۹۸). نوار جذبی در cm^{-1} 1742 مربوط به گروه کربونیل است؛ تشکیل این نوار جذبی معمولاً نشان‌دهندهٔ تخریب

ساختاری



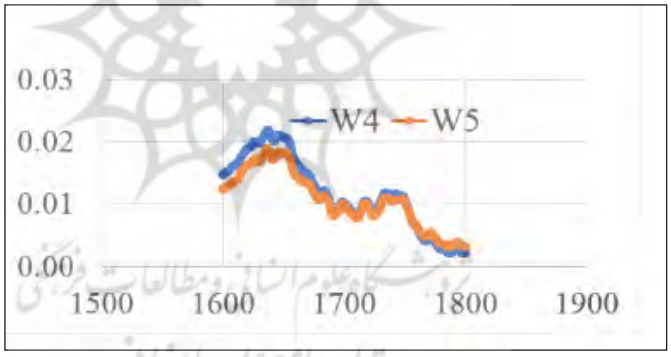
نمودار ۱۲

طیف‌های ATR کاغذ واتمن شاهد قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



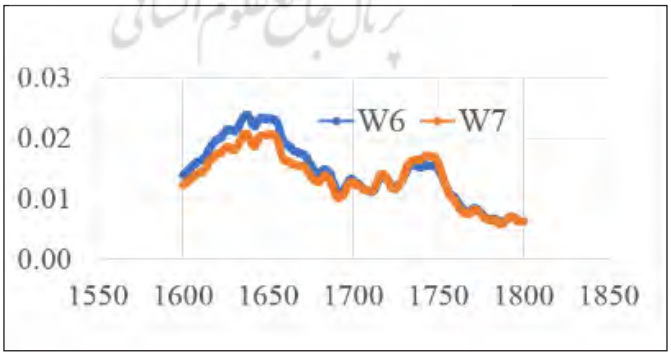
نمودار ۱۳

طیف‌های ATR کاغذ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



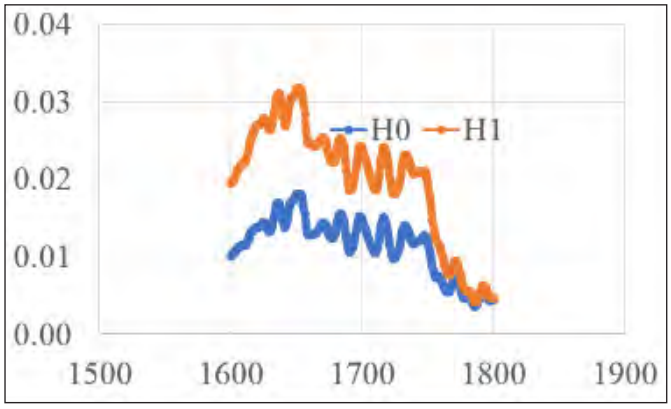
نمودار ۱۴

طیف‌های ATR کاغذ واتمن اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



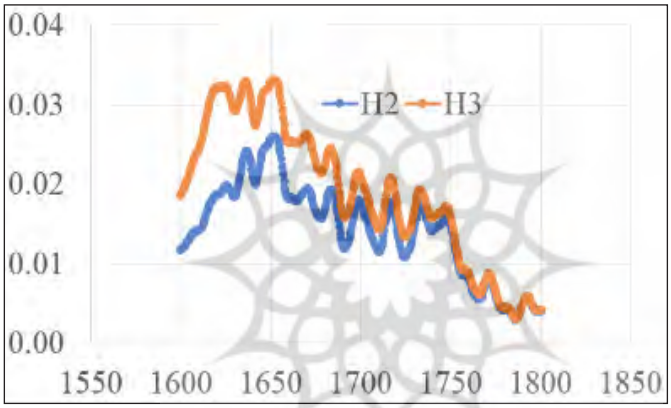
نمودار ۱۵

طیف‌های ATR کاغذ واتمن اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



نمودار ۱۶

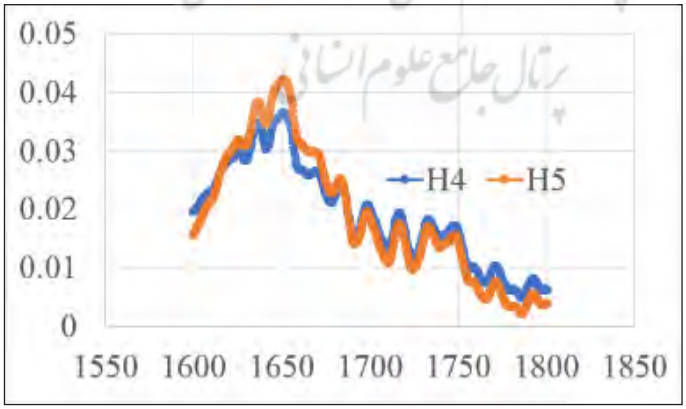
طیف‌های ATR کاغذ تاریخی شاهد قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



نمودار ۱۷

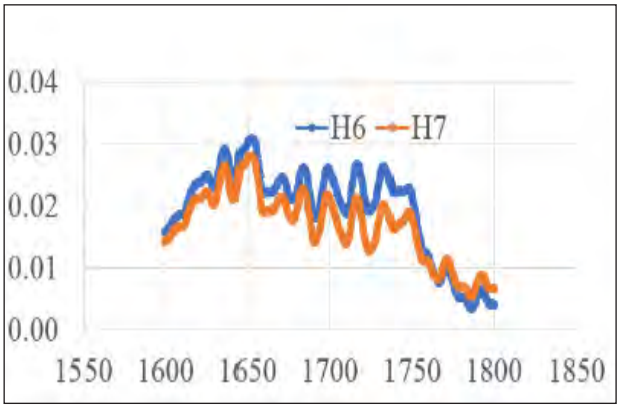
طیف‌های ATR کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۱۸

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی



نمودار ۱۹

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول قبل‌از پیرسازی و بعداز پیرسازی

بررسی طیف‌های ATR به‌دست‌آمده از نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های شاهد بعداز پیرسازی با سرعت زیادی اکسید و تخریب می‌شوند (نمودارهای ۱۲ و ۱۶). تغییرات طیف در نمونه‌های درمان‌شده با هیدروکسید کلسیم در آب (نمودارهای ۱۳ و ۱۷) و نمونه‌های درمان‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۴ و ۱۸) و نمونه‌های درمان‌شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۵ و ۱۹) باعث کندی اکسیداسیون شده‌است؛ ولی در نمونه‌های درمان‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۴ و ۱۸) اکسیداسیون و تخریب کندتری روی داده‌است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول در حفظ اصالت ساختار نمونه‌ها کاراتر و مؤثرتر است.

