



دانشگاه گورگان، دانشکده مهندسی صنایع غذایی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم و دوم، شماره دوم، ۱۳۹۴

<http://jwfst.gau.ac.ir>

بهبود خواص آنتی باکتریال کاغذهای بهداشتی با استفاده از ذرات نانو نقره

*الیاس افرا^۱، مریم محمدی^۲، رضا ایمانی^۳، پروانه نارچین^۴ و شیوا روشنی^۵

^۱دانشیار صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دکتری تخصصی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ^۳دانشجوی دکتری، صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: کاغذ نقش مهمی را در رفع نیازمندی‌های زندگی انسان بازی می‌کند. از بین انواع دسته‌جات کاغذ مورد مصرف، کلاسه کاغذهای بهداشتی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. یکی از مهم‌ترین ملزومات کاغذهای بهداشتی، استریل و عاری از میکروب بودن آن‌ها می‌باشد. از طرفی در تولید این دسته از کاغذها، جدای از اهمیت استریل بودن، ایجاد خواص ضد باکتریایی نیز بسیار حائز اهمیت است که در فرایندهای تولید داخلی توجه به آن کمتر به چشم می‌خورد. در این تحقیق به منظور بهبود خواص ضدباکتریایی کاغذ از نانوذرات نقره استفاده شد.

مواد و روش‌ها: این ماده در دو سطح غلظت ۲۵ ppm و ۱۰۰ ppm در خمیر کاغذ استفاده گردید. پس از تولید کاغذ دست‌ساز، از نمونه شاهد و نمونه تیمار شده خواص ضدباکتریایی کاغذها با استفاده از روش OD (بررسی عدد جذب محیط کشت باکتری به وسیله دستگاه کدورت‌سنج) ارزیابی گردید. به این منظور خاصیت ضدباکتریایی کاغذها به وسیله دو نوع باکتری اشرشیاکلی و باسیلوس سوبتیلیس که به ترتیب نماینده باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت هستند مورد بررسی قرار گرفت.

*مسئول مکاتبه: afra@gau.ac.ir

یافته‌ها: کاغذ تیمار شده با نانو نقره در سطح ppm ۱۰۰، رشد باکتری اشرشیاکلی را تا حدود درصد کاهش داده است. این در حالی است که کاغذ تیمار شده با نانونقره در سطح ppm ۲۵، تنها حدوداً ۶۳ درصد رشد این باکتری را کاهش داده است. با افزایش میزان نشست نانو ذرات نقره بر روی الیاف، خاصیت ضدباکتری کاغذهای تیمار شده نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که افزودن نانو نقره به کاغذ موجب کاهش رشد باسیلوس سوبتیلیس گردیده است. افزودن نانوذرات نقره در سطح ppm ۲۵ و ppm ۱۰۰ به ترتیب رشد باکتری باسیلوس را ۴۹ درصد و ۵۵ درصد کاهش داده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داده است که ذرات نانونقره در سطوح مصرف برابر، رشد باکتری اشرشیاکلی را در مقایسه با باکتری باسیلوس به مقدار بیشتری کاهش داد. از طرفی در مقادیر مصرف بسیار کمتر نانونقره (۲۵ ppm) میزان رشد هر دو باکتری به میزان قابل توجهی در مقایسه با مقدار مصرف ppm ۱۰۰ کاهش یافت که از لحاظ جنبه‌های ایمنی و سلامتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده به کارگیری نانو نقره، هم‌چون برخی افزودنی‌ها و پرکننده‌های متداول، تأثیر منفی در افت ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری نشان نداد. بر اساس نتایج به دست آمده از خواص فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذهای تیمار شده و شاهد می‌توان به این نتیجه رسید که در به کارگیری ذرات نانو نقره اثرات سوء متداول در استفاده از افزودنی‌ها و پرکننده‌های متداول در کاغذ مشاهده نگردیده است.

واژه‌های کلیدی: نانو نقره، خواص ضدباکتریایی، اشرشیا کلی، باسیلوس

مقدمه

کاغذ به‌عنوان یک محصول استراتژیک نقش مهمی را در رفع نیازمندی‌های زندگی انسان بازی می‌کند. از بین انواع دسته‌جات کاغذ مورد مصرف در زندگی بشر، کلاسه کاغذهای بهداشتی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است که سرانه مصرف آن شاخصی از توسعه یافتگی بهداشت و فرهنگ جوامع بشری می‌باشد. به‌عنوان مثال سرانه کاغذهای بهداشتی در سال ۸۹ در ایران با احتساب جمعیت ۷۵ میلیون نفر معادل ۱/۲۵ کیلوگرم بوده است. این در حالی است که مصرف سرانه جهانی این دسته از کاغذها معادل ۴ کیلوگرم و مقدار مصرف سرانه آن در کشور آمریکا ۲۵ کیلوگرم می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین ملزومات کاغذهای بهداشتی، استریل و عاری از میکروب بودن آن‌ها می‌باشد. از طرفی کاغذهای بهداشتی از جمله کاغذهای مورد استفاده در تولید انواع پوشک بچه و دستمال توالت، همواره در تماس با اعضای حساس بدن و انواع باکتری‌های بیماری‌زا می‌باشند. لذا در تولید این دسته از کاغذها، جدای از اهمیت استریل بودن، ایجاد خواص ضد باکتریایی نیز بسیار حائز اهمیت است که در فرایندهای تولید داخلی توجه به آن کمتر به چشم می‌خورد.

