

The Use of Nanoparticles in the Preservation Authenticity of the Structure, Color and Appearance of Deacidified Historical Papers¹

Fatemeh Ghodrati BerenjAbadi² | Mohammad Taghi Ashouri³ | Maryam Afsharpour⁴

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

1. This article is extracted from Fatemeh Ghodrati BerenjAbadi's PhD Dissertation.
 2. PhD Student in Restoration of Historical Cultural Objects, Art University, Tehran, Iran, (Corresponding Author)
fa_ghodrati@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.





فصلنامه تحقیقات تاریخی
و مطالعات آرشیمی

مقاله پژوهشی

به کارگیری نانوذرات برای حفظ اصالت ساختار، رنگ و ظاهر کاغذهای تاریخی اسیدزدایی شده^۱

فاطمه قدرتی برنج آبادی^۲ | محمد تقی آشوری^۳ | مریم افشارپور^۴

چکیده:

کاغذهای تاریخی به عنوان مهم ترین و اصل ترین آثار باقی مانده از دوره های گذشته، اهمیتی ویژه در مطالعات و پژوهش های تاریخی دارند. به دلیل بارز بودن و منحصربه فرد بودن آثار تاریخی، استفاده از فناوری های نوین در حوزه میراث فرهنگی به ویژه فناوری نانو حساسیت زیادی دارد و نگرانی ها و پرسش هایی را در زمینه اثرات مستقیم و جانبی این روش ها بر روی آثار مطرح می کند.

هدف: بررسی حفظ اصالت مواد و مصالح، و رنگ و فرم و شکل آن ها 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 از نظر نتایج کاربردی است. اطلاعات پژوهش به صورت کتابخانه ای و میدانی جمع آوری شده و پژوهش به صورت آزمایشگاهی انجام شده است. ابتدا نمونه های کاغذ واتمن و کاغذ تاریخی اسیدی انتخاب شدند. سه محلول اسیدزدای هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول با غلظت ۱۰۰۰ ppm (۰/۱٪) تهیه و نمونه ها اسیدزدایی شدند.

یافته ها و نتیجه گیری: نتایج آزمایش ها نشان می دهد 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 کارا تر است.

شایان ذکر است که محلول هیدروکسید کلسیم از پرکاربردترین اسیدزدهای کاغذهای تاریخی است؛ ولی تاکنون هم زمان 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.

کلیدواژه ها: اصالت؛ نانوذرات؛ اسیدزدایی؛ کاغذهای تاریخی.

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

doi: ۱۰.۳۰۴۸۴/ganj.۲۰۲۴.۳۱۵۸

۱. این مقاله از پایان نامه دکتر با عنوان زیر استخراج شده است:

کاربرد نانو تکنولوژی در اسیدزدایی 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

taghiashouri@gmail.com

۴. عضو هیئت علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی، تهران، ایران

afsharpour@ccerci.ac.ir



گنجینه اسناد

۱۳۴

فصلنامه علمی | سازمان اسناد و کتابخانه ملی ج.ا.ایران - پژوهشکده اسناد

شاپا (چاپی): ۱۰۲۳-۲۶۵۲ | شاپا (الکترونیکی): ۲۵۲۸-۲۲۶۸

شناسانه برنمود رقمی (DOI): ۱۰.۳۰۴۸۴/GANJ.۲۰۲۴.۳۱۵۸

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

سال ۳۴، دفتر ۲، تابستان ۱۴۰۳ | صص: ۱۸۷-۱۶۰ (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 در این باره مطرح شده‌است که از آن جمله می‌توان به منشور آتن (۱۳۳۱ میلادی)، منشور ونیز (۱۹۶۴ میلادی)، سند نارای ژاپن (۱۹۹۴ میلادی)، اجلاس کمیته میراث جهانی (۱۹۷۷ میلادی) و اجلاس برگن نروژ (۱۹۹۴ میلادی) اشاره کرد (Rossler, 2008, p48)؛ (فدایی نژاد، ۱۳۹۳).

در نظریه حفاظت نوین، اصالت مفهومی بنیادین است؛ ولی برداشت‌های متداول از آن عمدتاً بر مستندنگاری مصالح (اثر) در مقاطع مختلف تاریخی متمرکز بوده‌است (یوکیلهتو، ۱۳۸۷، ص ۳۳۰). یوکیلهتو اصالت را شرطی اصلی در اثر تاریخی، سنجش حقیقت و یکپارچگی درونی اثر می‌داند (Jokilehto, 1994). حفاظت و مرمت باید تا حد ممکن مانع از حذف، تغییر یا مخفی کردن مواد اصلی شود (مونوس ویناس، ۱۳۹۶، ص ۹۶). مرمت اثر ممکن است در مواردی بهبودهایی ایجاد کند، ولی به‌هیچ‌وجه آن را اصیل‌تر از آنچه که هست نمی‌کند (نظارتی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). در حفاظت و مرمت علمی باید سعی شود تا ماهیت حقیقی اشیاء حفظ شود و ماهیت حقیقی اشیاء بر پایه اجزاء تشکیل‌دهنده مادی استوار باشد. روش‌ها و اهداف فعالیت‌های حفاظت و مرمت باید با روش‌های علمی تعیین شود و از سلايق و رجحان‌های ذهنی خودداری شود (مونوس ویناس، ۱۳۹۶، ص ۹۹). یکی از کاربردهای نانو تکنولوژی، اسیدزدایی از آثار کاغذی است. آثار کاغذی، از جمله نقاشی‌ها، کتاب‌ها، نسخه‌های خطی و سندهای تاریخی، با گذشت زمان و به دلیل 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 قابل توجه در حفظ اصالت کاغذهای تاریخی داشته باشد. با این حال، 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. پیشینه 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 (الحاقت- آسیب‌ها)، اخلاقیات، نیت مؤلف، خالق اثر، سبک، دوره تاریخی و ... قابل تأمل است (نظارتی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). درباره اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم و مزایای به کارگیری آن پژوهش‌های زیادی انجام شده است؛ ولی در ارتباط با حفظ اصالت در اسیدزدایی با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در حلال‌های مختلف (حلال آبی، حلال الکلی) تحقیقی به عمل نیامده است.