۶.نتیجه‌گیری

کاغذ، ترکیبی آلی است که با گذر زمان و تماس با عوامل محیطی ممکن است اسیدی شود. حفاظت‌گران و مرمت‌گران برای حفظ اصالت و تمامیت کاغذهای تاریخی باید از روش‌های غیرتخریبی استفاده کنند. اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم روشی پیشرفته برای حفظ بیشتر اصالت کاغذهای تاریخی است. هدف مقالهٔ حاضر مقایسهٔ مزایا و معایب ۳ اسیدزدا در کاغذهای تاریخی بود.

اسیدیتهٔ اثر در روش اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول کاهش یافت و بعداز پیرسازی هم کم‌تر از روش هیدروکسید کلسیم در آب و روش هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول افزایش یافت. همین نتیجه را در اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه‌ها مشاهده می‌کنیم. هم‌چنین میزان تغییرات رنگی و اندیس زردی در اسیدزدایی اثر با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول کمتر از اسیدزدایی با هیدروکسید کلسیم در آب

و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول است. بررسی ساختار الیاف کاغذهای درمان‌شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول نشان می‌دهد که میزان اکسایش نسبت به دو دیگر کمتر افزایش یافته‌است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با محلول نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول می‌تواند تغییرات نامطلوب در مواد، مصالح، رنگ و اکسایش کاغذهای تاریخی را به تأخیر اندازد و درنهایت در حفظ اصالت ساختار، رنگ و شکل کاغذهای تاریخی مناسب‌تر باشد.