از شیوه‌های متداول استریل نمودن کاغذهای بهداشتی در صنعت می‌توان از فرایند استفاده از پراکسید هیدروژن در مرحله رنگبری و اعمال حرارت در خشک‌کننده یانکی نام برد. این روش‌ها از جمله روش‌های شیمیایی و فیزیکی جهت کم کردن بار میکروبی موجود در سیستم کاغذسازی هستند. این در حالی است که این روش‌ها نمی‌توانند با اطمینان کافی کلیه میکروب‌ها را از بین ببرند، بلکه تنها از طریق کاهش تعداد میکروب‌ها احتمال انتقال انواع عفونت را کاهش می‌دهد (۹).

به‌منظور بهبود پتانسیل استریل نمودن کاغذ و جلوگیری از رشد و توسعه باکتری‌ها و میکروب‌ها در زمان کاربرد این کاغذها، می‌توان در تولید کاغذ از مواد مختلفی همچون نانو دی‌اکسیدتیتانیوم، نانو اکسیدروی، نانو نقره و ... استفاده نمود. در این بین نانو نقره از جایگاه ویژه‌ای در بهبود خواص ضدباکتریایی در محصولات پارچه‌ای، کاغذی و غیره برخوردار است.

نانو ذرات نقره برای عوامل بیماری‌زا یک سم تلقی می‌شوند. محققین مکانیسم‌های متفاوتی را برای تبیین چگونگی اثرگذاری نقره بر میکروب‌ها یافته‌اند. به‌دلیل همین تعدد مکانیسم‌ها است که میکروب‌ها نمی‌توانند نسبت به نقره سازگار شوند و یا مقاومت پیدا کنند. برخی از این مکانیسم‌ها عبارتند از:

۱. تولید اکسیژن فعال توسط نقره، بیش‌تر در مورد کامپوزیت‌های نانو نقره‌ای صدق می‌کند و روی پایه‌های نیمه‌هادی مانند TiO_2 یا SiO_2 قرار گرفته می‌شود. در این وضعیت ذره مانند یک پیل الکتروشیمیایی عمل می‌کند و با اکسید کردن اتم اکسیژن، یون اکسیژن و با هیدرولیز کردن آب، یون OH^- را تولید می‌کند که هر دو از بنیان‌های فعال و از قوی‌ترین عاملین ضد میکروبی می‌باشند.
۲. ذرات نانونقره فلزی به مرور زمان یون‌های نقره از خود ساطع می‌کنند. این یون‌ها طی واکنش جانشینی، باندهای $-SH$ را در جداره میکروارگانیزم به باندهای $-SAg$ تبدیل می‌کنند، که نتیجه این واکنش نابود شدن میکروارگانیزم‌ها است.

۳. نانو ذرات نقره پتانسیل غشایی پلاسما را ناپایدار می‌کند که نتیجه آن کاهش سطح ATP (آدنوزین تری فسفات) درون سلول می‌باشد. این عمل با هدف قرار دادن غشاء سلول باکتری انجام می‌شود و باعث مرگ باکتری می‌گردد.

۴. ذرات نقره به سطح غشاء سلول می‌چسبند و کارهای معمولی سلول نظیر تنفس و انتقال مواد را مختل می‌کنند. این نظریه ناشی از بازده بالای نانوذرات است، زیرا با افزایش سطح ذرات میزان چسبندگی به سطح سلول نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه راندمان میکروبی بالتر می‌رود (۱۰).

۵. نانوذرات نقره نه تنها در سطح سلول بلکه به داخل آن نیز رخنه می‌کنند. در نتیجه با ایجاد پیوند با سفر و گوگردی که در داخل ترکیبات سلول نظیر DNA وجود دارد باعث کشتن و از بین رفتن میکروب می‌شود.

با لحاظ نمودن مکانیسم ضدباکتریایی نقره، در تبدیل ذرات میکرونی نقره به نانو نقره، به دلیل اثر افزایش سطح ویژه و در نتیجه پیروی ماده از فیزیک کوانتم در حالت نانو، اثرات ارائه شده به شدت افزایش می‌یابد. نقره در ابعاد بزرگ‌تر، فلزی با خاصیت واکنش‌دهی کم می‌باشد، ولی زمانی که به ابعاد کوچک در حد نانومتر تبدیل می‌شود خاصیت میکروبی آن بیش از ۹۹ درصد افزایش می‌یابد، این افزایش تا حدی است که می‌توان از آن جهت بهبود جراحات و عفونت‌ها استفاده نمود. تاکنون از ذرات نانو نقره و یا مشتقات آن در تخته فیبر لامینه (۶)، الیاف (۱)، الیاف پارچه (۷)، الیاف نایلونی و ابریشمی (۲) الیاف مصنوعی پلی‌پروپیلن، پارچه پلی‌استری (۱۳) و ... استفاده و خواص ضد باکتریایی آن مورد تأیید قرار گرفته است. ایمانی و همکارانش (۴) به نقش کیتوزان^۱ و نانوذره نقره در تولید کاغذ ضدباکتری پرداختند. در این پژوهش با استفاده از روش لایه به لایه^۲ مواد پلی‌مری مانند، کیتوزان و کریوکسی متیل سلولز و نانو ذراتی مانند، نانو ذرات نقره و سیلیکا روی الیاف نشانده شد. نتایج مورد انتظار تولید کاغذ ضد باکتری با حفظ مقاومت‌های آن بوده است. همچنین ناترسیا و همکارانش (۲۰۱۲) از کامپوزیت نانو فیبرسلولز و نانو نقره به‌عنوان پرکننده در فرمول پوشش دهنده بر پایه نشاسته جهت بهبود خواص ضدباکتریایی کاغذ حاصل از اکالیپتوس استفاده کردند. نتیجه استفاده از این کامپوزیت به از بین رفتن باکتری‌ها انجامید. لذا هدف این تحقیق بهبود خواص ضدباکتریایی کاغذهای بهداشتی فقط با استفاده از ذرات نانونقره می‌باشد.

