Archive of SID

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی ویژگی‌های فیزیکی، نوری و بیولوژیکی کاغذ اسکناس ضدباکتری حاوی نانونقره

***امید یزدانی آق‌مشهدی[۱]، قاسم اسدپوراتویی[۲]، اسماعیل رسولی گرمارودی[۳] و رضا ایمانی[۴]**

[۱]دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲]استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳]استادیار گروه مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، سوادکوه، [۴]دانش‌آموخته مقطع دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: هدف از این تحقیق تولید کاغذ اسکناس ضدباکتری با استفاده از نانو ذرات نقره می‌باشد. اسکناس از گذشته جزء لاینفک مبادلات تجاری بوده است. در ایران حدود هشت میلیارد برگ اسکناس وجود دارد که در یک دوره ۵ ساله در چرخش است این حجم زیاد اسکناس و دست به‌دست شدن متوالی آن، باعث انتقال عوامل بیماری‌زای زیادی می‌گردد، به طوری‌که طبق تحقیقات علمی ثابت شده اسکناس قطعاً آلوده است و باید آن را یک خطر بالقوه در جامعه دانست. در خصوص ضد باکتری کردن کاغذ، تحقیقی بر روی دو نوع ماده کیتوزان و نانو ذرات نقره جهت تولید کاغذ ماسک انجام و نانو ذرات نقره را به‌عنوان بار منفی و ذرات کیتوزان را به‌عنوان بار مثبت به‌صورت لایه‌ای (LbL) روی الیاف نشاندند. بررسی‌ها نشان داد با افزایش تعداد لایه‌ها، خاصیت ضدباکتری کاغذ نیز افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق جهت تولید کاغذ اسکناس ضد باکتری از خمیرکاغذ آزمایشگاهی حاصل از الیاف پنبه داخلی استفاده شد. برای تهیه خمیرکاغذ فوق‌الذکر، الیاف پنبه با کمک دستگاه دفیبراتور آزمایشگاهی به درجه روانی اولیه حدود ^{o}SR ۱۲ رسانیده شد. سپس خمیرکاغذ حاصله با استفاده از پروکسید هیدروژن با شرایط دمایی ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و pH حدود ۱۱ در مدت ۱۲۰ دقیقه رنگبری گردیده و پس از پالایش آن تا درجه روانی ^{o}SR ۳٤، به‌منظور افزودن مواد افزودنی به درصد خشکی ۳/۱ درصد و pH خنثی رسانیده شد. ماده ضدباکتری نانو نقره با مقادیر مصرف ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ppm، بر اساس وزن خشک خمیر، به‌همراه میزان ۰/۳ درصد پلی آکریل آمید کاتیونی (C-PAM) به‌عنوان کمک نگهدارنده استفاده گردید. پس از آن از خمیرهای فوق‌الذکر، کاغذهای دست‌ساز استاندارد ۹۰ گرمی ساخته شده و از نظر خصوصیات فیزیکی و نوری با کاغذ دست‌ساز نمونه شاهد مقایسه شد. برای آزمون بیولوژیکی کاغذها از روش اندازه‌گیری هاله عدم رشد دو باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشیرشیاکلی به عنوان دو باکتری شاخص در آزمون‌های بیولوژیکی استفاده شد.

*مسئول مکاتبه: omidyazdani29@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها: نتایج نشان داد با افزایش سطح نانو نقره میزان خاکستر، صافی سطح و ماتی کاغذ افزایش و روشنی آن کاهش یافته و در مقابل در آزمون موم کنی و حجیمی بی‌تأثیر بوده است. در خصوص آزمون بیولوژیکی، نتایج نشان داد با مصرف بیشتر نانو نقره خصوصیات ضدباکتری کاغذ و هاله عدم رشد بیشتر می‌گردد.

نتیجه‌گیری: با در نظر گرفتن کلیه نتایج میزان مصرف ppm ۲۵ به‌عنوان میزان مصرف بهینه تعیین گردید. در میزان مصرف ppm ۲۵ فاکتورهای فیزیکی کاغذ و شرایط نوری بسیار نزدیک به کاغذ شاهد می‌باشد و هم چنین خاصیت ضدباکتریایی نیز قابل قبول است. قابل ذکر آن‌که با افزودن نانو نقره در خمیر کاغذ با میزان کمتر و افزایش پالایش خمیرکاغذ اسکناس، می‌توان هم خاصیت ضد باکتری به کاغذ داد و هم مقاومت‌های کاغذ را در حد قابل قبولی حفظ نمود.

واژه‌های کلیدی: نانو نقره، کاغذ ضدباکتری، پلی‌آکریل آمید کاتیونی، اسکناس، هاله عدم رشد

مقدمه

در طی سال‌ها و به مرور زمان اسکناس، به‌جزء لاینفک معاملات تجاری تبدیل شده است. در ایران حدود ۸ میلیارد قطعه اسکناس در جریان است که در یک دوره ۵ تا ۷ ساله درجامعه بین افراد با مشاغل مختلف در چرخش هستند (۱). اسکناس یا پول کاغذی مزایای زیادی دارد ولی متأسفانه در چرخش بودن و دست‌به‌دست شدن متوالی اسکناس باعث انتقال عوامل بیماری‌زای زیادی در جامعه می‌شود به‌طوری‌که می‌توان یکی از مهمترین و شاید کم نظیرترین عوامل انتقال دهنده بیماری‌های عفونی و انگلی در جامعه را اسکناس دانست (۲). با نگاهی به اطراف و دیدن مشاغل گوناگون می‌توان به‌این نتیجه رسید که اسکناس واقعا آلوده است به‌طوری که از رفتگران شهرداری، خدمتکاران و پرستاران بخش‌های عفونی گرفته تا کسانی که خرید و فروش ضایعات انجام می‌دهند با اسکناس سرو کار دارند لذا با رد و بدل کردن پول، آلودگی را نیز انتقال می‌دهند (۳). جهت بررسی میزان واقعی بار میکروبی اسکناس‌ها تحقیقات زیادی در ایران و دیگر کشورها صورت گرفته است به‌طوری که نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی روی اسکناس‌ها نشان می‌دهد که این میکروب‌ها به‌صورت انگل، قارچ، باکتری و حتی انواع مواد مخدر می‌باشند. به علاوه خون‌های خشک شده آلوده به هپاتیت و ایدز هم روی اسکناس‌ها مشاهده شده است (٤). در تحقیقی که در خصوص بررسی آلودگی قارچی اسکناس‌های متعلق به افراد درماتونیتوزیس[1] (عفونت‌های قارچی جلدی) در دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شده است تعداد ٦ مورد درماتوفیت[2] از کشت ٤۰۰ قطعه اسکناس که از بیماران کچلی گرفته شده بود به‌دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد از آنجایی‌که برخلاف وسایل شخصی مبتلایان به کچلی که اغلب با اکراه مورد مصرف قرار می‌گیرد، معمولاً حساسیتی به اخذ پول از این بیماران وجود ندارد و پول بیمار مبتلا به کچلی می‌تواند به عامل کچلی آلوده شود و به‌این ترتیب وسیله‌ای برای انتقال آلودگی به افراد سالم باشد (۵). در تحقیقات دیگری ثابت شده ٤٦ درصد از انواع اسکناس‌های ایران آلوده به باکتری گرم مثبت[3] و ٥٤ درصد دارای آلودگی گرم منفی بوده‌اند یعنی ۱۰۰

1- Dermatophytosis
2- Dermatophyte
3- Gram positive
4- Gram negative

www.SID.ir

Archive of SID

درصد اسکناس‌های ایران آلوده به باکتری‌های روده‌ای هستند و هم‌چنین تمیز بودن اسکناس دلیلی بر عاری بودن آن از باکتری نیست (٦). در سایر کشورها نیز در این خصوص تحقیقات زیادی صورت پذیرفته است به‌طوری‌که تحقیقات در کشور آمریکا نشان داد که در ۱۳ درصد سکه‌ها و ٤٢ درصد اسکناس‌های کاغذی جمع‌آوری شده، باکتری استافیلوکوکوس گرم مثبت و اشیرشیاکلی گرم منفی وجود دارد (٤). تحقیقاتی که در دانشگاه کالیفرنیا بر روی ۱۱۳ نمونه از اسکناس‌های رایج صورت پذیرفت نشان داد که اکثر اسکناس‌های مورد مطالعه، آلودگی میکروبی به اشیرشیاکلی و استافیلوکوکوس داشته‌اند (۲). نتایج تحقیقات در خصوص آلودگی اسکناس درکشور میانمار نیز نتایج مشابهی داشته است (۷). هم‌چنین در کشور مصر حدود ٦٥ درصد اسکناس‌ها به باکتری‌های روده‌ای استافیلوکوکس و اشیرشیاکلی آلودگی دارند (۲).

