A review on the use of calcium hydroxide nanoparticles in deacidification of easel paintings

Mehdi Razani [1*], Mitra Taghizadeh [2]

1. Associate Professor, Faculty of cultural materials conservation, Tabriz Islamic Art University. Iran.

2. M.A student, Restoration of Cultural and Historical Objects, Faculty of cultural materials conservation, Tabriz Islamic Art University. Iran.

Abstract

Historical canvas paintings are subject to many destructions due to their age. Among these damages, environmental pollution such as moisture, light, atmospheric pollution, biological pollution and vandalism can be mentioned. The settling of SO2 and SO3 gases in the air next to the humidity on the paintings causes acidification of the canvas, which in addition to weakening the support of the painting, weakens the connections of the paint to the underlying layer and ultimately results in the deterioration of the work. Therefore, deacidification of painting canvas will be a serious and very effective measure to prevent the destruction of the work. The traditional methods of deacidification, which have been used until today, unfortunately left adverse effects on the work, such as dandruff and weighting of the painting fabric. With the advancement of technology and nanotechnology, new methods have been presented for deacidification of historical works, including cloth, wood and paper. The use of calcium hydroxide nanoparticles makes it possible to spray materials in restoration operations. Due to the small size of nanoparticles and the lack of concentration of solutes on the surface of the effect and the high penetration depth due to the ability of nanoparticles to be absorbed by cotton fibers, it causes the high efficiency of nanoparticles compared to coarse particles. In this article, firstly, the use of calcium hydroxide nanoparticles in deacidification of canvas painting canvas is investigated, then the methods and method of calcium hydroxide nanoparticle production, its stability and lifespan are discussed.

Keywords: Stone, Silane, Siloxane, Hydrophobicity, Consolidation.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 3(3) No.5
December 2020

https://kcr.richt.ir

Pages: 63 to 76

Corresponding Author

Mehdi Razani

Associate Professor, Faculty of cultural materials conservation, Tabriz Islamic Art University. Iran.

Email
m.razani@tabriziau.ac.ir

Copyright © 2020,Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مرروی بر استفاده از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در اسیدزدایی از نقاشی‌های سه‌پایه‌ای

مهدی رازانی[1*]، میترا تقی‌زاده[2]

۱. دانشیار، عضو هیئت‌علمی، گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران.

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. ایران.

چکیده

نقاشی‌های بوم پارچه تاریخی، با توجه به قدمت شان در معرض تخریب‌های بسیاری قرار دارند. از جمله این تخریب‌ها می‌توان به آلودگی‌های محیطی مانند رطوبت، نور، آلودگی‌های جوی و آلودگی‌های بیولوژیکی و وندالیسم اشاره کرد. نشست گازهای SO_2 و SO_3 موجود در هوا بر روی آثار نقاشی در جوار رطوبت، موجب اسیدی شدن کرباس می‌شود که علاوه بر سست شدن تکیه‌گاه نقاشی، موجب تضعیف اتصالات رنگ به لایه زیرین شده و در نهایت زوال اثر را به دنبال خواهد داشت؛ بنابراین اسیدزدایی کرباس نقاشی، اقدامی جدی و بسیار مؤثر در جلوگیری از نابودی اثر خواهد بود. روش‌های سنتی اسیدزدایی که تا به امروز مورداستفاده قرار می‌گرفتند، متأسفانه اثرات سوئی نیز بر روی اثر باقی می‌گذاشت که شوره‌زدگی و سنگین شدن پارچه نقاشی، مواردی از آن‌هاست. با پیشرفت تکنولوژی و نانو فناوری، روش‌های جدیدی جهت اسیدزدایی آثار تاریخی اعم از پارچه، چوب و کاغذ ارائه شده است. استفاده از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم، امکان اسپری کردن مواد را در عملیات مرمت میسر می‌سازد. اندازه ریز نانو ذرات و عدم تراکم املاح در سطح اثر و بالا بودن عمق نفوذ ناشی از قابلیت جذب نانو ذرات توسط الیاف کرباس، باعث کارایی بالای نانو ذرات در مقایسه با ذرات درشت می‌شود. در این مقاله ابتدا استفاده از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در اسیدزدایی کرباس نقاشی بوم پارچه مورد بررسی قرار گرفته، سپس به روش‌ها و نحوه تولید نانوذره هیدروکسید کلسیم، پایداری و طول عمر آن پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: اسیدزدایی کرباس، بوم پارچه، نقاشی سه پایه‌ای، نانو هیدروکسید کلسیم.

فصل‌نامه دانش حفاظت و مرمت

سال سوم، شماره ۳

شماره پیاپی ۵ ، پاییز ۱۳۹۹

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۶۳ تا ۷۶

نویسنده مسئول

مهدی رازانی

دانشیار، عضو هیئت‌علمی، گروه مرمت و باستان‌سنجی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران.

رایانامه

m.razani@tabriziau.ac.ir

مقاله منتخب سیزدهمین همایش دو سالانه حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی – فرهنگی و آرایه های معماری.

دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

مقدمه

برخی از آثار هنری-تاریخی در طول زمان با قرارگیری در معرض آلودگی هوا و شرایط مختلف آب و هوایی به شدت مورد آسیب قرار می‌گیرند. شکنندگی این آثار به‌گونه‌ای است که مرمتگر را در عملیات اسیدزدایی و استحکام‌بخشی دچار مشکل می‌کند؛ بنابراین طراحی روش‌ها و ترکیباتی که بتواند ضمن سرعت‌بخشی به عملیات مرمت، اثرات سوئی در درازمدت بر آثار تاریخی نداشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

هدف از این مقاله، تلاش برای معرفی روشی سبز جهت استفاده در فرایند اسیدزدایی آثار تاریخی و هنری نقاشی سه پایه‌ای روی کرباس[1] با بهره‌گیری از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم است. هیدروکسید کلسیم یک ماده معدنی با فرمول شیمیایی $Ca(OH)_2$ و یکی از موادی است که کاربردهای شیمیایی، صنعتی، پزشکی و ساختمانی گسترده‌ای دارد. از جمله کاربردهای این ماده می‌توان به تصفیه شکر، سفیدکنندگی، تصفیه آب، کنترل آلودگی، حفاظت آثار چوبی در بناهای تاریخی و ایجاد خاصیت ضد باکتریایی هنگام عصب‌کشی در دندانپزشکی اشاره کرد. نانو ذرات هیدروکسید کلسیم با روش‌های گوناگون تهیه می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: سونوشیمی، میکروامولسیون، رسوب در محیط واسطه آلی و رسوب‌دهی (ماموری، ۱۳۹۴).

هیدروکسید کلسیم یا آهک هیدراته یک ماده قلیایی است. این ماده بر خلاف سنگ آهک در طبیعت یافت نمی‌شود و یک ترکیب سنتز شده است. برای تولید آهک هیدراته یا هیدروکسید کلسیم باید چندین مرحله تغییرات شیمیایی صورت پذیرد. پروسه تولید این ماده از طریق حرارت‌دهی به سنگ کربنات کلسیم در درجه حرارتی بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است. این عمل توسط کوره‌های آهک‌پزی انجام می‌شود. هیدروکسید کلسیم پودری سفید رنگ است، در آب غیر قابل حل بوده، ته نشین می‌شود و محلول قلیایی با pH در حدود ۱۲ ایجاد می‌کند که آب آهک نام دارد. هیدروکسید کلسیم جاذب گاز دی اکسید کربن هوا است و به کربنات کلسیم که ماده اولیه در تولید آهک است تبدیل می‌شود. با توجه به اهمیت عوامل ذاتی، ساختاری و محیطی تأثیرگذار در اسیدیته کرباس نقاشی و تأثیرات منفی استفاده از هیدروکسید کلسیم بر روی کرباس نقاشی مانند شوره گذاری و سنگین شدن وزن کرباس پس از عمل اسیدزدایی، در این مقاله عوامل مذکور مطرح می‌شوند و روش‌های اسیدزدایی کرباس و فناوری‌های نوین نانو مواد در اسیدزدایی کرباس نقاشی موردبحث قرار می‌گیرند. همچنین مهم‌ترین مواد و نمونه‌های موردی در این زمینه بیان می‌گردد. این مقاله از طریق مطالعات کتابخانه‌ای در منابع مرتبط به گردآوری مطالب و روش‌های پیشنهادی در زمینه اسیدزدایی نقاشی‌های بوم پارچه و ارائه راهکارهای مناسب و کاربردی برای حفاظت و مرمت آن‌ها بر پایه استفاده از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم می‌پردازد.