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

باگلیونی^۱ و همکار (۲۰۰۶) در تحقیق خود جدیدترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه حفاظت و نگهداری از جمله استفاده از نانوذرات کلسیم و منیزیم در اسیدزدایی آثار کاغذی را بررسی کرده است. 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 مقاله 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 به کارگیری روش‌های حفظ و نگهداری آثار کاغذی به ویژه 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 آمده است 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. باتوجه به این که هر اثر تاریخی و هنری منحصر به فرد شمرده می‌شود، راه‌حل‌های درمانی و حفاظت از آن نیز ویژه است و لزوماً قابل تعمیم به آثار دیگر نیست. در مقاله مذکور انواع نانومواد تولیدشده و تأثیرات آن‌ها بر روی آثار باستانی بررسی شده است. پوگی^۲ و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده‌اند که به کارگیری نانوذرات هیدروکسید کلسیم در واسطه الکلی در کنترل PH کاغذ و ویژگی‌های ضداسیدی مؤثر است. «جایگاه علم و فناوری‌های نوین (به ویژه

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

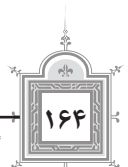


فناوری نانو) در نگهداری و حفاظت از میراث فرهنگی [با رویکرد نظام‌های بین‌رشته‌ای]» پژوهشی است که عطاری (۱۳۸۷) انجام داده‌است. در پژوهش قربانی و همکاران (۱۳۹۵) آمده‌است که در بین حفاظت‌گران علمی و سنتی همیشه تردید و اختلاف‌نظرهای زیادی در کاربرد مواد و روش‌ها وجود داشته‌است و هم‌اکنون هم وجود دارد. معمولاً 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، به دلیل سیاست‌گذاری‌های متفاوت سازمانی و اداری است. تفضلی (۱۳۹۲) در حوزه حفاظت و مرمت آثار و کتب کاغذی به روش‌های حفاظت و مرمت سنتی و مقایسه آن با شیوه‌های مرمتی جدید و در نهایت تصمیم‌گیری درباره اصلاح یا تغییر روش استفاده از مواد مرمتی پرداخته‌است. نتایج پژوهش مذکور نشان می‌دهد که مواد و شیوه‌های به‌کاررفته در مرمت سنتی به دلیل دوامی که در گذر زمان از خود نشان داده‌اند مناسب‌اند و باید از مواد جدید که زمان کوتاهی است به عرصه مرمت وارد شده‌اند اجتناب کرد. طلایی راد (۱۳۸۸)^۱ در پژوهش خود حفاظت از آثار کاغذی را با به‌کارگیری نانو ساختارهای اکسید تیتانیوم بررسی کرده‌است. آثار کاغذی از ظریف‌ترین و حساس‌ترین آثار به‌شمار می‌آیند که به شدت در معرض 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 در جهت حفاظت از آثار کاغذی انجام شود. نانو ساختارهای دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند مثل خواص ضدماوراءبنفش، ضدباکتری و ضدقارچ، حذف آلاینده‌های هوا، تجزیه لکه‌ها و آلودگی‌ها و... برای حفاظت چندجانبه از آثار کاغذی انتخاب شدند؛ بدین ترتیب که دی‌اکسید تیتانیوم به صورت نانو ذرات و هم‌چنین به فرم نانو کامپوزیت بر روی سطح اثر کاغذی قرار می‌گیرد. هم‌چنین پژوهش‌گران زیادی از جمله بیچیری^۲ و همکاران (۲۰۱۷)، باکری^۳ و همکاران (۲۰۱۹)، حسن^۴ و همکاران (۲۰۲۰)، ونگ^۵ و همکاران (۲۰۱۹)، و استفانیس^۶ و همکار (۲۰۰۷) اسیدزدایی آثار کاغذی با هیدروکسید کلسیم به روش نانو را بررسی کرده‌اند و اسیدزدایی با نانو ذرات را مناسب‌تر از روش‌های غیر نانو دانسته‌اند.

کاتپالیا معتقد است که مواد مورد استفاده در حفاظت و مرمت اسناد باید مقاوم و بادوام باشند و با همدیگر و با مواد سازنده 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 نانو ساختارهای اکسید تیتانیوم». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران، دانشکده 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 چروک شدن کاغذ می شود؛ هم چنین مرکب ها و رنگ های محلول در آب هم دچار پخش شدگی می شوند. حال آنکه به کارگیری دیسپرسیون نانوذرات در حلال های غیر آبی دچار چین و چروک نمی شود و به علت استفاده از حلال های الکلی پخش شدگی اتفاق نمی افتد. به کارگیری نانوکامپوزیت های هیدروکسید فلزی با استفاده از پلیمر های سلولزی، پژوهش دیگری است که گیلانی (۱۳۹۲) برای جلوگیری از چروک شدگی و پخش شدگی در آثار کاغذی انجام داده است. این پژوهش در ارتباط با مفهوم حفظ اصالت قابل بررسی است.

یکی از مشکلات مهم در زمینه آثار کاغذی، مربوط به شرایط فیزیکی، شامل کاهش استحکام و زرد شدن است؛ بنابراین موضوع دوام و کیفیت مواد مورد استفاده در درمان این آثار، همیشه مورد توجه کتابخانه ها و مراکز نگهداری اسناد بوده است. مشکل استحکام بخشی به آثار کاغذی، نوعی اقدام مداخله گرانه است. در بین حفاظت گران علمی و سنتی همواره اختلاف نظر های زیادی در کاربرد مواد و روش ها وجود داشته است. خصوصیات مواد مورد استفاده نباید مانع از مطالعه 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 روش شناختی درمان و متناسب با مواد مورد استفاده، این گونه مطرح شده است که: الف- عملیات درمان باید برگشت پذیر باشد تا بعداً هر زمانی بتوان آن اثر را به وضعیت اصلی برگرداند؛ ب- باید اطمینان حاصل کرد که تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در درمان اثر، بادوام باشد؛ ج- مواد شیمیایی مورد استفاده برای درمان علاوه بر سازگاری با اجزاء تشکیل دهنده موجود در اثر و حفظ کیفیت فیزیکی-شیمیایی و مکانیکی آن، آسیب وارده را هم باید بهبود دهد و حتی الامکان معکوس کند (Baglioni and Giorgi, 2006). با گلیونی و همکاران (۲۰۱۵) در کتاب خود با عنوان «فناوری نانو در حفاظت از آثار تاریخی و فرهنگی (مواد و تکنیک ها)» به این موضوع اشاره دارند که آثار سلولزی توسط فرایندهای هیدرولیز اسیدی و اکسیداسیون تحت تأثیر قرار می گیرند و در نهایت این فرایندها باعث تغییر زیبایی و از دست رفتن ویژگی های مکانیکی آنها می شود (با گلیونی و همکاران، ۱۳۹۷، ص ۱۲۳).

