

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۷

ص ۵۴۷-۵۵۷

تولید نانوقره میکروبال و استفاده از آن در کاغذ با هدف بهبود خواص ضدباکتری آن

- ❖ **الیاس افرا***؛ استادیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده جنگل‌داری و محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
- ❖ **مریم محمدی**؛ کارشناس ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ❖ **احمدرضا سراییان**؛ دانشیار گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ❖ **رضا ایمانی**؛ دکتری تخصصی صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

در این مطالعه، به منظور کاهش خطرهای ناشی از ذرات نانوقره از طریق جذب پوستی و تنفسی، نانوقره میکروبال با میانگین ابعاد حدود یک میکرومتر تولید و در بهبود خواص ضدباکتری کاغذ به کار گرفته شد. سطوح مختلفی از غلظت نانوقره میکروبال در ساخت کاغذ استفاده شد. خواص ضدباکتری کاغذهای ساخته شده با استفاده از باکتری‌های اشرشیاکولی و باسیلوس ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در دو سطح غلظت مصرفی نانوقره (۲۵ ppm و ۱۰۰ ppm) کاغذهای تیمار شده، رشد باکتری‌ها را به میزان ۹۹ درصد کاهش دادند و موفق به توقف کامل رشد آن‌ها شدند. در عین حال، نتایج نشان داد که استفاده از نانوقره میکروبال به منزله ماده افزودنی، موجب افت هیچ یک از خواص فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذ، به جز پارامتر درجه روشنایی، نشد. بالک کاغذها افزایش معناداری از خود نشان داده است. همچنین، حضور نانوقره میکروبال تأثیر معناداری بر جذب آب کاغذهای حاصل ندارد.

واژگان کلیدی اشرشیاکلاهی، باسیلوس، خواص ضدباکتریایی، نانوقره.

مقدمه

کاغذ کاربردهای متعددی در زندگی روزمره دارد که از مهم‌ترین موارد آن می‌توان به کاربردهای چاپ، بسته‌بندی و محصولات بهداشتی اشاره کرد. ایران کشوری در حال توسعه است که یکی از ابعاد این توسعه در زمینه بهداشتی و فرهنگی است و مقایسه سرانه مصرف کاغذهای بهداشتی داخل کشور (۱/۲۵ کیلوگرم) و میانگین سرانه مصرف در دنیا (۴ کیلوگرم) دورنمای این حوزه صنعتی را به ما نشان می‌دهد [۱]. یکی از نیازمندی‌های مهم این دسته از کاغذها، متناسب با نوع مصرف، بهداشتی و استریل بودن آنهاست که با فرایندهایی چون تیمار با پراکسید هیدروژن، کلر، یا اعمال تیمارهای حرارتی در بخش خشک‌کن‌ها انجام می‌شود. از آنجا که برخی از انواع این کاغذها در معرض اندام‌های حساس بدن همچون اندام تناسلی (کاغذهای مورد استفاده در تولید انواع پوشک و دستمال توالت)، چشم و گوش (انواع دستمال کاغذی) قرار می‌گیرند، باید به دنبال راهکارهای مناسب برای جلوگیری از رشد و توسعه باکتری‌ها و میکروب‌ها در زمان کاربرد این دسته از کاغذها بود. از جمله راهکارهای تحقیق‌شده در این زمینه می‌توان به استفاده از موادی چون نانودی‌اکسیدتیتانیوم، نانوآکسیدروی و بیشتر از همه، نانونقره در تولید کاغذ اشاره کرد [۲].

نانونقره از جایگاه ویژه‌ای در بهبود خواص ضدباکتریایی برخوردار است. هرچند این فناوری به‌تازگی گسترش زیادی پیدا کرده است، در طب قدیم نیز برای کنترل عفونت زخم از این ماده استفاده می‌شد؛ بدون اینکه دلیل تأثیر آن شناخته شود [۲].

