



تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۸/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۴/۱۹

## نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم: بررسی اثر حفاظتی در محفظه‌های نگهداری و نمایش آثار کاغذی

محمد حدادی\*، مریم افشارپور\*\*، عباس عابد اصفهانی\*\*\*

### چکیده

حفاظت و نگهداری از آثار کاغذی در مقابل عوامل آسیب‌رسان امری مهم و ضروری است. از آنجایی که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم خواص منحصر به فردی در مقابله با عوامل آسیب‌رسان از خود نشان داده‌اند، از این نانوذرات به منظور حفاظت و نگهداری چندجانبه از آثار کاغذی بهره گرفته شد. بدین منظور ابتدا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم سنتز و روی سطح شیشه لایه‌نشانی شدند. سپس با استفاده از این شیشه‌های لایه‌نشانی شده، محفظه‌های جهت بررسی اثرات حفاظتی آن در مقابل عوامل آسیب‌رسان مختلف ساخته شد و نتایج حاصل از آزمایشات انجام گرفته روی این نمونه با محفظه ساخته شده از شیشه معمولی به عنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. از کاغذ صافی (واتمن) جهت بررسی اثر حفاظتی در هر دو محفظه استفاده شد. نتایج آزمایش‌های پیرسازی گرمایی، نوری و بیولوژیکی بر نمونه‌های کاغذ نشان دادند که نمونه‌های قرار گرفته در محفظه لایه‌نشانی شده نسبت به محفظه‌های معمولی مقاومت کششی دارند و میزان اکسیداسیون آنها نیز کمتر بود. هم‌چنین در کاغذهای رنگی نیز، میزان رنگ‌پریدگی در برابر نور UV، در نمونه‌های محفظه لایه‌نشانی شده بسیار کمتر از نمونه‌های محفظه معمولی بود. نتایج آزمایش بیولوژیکی نمونه‌های قرار گرفته در این محفظه‌ها نیز نشان از کاهش رشد قارچ در نمونه‌های کاغذ مربوط به محفظه لایه‌نشانی شده داشت. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که محفظه‌های لایه‌نشانی شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم کارایی مناسبی جهت نگهداری آثار تاریخی ساخته شده از کاغذ برای مقابله با آسیب‌های بیولوژیک، نور UV و عوامل محیطی از خود نشان می‌دهند.

**کلیدواژه‌ها:** آثار کاغذی، حفاظت و نگهداری، محفظه نگهداری، نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم.

\* کارشناس ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، کارشناس مرمت سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران (نویسنده مسئول)  
mohammad\_hadadi2004@yahoo.com

\*\* استادیار، هیات علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران.

\*\*\* دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان.

## مقدمه

آثار کاغذی<sup>۱</sup> به دلیل ساختار متشکل از ترکیبات آلی (سلولزی)، نسبت به عوامل محیطی بسیار حساس هستند و در برابر عواملی مانند تابش نور UV، دما و رطوبت، آلودگی هوا، حشرات، قارچ‌ها و ... به راحتی آسیب می‌بینند. لذا حفاظت از آنها امری ضروری است (May et al, 2006: 39؛ لیه‌ناردی و همکاران، ۱۳۷۶: ۷۴) و نگهداری از این آثار ارزشمند نیازمند شرایطی مناسبی است تا بتوان از این آثار برای مدت طولانی حفاظت و نگهداری کرد.

همان‌طور که می‌دانیم، یکی از مهم‌ترین اصول در نگهداری آثار بحث حفاظت پیشگیرانه است که به دلیل منافع بسیار آن مهم‌ترین روش شناخته شده است (Robinson et al, 2000). حفاظت پیشگیرانه به‌عنوان یکی از ارکان مهم موزه‌ها و مجموعه‌ها، روشی مناسب و کارآمد در امر سیاست نگهداری و حفاظت آثار محسوب می‌شود و برقراری چنین شرایطی در حفظ و پایداری آثار بسیار مؤثر است.

در این مقاله، از فناوری نانو در حفاظت و نگهداری آثار هنری کاغذی بهره‌گرفته شده است. نانونذرات دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان ماده‌ای بی‌ضرر و به‌دلیل خواص فوق‌العاده‌ای که از خود نشان داده است، انتخاب شد.

این ماده یکی از مهم‌ترین اکسیدهای فلزی است که به سه شکل کریستالی روتایل<sup>۲</sup>، آاناتاز<sup>۳</sup> و بروکایت<sup>۴</sup> موجود است (Zhu et al, 2005: 6730-6736). اهمیت ساختارهای آاناتاز و روتایل از نظر کاربردی بیش‌تر از ساختار بروکایت است. طیف عبوری و بازتاب ساختارهای آاناتاز و روتایل تفاوت اندکی با هم نشان می‌دهند. کوچک‌تر بودن طول موج جذب فرابنفش در ساختار آاناتاز نسبت به روتایل کاربرد این ساختار را در صنعت به‌مراتب بیش‌تر کرده است (Winkler, 2003: 12-13). رنگ‌هایی که با دی‌اکسید تیتانیوم ساخته می‌شوند، منعکس‌کننده‌های بسیار خوب پرتو مادون قرمز هستند و بنابراین منجمان به‌طور گسترده‌ای از آن استفاده می‌کنند (نجفی‌پور، ۱۳۸۸). هم‌چنین از این ماده برای پوشش‌دهی<sup>۵</sup> منسوجات Xin et al, 2004: 97-100؛ Daoud et al, 2004: 25-29) و نیز به‌عنوان رنگدانه معدنی در ساخت شیشه‌های رنگی، لعاب‌ها و سرامیک‌ها (احمدی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۷: ۹۵-۱۰۱)، حذف آلاینده‌های مختلف هوا و هم‌چنین حذف آلودگی‌های میکروبی آب (Benabbou et al, 2007:)