از نتایج پژوهش‌های صورت گرفته مشخص است دو باکتری استافیلوکوکوس و اشیرشیاکلی دو عامل اساسی در بار میکروبی اسکناس‌ها هستند. باکتری استافیلوکوکوس اورئوس، کوکسی گرم مثبت و بی‌هوازی است و در زیر میکروسکوپ به شکل خوشه‌ای می‌باشد. این باکتری گستره وسیعی از عفونت‌های ساده پوستی (جوشدانه، گل مژه، آبسه) تا بیماری‌های تهدید کننده زندگی مانند (پنومونی، منتژیت، اندوکارتیت) را ایجاد می‌کند. هر ساله در آمریکا ۵۰۰ هزار نفر در بیمارستان‌های این کشور به‌علت عفونت‌های این باکتری بستری می‌شوند (۸). باکتری دیگر باکتری اشیرشیاکلی نوعی باسیل گرم منفی می‌باشد و یکی از متنوع‌ترین گونه‌های باکتریایی است. برخی از گونه‌های این باکتری با تولید سم‌هایی باعث مسمومیت غذایی می‌شوند و برخی دیگر عامل آسیب به بافت روده شده و منجر به ایجاد اسهال خونی می‌گردند (۹).

در حال حاضر و در راستای مبارزه با عوامل بیماری زای فوق‌الذکر، استفاده از نانوساختارها بسیار فراگیر شده و مزایای زیادی هم در رابطه با استفاده از ذرات آلی و غیر آلی به‌دست آمده است. این امر از اینجا ناشی می‌شود که آنتی‌بیوتیک‌ها، تنها تعداد بسیار کمی از عوامل مسبب بیماری‌ها را از بین می‌برند در حالی که با استفاده از نانو ذرات فلزی می‌توان طیف وسیعی از باکتری‌ها را از بین برد (۱۰). عوامل ضدباکتری که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل مواد آلی و مواد غیر آلی هستند. مواد ضد باکتری آلی در طی سالیان طولانی به‌عنوان حشره‌کش‌ها و باکتری‌کش‌ها استفاده می‌شوند که متأسفانه حرارت بالا در مراحل صنعتی، خواص ضدباکتری آن‌ها را کاهش می‌دهد. عوامل ضدباکتری غیر آلی مانند نانو نقره دارای مقاومت باکتریایی و ثبات دمایی بسیار بالایی هستند و مطابق تحقیقات به‌دست آمده محلول نانونقره بسیاری از گونه‌های باکتری‌های شناخته شده و حتی ویروس HIV را از بین برده است (۱۱). ذرات نانو نقره از طریق بستن راه‌های تنفس و متابولیسم و تولیدمثل میکروارگانیسم، باعث از بین رفتن آن‌ها می‌شوند (۱۲). از همین رو استفاده از ترکیبات نانو نقره رو به گسترس می‌باشد.

در خصوص ضد باکتری کردن کاغذ، تحقیقی بر روی دو نوع ماده کیتوزان و نانو ذرات نقره جهت تولید کاغذ فیلتر انجام شد و نانو ذرات نقره را به‌عنوان بار منفی و ذرات کیتوزان را به‌عنوان بار مثبت به‌صورت لایه‌ای (LbL) روی الیاف نشاندند. در این تحقیق نشان داده شد با افزایش تعداد لایه‌ها خاصیت ضدباکتریایی بیشتر می‌گردد، به طوری‌که در لایه هشتم از مواد مذکور رشد باکتری‌ها که به‌صورت تست کدری اندازه‌گیری می‌شد به صفر رسید.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین خاصیت ضدباکتری کاغذها علیه پنج نوع باکتری ارزیابی شده که اثر ماده ضدباکتری بر روی باکتری‌های مختلف متفاوت بود. در این تحقیق کیتوزان اثر بهتری روی باکتری باسیلوس سوبتیلیس از خود نشان داده و در مقابل، نانو ذره نقره علیه استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی مؤثرتر بود (۱۳). نوشین نقش (۲۰۱۳) نانو نقره را با غلظت‌های ٤۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ ppm بر روی دیسک‌هایی، تلقیح نمود و در محیط کشت مغذی آگار قرار داد. با تنظیم میزان باکتری مطابق با غلظت استاندارد، در روزهای اول، دوم و ششم قطر هاله‌های عدم رشد بررسی گردیده و نتایج به‌این صورت اعلام شد که در روز اول بعد از تیمار و در غلظت ppm ٤۰۰، میانگین قطر هاله‌ها mm ۰/٤۳±۲/۳ و در روز دوم بعد از تیمار و در غلظت ppm ٤۰۰ میانگین قطر هاله‌ها mm ۰/۳۹±۲/٤۸ بود که از نظر آماری در مقایسه با گروه‌های شاهد افزایش معنی‌داری داشتند ولی قطر هاله‌های عدم رشد باکتری‌ها در روز دوم با روز اول معنی‌دار نبود. به‌طور کلی ایشان بیان داشتند که تأثیرات مهاری نانو نقره بر روی باکتری، ۳ روز بعد از تیمار در غلظت ppm ٤۰۰-۱۰۰ متناسب با غلظت مصرف آن افزایش می‌یابد ولی در غلظت ppm ٤۰۰ تفاوت معنی‌داری با ppm ۵۰۰ مشاهده نشد (۱٤).

در تحقیق دیگری جهت اتصال بیشتر ذرات نقره به الیاف و عملکرد بهتر آن، در پیش تیمار الیاف با مونومر کی لیت ساز Gma-ida[1] ترکیب CF-GI[2] تولید شد که باعث اتصال بیشتر ذرات نانو نقره به الیاف گردیده که این امر باعث می‌شود خاصیت ضدباکتری بیشتری ازخود بروز دهند. با افزایش غلظت محلول Gma-ida، نقره بیشتری جذب الیاف شدند. گفتنی است در این تحقیق نانونقره با اندازه ۷۵ نانومتر عملکرد بهتری داشت (۱۵).

با ظهور عوامل بیماری‌زای مقاوم در برابر داروها و آنتی‌بیوتیک‌ها، درمان بسیاری از بیماری‌های عفونی دشوارتر گردیده و توسعه مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها به‌صورت یک مشکل جدی در سلامت عمومی جوامع تبدیل شده است. طی بررسی و مطالعات انجام شده، محقق گردید که علی‌رغم این‌که بسیاری از بیماری‌های واگیردار می‌توانند از طریق تماس با اشیاء بی‌جان از جمله اسکناس منتقل شوند ولی تاکنون تحقیقی در خصوص تولید کاغذ اسکناس ضد باکتری گزارش نشده است و منابع مربوط به این موضوع بسیار محدود است. لذا تحقیق حاضر که ماده نانو نقره را، به دلیل خواصی از قبیل ویژگی‌های ضد باکتری، سمی نبودن و سازگاری با محیط زیست به‌عنوان عامل ضد باکتریایی در کاغذ اسکناس مورد بررسی قرار داده، می‌تواند در نوع خود منحصر به فرد بوده و از جذابیت‌های مطلوبی برخوردار باشد.

