# بررسی نانوذرات نقره و قابلیت استفاده از آن در حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی [1]

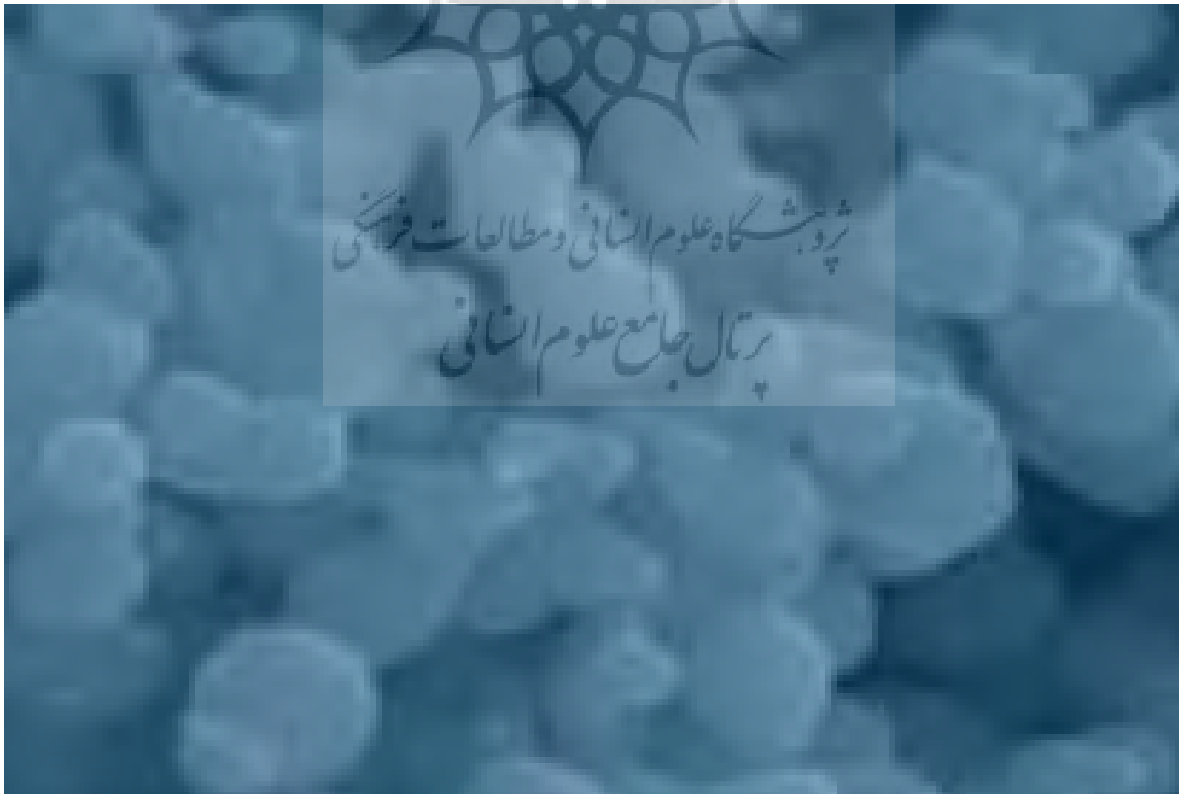
غلامرضا وطنخواه*، علی اکبر عنایتی**، محسن محمدی***

* دکترای شیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان
** دکترای علوم و صنایع چوب و کاغذ، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
***دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،
دانشگاه هنر اصفهان E mail : mma197410@Gmail.com

