دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و پنجم، شماره اول، ۱۳۹۷
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی عملکرد رس و نانورس در کاغذهای بهداشتی از نظر ویژگی‌های ضدباکتریایی، فیزیکی و مکانیکی

الیاس افرا[1]*، محمدرضا ملک[2] و محمدرضا دهقانی فیروزآبادی[3]

[1]دانشیار صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [2]کارشناس‌ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [3]استادیار صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۱/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۲/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: عفونت‌های مجاری ادراری از شایع‌ترین بیماری‌های عفونی هستند. عفونت‌های دستگاه ادراری توسط گروهی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نظیر باکتری‌های اشرشیاکولای، استافیلوکوکوس و ساپروفیتیکوس در دستگاه ادراری ایجاد می‌شود. زمانی‌که باکتری‌ها از طریق مجرای ادرار وارد این سیستم شده و در مثانه تکثیر می‌شوند این عفونت بروز می‌کند. سالانه افراد زیادی برای درمان به درمانگاه‌ها و بیمارستان‌ها مراجعه می‌کنند و هزینه‌های زیادی صرف درمان این عفونت‌ها می‌شود. پیشگیری از بروز این قبیل بیماری‌ها می‌تواند از پرداخت هزینه‌های بالا درمان آن‌ها جلوگیری نماید. استفاده از کاغذهای بهداشتی نظیر دستمال توالت و نواربهداشتی با خواص ضدمیکروب می‌توانند با حذف پیوسته میکروب‌ها و ایجاد محیطی عاری از میکروب روشی مناسب برای پیشگیری از بروز این بیماری‌ها باشد. رس به‌عنوان یک ماده طبیعی با سابقه کاربرد در درمان بیماری‌ها می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای این منظور باشد.

مواد و روش‌ها: از آنجا که انتظار می‌رود رس بواسطه بار منفی خود سبب ایجاد خواص ضدمیکروبی می‌شود، در این پژوهش، علاوه‌بر رس، نانورس نیز به‌عنوان یک عامل ضدمیکروب در ساختار کاغذ مورد استفاده قرار گرفت. این مواد به‌صورت یک لایه پوششی در غلظت‌های ۱، ۳ و ٤ درصد وزنی همراه با نشاسته کاتیونی به‌عنوان عامل کمک‌نگهدارنده مورد استفاده قرار گرفتند. خواص ضدمیکروبی روی دو باکتری اشرشیاکولای و باسیلوس سوبتیلیس بررسی شد. خصوصیات فیزیکی، مقاومتی و همچنین ویژگی نوری (ماتی) کاغذهای تهیه شده نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که حضور رس و نانورس سبب بروز ممانعت در رشد هر دو باکتری گرم منفی اشرشیاکولای و گرم مثبت باسیلوس سوبتیلیس شدند. در بررسی اثر ضدباکتری مشاهده شد که عملکرد نانورس در مقایسه با رس بهتر بود و با افزایش درصد مصرف این مواد خصوصیت ضدباکتری آن‌ها خصوصا در نانورس بیشتر شد. همچنین مشاهده شد که حضور رس و نانورس میزان جذب آب کاغذهای اصلاح شده را افزایش داد و همچنین

---

[*] مسئول مکاتبه: afra@gau.ac.ir

سبب افزایش مقاومت به نفوذ هوا در کاغذها شد. در بررسی خصوصیات مقاومتی نیز مشاهده شد که حضور رس و نانورس سبب بهبود شاخص مقاومت به ترکیدگی شدند در حالی‌که شاخص مقاومت به پارگی تغییر قابل توجه‌ای نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که نانورس در مقایسه با رس بخاطر ابعاد کوچکتر و در نتیجه سطح ویژه بیشتری که دارد به‌عنوان یک ماده آبدوست و همچنین حاوی ویژگی ممانعتی در برابر ارگانیسم‌های زنده می‌تواند به‌عنوان ماده‌ای با دامنه کاربرد بالا در ایجاد خواص ضدمیکروبی در کاغذ معرفی گردد و مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کاغذ بهداشتی، رس، نانورس، خواص ضدباکتری، فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

عفونت‌های ادراری از عوامل شایع مراجعه به پزشکان بوده و ممکن است نشان‌دهنده ناهنجاری زمینه‌ای دستگاه ادراری مانند اوروپاتی انسدادی باشند و عوارض درازمدت این عفونت‌ها می‌تواند در کودکی آسیب کلیوی ایجاد نموده و در سنین بالاتر باعث پرفشاری خون، عفونت‌های مکرر و حتی نارسایی کلیه گردد (۵، ٦، ۱۵). عفونت ادراری دومین علت عمده عفونت در بدن است که در بیشتر موارد این بیماری در زنان بروز می‌نماید که به فاصله کوتاه بین مجرای ادرار تا مقعد و ورودی مجرای ادرار به مثانه نسبت داده شده است. از دیدگاه میکروب‌شناسی عفونت ادراری هنگامی وجود دارد که در ادرار، پیشابراه، مثانه، کلیه یا پروستات میکروارگانیسم پاتوژن شناسایی شود (۲۳). عفونت‌های دستگاه ادراری زمانی ایجاد می‌شوند که باکتری‌ها از طریق مجرای ادرار وارد این سیستم شده و در مثانه تکثیر می‌شوند. با وجودی که ساختار دستگاه ادراری به شکلی است که درحالت کلی اجازه نمی‌دهد چنین مهاجمان میکروسکوپی وارد آن شوند، ولی گاهی اوقات نمی‌تواند از خودش دفاع کند و دچار عفونت می‌شود.

باکتری‌ای به نام «اشرشیاکولی» شایع‌ترین میکروبی است که در زنان جوان مبتلا به عفونت مثانه مشاهده می‌شود (در ۸۰ درصد موارد) و دو باکتری دیگر به نام‌های «استافیلوکوکوس» و«ساپروفیتیکوس» نیز در ۵ تا ۱۵ درصد از بیماران یافت می‌شوند (۲۵). باکتری «اشرشیاکولی» از باکتری‌هایی است که معمولا درمعده و روده وجود دارند. یکی از مهم‌ترین علل بروز عفونت مثانه این است که واژن و مجرای ادرار با این نوع باکتری‌های روده بزرگ آلوده می‌شوند (۱۷).

از آنجا که عفونت‌های مجاری ادراری از شایع‌ترین بیماری‌های عفونی بوده و سالانه افراد زیادی به‌دلیل درمان این بیماری به درمانگاه‌ها، پزشکان و بیمارستان‌ها مراجعه می‌کنند سالانه هزینه‌های زیادی صرف درمان این عفونت‌ها می‌شود. از این‌رو، با پیشگیری از بروز این قبیل بیماری‌ها می‌توان از پرداخت هزینه‌های بالا در راستای درمان آن‌ها جلوگیری نمود. روش‌های متعددی برای پیشگیری از بروز عفونت‌های ادراری وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به استفاده از کاغذهای بهداشتی نظیر دستمال توالت و نواربهداشتی با خواص ضدمیکروب اشاره نمود.