263-257)، ماده خودتمیزکننده<sup>۶</sup> و خودضدعفونی‌کننده (Xiujian et al, 2006: 112-120)؛ Mellott et al, 2006: 1430-2124؛ Chabas et al, 2008: 1430) استفاده می‌شود. این نانونذرات هم‌چنین در از بین بردن انواع قارچ‌ها و باکتری‌ها مؤثرند (Kuhn et al, 2003: 71-77)؛ Makowski et al, 2001: 19-25). با استفاده از نانونذرات دی‌اکسید تیتانیوم تعداد ذرات در مساحت هر واحد افزایش می‌یابد، بنابراین اثرات ضد قارچ و باکتری حداکثر تأثیر خود را می‌گذارد. نانونذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم زمانی که با قارچ‌ها و باکتری‌ها تماس پیدا می‌کنند، متابولیسم سلولی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به این ترتیب از رشد سلولی، تکثیر و رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری به‌عمل می‌آورد. این چنین است که خاصیت ضد قارچ و باکتری این پوشش‌ها عملکرد خود را نشان می‌دهد (Wong et al, 2006: 1-8). افزودن نانونذرات نقره به فیلم نازک  $TiO_2$  متخلخل می‌تواند خواص ضد باکتری آن را در شرایطی که نور UV نباشد، بالا ببرد (Xiujian et al, 2008: 1424). شیشه‌هایی که با این نانونذرات پوشش داده شوند، مزایای زیر را خواهند داشت: پس زدن آب و روغن از روی سطوح، عدم چسبیدن آلودگی روی سطوح، عدم رسوب گرفتن سطوح، ممانعت از خوردگی شیشه، افزایش استحکام و مقاومت شیشه در برابر خش افتادگی، جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه، افزایش دید از طریق شیشه در شرایط بد آب‌وهوایی، کاهش مقدار عبور اشعه UV از شیشه (نوری، ۱۳۸۷).

کاربرد و کارایی  $TiO_2$  به‌شدت تحت تأثیر ساختار بلوری، شکل و اندازه ذرات آن است (Gao et al, 2004: 1365-1368) و انواع روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای تهیه پوشش این نانونذرات استفاده شده است (Baorang et al, 2002: 184-188؛ Colón et al, 2002: 101-91؛ Sankapal et al, 2006: 702-707).

با توجه به خصوصیات و توانایی‌های ذکرشده، دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان ماده‌ای مؤثر برای حفاظت و نگهداری از آثار کاغذی انتخاب شد. سپس، به‌منظور ایجاد شرایط محیطی بهینه جهت نگهداری آثار کاغذی، از این نانونذرات در ساخت محفظه‌های نمایش و نگهداری آثار استفاده شد. این روش هیچ‌گونه تغییری در ساختار آثار کاغذی ایجاد نکرده و اثرات حفاظتی جالب توجهی را نشان داده است. محفظه‌های شیشه‌ای که با این نانونذرات پوشش داده شده‌اند، مانند محفظه‌های معمولی ظاهری



الکترونی مدل Philips XL30 محصول و دستگاه لایه‌نشانی طلا مدل SCD محصول Bal-Tec استفاده شد). سپس به منظور ساخت محفظه‌ها، شیشه‌های لایه‌نشانی شده را به کمک چسب سیلیکونی (Aquarium Silicone به نام Sista ساخت Henkel آلمان) به یکدیگر چسبانده و محفظه مورد نظر ساخته شد. محفظه دیگری نیز جهت مقایسه با شیشه‌های معمولی تهیه گردید. پس از آماده‌شدن هردو محفظه آزمایش‌های پیرسازی گرمایی، نوری و بیولوژیکی بر نمونه‌های کاغذ قرار گرفته درون آنها انجام گرفت. از کاغذ صافی با مشخصات Whatman-Filter Paper 1 Qualitative به عنوان نمونه‌های کاغذ

مورد استفاده برای انجام آزمایشات در محفظه‌ها استفاده شد. به منظور پیرسازی گرمایی (پیرسازی توسط دما و رطوبت)، نمونه‌های کاغذ مورد آزمایش درون هردو محفظه قرار داده و بین درب محفظه‌ها و خود محفظه‌ها نیز کمی فاصله گذاشته شد تا کاملاً بسته نشوند و هوا و رطوبت بتواند به داخل آنها نفوذ کنند (این فاصله برای هردو محفظه برابر در نظر گرفته شد تا شرایط برای هردو یکسان باشد). سپس این محفظه‌ها در دستگاه Ageing Binder (مدل KBF115) قرار داده شدند. این آزمایش براساس استاندارد ISIRI-4706 (دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۵ درصد) و در آزمایشگاه بسته‌بندی و مواد سلولزی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز آزمایشگاه شیمی سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام شد. پس از گذشت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۱۶۸ و ۲۴۰ ساعت یکی از نمونه‌ها را از هر محفظه خارج کرده و به بررسی تغییرات صورت گرفته بر هر نمونه در زمان سپری شده پرداخته شد. بدین منظور، از نمونه‌ها طیف FTIR Bruker, model Equinox 55 (با دستگاه FTIR Bruker, model Equinox 55 با تفکیک‌پذیری  $4\text{ cm}^{-1}$  و پیمایش  $32\text{ cm}^{-1}$  در محدوده  $4000-400$ ) گرفته شد و نیز میزان مقاومت کششی<sup>۱۰</sup> نمونه‌های پیرسازی شده اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه شد. اندازه‌گیری مقاومت کششی براساس استاندارد ISIRI-8273-2 و توسط دستگاه Tinius olsen مدل H10KS انجام گرفت.