مواد و روش‌ها

خمیر کاغذ مورد استفاده در این تحقیق از پنبه داخلی (*G.hirsutum*) تهیه شد. برای تهیه خمیرکاغذ ابتدا پنبه را با قیچی به ابعاد حدود ۲ سانتی‌متر بریده و سپس طی سه مرحله با دستگاه دفیبراتور آزمایشگاهی به درجه روانی حدود ^{o}SR ۱۲ رسانیده شد. سپس با استفاده از پروکسید هیدروژن با غلظت ۵۰ درصد به مقدار ٤/۵ درصد وزن خشک خمیر و سیلیکات سدیم به مقدار ۱/۵ درصد وزن خشک خمیر و در PH قلیایی حدود ۱۱، که به‌وسیله سود ایجاد شد، در زمان ۱۲۰ دقیقه اقدام به رنگبری پنبه فوق‌الذکر گردید. در پایان با کمک دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی خمیری با درجه روانی ^{o}SR ۳٤ تهیه

1- Glycidyl methacrylate-iminodiacetic acid
2- Cotton Fiber- Glycidyl methacrylate-iminodiacetic acid

www.SID.ir

Archive of SID

شده و برای افزودن مواد افزودنی به درصد خشکی ۳/۱ درصد و pH خنثی رسانیده شد. نانو نقره مورد استفاده با اندازه متوسط ذرات ۵۰ نانومتر با غلظت ppm ٤۰۰۰ به رنگ قهوه‌ای روشن از شرکت رنگدانه شریف ساخت کشور ایران مورد استفاده قرار گرفت. همچنین پلی‌آکریل آمید کاتیونی[1] با بار کاتیونی متوسط و وزن ملکولی زیاد با نام تجاری Farinret K325 ساخت شرکت Degussa آلمان به‌عنوان کمک نگهدارنده جهت نشست بهتر نانو نقره روی الیاف استفاده شد. در این راستا و به‌منظور تشخیص اثر ضد باکتری بودن نانو نقره از دو باکتری اشیرشیا کلی گرم منفی ATCC: 25922 و استافیلو کوکوس گرم مثبت ATCC: 27853 استفاده گردید که این دو نوع باکتری از آزمایشگاه تشخیص طبی دکتر قهاری (بابلسر- ایران) تهیه شدند. جهت بررسی میکروسکوپی رشد باکتری‌ها از محیط کشت مغذی آگار استفاده گردید. برای آماده‌سازی، خمیر کاغذ به‌مدت ۱۵ دقیقه همزده شده تا کلوخه‌های آن باز شود و سپس درصد خشکی آن به ۰/۳ درصد کاهش داده شد تا مواد افزودنی به آن اضافه شود. برای نشاندن نانو ذرات با بار منفی بر روی الیاف میزان ۰/۳ درصد پلی‌اکریل آمید کاتیونی با غلظت ۱ درصد بر اساس وزن خشک خمیر اضافه گردید. سپس میزان ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ppm نانو ذرات نقره به خمیر اضافه کرده و از آن‌ها مطابق استاندارد ISO 5269/i:1999، کاغذهای دست‌ساز تهیه و بر اساس آئین‌نامه‌های مربوطه استاندارد مذکور مورد ارزیابی فیزیکی و نوری قرار گرفتند. جهت آزمون اندازه‌گیری هاله عدم رشد قطعات کاغذ تیمار شده و شاهد بر روی پلیت‌های حاوی محیط کشت جامد قرار داده شده و به میزان ۵ لاندا از باکتری‌ها بر روی پلیت به روش خطی اضافه گردید. پلیت‌های تهیه شده با نوار مخصوصی از جنس پارافین پوشانیده شده و به‌مدت ٢٤ ساعت در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته سپس به‌وسیله میکرسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ٤X ابعاد هاله عدم رشد باکتری‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین جهت اثبات نشست نانو نقره بر روی الیاف از میکروسکوپ الکترونی دستگاه مدل EM3200 ساخت کشور چین استفاده گردید.

طرح آماری: طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی بوده و نتایج حاصل از ارزیابی کلیه ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز تهیه شده از تیمارهای مختلف بر اساس آزمون تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای کلیه آنالیزها از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

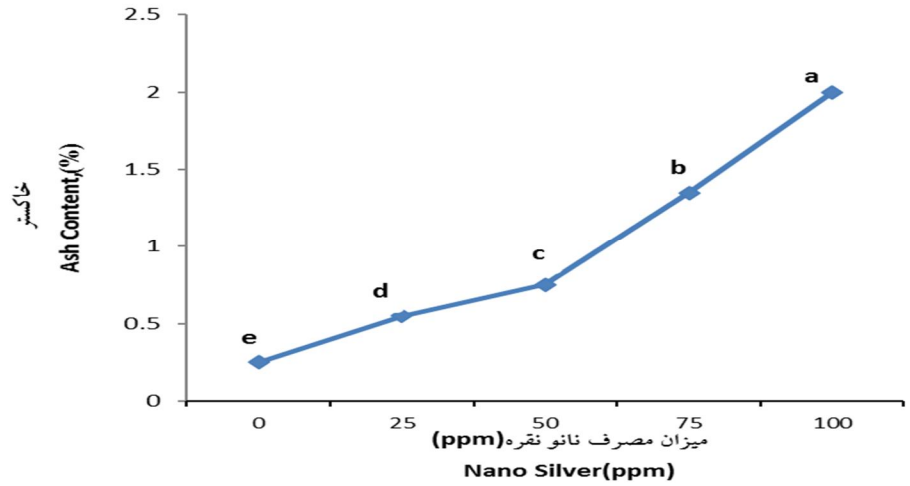
نتایج و بحث

میزان خاکستر: میزان خاکستر کاغذهای دست‌ساز در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مذکور مشاهده می‌شود میزان خاکستر کاغذهای دست‌ساز با افزایش میزان نانو نقره افزایش محسوسی داشته است. نتایج تجزیه واریانس نیز حاکی از آن است که اثر افزایش استفاده از نانو نقره بر خاکستر در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است.

1- Cationic Polyacrylamid

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تأثیر مقادیر مختلف مصرف ماده ضدباکتری نانو نقره بر میزان خاکستر کاغذ اسکناس.

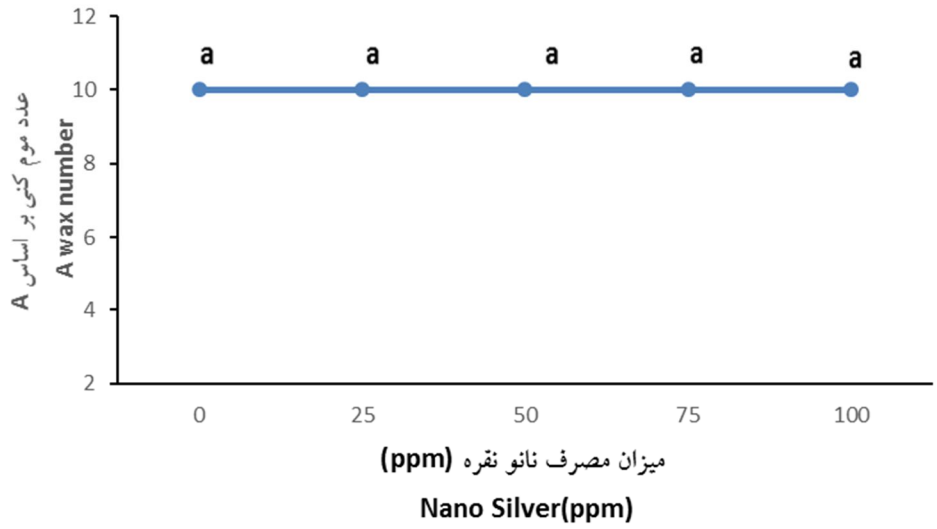
Figure 1. Eeffect of nano-silver consumption level on the ash contnet of bank-note paper.