## چکیده

آفات بیولوژیک از مهم ترین آسیب های ساختارهای آلی به شمار می روند و استفاده از مواد حفاظتی جهت کنترل و یا پیشگیری از آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. در این میان نانوذرات نقره از جمله موادی هستند که به دلیل خواص حفاظتی خود، توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده اند. به همین دلیل و در راستای استفاده از دانش روز جهت بهبود فرآیندهای حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، قابلیت های نانوذرات نقره برای استفاده در این زمینه مورد ارزیابی قرار گرفتند. مطالعات بر اساس مستندات علمی، بررسی ها و تحلیل های انجام شده نشان دادند که با توجه به ویژگی ها، مکانیزم-های تأثیر و فرآیندهای کاربردی، نانوسیلور از ظرفیت بالایی جهت استفاده در مرمت برخوردار است و با انجام آزمایشات دقیق تر در راستای هر کاربرد و شناخت جزئیات تأثیر در هر ماده ای، می تواند به طور گسترده ای در مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: نانوذرات نقره، ماده ی حفاظتی، اشیاء فرهنگی و تاریخی




شکل ۱- شکل و تراکم نانوذرات نقره (www.nanoclub.ir)

## ۱-مقدمه

استفاده از فناوری های نوین دانش بشری در راستای بهبود فرآیندهـا و مواد مورد اسـتفاده از اهمیت بسـیاری در زمینه ی حفاظت و مرمت اشـیاء فرهنگی و تاریخی برخوردار اسـت. در این میـان فناوری نانو عرصـه ی تحقیقاتی جدیدی را به روی پژوهشگران گشوده است. نانوذرات به موادی اطلاق می گردد که ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانومتر داشـته باشـند و نانوفناوری به دانـش تولید ذراتی با ابعاد $10^{-9}$ متر و با توزیع مشـخص گفته می شـود (Whitesides, et al, 2005). حیطـه ی نانومواد مابین انـدازه های اتمی و میکرو قـرار می گیرد؛ ولیکن ویژگی های آن با هر دو حالت ذکر شـده متفاوت است (Jones, et al, xii). در واقـع مواد در ابعاد نانومتر شـاخصه هایی را از خود نشـان می دهند که مطالعه ی آنها عرصه ی جدیدی را در علم به خود اختصـاص داده اسـت (Luis, et al, 1). یکـی از مـوادی که به دلیل خواص آفت زدایی و ضدعفونی کنندگی به طور گسترده ای در ابعـاد نانـو تولید و اسـتفاده می شـود نقره اسـت. نقره عنصری با وزن اتمی ۴۷ و کمیاب می باشـد و از زمان فینیقی ها از ظروف سـاخته شـده از آن جهت نگهداری آب و شراب اسـتفاده شـده است که دلیل این امر سـالم باقی ماندن آنها در ظروف نقره ای بوده اسـت (Luoma, 14). نانوسـیلور به دلیل خواصی چون سـمی نبودن، سـازگاری با محیط زیسـت، مضر نبودن برای انسـان و خواص ضد آفات آن امروزه کاربردهای وسـیعی در صنایعی چون صنایع غذایی، صنعت نساجی، کاغذ و چاپ، لوازم منزل، مواد شـوینده و بهداشتی پیدا کرده است. همچنیـن اسـتفاده از آن بـه همراه مـواد معدنی موجـب بهبود مقاومـت حرارتی، پایـداری شـیمیایی و اسـتحکام مکانیکی شـده اسـت (www.nanosilverco.com, 2008). در ترکیـب نانوسـیلور یون های نقـره به صورت کلوئیـدی در محلولی به حالت سوسپانسـیون قرار دارند. (شـکل ۱) هرچند این فناوری بـه تازگی مورد توجه قرار گرفته اسـت، لیکـن در طب قدیم کاربرد داشـته و در جنگ ها برای کنترل عفونت سـربازان از سکه های نقره اسـتفاده می شده است (ارجمندی، www.nan-club.ir ، ۱۳۸۶). تاکنـون تحقیقات بسـیار زیـادی در زمینه ی تولیـد، کاربـرد، خصوصیات و تأثیرات ایـن ترکیب انجام شـده است (Greulich, et al, 2009). در زمینه ی حفاظت آثار تاریخی و فرهنگی نیز اسـتفاده از نانوذرات نقره جهت کاربرد در حسـگرهایی برای تشـخیص گازهای مخرب آثار فلزی در موزه ها مناسـب تشخیص داده شـده است (Moussa, 59-60). اما پژوهشـی پیرامون اسـتفاده از نانوذرات نقره به عنوان ماده ای حفاظتی جهت استفاده در مرمت اشیاء تاریخی منتشر نشده اسـت. در متن حاضر سعی شده است ویژگی ها و خصوصیات نانوسـیلور در راستای استفاده از آن به عنوان ماده ای حفاظتی در مرمـت، مورد ارزیابی قـرار گیرد و قابلیت های آن در این زمینه بررسـی گردد.