می‌توان گفت روش اسیدزدایی با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول نتایج خوب و قابل‌اعتمادی در کاغذهای تاریخی دارد؛ ولی به‌دلیل نفوذپذیری زیاد نانوذرات و نبود آگاهی کافی دربارهٔ اثرات جانبی و ناخواستهٔ این روش در درازمدت، پیشنهاد می‌شود تا آثار کاغذی تاریخیِ درمان‌شده، در بلندمدت به‌صورت ادواری پایش شوند تا از خسارات جبران‌ناپذیر احتمالی جلوگیری به‌عمل آید.

منابع

کتاب

باگلیونی، پیرو؛ چلازی، دیوید؛ جورجی، رودریکو. (۲۰۱۵). ***فناوری نانو در حفاظت از آثار تاریخی و فرهنگی (مواد و تکنیک‌ها)***. (مجید درودی و مریم باقرپور، مترجمان). تهران: شورا.

مونیوس ویناس، سالوادر. (۱۳۹۶). ***مبانی نظری حفاظت و مرمت در دوران معاصر***. (کورس سامانیان، مترجم). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

یوکیلهتو، یوکا. (۱۳۸۷). ***تاریخ حفاظت معماری***. (محمدحسن طالبیان و خشایار بهاری، مترجمان). تهران: روزنه.

مقاله

افشارپور، مریم. (۱۳۹۰). «روش‌های نوین شیمیایی و فیزیکی حفاظت و مرمت اسناد و کتب خطی در کتاب‌خانهٔ مرکزی دانشگاه تهران». ***کتاب ماه کلیات***، اردیبهشت، صص ۷۲-۷۷.

روحی دهبنه، صدیقه؛ سامانیان، کورس؛ افشارپور، مریم. (۱۳۹۸). «بررسی خواص زعفران در رنگرزی کاغذ براساس دستورالعمل‌های متون تاریخی (مطالعهٔ ثبات رنگی دربرابر نور)». ***علوم و فناوری رنگ***، ۱۳(۳)، صص ۱۶۹-۱۹۰.

عبدالعلی‌زاده، محبوب؛ آزادی بویاغچی، مهرناز؛ محمدی آچاچلویی، محسن. (۱۳۹۶). «بررسی تأثیرات قارچ‌کش تیوفانات‌متیل بر ویژگی‌های بصری و ساختاری کاغذ». ***تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران***، ۳۲(۲)، صص ۲۶۱-۲۷۴.

عطاری، مهشید. (۱۳۸۷). «جایگاه علم و فناوری‌های نوین (به‌ویژه فناوری نانو) در نگهداری و حفاظت از میراث فرهنگی [با رویکرد نظام‌های بین‌رشته‌ای]». ***مرمت و پژوهش***، شمارهٔ ٤، بهاروتابستان ۱۳۸۷، صص ۷-۲۲.

فدایی‌نژاد، سمیه. (۱۳۹۳). «واکاوی مؤلفه‌های بازشناخت اصالت در حفاظت میراث فرهنگی». نشریهٔ علمی-پژوهشی ***(معماری و شهرسازی) هنرهای زیبا***، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ٤، صص ۷۷-۸٦.

قربانی، مهدی؛ سامانیان، کورس؛ افشارپور، مریم. (۱۳۹۵). «معرفی و مقایسهٔ روش‌های استحکام‌بخشی اسناد کاغذی و پیشنهاد کاربرد نانوالیاف سلولزی به‌منظور حفاظت از این آثار». ***گنجینهٔ اسناد***، سال بیست‌وششم، دفتر چهارم، زمستان ۱۳۹۵، صص ۱۱۰-۱۳۱.

مجموعه‌مقاله

تاتاری، علی‌اصغر؛ دهقانی فیروزآبادی، محمدرضا. (۱۳۹۲). «کاربرد روش‌های متداول و نوین نگهداری کاغذ اسناد و مکاتبات با رویکرد حفظ و نگهداری از منابع سلولزی». ***مجموعه‌مقالات اولین همایش ملّی مدیریت منابع طبیعی***.