هزار سال قبل از میلاد، برای تصفیه آب و درمان حدود ۱۷۰۰ نوع عفونت مختلف از نقره استفاده می‌شد [۳]. نانوذرات نقره برای عوامل بیماری‌زا، سم تلقی می‌شود و از خیلی از عوامل ضد میکروبی آلی، ایمن‌تر است. مکانیسم عملکرد نانونقره بر عوامل بیماری‌زا بسیار متعدد است. برخی از این مکانیسم‌ها عبارت‌اند از:

۱. تولید اکسیژن فعال به وسیله نقره: در این حالت ذره مانند یک پیل الکتروشیمیایی عمل می‌کند و با اکسیدکردن اتم اکسیژن، یون اکسیژن و با هیدرولیزکردن آب، یون OH^- تولید می‌کند که هر دو از بنیان‌های فعال و از عوامل قوی ضد میکروبی هستند.
۲. ذرات نانونقره فلزی با گذشت زمان، طی واکنش جاننشینی، پیوندهای SH - را در جداره میکروارگانسیم به پیوندهای SAG - تبدیل می‌کنند، که در نتیجه باعث نابودشدن میکروارگانسیم‌ها می‌شوند.
۳. نانوذرات نقره باعث ناپایداری در پتانسیل غشایی پلازما می‌شود که نتیجه آن کاهش سطح ATP (آدنوزین تری فسفات) درون سلول است. این عمل غشای سلول باکتری را هدف قرار می‌دهد و باعث مرگ باکتری می‌شود.
۴. ذرات نقره به سطح غشای سلول می‌چسبند و کارهای معمولی سلول نظیر تنفس و انتقال مواد را مختل می‌کنند. با تبدیل نقره به نانونقره، با افزایش سطح ذرات، میزان چسبندگی به سطح سلول نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه بازده میکروب‌کشی بالاتر می‌رود.
۵. نانوذرات نقره به داخل سلول عوامل بیماری‌زا

شد تا سطح آن دارای بار منفی شود و به صورت میکروبال مورد مصرف قرار گیرد تا احتمال انتشار آن در محیط به حداقل برسد. به منظور احیای نیترات نقره و تهیه ۱۰۰ ml سوسپانسیون نانوذره نقره با غلظت ۰/۲۵ mol/l، از دستورالعملی که در ادامه اشاره شده استفاده شد.

در مرحله اول، محلول نیترات نقره و محلول پلی اکریلیک اسید به هم اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه با همزن مگنتی مخلوط شدند. در مرحله دوم، محلول تری سدیم سیترات دی هیدرات و دودسیل سولفات سدیم مخلوط و به سوسپانسیونی که از محلول نیترات نقره و پلی اکریلیک اسید تهیه شده بود اضافه شد؛ این مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. در مرحله سوم، یعنی بعد از ۲۰ دقیقه از شروع فرایند، مایع آمونیاک ۲۵ درصد به سوسپانسیون مورد نظر اضافه شد که باعث تغییر رنگ آن از حالت بی رنگی به سفید شد. در این مرحله نیز، سوسپانسیون به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. با پایان این مرحله، بورو هیدرید سدیم، که به عنوان احیا کننده عمل می کند، به سوسپانسیون اضافه شد. شایان ذکر است که بورو هیدرید سدیم باید به صورت قطره قطره و به آهستگی و هم زمان با به هم زدن سوسپانسیون اضافه شود. با اضافه کردن این ماده، رنگ سوسپانسیون قهوه ای شد که نشان از احیای نیترات نقره دارد. بعد از ۱۰ دقیقه هم زدن نهایی، محلول نانونقره میکروبال آماده شد [۲].

ذرات نانونقره میکروبال اصلاح شده به دلیل بار منفی جذب الیاف نمی شود. بدین منظور، به سوسپانسیون خمیر کاغذ مقدار ۰/۳ درصد وزن خشک خمیر، پلی آلومینیوم کلراید (PAC) اضافه شد

نفوذ می کنند و با ایجاد پیوند با فسفر و گوگرد موجود در ترکیبات سلول نظیر DNA، سبب از بین رفتن این عوامل می شود [۴]. البته به دلیل خطر احتمالی تأثیرات مضر نانوذرات نقره بر بدن انسان استفاده آن محدود شده است [۵]، بنابراین اندیشیدن راهکاری برای حل مشکل نفوذ و انتشار، ضروری به نظر می رسد. یکی از راهکارهای مناسب ایجاد تغییرات فیزیکی در ساختار نانونقره با هدف درشت تر کردن ساختار آن در حد میکرومتری (به منظور ممانعت از جذب پوستی آن) و به نحوی است که سطح مؤثر ذرات نسبت به حجم آن تغییر خاصی پیدا نکند و خواص ضدباکتریایی آن کاهش نیابد. در این تحقیق، جهت جلوگیری از انتشار نانوذره نقره از طریق جذب پوستی و داخل شدن به مجاری تنفسی، این ماده به صورت میکروبال^۱ ساخته شد. میکروبال ها ذراتی اند با اندازه تقریبی ۱ میکرومتر که از تجمع تعداد زیادی از نانوذرات تشکیل می شوند [۶]. هدف این تحقیق بررسی خواص ضدباکتریایی کاغذهای بهداشتی تیمار شده با نانونقره میکروبال است.