کاغذها عموما از الیاف سلولزی تشکیل شده‌اند که این الیاف به خودی خود هیچ اثر ضدمیکروبی ندارند (۲۰). برای دستیابی به کاغذی با خواص ضدمیکروب

نیازمند افزودن یک عامل دارای خواص ضدمیکروب به کاغذ هستیم. به‌طور کلی امروزه از عوامل دارای خواص ضدمیکروب مختلفی استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها نانوذرات نقره، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و نانوذرات رس (٤، ٩، ١٣، ١٤) می‌باشند که نانوذرات رس نسبت به نانوذرات فلزی در غلظت‌های بالای مصرف از سمیت بسیار کمتری برخوردار می‌باشند (٢).

رس‌ها مواد طبیعی، غیرسمی و زیست‌سازگار می‌باشند (٢) که از ذرات ریزدانه (زیر ٢ میکرون) متشکل از ورق‌های سیلیکات با بار منفی که معمولا به‌عنوان لایه‌های نازک سیلیکات اشاره می‌شوند، ساخته شده‌اند. به‌منظور تعادل باری، سطح رس با بارمنفی به‌طور آزادانه با کاتیون‌های بارمثبت در لایه‌های مختلف یا تولیدات محیطی در حال مبادله بار می‌باشد (١٩). در تحقیقات مختلف اثبات شده است که هرچه ذرات کوچکتر باشند سطح ویژه آن‌ها بیشتر شده و در نتیجه کنش آن‌ها بیشتر می‌شود (١٦). ازاین رو انتظار می‌رود زمانی‌که ذرات رس در مقیاس نانومتری قرار گیرند بار دردسترس آن‌ها برای شرکت در واکنش‌ها افزایش یابد و عملکرد ضدمیکروبی بیشتری را ارائه کنند. کاربرد نانوذرات رس در زمینه پزشکی به‌اشکال مختلفی بوده است. این نانوذرات در برخی پژوهش‌ها خود به‌طور ویژه به‌عنوان عامل ضدمیکروب مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در برخی دیگر با توجه به ساختار لایه لایه این ذرات و خاصیت تبادل یونی بالایی که دارند، به‌عنوان یک ترکیب پایه برای افزایش ماندگاری ذرات با خواص ضدمیکروبی در ساختارهای کامپوزیتی مورد مصرف قرار گرفته‌اند (١٨). بار سطحی منفی رس‌ها به آن‌ها اجازه جذب آب، باکتری‌ها، سموم، و داروها را می‌دهد (٣). از آنجا که بار سطحی الیاف و همچنین بار سطحی نانوذرات رس منفی می‌باشد در نتیجه انتظار می‌رود که پس از پوشش‌دهی این ذرات جذب الیاف نشوند و پس از خشک شدن کاغذ نهایی به‌صورت پودر از سطح کاغذ حذف شوند. ازاین‌رو استفاده از ماده‌ای با بار مخالف سطح الیاف در فرمولاسیون پوشش مورد استفاده می‌تواند به‌طور قابل توجه‌ای در مقدار باقیمانده (وزن پوشش) عامل ضدمیکروب مورد استفاده و در نتیجه افزایش خاصیت ضدمیکروبی در کاغذ نهایی مؤثر باشد.

از متداول‌ترین کمک نگهدارنده‌های مورد استفاده در صنعت کاغذسازی نشاسته می‌باشد. نشاسته کاتیونی، نشاسته‌ای است که در طول زنجیره‌های پلیمری آن ترکیبات آمونیم چهارتایی جایگزین هیدروکسیدها گردیده‌اند که حاوی بار مثبت بر روی نیتروژن استخلافی خود هستند. این ذرات باتوجه به تفاوت باری که با نانوذرات رس و الیاف دارند می‌توانند موجب افزایش مقدار باقیمانده (وزن پوشش) ذرات در سطح کاغذ و اتصال ذرات پوشش‌دهی با سطح کاغذ شوند. این پژوهش با هدف ایجاد خواص ضدباکتری مطلوب در کاغذهای بهداشتی با استفاده از رس و نانورس به‌عنوان یک عامل ضدمیکروب غیرسمی به‌انجام رسید که برای دستیابی به خواص ضدباکتری مطلوب با مصرف میزان کمتری از عامل ضدمیکروب از فرآیند پوشش‌دهی استفاده گردید.

مواد و روش کار

مواد: کاغذهای مورد استفاده در این پژوهش متشکل از خمیر CMP و با وزن پایه بین ٦٠-٧٠ g/m^2 بودند که از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شدند. نانورس مورد استفاده در این تحقیق با نام تجاری نانوبنتونیت ساخت شرکت تولیدی رس جنوب بوده است. این ماده معدنی پودر سفید رنگ با دانسیته ٢/٥٣ g/cm^3 می‌باشد. رس مورد استفاده با

مشخصات رطوبت ≥ ۱۲ درصد، ویسکوزیته محلول ۱۰ درصد cp ۰/۰۸– ۰/۰٤، pH ۷–٦ و دمای ژل °C ٦٦ ساخت شرکت تولیدی رس جنوب بود. نشاسته کاتیونی با مشخصات شامل رطوبت حداکثر ۱٤ درصد، pH ۷–۵، دمای پخت °C ۹۵ و ویسکوزیته بعد از پخت cp ٦۰–۲۰ استفاده گردید. باکتری‌های مورد آزمون شامل یک باکتری گرم منفی با نام اشرشیاکولای و یک باکتری گرم مثبت با نام باسیلوس سوبتیلیس بودند که از بانک سوش باکتری دانشگاه علوم پزشکی گرگان تهیه شدند. برای آزمون ضدباکتری از محیط کشت مایع (BHIB[1]) استفاده گردید.