ذوالریاستین، اشکان؛ آقامیرزا مقیم علی‌آبادی، هومن؛ بزرگ‌نیا، بهاره. (۱۳۹۵). «کاربرد نانومواد در حفاظت و مرمت آثار باستانی و نسخ خطی». ***همایش سراسری توسعهٔ پایدار در نانومواد، نانوساختار و نانوتکنولوژی***:
https://www.civilica.com/Paper-NANOOCONF01-NANOOCONF01_067.html

نظارتی‌زاده، مژگان؛ نظارتی‌زاده، منصوره؛ صادق‌زاده، نیما. (۱۳۹٤). «اصالت‌گرایی در مداخلات مرمتی». ***کنفرانس سالانهٔ تحقیقات در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و محیط زیست پایدار***.

پایان‌نامه

تفضلی، زهره. (۱۳۹۲). «بررسی آسیب‌های موجود در برخی نسخ خطی مرمت‌شده به‌شیوهٔ سنتی متعلق به دورهٔ تیموری موجود در موزهٔ ملک و ارائهٔ طریق مرمت‌های جایگزین». پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، دانشکدهٔ هنر و معماری، گروه مرمت.

دهقانی، زهرا. (۱۳۸۷). «نقش نانوفناوری در حفظ آثار تاریخی با تأکید بر اسیدزدایی کاغذ». پایان‌نامه، دانشگاه هنر اصفهان.

گیلانی، سرور. (۱۳۹۲). «استفاده از نانوکامپوزیت هیدروکسید فلزی به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت در حفاظت آثار کاغذی سلولزی». پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی‌فرهنگی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، دانشکدهٔ هنر و معماری، گروه مرمت.

استاندارد

استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ۱۰۶: «کاغذ، مقوا و خمیرکاغذ- شرایط محیطی استاندارد برای مشروط‌سازی و آزمون و روش پایش شرایط محیطی و مشروط‌سازی نمونه‌ها» (ISIRI 106).

استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ٤٧٠٦: «روش تسریع در کهنه‌شدن کاغذ و مقوا در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس و رطوبت ٦٥ درصد» (ISIRI 4706).

استاندارد ملی ایران به‌شمارهٔ ۲-۸۲۷۳: «کاغذ و مقوا- تعیین ویژگی‌های کششی، قسمت ۲: روش ازدیاد طول با سرعت ثابت (ISIRI 8273-2) «(20 (mm/min).

منابع انگلیسی مطالعاتی استفاده‌شده

Baglioni, Piero; Giorgi, Rodorico. (2006). "Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage". ***Soft matter***, 2(4), pp 293-303.

Bakkari, Mounir El; Bindiganavile, Vivek; Boluk, Yaman. (2019). "Facile Synthesis of Calcium Hydroxide Nanoparticles onto TEMPO-Oxidized Cellulose Nanofibers for Heritage Conservation". ***ACS omega***, 4(24), pp 20606-20611.

Batty, John; Maitland, Crystal; Minter, William; Hubbe, Martin; Jordan-Mowery, Sonja. (2010). "Deacidification for the conservation and preservation of paper-based works: a review". ***BioResources***, 5(3).

Bicchieri, Marina; Valentini, Federica; Calcaterra, Andrea; Talamo, Maurizio. (2017). "Newly developed nano-calcium carbonate and nano-calcium propanoate for the deacidification of library and archival materials". ***Journal of Analytical Methods in Chemistry***, vol. 2017.

Chelazzi, David; Poggi, Giovanna; Jaidar, Yareli; Toccafondi, Nicola; Giorgi, Rodorico; Baglioni, Piero. (2013). "Hydroxide nanoparticles for cultural heritage: Consolidation and protection of wall paintings and carbonate materials". ***Journal of colloid and interface science***, 392, pp 42-49.

Cunha, G. M. (1987). "Mass deacidification for libraries". ***Library technology reports***, 23(3), pp 361-472.

Giorgi, Rodorico; Bozzi, Claudio; Dei, Luigi; Gabbiani, Chiara; Ninham, Barry W; Baglioni, Piero. (2005). "Nanoparticles of Mg(OH)2: synthesis and application to paper conservation". ***Langmuir***, 21(18), pp 8495-8501.