مواد و روش ها

خمیر کاغذ استفاده شده در تولید کاغذ دست ساز در این تحقیق، خمیر کرافت رنگبری شده چوب کاج بوده است که از کارخانه کاغذسازی لطیف تهیه شد. سوسپانسیون نانوذره نقره با روش شیمیایی و احیای نیترات نقره تهیه شد. نانوذره نقره با استفاده از پلی الکترولیت پلی اکریلیک اسید^۲ (PAA) پوشش داده

1. Micro-ball
2. Polyacrylic Acid

شدن محیط‌ها، لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷°C نگهداری شدند.

این لوله‌ها در داخل یک جا لوله ردیف و نمونه‌های کاغذهای تیمارشده و تیمارنشده، که وزن هریک ۰/۰۵ گرم بوده، به لوله‌ها اضافه شدند. سپس باکتری رقیق شده با استفاده از نمونه‌گیر (سمپلر) به مقدار ۵ لانه‌ها به هریک از لوله‌ها اضافه شدند. جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد باکتری‌ها، لوله‌های محتوی کاغذ در داخل یک انکوباتور شیکردار با سرعت ۱۶rpm و دمای ۳۷°C قرار داده شدند. پس از ۱۸ ساعت، کدورت محیط کشت موجود در لوله‌ها با استفاده از طیف‌سنج ۲۰۰۰-۷۲۲ اندازه‌گیری شد [۲]. داده‌های حاصل از این دستگاه مربوط به عدد جذب محیط کشت‌اند. آزمون ضدباکتری برای هر دو نوع باکتری به روشی مشابه با سه تکرار صورت گرفت. عکس‌های میکروسکوپ الکترونی به وسیله دستگاه SEM^۵ مدل KYKY-EM۳۲۰۰ تهیه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح تحلیل واریانس یکطرفه و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P < 0/05$) انجام شد.

نتایج و بحث

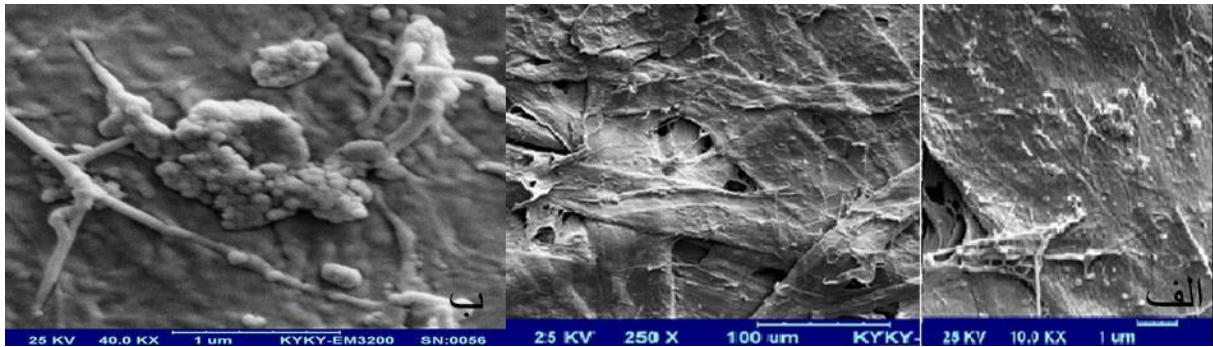
با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پیمایشی (SEM)، تصاویری از سطوح کاغذهای تیمارشده با ذرات نانونقره میکروبال تهیه شد. همان‌طور که در شکل ۱ (الف) مشاهده می‌شود، روی سطح الیاف کاغذ ذرات نانونقره میکروبال، به صورت پراکنده، کاملاً مشاهده می‌شود.