## ۲- ویژگی ها و ترکیبات نانوسیلور

یکی از مهم ترین خواص ترکیبات نقره، ویژگی ضدعفونی کنندگی آن است. از سال ۱۸۸۴م محلول نیترات نقره ۱درصد به عنوان شستشو دهنده ی چشـم به کار رفته است. ترکیبات نقره در جنگ جهانی اول به طور گسـترده ای جهت ضدعفونی به کار رفتنـد و امروزه نیز این ترکیبات در درمان جراحات ناشـی از سوختگی شدید کاربرد دارند (Luoma, 14). امـروزه نیز نانوذرات نقره به عنـوان بازدارنده در برابر فعالیت میکروارگانیسم ها در صنایع مختلف با موفقیت به کار رفته اند و مطالعات نشان دهنده ی مرگ ویروس HIV-1 تحت تأثیر این ماده می باشد (Green, et al, 2007). در واقع ویژگی های ترکیب مورد استفاده به ابعاد و شکل نانوذرات نقره بستگی دارد که این امر مستقیماً تحت تأثیر روش سنتز آن می باشد. در این راستا نحوه ی فرآوری نانوذرات و نوع آنها تعیین کننده ی مکانیسم تأثیر آن خواهد بود و در نتیجه هر کاربردی نیازمند مطالعه ی دقیق و انتخاب صحیح نوع ترکیب مورد نظر می باشد تا نتیجه ی مطلوب حاصل گردد که در این میان روش فرآوری و مواد مورد نیاز آن ارتباط مستقیمی با نوع کاربرد مورد نظر می یابد.

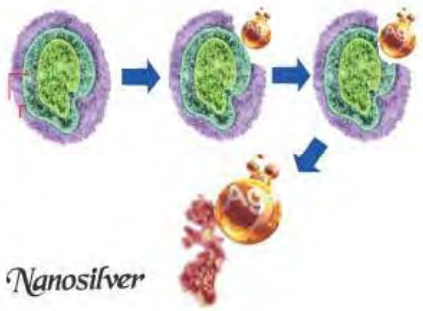
نانـوذرات نقـره بـه دو صورت عمده تولید و بـه کار می رود که شامل یون های نقره و نقره ی فلزی می شود. منظور از یون های نقره، سوسپانسیونی است که ذرات نقره در آن به صورت یون هایی است که از ترکیب نقره ی موجود در ماده ی حامل حاصل می شود و تأثیر آن از طریق مکانیسم یونی میسر می گردد. ترکیب مذکور اکثراً بر اساس نیترات نقره یا کلرید نقره می باشد که در حامل سوسپانسیون که معمولاً آب می باشد تأثیر خود را نمایان می سازد. در صورت دیگر، نانوذرات به شکل نقره ی فلزی در ماده ی حامل که معمولاً آب یا اتانول است وجود دارند و از طریق مکانیسم کاتالیستی عمل می کنند. البته نانوذرات نقره به صورت پودر نیز تولید می شود که برای استفاده به صورت سوسپانسیون در ماده ی حامل آماده سازی می گردد و یا اینکه مستقیماً به عنوان ماده ی افزودنی مصرف می گردد.