Giorgi, Rodorico; Chelazzi, David; Baglioni, Piero. (2005). "Nanoparticles of calcium hydroxide for wood conservation. The deacidification of the Vasa warship". Langmuir, 21(23), pp 10743-10748.

Hajji, Latifa; Boukir, Abdellatif; Assouik, Jamal; Lakhiari, Hamid; Kerbal, Abdelali; Doumenq, Pierre; Mille, Gilbert; De Carvalho, Maria Luisa. (2015). "Conservation of Moroccan manuscript papers aged 150, 200 and 800 years. Analysis by infrared spectroscopy (ATR-FTIR), X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy energy dispersive spectrometry (SEM–EDS)". ***Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy***, 136(8), pp 1038-1046.

Hassan, Mohammad; Elfeky, Osama; Ahmed, Nehad. (2020). "Calcium hydroxide nanoparticles for deacidification of canvas oil paintings". *مجلة كلية الآثار. جامعة القاهرة*، 2020)8), pp 47-62.

Hummel, Ray O; Barrow, W. J. (1956). "Lamination and other methods of restoration". ***Library trends***, 4, pp 259-268.

Jokilehto, Jukka. (1994). "Authenticity, a General Framework for the Concept". ***Nara conference on Authenticity***.

Kathpalia, Yash Pal. (1973). ***Conservation and restoration of archive materials***. Paris: UNESCO.

Łojewska, J; MiŚkowiec, P; Łojewski, T; Proniewicz, L. M. (2005). "Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach". ***Polymer degradation and stability***, 88(3), pp 512-520.

Rossler, Mechtild. (2008). "Applying Authenticity of cultural Landscapes". In: Waite Dianna. (Ed.), ***APT Bulletin*** (pp 47-54), Vol XXXLX, no 2, 3, Published by Association for ***Preservation Technology International***.

Sequeira, S; Casanova, C; Cabrita, E. J. (2006). "Deacidification of paper using dispersions of Ca(OH)2 nanoparticles in isopropanol. Study of efficiency". ***Journal of Cultural Heritage***, 7(4), pp 264-272.

Stefanis, Emmanuel; Panayiotou, Costas. (2007). "Protection of lignocellulosic and cellulosic paper by deacidification with dispersions of micro- and nano-particles of Ca(OH)2 and Mg(OH)2 in alcohols. ***Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material***.

Weng, Jiajia; Zhang, Xiaogang; Jia, Minghao; Zhang, Jie. (2019). "Deacidification of aged papers using dispersion of Ca(OH)2 nanoparticles in subcritical 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a)". Journal of Cultural Heritage, 37, pp 137-147.

English Translation of References

Books

Baglioni, Piero; Chelazzi, David; & Giorgi, Rodorico. (2015). ***"Fannāvari-ye nāno dar hefāzat az āsār-e tārixi va farhangi (Mavād va teknik-hā)"*** (Nanotechnologies in the conservation of cultural heritage: A compendium of materials and techniques). Translated by Majid Doroudi & Maryam Bagherpour. Tehran: Šorā. [In Persian]

Kathpalia, Yash Pal. (1973). ***Conservation and restoration of archive materials***. Paris: UNESCO.

Munoz Vinas, Salvador. (1396/2017). ***"Mabāni-ye Nazari-ye hefāzat va maremmat dar dowrān-e mo'āser"*** (Contemporary theory of conservation). Translated by Kouros Samanian. Tehran: Sāzmān-e Motāle'eh va Tadvin-e Kotob-e 'Olum-e Ensāni-ye Dānešgāh-hā (SAMT) (The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Islamic Sciences and the Humanities). p. 119. [In Persian]

Jokilehto, Jukka. (1387/2008). ***"Tārix-e hefāzat-e me'māri"*** (A history of architectural conservation). Translated by Mohammad Hasan Talebian va Khashayar Bahari. Tehran: Rowzaneh. [In Persian]

Articles

Abdolalizadeh, Mahboub; Azadi Bouyaghchi, Mehrnaz; & Mohammadi Achachlouyi, Mohsen. (1396/2017). "Barresi-ye ta'sirāt-e qārč-koš-e tiyufānāt-metil bar vižegihā-ye basari va sāxtāri-ye kāqaz" (Study of side effects of Thiophanate-methyl fungicide on aesthetic and structural properties of paper). ***Tahqiqāt-e 'Olum-e Čub va Kāqaz-e Irān*** (Iranian journal of Wood and Paper Science Research) (IJWPR), 32(2), pp. 261-274. [In Persian]