۳. اسیدزدهای مورد استفاده در اسیدزدایی کاغذهای تاریخی

اسیدزدها به سه روش محلول در حلال آبی، محلول در حلال غیر آبی و گازی در اسیدزدایی کاغذهای تاریخی به کار می روند. بازهای قوی مانند NaOH در اسیدزدایی استفاده نمی شود و برای اسیدزدایی کاغذهای تاریخی از بازهای ضعیف مانند کربنات ها،

۱. dispersion: پراکنندگی: سیستمی که در آن ذراتی از ترکیبات یا مواد گوناگون، به طور پیوسته پراکنده می شوند.



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 (۱۹۳۶)، هیدروکسید باریم (۱۹۶۹)، اکسیدهای قلیایی (۱۹۷۲)، هگزامتیلن‌تترآمین گازی (۱۹۷۲)، مورفولین گازی (۱۹۷۳)، متیل‌منیزیم کربنات (۱۹۷۶)، دی‌اتیل روی (۱۹۷۶)، اکسید منیزیم (II) (۱۹۸۲)، کربنات روی، کربنات سدیم (۱۹۸۸)، ترکیبات آمین (۱۹۸۹)، آمونیاک (۱۹۸۹)، اتوکسی‌منیزیم کربنات-متوکسی‌پلی‌اتوکسید (۱۹۹۲)، کربنات آلومینیوم آلی (۱۹۹۳)، کربنات‌اتیل‌منیزیم (۱۹۹۳)، دی‌بوتیل‌منیزیم (۱۹۹۳)، تترابوتیل‌تیتانیوم (۱۹۹۴)، و آلکوکسیدهای قلیایی خاکی (۱۹۹۷) است (Batty et al., 2010).

در اوایل دهه ۲۰۰۰ استفاده از نانوذرات مواد قلیایی به‌دلیل نفوذ آسان در الیاف کاغذ برای اسیدزدایی و ذخیره قلیایی^۱ بارها گزارش شد (Giorgi, Bozzi et al., 2005; Giorgi, Chelazzi et al., 2005) و محلول‌های مخلوط حاوی نانوذرات $Mg(OH)_2$ 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 نانوذرات $Mg(OH)_2$ و $Ca(OH)_2$ اسیدزدایی کرد (Chelazzi, Poggi, Jaidar, Toccafondi, Giorgi, Baglioni, 2013; Giorgi, Bozzi et al., 2005; Sequeira et al., 2006).

۴. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

روش تحقیق

این پژوهش از نظر نتایج، کاربردی است و اطلاعات آن به‌صورت کتاب‌خانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده و به‌صورت آزمایشگاهی انجام شده است. ابتدا نمونه‌های کاغذ واتمن و کاغذ تاریخی اسیدی انتخاب شد. سپس سه محلول اسیدزدای هیدروکسید کلسیم در آب، نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول با غلظت ۱۰۰۰ (٪۱/۰) 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 کتابخانه ملی ج.ا.ا. با تاریخ تولید سند بین سال‌های ۱۳۲۰ الی ۱۳۳۰ شمسی) استفاده شد.

نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران به‌شماره ۱۰۶ برای مدت ۲۴ ساعت در رطوبت نسبی ۱۰-۳۵ درصد با حداکثر دمای ۴۰ درجه سلسیوس مشروط شدند^۲ (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 به شماره ۴۷۰۶ طی مدت ۳۳۶ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد، پیرسازی شدند (ISIRI 4706). با دستگاه AGING مدل BINDER پیرسازی شدند.

میزان اسیدیته با pH متر متروم مدل ۶۹۱ به صورت میانگین از بخش‌های مختلف نمونه کاغذ واتمن و تاریخی اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های کاغذ واتمن، طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۸۲۷۳ در ابعاد ۱۵×۱/۵ سانتی متر برای هر آزمون تهیه شد و طبق اصول ذکر شده در همین شماره استاندارد، آزمون مقاومت کششی برای نمونه‌های کاغذی با استفاده از دستگاه مقاومت کششی مدل Tinius Olsen, KS10H اجرا شد. نمونه‌های مورد آزمون در هر مرحله ۵ عدد بود و نتایج به صورت میانگین گزارش شد.

میزان زردی قبل و بعد از پیرسازی (دراثر پیرشدگی) نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی از طیف انعکاسی نمونه مدنظر با استفاده از دستگاه گونیو اسپکتروفتومتر مدل Gretag-Macbeth Color-Eye 7000A در محدوده طیفی ۴۰۰ تا ۷۵۰ نانومتر با گام ۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مختصات رنگی نمونه تحت مشاهده کننده ۱۰° و منابع نوری مختلف با نرم افزار دستگاه در دو نمونه کاغذ واتمن و تاریخی قبل و بعد از پیرسازی محاسبه شد. ساختار نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی قبل و بعد از اسیدزدایی در شرایط قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی، با دستگاه ATR بررسی شد.

ملاحظات	علامت اختصاری
کاغذ واتمن	W
نمونه واتمن شاهد	W۰
نمونه واتمن شاهد پیرشده	W۱
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب	W۲
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب و پیرشده	W۳
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول	W۴
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده	W۵
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول	W۶
نمونه واتمن اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده	W۷

جدول ۱

راهنمای نمونه‌های آزمون (کاغذ واتمن)



علامت اختصاری	ملاحظات
H	کاغذ تاریخی
H۰	نمونه تاریخی شاهد
H۱	نمونه تاریخی شاهد پیرشده
H۲	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب
H۳	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب و پیرشده
H۴	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
H۵	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده
H۶	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
HV	نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرشده

جدول ۲

راهنمای نمونه‌های آزمون (کاغذ تاریخی)