در واقع منظور از نانوسیلور ذرات نقره ای است که در ابعاد نانومتر تولید شده و در همان ابعاد باقی می مانند؛ ولیکن ریزذرات فلزات تمایل دارند که با اتصال به یکدیگر واحدهای بزرگتری را تشکیل دهند. به همین جهت به ترکیباتی نیاز است تا از این امر جلوگیری کرده و نقره را در همان ابعاد نگاه دارند و حالت سوسپانسیونی نانوذرات نقره را حفظ نمایند. به همین دلیل افزودن نانوسیلور به ترکیبی که باعث تغییر عامل سوسپانسیون کننده شود موجب تغییرات اساسی در ترکیب نانوسیلور می-گردد، به گونه ای که حتی ممکن است ذرات از حالت نانو خارج شـوند و یا رسوب نمایند و کارایی مورد نظر حاصل نگردد. به منظور بررسی این مسأله، برهمکنش ۵۰ سـی سی کلوئید نانوذرات نقره ی فلزی با غلظت ppm۴۰۰۰ با ۲۰ سی سی استون، تحت یک آزمایش ساده مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب استون نیز به دلیل کاربرد وسیع آن در فرآیندهای مرمتی صورت گرفت. افزودن استون به کلوئید نقره ی فلزی با عامل سوسپانسیون کننده ی غیر یونی، موجب از بین رفتن شـفافیت ترکیب و ایجاد رسـوب در آن گردید که در این رسوب از طریق آزمون های نقطه ای توسط معرف های مربوط (اسولا، ۹۱-۹۰)، نقره

شناسایی گردید. این مسأله دلیلی بر انحلال عامل سوسپانسیون کننده و خارج شـدن نقره از حالت نانو تلقی گردید. البته لازم به ذکر است که ویژگی های نانوسیلور به شکل و ابعاد ذرات نقره بستگی دارد و سایر ترکیبات در راستای حفظ این ویژگی ها همراه آن وجود دارند.

## ۳- مکانیزم تأثیر و خصوصیات

تاکنون نانوسـیلور در درمان بسـیاری از بیماری ها استفاده شده است و بیش از ۶۵۰ نوع باکتری را از بین برده است. این ذرات به طور کلی به دو طریق بر ارگانیسم های مخرب تأثیر می کنند (تصویر ۲) که عبارتنداز مکانیسم یونی و مکانیسم کاتالیستی. در مکانیسم یونی ذرات نانو سیلور با آزاد کردن یونهای +Ag و جذب باند سولفات هیدروژن که اساس آنزیم های پروتینی در باکتری ها به شمار می رود، باعث تخریب آن گشـته و در نتیجه آنزیم را غیر فعال می نماید و در اثر آن به دلیل نرسـیدن یا عدم جذب فسفات توسط سلول، باکتری تلف می شود و این مکانیسم با از بین رفتن باکتری خاتمه پیدا نمی کند بلکه به صورت دائم ادامه می یابد. ولی در مکانیسم کاتالیستی این مکانیسم با حضور ذرات نانو سیلور و نیمه هادی مثل $Tio_2$–$Sio_2$-Zno عمل می نماید به طوری که دیگر بدون نیاز به انرژی UV جهت فعال سازی نداشته و با مکانیسم رهایش آهسته Slow Releasing باعث اکسید کردن O2 و تبدیل به O-2 و یا هیدرولیز آب و تولید یون $OH^+$ مناسب ترین عامل ضد میکروب را در ماتریس پلیمری ایجاد می نماید. با توجه به اینکه خاصیت ضد میکروب به واسطه ی عملیات کاتالیزوری انجام می شود بر روی بدن انسان هیچگونه حساسیت یا ضرر ایجاد نمی نماید (علیجانلو، ۱۳۸۶). در این فرآیندها نانوذرات نقره با برقراری پیوند با اجزای تشکیل دهنده ی ارگانیسم مخرب از فعالیت و انتقال آن جلوگیری می کنند (Green, 2007). از مهم ترین خصوصیات نانوسیلور می توان به اندازه ی ذرات نقره ی کمتر از ۲۰ نانومتر، مطابقت با شرایط مختلف جوی، آنتی اسـید و آنتی-آنیون، سازگار با محیط زیست و غیر سمی بودن اشاره کـرد (www.nanobio-lab.nit.ac.ir، ۱۳۸۷/۱۰/۹). همچنین علاوه بر اثر ضد قارچی، آنتی باکتریال و ضدعفونی کنندگی عالی، خواصی چون ماندگاری خاصیت آنتی باکتریال، قابلیت اختلاط با لعاب سرامیک، تأثیر حتی با دز پایین، افزایش مقاومت حرارتی، پایداری شیمیایی و استحکام مکانیکی، افزایش درخشندگی و براقیت، ایجاد خاصیت ضد سایش، عدم چسبندگی آلودگی بر روی سطح، سهولت پاکیزگی سطح و عدم رسوب گرفتن سطح برای آن برشمرده شده است (www.nan-silverco.com, 2008).