آسیب‌های بوم نقاشی

مرمت آثار نقاشی بسیار حساس و حائز اهمیت است. قبل از انجام هرگونه مداخله مرمتی در اثر، ابتدا باید نوع آسیب وارده را شناخت و بررسی کرد و سپس راهکار درمانی ارائه نمود. در زیر به برخی از آسیب‌های شاخص بوم نقاشی اشاره شده است.

۱. تغییر رنگ و شکنندگی ورنی تابلوها بیشتر زمانی اتفاق می‌افتد که در معرض نور مستقیم باشد، در این صورت ورنی تیره شده و به زردی می‌گراید. این موضوع باعث می‌شود که رنگ‌های اثر شفافیت خود را از دست داده و رنگ اصلی خود را نشان ندهند که در این صورت زیبایی اثر نمایان نخواهد بود.

۲. سایش[2]، از دست رفتن بست و گاهی بستر است که در اثر ساییدن و مالش ایجاد می‌شود. بین لایه‌های در تماس قرار گرفته، اکسیداسیون اتفاق می‌افتد که این مسئله موجب جدا شدن رنگ در سطوح گسترده می‌شود و با کوچک‌ترین حرکت تابلو، رنگ از بستر جدا شده و می‌ریزد.

۳. پارگی در کرباس در نتیجه تنش و کشش فیزیکی اتفاق می‌افتد. این کار یا به‌صورت اتفاقی در اثر برخورد با اشیاء نوک تیز و یا توسط هنر ستیزان و به‌صورت عمدی صورت می‌گیرد (شکل ۱ ج).

۴. سفیدک [۳] یا شوره عبارت است از نقاط یا قسمت‌های شیری رنگ در لایه رنگ یا ورنی که باعث تفرق نور از سطح نقاشی می‌شود و در نتیجه رطوبت محیط اتفاق می‌افتد.

۵. ضعف ساختاری رنگ وقتی بروز پیدا می‌کند که لایه رنگ دچار ضعف در چسبندگی به لایه‌های زیرین (در اثر ترک‌ها و گسستگی‌ها شده باشد) و در اثر کوچک‌ترین فشار مکانیکی از اثر جدا شود. در این وضعیت کرباس نقاشی (لایه بستر) در اثر جذب رطوبت اسیدی شده و به راحتی سست و تخریب می‌شود (شکل ۱ ز).

۶. آلودگی‌های بیرونی نظیر گردوغبار به‌آسانی می‌توانند از طریق در و پنجره‌ها به داخل وارد شوند. پسمانده‌های صنعتی که فرسایش و تحلیل پیامد آن است می‌توانند این آلودگی‌ها را ایجاد کنند. ذرات آلاینده موجود در هوا مثل گوگرد و مشتقات آنکه حاصل احتراق و سوختن اتومبیل‌ها و کارخانه‌های صنعتی است، در ترکیب با رطوبت هوا تبدیل به اسیدهای ضعیفی چون اسید سولفوریک و اسید سولفورو شده و باعث خوردگی در نقاشی‌ها می‌شود. گرد و غبار جاذب رطوبت هستند و گاه ذرات آهن موجود در آن‌ها می‌توانند باعث ایجاد واکنش‌های شیمیایی خاص در آثار هنری شود.

۷. میکروارگانیسم‌ها از عوامل مهم آسیب‌رسان به نقاشی‌ها هستند. ژلاتین و آهار موجود در کرباس نقاشی و مواد آلی موجود در بست نقاشی‌ها، سبب حمله میکروارگانیسم‌ها و باعث پودر شدن بستر و جدایی لایه‌های رنگ از آن می‌شود.

۸. در بوم‌های نقاشی که در آن‌ها از چسب چوب برای زیرسازی استفاده شده است به مرور زمان آسیب‌هایی دیده می‌شود. چسب چوب از مواد آلی تهیه شده و بر پایه پلی وینیل استات است که به آن خاصیت ارتجاعی و انعطاف‌پذیری می‌دهد. اغلب چسب چوب‌ها در دمای بالا و گرما مقاومت و کارایی خود را از دست می‌دهند و ترک می‌خورند. به‌علاوه انواع میکروارگانیسم‌ها مانند قارچ، جلبک، مخمرها، گلسنگ‌ها و باکتری‌ها می‌توانند پلی وینیل استات را تجزیه و تخریب کنند. انجماد نیز باعث از بین رفتن پلیمر پلی وینیل استات می‌شود. در زیر تصاویر آسیب‌های مختلف نقاشی آورده شده است (شکل ۱).

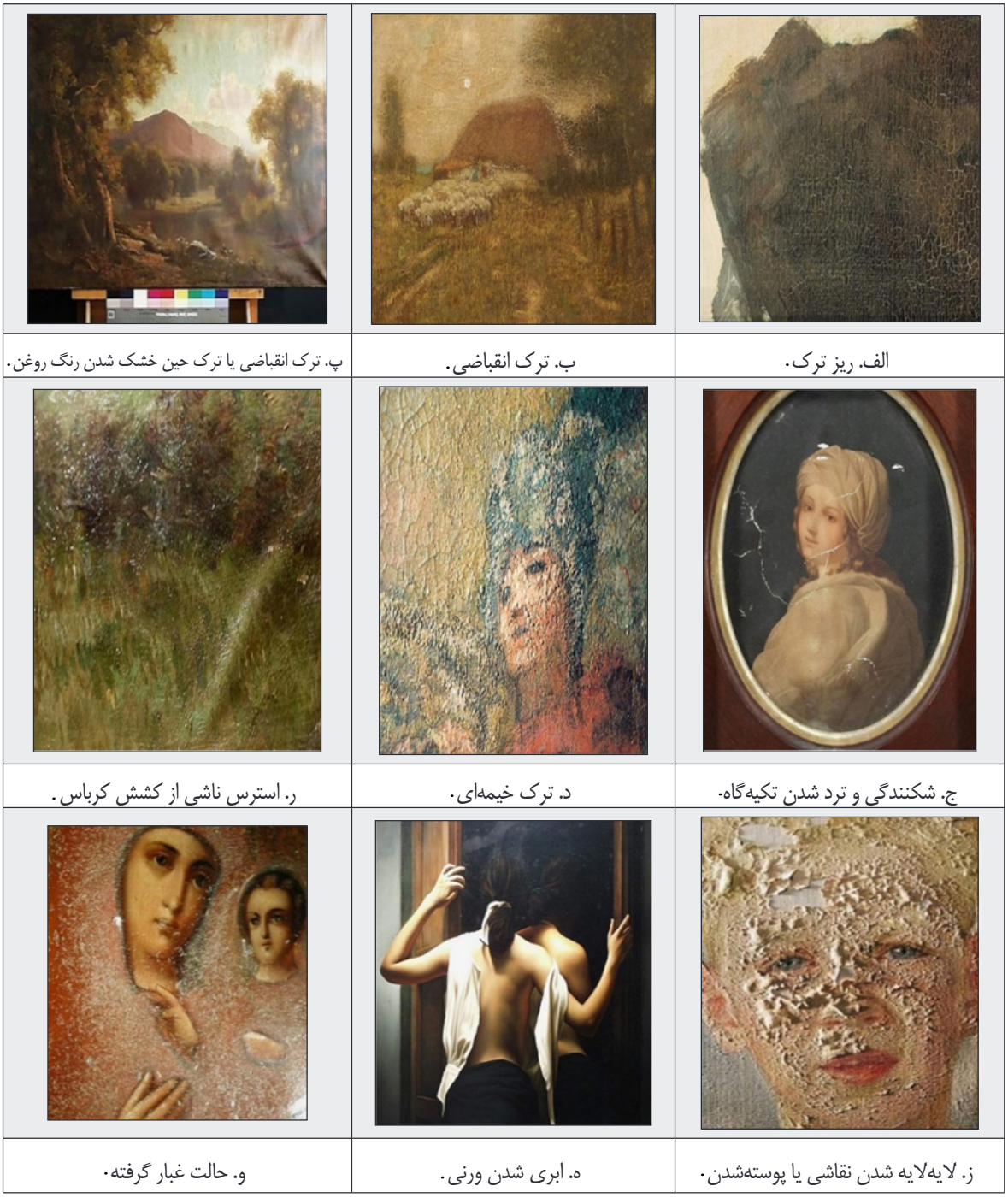
www.Art.conservation.org .

۹. اسیدی شدن [۴] : کرباس یا همان پارچه تکیه‌گاه نقاشی: سلولز موجود در ساختار کرباس، در اثر مرور زمان و شرایط محیطی از جمله آلودگی‌های جوی با تشکیل اسیدهای ضعیف از جمله اسید سولفورو و سولفوریک باعث بالا رفتن میزان اسیدیته کرباس و از بین رفتن خاصیت ارتجاعی و استحکام آن شده و زوال آن را سبب می‌شود.