و بعد از اختلاط این دو ماده نانونقره میکروبال به مقدار ۲۵ و ۱۰۰ ppm به سوسپانسیون اضافه شد و در نهایت از این سوسپانسیون در تهیه کاغذ استفاده شد. پس از ساخت، کاغذهای دست‌ساز پرس شدند و برای ۱ تا ۲ روز با قرارگرفتن کاغذها در داخل رینگ‌های پلاستیکی هوا خشک شدند. کاغذهای دست‌ساز باید قبل از آزمون ضدباکتریایی، از لحاظ آلودگی استریل شود. آزمون ضدباکتری با استفاده از لوله‌های آزمایش حاوی محیط کشت دو نوع باکتری، اشرشیاکالی^۱ و باسیلوس سوبتیلیس^۲ در محیط BHI^۳، که از قبل استریل شده بودند، انجام شد. بهترین محیط کشت مایع، که بیشتر باکتری‌ها در آن رشد خوبی دارند، محیط BHI است. بر این اساس، در این تحقیق برای همه باکتری‌ها از محیط BHI ساخت شرکت لیوفیلچم^۴ ایتالیا استفاده شد.

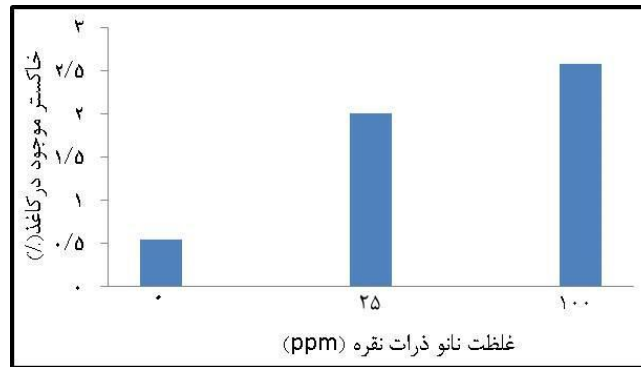
جهت تهیه ۱۰۰۰ml محیط کشت BHIB، ۳۷ گرم از این محیط، که به صورت پودر است، به ۱۰۰۰ ml آب مقطر اضافه شد. محیط مورد نظر با هم‌زدن آرام روی شعله کاملاً حل شد. جهت عملیات استریل، تعدادی لوله آزمایش تهیه شد و در داخل هر لوله ۵ ml محیط کشت ریخته شد. سپس لوله‌های محتوی محیط کشت در داخل دستگاه اتوکلاو قرار داده شد (شکل ۳ و ۴). دمای اتوکلاو روی ۱۲۰°C و فشار بخار ۱/۳ بار تنظیم شد و بعد از ۱۵ دقیقه دستگاه خاموش شد. پس از افت تدریجی فشار بخار دستگاه و رسیدن دمای اتوکلاو به دمای محیط، لوله‌ها از دستگاه خارج شدند. جهت اطمینان از استریل

1. E. coli (PPCC 1553)
2. Bacillus subtilis (ATCC 2134)
3. Brain Heart Infusion
4. Liofilchem

5. Scanning Electron Microscope



شکل ۱. تصاویر الکترونی سطوح کاغذهای تیمارشده با ذرات نانوقره میکروبال (الف) و تصویر الکترونی یک توده میکروبال نانوقره روی سطح الیاف کاغذ (ب)



شکل ۲. تأثیر استفاده از نانوقره میکروبال بر درصد خاکستر کاغذ

می‌شود، مقدار خاکستر در کاغذهای تیمارشده به وسیله نانو ذرات نقره میکروبال نسبت به کاغذ شاهد بیشتر است و همچنین با افزایش غلظت این ماده در کاغذ، مقدار خاکستر نیز بیشتر می‌شود. افزایش خاکستر، حاکی از حضور و ماندگاری نانو ذرات نقره در کاغذ است. در عین حال، همان‌طور که مشاهده می‌شود، به نسبت اختلاف غلظت نانوقره میکروبال مصرفی (۲۵ ppm و ۱۰۰ ppm) افزایش میزان خاکستر، که متناسب با مقدار نانوقره باقی مانده در کاغذ است، اندک است. می‌توان این چنین استنباط کرد که در تیمار نانوقره ۱۰۰ ppm می‌توان از کمک نگهدارنده بیشتر به منظور افزایش ماندگاری نانوقره میکروبال استفاده کرد.

در شکل ۱ (ب) تصویر یک توده میکروبال نانوقره روی سطح کاغذ مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این توده متشکل از چندین نانوذره توپی شکل^۱ به اندازه تقریبی ۱ میکرومتر است. در این حالت، توده مورد نظر هم خواص نانویی در سطح مؤثر برابر با همه ذرات تشکیل دهنده آن دارد و هم به راحتی جذب پوستی نمی‌شود.