وجود نانو نقره در ساختار کاغذ به‌علت معدنی بودن باعث افزایش میزان خاکستر می‌شود که این امر در اثر بدام افتادن این نانوذرات در بافت کاغذ ناشی از مصرف پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی رخ داده است. از آنجایی که پلی آکریل آمید کاتیونی دارای گروه‌های آمینی است که می‌توانند به‌خوبی با الیاف پیوند برقرار نمایند به احتمال بسیار زیاد بخش قابل توجهی از نانوذرات آنیونی نقره بر اثر نیروی جاذبه الکتروستاتیک جذب پلی اکریل آمید کاتیونی گردیده و بر روی الیاف تثبیت شده و بدین وسیله باعث افزایش میزان خاکستر کاغذ شوند (۱۶).

موم کنی: در بعضی کاغذها مانند کاغذ اسکناس و اوراق بهادار در هنگام چاپ افست و برجسته بر روی کاغذ، فرایند جداسازی روکش یا ورقه فلزی چاپ از کاغذ تحت پرس، باعث ایجاد کششی در جهت عمود بر سطح ورقه می‌گردد. قدرت این کشش ایجاد شده به میزان چسبناکی جوهر، سرعت جدا شدن ورق چاپ از کاغذ و زاویه جداشدن بستگی دارد (۱۷). مطابق با شکل ۲ میزان تست موم کنی عدد ثابتی هست و با افزایش میزان نانو نقره تغییری در میزان این تست اتفاق نمی‌افتد. لازم به ذکر است که یکی از رایج‌ترین روش‌ها جهت تعیین مقاومت کاغذ در جهت عمود بر سطح، تست wax (موم کنی) است که در این خصوص موم موردنظر که با قدرت چسبندگی ۲A تا ۲۶A شماره‌گذاری شده است بر سطح کاغذ چسبانیده شده و سپس کنده می‌شود به‌طوری‌که عدد بیشتر به معنای مقاومت بیشتر کاغذ در جهت عمود بر سطح آنست. در این تست شاخص wax در همه نمونه‌ها ثابت و در حد ۱۰A بوده است و از لحاظ آماری بین اعداد به‌دست آمده در اثر افزایش ماده کمک نگهدارنده و ذرات نانو نقره نسبت به نمونه شاهد که هیچ تیماری روی آن انجام نشده، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

www.SID.ir

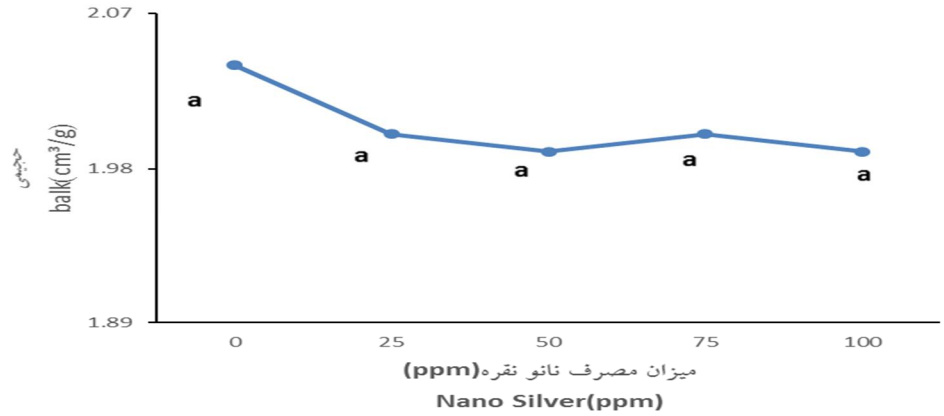
Archive of SID



شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف مصرف ماده ضدباکتری نانو نقره بر موم کنی کاغذ اسکناس.

Figure 2. Effect of nano-silver consumption level on the wax number of bank-note paper.

حجیمی: همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است با افزایش نانو نقره حجیمی کاغذهای دست‌ساز تا حدودی کاهش می‌یابد البته این میزان از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. کاهش تقریبی حجیمی می‌تواند به‌علت افزایش ماندگاری نرمه‌ها در بین الیاف باشد. در تولید کاغذ اسکناس ویژگی حجیمی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا برای ایجاد واترمارک‌های مختلف در کاغذ، حجیمی مناسب الزامی است. از این نظر باتوجه به این‌که مصرف نانو نقره در کاغذ تولید شده اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد ندارد لذا حجیمی کاغذهای تولید شده می‌توانند قابل قبول باشند.



شکل ۳- تأثیر مقادیر مختلف مصرف ماده ضدباکتری نانو نقره بر حجیمی کاغذ اسکناس.

Figure 3. The effect of nano-silver consumption level on the balk of bank-note paper.

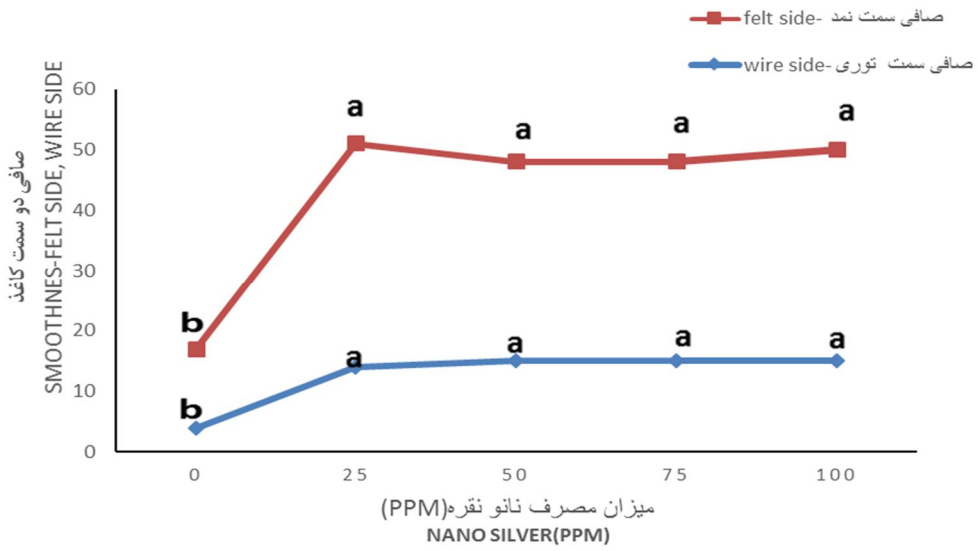
صافی: صافی سطح کاغذ یک خاصیت مهم برای کاغذهای چاپی از جمله اسکناس است که نیازمند کاغذهای صاف‌تری نسبت به دیگر فرایندها می‌باشند و با توجه به این‌که هر دو سمت کاغذ اسکناس چاپ می‌شود اختلاف صافی دو سمت کاغذ باید حداقل باشد (۱۷). همان‌طور که در شکل ٤ مشخص است

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله اول صافی سطح کاغذ با اضافه کردن نانو نقره و پلی اکریل آمید افزایش محسوسی می‌یابد ولی با افزایش میزان نانو نقره تغییری در صافی سطح مشاهده نمی‌گردد. صافی سطح کاغذ توسط تعدادی از متغیرهای فرایندی و مواد اولیه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به‌طور کلی می‌توان گفت استفاده از الیاف کوچکتر و ریزتر موجب افزایش صافی می‌شود. افزودن رنگدانه‌های پر کننده و مواد افزودنی نیز همان کاربرد را تداعی می‌کند، زیرا این مواد فضاهای موجود بین الیاف را در سطح ورقه پر می‌کند (۱۷).