۱۰. ترک‌های پیری و انقباضی که در نتیجه تحمل نوسانات شرایط محیطی، فشارهای مکانیکی و دیگر عوامل در طی زمان طولانی بر سطح نقاشی از لایه رنگ تا تکیه‌گاه امتداد می‌یابند. این ترک‌ها و شکاف‌های عموماً ریز به شکل شبکه‌ای با خطوط مستقیم یا منحصراً به‌صورت خطوط منحنی ظاهر می‌شوند (شکل ۱ الف و ب).

۱۱. ابری شدن ورنی [۵]: حالت ابر مانند سطحی در لایه ورنی که غال با به دلیل نفوذ رطوبت به درون آن اتفاق می‌افتد(شکل ۱ ه).

۱۲. خیمه‌ای شدن [۶]: که نوعی آسیب ناشی از برآمدگی سطح در نقاشی است که باعث جدایش رنگ از بستر یا رنگ و بستر از تکیه‌گاه می‌شود (شکل۱د) (رازانی و اسلامی،۱۳۸۶).



الف. ریز ترک. | ب. ترک انقباضی. | پ. ترک انقباضی یا ترک حین خشک شدن رنگ روغن.

ج. شکنندگی و ترد شدن تکیه‌گاه. | د. ترک خیمه‌ای. | ر. استرس ناشی از کشش کرباس.

ز. لایه‌لایه شدن نقاشی یا پوسته‌شدن. | ه. ابری شدن ورنی. | و. حالت غبار گرفته.

شکل ۱. آسیب‌های نقاشی (www.Art.conservation.org).

عوامل مؤثر در میزان اسیدیته کرباس نقاشی‌های سه پایه‌ای

بافت لایه‌های نقاشی در اثر مرور زمان و تنش‌های ایجاد شده در ساختار کرباس و عوامل محیطی آسیب‌زا مثل رطوبت، دما، نور، آلودگی‌ها، هوازدگی و غیره می‌تواند تغییر کند. چون سطح نقاشی و لایه‌های رنگ در معرض مستقیم عوامل بیرونی‌اند، بیشتر در

معـرض واکنـش هسـتند. البتـه به‌دلیـل سـاختار پیوسـته نقـاشی و ارتبـاط بیـن لایه‌هـای مختلـف از سـطح رنـگ گرفتـه تـا تکیـه‌گاه و لایـه بسـتر، فشـارهای خـارجی وارد شـده بـه نقـاشی باعـث تغییـرات در سـایر لایه‌هـای نقـاشی نیـز می‌شـود. به‌خصـوص ترک‌هـای ایجـاد شـده در لایـه رنـگ، انقبـاض و انبسـاط لایـه تکیـه‌گاه در نتیجـه تغییـرات محیـطی، بافـت نقـاشی را دچـار تزلـزل و سسـتی می‌کنـد. در فرایندهـای مرمـت نیـز آثـار نقـاشی تحـت تأثیـر رطوبـت، دمـا، فشـار بـالا و تنش‌هـای ایجـاد شـده بیـن لایه‌هـای مختلـف نقـاشی قـرار می‌گیرنـد و ممکـن اسـت واکنش‌هـای جدیـدی را در نقـاشی ایجـاد کننـد. میـزان اسیدیتـه کربـاس علاوه بـر گذشـت زمـان، بـا قـرار گرفتـن در شـرایط محیـطی نامسـاعد نیـز افزایـش می‌یابـد (بابایی‌لـو، ۱۳۸۴).

عوامل ناشی از هوازدگی و شرایط نگهداری

آلاینده‌هـای اتمسـفر می‌تواننـد منبـع اصـلی اسیدیتـه باشـند. علاوه بـر ایـن یون‌هـای فلـزی خـاص از جملـه Fe^{3+} می‌تواننـد ایـن فراینـد را کاتالیـز کننـد. ایـن مشـکل در اطـراف میخ‌هـای آهـنی کـه نقـاشی بـوم را محکـم می‌کننـد بـا فراینـد پیـری خـود را نشـان می‌دهـد. اکسیداسیـون سـلولز نیـز باعـث تولیـد محصـولات جانـبی اسیـدی می‌شـود. اسیـدزدایی یـک روش درمـانی اسـت کـه هـدف آن مقابلـه بـا محتـوای اسیـدی یـک مـاده سـلولزی اسـت. در ایـن فراینـد تلاش می‌شـود کـه میـزان اسیدیتـه کربـاس نقـاشی را کاهـش داده و بـه سـمت قلیـایی پیـش ببرنـد تـا از زوال و تخریـب بیشـتر کربـاس جلوگیـری شـود (Ryder,1986). هیدرولیـز سـلولز در حضـور رطوبت و آلودگی‌هـای جـوی ماننـد گازهـای SO_2 و SO_3 و تولیـد اسیـد سـولفوریک (H_2SO_4) و اسیـد سـولفورو (H_2SO_3)، منجـر بـه شکسـته شـدن زنجیره‌هـای دی سـاکاریدی سـلولز و تبدیـل آن بـه مولکول‌هـای گلوکـز می‌شـود. در زیـر فرمـول هیدرولیـز سـلولز آورده شـده اسـت.

$$C_6H_{10}O_5)n \xrightarrow{(OH)^-} C_6H_{12}O_6).$$

عوامـل نـاشی از روش‌هـای مرمت، نگهـداری و مواد مـورد اسـتفاده

اسـتفاده از سوسـپانسیون نانو مـواد در ایزوپروپانـول در زمینه حفاظـت آثـار بسیـار موفـق عمـل کـرده اسـت. منتهـا باید دقـت کـرد کـه اسـتفاده از مـواد نانـو سـاختار چـه تأثیـری بـر روی رنگ‌دانه‌هـای آثـار نقـاشی می‌گذارنـد و آیـا باعـث تثبیـت رنگ‌دانه‌هـا می‌شـوند. در بیشـتر مواقـع از پلیمـر پارالوئیـد B72 بـرای تثبیـت آثـار در مراحـل پایـانی مرمـت اسـتفاده می‌شـود. ایـن پلیمـر حداقـل بعـد از ۲۰ سـال زرد می‌شـود. بـه منظـور جلوگیـری از ایـن آسیـب، اسـتفاده از نانـوذره هیدروکسیـد کلسیـم در پروپانـول باعـث تفـاوت بصـری قسـمت‌های زرد رنـگ شـده در مقایسـه بـا رنگ‌هـای درمـان نشـده، می‌شـود. همچنیـن از نانـو سیلیـس و نانـو هیدروکسیـد کلسیـم می‌تـوان به‌عنـوان پرکننـده در نقاشی‌هـای دیـواری اسـتفاده کـرد. بـا ایـن عمـل اسـتحکام مدل‌هـای تیمـار شـده افزایـش می‌یابـد (Salama et al., 2018). درمـان اسیـدزدایی کربـاس بایـد در پشـت بـوم اعمـال شـود. محصـولات اسیـدزدایی قطـبی و غیـر قطـبی در ایـن زمینه اسـتفاده می‌شـوند، از جملـه ذرات میکرومتـری کربنـات کلسیـم یـا اکسیـد منیزیـم کـه در آب یـا الـکل (پنتـان) پراکنـده می‌شـوند. همچنیـن اجـزای قطـبی هیدروکـسی اتیـل متیـل سـلولز و سـلولز نانـو بلـوره‌ای کـه پلیمرهـای زیسـتی مشـتق شـده از مـواد خـام تجدیـد پذیـر هسـتند، بـرای ایـن منظـور بـه کار می‌رود. اسـتفاده از ایـن محصـولات بـر روی بوم‌هـای نقـاشی افزایـش pH آن‌هـا را بـه دنبـال داشـت و ذخیـره قلیـایی خـوبی را بعـد از تیمـار بـر روی بـوم نشـان داد. همچنیـن درمـان بایـد پایـداری بـالایی داشـته باشـد و کمتریـن وزن اضـافی ممکـن بـر روی بـوم اعمـال شـود. محصـولات و انتخـاب درمـان مناسـب بسـتگی بـه ماهیـت و نـوع نقاشی دارد (Rota et al.,021).