درصد خاکستر موجود در کاغذ

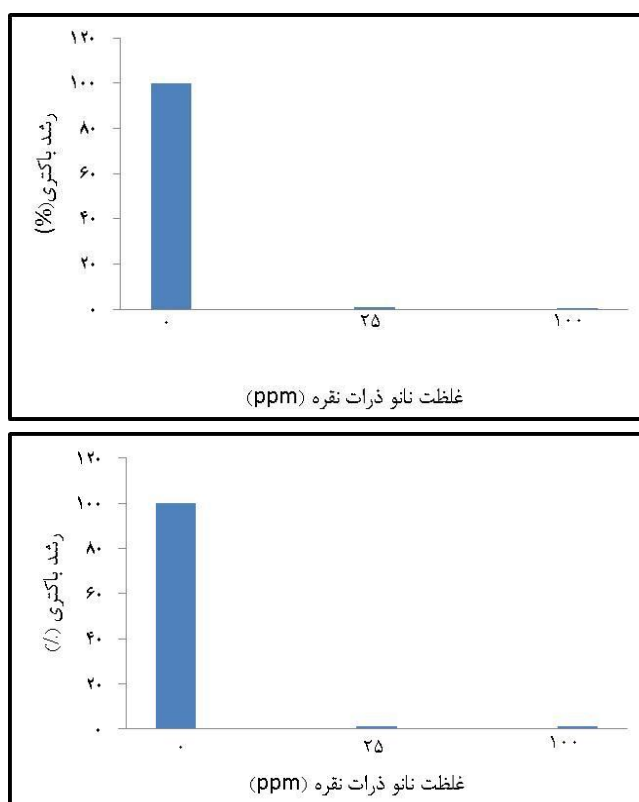
شکل ۲ درصد خاکستر کاغذهای تیمارشده و تیمارشده با غلظت‌های مختلف نانو ذرات نقره میکروبال را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده

1. Micro-ball

کاغذ تیمارشده با نانوذرات نقره میکروبال، در سطح ۲۵ و ۱۰۰ ppm از لحاظ خاصیت ضدباکتری تفاوتی وجود ندارد و کاغذهای تیمارشده با نانونقره میکروبال در هر دو سطح توانستند تا حدود ۹۹ درصد رشد باکتری اشرشیاکلاهی را کاهش دهند.

خواص ضد میکروبی کاغذهای تیمارشده با نانونقره میکروبال

خاصیت ضدباکتریایی روی باکتری اشرشیاکلاهی همان‌طور که در شکل ۳ (بالا) مشاهده می‌شود، بین



شکل ۳. تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر کاهش میزان رشد باکتری اشرشیاکلاهی (بالا) و تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر کاهش رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس (پایین)

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های ضدباکتری بر روی دو نوع باکتری، مشاهده می‌شود که خاصیت ضدباکتری نانونقره میکروبال برای هر دو نوع باکتری مشابه است و نانوذره نقره به‌منزله ماده ضدباکتری توانسته است حدود ۹۹ درصد رشد باکتری را در سطح ۲۵ ppm (سطح مصرفی پایین) متوقف کند.

خاصیت ضدباکتری روی باکتری باسیلوس سوبتیلیس

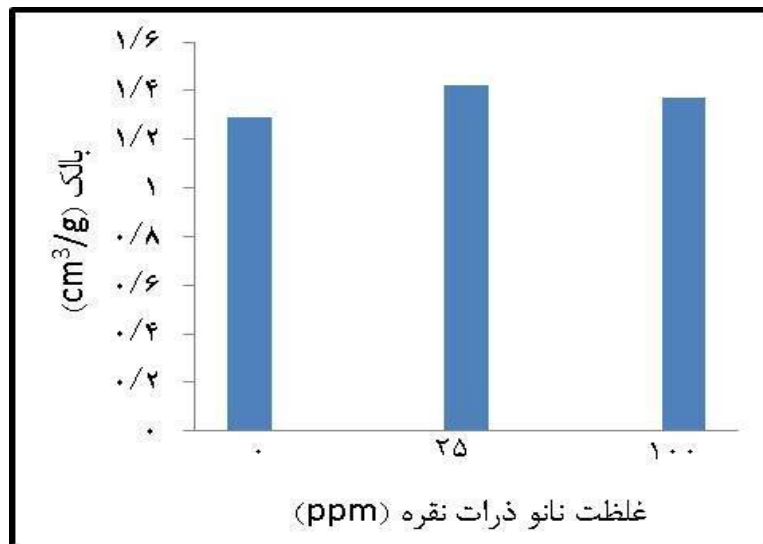
با توجه به شکل ۳ (پایین) و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون ضدباکتری بر باکتری باسیلوس، نانوذره نقره میکروبال در هر دو سطح توانسته است نقش خود را به‌منزله یک ماده ضدباکتری به‌خوبی ایفا کند و رشد باکتری‌ها را تا حدود ۹۹ درصد کاهش دهد.