در این تحقیق افزایش صافی کاغذهای دست‌ساز ناشی از اضافه کردن مواد پلی اکریل آمید و نانو نقره به‌علت جذب بیشتر نرمه‌ها و پر شدن لایه سطحی می‌باشد. با افزایش سطح میزان استفاده از نانو نقره این مقدار تقریباً ثابت است که می‌تواند تأثیر زیاد پلی اکریل آمید کاتیونی در خصوص جذب نرمه‌ها را نشان دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود سطح سمت نمد با افزایش نانو نقره افزایش قابل توجهی در مقایسه با سطح سمت توری داشته است.



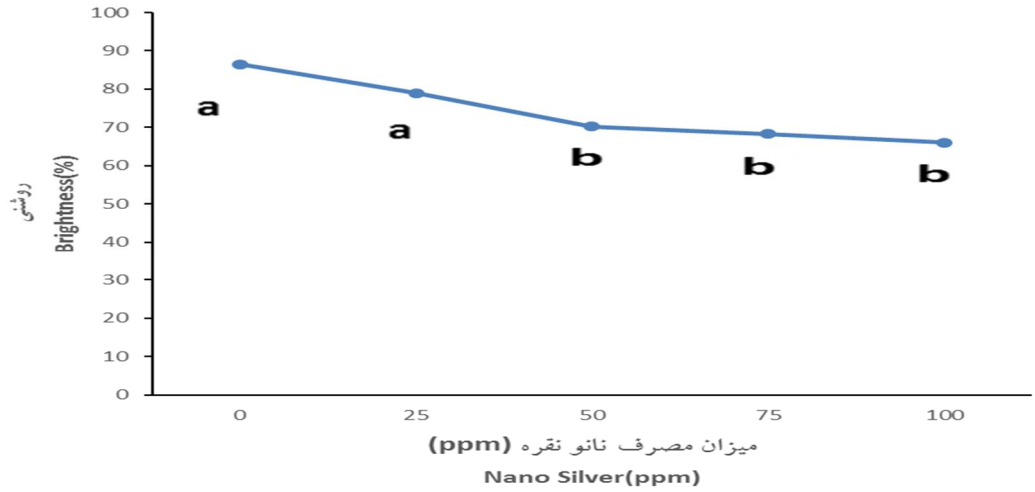
شکل ٤- تأثیر مقادیر مختلف مصرف نانو نقره و پلی اکریل آمید کاتیونی بر روی صافی کاغذ اسکناس.

Figure 4. Effect of nano-silver consumption level on the smoothness of paper bank-note.

روشنی: با توجه به شکل ۵ با افزایش میزان نانو نقره با یک مقدار ثابت پلی اکریل آمید، روشنی کاغذ کاهش یافته است و رنگ کاغذ به سمت قهوه‌ای روشن گرایش پیدا کرده است. نانو نقره به لحاظ رنگ خاص خودش باعث تغییر رنگ کاغذ می‌گردد و با استفاده بیشتر از نانو نقره تغییر رنگ بیشتر و کاهش روشنی شدیدتری رخ خواهد داد. رنگ نانو نقره مورد استفاده سوسپانسیونی به رنگ قهوه‌ای روشن بوده لذا با استفاده بیشتر از آن رنگ کاغذ به سمت قهوه‌ای روشن گرایش پیدا می‌کند. بنابراین با استفاده بیشتر از نانو نقره تغییر رنگ مشهودتر و کاهش روشنی بیشتر خواهد شد (۱۳).

www.SID.ir

Archive of SID

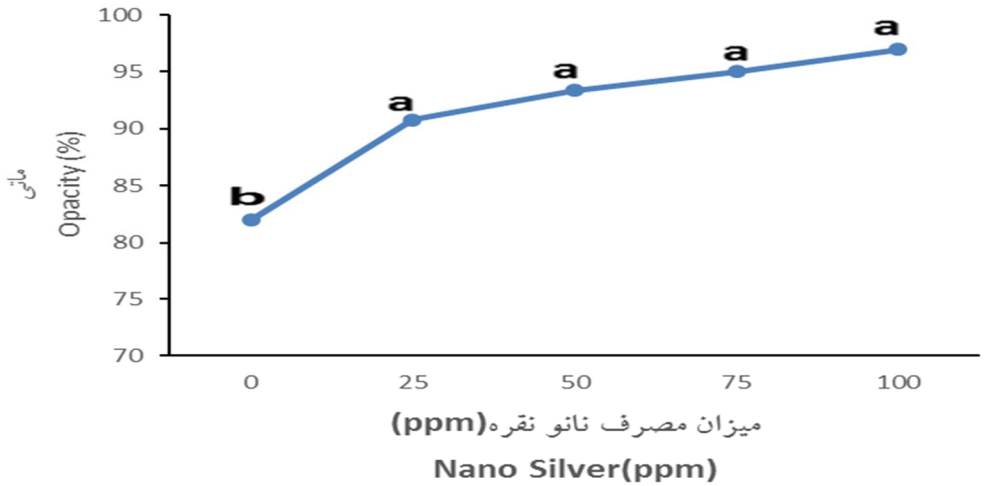


شکل ۵- تأثیر مقادیر مختلف مصرف ماده ضدباکتری نانو نقره بر درجه روشنی کاغذ اسکناس.

Figure 5. Effect of nano-silver consumption level on the brightness of paper bank-note.

نتایج این تحقیق یافته‌های آقای منتظر و همکاران (۲۰۱۲) را مورد تأئید قرار می‌دهد. در آن تحقیق نانو نقره عملکرد مناسبی در خصوص کاهش رشد باکتری‌های *E.coli* و *S. aureos* داشت ولی سبب کاهش سفیدی ابریشم شده بود. با توجه به میزان روشنی لازم برای کاغذ اسکناس (حدود ۸۰ درصد)، میزان نانو نقره با ۲۵ ppm مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد (۱۸).

ماتی: طبق شکل ٦ ماتی با افزایش استفاده از نانو نقره در حضور میزان ثابت پلی اکریل آمید افزایش زیادی داشته است. لازم به ذکر است به‌دلیل این‌که نانونقره مورد استفاده در کاغذ به رنگ قهوه‌ای روشن بوده لذا باعث افزایش معنی‌دار ماتی کاغذهای تولیدی گردیده است (١٦ و ١٧). این نتایج با یافته‌های ایمانی و همکاران (۲۰۱۱) که در خصوص تولید کاغذ فیلتر فعالیت کرده‌اند، مطابقت دارد (۱۳).



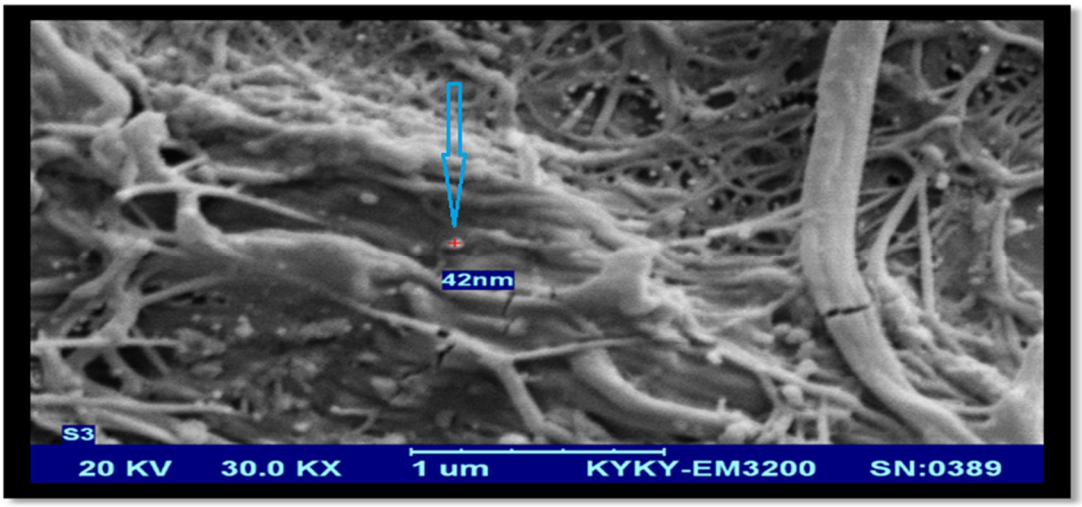
شکل ٦- تأثیر مقادیر مختلف مصرف ماده ضدباکتری نانو نقره بر ماتی کاغذ اسکناس.