روش‌های اسیدزدایی کرباس

بیشـتر تکیه‌گاه‌هـای نقـاشی از جنـس کربـاس، در اثـر مـرور زمـان و شـرایط محیـطی پیرامـون خـود اسیـدی می‌شـوند کـه همـان تخریـب سـلولز موجـود در الیـاف پارچـه اسـت و باعـث از بیـن رفتـن خاصیـت ارتجـاعی تکیـه‌گاه نقـاشی می‌شـود، در صـورت شـدید بـودن ایـن آسیـب، تکیـه‌گاه توانـایی نگهـداری لایه‌هـای نقـاشی روی خـود را از دسـت می‌دهـد؛ بنابرایـن در مرمـت آثـار نقـاشی، اسیـدزدایی کربـاس نقـش اسـاسی در پایـداری اثـر ایفـا می‌کنـد. در شـکل۲ بـه چنـد مـورد از روش‌هـای سـنتی و

شکل ۲. دیاگرام روش‌های اسیدزدایی.

مدرن در این زمینه اشاره شده است (شکل ۲).

پارچه‌های سلولزی مانند کتان، کنف و پنبه که توسط هنرمندان به‌عنوان تکیه‌گاه نقاشی استفاده می‌شوند به مرور زمان تحت تأثیر آلاینده‌های اتمسفر که عامل اصلی اسیدیته پارچه و کاغذ با منشأ سلولزی هستند، قرار گرفته و در جوار رطوبت موجود در محیط، تولید اسید سولفوریک می‌نمایند که منجر به تخریب اثر می‌شود. این تخریب ممکن است باعث تغییر رنگ بوم و کاهش استحکام کششی آن شود که باعث از دست رفتن خاصیت ارتجاعی تکیه‌گاه نقاشی (کرباس) می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴) (www.fineart-restoration.co.uk). گاه این آسیب در تابلو به حدی شدید است که تکیه‌گاه توانایی نگهداری لایه‌های نقاشی روی خود را ندارد. علاوه بر عوامل خارجی، اکسیداسیون سلولز نیز به مرور زمان (با ترکیب سلولز و اکسیژن هوا) باعث تولید محصولات اسیدی می‌شود که زوال بیشتر اثر را موجب می‌شود. همین‌طور سلولز با جذب امواج الکترومغناطیس باعث ایجاد واکنش‌های فتوشیمیایی می‌شود که در نهایت موجب تجزیه سلولز شده و میزان اسیدیته کرباس را افزایش می‌دهد (Ryder, 1986).

شکل ۳. اسیدی شدن کرباس نقاشی، (www.fineart-restoration.co.uk).

شکل ۴. اسیدی شدن کرباس نقاشی، (www.fineart-restoration.co.uk).

به دلیل خاصیت کتان و ترکیب اصلی آن (سلولز) تخریب آن توسط نور شدید، آلودگی هوا، اکسیداسیون، نوسان‌های رطوبت و دمای بالا انجام می‌گیرد. همین‌طور انواع شرایط نمایش احتمالی اثر در یک موزه، بر فرایند زوال آن تأثیرگذار است. در این تحقیق به مدت ۲۴ سال آزمایش‌های پیری طبیعی در گالری تیت بر روی بوم‌های کتان انجام شد و اهمیت نسبی شرایط موزه در فرایند پیری از لحاظ استحکام کششی، اسیدیته، بازتابش و محتوای گوگرد مورد آزمایش قرار گرفت. نکته قابل توجه در میان یافته‌ها این بود که محصور کردن بوم در ظروف مهر و موم شده، محافظت قابل توجهی در برابر خرابی ایجاد کرده بود (Hedley 1982).

در سال ۱۹۸۳.م پیرو باگلیونی و همکاران، در پروژه اسیدزدایی یک کتان تخریب شده، خصوصیات پارچه‌های کتانی (کرباس نقاشی) که به طور طبیعی یا مصنوعی پیر شده بودند را، برای ارزیابی پتانسیل چندین روش درمان اسیدزدایی با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های کاربرد نشان داد روش غوطه‌وری عوامل آبی و روش اسپری عوامل غیر آبی محافظت بهتری را در طول پیری تسریع شده فراهم می‌کند. علاوه بر این تغییر رنگ، تضعیف، شکنندگی و پودری شدن الیاف سلولزی کتان در فرایند پیرسازی و اسیدی شدن، شبیه به پیرسازی و اسیدی شدن کاغذ است. می‌توان گفت که عوامل اسیدزدای موفق در حفاظت کاغذ، برای کاهش میزان زوال منسوجات حاوی الیاف سلولزی نیز توانمند و موفق عمل می‌کند. منسوجات کتانی و همین‌طور نقاشی‌های با بوم کتانی می‌توانند از این روش اسیدزدایی بهره‌مند شوند (Peacock 1983).

درمان هیدرولیز اسیدیک اثر هنری ترکیبی در مقیاس بزرگ که توسط هنرمند سورئالیست، روبرتو سباستین ماتا خلق شده است، با مقایسه بین روش‌های سنتی و نوآورانه اسیدزدایی در مورد حفاظت از یک اثر هنری معاصر صورت گرفته است. این اثر هنری شامل سه پانل (یک مرکزی و دو تا جانبی) است که در سال ۱۹۷۴ میلادی با پاستیل‌هایی روی کاغذ شفاف چسبانده شده روی بوم، به‌عنوان تکیه‌گاه ثانویه ایجاد شده است. پس از مطالعه کامل فن اجرا و وضعیت حفاظت از اثر هنری، مسئله هیدرولیز اسید قوی هر دو پایه کاغذ و بوم مطرح شد. مداخله روی درمان‌های اسیدزدایی با مقایسه مواد سنتی مانند پروپیونات کلسیم در محلول الکلی یا روش‌های نوین مانند نانو هیدروکسید کلسیم در محلول الکلی ایزوپروپیل متمرکز شد. تجزیه هیدرولیز اسیدی به دلیل اندازه اثر هنری و حساسیت به روش‌های آبی، دشوارترین مسئله بود. این مداخله به اتمیزه شدن همگن عامل اسیدزدایی در حلال‌های الکلی منجر می شود که روش ایمن و موثری است(Partenzi et al. 2023).

توسعه درمان‌های جدید و پایدار به روش‌های گوناگون برای تثبیت و حفاظت بوم‌های مدرن و معاصر اخیرا مطرح شده است. در مواردی عوامل اسیدزدا، ذرات میکرومتری کربنات کلسیم یا اکسید منیزیم هستند که در آب یا هپتان پراکنده می‌شوند. به‌طور مثال از اجزای قطبی هیدروکسیل اتیل متیل سلول[8] و سلولز نانو بلوره‌ای استفاده می‌شود که پلیمرهای زیستی مشتق شده از مواد خام تجدید پذیرند. استفاده از این محصولات بر روی بوم نقاشی، تغییرات نوری و جرمی جزئی روی بوم گذاشته است. همین‌طور عوامل اسیدزدا، باعث افزایش pH پس از تیمار شدند (Böhme et al., 2020).

اسیدزدایی در مراحل حفاظت و مرمت آثار تاریخی چوبی، کاغذی و پارچه‌ای بسیار حائز اهمیت است.

امـروزه اسـتفاده از دیسـپرسیون[9] قلیـایی نانـو ذرات هیدروکسیـد کلسیـم در ایـزو پروپانول بـرای اسیـدزدایی آثار تاریـخی چـوبی و کاغـذی و پارچـه‌ای نتایج قابـل توجهی را در پی داشـته اسـت. علـت تفـاوت خـواص مـواد نانومتـری بـا مـواد حجیـم را بایـد بـه انـدازه آن‌هـا نسـبت داد. بـا کوچک‌تـر شـدن انـدازه ذرات، تعـداد اتم‌هـای سـطحی زیـاد می‌شـوند. بسیـاری از ویژگی‌هـای شیمیـایی مـواد نیز بـه سـطح آن‌هـا بسـتگی دارد، بـرای مثـال سـرعت حـل شـدن یـا نفـوذ بـا سـطح ذرات ارتبـاط مسـتقیم دارد. از آنجا کـه کسـر زیـادی از اتم‌هـای ذرات نانومتـری در سـطح قـرار دارنـد ایـن مـواد بیشـتر شـبیه بخـار یـا گاز فعالیـت می‌کننـد تـا مـواد جامـد. سـرعت حـل شـدن ایـن مـواد در محلول‌هـا نیـز بـه مراتـب بیشـتر از ذرات میکرومتـری یـا حجیـم گـزارش شـده اسـت (کیانمهـر، ۱۳۹۳).