1- Chitosan

2- Layer by layer

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، خمیر کرافت رنگبری شده چوب کاج به‌عنوان منبع تامین الیاف سلولزی از کارخانه کاغذسازی لطیف و نانو نقره شفاف^۱ از شرکت مهندسی نانو لوتوس پاسارگاد تهیه گردید. باکتری‌های اشرشیا کلی^۲ و باسیلوس سوبتیلیس^۳ از گروه میکروبیولوژی دانشگاه علوم پزشکی گرگان تهیه شد. در این تحقیق، فرایند تیمار الیاف و کاغذسازی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی تهران انجام شد و بررسی خواص ضد میکروبی در دانشگاه علوم پزشکی گرگان انجام گرفت. به‌منظور تهیه کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی از استاندارد T۲۰۵sp-۰۲ آئین‌نامه تاپی^۴ استفاده شد. نانوذره نقره- دارای بار سطحی مثبت بوده و لذا به راحتی بر روی الیاف سلولزی با بار منفی تثبیت گردید. جهت تیمار الیاف با نانو نقره مقدار ۲۵ppm و ۱۰۰ ppm از این ماده به سوسپانسیون خمیر کاغذ اضافه شد و جهت تهیه کاغذ مورد استفاده قرار گرفت.

آزمون‌های ضد میکروبی علیه دو نوع باکتری براساس روش کدورت سنجی انجام شد. در این آزمون نمونه‌های کاغذ کاملاً استریل شدند و هر نمونه کاغذ با وزن ۰/۰۵ گرم در داخل لوله آزمایش حاوی ۵ ml محیط کشت و باکتری مورد نظر بود قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت مقدار کدورت که نشان دهنده رشد باکتری است، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج ۲۰۰۰-۷۲۲ در فرکانس ۶۲۰ nm اندازه‌گیری شد. اعداد جذب بر اساس رشد باکتری شاهد به‌صورت درصد رشد باکتری ارائه شدند. تصاویر SEM به‌منظور بررسی وجود نانو ذرات روی سطح الیاف تیمار شده و چگونگی نشست و توزیع آن بر روی الیاف، توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی پیمایش گر KYKY-EM۳۲۰۰ تهیه شد.

نتایج

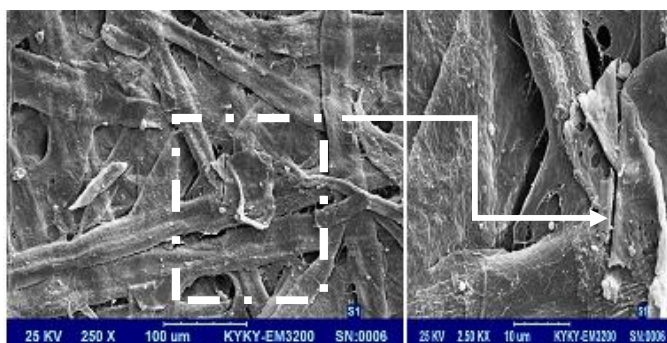
بررسی ساختار سطحی الیاف: تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی می‌تواند به‌عنوان معیاری از نشست نانوذرات نقره روی سطح الیاف به‌کار گرفته شود. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد، وجود نانوذرات نقره روی سطح الیاف بیانگر آن است که عملیات تیمار بر روی الیاف به‌خوبی انجام

1- Pellucid

2- *E. coli* (PPCC 1553)3- *Bacillus subtilis* (ATCC 2134)

4- TAPPI

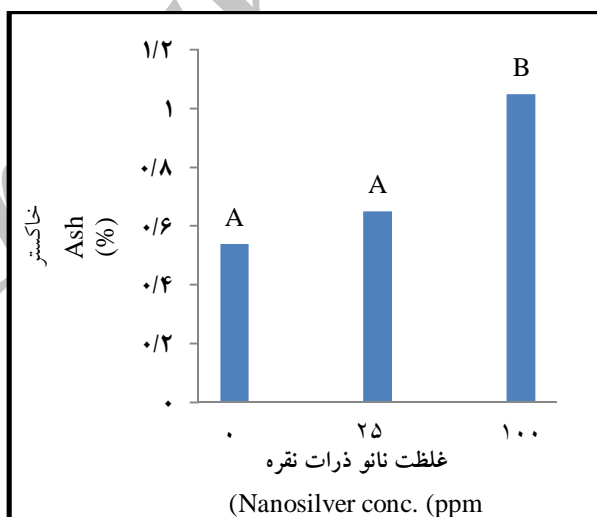
شده است. بر اساس این تصویر، تعداد زیادی از ذرات سفید رنگ تقریباً درشت‌تر نانونقره بر روی سطح الیاف و در بین الیاف مشاهده می‌گردد.