متفاوت (مقادیر بیشتر افزایش بالک در به‌کارگیری نانونقره ۲۰ ppm در مقایسه با مصرف نانونقره ۱۰۰ ppm) می‌توان احتمال خطای داده‌ها را نیز لحاظ کرد. همچنین، در شکل ۵ مشاهده می‌شود که حضور نانونقره میکروبال تأثیر معناداری بر جذب آب کاغذهای حاصل ندارد.

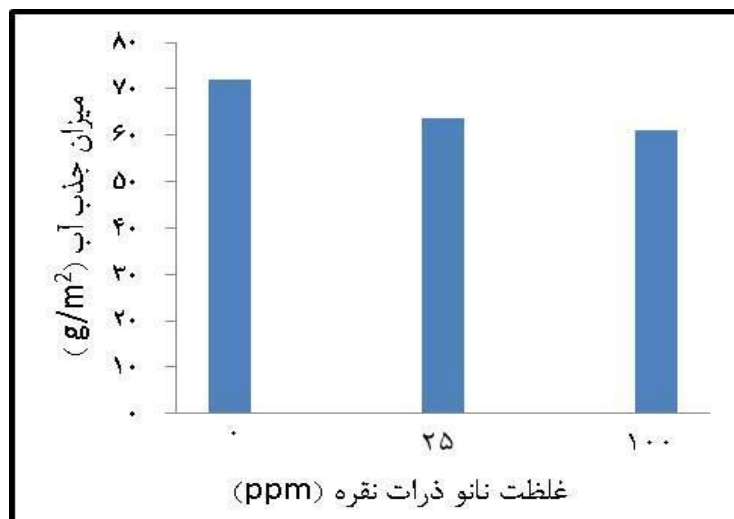
ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای

تیمار شده با نانونقره میکروبال

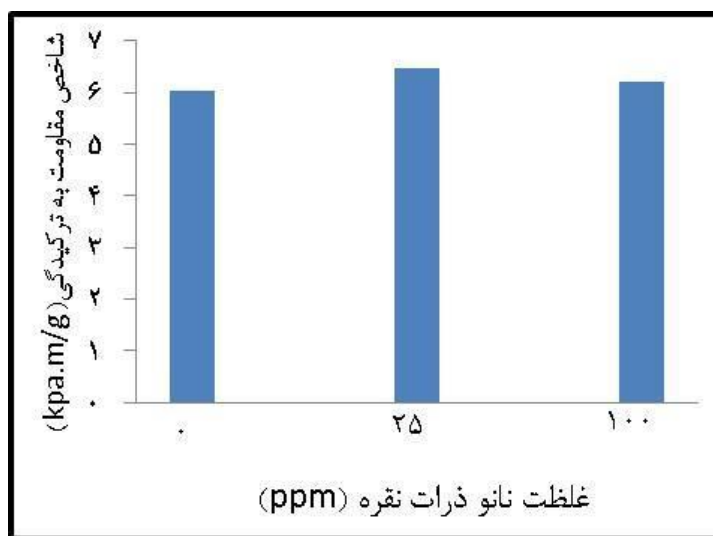
با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود با اعمال تیمار نانونقره میکروبال، بالک کاغذها افزایش معناداری از خود نشان داده‌اند که شاید بتوان آن را به حضور ذرات میکرومتری در بین الیاف نسبت داد. البته با مقایسه مقادیر افزایش یافته بالک در دو غلظت مصرف