اخیـراً چشـم‌اندازهای جدیـدی بـا اسـتفاده از علـم مـواد، علـوم کلوئیـدی و روش‌هـای کاربـردی در حفاظـت بیـان شـده اسـت. جدیدتریـن مشـارکت‌های علـوم کلوئیـدی[10] و مـواد در زمینـه حفاظـت از هنـر کـه عمدتـاً بـر اسـتفاده از سیـالات مبتـنی بـر آمـفی فیـل[11]، ژل‌هـا و پراکندگی‌هـای نانـو ذرات هیدروکسیـد فلـزات قلیـایی خـاکی تمرکـز دارد، بـرای تمیـز کـردن سـطوح تصویـری، اسـتحکام‌بخشی، لایه‌هـای زیریـن نقـاشی، اسیـدزدایی کاغـذ، بـوم و پارچـه ارائـه شـده اسـت. در حفاظـت از نقاشی‌هـای مـات، هـدف، تجزیه‌وتحلیـل خـواص فیزیـکی و نـوری لایه‌هـای رنـگ شـده و انتخـاب بهتریـن مـواد بـرای آن اسـت. بـه دلیـل فوتـو اکسیداسیـون و اکسیداسیـون، لایـه ورنی به‌طـور طبیـعی پیـر می‌شـود و تغییـر رنـگ می‌دهـد. همچنیـن تـرک خـوردگی، عـدم خوانـش و تغییـر ظاهـر بصـری اتفـاق می‌افتـد. بـه‌علاوه روغـن و ورنی ممکـن اسـت اسیـد آزاد کننـد. در نتیجـه اسیدی شـدن و محصولات آن، سـلولز موجـود در بـوم هیدرولیز شـده و خواص مکانیـکی و مقاومت بـوم کاهـش می‌یابنـد. نانـو ذره هیدروکسیـد کلسیـم قابـل اطمینان‌تریـن، بـا دوام‌تریـن و نسـبتاً ارزان‌تریـن سیسـتمی اسـت کـه بـرای هـر دو هـدف تثبیـت و اسیـدزدایی نقـاشی پیشـنهاد می‌شـود (Baglioni et al., 2013).

مـواد حـاوی سـلولز نظیـر کاغـذ، چـوب و پارچـه بـه مـرور زمـان تحـت تأثیـر فرایندهـای هیدرولیـز اسیـدی و اکسیداسیـون قـرار می‌گیرنـد کـه باعـث تخریـب و نابـودی خـواص مکانیـکی و ارتجـاعی مـاده می‌شـود و از طـرفی ماهیـت زیبـایی اثـر را نیـز تحت تأثیر قـرار می‌دهـد. در ۵۰ سـال گذشـته روش‌هـای گوناگـونی بـرای مقابله بـا تخریب سـلولز پیشـنهاد و اعمـال شـده اسـت. درمـان بـا مـواد پایه آبی اشـکالاتی نظیـر متـورم شـدن سـلولز و شسـته شـدن جوهـر را بـه دنبـال داشـته اسـت. نانـو ذرات هیدروکسیـد کلسیـم و هیدروکسیـد منیزیـم در حلال‌هـای مختلـف از جملـه الـکل زنجیـره کوتـاه قابـل اسـتفاده‌اند و می‌تواننـد اسیدیتـه را بـه طـور کامـل خنـثی و از فعالیـت اکسیداتیـو آهـن نیـز جلوگیـری کننـد (Piero Baglioni 2015).

فناوری نانو مواد در اسیدزدایی کرباس

بـا پیشـرفت فنّـاوری روش‌هـای مختلـفی بـرای سـنتز نانـو مـواد ارائـه شـده اسـت. ولی در حالـت کلی تمـامی روش‌هـا در قالـب دو رویکـرد اسـاسی قابـل تعریـف اسـت. رویکـرد بـالا بـه پاییـن و رویکـرد پاییـن بـه بـالا. در رویکـرد بـالا بـه پاییـن بـرای تولیـد نانـو مـواد، یـک مـاده تـوده‌ای را شـکل‌دهی و اصلاح می‌کننـد. روش بـالا بـه پاییـن مسـتلزم کاهـش انـدازه بـه کمتریـن میـزان ممکـن تـا مقیـاس نانومتـری اسـت، ماننـد خـرد کـردن، تراشیـدن، ذوب کـردن و ذره‌ذره کـردن کـه همـگی رویکـرد ذکـر شـده را بیـان می‌کننـد. رویکـرد پاییـن بـه بـالا درسـت عکـس رویکـرد بـالا بـه پاییـن اسـت. در ایـن رویکـرد، محصـول از طریـق کنـار هـم قـرار دادن مـواد سـاده‌تر نظیـر اتم‌هـا، مولکول‌هـا و خوشـه‌ها بـه وجـود می‌آیـد. در حالـت کلی رویکـرد بـالا بـه پاییـن شـامل فرایندهـای فیزیـکی اسـت ولی رویکـرد پاییـن بـه بـالا شـامل سـنتز بـه روش شیمیـایی و فیزیـکی اسـت. روش‌هـای سـاخت بـالا بـه پاییـن مقیاس‌پذیرتـر، به‌صرفه‌تـر و بـا قابلیـت تولیـد صنعـتی هسـتند. درحالی‌کـه روش‌هـای سـاخت پاییـن بـه بـالا، رویکردهـایی بـا قابلیـت کنتـرل بالاتـر و قـادر بـه تولیـد ذرات تـک پراکنـده می‌باشـند بـرای حفـظ دارایی‌هـای میـراث فرهنـگی و انتقـال آن‌هـا بـه نسـل‌های آینـده، اقدامـاتی بایـد صـورت بگیـرد تـا بـا فرایندهـای تخریـب مقابلـه شـود. بـه ایـن منظـور بایـد ضروری‌تریـن مداخله‌هـا کـه شـامل زدودن خـاک و پوشـش‌های قدیـمی اسـت، انجـام پذیـرد. روش‌هـای سـنتی پاک‌سـازی، بـر اسـاس محلول‌هـای کلاسیـک و شیـمی تـر اسـت کـه بـه خاطـر ترکیبـات سـمی هـم بـر روی مرمتگـر و هـم

محیط زیست اثرات منفی دارد. روش‌های جدید هم برای پاک‌سازی و هم اسیدزدایی آثار تاریخی بر پایه استفاده از مواد نانوساختار، هم پایدار و هم مقرون به صرفه هستند و مرمت سبز محسوب می‌شوند. نظیر بهترین سیستم‌های شیمی سبز شامل میکروامولسیون محصور در ژل‌های پلی وینیل الکل دو زنجیره در تمیز کردن شاهکارهایی مانند آثار پابلو پیکاسو و جکسون پولاک که از حلال‌های دارای سمیت کم استفاده شده است (Andrea casini 2023).

با توجه به پیچیدگی‌های آثار هنری، استفاده از فناوری‌های جدید و نانو مواد، راه حل‌ها و فرمول‌های جدید برای موضوع‌های خاص در حفاظت از آثار هنری ارائه شده است. استفاده از فناوری‌های جدید و نانو مواد بر روی آثار هنری همواره چالش برانگیز است. ویژگی پیچیدگی مادی آثار هنری، حفاظت گران را به تطبیق یا توسعه مداوم راه‌حل‌ها و فرمول‌های جدید برای موضوع خاص، نسبت به حفاظت از آثار هنری مورد بررسی سوق می‌دهد. کاربرد مواد نانو ساختار برای درمان‌های حفاظتی، از روش‌های تمیز کردن تا عمل تثبیت و اسیدزدایی ارائه شده است (Serafini and Ciccola 2019).

تثبیت کننده‌های جدید و عوامل اسیدزدای مبتنی بر نانو ذرات مختلف از جمله سیلیس، کربنات کلسیم، اکسید منیزیم، نانوفیبریل‌های سلولز و نانو بلورهای سلولز، در مقایسه با محصولات سنتی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. این محصولات بر روی انواع مختلف بوم‌ها اعمال شده و تغییرات رنگ، براقیت و pH آن‌ها آنالیز شده است. با توجه به ارزیابی مرمتگران در مورد سهولت کاربرد و نتایج بصری نهایی محصولات، زمان خشک شدن، هرگونه تغییر در سفتی، تیره شدن یا سفید شدن ناشی از محصولات بر روی بوم، بهترین محصولات بر پایه کربنات کلسیم، اکسید منیزیم و نانو بلورهای سلولز شناسایی شدند. نانو فیبریل‌های سلولزی نیز قوام دهنده‌های امیدوارکننده‌ای هستند، زیرا با ماهیت شیمیایی بوم‌های نقاشی سازگاری بالایی دارند (Oriola-Folchet al., 2020).