روش کار

آماده‌سازی محلول پوشش: در این پژوهش فرآیند مورد استفاده برای فرآوری کاغذهای موردنظر از نوع پوشش‌دهی بود تا بیشترین وزن پوشش و بالاترین اثر بخشی را از عوامل ضدمیکروب مورد استفاده شاهد باشیم. در راستای آماده‌سازی ترکیب پوشش ابتدا نشاسته که به‌عنوان عامل کمک‌نگدارنده مورد پخت قرار گرفت. برای این منظور ۱/۵ گرم نشاسته در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل و به‌مدت ۳۰ دقیقه تحت دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد پخته شد. پس از پخت نشاسته یک گرم رس/ نانورس به محلول اضافه گردید و ترکیب حاصل با استفاده از یک همزن مغناطیسی همزده شد تا یک ترکیب همگن و یکنواخت حاصل گردد. ۲۵ میلی‌لیتر از ترکیب حاصل برای پوشش‌دهی کاغذی با سطح ۰/۲۵ مترمربع استفاده گردید. از این روش برای تولید سوسپانسیون پوشش با غلظت ٤/۵ گرم نشاسته و ۳ گرم رس/ نانورس و ٦ گرم نشاسته و ٤ گرم رس/ نانورس نیز استفاده گردید (۱۱).

پوشش‌دهی کاغذ: پوشش‌دهی کاغذها با استفاده از دستگاه پوشش‌دهی اتوبار[2] مدل GBC-A4 ساخت شرکت GIST که به انجام رسید. برای این منظور ٦ میلی‌لیتر از محلول پوشش‌دهی با استفاده از سرنگ بر روی کاغذ به ابعاد A4 ریخته شد و توسط میله پوشش‌دهی با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر ثانیه و فشار ثابت روی کاغذ پخش گردید. به‌منظور جلوگیری از ایجاد چروک بر روی کاغذها در هنگام خشک‌کردن، کاغذها روس یک صفحه استیل قرار گرفتند و اطراف آن‌ها با استفاده از یک قاب چوبی و گیره به صفحه ثابت شد. نهایتا کاغذهای پوشش‌دهی شده به‌مدت ۲ روز در دمای محیط قرار گرفتن تا کاملا خشک شوند.

ارزیابی خواص ضدباکتری

استریل کردن کاغذها: به‌منظور انجام آزمون ضدباکتری میزان ۰/۰۵ گرم وزن خشک از هر تیمار (متشکل از هردو نوع کاغذ پوشش‌دهی شده با رس و نانورس در هر سه سطح رس ۱، ۳ و ٤ گرم) استریل شدند. برای این منظور نمونه‌های کاغذی برای زمان ۲ ساعت در دمای ۱۷۰ درصد در آون قرار گرفتند. آزمون ضدباکتری بر روی هر دونوع باکتری گرم منفی و گرم مثبت و در سه تکرار به انجام رسید.

آماده‌سازی باکتری‌ها: باکتری‌های آزمون به‌صورت سوش از دانشگاه علوم پزشکی گرگان بخش میکروبیولوژی تهیه شدند. برای فعال‌سازی باکتری‌ها سوش‌های موردنظر روی محیط کشت جامد کشت داده شدند و به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا باکتری‌ها به‌طور کامل رشد کنند. سپس مقداری از باکتری‌های رشد یافته با استفاده از یک لوپ استریل به داخل یک لوله آزمایش حاوی ml ۵ محیط کشت مایع BHIB (که از انحلال

---

[1] 1- Brain Heart Infusion Broth

[2] 2- Auto Bar Coater

۳۷ گرم پودر BHIB در ۱۰۰۰ ml آب مقطر تهیه و با استفاده از دستگاه اتوکلاو تحت شرایط دمایی ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار بخار ۱۵ پوند برای مدت ۱۵ دقیقه استریل شده بود) منتقل یافته و برای دوره زمانی ۲٤ ساعته و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار گرفتند.

بررسی اثر ضدباکتری کاغذهای فرآوری شده: پس از رشد باکتری‌ها در محیط کشت مایع، غلظت باکتری‌ها به نیم مک‌فارلند (تعداد تقریبی باکتری‌ها حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ باکتری) رسانده شد. سپس کاغذها به‌صورت مجزا به داخل لوله‌های حاوی ۵ ml محیط کشت استریل منتقل شدند و میزان ۵ لاندا از سوسپانسیون باکتری تهیه‌شده با استفاده از یک نمونه‌گیر[1] به هر لوله اضافه گشت. جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد باکتری‌ها لوله‌های حاوی کاغذ در داخل یک دستگاه لرزاننده با سرعت rpm ۱۶۰ و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از ۱۸ ساعت کدورت محیط کشت موجود در لوله‌ها که معرف میزان حضور باکتری‌های رشدیافته بود با استفاده از یک بیوفتومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی کاغذ

جذب آب: ارزیابی اثر پوشش رس و نانورس روی جذب آب کاغذها، به روش آزمون کاب[2] ۶۰ ثانیه به انجام رسید. این آزمون با استفاده از آزمونگر کاب مدل A 4655 ساخت اتریش و طبق استاندارد شماره T٤٤۱ om -۰۹ آیین‌نامۀتاپی انجام شد و برای این منظور نمونه‌های کاغذ در ابعاد ۱۲×۱۲ cm^2 تهیه شدند. وزن نمونه‌ها قبل و بعد از آزمون اندازه‌گیری شدند که اختلاف این دو وزن میزان جذب آب نمونه‌ها را نشان داد که درنهایت به‌صورت درصد بیان شدند.

مقاومت به عبور هوا: مقاومت به عبور هوا به روش گرلی و بر اساس استاندارد شماره *T٤٦۰om-۹۶* آیین‌نامۀ تاپی مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمون توسط دستگاه گرلی[3] مدل ٤۱۱۰ ساخت کشور آمریکا انجام شد. در این روش زمان خروج حجم مشخصی از هوا (۱۰۰ میلی لیتر) از صفحه کاغذی و برحسب ثانیه اندازه‌گیری می‌شود که هر چقدر مقدار آن بیشتر باشد نشان‌دهنده تخلخل کمتر در کاغذ است.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی کاغذ

شاخص مقاومت به ترکیدن: این مقاومت به‌وسیله آزمونگر ترکیدن[4] مدل *F18533.E010* ساخت شرکت *FRANK-PTI* آلمان طبق استاندارد مربوطه به شماره *T٤۰۳ om-۰۲* آیین‌نامۀتاپی در ۳ تکرار برای هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت.

شاخص مقاومت به پارگی: مقاومت به پارگی برای کاغذهای پوشش‌دهی شده با استفاده از آزمونگر پارگی[5] مدل *53984 Elmendorf* ساخت شرکت *FRANK* آلمان طبق استاندارد *T٤۱٤ om-۰٤* آیین‌نامۀ تاپی در ۳ تکرار برای هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی مرفولوژی نانوذرات رس با استفاده از تصاویر SEM[6]: به‌منظور ارزیابی بررسی مرفولوژی ساختاری نانوذرات رس مورد استفاده در این پژوهش از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده گردید. این تصاویر توسط دستگاه SEM مدل KYKY-EM3200 آزمایشگاه رضائی تهیه شدند.