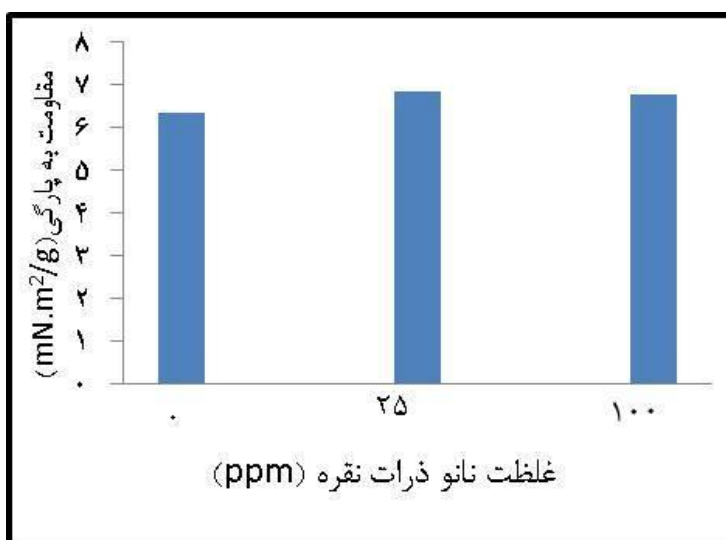
شکل ۴. تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر بالک کاغذ



شکل ۵. تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر جذب آب کاغذ



شکل ۶. تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ



شکل ۷. تأثیر نانونقره میکروبال بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ

میکروفیبریل‌های یک فیبر و از طرف دیگر به میکروفیبریل‌های فیبر مجاور بوده است.

ویژگی‌های نوری کاغذهای تیمار شده با

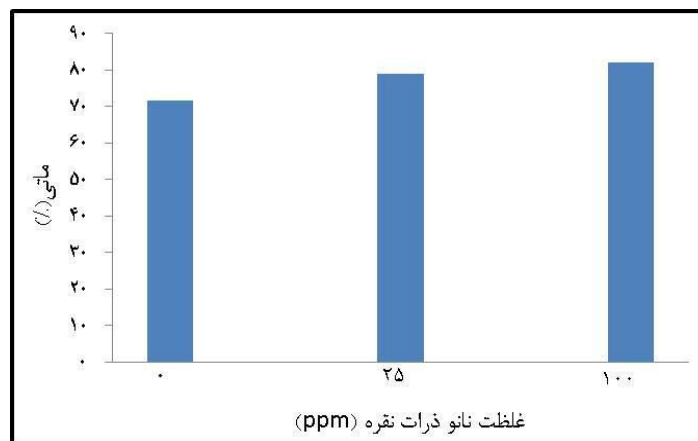
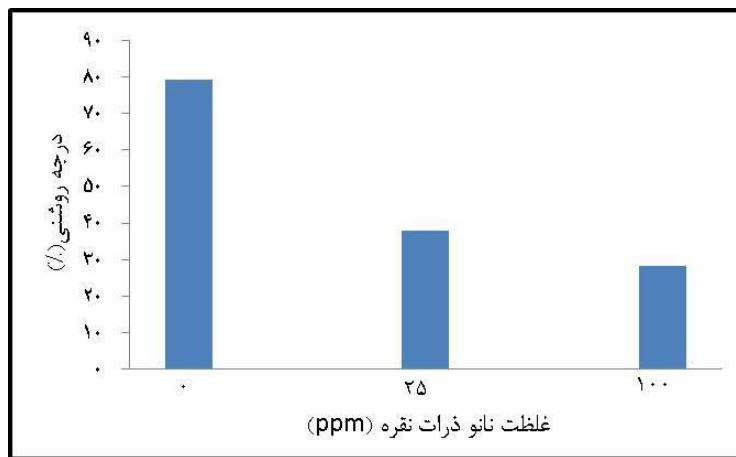
نانونقره میکروبال

مقدار درجه روشنی کاغذ به درجه روشنی مواد اولیه

همان‌طور که در شکل‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود، حضور ذرات نانونقره میکروبال تغییرات معنادار کوچکی را در مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی کاغذها ایجاد کرده است. شاید بتوان براساس شکل ۱ این افزایش جزئی مقاومت‌ها را به افزایش جزئی سطح پیوند بین الیاف نسبت داد که ناشی از اتصال این توده‌ها از یک طرف به

است (شکل ۸، بالا). به عبارت دیگر، روشنی کاغذهای تیمارشده با نانوذره نقره میکروبال در سطح ۲۵ppm، ۵۳ درصد و در سطح ۱۰۰ppm، ۶۵ درصد کاهش یافت.