شکل ۱- تصاویر الکترونی سطوح کاغذ تیمار شده با نانو نقره.

Figure 1- SEM micrograph of the sheet surface treated with nanosilver

درصد خاکستر موجود در کاغذ: نتایج تجزیه واریانس درصدخاکستر موجود در کاغذ حاکی از آن است که بین کاغذهای دست‌ساز از لحاظ میزان ماندگاری نانوذرات نقره در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



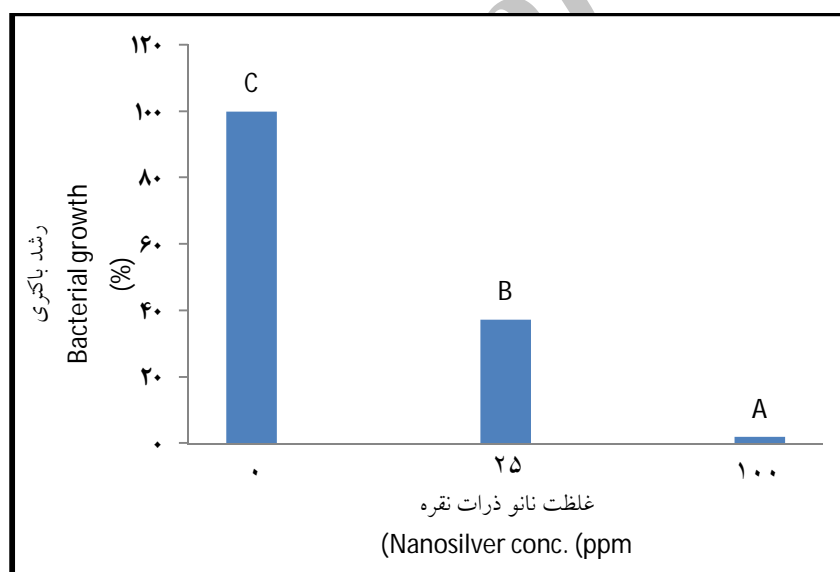
شکل ۲- تأثیر استفاده از نانو نقره بر میزان خاکستر کاغذ

Figure 2- The effect of using nanosilver on paper ash content

شکل ۲ درصد خاکستر کاغذهای تیمار نشده و تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانو ذرات نقره را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار خاکستر در کاغذهای تیمار شده به‌وسیله نانو ذرات نقره نسبت به کاغذ شاهد بیشتر است که این اختلاف مقدار به نوعی موید حضور ذرات نانو نقره در کاغذ می‌باشد. از طرفی با افزایش غلظت این مواد در کاغذ مقدار خاکستر نیز بیشتر می‌شود. این افزایش میزان خاکستر، حاکی از ماندگاری مقادیر بیشتر نانوذرات نقره در کاغذ است.

خاصیت ضد میکروبی کاغذهای تیمار شده

تأثیر استفاده از نانوذرات نقره بر روی کاهش رشد باکتری اشرشیا کلی: نتایج تجزیه واریانس خاصیت ضدباکتری اشرشیا کولای کاغذ حاکی از آن است که اثر سطوح مختلف نانوذرات نقره بر رشد باکتری اشرشیا کولای در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است.



شکل ۳- تأثیر استفاده از نانونقره بر کاهش رشد باکتری اشرشیا کلی

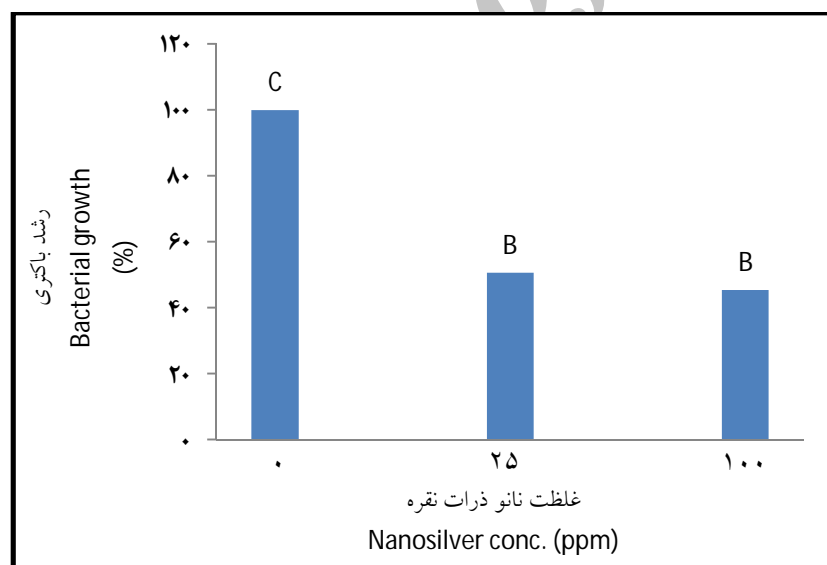
Figure 2- The effect of using nanosilver on decreasing of *Escherichia coli* bacterial growth

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، کاغذ تیمار شده با نانو نقره در سطح ۱۰۰ ppm، رشد باکتری اشرشیاکلی را تا حدود ۹۸ درصد کاهش داده است. این در حالی است که کاغذ تیمار شده با

نانونقره در سطح ۲۵ ppm، تنها حدوداً ۶۳ درصد رشد این باکتری را کاهش داده است. البته لازم به ذکر است که متناسب با میزان مصرف نانو نقره و براساس نتایج درصد خاکستر کاغذها، در تیمار ۲۵ ppm هم مقدار مصرف و هم مقدار نانو نقره باقی‌مانده در کاغذ نسبت به ۱۰۰ ppm به مراتب کمتر بوده است.