---

[1] sampler

[2] COBB

[3] Gurley Precision Instruments

[4] Butst tester

[5] Tear tester

[6] Scanning Electron Microscopy

به‌علت هدایت الکتریکی مختلف نمونه‌ها، قبل از تهیه تصاویر نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پوشش‌دهی یونی تحت پوشش طلا قرار گرفتند.

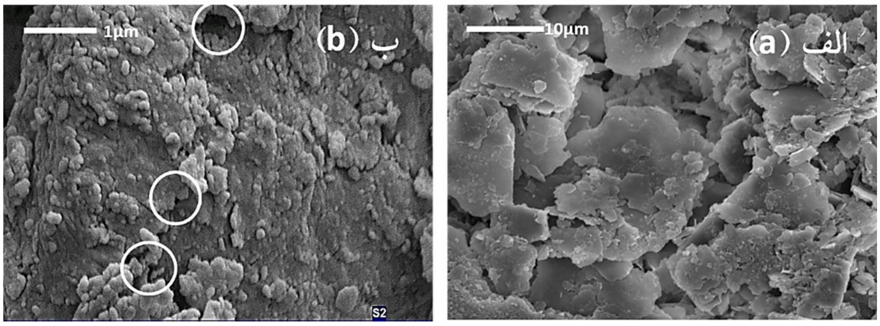
آنالیز آماری

ارزیابی معنی‌داری بین میانگین‌ها در این تحقیق با آزمون دانکن با سطح اعتماد ۹۵ درصد انجام شد. بدین منظور از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده گشت. در این آزمون اثر ٦ نوع تیمار (رس و نانورس ۱، ۳ و ٤ درصد وزنی نسبت به وزن کاغذ) مختلف به‌همراه نمونه شاهد مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

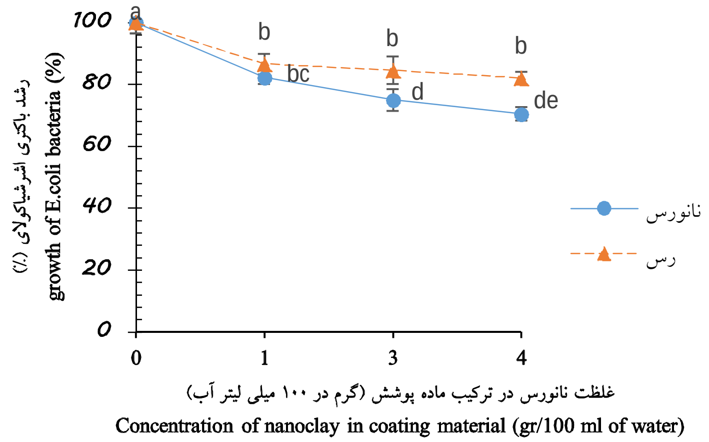
تصاویر SEM نانوذرات رس: شکل ۱ تصاویر ریزنگار الکترونی از سطح رس و نانورس را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این تصاویر قابل مشاهده است ابعاد ذرات رس بسیار بیشتر از نانورس‌ها می‌باشد و تصاویر ریزنگار الکترونی در تصویر (ب) ضخامت نانومتری در ساختار نانورس را به خوبی نشان می‌دهند.

آزمون ضدباکتری: آزمون ضدباکتری برای دو نوع باکتری گرم منفی اشرشاکولای و گرم مثبت باسیلوس سوبتیلیس انجام شد. اثر ضدباکتریایی کاغذهای تیمارشده با رس و نانورس در سه سطح مصرف ۱، ۳ و ٤ درصد نسبت به وزن خشک کاغذ روی میزان رشد باکتری‌ها به‌ترتیب در شکل‌های ۳ و ٤ نشان داده شده است.



شکل ۱- تصاویر SEM از (الف) رس و (ب) نانورس.

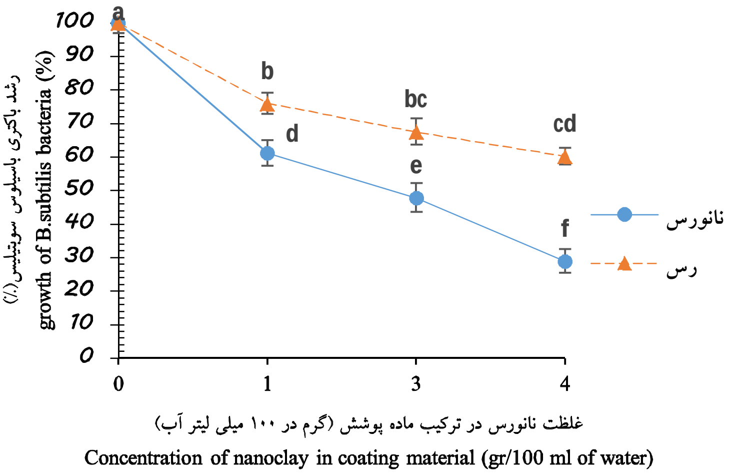
Figure 1. SEM images of (a) clay and (b) nanoclay.



شکل ۲- تغییرات میزان رشد باکتری اشرشیاکولای در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 2. Changes rate of the growth of *E.coli* as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

باکتری اشرشیاکولای: شکل ۲ نتایج مربوط به تغییرات میزان رشد باکتری اشرشیاکولای در نتیجه حضور سطوح مختلف ذرات رس و نانورس به‌عنوان یک عامل ضدباکتری در کاغذهای فرآوری شده را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادند که با کاربرد ذرات رس میزان رشد باکتری‌ها حدود ۱۳ درصد کاهش یافت که این کاهش براساس نتایج آماری معنی‌دار بوده است، اما همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت رس به‌عنوان یک عامل ضدمیکروب تغییرات قابل توجه‌ای در میزان رشد باکتری اشرشیاکولای حاصل نگردید. در بررسی اثر نانورس به‌عنوان یک عامل ضد میکروب مشاهده شد که این ذرات توانستند به‌طور قابل‌توجه‌ای مانع از رشد باکتری اشرشیاکولای شوند و با افزایش غلظت مصرفی این ذرات رشد باکتری‌ها کاهش بیشتری یافت و این کاهش تا حدود ۱۸ درصد رسید. نتایج به‌دست آمده در این بخش با نتایج حاصل از پژوهش سو و همکاران در سال ۲۰۱۲ و وانگ و همکاران در سال ۲۰۰۶ همخوانی دارد (۱۰، ۲۷). در مقایسه بین اثر رس و نانورس به‌عنوان عوامل ضدمیکروب مشاهده شد که اثربخشی نانورس در تمام سطوح مصرفی به نسبت بیشتر از رس بوده است و با افزایش غلظت این ذرات اختلاف عملکرد بین رس و نانورس بیشتر شد. مقدار اتصال ذرات به باکتری بستگی به سطح در دسترس برای این فعل و انفعالات دارد (۲۵). هرچه سطح در دسترس (سطح مؤثر یا سطح در واحد حجم) بیشتر باشد این فعل و انفعلات بهتر صورت می‌گیرد. از این‌رو، می‌توان بیان نمود که ذرات کوچکتر با نسبت سطح به حجم بزرگتر کارایی بهتری را در زمینه فعالیت‌های ضدباکتریایی نسبت به ذرات بزرگتر دارا هستند. از آنجا که نانوذرات رس دارای یک بعد نانومتری می‌باشند و درمقایسه با رس‌ها ذرات ریزتری هستند از این‌رو می‌توان علت عملکرد بهتر این ذرات را به کوچکتر بودن نانوذرات رس در مقایسه با رس معمولی و حضور سطح ویژه بیشتر در این ذرات نسبت داد.