Figure 6. Effect of nano-silver consumption level on the opacity of bank-note paper.

www.SID.ir

Archive of SID

تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM): جهت بررسی نشست نانو ذرات نقره بر روی الیاف کاغذ و هم‌چنین اندازه‌گیری ابعاد آن از تصویربرداری سطح کاغذ با میکروسکوپ الکترونی استفاده شد. مطابق با شکل ۷ در تصویر با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ برابر، ذرات نانونقره بر سطح الیاف در کاغذهای ساخته شده مشاهده می‌شود. همچنین متوسط ابعاد ذرات آن در سطح الیاف حدود ۵۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید.



شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی ذرات نانو نقره بر روی الیاف با بزرگنمائی ۳۰۰۰۰ برابر.

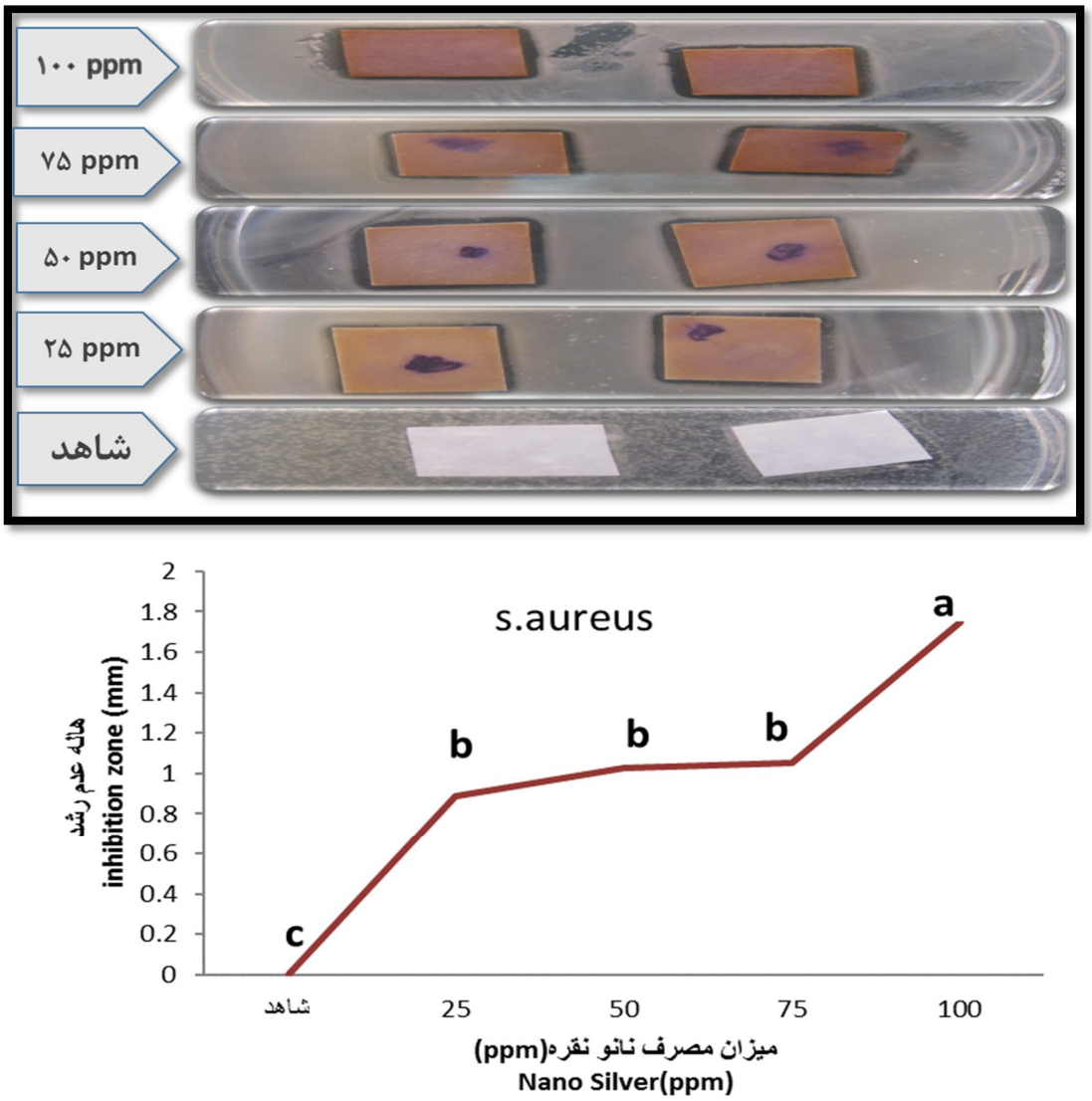
Figure 7. SEM image of nano- silver particles on the fiber.

بررسی میکروسکوپی و اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری‌ها

۱- اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس (*S.aureus*): نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدم رشد باکتری استافیلوکوکس در شکل ۸ آمده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است با افزایش میزان نانو نقره هاله عدم رشد افزایش محسوسی می‌یابد این نتایج با یافته‌های آصفی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص ضدباکتری کردن الیاف پنبه با استفاده از نانو ذرات نقره مطابقت دارد (۱۹).

www.SID.ir

Archive of SID



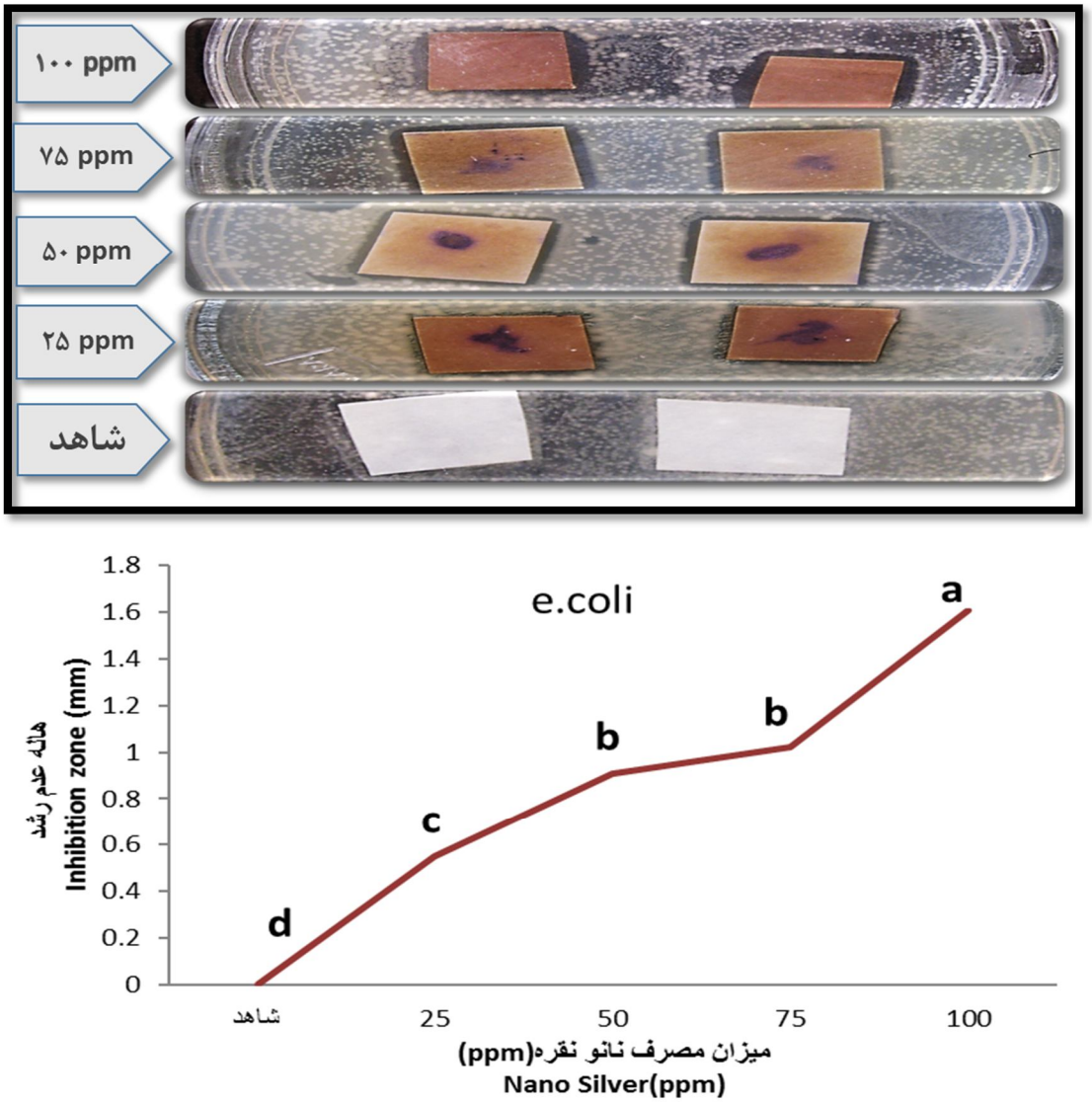
شکل ۸- تغییرات میزان هاله عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس پیرامون کاغذ حاصل از تیمارهای مختلف نانو ذرات نقره.