برای بررسی خاصیت ضد قارچی این نانوذرات نیز آزمایش پیرسازی تسریع شده بیولوژیکی با استفاده از قارچ *Aspergillus Flavous* انجام شد. در این آزمایش، قارچ را در دو پلیت محیط کشت جداگانه از Sabouraud- Dextrose - Agar 4%<sup>۱۱</sup> قرار دادند و پس از رشد قارچ بر سطح محیط کشت، پلیت‌های حاوی قارچ را در

شفاف دارند، تغییری از نظر دیداری به وجود نمی‌آورند و به دلیل خواص ویژه این نانوذرات، آثار نگهداری شده در این محفظه‌ها به صورت چندجانبه حفاظت می‌شوند. از این محفظه‌ها نه تنها در سالن‌های نمایش بلکه در مخازن نگهداری آثار نیز می‌توان بهره جست. با توجه به فقدان استانداردهای لازم مانند سیستم تهویه مناسب، ویت‌رین‌های مناسب، نورپردازی مطلوب و شرایط نامساعد مخازن در موزه‌ها، کتابخانه‌ها و مجموعه‌های برخی از کشورها، استفاده از این محفظه‌ها در نگهداری و حفاظت از آثار تاریخی مؤثر واقع می‌شود.

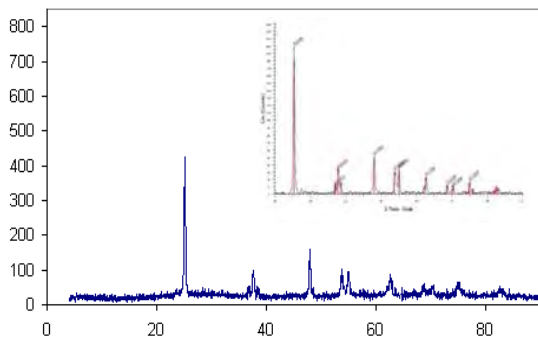
### پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش فناوری نانو، استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل قابلیت‌های مفید، کارآمد و همچنین مؤثر واقع شدن این نانوذرات رو به افزایش است و هر ساله تحقیقات بیش‌تری در ارتباط با خواص و کاربردهای آن صورت می‌گیرد.

در دهه اخیر  $\text{TiO}_2$  به‌طور وسیعی به‌عنوان مواد خودتمیزکننده و خوددفع‌فونی‌کننده برای پوشش بسیاری از لوازم شامل لوازم بهداشتی، لوازم میز غذا، لوازم آشپزی و اقلامی که در بیمارستان‌ها کاربرد دارند، استفاده شده است (Fujishima et al, 1999). شیشه‌های خودتمیزشونده (فتوکاتالیستی + آبدوستی) از سال ۲۰۰۲ در بازار دردسترس بوده‌اند و هر روز نیاز و تقاضای استفاده از آن شیشه‌ها افزایش می‌یابد (نوری، ۱۳۸۷). از شیشه‌های لایه‌نشانی شده با این نانوذرات به دلیل خواص ایجادشده در آنها استفاده‌های متنوعی شده است، به‌طور مثال در شیشه ساختمان‌ها، اتومبیل‌ها و ... اما در مبحث حفاظت و نگهداری آثار تاریخی گزارشی از استفاده از این گونه شیشه‌ها ارائه نشده است.

### روش تحقیق

ابتدا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم براساس مطالعات انجام‌شده توسط محققان (Mansor et al, 2003: 87) به روش سل-ژل<sup>۷</sup> سنتز شد. سل تهیه شده به روش اسپری پیرولیز<sup>۸</sup> و با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد روی زیرلایه<sup>۹</sup> شیشه فلوت با ضخامت ۳ میلی‌متر لایه‌نشانی شد. جهت اثبات وجود اکسید تیتانیوم از نمونه‌های لایه‌نشانی شده و معمولی آنالیز XRD و SEM گرفته شد (بدین منظور از دستگاه XRD مدل Philips PW1800 و میکروسکوپ

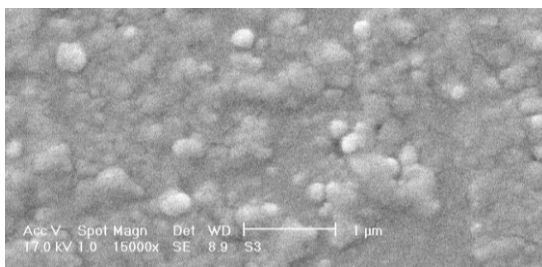
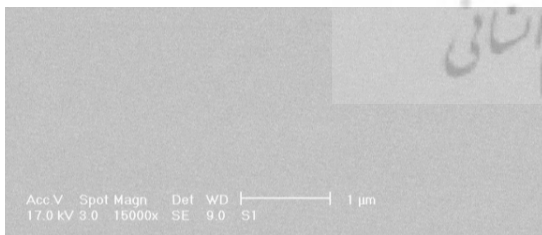