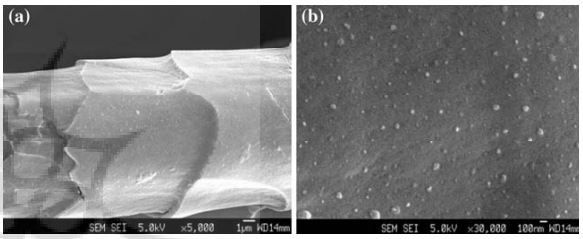



شکل ۲- طرحی از نحوه ی تخریب باکتری توسط نانوسیلور (www.nanoclub.ir)

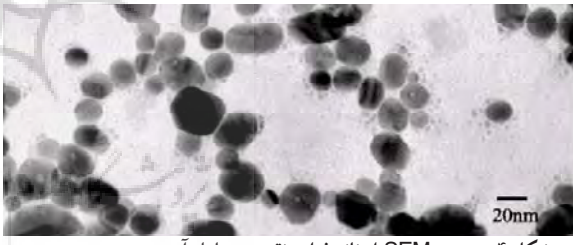
## ۴- قابلیت های استفاده

مهم ترین آفات مؤثر بر آثار تاریخی و فرهنگی را می توان در سه دسته ی کلی باکتری ها، قارچ ها و حشرات جای داد. فعالیت این آفات در آثار تاریخی نیازمند چند عامل اساسی است که شامل شرایط محیطی مطلوب، مناسب بودن ماده ی اثر جهت تغذیه و عدم سمیت آن می شود. در واقع کارکرد ترکیبات آفت زدا یا پیشگیرانه بر اساس حذف یکی از این عوامل استوار است. نانوذرات نقره نیز علاوه بر تأثیر مخرب بر اجزای حیاتی میکروارگانیسم ها، ماده ی اثر را برای تغذیه نامناسب می نماید و تا حد زیادی از فعالیت حشرات جلوگیری می کند. در این میان دز تأثیر ترکیب در موارد مختلف متفاوت خواهد بود. البته مینیمم غلظـت بازدارندگی برای نانوذرات نقره حدود ۱۰ PPM ذکر شـده است. تاکنون در مورد تأثیرات ضد باکتری نانوسیلور مطالعات گسترده ای صورت گرفته است که همگی بر ویژگی های ضد باکتری نانوذرات نقره و کاربرد مؤثر آن در این راستا تأکید داشته اند (Khaydarov, et al, 2009 & Ayala, et al, 2009 & Petica, et al, 2008). در این زمینه اسـتفاده از نانوسـیلور در الیاف (شکل ۳) خصوصاً الیاف سلولزی، نتایج بسیار خوبی به دست داده است (Khalili, et al, 2008 & Young, et al, 2008 & Lee, et al, 2003). ویژگی های ضد قارچی نانوسیلور نیز در تحقیقات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است. این ترکیب بر روی الیاف باعث عدم رشد قارچ های مخرب می گردد (Petica, et al, 2008). در این رابطه تأثیرات پیشـگیرانه و محافظتی نانوسـیلور در برابر قارچ Chaetomium globosum بسیار قابل توجه اسـت (Tomsic, et al, 2008). این قارچ از مهم ترین گونه های مولد پوسیدگی نرم در چوب شمرده می شود که باعث تخریب شدید دیواره ی ثانویه ی سـلول چوب می گردد (Smidt, 142-144). این نوع پوسیدگی از دلایل اصلی تخریب آثار چوبی مکشوفه از سقاره و جیزه ی مصر به شمار رفته است (Blanchette, 1994). این قارچ هم در محیط-های دریایی و هم محیط های مرطوب آسیب های جبران ناپذیری را به بازمانده های آلی وارد کرده اسـت (Filley, et al, 2001 & Blanchette, 2003). همچنین