یک مطالعه مقدماتی در مورد کاربرد در رنگ‌آمیزی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم[۱۲] Tio2 برای اهداف خود تمیزکنندگی و حفاظتی بررسی شده است. به این صورت که ابتدا فعالیت فتوکاتالیستی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم به دست آمده با لیزر پالسی با تغییر رنگ ارزیابی شده است. سپس تجزیه و تحلیل اسپکترو فوتومتری با مطالعه روند ضریب بازتاب طیفی و مختصات رنگ انجام گرفته است. به دلیل ساختار پیچیده نقاشی‌های سه پایه‌ای حفاظت از آن‌ها نیز بسیار پیچیده است. یک مرمتگر همیشه برای تمیز کردن سطوح رنگ شده با چالش‌های زیادی مواجه است تا به رنگ‌ها آسیبی نرسد. می‌توان با استفاده از نانو مواد جدید از تجمع کثیفی و گرد و غبار بر روی سطوح نقاشی جلوگیری کرد (Pasquale et al., 2019).

به دلیل ماهیت پیچیده بوم و نیاز به مداخله در چندین مرحله، کولمن در پژوهشی با هدف رویکرد ترکیبی نانو سلولز از ترکیبات نانو ذرات سیلیس تیمار شده با پلی الکترولیت (SNP) و نانو فیبریل‌های سلولز (CNF) برای تثبیت بوم استفاده کرده است. مرمت‌هایی که روی بوم اعمال شد باعث افزایش وزن کل کمتر از ۵ درصد وزنی شد. میکروسکوپ الکترونی روبشی و اندازه گیری‌های فلورسانس میکرو اشعه ایکس برای تعیین توزیع مؤلفه در عمق بوم استفاده شد. CNF یک فیلم در سطح بوم ایجاد کرد که شکل‌پذیری بوم را افزایش داد. SNP به عمق نفوذ کرده و الیاف را تقویت و سفتی بالایی ایجاد کرد. با تغییر نسبت SNP/CNF می‌توان یک تقویت مناسب و متعادل در بوم ایجاد کرد (Kolman et al. 2018).

نانو سلولز اخیراً به‌عنوان یک تقویت‌کننده و تثبیت‌کننده بوم نقاشی مطرح شده است. در مطالعه‌ای که کولمن و همکاران برای تثبیت بوم‌های نقاشی انجام دادند مشخص شد که چگونه نانو سلولزهای مختلف، یعنی نانو فیبریل‌های سلولز جداشده مکانیکی (CNF)، نانو فیبریل‌های سلولز کربوکسی متیله (CCNF) و نانوبلورهای سلولز (CNC) به‌عنوان جایگزین بیولوژیکی برای رزین‌های مصنوعی و سایر مواد سنتی متداول عمل می‌کنند و به دلیل خاصیت ذرات نانو و حجم کم، اضافه وزن نامحسوسی روی بوم نقاشی دارند. در بین ذرات نانو استفاده شده، CCNF بهترین تثبیت را نشان داد و اضافه وزن محسوسی روی

بوم ایجاد نکرد، با این حال در مقایسه با سایر نانو سلولزها، باید با محتوای جامد بسیار کم کار کرد. CNC سنگینی کمتری ایجاد می‌کند اما می‌تواند در سوسپانسیون غلیظ‌تری استفاده شود و پس از تعداد پوشش‌های معادل، قوی‌ترین استحکام را ایجاد کند. همه نانو سلولزها تثبیت بهتری نسبت به پوشش با چسب مصنوعی (BEVA 371) و بوم نشان دادند. در سطوح نقاشی، نانو ذرات نقره در دستیابی به مهار میکروبی (باکتری و قارچ) نتایج بهتری نسبت به نانو ذرات اکسید روی به دست آورد (Nechyporchuk et al., 2018). نانو ذرات هیدروکسید کلسیم برای حفاظت آثار تاریخی و هنری، با فرمول‌های جدیدی برای مسائل حفاظتی خاص طراحی شده‌اند. با استفاده از فلزات حجیم و الکل‌های زنجیره کوتاه، می‌توان پراکندگی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم با غلظت بالا و پایدار را به دست آورد. خصوصیات نانو ذرات با پراکندگی نور دینامیکی، میکروسکوپ الکترونی عبوری و پراش پودر پرتوایکس انجام شده و مشخص شده است که سیستم‌های پراکنده به‌ویژه برای کاربرد بر روی بسترهای متخلخل مناسب هستند. در کاربرد مستقیم این روش، نمونه‌های کاغذ اسیدی و بوم، پس از اسیدزدایی با استفاده از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم پراکنده در الکل‌های زنجیره کوتاه، به طور مصنوعی پیر شده‌اند. درجه پلیمریزاسیون گرانروی سنجی سلولز، دمای تجزیه در اثر حرارت سلولز و pH نمونه‌ها بر اساس پیری و از نظر عملکرد محافظتی ناشی از تیمار مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Poggi et al. 2014).

معرفی مهم‌ترین مواد و نمونه‌های موردی

استفاده از نانو ذرات در مرمت و نگهداری آثار تاریخی جهان کاربرد فراوان یافته است. به‌طور مثال نانو ذرات هیدروکسید کلسیم و کربنات کلسیم و منیزیم برای نگهداری و مرمت نقاشی‌های دیواری و سه‌پایه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که با توجه به روش‌های سنتی، روشی بهتر و پایدارتر است. نانو هیدروکسید کلسیم که برای حفظ مصنوعات مبتنی بر سلولز یا به‌عنوان تثبیت کننده سنگ آهک استفاده می‌شود، اغلب با فرایند کربناسیون آن مرتبط است. استفاده از مواد زائد برای سنتز نانو هیدروکسید کلسیم، کل فرایند را به یک کار مفید و پایدار تبدیل می‌کند. در مطالعه‌ای از نانو ذرات هیدروکسید کلسیم سنتز شده از ضایعات پوسته تخم مرغ از طریق روش بارش استفاده شد. برای این منظور، پوسته‌های تخم مرغ خام برای حذف مواد آلی شسته و در محلول غلیظ اسید کلریدریک حل شده و کلرید کلسیم تشکیل شد. نانو هیدورکسید کلسیم با افزودن محلول سود سوزآور به محیط واکنش به دست آمد. پس از آن رسوب سفید در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت خشک شد. نانو ذرات سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، فلورسانس پرتوایکس (XRF)، پراش اشعه ایکس (XRD)، آنالیز حرارتی (DTA-TG) و گرانولومتری لیزری با استفاده از یک نمونه مقایسه‌ای یک هیدورکسید کلسیم تجاری مشخص شدند. آنالیزهای اندازه گیری ابعاد دانه‌ها نشان داد که اندازه ذرات نانو هیدروکسید کلسیم به‌دست آمده در محدوده ۱۰-۱۵۰ نانومتر است که این نتایج توسط تصاویر SEM نیز تائید می‌شود (Monceaet al., 2020).

در پژوهش تعیین شرایط بهینه سنتز نانو پودر هیدروکسید کلسیم، تأثیر هم‌زمان متغیرهای گوناگون بر سنتز نانو ذرات هیدروکسید کلسیم به روش رسوب‌دهی با استفاده از روش طراحی آزمایش ترکیب مرکزی انجام شد. مواد اولیه مورد استفاده در این روش، شامل نیترات کلسیم و هیدروکسید سدیم بودند و آب و الکل به‌منظور انحلال این دو پودر انتخاب شدند. برای یافتن شرایط بهینه، جهت دستیابی به ذراتی در اندازه نانو، روش طراحی آزمایش ترکیب مرکزی با استفاده از سه متغیر دما، نسبت واکنش دهنده‌ها و درصد الکل در پنج سطح مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از این روش طراحی آزمایش و به کمک نرم افزار Design Expert، جدول مربوط به انجام ۲۰ آزمایش طراحی شد. در این جدول کمینه و بیشینه دما به ترتیب برابر ۲۵ و ۸۵ درجه سانتی‌گراد، کمینه و بیشینه نسبت مواد اولیه به ترتیب برابر ۰/۵ و ۱/۵ و کمینه و بیشینه درصد الکل به ترتیب برابر صفر تا ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. سپس هیدروکسید کلسیم با استفاده از واکنش دو ماده اولیه در محیطی شامل آب و الکل سنتز شد (ماموری ۱۳۹۴).