تأثیر استفاده از نانوذرات نقره بر روی کاهش رشد باکتری باسیلوس: نتایج تجزیه واریانس باسیلوس سوبتیلیس حاکی از آن است که اثر سطوح مختلف نانوذره نقره بر رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است.

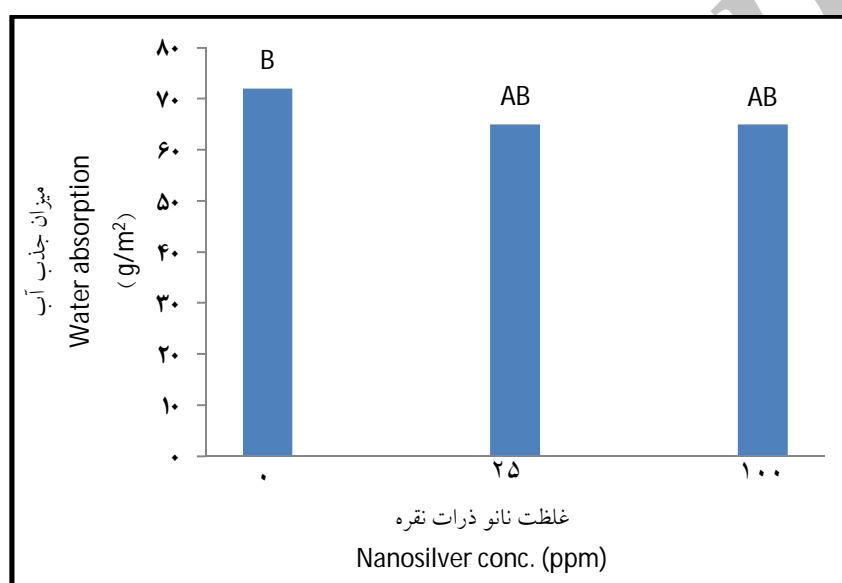
با افزایش میزان نشست نانو ذرات نقره بر روی الیاف، خاصیت ضدباکتری کاغذهای تیمار شده نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که افزودن نانو نقره به کاغذ موجب کاهش رشد این باکتری گردیده است. نکته مهم اینکه افزودن نانوذرات نقره در سطح ۲۵ ppm و ۱۰۰ ppm به ترتیب رشد باکتری باسیلوس را ۴۹ درصد و ۵۵ درصد کاهش داده است.



شکل ۴- تأثیر استفاده از نانو نقره بر کاهش رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس

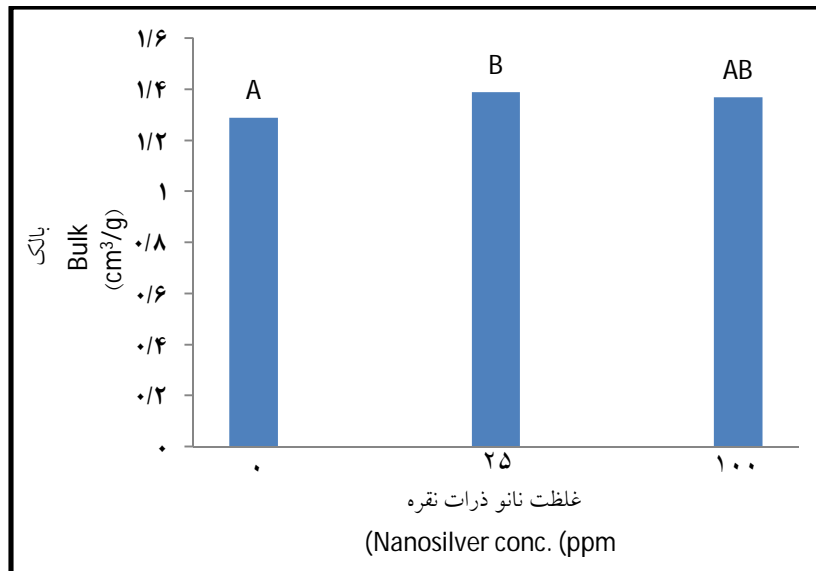
Figure 2- The effect of using nanosilver on decreasing of *Bacillus subtilis* bacterial growth

ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای تیمار شده: یکی از ویژگی‌های حائز اهمیت کاغذهای بهداشتی میزان بالک و جذب آب مناسب و تا حدی بالا می‌باشد. از این رو بررسی تغییرات این دو پارامتر، تحت تأثیر تیمار با نانونقره حائز اهمیت می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، با افزودن نانقره به کاغذ مقادیر جذب آب و مقادیر بالک تغییر معنی‌دار و قابل توجهی از خود نشان نداده است.