تأثیرات حفاظتی نانوسیلور (صنعتی) در برابر موریانه ها نشان دهنده ی ظرفیت بالای این ترکیب جهت بازدارندگی از حمله ی موریانه ها می باشد. هرچند بهترین ترکیب جهت این تیمار، مخلوط نانوذرات نقره و روی تشخیص داده شده است، لیکن نانوسیلور به عنوان یکی از بهترین افزودنی ها به مواد حفاظتی شناخته شده است (Green, et al, 2007). در این میان شناخت تأثیرات اجزای موجود در ترکیب و برهمکنش آنها با ماده ی اثر از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی حامل ذرات نیز نباید خود باعث تغییرات اساسی و یا مخرب در شئ گردد (شـکل ۴). مثلاً برهمکنش حامل هـای آبی و بعضی از مواد مورد استفاده می تواند مشکلاتی را در فرآیندهای درمانی ایجاد کند. البته بعضاً این برهمکنش ها نتایج مثبتی را نشان داده است. به عنوان نمونه بررسی ها نشان داد که افزودن کلویید نانوسیلور در آب به دیسپرسیون اکریلویید B72 در اتانول نه تنها باعث ته نشست رزین نگردید، بلکه امکان استفاده ی همزمان این مواد را فراهم نمود[۲]. از طرف دیگر با توجه به غلظت های پایین استفاده از نانوسیلور، تغییرات تنالیته ی رنگی ایجاد شده چندان

محسوس نیست، ولیکن شناخت دقیق این تغییرات پیش از استفاده از نانوسیلور ضروری خواهد بود. البته لازم به ذکر است که آثار تاریخی در گذر زمان معمولاً به تیرگی گراییده اند و در اثر استفاده از نانوسیلور دچار تغییر محسوسی نمی شوند. مسأله ی دیگر در این زمینه برگشت پذیری محصول مورد استفاده می باشد. نانوذرات یونی نقره با ایجاد پیوند و نانوذرات نقره ی فلزی از طریق ته نشست در ماده تثبیت می شوند. حتی با فرض تثبیت ماده به وسیله ی درگیری فیزیکی، خارج کردن کامل آن از ساختار ماده ی اثر بدون آسیب رساندن به آن امری بعید است، ولیکن قابلیت درمان مجدد اثر از بین نمی رود و تنفس ماده ی اثر نیز تداوم می یابد. در نتیجه خدشه ای به اصالت اثر نیز وارد نمی شود. در واقع هر چند استفاده از این ترکیب در زمینه ی حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی در ابتدای مسیر تحقیقاتی خود قرار دارد، ولی ویژگی های آن نشان دهنده ی خصوصیات مناسب استفاده در حیطه ی حفاظت است. البته شناخت دقیق تأثیرات و تغییرات آن در طول زمان از مهم ترین مسایلی است که باید به دقت تبیین گردد.