نانـو فنّـاوری منجـر بـه پیشـرفت قابـل توجـهی در معمـاری، هنـر، باستان‌شـناسی و حفاظـت از میـراث مـوزه‌ای و کاهـش تأثیـرات عوامـل زوال (از جملـه: آب‌وهوا، آلودگی‌هـا یـا اقدامـات بیولوژیـکی) شـده اسـت. تیمارهـای فعـلی بـا اسـتفاده از نانـو مـواد ازجملـه اسـتحکام‌بخش‌ها، آفت‌کش‌هـا، حفاظـت کننده‌هـای آب‌گریـز، بهبـود دهنده‌هـای مقاومـت مکانیـکی، بازدارنده‌هـای آتش‌سـوزی و نانـو کامپوزیت‌هـای چنـدکاره در دسـت بـررسی هسـتند. متأسـفانه نانـو مـواد می‌تواننـد بـر سلامت انسـان و حیوانـات تأثیـر بگذارنـد و محیـط را تغییـر دهنـد؛ بنابرایـن هـدف، افزایـش آگاهی در مـورد خطرات و سـمیت ایـن مـواد در حیـن جابجـایی و قـرار گرفتـن در معـرض آن بـرای همـه کسـانی اسـت کـه بـه طـور مسـتقیم یـا غیـر مسـتقیم در فرایندهـای حفاظـتی درگیـر هسـتند. بـه طـور مثـال، خطـراتی کـه در حیـن سـم‌پاشی، مراحل غوطـه‌وری و همچنیـن دوره‌هـایی کـه نیـاز بـه بـرش، پرداخت یـا تمیز کـردن دارنـد و یـا در درمـان سـطحی ماننـد درمان‌هـای لیـزری و سـایر مـوادی کـه احتمـال انتشـار زیـاد نانـو ذرات بـه محیطزیسـت وجـود دارد، بایـد بـا پیشـگیری و ایجـاد اسـتانداردهای لازم و عمـلی و کنتـرل دوز هـر نانـو مـاده در زمینه‌هـای تحقیقـاتی مختلـف، اقدامـات لازم بـه عمـل آیـد و آخریـن امکانـات و تجهیـزات در زمینـه حفاظـت فـردی بـه کارگرفتـه شـود تـا کمتریـن میـزان آسیـب بـه افـراد و آلـودگی محیـط زیسـت را سـبب شـود (Gomez-Villalba et al., 2023).

اسیـدزدایی کربـاس فراینـدی اسـاسی بـرای حفاظـت و احیـای نقـاشی در میـراث فرهنـگی اسـت. فناوری‌هـای نانـو بـرای تولیـد پراکندگی‌هـای پایـدار جنبـشی ذرات هیدروکسیـد کلسیـم در محیـط الـکلی از مؤثرتریـن روش‌هـای اسیـدزدایی قـرن حاضـر اسـت. ذرات هیدروکسیـد کلسیـم پـس از رسـوب بـر روی الیـاف بـوم، آن‌هـا را اسیـدزدایی کـرده و بـا دی اکسیـد کربـن هـوا واکنـش داده و یـک ذخیـره کربنـات کلسیـم قلیـایی بـر روی آن تشـکیل می‌دهـد. ایـن فراینـد امـکان کنتـرل طـولانی مـدت pH کربـاس را بـا اسیـدزدایی بـالا فراهـم می‌کنـد. ایـن روش بـه دلیـل ارزان بـودن و همچنیـن پـاک بـودن از لحـاظ زیسـت محیـطی می‌توانـد بـه کار بـرده شـود (Giorgi et al., 2002).

علـم حفاظـت می‌توانـد از پس‌زمینـه مفهـومی و روش‌شـناختی به‌دسـت آمـده از علـوم نانـو بـرای پاک‌سـازی، اسـتحکام‌بخشی و اسیـدزدایی بهـره ببـرد. مرمـت آثـار فرهنـگی فرسـوده بـا مـواد مناسـب در سراسـر جهـان بسیـار چالش‌برانگیـز بـوده اسـت. در ایـن زمینـه هیدروکسیـد کلسیـم $Ca(OH)_2$ به‌عنـوان یـک نانـو مـاده معـدنی امیـدوار کننـده، بـه دلیـل سـازگاری عـالی و مقاومـت در برابـر پیـری در مقایسـه بـا سـایر مـواد آلی، در زمینـه علـم میـراث بـرای دو دهـه مـورد بـررسی قـرار گرفتـه اسـت. در حـال حاضـر مـواد آلی متـداول مـورد اسـتفاده بـر اسـاس مـواد هیبریـدی اصلاح شـده مبتـنی بـر سیلیکـون هسـتند کـه در حفاظـت و مرمـت نقـاشی، سـنگ و کاغـذ اسـتفاده می‌شـود. بـا ایـن وجـود مـواد آلی معایـبی دارنـد از جملـه بـا افزایـش زمـان، رنـگ زردی پیدا می‌کننـد و خـواص مکانیـکی خـود را از دسـت می‌دهنـد. همچنیـن نفوذپذیـری بخـار آب آثـار تحـت درمـان را تغییـر می‌دهنـد و باعـث ایجـاد اسـترس فیزیکی–مکانیـکی می‌شـوند کـه می‌توانـد سـبب از دسـت دادن مواد و انسـجام آن‌هـا شـود. از لحـاظ سـازگاری زیبایی‌شـناسی چنـدان مناسـب نبـوده و می‌تواننـد اثـرات مضـر در طـولانی مـدت ایجـاد کننـد. بـرای رسیـدگی بـه ایـن مشـکلات و توسـعه مـواد جدیـد، مـواد معـدنی بـا پایـداری رضایت‌بخـش، سـازگاری و اثـرات محـدود، توسـط سـازمان جهـانی حفاظـت از میـراث فرهنـگی پیشـنهاد شـده اسـت. تـا بـه امـروز نانـو هیدروکسیـد کلسیـم، نانـو هیدروکسیـد باریـم، نانـو هیدروکسیـد منیزیـم و نانـو هیدروکسیـد اسـترانسیوم توسـعه یافته‌انـد و نتایـج بهبـود یافتـه‌ای در تثبیـت و بازسـازی اشیـاء میـراث فرهنـگی بـه دسـت آمـده اسـت. بـه طـور مثـال نانـو هیدروکسیـد کلسیـم در مقایسـه بـا هیدروکسیـد کلسیـم تجـاری، دارای سـطح ویـژه بزرگ‌تـر، واکنش‌پذیـری بالاتـر بـا CO_2 و خـواص قلیـایی بالاتـری اسـت کـه فراینـد کربناسیـون سـریع را تضمیـن می‌کنـد و می‌توانـد اسیدهـا را خنـثی کنـد، در نتیجـه منجـر بـه حفـظ مؤثـر آثـار میـراث فرهنـگی می‌شـود. ایـن مقالـه یـک روش کامـل بـرای بـه دسـت آوردن نانـو ذرات کلسیـم بسیـار خالـص پیشـنهاد می‌کنـد. بـه ایـن ترتیـب کـه سـنتز در اتمسـفر N_2 و کنتـرل دمـا و افـزودن معرف‌هـا بـا اسـتفاده از روش بـارش انجـام می‌شـود. فـاز مایـع به‌صـورت متـوالی بـا اسـتفاده از تعـدادی روش تحلیـلی

مـورد تجزیه‌وتحلیـل قـرار می‌گیـرد، در حـالی کـه فـاز جامـد (نانـو ذرات) توسـط XRD و TGA-MS بـررسی می‌شـود (Giorgi et al. 2010)

نتیجه‌گیری

بـا تکیـه بـر اطلاعـات حاصـل از مطالعـات کتابخانـه‌ای از سـال ۱۹۸۲ تـا سـال ۲۰۲۳ م. می‌تـوان گفـت کـه بهتریـن و مقـرون به‌صرفه‌تریـن نـوع تولیـد نانـو ذرات، بـه روش بـالا بـه پاییـن یـا همـان آسیـاب کـردن و خـرد نمـودن ذرات بزرگ‌تـر اسـت؛ بنابرایـن تولیـد نانـوذره هیدروکسیـد کلسیـم به‌منظـور اسیـدزدایی کربـاس در نقاشی‌هـای بـوم پارچـه بـه روش مذکـور علاوه بـر اقتصـادی بـودن، قابلیـت تولیـد انبـوه صنعـتی نیـز دارد. نانـوذره هیدروکسیـد کلسیـم در اسیـدزدایی کربـاس، علاوه بـر اینکـه رسـوب بـر روی پارچـه نمی‌گـذارد، بـه دلیـل ذرات ریـز نانـو، بهتـر و بیشـتر بـه عمـق پارچـه نفـوذ می‌کنـد و اسیدیتـه آن را کاهـش می‌دهـد و ذخیـره قلیـایی مناسـبی بـرای طولانی‌مـدت از خـود بـر جـای می‌گـذارد؛ بنابرایـن بـا ایـن روش می‌تـوان گفـت کـه مـدت زمـان اسـتحکام و پایـداری نقاشی‌هـای بـوم پارچـه در برابـر عوامـل اسیـدزای محیـطی (آلودگی‌هـای هـوا) و همین‌طـور تخریـب ذاتی سـلولز افزایـش می‌یابـد. البتـه چالـش بـزرگی در عـدم کنتـرل کافی در برهمکنـش رنگ‌هـای مختلـف موجـود در نقـاشی بـه نظـر می‌آیـد کـه بایـد در ایـن مقولـه تحقیقـات بیشـتری انجـام پذیـرد.