تصویر ۱. الگوی XRD دی‌اکسید تیتانیوم سنتز شده

## نتایج و بحث

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم برای این که بتوانند خواص مورد نظر و خاص ما را در مقابله با عوامل آسیب‌رسان به آثار کاغذی داشته باشند، باید ساختار آناتاز داشته باشند؛ بنابراین، هدف تهیه نانوذراتی با ساختار آناتاز بوده است که با داشتن خواص مورد نظر بتوانند در نگهداری آثار کاغذی مؤثر باشند. تصویر (۱) XRD نمونه دی‌اکسید تیتانیوم سنتز شده به روش سل-ژل را در مقایسه با طیف استاندارد فاز آناتاز (Mansor et al, 2003: 90) نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است، الگوی پراش XRD نمونه سنتز شده با فاز آناتاز دی‌اکسید تیتانیوم مطابقت کامل دارد و وجود فاز آناتاز را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در فاز آناتاز بر سطح شیشه لایه‌نشانی شده‌اند.

تصویر (۲)، SEM شیشه لایه‌نشانی شده را در مقایسه با شیشه معمولی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل پیداست، نانوذرات در اثر فرایند لایه‌نشانی روی این شیشه لایه‌نشانی شده‌اند.



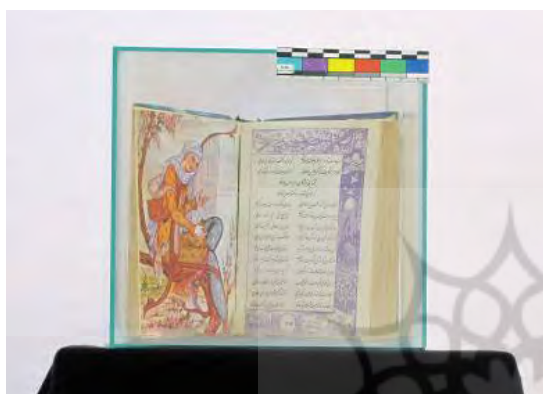
تصویر ۲. SEM شیشه معمولی (بالا)، شیشه لایه‌نشانی شده (پایین)

محفظه‌های مورد نظر قرار دادند و چند قطعه نمونه کاغذ واتمن با اندازه یکسان را در داخل محفظه‌ها و در کنار پلیت‌های قارچ گذاشتند و برای تأمین رطوبت مورد نیاز نیز یک بشر حاوی آب داخل محفظه‌ها قرار دادند. سپس، به‌منظور انتشار هاگ‌های قارچ در محیط و بررسی اثر ضد قارچی محفظه، درب پلیت قارچ را باز کردند و پس از بستن درب هر محفظه، محفظه‌ها در داخل انکوباتور تنظیم‌شده در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد  $\pm 26$  و رطوبت نسبی ۴۰ درصد قرار داده شدند.

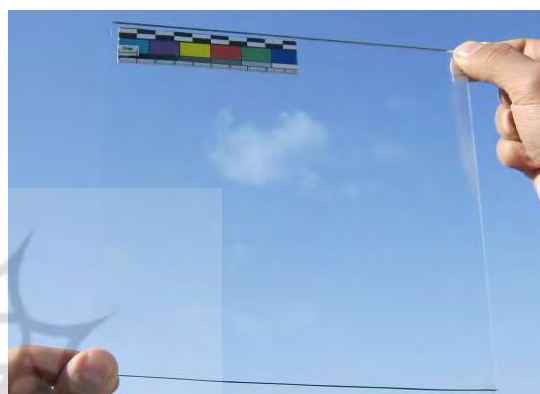
به‌این ترتیب، تأثیرات این قارچ در طول زمان روی نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی و محفظه لایه‌نشانی شده با یکدیگر مقایسه شد.

تعداد قارچ موجود بر نمونه‌های کاغذ، با استفاده از روش رقیق‌سازی تعیین شد؛ بدین‌صورت که هر نمونه به‌ابعاد حدود  $1 \times 1$  سانتی‌متر برش داده شد و در رقیق‌کننده پپتون و توئین ۸۰ غوطه‌ور شد. با استفاده از همین رقیق‌کننده تا رقت ۵- تهیه شد (۵ مرحله رقیق شد) و از تمامی نمونه‌های رقیق‌شده به‌صورت دوتایی<sup>۱۲</sup> روی محیط کشت YGC آگار<sup>۱۳</sup> کشت داده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ تا ۵ روز گرم‌خانه‌گذاری شد. میزان رشد قارچ در هر نمونه به‌وسیله شمارش واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی<sup>۱۴</sup> مطابق با استاندارد شماره ۹۸۹۹ استاندارد ملی ایران بررسی گردید. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه میکروبیولوژی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز در آزمایشگاه بیولوژی سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام گرفت.