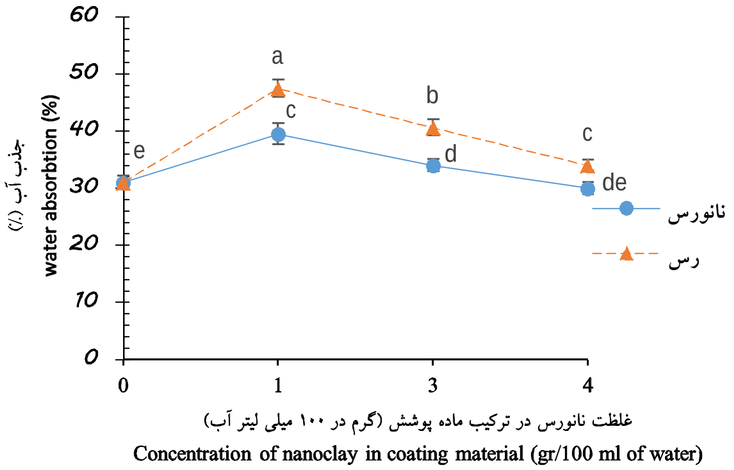


شکل ۳- تغییرات میزان رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 3. Changes rate of the growth of *B.subtilis* as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

باکتری باسیلوس سوبتیلیس: شکل ۳ تغییرات میزان رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس در نتیجه حضور نانوذرات رس و رس معمولی را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادند که رس‌ها در تمام غلظت‌های مصرفی

توانستند اثر قابل توجه‌ای را روی عدم رشد باکتری گرم منفی باسیلوس سوبتیلیس داشته باشند و تا حدود ٤٠ درصد رشد باکتری را در غلظت ٤ گرم در ١٠٠ میلی‌لیتر آب کاهش دهد. علت اثربخشی مؤثرتر نانوذرات رس در مقایسه با رس معمولی مانند عملکرد این ذرات روی باکتری اشرشیاکولای بوده است و به کوچکتر بودن اندازه ذرات و افزایش سطح ویژه آنها برای شرکت در فعل و انفعالات با ذرات باکتری نسبت داده شده است (٢٦). نانوذرات رس در مقایسه با در تمام سطوح مصرفی عملکرد بهتری داشته‌اند (شکل ٢). ذرات نانورس توانسته‌اند میزان رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس را ٧٠ درصد در غلظت ٤ گرم در ١٠٠ میلی‌لیتر آب کاهش دهند که در مقایسه با اثربخشی این ذرات روی باکتری اشرشیاکولای حدود ٥٠ درصد بیشتر بوده است. نتایج بدست آمده از این بخش مشابه با نتایج حاصل از پژوهش وانگ و همکاران (٢٠٠٦) و پرامانیک و همکاران می‌باشد (٢١). آنها نیز در تحقیقات خود اعلام کردند که اثر بخشی نانوذرات رس روی باکتری‌های گرم مثبت به تناسب بیشتر از باکتری‌های گرم منفی می‌باشد.



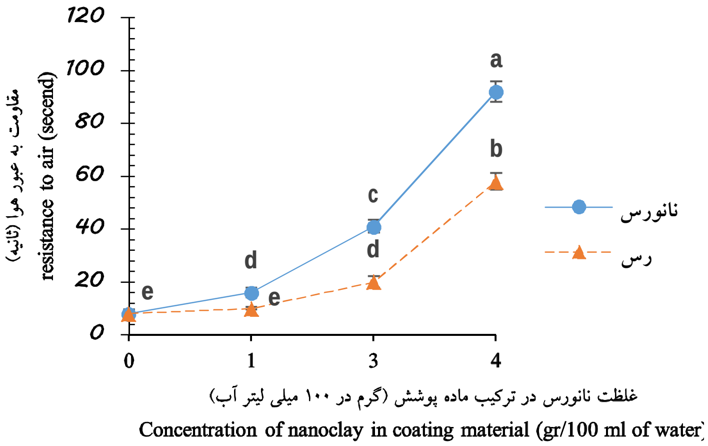
شکل ٤- تغییرات میزان جذب آب در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 4. Changes rate of the water absorption as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

خصوصیات فیزیکی

جذب آب: شکل ٤ نتایج حاصل از آزمون جذب آب کاغذهای پوشش‌دهی شده با محلول پوشش‌دهی حاوی ذرات رس و نانورس در غلظت‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادند که میزان جذب آب در تمام سطوح مصرفی ذرات رس و نانورس در ترکیب پوششی موجب افزایش میزان جذب آب در کاغذهای تیمارشده گشته است که این افزایش به‌خاطر ویژگی آبدوستی ذرات رس و نانورس می‌باشد. افزایش جذب آب در کاغذهای پوشش‌دهی شده با ترکیب پوششی حاوی رس بیشتر از نانورس بود است علت این مشاهده را می‌توان به تفاوت در ابعاد ذرات رس و نانورس نسبت داد. کوچک بودن ابعاد نانورس نسبت به رس سبب می‌شود که این ذرات راحت‌تر در خلل و فرج موجود در بین الیاف قرار بگیرند و از این‌رو با پرکردن خلل و فرج باعث کاهش میزان جذب آب نسبت به ترکیب پوششی حاوی رس در کاغذها شوند. نتایج نشان دادند که با افزایش سطح مصرف ذرات رس و نانورس در ترکیب پوششی، میزان جذب آب کاغذها کاهش یافت (٢٤).