شکل ۳- نانوذرات نقره بر روی الیاف پشم
(Yeon Ki, et al, 2007)




شکل ۴- تصویر SEM از نانو ذرات نقره در حامل آب
(Yeon Ki, 2007)

## ۵- نتیجه گیری

خواص حفاظتی نانوسیلور در دهه ی اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و تأثیرات آن در برابر عوامل بیولوژیک مورد تأیید قرار گرفته است. با توجه به ویژگی هایی چون تأثیر حفاظتی مطلوب در غلظت های پایین، عدم تأثیر نامطلوب بر انسان و سهولت کاربرد می توان نانوسلیور را به عنوان ماده ی حفاظتی جدیدی در حیطه ی مرمت مطرح نمود. در این میان قابلیت درمان مجدد اثر حفظ خواهد شد، ولیکن امکان تغییرات بصری (هر چند محدود) نیز تابعی از نوع ترکیب و اجزای تشکیل دهنده ی آن به شمار می رود. با توجه به این عوامل و مکانیسم های تأثیر، نانوسیلور نسبت به سایر ترکیبات آفت زدای معمول از ویژگی های مناسب تری برخوردار است و خصوصیات آن نشان دهنده ی قابلیت کاربرد آن در سطح بسیار وسیعی در حیطه ی حفاظت می باشد که البته پس از شناخت دقیق تأثیرات و تغییرات آن در طول زمان می تواند میسر گردد.

## منابع


۱. اسولا. گیولا، ۱۳۷۶، شیمی تجزیه ی کیفی معدنی و گل، آزاده تجردی، فرانک منطقی، تهران، دانشگاه علم و صنعت

2. Petica, S. Gavriliu , M. Lungu, N. Buruntea, C. Panzaru, Colloidal silver solutions with antimicrobial properties, Materials Science and Engineering B 152 (2008) 22–27

3. Greulich & S. Kittler & M. Epple & G. Muhr & M. Köller ,Studies on the biocompatibility and the interaction of silver nanoparticles with human mesenchymal stem cells (hMSCs), Langenbecks Arch Surg (2009) 394:495–502, DOI 10.1007/s00423-009-0472-1

4. Frederick Green and Rachel Ann Arango, Wood Protection by Commercial Silver Formulations against Eastern Subterranean Termites, Paper prepared for the 38th Annual Meeting Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA 20-24 May 2007, IRG SECRETARIAT, www.irg-wp.com

5. George M. Whitesides, Jennah K. Kriebel, and Brian T. Mayers, (2005), Self-Assembly and Nanostructured Materials, in: Wilhelm T.S. Huck (ED), Nanoscale Assembly Chemical Techniques, springer, New York

6. Hee Yeon Ki, Jong Hoon Kim, Soon Chul Kwon, Sung Hoon Jeong, A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver, J Mater Sci (2007) 42:8020–8024, DOI 10.1007/s10853-007-1572-3

7. H. J. LEE, S. Y. YEO, S. H. JEONG Antibacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textile fabrics, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 38 (2003) 2199 – 2204

8. Ki Young Yoon, Jeong Hoon Byeon, Chul Woo Park, and Jungho Hwang, Antimicrobial Effect of Silver Particles on Bacterial Contamination of Activated Carbon Fibers, Environ. Sci. Technol., 2008, 42 (4), 1251-1255 • DOI: 10.1021/es0720199 • Publication Date (Web): 11 January 2008, Downloaded from http://pubs.acs.org on November 30, 2008

RIORATION IN ARCHAEOLOGICAL WOOD FROM ANCIENT EGYPT, JAIC 1994, Volume 33, Number 1, Article 5 (pp. 55 to 70)

17. R.R. KHAYDAROV, R.A. KHAYDAROV, O. GAPUROVA, Y. ESTRIN, S. EVGRAFOVA, T. SCHEPER, S.Y. CHO, (2009), ANTIMICROBIAL EFFECTS OF SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY AN ELECTROCHEMICAL METHOD, in: J.P. Reithmaier et al. (eds.), Nanostructured Materials for Advanced Technological Applications, 215, Springer