سپاسگزاری

در اینجـا مراتـب قـدردانی خـود را از دانشـگاه هنـر اسلامی تبریـز و دانشـکده حفاظـت آثـار فرهنـگی به‌واسـطه در اختیـار نهـادن امکانـات مـادی و معنـوی ابـراز می‌دارم.

پی‌نوشت‌ها

۱. کربـاس (Canvas): نـوعی پارچه درشـت بافت و سـنگین اسـت کـه از الیـاف پنبـه، کتـان یـا کنـف بافتـه می‌شـود. از ایـن پارچـه بـرای سـاخت بـوم نقـاشی اسـتفاده می‌شـود.

2. Abrasion.

3. Blanching.

4. Acidification.

5. Bloom.

6. Blister.

7. Tracing Paper.

8. Ethyl Methyl Cellulose.

9. Dispersion. انتشار، پراکندگی

10. Colloid.

11. Amphiphile-Based.

12. Painting of Ti2.

منابع

بابایلـو، ع. ن. (۱۳۸۴). آسیب‌شـناسی بافـت در فرایندهـای حفـظ و مرمـت نقـاشی سـه‌پایه‌ای بـا نـگاهی بـه آثار پیشـگامان نقـاشی معاصـر ایـران. دانشـگاه هنـر اصفهـان پایـان نامـه کارشـناسی ارشـد مرمـت اشیـا فرهنـگی تاریـخی. چـاپ نشـده.

باقری‌نـژاد، م.، و طباطبـایی قمشـه، س. م. (۱۳۹۵). مـروری بـر روش‌هـای سـنتز نانوسـاختارها. پنجمیـن همایـش مـلی تحقیقـات نویـن در شیـمی، مهنـدسی شیـمی و نفـت، ماهشـهر. برگرفتـه از https://civilica.com/doc/696539.

رازانی، م.، و اسلامی، م. (۱۳۸۶). مقدمـه‌ای بـر اصطلاحـات تخصـصی حفاظـت و مرمـت نقـاشی. فصلنامـه مرمـت و پژوهـش،۲(۳). ۷۲-۶۷.

کیانمهـر، م.، واعظی، ر.، و ناظمی‌اشـنی، ق. (۱۳۹۳). اسیدزدایی آثـار چـوبی تاریخی بـا اسـتفاده از نانـو ذرات هیدروکسیـد کلسیم سـنتز شـده بـه روش شیمیـایی. مـواد و فناوری‌هـای پیشـرفته، ۱(۱)۷۹-۷۱.۱.

مامـوری، گ.، موسـوی، ر.، و صـراف، س. (۱۳۹۴). تعییـن شـرایط بهینـه سـنتز نانوپـودر هیدروکسیـد کلسیـم بـه روش رسـوب‌دهی بـا به‌کارگیـری طـراحی آزمایـش ترکیـب مرکـزی (CCD). علـم و مهنـدسی سـرامیک،۲(۴)، ۹۲-۷۹.

Art conservation. (n.d.). Retrieved from www.Art.conservation.org.

Baglioni, P., Chelazzi, D., & Giorgi, R. (2015). Deacidification of paper, canvas, and wood. Springer.

Baglioni, P. Chelazzi, D., Giorgi, R., & Poggi, G. (2013). Colloid and materials science for the conservation of cultural heritage: Cleaning, consolidation, and deacidification. Langmuir, 29 (17), 5110-5122. https://doi.org/10.1021/la304456n.

Böhme, N., Anders, M., Reichelt, T., Schuhmann,

K., Bridarolli, A., & Chevalier, A. (2020). New treatments for canvas consolidation and conservation. Heritage Science, 8, 16. https://doi.org/10.1186/s40494-020-00364-5 .

Casini, A., Chelazzi, D., & Baglioni, P. (2023). Advanced methodologies for the cleaning of works of art. Science China Technological Sciences.

Giorgi, R., Baglioni, M., Berti, D., & Baglioni, P. (2010). New methodologies for the conservation of cultural heritage: Micellar solutions, microemulsions, and hydroxide nanoparticles. Accounts of Chemical Research, 43 (6), 695-704. https://doi.org/10.1021/ar900193h .

Giorgi, R., Dei, L., Ceccato, M., Schettino, C., & Baglioni, P. (2002). Nanotechnologies for conservation of cultural heritage: Paper and canvas deacidification. Langmuir, 18 (21), 8198-8203. https://doi.org/10.1021/la025964d .

Gomez-Villalba, L. S., Salcines, C., & Fort, R. (2023). Application of inorganic nanomaterials in cultural heritage conservation, risk of toxicity, and preventive measures. Nanomaterials, 13 (9), 1454. https://doi.org/10.3390/nano13091454 .

Hackney, S. J., & Hedley, G. A. (1982). The deterioration of linen canvas: Accelerated aging tests to investigate the modes of deterioration and to assess retarding treatments. Studies in Conservation, 27 (sup1), 151-153. https://doi.org/10.1179/sic.1982.27.s1.031 .

Kolman, K., Nechyporchuk, O., Persson, M., Holmberg, K., & Bordes, R. (2018). Combined nanocellulose/nanosilica approach for multiscale consolidation of painting canvases. ACS Applied Nano Materials, 1 (5), 2036-2040. https://doi.org/10.1021/acsanm.8b00262 .

Moncea, M.-A., Deák, G., Panait, A.-M., Baraitaru, A. G., & Dumitru, F.-D. (2020). Handy and sustainable method of nano-Ca(OH)2 synthesis used in conservation and consolidation works. International Journal of Conservation Science, 11 (2), 345-354.

Nechyporchuk, O., Kolman, K., Bridarolli, A., Odlyha, M., Bozec, L., Oriola, M., Campo-Francés, G., Persson, M., Holmberg, K., & Bordes, R. (2018). On the potential of using nanocellulose for consolidation of painting canvases. Carbohydrate Polymers, 194, 161-169. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.020 .

Oriola-Folch, M., Campo-Francés, G., Nualart-Torroja, A., Ruiz-Recasens, C., & Bautista-Morenilla, I. (2020). Novel nanomaterials to stabilise the canvas support of paintings assessed from a conservator's point of view. Heritage Science, 8 (1), 23. https://doi.org/10.1186/s40494-020-00368-1 .

Partenzi, I., Marconi, M., Vinciguerra, V., Pelosi, C., & Fontani, N. (2023). Treatment of acid hydrolysis of a 1900 large-scale composite artwork by the artist Roberto Sebastian Matta: Comparison between traditional and innovative deacidifying methodologies. Heritage, 6 (3), 2650-2663. https://doi.org/10.3390/heritage6030140 .

Pasquale, S., Privitera, V., Miritello, M., Zimbone, M., Politi, G., & Gueli, A. M. (2019). Application of a new photocatalytic nanomaterial obtained by pulse laser ablation for polychrome paintings conservation: A feasibility study. Estudos de Conservação e Restauro, 10, 31-43.

Peacock, E. E. (1983). Deacidification of degraded linen. Studies in Conservation, 28 (1), 8-14. https://doi.org/10.1179/sic.1983.28.1.8 .

Poggi, G., Toccafondi, N., Melita, L. N., Knowles, J. C., Bozec, L., Giorgi, R., & Baglioni, P. (2014). Calcium hydroxide nanoparticles for the conservation of cultural heritage: New formulations for the deacidification of cellulose-based artifacts. Applied Physics A, 114 (3), 685-693. https://doi.org/10.1007/s00339-013-8172-7 .

Restoration. (n.d). Retrieved from fineart-restoration.co.uk .

Rota, E., Bozzi, C., Cremonesi, P., & Lucchini, A. (2021). Study of the best methodology for measuring surface pH of linen canvas. Studies in Conservation, 66 (6), 313-320. https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1852170 .

Ryder, N. (1986). Acidity in canvas painting supports: Deacidification of two 20th century paintings. The Conservator, 10 (1), 31-36. https://doi.org/10.1080/01410096.1986.9995004 .

Salama, K. K., Ali, M. F., & El-Sheikh, S. M. (2018). The different influence of nano materials on pigments. Scientific Culture, 4 (6-3), 1-8.

Serafini, I., & Ciccola, A. (2019). Nanotechnologies and nanomaterials: An overview for cultural heritage. In Nanotechnologies and nanomaterials for diagnostic, conservation, and restoration of cultural heritage (pp. 325-380). Elsevier.