شکل ۵- تأثیر استفاده از نانو نقره بر میزان جذب آب کاغذ

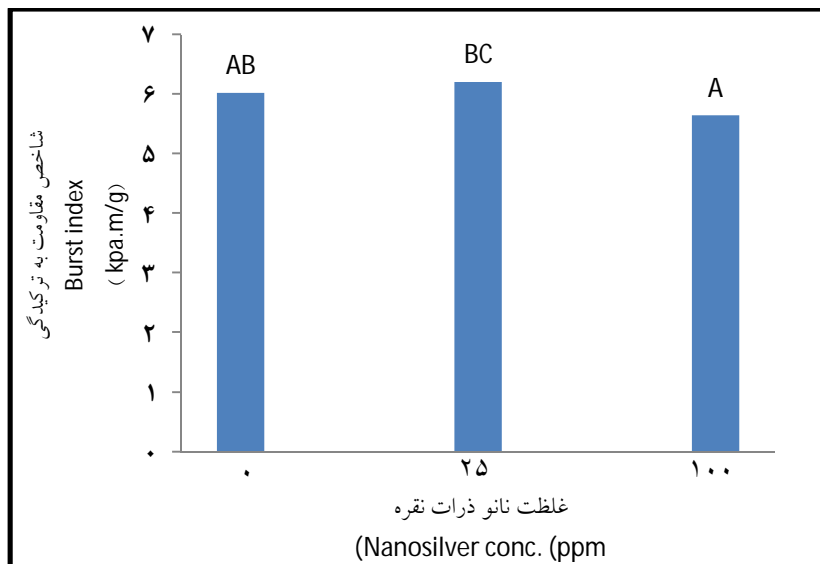
Figure 5- The effect of using Nanosilver on paper water absorption



شکل ۶- تأثیر استفاده از نانونقره بر بالک کاغذ

Figure 6- The effect of using Nanosilver on paper bulk

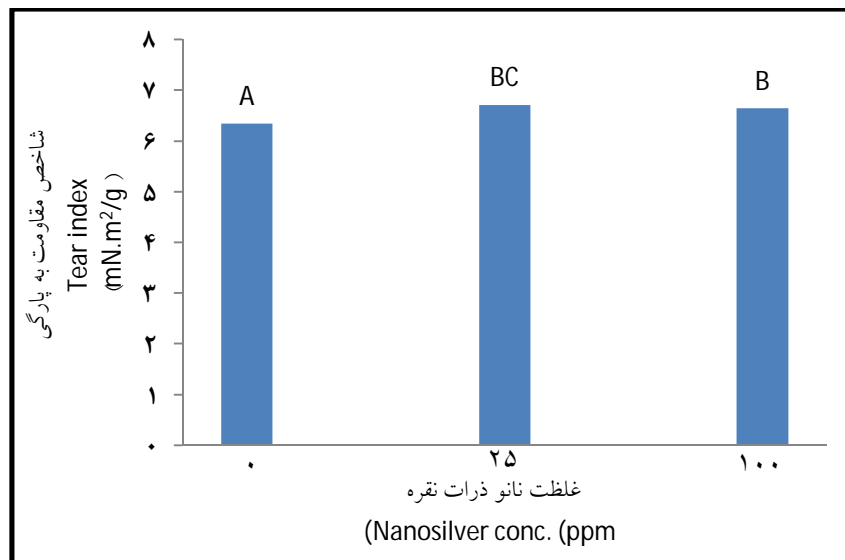
عموما پرکننده‌های معدنی به دلیل حضور در بافت کاغذ و در بین شبکه لیفی کاغذ، با کاهش سطح نسبی پیوند (RBA) موجب تضعیف ساختار کاغذ و کاهش مقاومت‌های کاغذ می‌گردد.



شکل ۷- تأثیر استفاده از نانونقره بر شاخص مقاومت به ترکیدگی کاغذ

Figure 7- The effect of using Nanosilver on paper burst index

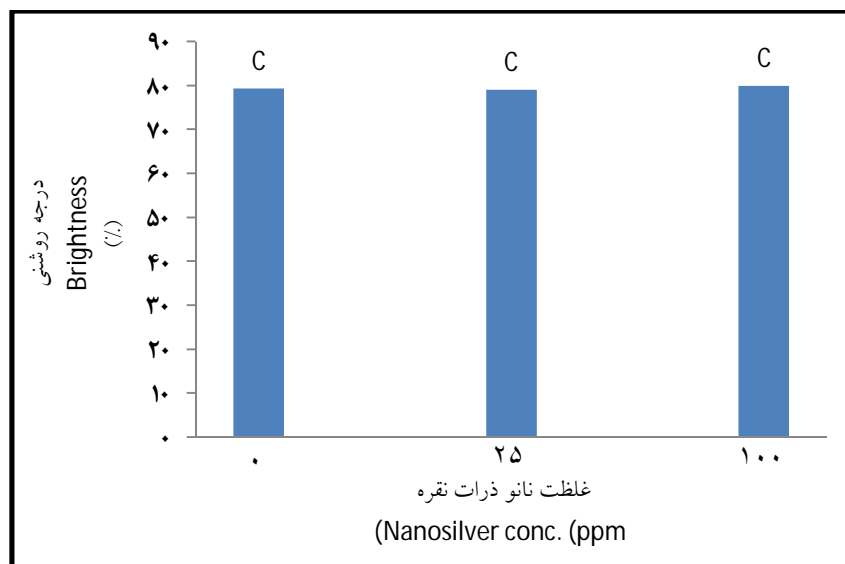
با بررسی شکل ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که پس از اعمال تیمار کاغذ با نانو نقره در سطوح مختلف، کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقاومت به ترکیدن و پارگی کاغذ ایجاد نشده است. شاید در توجیه این مطلب بتوان از یک سو مقادیر کم مصرف نانونقره و از سوی دیگر ابعاد نانومتری این ذرات را به‌عنوان دلیل عدم افت این ویژگی‌ها بیان نمود. چرا که ابعاد ریز این ذرات و در نتیجه قابلیت اندک آن‌ها در ایجاد فاصله فیزیکی بین میکروفیبریل‌های الیاف، تأثیر کمی بر کاهش RBA و در نهایت کاهش مقاومت‌های کاغذ داشته است.