این نتایج می‌تواند به دلایل مختلفی صورت پذیرفته باشد. در درجه اول نشاسته که به‌عنوان یک کمک نگه‌دارنده در ترکیب با رس و نانورس استفاده شده است ماده‌ای آبگریز می‌باشد (۸) و عموما به‌عنوان آهار در کاغذسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. باتوجه به اینکه با افزایش غلظت رس و نانورس میزان نشاسته مورد استفاده نیز افزایش یافته است می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل کاهش میزان جذب آب کاغذها تلقی شود. ازطرف دیگر، زمانیکه نانورس که ماده‌ای به‌شدت آبدوست بوده و این آبدوستی به بار سطحی منفی آن نسبت داده شده است (۳) با نشاسته ترکیب می‌شود، تصور می‌شود که بارسطحی منفی ساختار رس به‌خاطر شرکت در واکنش‌های الکترواستاتیکی با گروه‌های عاملی نشاسته کاهش می‌یابد و گروه‌های عاملی موجود در سطح رس که قادر به شرکت در واکنش ترکیبی با آب می‌باشند محدود می‌شوند. از این‌رو، این عوامل می‌توانند به‌عنوان عواملی محرک در کاهش میزان جذب آب کاغذهای تیمار شده با رس و نانورس محسوب شوند.

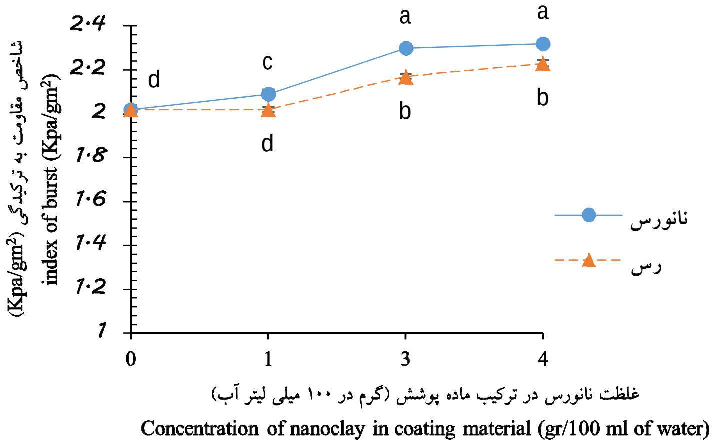


شکل ۵- تغییرات میزان مقاومت به عبور هوا در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 5. Changes rate of the air resistant as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

مقاومت به عبور هوا: شکل ۵ تغییرات اثر پوشش‌دهی کاغذ با رس و نانورس در غلظت‌های مختلف بر مقاومت به عبور هوا کاغذ را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادند که بین تغییر در میزان مقاومت به عبور هوا متاثر از غلظت رس و نانورس موجود در ترکیب پوشش بوده است. از طرف دیگر نتایج نشان می‌دهند که اثر پوشش‌دهی کاغذ با نانورس در مقایسه با رس در غلظت‌های مشابه بر مقاومت به عبور هوا بیشتر بوده است. فرآیند پوشش‌دهی سبب می‌شود تا حفرات موجود در ساختار کاغذ پر شوند و یک لایه یکنواخت بر روی سطح کاغذ تشکیل شود. از این‌رو، پوشش‌دهی سطح کاغذ به‌عنوان یک سد ممانعتی در مقابل عبور هوا محسوب می‌شود (۲۲). از طرفی، نانورس دارای ساختار لایه‌ای می‌باشد که خود به‌عنوان یک عامل ممانعتی در برابر عبور هوا عمل می‌کند (۷). همچنین قابل بیان است که افزایش غلظت نیز موجب قرارگیری مقدار ماده پوشش‌دهی بیشتر در سطح و حفرات موجود در شبکه کاغذ می‌شود که در نهایت افزایش مقاومت به عبور هوا را در پی دارد. دلیل افزایش بیشتر مقاومت به عبور هوا

کاغذهای پوشش‌دهی‌شده با نانورس نسبت به رس را می‌توان به ابعاد کوچکتر ذرات نانورس در مقایسه با رس نسبت داد. از این‌رو تصور می‌شود که این ذرات توانسته‌اند به میزان بیشتری در منافذ سطحی کاغذ نفوذ کنند و در نتیجه مقاومت به عبور هوای کاغذ را به میزان بیشتری افزایش دهند.

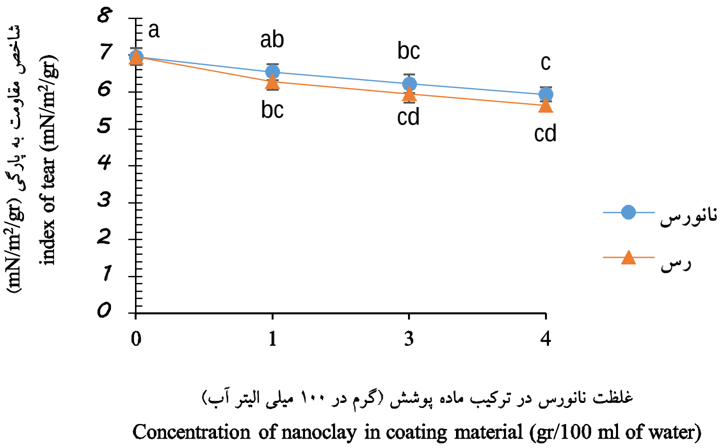


شکل ٦- تغییرات میزان شاخص ترکیدگی در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 6. Changes rate of the of burst index as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

خصوصیات مقاومتی

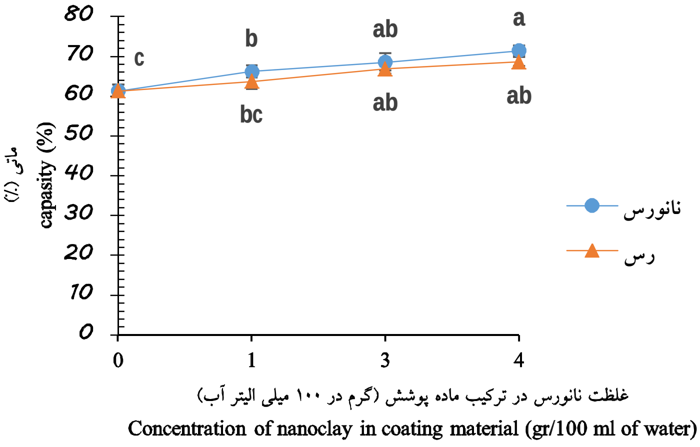
شاخص مقاومت به ترکیدگی: شکل ٦ تغییرات ایجاد شده در شاخص مقاومت به ترکیدگی در نتیجه حضور پوشش رس و نانورس در سطح کاغذهای فرآوری‌شده را نشان می‌دهد. نتایج آماری نشان دادند که حضور یک لایه رس و نانورس روی سطح کاغذ موجب افزایش قابل توجه‌ای در میزان مقاومت به ترکیدگی در کاغذها شد که با افزایش سطح مصرف رس و نانورس این افزایش بیشتر شد البته نقش نشاسته نیز در افزایش ویژگی‌های مقاومتی کاغذها قابل توجه می‌باشد. همچنین مشاهده شده که تأثیر نانورس در افزایش شاخص مقاومت به ترکیدگی در تمام سطوح مصرف بیشتر از رس بود. در یک غلظت ثابت از محلول پوشش‌دهی، نانورس دارای ابعاد کوچکتری نسبت به رس می‌باشد. در نتیجه، ضخامت و سطح کاغذهای پوشش‌دهی شده با نانورس یکنواخت‌تر می‌شود. این عمل سبب توزیع یکنواخت تنش در حین اعمال تنش، کمتر شدن تمرکز تنش در سطح کاغذ و بیشتر شدن مقاومت‌های عمومی کاغذ می‌شود. از این‌رو، این عوامل سبب می‌شوند که شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در صورت استفاده از نانورس افزایش بیشتری داشته باشد (۱).