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

۵. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

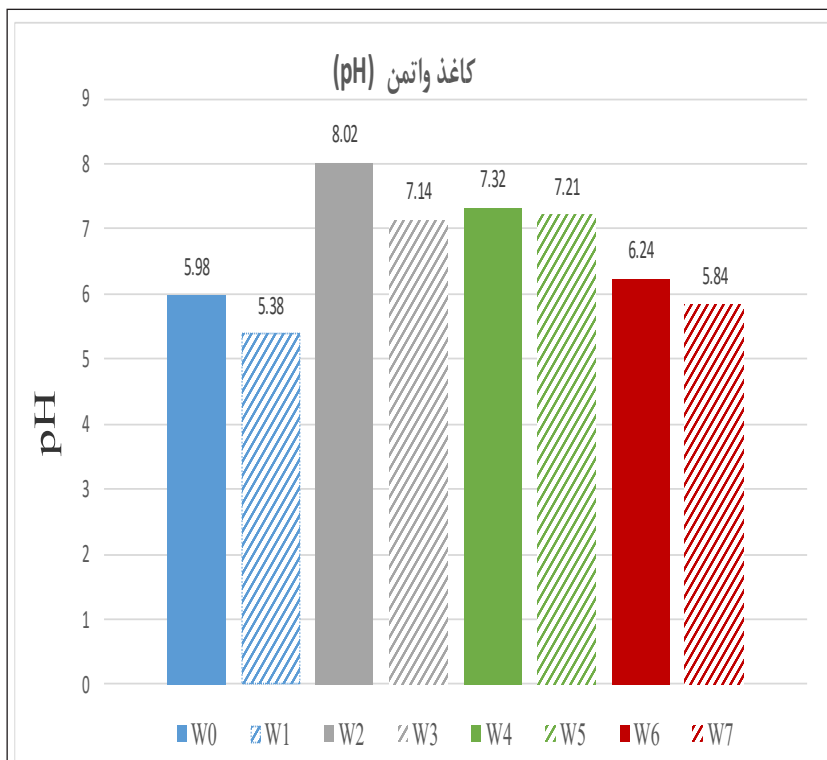
بررسی اسیدیتته نمونه‌ها قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

نتایج میزان اسیدیتته نمونه‌های اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی در کاغذ واتمن مطابق با نمودار ۱ و در کاغذ تاریخی مطابق با نمودار ۲ است.



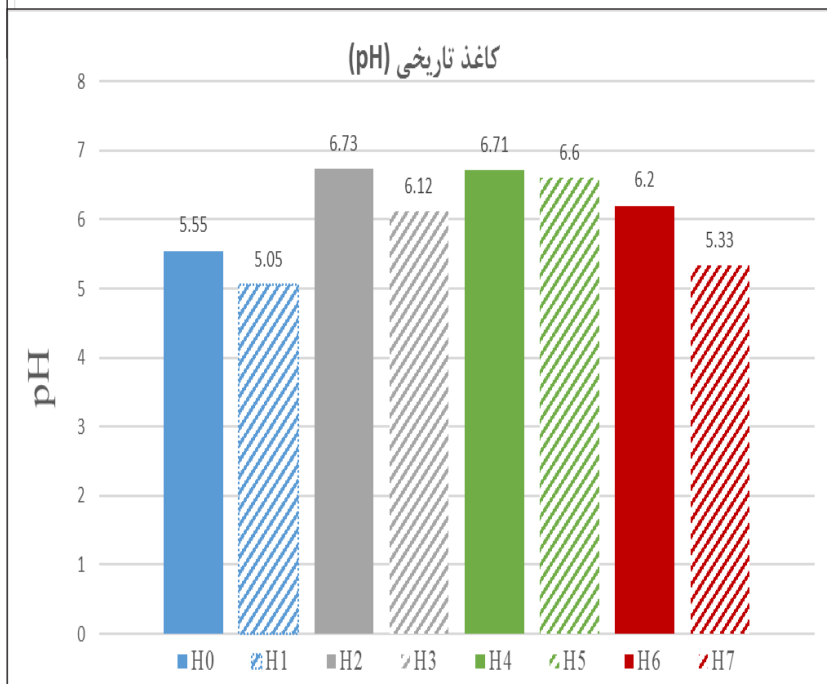
شکل ۱

نمودار میزان اسیدیته نمونه‌های کاغذ
واتمن قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی



شکل ۲

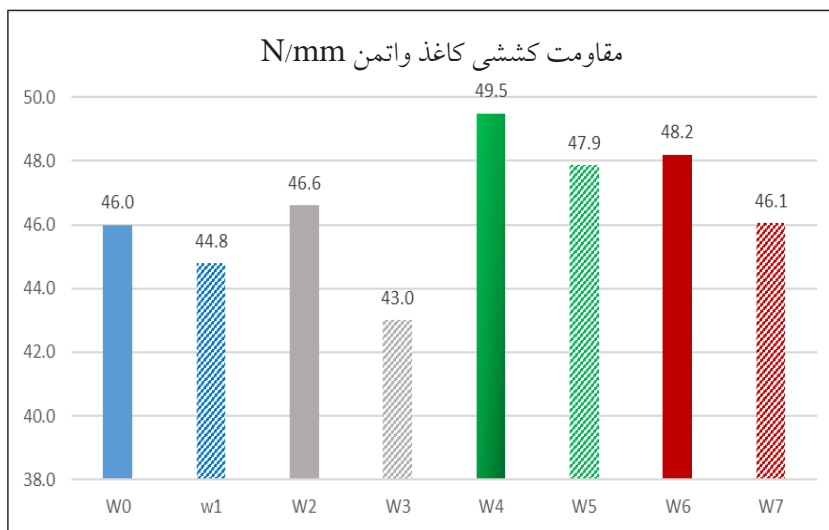
نمودار میزان اسیدیته نمونه‌های کاغذ
تاریخی قبل از پیرسازی و بعد از
پیرسازی



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 نمونه تاریخی اسیدزدایی شده با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول بعد از 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 به دلیل نفوذپذیری بیشتر و کاهش ملایم‌تر و کنترل‌شده‌تر اسیدیته بعد از پیرسازی، در حفظ استحکام و حفظ اصالت کاغذهای تاریخی مؤثرتر و کاراترند.

بررسی مقاومت کششی نمونه‌ها قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

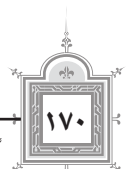
نتایج میزان مقاومت کششی نمونه‌های کاغذ واتمن اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی مطابق با نمودار ۳ است.



نمودار ۳

میزان مقاومت کششی نمونه‌های کاغذ
واتمن قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

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



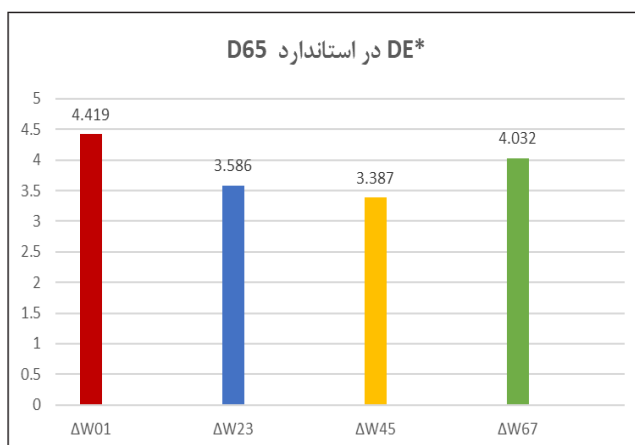
شایان ذکر است که نمونه کاغذ تاریخی، بعد از پیرسازی به تخریب و ریختگی دچار شد؛ بنابراین اندازه گیری مقاومت کششی آن امکان پذیر نبود.