Afsharpour, Maryam. (1390/2011). "Raveš-hā-ye novin-e šimiyāyi va fiziki-ye hefāzat va maremmat-e asnād va kotob-e xatti dar ketābxāne-ye markazi-ye Dānešgvh-e Tehrān" (New chemical and physical methods of preservation and restoration of documents and manuscripts in the University of Tehran central library). ***Ketāb-e Māh-e Kolliyāt***, Ordibehešt / May, pp. 72-77. [In Persian]

Attari, Mahshid. (1387/2008). "Jāygāh-e 'elm va fannāvari-hā-ye novin (be viže fannāvari-ye nano) dar negahdāri va hefāzat az mirās-e farhangi [bā ruykard-e nezām-hā-ye bein-e rešte-ee]" (The place of science and new technologies (especially nanotechnology) in the maintenance and protection of cultural heritage [with the approach of interdisciplinary systems]). ***Maremmat va Pažuheš***, issue ***4***, Spring & Summer 1387 / 2008, pp. 7-22. [In Persian]

Baglioni, Piero; Giorgi, Rodorico. (2006). "Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage". ***Soft matter***, 2(4), pp 293-303.

Bakkari, Mounir El; Bindiganavile, Vivek; Boluk, Yaman. (2019). "Facile Synthesis of Calcium Hydroxide Nanoparticles onto TEMPO-Oxidized Cellulose Nanofibers for Heritage Conservation". ***ACS omega***, 4(24), pp 20606-20611.

Batty, John; Maitland, Crystal; Minter, William; Hubbe, Martin; Jordan-Mowery, Sonja. (2010). "Deacidification for the conservation and preservation of paper-based works: a review". ***BioResources***, 5(3).

Bicchieri, Marina; Valentini, Federica; Calcaterra, Andrea; Talamo, Maurizio. (2017). "Newly developed nano-calcium carbonate and nano-calcium propanoate for the deacidification of library and archival materials". ***Journal of Analytical Methods in Chemistry***, vol. 2017.

Chelazzi, David; Poggi, Giovanna; Jaidar, Yareli; Toccafondi, Nicola; Giorgi, Rodorico; Baglioni, Piero. (2013). "Hydroxide nanoparticles for cultural heritage: Consolidation and protection of wall paintings and carbonate materials". ***Journal of colloid and interface science***, 392, pp 42-49.

Cunha, G. M. (1987). "Mass deacidification for libraries". ***Library technology reports***, 23(3), pp 361-472.

Fadayinejad, Somayyeh. (1393/2014). "Vākāvi-ye mo'allefe-hā-ye bāz-šenāxt-e esālat

dar hefāzat-e mirās-e farhangi" (Analysis of authenticity recognition components in cultural heritage conservation). ***Našriye-ye 'Elmi-Pažuheši (Me'māri va Šahrsāzi) Honar-hā-ye Zibā*** (Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning), ***19***(4), pp. 77-86. [In Persian]

Ghorbani, Mehdi; Samanian, Kouros; & Afsharpour, Maryam. (1395/2017). "Mo'arrefi va moqāyese-ye raves-hā-ye estehkām-baxši-ye asnād-e kāqazi va pišnahād-e kārbord-e nano-alyāf-e sellulozi be manzur-e hefāzat az in āsār" (Introducing and comparing methods for consolidation of paper records and suggesting the use of cellulose nano-fibers for conservation of such records). ***Ganjine-ye Asnād***, ***26***(4), Winter 1395 / 2017, pp. 110-131. [In Persian]

Giorgi, Rodorico; Bozzi, Claudio; Dei, Luigi; Gabbiani, Chiara; Ninham, Barry W; Baglioni, Piero. (2005). "Nanoparticles of Mg(OH)2: synthesis and application to paper conservation". ***Langmuir***, 21(18), pp 8495-8501.

Giorgi, Rodorico; Chelazzi, David; Baglioni, Piero. (2005). "Nanoparticles of calcium hydroxide for wood conservation. The deacidification of the Vasa warship". ***Langmuir***, 21(23), pp 10743-10748.