شکل ۷- تغییرات میزان شاخص پارگی در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ.

Figure 7. Changes rate of the of tear index as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

شاخص مقاومت به پارگی: شکل ۷ شاخص مقاومت به پارگی در کاغذهای اصلاح شده با رس و نانورس را نشان می‌دهد. نتایج آماری نشان دادند که حضور یک لایه رس/ نانورس تأثیر قابل توجه‌ای بر مقاومت به پارگی کاغذها نداشته است. مقاومت به پارگی کنشی از طول الیاف، مقاومت الیاف و درجه‌ای از اتصال در صفحه کاغذ است (۱۲). از این‌رو، ایجاد پوششی غیرفیبری نتوانسته است تغییری در میزان مقاومت به پارگی در کاغذهای اصلاح‌شده ایجاد کند.



شکل ۸- تغییرات میزان ماتی در نتیجه مصرف مقادیر مختلف رس و نانورس به‌عنوان یک عامل پوششی در کاغذ

Figure 8. Changes rate of the opacity as a result of different amounts consumption of clay and nanoclay as a coating on paper.

ماتی: شکل ۸ تأثیر حضور رس و نانورس در ترکیب پوششی بر میزان ماتی سطح کاغذها را نشان می‌دهد. پوشش‌دهی کاغذ موجب افزایش ماتی کاغذهای پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد گردیده است. افزایش غلظت رس و نانورس در محلول پوشش‌دهی رابطه مستقیمی با درصد ماتی کاغذهای پوشش‌دهی شده داشته است، زیرا هر چه درصد مواد پوشش‌دهی بیشتر باشد، مقادیر جذب و پراکنش نور

بیشتر و ماتی کاغذهای پوشش‌دهی شده نیز افزایش می‌یابد. نتایج نشان دادند که میزان ماتی در کاغذهای پوشش‌دهی شده با نانورس بیشتر از کاغذهای پوشش‌دهی شده با رس بوده است. علت این مشاهده را می‌توان به ابعاد کوچکتر ذرات نانورس نسبت به رس و نسبت سطح به حجم بیشتر آن نسبت داد که باعث تفرق بیشتر نور و در نهایت باعث افزایش بیشتر ماتی در کاغذ می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این کار تحقیقاتی اثر رس و نانورس به‌عنوان عوامل ضدمیکروب طبیعی و سازگار با محیط زیست و با حداقل اثر سوء روی بدن انسان در کاغذ به‌صورت یک ترکیب پوششی جهت دستیابی با حداکثر اثر ممانعتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که ذرات رس و نانورس توانستند اثر قابل توجه‌ای را بر عدم رشد باکتری‌ها داشته باشند که این اثربخشی روی باکتری گرم مثبت به تناسب بیشتر از باکتری گرم منفی بوده است. همچنین مشاهده شد که اثر بخشی نانوذرات رس در مقایسه با رس معمولی به‌خاطر ابعاد کوچکتر این ذرات و سطح ویژه مؤثر بیشتر برای شرکت در واکنش با باکتری‌ها بیشتر بود. همچنین مشاهده شده که نانورس‌ها نسبت به رس عملکرد بهتری را در ایجاد مقاومت به عبور هوا داشته‌اند که این ویژگی کاربرد آن‌ها در صنعت بسته‌بندی را نیز تقویت می‌کند. ازطرف دیگر در بررسی جذب آب نانوذرات رس عملکرد پایین‌تری را درمقایسه با رس داشتند. در بررسی خصوصیات مقاومتی کاغذها حضور رس و نانورس سبب بهبود عملکرد در شاخص مقاومت به ترکیدگی شدند اما تأثیر قابل توجه‌ای بر مقاومت به پارگی کاغذها نداشتند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد نانورس در غلظت‌های متوسط به‌عنوان یک ترکیب پوششی برای ایجاد کاغذی با خواص ضدمیکروبی قابل توجه می‌تواند گزینه‌ای مناسب و کاربردی باشد.

منابع

1. Afra, E., Mohammadnejad, S., and Saraeyan, A. 2016. *Cellulose nanofibils as coating material and its effects on paper properties*. Progress in Organic Coatings 101: 455–460.
2. Aliabadi, M., Dastjerdi, R., and Kabiri, K. 2013. *Htcc-modified nanoclay for tissue engineering applications: a synergistic cell growth and antibacterial efficiency*. BioMed Research International, vol. 2013, Article ID 749240, 7 pages, 2013. doi:10.1155/2013/749240.
3. Ashley, R.H., Matthew, R., Gillian, A.H., and Elsie, E.G. 2013. *Clays and tetracyclines: composite formulation and Antibacterial properties.* XV International Clay Conf.
4. Carja, G., Kameshima, Y., Nakajima, A., Dranca, C., and Okada, K. 2011. *Nanosized silver–anionic clay matrix as nanostructured ensembles with antimicrobial activity.* International Journal of Antimicrobial Agents. 34: 6, 534.
5. Elder, J. 2008. *Urologic Disorders in Infants and Children*. Behrman, R., Kliegman, R., and Jenson, H. Nelson Text Book of Pediatrics. 18 th ed. Sunders, 2223-2226.
6. Freedman, AL. 2005. *Urologic Diseases in North America Project: Trends in Resource Utilization for Urinary Tract Infections in Children*. Journal of Urology, 173: 949-954.
7. Giannelis, E.P. 1996. *Polymer layered silicate nanocomposites*. Advanced Materials 8: 29–35.
8. Hagiopol, C., and Johnston, J.W. 2011. *Chemistry of Modern Papermaking*. CRC Press, ISBN: 9781439856468, 300.
9. Hebeish, A., Hashem, M., Abd El-Hady, M.M., and Sharaf, S. 2013. *Development of CMC*

hydrogels loaded with silver nano-particles for medical applications. Carbohydrate Polymers 92: 407– 413.