خمیر کاغذ، pH خمیر، نوع و مقدار مواد افزودنی، و در مجموع به ضرایب جذب و پخش نور کاغذ بستگی دارد [۷]. نتایج حاصل از آزمون درجه روشنی حاکی از کاهش معنادار و درخور ملاحظه این پارامتر در کاغذهای تیمارشده با نانوذرات نقره میکروبال



شکل ۸. تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر درجه روشنی کاغذ (بالا) و تأثیر استفاده از نانونقره میکروبال بر ماتی کاغذ (پایین)

استفاده از نانونقره میکروبال در سطوح غلظت مختلف، ماتی کاغذ را به شکل معنادار اما جزئی افزایش داده است.

ماتی کاغذ، خاصیتی از کاغذ است که مانع عبور نور از کاغذ می‌شود و تابع عواملی چون وزن پایه، ضریب جذب و ضریب پخش نور کاغذ است [۸]. همان‌طور که در شکل ۸ (پایین) مشاهده می‌شود،

نتیجه‌گیری

میزان بالک بیشتر و قابلیت جذب آب مطلوب‌تر از ویژگی‌های مطلوب کاغذهای بهداشتی تلقی می‌شود. با اعمال تیمار نانونقره میکروبال، بالک کاغذها افزایش معناداری از خود نشان داده که شاید بتوان به حضور ذرات میکرومتری در بین الیاف نسبت داد. حضور ذرات نانونقره میکروبال موجب تغییر مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی کاغذها شده است، اما مقادیر این اختلاف بسیار ناچیز است که در ابعاد بسیار ریز این ماده و سطوح مصرف پایین آن در کاغذ ریشه دارد.

نانوذرات نقره میکروبال به صورت سوسپانسیون قهوه‌ای‌رنگ به کاغذ اضافه شده است؛ در صورتی‌که

نانوذرات نقره شفاف بی‌رنگ است. از این رو، به دلیل جذب نور توسط نانونقره میکروبال در طول موج nm ۴۵۷-۶۰۰، افت شدیدی در درجه روشنایی و افزایش در مقدار ماتی کاغذها ایجاد شده است. در حالی‌که از ویژگی‌های اساسی برای کاغذهای بهداشتی سفیدی کاغذ تولید شده است، از این رو مسئله حائز اهمیت راهکاری برای سفیدسازی ترکیب نانوذرات نقره میکروبال است.

با افزایش نانوذرات نقره میکروبال، ماتی کاغذ افزایش می‌یابد، زیرا این مولکول‌های قهوه‌ای میزان جذب نور در برخی از طول موج‌ها و در نهایت میزان جذب نور کلی را افزایش می‌دهند.

References

- [1]. Khazaeian, A., Ebrahimi, G., Esfandiari, A., Afra, E., Aghajani, A., Latibari, G., Resalati, H., Shariatnejad, Sh., Tabarsa, T., Fadaei, M., and Nourozi, A. (2012). The Iranian Road Map at 2014 for Supplying Raw Materials and Development of Wood and Paper Industry. Gorgan University of agriculture Sciences and Natural Resources Press, Gorgan.
- [2]. Imani, R., Talaeipour, M., Ghobadinezhad, M., Hemmasi, A., Dutta, J., and Nazhad, M. (2011). Production of antibacterial filter paper from wood cellulose. *Bioresurces*, 126(1): 891-900.
- [3]. Rai, M., Yadav, A., and Grade, A. (2009). Silver nano particles as a new generation of antibacterial. *Biotechnology Advances*, 27(2): 76-83.
- [4]. Chen, C.Y., and Chiang, C.L. (2008). Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles. *Materials Letters*, 93(1): 46-53.
- [5]. Tajarodi, A., and Kiazadeh, A. (2007). Comparison of methods for production of silver nanoparticles. *Journal of Nano Technology*, 117(3): 28-33.
- [6]. Dubas, S.T., Kumlangdudsana, P., and Potiyaraj, P. (2006). Layer by layer deposition of antibacterial silver nanoparticles on textile fibers. *Separation and Purification Technology*, 58(2): 39-46.
- [7]. Wagberg, L. and Odberg, L. (1989). Polymer adsorption on cellulosic fibers. *Nordic Pulp and Paper Journal*, 4(2): 135-140.
- [8]. Scott, W., (1998). *Properties of Paper: an Introduction*, Translated by Afra, E., Aeij Press, Tehran.