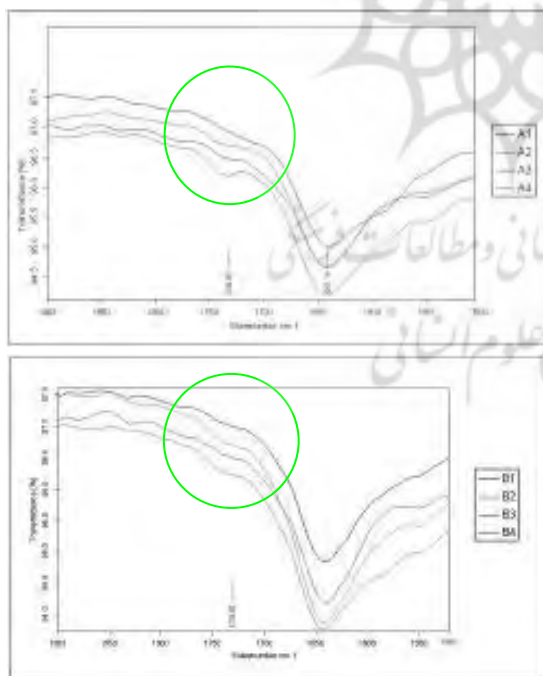
برای انجام آزمایش پیرسازی تسریعی نوری از پودر روناس برای رنگ‌آمیزی نمونه‌های کاغذ استفاده شد. پس از رنگ‌آمیزی نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج (UV-VIS مدل AVA Spec) از نمونه‌ها طیف گرفته و ماکزیمم جذب آنها ثبت شد. تأثیر نور UV بر نمونه‌ها با استفاده از یک منبع نور (۲۷۰ نانومتر) UV محصول Philips با توان ۳۰ وات که در یک محفظه تعبیه شده بود، انجام شد. در هر محفظه (لایه‌نشانی شده و معمولی) تعدادی از نمونه‌های رنگ‌شده قرار داده و این محفظه‌ها درون محفظه UV گذاشته و هم‌چنین تعدادی نمونه رنگ‌شده نیز در درون محفظه UV قرار داده و تغییرات آنها در اثر تابش نور UV در زمان‌های مختلف بررسی شد. پس از اتمام مدت زمان نوردهی مجدداً از نمونه‌ها طیف گرفته و با طیف آنها قبل از پیرسازی نوری مقایسه شد. این آزمایش با سپری شدن مراحل زمانی ۲، ۴، ۶ و ۷ ساعتی صورت گرفت.



تصویر ۴. محفظه معمولی (بالا)، محفظه لایه‌نشانی شده (پایین)

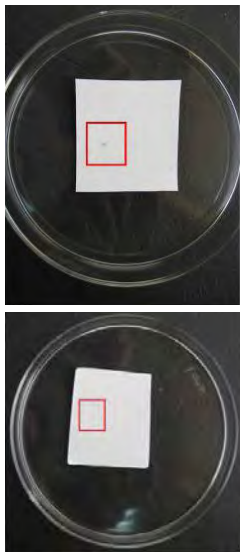


تصویر ۳. شیشه معمولی (بالا)، شیشه لایه‌نشانی شده (پایین)

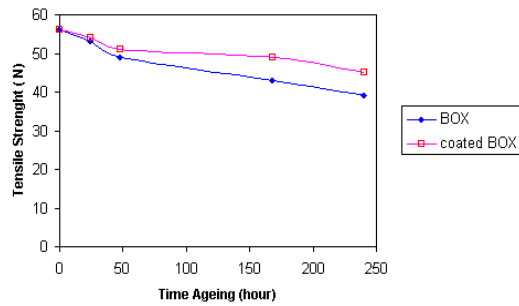
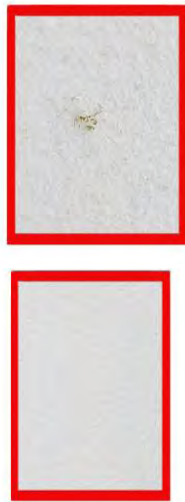


تصویر ۵. طیف FTIR نمونه‌های موجود در محفظه معمولی (بالا) و لایه‌نشانی‌شده (پایین)؛ (نمونه‌های A1 تا A4 به ترتیب نمونه‌های کاغذ قرارگرفته در محفظه معمولی و نمونه‌های B1 تا B4 به ترتیب نمونه‌های کاغذ قرارگرفته در محفظه لایه‌نشانی‌شده پس از گذشت ۲۴، ۴۸، ۱۶۸ و ۲۴۰ ساعت هستند).

در تصویر (۳) نمونه شیشه لایه‌نشانی شده و شیشه معمولی و در تصویر (۴) محفظه‌های ساخته‌شده نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در این تصاویر مشاهده می‌شود، نمونه شیشه لایه‌نشانی‌شده از نظر شفافیت و بصری بسیار شبیه شیشه معمولی است و اشکالی در دید ناظر ایجاد نمی‌کند. تصویر (۵) طیف FTIR مربوط به نمونه‌های موجود در محفظه معمولی و لایه‌نشانی‌شده را پس از پیرسازی توسط دما و رطوبت نشان می‌دهند. همان‌طور که در این تصاویر پیداست، با گذشت زمان در ناحیه  $1730 \text{ cm}^{-1}$  پیک گروه  $\text{C=O}$  دیده می‌شود. با توجه به طیف هر دو محفظه در این ناحیه مشاهده می‌شود که سرعت اکسیداسیون در محفظه لایه‌نشانی‌شده بسیار کمتر از محفظه معمولی است. همان‌طور که در تصویر (۶) مشاهده می‌شود، مقاومت کششی نمونه‌های مربوط به هر دو محفظه با افزایش زمان پیرسازی سیر نزولی طی نموده و در اثر گذشت زمان کاهش یافته است، اما در محفظه لایه‌نشانی‌شده کمتر از نمونه‌های مربوط به محفظه معمولی است و این نمونه‌ها مقاومت بهتری نسبت به نمونه‌های موجود در محفظه معمولی از خود نشان داده‌اند.