10. Hsu, S.H., Wang, M.C., and Lin, J.J. 2012. *Biocompatibility and antimicrobial evaluation of montmorillonite/chitosan nanocomposites*. Applied Clay Science. Volume 56, Pages 53–62.
11. Hui, S.H. 2005. *Coating-paper composition and method for the paperation thereof*. http://www.google.com/patents/WO2005103377A1?cl=en
12. Karenlampi, P.P. 1996. *The effect of pulp fiber properties on the tearing work of paper*. Tappi journal (USA).
13. Kubacka, A., Diez, M.S., Rojo, D., Bargiela, R., Ciordia, S., Zapico, I., Albar, J.P., Barbas, C., Vitor, A.P., Santos, M., Ferna´ndez-Garcı´a, M., and Ferrer, M. 2014. *Understanding the antimicrobial mechanism of TiO2-based nanocomposite films in a pathogenic bacterium*. Scientific reports, 4: 4134. DOI: 10.1038/srep04134
14. Lafi, S.A., and Al-Dulaimy, M.R. 2011. *Antibacterial Effect of some Mineral Clays in Vitro*. Egypt. Acad. J. biolog. Sci., 3(1): 75- 81.
15. Lama, G., Russo, M., De Rosa, E., Mansi, L., Piscitelli, A., Luongo, I., and Salsano, M.E. 2000. *Primary vesicoureteric reflux and renal damage in the first year of life*. Pediatric Nephrology, 15(3-4): 205-210.
16. Lok, C., Ho, C., Chen, R., He, Q., Yu, W., Sun, H., Tam, P., Chiu, J. and Che, C. 2007. *Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities*. JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry, 12:527–534. Doi: 10.1007/s00775-007-0208-z. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17353996.
17. Manges, A.R., Tabor, H., Tellis, P., Vincent, C., and Tellier, P.P. 2008. *Endemic and Epidemic Lineages of Escherichia coli that Cause Urinary Tract Infections*. Emerging Infectious Diseases, 14(10): 1575-1583.
18. Narchin, P., and Afra, E. 2014. *Characteristics, operation mechanism and applications of clay*. Quarterly Journal of scientific- promotional of nanoworld (35), (In Persian)
19. Nesse, W.D., and Schulze, D.J. 2004. *Sheet silicates. In: Neese WD, ed. Introduction to Mineralogy*. USA: Oxford University Press; 235-260.
20. Niyas Ahamed, M.I., and Sastry. 2011. *An in vivo study on the wound healing activity of cellulose- chitosan composite incorporated with silver nanoparticles in albino rats*. International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy, 2(4): 1203 -1209.
21. Pramanik, S., Bharali, P., Konwar, B.K., and Karak, N. 2014. *Antimicrobial hyperbranched poly (ester amide)/polyaniline nanofiber modified montmorillonite nanocomposites*. Materials Science and Engineering: C. Volume 35, Pages 61–69.
22. Samyn, P., Schoukens, G., Kiekens, P., Mast, P., Abbeele, H.V., Stanssens, D., and Vonck, L. 2010. *Thermal resistance of organic nanoparticle coatings for hydrophobicity and water repellence of paper subestrates*. AUTEX Research Journal, 10(4).
23. Shirazi, P. 2016. *Repeated urinary infections in women*. Www. http://jamejamonline.ir/sara/1814571112568277911
24. Sharifi, N., and Taghavinia, N. 2009. *Silver nano-islands on glass fibers using heat segregation method*. Materials Chemistry and Physics. 113: 63–66.
25. Sherwood, L.G., John, G.B., and Neil, R.B. 2004. *Infectious Diseases*. Third edition, USA, Lippincott Williams and wilkins.
26. Uday, K., Niranjan, K., and Manabendra, M. 2010. *Vegetable oil based highly branched polyester/clay silver nanocomposites as antimicrobial surface coating materials*. Journal of Progress in Organic Coatings, 68: 265-273 ps.
27. Wang, X., Du, Y., Yang, J., Wang, X., Shi, X., and Hu, Y. 2006. *Preparation, characterization and antimicrobial activity of chitosan/layered silicate nanocomposites*. Polymer, 47(19): 6738–6744.

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (4), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Evaluate the performance of clay and nanoclay in sanitary paper in terms of antibacterial, physical and mechanical properties

***E. Afra[1], M.R. Malek[2] and M.R. Dehghani Firuzabadi[3]**
[1]Associate Prof., of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]M.Sc. of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 02/02/2016; Accepted: 03/03/2018

Abstract

Background and objectives: Urinary tract infections are one of most common infectious diseases. Urinary tract infections are caused by a group of pathogenic microorganisms such as bacteria *Escherichia coli*, *Staphylococcus* and *Saprophiticus* in the urinary tract. The infection occurs when bacteria enter the system through the urinary tract and reproduce in the bladder. A lot of people come annually for its treatment to clinics and hospitals and too much money is spent to treat these infections. Prevention of incidence of such diseases can avoid paying the high cost of treatment. Use of sanitary paper like toilet paper and sanitary napkins with antimicrobial properties can be a good way to prevent the occurrence these diseases through a continuous removal of germs and create an environment free from germs. Clay as a natural material with a history of use in the treatment of diseases can be a good option for this purpose.
Materials and methods: As expected clay because of its negative charge causes to create the antimicrobial properties, in this study, in addition to clay, nanoclay as an antimicrobial agent used in the paper structure. These materials used to form a cover layer in concentrations of 1, 3 and 4 % wt. along with starch as a retention aid. Antimicrobial properties were examined on two *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* bacteria. Physical and mechanical properties, as well as optical characteristics (opacity) of the prepared papers, were evaluated.
Results: The results showed that the presence of clay and nanoclay could lead to inhibition the growth of both Gram-negative of *Escherichia coli* and gram-positive of *Bacillus subtilis* bacteria. At reviews, the antibacterial effect was observed that the performance was better nanoclay compared with clay, and with the increasing the percentage use of these materials, its antibacterial properties increased, especially in nanoclay. It was also observed that the presence of clay and nanoclay increase amount of water absorption of modified paper, as well as caused increased resistance to air in the paper. In the review of the strength properties also observed that the presence of clay and nanoclay improved burst index, while the tear index did not change significantly.
Conclusion: The results showed that nanoclay compared with clay because of its smaller dimensions and thus more specific surface area as a hydrophilic material and also containing inhibition properties against living organisms can be introduced as a material with a high application domain in creating antimicrobial properties in the paper and used.

Keywords: Sanitary paper, Clay, Nanoclay, Antibacterial, Physical and mechanical properties

---

*Corresponding author: afra@gau.ac.ir