ارزیابی تغییرات زردی نمونه ها قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

رنگ سنجی نمونه ها، روشی برای تعیین میزان تغییرات رنگی (DE*) ایجاد شده در آن هاست (عبدالعلی زاده، آزادی بویاغچی، محمدی آچاچلویی، ۱۳۹۶). تغییرات مولکولی ایجاد شده توسط واکنش های تخریب سلولز، سبب تغییر در رنگ کاغذ می شود. نتایج رنگ سنجی نمونه های (کاغذ واتمن، کاغذ تاریخی) قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی تسریع شده با منابع نوری D65، A، و CWF-2، بر اساس نمودارهای زیر است.

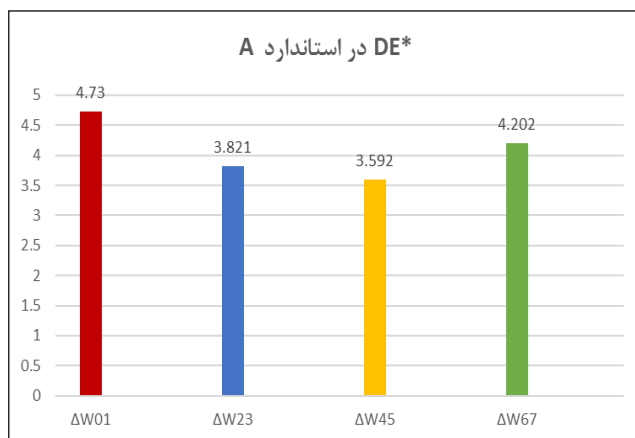
نمودار ۴

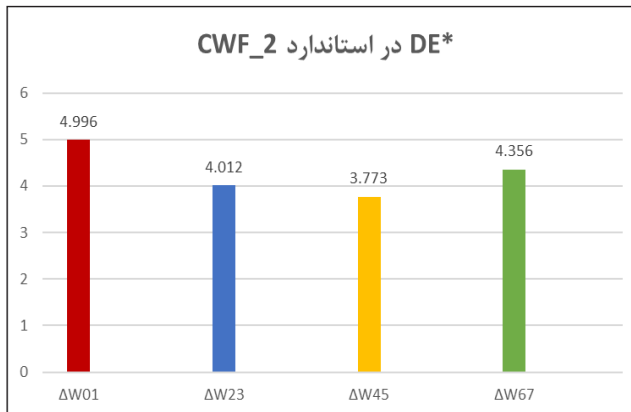
در کاغذ (DE*) میزان تغییرات رنگی
واتمن اسیدزدایی شده با سه محلول
D۶۵ اسیدزدا در استاندارد



نمودار ۵

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

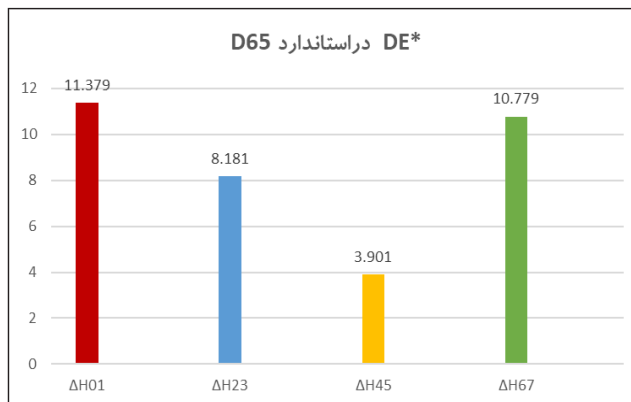




نمودار ۶

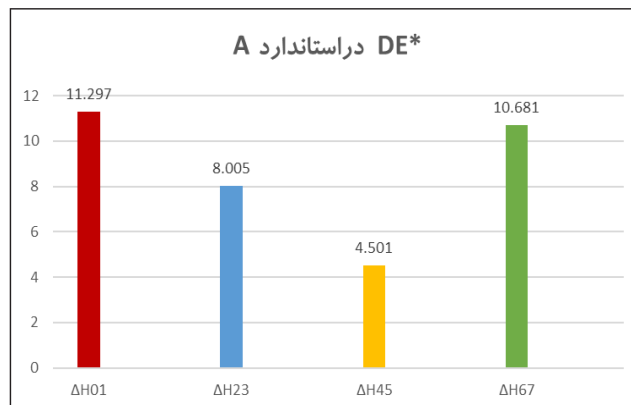
میزان تغییرات رنگی (DE*) در کاغذ
واتن اسیدزدایی شده با سه محلول
اسیدزدا در استاندارد CWF-2

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



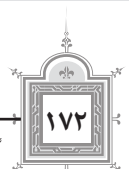
نمودار ۷

میزان تغییرات رنگی (DE*) در کاغذ
تاریخی اسیدزدایی شده با سه محلول
اسیدزدا در استاندارد D65



نمودار ۸

میزان تغییرات رنگی (DE*) در کاغذ
تاریخی اسیدزدایی شده با سه محلول
اسیدزدا در استاندارد A

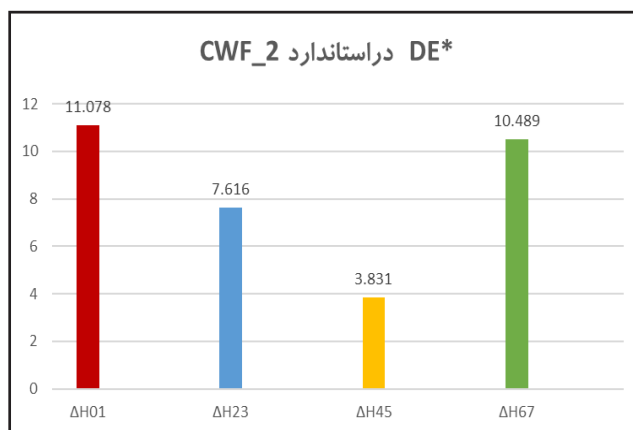


۱. ΔW_{67} یعنی میزان زردی کاغذ اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول پیرشده (WV) منهای میزان زردی کاغذ اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول پیرشده (W6)

ارزیابی تغییرات رنگی در نمونه‌های کاغذهای واتمن و تاریخی نشان می‌دهد که میزان تغییرات رنگی در نمونه‌های کاغذ واتمن و تاریخی درمان شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (ΔW_{45} و ΔH_{45}) کمتر از تغییرات رنگی نمونه‌های درمان شده با هیدروکسید کلسیم در آب (ΔW_{23} و ΔH_{23}) و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (ΔW_{67} و ΔH_{67}) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در کاهش زردی و افزایش روشنایی کاغذ و در نتیجه در حفظ تمامیت و اصالت اثر، کارا تر و مؤثر تر است.