تصویر ۷. نمونه کاغذ موجود در محفظه معمولی (بالا) و محفظه لایه‌نشانی شده (پایین)



تصویر ۶. نمودار بررسی میزان مقاومت کششی نمونه‌ها

جدول ۱. تعداد قارچ شمارش شده در هر نمونه

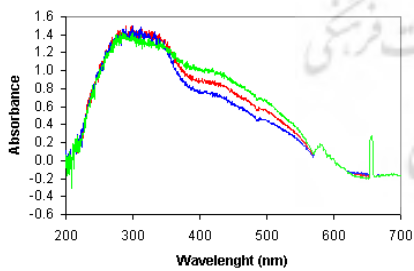
Number of fungi in sample coated box	Number of fungi in sample ordinary box	Time (day)
-	-	5
-	$5/3 \times 10^1$	15
$3/5 \times 10^1$	$9/5 \times 10^2$	30
$3 \times 10^3$	$2 \times 10^4$	45

براساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم لایه‌نشانی شده بر سطح محفظه در کاهش سرعت رشد قارچ مؤثر بوده اما جلوی رشد قارچ را نگرفته است.

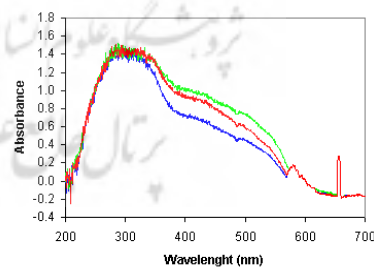
تصویر (۸) طیف‌های UV-VIS گرفته شده از نمونه‌های کاغذ قرار گرفته در معرض نور UV را در زمان‌های مشخص شده، برای محفظه معمولی و محفظه لایه‌نشانی شده نشان می‌دهند. پیکی که در ناحیه ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر ظاهر شده، مربوط به رنگ روناس است (عدد دقیق آن از طیف روناس به دست آورده شده است). مقایسه نمونه‌ها در طی ۲ ساعت

جدول (۱) تعداد قارچ شمارش شده در هر نمونه را در دوره‌های زمانی مشخص برای هر کدام از نمونه‌ها نشان می‌دهد.

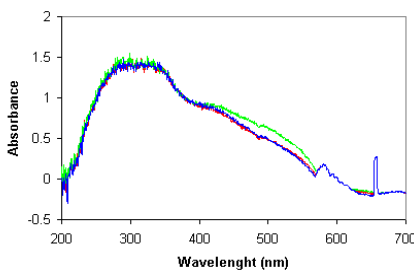
تصویر (۷) رشد قارچ را در نمونه کاغذ مربوط به محفظه لایه‌نشانی شده و معمولی پس از گذشت ۴۵ روز نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل نشان داده شده است، رشد قارچ در نمونه معمولی به صورت آشکار مشاهده می‌شود، در صورتی که در نمونه مربوط به محفظه لایه‌نشانی شده هیچ اثری از رشد قارچ روی کاغذ به صورت بصری دیده نمی‌شود.



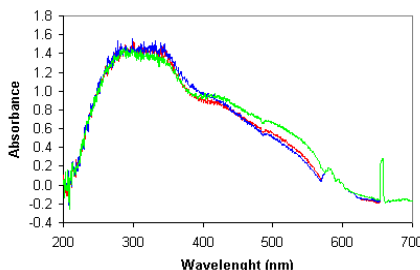
(۲)



(۱)



(۴)



(۳)

تصویر ۸. طیف UV-VIS نمونه‌ها پس از ۲ ساعت (۱)، ۴ ساعت (۲)، ۶ ساعت (۳) و ۷ ساعت (۴)  
U: نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه UV، A: نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی، B: نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی شده



می‌شود و این نشان می‌دهد که در زمان طولانی عملاً محفظه معمولی نقش حفاظتی چندانی در برابر رنگ‌پریدگی ندارد و تأثیر آن فقط در زمان‌های کوتاه است. اما تا زمان پایانی آزمایش (۷ ساعت)، همچنان میزان رنگ‌پریدگی در نمونه محفظه لایه‌نشانی شده کمتر است.