Hajji, Latifa; Boukir, Abdellatif; Assouik, Jamal; Lakhiari, Hamid; Kerbal, Abdelali; Doumenq, Pierre; Mille, Gilbert; De Carvalho, Maria Luisa. (2015). "Conservation of Moroccan manuscript papers aged 150, 200 and 800 years. Analysis by infrared spectroscopy (ATR-FTIR), X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy energy dispersive spectrometry (SEM–EDS)". ***Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy***, 136(8), pp 1038-1046.

Hassan, Mohammad; Elfeky, Osama; Ahmed, Nehad. (2020). "Calcium hydroxide nanoparticles for deacidification of canvas oil paintings". *مجلة كلية الآثار. جامعة القاهرة*، 2020)8), pp 47-62.

Hummel, Ray O; Barrow, W. J. (1956). "Lamination and other methods of restoration". ***Library trends***, 4, pp 259-268.

Jokilehto, Jukka. (1994). "Authenticity, a General Framework for the Concept". ***Nara conference on Authenticity***.

Łojewska, J; MiŚkowiec, P; Łojewski, T; Proniewicz, L. M. (2005). "Cellulose oxidative

and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach". ***Polymer degradation and stability***, 88(3), pp 512-520.

Rossler, Mechtild. (2008). "Applying Authenticity of cultural Landscapes". In: Waite Dianna. (Ed.), ***APT Bulletin*** (pp 47-54), Vol XXXLX, no 2, 3, Published by Association for ***Preservation Technology International***.

Rouhi Dehboneh, Sedigheh; Samanian, Kouros; & Afsharpour, Maryam. (1398/2019). "Barresi-ye xavās-e za'erān dar rangrazi-ye kāqaz bar asās-e dastur-ol'amal-hā-ye motun-e tārixi (Moāle'e-ye sobāt-e rangi dar barābar-e nur)" (Study of light fastness properties of saffron used in paper dyeing according to historical treatises). '***Olum va Fannāvari-ye Rang*** (Journal of Color Science and Technology) (JCST), 13(3), pp. 169-190. [In Persian]

Sequeira, S; Casanova, C; Cabrita, E. J. (2006). "Deacidification of paper using dispersions of Ca(OH)2 nanoparticles in isopropanol. Study of efficiency". ***Journal of Cultural Heritage***, 7(4), pp 264-272.

Stefanis, Emmanuel; Panayiotou, Costas. (2007). "Protection of lignocellulosic and cellulosic paper by deacidification with dispersions of micro- and nano-particles of Ca(OH)2 and Mg(OH)2 in alcohols. ***Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material***.

Weng, Jiajia; Zhang, Xiaogang; Jia, Minghao; Zhang, Jie. (2019). "Deacidification of aged papers using dispersion of Ca(OH)2 nanoparticles in subcritical 1,1,1,2-tetrafluoroethane (R134a)". ***Journal of Cultural Heritage,*** 37, pp 137-147.

Article collections

Nezaratizadeh, Mojgan; Nezaratizadeh, Mansoureh; & Sadeghzadeh, Nima. (1394/2015). "Esālat-garāyi dar modāxelāt-e maremmati" (Originalism in restoration interventions). ***Konferāns-e Sālāne-ye Taqiqāt dar Mohandesi-ye 'Omrān, Me'māri va Šahrsazi va Mohit-e Zist-e Pāydār*** (Annual conference on research in civil engineering, architecture and urban planning and sustainable environment). [In Persian]

Tatari, Ali Asghar; & Dehghani Firouzabadi, Mohammadreza. (1392/2013). "Kārbord-e

raves-hā-ye motedāvel va novin-e negahdāri-ye kāqaz-e asnād va mokātebāt bāruykard-e hefz va negahdāri az manābe'-e sellulozi" (Using common and modern methods of preserving paper, documents and correspondence with the approach of preservation and maintenance of cellulose resources). ***Majmu'e-maqālāt-e Hamāyeš-e Melli-ye Modiriyat-e Manābe'-e Tabi'ee*** (The 1st National Conference on Natural Resources Management). [In Persian]