نمودار ۹

میزان تغییرات رنگی (DE^*) در کاغذ تاریخی اسیدزدایی شده با سه محلول اسیدزدا در استاندارد CWF-2

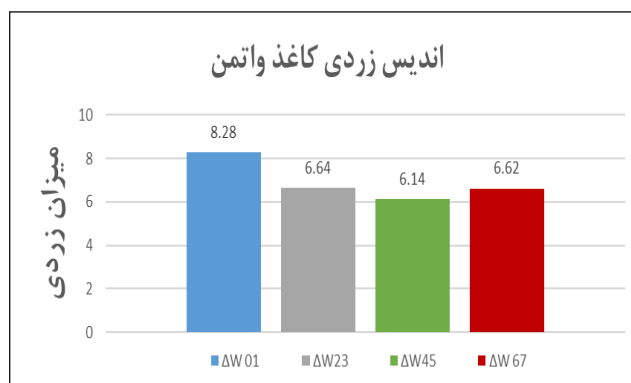


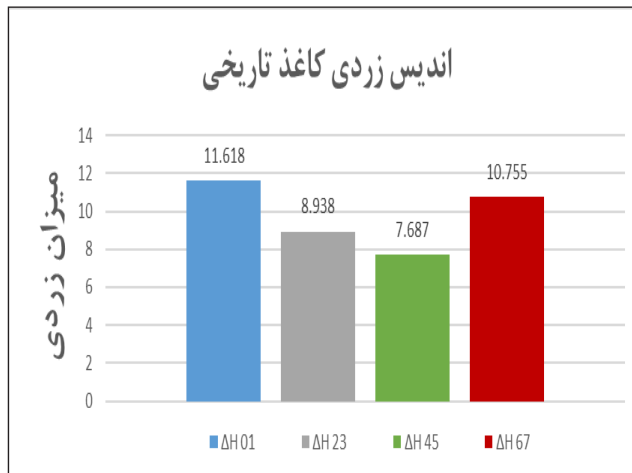
بررسی میزان تغییرات اندیس زردی قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

میزان اندیس زردی نمونه‌های اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در آب، نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، و هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی در کاغذ واتمن مطابق با نمودار ۱۰ و در کاغذ تاریخی مطابق با نمودار ۱۱ است.

نمودار ۱۰

نمودار میزان اندیس زردی نمونه‌های درمان شده کاغذ واتمن قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی





مُودار ۱۱

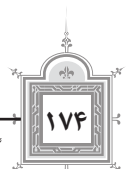
مُودار میزان اندیس زردی نمونه‌های
درمان‌شده کاغذ تاریخی قبل از
پیرسازی و بعد از پیرسازی

نتایج اندیس زردی در نمونه کاغذهای واتمن و تاریخی نشان داد که همه روش‌های درمان (اسیدزدایی) باعث کندی و تأخیر در زردی شده‌است؛ ولی کم‌ترین میزان اندیس زردی مربوط به درمان با نانو هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول ($\Delta W45$ و $\Delta H45$) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانو هیدروکسید کلسیم در کاهش زردی کاغذ و در نهایت در حفظ تمامیت و اصالت اثر مؤثرتر است.

بررسی ساختار نمونه‌ها قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

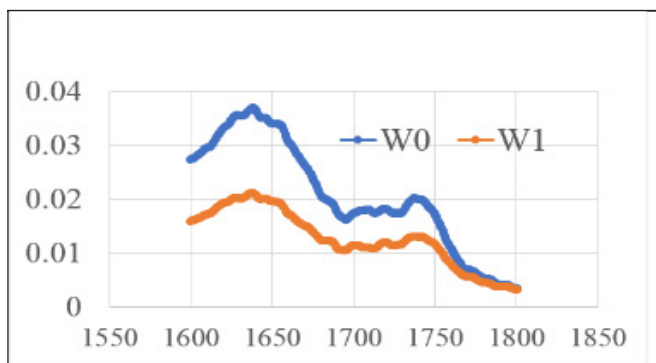
برای بررسی اصالت ساختار نمونه‌ها، میزان تخریب و تغییرات ساختاری نمونه‌ها از طریق طیف‌سنجی ATR مشخص شد.

از مهم‌ترین واکنش‌های تخریبی انجام‌شده در کاغذها می‌توان به اکسایش و صدمات فتوشیمیایی اشاره کرد. اکسایش واکنشی تخریبی است که می‌تواند به شکسته شدن زنجیره سلولز در کاغذ منجر شود (روحی، سامانیان، افشارپور، ۱۳۹۸). پیک‌های شاخص سلولز را می‌توان در ناحیه $1500-850\text{ cm}^{-1}$ که ناحیه اثرانگشت شناخته می‌شود، مشاهده کرد (Hajji et al., 2015). بیشترین ناحیه طیفی حاوی اطلاعات مفید از طیف سلولز، به‌ویژه برای آزمون تخریب سلولز، بین $1500-1900\text{ cm}^{-1}$ 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 نشان‌دهنده تخریب



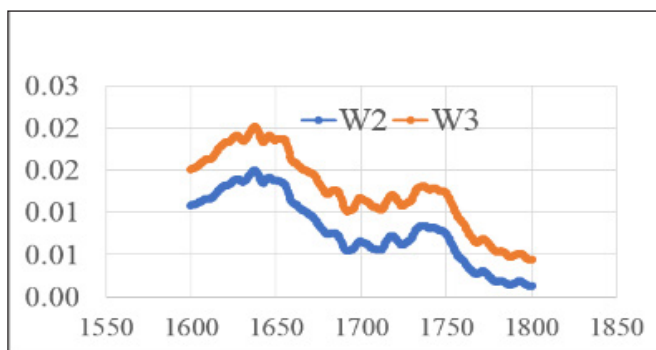
نمودار ۱۲

طیف‌های ATR کاغذ واکنش شاهد قبل از
پیرسازی و بعد از پیرسازی



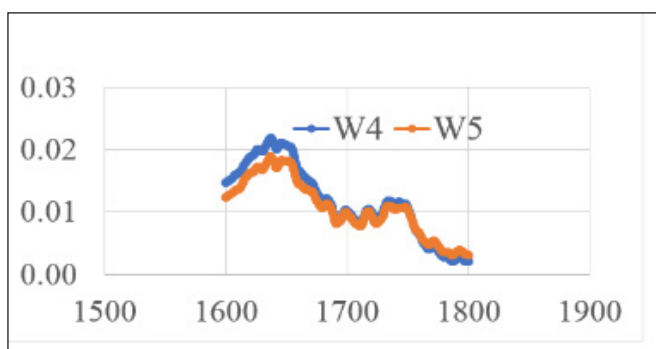
نمودار ۱۳

طیف‌های ATR کاغذ واکنش
اسیدزایی شده با هیدروکسید کلسیم
در آب قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی



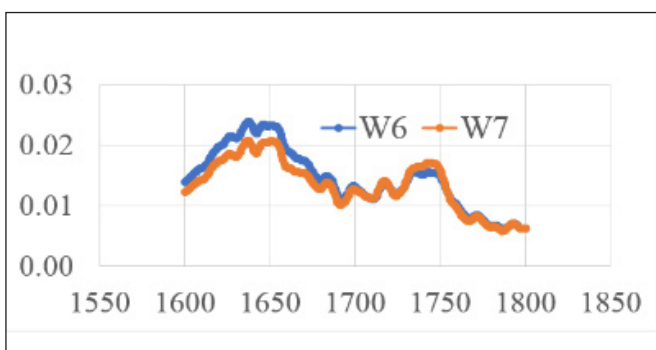
نمودار ۱۴

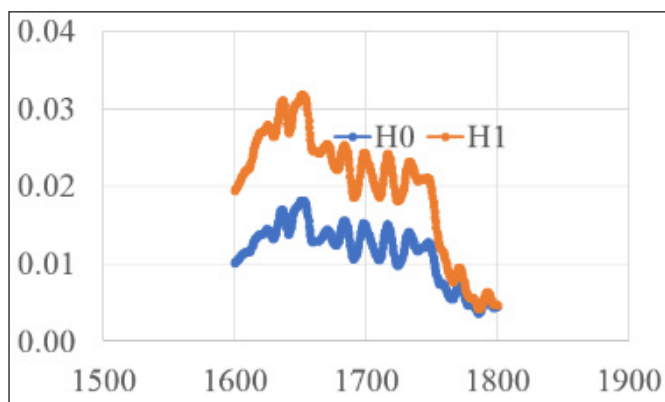
طیف‌های ATR کاغذ واکنش
اسیدزایی شده با نانوهیدروکسید کلسیم
در ایزوپروپانول قبل از پیرسازی و بعد از
پیرسازی



نمودار ۱۵

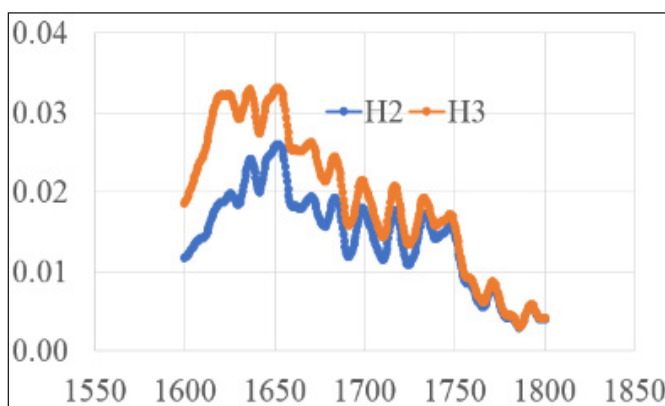
طیف‌های ATR کاغذ واکنش
اسیدزایی شده با هیدروکسید کلسیم
در ایزوپروپانول قبل از پیرسازی و بعد از
پیرسازی





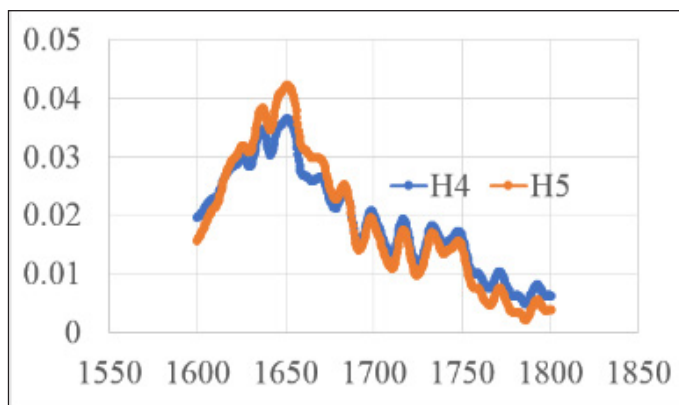
مُودار ۱۶

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی شاهد
قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی



مُودار ۱۷

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی
اسیدزدایی شده با هیدروکسید کلسیم در
آب قبل از پیرسازی و بعد از پیرسازی

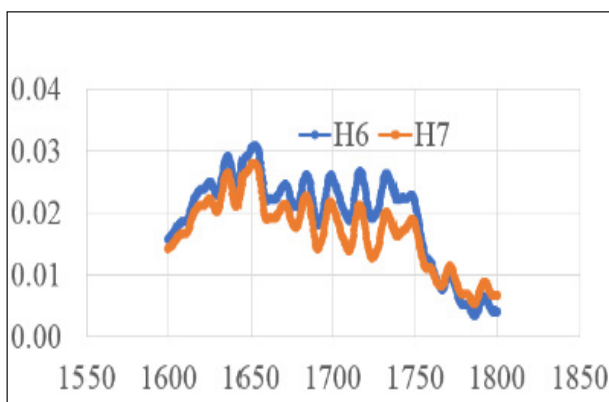


مُودار ۱۸

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی
اسیدزدایی شده با نانو هیدروکسید کلسیم
در ایزوپروپانول قبل از پیرسازی و بعد از
پیرسازی

نمودار ۱۹

طیف‌های ATR کاغذ تاریخی
اسیدزدایی‌شده با هیدروکسید کلسیم
در ایزوپروپانول قبل از پیرسازی و بعد از
پیرسازی



بررسی طیف‌های ATR به دست آمده از نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های شاهد بعد از پیرسازی با سرعت زیادی اکسید و تخریب می‌شوند (نمودارهای ۱۲ و ۱۶). تغییرات طیف در نمونه‌های درمان شده با هیدروکسید کلسیم در آب (نمودارهای ۱۳ و ۱۷) و نمونه‌های درمان شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۴ و ۱۸) و نمونه‌های درمان شده با هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۵ و ۱۹) باعث کندی اکسیداسیون شده است؛ ولی در نمونه‌های درمان شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول (نمودارهای ۱۴ و ۱۸) اکسیداسیون و تخریب کندتری روی داده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول در حفظ اصالت ساختار نمونه‌ها کارا تر و مؤثرتر است.