نشان می‌دهد که سرعت رنگ‌پریدگی (کاهش جذب نور در ناحیه ۴۰۰-۵۰۰) در نمونه بدون محفظه بسیار بیش‌تر بوده و در مقایسه محفظه‌ها، محفظه لایه‌نشانی شده رنگ‌پریدگی کمتری داشته است اما باگذشت زمان، میزان رنگ‌پریدگی نمونه بدون محفظه و محفظه معمولی برابر

## نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های پیرسازی، نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی شده اکسیداسیون کمتری نشان می‌دهند و از مقاومت کششی بالاتری نسبت به نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی برخوردارند. همچنین، سرعت رشد قارچ در نمونه‌های کاغذ موجود در این محفظه‌ها نسبت به محفظه‌های معمولی پس از گذشت زمان‌های در نظر گرفته شده، کمتر است و تعداد قارچ کمتری روی این نمونه‌ها وجود دارد. در اثر پیرسازی نوری نیز نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی شده بسیار کمتر از نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی دچار رنگ‌پریدگی می‌شوند و میزان رنگ‌پریدگی این نمونه‌ها به مراتب کمتر از نمونه‌های موجود در محفظه معمولی است. با توجه به تأثیر مثبت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم موجود در محفظه‌های لایه‌نشانی شده در مقابل آسیب‌های محیطی مختلف، از این روش می‌توان به خوبی در حفاظت و نگهداری آثار کاغذی بهره جست.

## سپاسگزاری

نگارندگان در پایان از زحمات دکتر محمدمهدی باقری محقق، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پایه دامغان، مهندس رضایی، مسئول آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی دانشگاه تربیت مدرس، خانم فهیم‌دخت مختاری و خانم بهزادی کارشناسان مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، خانم حسن‌نژاد کارشناس امور پژوهشی مرکز پژوهشی علوم و فناوری نانو و سایر کارشناسان و همکاران محترم در اداره کل حفاظت و نگهداری سازمان اسناد و کتابخانه ملی که در به‌ثمر رسیدن این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

## پی‌نوشت

۱ منظور از آثار کاغذی، کلیه آثار تاریخی، فرهنگی و هنری است که روی کاغذ شکل گرفته‌اند. این آثار شامل کتب، نسخ خطی، مینیاتورها، مرقعات، انواع آثار نقاشی روی کاغذ (آبرنگ، گواش، رنگ‌وروغن، پاستیل و زغال)، تصاویر، عکس‌ها، مدارک آرشیوی، اسناد، تمبرها و قطعات خوشنویسی می‌شود.

- 2- Rutile
- 3- Anatase
- 4- Brookite
- 5- Coating
- 6- Self Cleaning
- 7- Sol-gel

۸- spray pyrolysis: روش اسپری پیرولیز، روشی متداول و ساده برای تهیه لایه‌های نازک و ضخیم اکسیدها و برخی از ترکیبات دوتایی و سه‌تایی نیمه‌رساناها، مواد مغناطیسی و ابررساناهاست. لایه‌های تهیه شده به این روش ساختاری بلوری دارند همراه با رسانایی الکتریکی و شفافیت اپتیکی بالا. مواد اولیه این روش، مواد شیمیایی (نمک‌های مناسب) محلول، سل یا سوسپانسیون هستند. به‌طور کلی در این روش، محلولی شیمیایی با ترکیب معدنی یا آلی-فلزی تهیه و روی یک زیرلایه (بستر) داغ اسپری می‌شود و در نتیجه با انجام یک واکنش شیمیایی در سطح زیرلایه، لایه نازکی از مواد ترکیبی تهیه می‌شود.

#### 9- Substrate

#### 10- Tensile strength

۱۱- روش تهیه این محیط کشت بدین صورت است که ۶/۵ گرم Sabouraud- 4% Dextrose- Agar را در یک لیتر آب مقطر حل می‌کنند و حرارت می‌دهند تا به نقطه جوش برسد. سپس، آن را داخل اتوکلاو به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل می‌کنند و در پلیت‌های استریل شده یک‌بار مصرفی که توسط اشعه گاما استریل شده باشد، می‌ریزند و در دمای محیط قرار می‌دهند تا حالت زله‌ای به خود بگیرد و پس از آن در داخل یخچال قرار می‌دهند.

#### 12- Duplicate

#### 13- Yeast extract Glucose Chloramphenicol Agar

#### 14- Colony Forming Unit (CFU)

## منابع

- احمدی‌مقدم، حسن. جزایری، حمید و یاغچی‌سقاخانه، ریحانه (۱۳۸۷). «تولید دی‌اکسید تیتانیوم با ساختار بلوری آناتاز با روش سولفات به‌عنوان عامل اپک‌کننده لعاب». علوم و فناوری رنگ، (۲)، ۹۵-۱۰۱.
- لیه‌ناردی، آن و وان‌دم، فیلیپ (۱۳۷۶). راهنمای حفاظت نگهداری و مرمت کاغذ. ترجمه ابوالحسن سروقد مقدم، مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- نجفی‌پور، فرزین (۱۳۸۷). تیتانیوم. بازیابی شده در تاریخ ۱۵ مهر ۱۳۸۸،  
<http://www.maximumtechnic.com/index.php?pid=2&op=2&id=1037>.
- نوری، حسین (۱۳۸۷). نتایج حاصل از کاربرد نانوفناوری در صنعت تولید شیشه. بازیابی شده در تاریخ ۱۲ مرداد ۱۳۸۸،  
<http://www.andishehgostar.com/paper.aspx?ID=240>
- Baorang, Li, Wang, X. Yan, M. & Li, L. (2002). «Preparation and Characterization of Nano- TiO<sub>2</sub> Powder». Mater. Chem. Phys, Vol. 78: 184-188.
- Benabbou, A. Derriche, Z. Felix, C. Lejeune, P. & Guillard, C. (2007). «Photocatalytic inactivation of Esherischia coli Effect of Tio<sub>2</sub> and microorganism, nature and intensity of UV irradiation». Applied Catalysis, Vol. 78: 257-263.
- Chabas, A. Lombardo, T. Cachier, H. Pertuisot, M.H. Oikonomou, K. Falcone, R. Verita, M. & Geotti, B.F. (2008). «Behaviour of self-cleaning glass in urban atmosphere», Building and Environment, Vol. 43: 2124-2131.
- Colón, G. Hidalgo, M.C. & Navio, J.A. (2002). «A Novel Preparation of High Surface Area TiO<sub>2</sub> Nanoparticles from Alkoxide Precursor and Using Active Carbon as Additive». Cata Today, Vol. 76: 91-101.
- Daoud, W.A. & Xin, J.H. (2004). «Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating». Sol-Gel Science and Technology, Vol. 29: 25-29.
- Fujishima, A. Hashimoto, K. & Watanabe, T. (1999). TiO<sub>2</sub> Photocatalysis; Fundamentals and Applications. Tokyo, Japan: Best Knowledge Center (BKC).
- Gao, Y. Musoda, y. Seo, W.S. Ohta, H. & Koumoto, K. (2004). «TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Prepared Using an Aqueous Peroxotitanate Solution». Ceramics International, Vol. 30: 1365-1368.
- Kuhn, K.P. Chaberny, I.F. Masholder, K. Stickler, M. Benz, V.W. Sonntag, H.G. & Erdinger, L. (2003).