Figure 8. Inhibition zone of Staphylococcus bacteria around the paper made from different treatments of silver nanoparticles.

۲. اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری اشیرشیاکلی (*E.coli*): نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدم رشد باکتری *E.coli* در شکل ۹ نشان داده شده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است با افزایش میزان نانو نقره هاله عدم رشد افزایش محسوسی می‌یابد. نتایج تست اندازه‌گیری هاله این تحقیق با نتایج تحقیق نوشین نقش (۲۰۱۳) که در خصوص بررسی اثر نانو نقره بر رشد باکتری *E.coli* داشتند مطابقت دارد (۱٤).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- تغییرات میزان هاله عدم رشد باکتری اشیرشیا کلی پیرامون کاغذ حاصل از تیمارهای مختلف نانو ذرات نقره.

Figure 9. Inhibition zone of E. coli bacteria around the paper made from different treatments of silver nanoparticles.

با توجه به شکل ۸ و ۹ در مورد هر دو نوع باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس، کاغذ تیمار شده با نانونقره نسبت به نمونه شاهد، مقاومت بسیار بالاتری نسبت به باکتری از خود نشان می‌دهد. طبق نتایج تحقیق حاضر با افزایش میزان نانو نقره هاله عدم رشد افزایش داشته است، به‌طوری‌که بیشترین هاله عدم رشد مربوط به میزان مصرف ppm ۱۰۰ بوده است. این امر نشان دهنده جذب بیشتر نانو نقره و درنتیجه افزایش اثر ضد میکروبی آن در کاغذ حاصله می‌باشد. یافته‌های حاضر با نتایج حاجی میرزا بابا (۲۰۱۲) که تحقیقاتی در زمینه اثر ضد میکروبی کفپوش نایلونی حاوی نانونقره انجام داد مطابقت دارد (۲۰). در این راستا تحقیقات انجام شده در خصوص مکانیسم واکنش و فعل وانفعالات نانو نقره با ماکرومولکول‌های بیولوژیکی، تشکیل هاله عدم رشد و همچنین دگرگون ساختن میکروارگانیسم به‌وسیله تبدیل پیوندهای SH پروتئین‌های موجود بر سطح سلول باکتری‌ها بوده است. این قبیل پروتئین‌ها از

www.SID.ir

Archive of SID

غشاء سلولی باکتری به سمت بیرون برآمدگی داشته و موجب انتقال مواد غذایی از دیواره سلولی می‌شوند (۲۱). در این مکانیسم ذرات نانو نقره فلزی به مرور زمان یون‌های نقره از خود ساطع می‌کنند. این یون‌ها طی واکنش جانشینی، پیوندهای SH را در جداره میکروارگانیسم به پیوندهای S-Ag تبدیل کرده، به‌این صورت که نانو نقره این پروتئین‌ها را غیرفعال کرده، نفوذپذیری غشاء را کاهش داده و سر انجام باعث مرگ سلول می‌گردد که نتیجه آن از بین رفتن میکروارگانیسم می‌باشد (۲۲). در اشکال فوق‌الذکر میزان هاله عدم رشد نمونه حاوی باکتری استافیلوکوکوس از نمونه حاوی باکتری اشرشیاکلی بیشتر بوده است. به‌طورکلی باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی حساسیت بیشتری به نانو ذرات نقره از خود نشان می‌دهند که علت آن به اختلاف ساختمانی دیواره باکتری مربوط می‌شود به‌طوری‌که دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت سرشار از ترکیبات موکوپپتیدی بوده، در حالی‌که دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی فقط لایه نازکی از موکوپپتید داشته و قسمت اعظم ساختمان دیواره در آن‌ها لیپو پروتئین و لیپو پلی ساکارید است. لذا باکتری اشبرشیاکلی مقاومت بیشتری در مقابل مواد ضد باکتری از خود نشان می‌دهد (۲۳). یافته‌های پژوهش حاضر موافق و مطابق با پژوهش‌های قبلی از جمله آزمایش جیانگ و همکاران، (۲۰۰٤) است که تحقیقی در زمینه اثرات ضدباکتریایی نانو مواد انجام داده‌اند (۲٤).

نتیجه‌گیری

خواص حفاظتی نانو نقره در دهه اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و تأثیر آن در برابر عوامل بیولوژیک مورد تأئید قرار گرفته است. در این راستا، با توجه به این‌که کاغذ اسکناس در تبادلات اجتماعی منشأ انتقال بسیاری از بیماری‌ها از جمله باکتری‌ها می‌باشد لذا تحقیق حاضر بر استفاده از نانوذره نقره به‌عنوان یک ماده ضد باکتری برای تولید کاغذ ضد باکتری متمرکز گردید. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش میزان مصرف نانو نقره در کاغذ میزان خاکستر، صافی سطح و ماتی کاغذ افزایش و روشنی آن کاهش یافته و در مقابل به‌کارگیری نانوذره فوق بر آزمون موم‌کنی و حجیمی بی‌تأثیر بوده است. در خصوص آزمون بیولوژیکی، نتایج نشان داد با مصرف بیشتر نانو نقره خصوصیات ضدباکتری کاغذ و هاله عدم رشد بیشتر می‌گردد. با در نظر گرفتن کلیه نتایج میزان مصرف ۲۵ ppm به‌عنوان میزان مصرف بهینه برای نانونقره تعیین گردید. در میزان مصرف ۲۵ ppm فاکتورهای فیزیکی کاغذ و شرایط نوری بسیار نزدیک به کاغذ شاهد می‌باشد و هم چنین خاصیت ضدباکتریایی نیز قابل قبول است. قابل ذکر آنکه با افزودن نانو نقره در خمیر کاغذ به میزان کمتر و در کنار آن افزایش پالایش خمیرکاغذ اسکناس، می‌توان هم خاصیت ضد باکتری به کاغذ داد و هم مقاومت‌های کاغذ را در حد قابل قبولی حفظ نمود که شاید به‌کارگیری توأم این دو را بتوان به‌عنوان یک راهکار عملیاتی پیشنهاد داد.