شکل ۸- تأثیر استفاده از نانونقره بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ

Figure 8- The effect of using Nanosilver on paper tear index

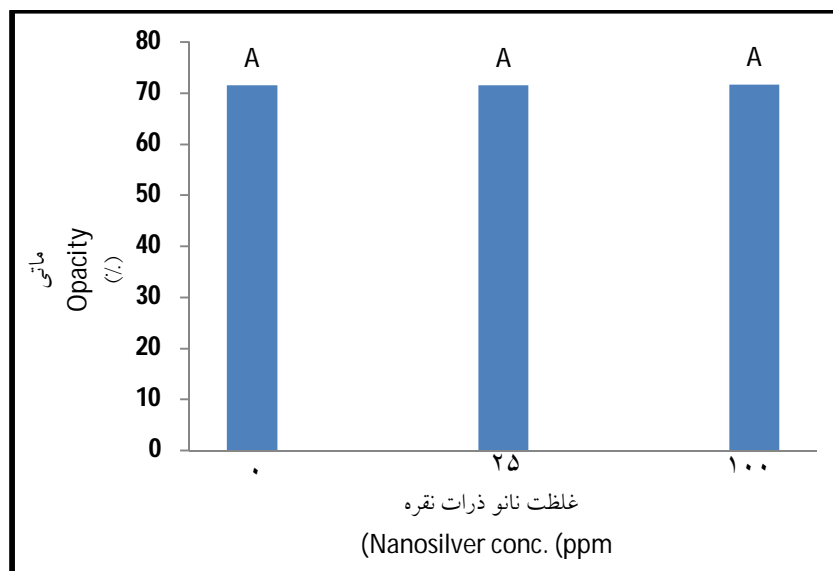
ویژگی‌های نوری کاغذهای تیمار شده: درجه روشنی زیاد و ماتی مناسب از ویژگی‌های موردنیاز انواع کاغذهای بهداشتی در حالت عام می‌باشد. افزودنی‌های مختلف به کاغذ به ترتیب، متناسب با درجه روشنی ذاتی و میزان جذب نور تأثیر قابل توجهی بر درجه روشنی ذاتی و میزان جذب نور تأثیر قابل توجهی بر درجه روشنی و ماتی کاغذ نهایی دارند. همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌گردد، تیمار کاغذ با سطوح مختلف نانونقره تأثیر معنی‌داری بر درجه روشنی کاغذ ندارد، چرا که درجه روشنی نانو نقره شفاف اختلاف قابل توجهی با درجه روشنی خمیر پایه و در نتیجه در مقدار جذب نور در طول موج ۴۵۷ nm نداشته است.



شکل ۹- تأثیر استفاده از نانو نقره شفاف بر درجه روشنی کاغذ.

Figure 9- The effect of using Nanosilver on paper brightness.

براساس نتایج ماتی به دست آمده در شکل ۱۰، تیمار کاغذ با سطوح مختلف نانو نقره نیز تأثیر معنی داری بر ماتی کاغذهای حاصل نداشته است. بر این اساس می توان استنباط کرد نانو نقره شفاف مقادیر جذب شبکه لیفی کاغذ را نیز تغییر خاصی نداده است.



شکل ۱۰- تأثیر استفاده از نانو نقره شفاف بر ماتگی کاغذ.