- “Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light”. *Chemosphere*, Vol. 53, No. 1: 71– 77.
- Makowski, A. & Wardas, W. (2001). Photocatalytic “degradation of toxins secreted to water by cyanobacteria and unicellular algae and photocatalytic degradation of the cells of selected microorganisms”. *Current Topics in Biophysics*, Vol. 25, No. 1: 19- 25.
  - Mansor A.b. & Ismail A.b. (2003). «Preparation of Titanium Dioxide Thin films by Sol gel dip coating method». *Malaysian Journal of Chemistry*, Vol.5, No.1: 086-091.
  - May, E. & Jones, M. (2006). *Conservation Science Heritage Materials*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
  - Mellott, N. P. Durucan, C. Pantano, C.G. & Guglielmi, M. (2006). “Commercial and laboratory prepared titanium dioxide thin films for self-cleaning glasses: Photocatalytic performance and chemical durability”. *Thin Solid Films*, Vol.502: 112 - 120.
  - Robinson, J. & Pardoe, T. (2000). *An Illustrated Guide to the Care of Costume and Textile Collections*. Scottish Museum Council, Museums & Galleries Commission. London: MGC Publications.
  - Sankapal, B.R. Sartale, S. & Ennaoui, A. (2006). “Chemical and Electrochemical Synthesis of Nanosized TiO<sub>2</sub> Anatase for Large-Area Photon Conversion”. *C. R. Chimie*, Vol. 9: 702–707.
  - Wong, Y.W.H. Yuen, C.W.M. Leung, M.Y.S. Ku, S.K. & Lam, H.L.I. (2006). “Selected Applications of nanotechnology in textiles”. *Autex Research Journal*, Vol.6, No 1: 1-8.
  - Xin, J.H. Daoud, W.A. & Kong, Y.Y. (2004). “A New Approach to UV-Blocking Treatment for. Cotton Fabrics”. *Textile Research Journal*, Vol.74: 97-100.
  - Xiujian, Z. Zhao, Q. Yu, J. & Li, B. (2008). “Development of multifunctional photoactive self-cleaning glasses”. *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 354: 1424-1430.
  - Zhu, H.Y. Lan, Y. Gao, X. P. Ringer, S.P. Zheng, Z.F. Song, D.Y. & Zhao J.C. (2005). “Phase transition between nanostructures of titanate and titanium dioxides via simple wet-chemical reactions”. *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 127: 6730-6736.



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



Receive date: 2011/11/16

Admission date: 2012/07/09

## Titanium Dioxide Nanoparticles: Study of Protective Effects on the Display and Storage Boxes

Mohammad Hadadi\* Maryam Afsharpour\*\* Abbas Abed Esfahani\*\*\*

### Abstract

Protection and preservation of paper works against damaging factors is very important and essential. Due to the unique properties of titanium dioxide nanoparticles against damaging factors, these particles are used for multi-protection and keeping safe of paper works. For this purpose, first, titanium dioxide nanoparticles are synthesized and coated to the surface of glass. Then, a box prepared by using these coated glasses for investigating the protecting effects of coated glasses, and the results of this coated box are compared with those of uncoated glass box as a blank. Filter paper (*Whatman*®) is used for these experiments in both boxes. The results of thermal, light and biological aging tests have proved that paper samples in the coated box show more tensile strength and less oxidation rate. Also, the discoloring rate in coated box for colored papers was much less than uncoated ones. And the biological test results show decreasing of fungus growth in the coated box.

Due to these results, it can be said that titanium dioxide nanoparticles have an appropriate performance to reduce different environmental damaging factors as well as maintain historical paper works well.

**Keywords:** paper works, protection, preservation, storage boxes, titanium dioxide, nanoparticle

---

\* MA, Restoration Faculty, Art University of Isfahan.

\*\* Assistant Professor, Institute of Chemical & Engineering, Iran.

\*\*\* PhD Candidate, Restoration Faculty, Art University of Isfahan.