منابع

1.Sohili, K., Fatahi, S.H., and Jeyhonipour, M. 2013. Influence the flow of electronic money on volume of currency in circulation. Quarterly economic research. 14: 1.79-114. (In Persian)
2.El-Dars, FM., and Hassan, WM. 2005. A preliminary bacterial study of Egyptian paper money. Int. J. Environ. Health. Res. 15: 3. 235-239.
3.Pope, T.W., Ender, P.T., WoelkKorroscil, M.A., and Korocil, T.M. 2002. Bacterial contamination of paper currency, south med. J. 95: 12.1408-1410.

www.SID.ir

Archive of SID

4.Abrams, B.L., and Waterman, N.G. 1972. Dirty money. Associ. 219.1202-1203.
5.Rokohy, F., Rizvi, S.H., and Hashmi, S.J. 2014. Study of fungal contamination of banknotes dermatopHytosis. Journal of Medical Microbiologycurrency. 7: 4. 46-43.
6.Siddiqui, B., Shojayy Arani, A., Mozaffari, N.A., and Tahery, A. 2007. Paper bills variety of bacterial infections. J. Work and Health. 3: 1. 19-22.
7.Khin, O., and pHya, T. 1989. Contamination of currency notes with enteric bacterial pathogens. J. Diarrhoeal Disres. 7: 3-4.92-94.
8.Kluytmans, J., Van Belkum, A., and Verbrugh, H. 1997. Nasal carriage of Staphylococcus aureus: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. Clin. Microbiol. Rev. 10: 3.505–520.
9.Battistuzzi, F.U., Feijao, A., and Hedges, S.B. 2004. A genomic timescale of prokaryote evolution: insights into the origin of methanogens, phototropHy, and the colonization of land. BMC Evol. Biol. 4: 5. 44-53.
10.Stoimenov, R.L., Klineger, G.L., Marchin, S., and Klabunde, K.J. 2002. Metal oxide nano pareticles as bactericidal agent's langmuir. 18: 6679-6688.
11.Green, F., and Arango, R.A. 2007. Wood protection by commercial silver formulations against eastem subterranean termites, paper prepared for the 38th annual meeting jackson lake lodge, wyoming, usa, 20-24 may, irg secretariat, (http://www.irg-wp.com).
12.Kelasen, H.J. 2000. A historical review of the use of silver in the treatment of burns: part I. early uses. Burns, 30: 1-9.
13.Imani, R., Talaiepour, M., Dutta, J., Ghobadinezhad, M., Hemmasi, A., and Nazhad, M. 2011. Antibacterial filter paper, J. Bioresources. 6: 1.891-900.
14.Nagsh, N., Safari, M., and Haj Mehrabi, P. 2012. Study effect of silver nanoparticles on the growth of E. coli bacteria. J. the Medical University qom. 6: 2. 68-65. (In Persian)
15.Chen, C.Y., and Chiang, C.I. 2008. Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles, materials letters. 62: 21-22. 3607-3609.
16.Hamzeh, Y., and Rostampour, A. 2008. Principales of papermaking chemistry, Tehran Unive. Public. 424p. (In Persian)
17.Afra, E. 2003. Properties of paper an introduction. Agricultural Sciences public. 392p. (Translated in Persian)
18.Montazer, M., Sadatdar, A., and Rahimi, M. 2012. Production of antibacterial Silk by proteases enzyme and nano silver. J. the Association of Iranian carpets. 19: 75-82. (In Persian)
19.Asefi Poor, A., Yavary Gohar, M., and Zkayy, K. 2010. Production of Antibacterial cotton fibers with silver nanoparticles. National Conference on Nanomaterials and Nanotechnology. Islamic Azad University, Najaf Abad Branch. Iran. (In Persian)
20.Haji Mirza Baba, H., Montazerz, M., and Rahimi, M.K. 2012. Study of antibacterial effect of nano-silver on the plastic flooring. Islamic Azad University of Medical Sciences, 21: 2. 101-107. (In Persian)
21.Baumgartner, J.N., and Cooper, S.l. 1996. Bacterialadhesion on polyure thane surfaces conditioned with thrombus com ponents, J. ameri socity of artific inter org. 42: 5.476-479.
22.Tahan, C., Leung, R., Zenner, GM., Ellison, K.D., Crone, WC., and Miller, C.A. 2006. Nanotechnology and Improving Packaged Food Quality and Safety: Part 2. Nanocomposites. Am. J. PHysics. 74: 5.443-448.
23.Tassou, C.C., and Nychas, G.J. 1995. Antimicrobial activity of the essential oil of mastic fun on gram positive and gram negative bacteria in broth and model food systems, Int.biodeterio.biodegard. 36: 411-420.
24.Giang, H.S., and manolaches, S. 2004. Plasma-enhanced deposition of silver nanoparticles onto polymer metal surfaces for the generetion of antimicrobial characterics, J. appl. polym. Sci. 93: 3.1411-1422

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (2), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Study of physical, optical and biological properties of antibacterial bank-note paper including Nano-silver

***O. Yazdani Aghmashhadi[1], Gh. Asadpour Atoee[2], E. Rasooly Garmaroody[3] and R. Imani[4]**

[1]Ph.D. Student of Pulp and Paper Industries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept., of Cellulose and Paper Technology, Shahid Beheshti University, Zirab, Savadkooh, [4]Ph.D. Graduate of Islamic azad University

Received: 12/09/2015; Accepted: 03/11/2017

Abstract

Background and objectives: The purpose of this research is the production of antibacterial banknote paper using silver nanoparticles. Bank-notes have been a part of commercial exchanges from the past. There are about 8 billion Bank-note leaves in Iran that have been in circulation in a 5-year period. This amount of Bank-notes and the frequency with which they are touched can promote transmission of many pathogenic factors, especially bacteria. Based on scientific research results, Bank-notes are seriously contaminated and must be considered a potential danger to society. In the field of antibacterial paper, an investigation was performed on two materials, chitosan and Nanosilver particles to produce filter paper and Nanosilver and chitosan particles were applied as negatively and positively charged layers over the fibers (LBL), respectively. It was found that with increasing numbers of the layers, there were increases antibacterial properties.

Materials and methods: In this study, Laboratory pulp made from Iranian cotton fiber, were used to produce antibacterial bank-note paper. To prepare above-mentioned pulp, its freeness was received to 12 oSR by laboratory Defibrator. Then, obtained pulp was bleached by H2O2 in 120 oC, pH=11, 120min and after refining to 34 oSR, were adjusted 3.1% consistency and neutral pH to adding additives. Antibacterial Nano-silver with amounts of 25, 50, 75 and 100 ppm as antibacterial material and 0.3% Cationic-Polyacrylamide (C-PAM) as retention aids were used as additives. Then, standard handsheets 90 g/m2 were made from above pulps and compared to reference handsheets in physical and optical properties. For biological test of papers, bacterial inhibition measurement of S.Aureus and E.Coli as to indicator bacteria in biological tests was used.

Results: Results showed that increasing in nano-silver consumption was led to increasing in ash content, smoothness and opacity of paper; lacking in brightness and had no effect in wax test and bulk of paper. Biological test results showed that by increasing in nano-silver consumption, antibacterial properties of paper and consequently bacterial inhibition area were increased.

Conclusion: According to all results, 25 ppm of nano-silver consumption was determined as optimized treatment. In this consumption level of nanosilver, physical and optical properties of paper are very similar to control samples with accepted antibacterial properties. By adding of low levels of Nanosilver in pulp suspension and then applying supplemental refining of the fiber furnish, both antibacterial and mechanical properties of Bank-note paper likely will be increased.

***Keywords*:** Nano silver, Anti-bacterial paper, Cationic polyacrylamide, Bank-note paper, Inhibition zone

*Corresponding author: omidyazdani29@yahoo.com

www.SID.ir