۶. نتیجه‌گیری

کاغذ، ترکیبی آلی است که با گذر زمان و تماس با عوامل محیطی ممکن است اسیدی شود. حفاظت گران و مرمت گران 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 مقاله حاضر مقایسه مزایا و معایب ۳ اسیدزدا در کاغذهای تاریخی بود.

اسیدیته اثر در روش اسیدزدایی با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول کاهش یافت و بعد از 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 درمان شده با نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول نشان می دهد که میزان اکسایش نسبت به دو دیگر کمتر افزایش یافته است؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که اسیدزدایی با محلول نانوهیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول می تواند تغییرات نامطلوب در مواد، مصالح، رنگ و اکسایش کاغذهای تاریخی را به تأخیر اندازد و در نهایت در حفظ اصالت ساختار، رنگ و شکل کاغذهای تاریخی مناسب تر باشد.

می توان گفت روش اسیدزدایی با نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول نتایج خوب و قابل اعتمادی در کاغذهای تاریخی دارد؛ ولی به دلیل نفوذپذیری زیاد نانوذرات و نبود آگاهی کافی درباره اثرات جانبی و ناخواسته این روش در درازمدت، پیشنهاد می شود تا آثار کاغذی تاریخی درمان شده، در بلندمدت به صورت ادواری پایش شوند تا از خسارات جبران ناپذیر احتمالی جلوگیری به عمل آید.

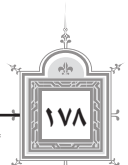
منبع

کتاب

باگیونی، پیرو؛ چلازی، دیوید؛ جورجی، رودریکو. (۲۰۱۵). *فناوری نانو در حفاظت از آثار تاریخی و فرهنگی (مواد و تکنیک ها)*. (مجید درودی و مریم باقرپور، مترجمان). تهران: شورا. مونیوس ویناس، سالوادور. (۱۳۹۶). *مبانی نظری حفاظت و مرمت در دوران معاصر*. (کورس سامانیان، مترجم). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت). یوکیلهتو، یوکا. (۱۳۸۷). *تاریخ حفاظت معماری*. (محمدحسن طالبیان و خشایار بهاری، مترجمان). تهران: روزنه.

مقاله

افشارپور، مریم. (۱۳۹۰). «روش های نوین شیمیایی و فیزیکی حفاظت و مرمت اسناد و کتب خطی در کتابخانه 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 دستورالعمل های متون تاریخی (مطالعه ثبات رنگی در برابر نور)». *علوم و فناوری رنگ*، ۱۳(۳)، صص ۱۶۹-۱۹۰. عبدالعلی زاده، محبوب؛ آزادی بویاغچی، مهرناز؛ محمدی آچاچلویی، محسن. (۱۳۹۶). «بررسی تأثیرات قارچ کش تیوفانات متیل بر ویژگی های 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*، شماره ۴، بهار و تابستان ۱۳۸۷، صص ۷-۲۲.

فدایی‌نژاد، سمیه. (۱۳۹۳). «واکاوای مؤلفه‌های بازشناخت اصالت در حفاظت میراث فرهنگی». نشریه علمی-پژوهشی *(معماری و شهرسازی) هنرهای زیبا*، دوره ۱۹، شماره ۴، صص ۷۷-۸۶.

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

مجموعه مقاله

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

ذوالریاستین، اشکان؛ آقامهرزا مقیم علی‌آبادی، هومن؛ بزرگ‌نیا، بهاره. (۱۳۹۵). «کاربرد نانو مواد در حفاظت و مرمت آثار باستانی و نسخ خطی». *همایش سراسری توسعه پایدار در نانو مواد، نانو ساختار و نانو تکنولوژی*.

https://www.civilica.com/Paper-NANOOCONF01-NANOOCONF01_067.html

نظارتی‌زاده، مژگان؛ نظارتی‌زاده، منصوره؛ صادق‌زاده، نیما. (۱۳۹۴). «اصالت‌گرایی در مداخلات مرمتی». *کنفرانس سالانه تحقیقات در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و محیط زیست پایدار*.

پایان‌نامه

تفضلی، زهره. (۱۳۹۲). «بررسی آسیب‌های موجود در برخی نسخ خطی مرمت‌شده به‌شیوه سنتی متعلق به دوره تیموری موجود در موزه ملک و ارائه طریق مرمت‌های جایگزین». پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، دانشکده 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». پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی فرهنگی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، دانشکده هنر و معماری، گروه مرمت.

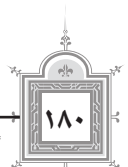


استاندارد

استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶: «کاغذ، مقوا و خمیر کاغذ- شرایط محیطی استاندارد برای مشروط‌سازی و آزمون و روش پایش شرایط محیطی و مشروط‌سازی نمونه‌ها» (ISIRI 106).
استاندارد ملی ایران به شماره ۴۷۰۶: «روش تسریع در کهنه‌شدن کاغذ و مقوا در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۵ درصد» (ISIRI 4706).
استاندارد ملی ایران شماره ۲-۸۲۷۳: «کاغذ و مقوا- تعیین ویژگی‌های کششی، قسمت ۲: روش ازدیاد طول با سرعت ثابت 2-ISIRI 8273» (20 mm/min).

منابع انگلیسی مطالعاتی استفاده شده

- 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.
- Rosler, 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 dōwṛān-e mo'āser*" (Contemporary theory of conservation). Translated by Kouros Samanian. Tehran: Sāzmān-e Motālēh 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). "*Tāriḡ-e hefāzat-e me'māri*" (A history of architectural conservation). Translated by Mohammad Hasan Talebian va Khashayar Bahari. Tehran: Rowzaneh. [In Persian]

Articles

Abdolzadeh, 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). "Jāyghāh-e 'elm va fannāvāri-hā-ye novin (be vižeh fannāvāri-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 Di-anna. (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'ferān dar rangrazi-ye kāqaz bar asās-e dastur-o'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 cel- lulosic 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 Taqīqāt 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-ye Pāydar 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-fannāvāri 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-ye 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). [In Persian]