Zorriasatein, Ashkan; Aghamirza Moghim Aliabadi, Houman; & Bozorgnia, Bahareh. (1395/2016). "Kārbord-e nāno-mavād dar hefāzat va maremmat-e āsār-e bāstāni va nosax-e xatti" (The use of nanomaterials in the protection and restoration of ancient works and manuscripts). ***Hamāyeš-e Sarāsari-ye Towse'e-yePāydār dar Nāno-mavād, Nāno-sāxtār va Nāno-teknoloži*** (National conference on sustainable development in nanomaterials, nanostructures and nanotechnology). Retrieved from https://www.civilica.com/Paper-NANOOCONF01-NANOOCONF01_067.html. [In Persian]

Dissertations

Dehghani, Zahra. (1387/2008). ***"Naqš-e nano-fannāvari dar hefz-e āsār-e tārixi bā ta'kid bar asid-zodāyi-ye kāqaz"*** (The role of nanotechnology in preserving historical monuments with an emphasis on deacidification of paper). [thesis]. Dānešgāh-e Honar-e Esfahān (Art University of Isfahan). [In Persian]

Gilani, Sarvar. (1392/2013). "Estefādeh az nano-kāmpozit-e hidroksid-e felezzi be 'onvān-e ānti-oksidānt dar hefāzat-e āsār-e kāqazi-e sellulozi" (Using metal hydroxide nanocomposite as an antioxidant in the protection of cellulose paper works). [Masters' thesis]. Maremmat-e Ašyā'-e Tārixi va Farhangi (Restoration of historical and cultural objects), Goruh-e Maremmat (Department of Restoration), Dāneškade-ye Honar va Me'māri (Faculty of Arts and Architecture), Dānešgāh-e Āzād-e Tehrān-Markaz (Islamic Azad University Central Organization). [In Persian]

Tafazzoli, Zohreh. (1392/2013). ***"Barresi-ye āsib-hā-ye mowjud dar barxi nosax-e xatti-ye maremmat-šodeh be šive-ye sonnati-ye mote'alleq be dowre-ye Teymuri-***

ye mowjud dar Muze-ye Malek va erā'e-ye tariq-e maremmat-hā-ye jāygozin" (Investigation of the damages in some manuscripts restored in the traditional way belonging to the Timurid period in the Malik Museum and presenting alternative restoration methods). [Masters' thesis]. Maremmat-e Ašyā'-e Tārixi va Farhangi (Restoration of historical and cultural objects), Goruh-e Maremmat (Department of Restoration), Dāneškade-ye Honar va Me'māri (Faculty of Arts and Architecture), Dānešgāh-e Āzād-e Tehrān-Markaz (Islamic Azad University Central Organization). [In Persian]

Standards

Estāndārd-e melli-ye Irān be šomāre-ye 106: "Kāqaz, moqavvā va xamir-e kāqaz – Šarāyet-e mohite-ye estāndārd barāye mašrute-sāzi va āzmun va raves-e pāyeš-e šarāyet-e mohite va mašrute-sāzi-ye nemune-hā" (Iranian National Standard No. 106: "Paper, cardboard and paper pulp - standard environmental conditions for conditioning and testing and methods for monitoring environmental conditions and conditioning samples") (ISIRI 106). [In Persian]

Estāndārd-e melli-ye Irān be šomāre-ye 4706: "Raveš-e tasri' dar kohne-šodan-e kāqaz va moqavvā dar damā-ye 80 daraje-ye selsiyus va rotubat-e 65 darsad" (Iranian National Standard No. 4706: "Method to accelerate aging of paper and cardboard at 80 degrees Celsius and 65% humidity") (ISIRI 4706). [In Persian]

Estāndārd-e melli-ye Irān be šomāre-ye 8273-2: "Kāqaz va moqavvā – Ta'yin-e vižegi-hā-ye kešeši, qesmat-e do: Raveš-e ezdiyād-e tul bā sor'at-e sābet (20 mm/min)" (Iranian National Standard No. 2-8273: "Paper and paperboard - determination of tensile properties, part 2: Lengthening method with constant speed (20 mm/min)" (ISIRI 8273-2).) (ISIRI 8273-2).. [In Persian]