Figure 10- The effect of using Nanosilver on paper opacity

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های رشد باکتری می‌توان به این نتیجه رسید که ذرات نانو نقره در سطوح مصرف برابر رشد باکتری اشرشیا کلی را در مقایسه با باکتری باسیلوس سوییتیلیس به مقدار بیشتری کاهش داده است. از طرفی با توجه به اهمیت مصارف کمتر نانو نقره از نگاه ایمنی و اثرات سوء، در مقدار مصرف ۲۵ ppm در مقایسه با مقدار مصرف ۱۰۰ ppm رشد باکتری اشرشیا کلی به میزان قابل توجهی کاهش داشته و رشد باکتری باسیلوس تقریباً به میزان برابر کاهش یافته است. این امر موید این واقعیت است که در مقادیر ناچیز استفاده از این ماده می‌توان به نتایج قابل قبولی در کاهش رشد باکتری‌ها دست یافت.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از خواص فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذهای تیمار شده و شاهد می‌توان به این نتیجه رسید که در به کارگیری ذرات نانو نقره اثرات سوء متداول در استفاده از افزودنی‌ها و پرکننده‌های متداول در کاغذ مشاهده نگردیده است. از این رو نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات قبلی هم‌راستا بود (۴). برای مطالعات آتی بررسی اثر نانو نقره بر سویه‌های مقاوم برخی پاتوژن‌ها و اثرات جانبی سطوح مختلف مصرف آن بر سلامت انسان پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- 1.Chen, C.Y. and Chiang, C.L. 2008. Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles. *Materials Letters*. 62: 21–22. 3607-3609.
- 2.Dubas, S.T., Kumlangduksana, P. and Potiyaraj, P. 2006. Layer by layer deposition of antibacterial silver nanoparticles on textile fibers. *Colloids Surface*. 289. 105–109.
- 3.Imani, R. 2010, Effect of chitosan and silver nanoparticles on the antibacterial and strength properties of paper. Ph.D. Thesis. Islamic Azad university, Science and Research branch. (In Persian)
- 4.Imani, R., Talaiepour, M., Ghobadinezhad, M., Hemmasi, A., Dutta, J., and Nazhad, M. 2011. Production of Antibacterial Filter Paper from Wood Cellulose. *Bioresurces*. 6(1): 891-900.
- 5.Khosravani, A. 2008. Investigate the possibility of using anionic nanosilica-cationic starch system in order to take advantage more filler in thin papers, Ph.D. Thesis, Departement of wood and paper science, university of Tehran. (In Persian)
- 6.Kim, S., and Kim, H.J. 2006. Anti- bacterial performance of colloidal silver-treated laminate wood flooring. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 57: 155-162.
- 7.Lee, H.J., Yeo, S.Y., ad Jeong, S.H. 2003. Anti- bacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textile fabrics. *Journal of Materials Science*. 38: 2199-2204.
- 8.Nate'rcia, C.T., Carmen, S.R., Ricardo, J.B., Susana, C.M., and Armando, J.D. 2012. Electrostatic assembly of Ag nanoparticles onto nanofibrillated cellulose for antibacterial paper products. *Journal of Cellulose*. 19: 1425-1436.
- 9.Razavi, M., Eftekhar, H., and majlesi, F. 2008, *Handbook of Public Health*. Shahid Beheshti University of Medical science press. 2382p. (In Persian)
- 10.Sanpui, P., Murugadoss, A., Durga, P.V., Ghosh, S.S., and Chattopadhyay, A. 2008. The antibacterial properties of novel chitosan- Ag nanoparticle composite. *International Journal of Food Microbiology*. 124: 142-146.
- 11.Shen, J., Song, Zh., Qian, X., Yang, F. and Kong, F. 2010. Nanofillers for papermaking wet end applications. *Bioresurces*. 5(3): 1328-1331.
- 12.Wagberg, L. and Odberg, L. 1991. The action of cationic polyelectrolytes used for the fixation of dissolved and colloidal substances. *Nordic Pulp and Paper Res. Journal*. 6(3): 127-135.
- 13.Yuranova, T., Rincon, A.G., Bozzi, A., Parra, S., Pulgarin, C., Albers, P., and Kiwi, J. 2003. Antibacterial textile prepared by RF-plasma and vacuum-UV mediated deposition of silver. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 161: 27-34.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (2), 2015

<http://jwfst.gau.ac.ir>

Improvement of the antibacterial properties of sanitary papers using by silver nano particles

*E. Afra¹, M. Mohammadi², R. Imani³, P. Narchin⁴, Sh. Roshani⁵

¹Associate Prof., Pulp and Paper Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²M.Sc., Graduate, Pulp and Paper Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Ph.D., Wood and Paper Industry, Islamic Azad University Azadshahr Branch, ⁴Ph.D., Student, Pulp and Paper Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁵M.Sc., Graduate, Food Science and Engineering-Technology, Islamic Azad University Azadshahr Branch

Received: 01/26/2014 ; Accepted: 09/30/2014

Abstract

Background and objectives: Paper plays an important role in supplying human requirements. Sanitary papers have special place between various types of papers. One the most important requirement of sanitary papers is to be sterilized. On the other hand, in this type of paper, improving of antibacterial property is too important that it is neglected in paper industries of our country. In this study silver nano particles were used to improve the antibacterial properties of paper.

Materials and methods: This material was used at two levels of concentration (25 ppm and 100 ppm in pulp suspension). All hand-sheet's antibacterial properties were evaluated using the OD method. In this method *Escherichia coli* bacteria and *Bacillus subtilis* bacteria were used. theses tow bacteria are representative of Gram-positive and Gram-negative bacteria respectively.

Results: handsheet treated with nanosilver at concentration of 100 ppm decreased the growth of *Escherichia coli* bacteria by about 98% while; handsheet treated with nanosilver at concentration of 25 ppm just decreased the growth of *Escherichia coli* bacteria by about 63%. So, antibacterial properties of paper increased with increasing of nanosilver retention. The results showed that using nanosilver also decreased the growth of *Bacillus subtilis* bacteria. Using nanosilver at concentrations of 25ppm and 100 ppm decreased the growth of *Escherichia coli* bacteria by about 49% and 55% respectively.

*Corresponding author: afra@gau.ac.i

Conclusion: Results have shown that silver nanoparticles at the same consumption levels had a larger reduction in growth of *E. coli* in comparison to *Bacillus*. Also, all concentration levels of nano silver reduced the growth of both bacteria, but low consumption value of nano silver (25 ppm) reduced the growth of both bacteria significantly that is very important in terms of its safety and health. Finally, according to the results, the use of nano silver didn't show conventional negative effects of additives and fillers on reducing of some physical, mechanical and optical properties. Comparing the results of physical, mechanical and optical properties of treated paper and control one showed that using nanosilver as antibacterial agent didn't result in negative side effect (that could be seen in using conventional antibacterial additives).

Keywords: Nano silver, Anti-bacterial properties, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*