18. chmidt. Olaf, 2006, Wood and Tree Fungi Biology Damage Protection and Use, Springer, Berlin

19. Timothy R. Filley, Robert A. Blanchette, Elizabeth Simpson, and Marilyn L. Fogel, Nitrogen cycling by wood decomposing soft-rot fungi in the "King Midas tomb," Gordion, Turkey, PNAS, November 6, 2001, vol. 98, no. 23 13346–13350 www.pnas.org_cgi_doi_10.1073_pnas.221299598

20. Tomšič, B., et al. Antimicrobial activity of AgCl embedded in asilica matrix on cotton fabric. Carbohydrate Polymers (2008), doi:10.1016/j.carbpol.2008.09.013

منابع اینترنتی (دسترسی در مرداد ۱۳۸۸)

1. www.nanobio-lab.nit.ac.ir
2. www.nanoclub.ir
3. www.nanosilverco.com

9. Luis M. Liz-Marzán and Prashant V. Kamat, (2004), NANOSCALE MATERIALS, Kluwer, New York

10. Luoma. Samuel. N, (2008), SILVER NANOTECHNOLOGIES AND THE ENVIRONMENT, OLD PROBLEMS OR NEW CHALLENGES, OLD PROBLEMS OR NEW CHALLENGES, THE PEW CHARITABLE TRUSTS, NEW YORK

11. M. Gail Jones, Michael R. Falvo, Amy R. Taylor, Bethany P. Broadwell, (2007), Nanoscale science, National Science Teachers Association, New York

12. Mohammad Shateri Khalil-Abad, Mohammad Esmail Yazdanshenas, Mohammad Reza Nateghi, (2009), Effect of cationization on adsorption of silver nanoparticles on cotton surfaces and its antibacterial activity, Cellulose, DOI 10.1007/s10570-009-9351-8

13. Moussa, Laura, (2007), Nanoscience and Nanotechnology Applied to Art Conservation: Improved Oddy Test Using Silver Nanoparticle Sensor, Honors Undergraduate Thesis, Approved by Dr. Paul Whitmore, Department of Chemistry, Carnegie, The Carnegie Mellon University

14. Nilda Vanesa Ayala-Núñez & Humberto H. Lara Villegas & Liliana del Carmen Ixtepan Turrent & Cristina Rodríguez Padilla, ( 2009), Silver Nanoparticles Toxicity and Bactericidal Effect Against Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: Nanoscale Does Matter, Nanobiotechno, DOI 10.1007/s12030-009-9029-1

15. ROBERT A. BLANCHETTE , DETERIORATION IN HISTORIC AND ARCHAEOLOGICAL WOODS FROM TERRESTRIAL SITES, in : KOESTLER, R.J., KOESTLER, V.H., CHAROLA, A.E., AND NIETO-FERNANDEZ, F.E., (EDS.), ART, BIOLOGY, AND CONSERVATION: BIODETERIORATION OF WORKS OF ART, (2003), THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART, NEW YORK, PP. 328-347

16. ROBERT A. BLANCHETTE, JOHN E. HAIGHT, ROBERT J. KOESTLER, PAMELA B. HATCHFIELD, & DORTHEA ARNOLD, ASSESSMENT OF DETE-

پی‌نوشت:

۱- مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد مسئول مکاتبات مقاله با عنوان ارزیابی کارکرد نانوسیلور در حفاظت آثار چوبی در برابر آسیب های بیولوژیک به راهنمایی دو نگارنده دیگر می باشد.

۲ - به طور معمول، افزودن آب به محلولهای اکریلوییدB۷۲ موجب جدایش و ته نشست رزین از محلول می گردد، به گونه ای که ویژگی های مورد نظر آن از بین می رود.