Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۳

ص ۱۸۵-۱۹۷

فراوری نانوذرات رس و بررسی تأثیر آن بر خواص ضدمیکروبی و جذب آب محصولات بهداشتی سلولزی

❖ **الیاس افرا***؛ دانشیار، گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشکدهٔ مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
❖ **مهرناز اسکندری؛** کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشکدهٔ مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
❖ **محمدرضا دهقانی فیروزآبادی؛** دانشیار، گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشکدهٔ مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

نانورس با ساختار لایه‌ای دارای بار سطحی منفی با قابلیت جذب فیزیکی آب، سم باکتری، ویروس و مواد آلی، ماده‌ای مناسب برای جذب آب است و خواص آنتی‌باکتریال دارد. این تحقیق به‌منظور بهبود ویژگی‌های ضدمیکروبی و بهبود جذب آب محصولات بهداشتی سلولزی صورت پذیرفت. بدین منظور ابتدا نانورس سدیم مونت‌موریلونیت (بنتونیت) که دارای ساختار لایه‌ای بوده و ضخامت لایه‌ها نانومتری است، با استفاده از هموژنایزر (دستگاه همگن‌ساز آزمایشگاهی) برای دستیابی به سیستم کلوییدی پایدار با ابعاد تمام نانومتری فراوری شد. سپس در تولید کاغذ از سطوح وزنی مختلف نانورس خام و نانورس همگن‌شده استفاده شد و اثر آن بر ویژگی‌های ضدباکتریایی (علیه دو نوع باکتری اشرشیاکلی و باسیلوس-سوبتیلیس) در مرحلهٔ نخست و جذب آب در مرحلهٔ دوم بررسی شد. نتایج نشان داد که نانورس ویژگی ضدباکتری کاغذ را تا حد زیادی افزایش داد، درحالی که نانورس همگن‌شده در مقایسه با نانورس خام به‌دلیل سطح ویژه و جذب سطحی بسیار بیشتر، خواص ضدباکتریایی کاغذ را بیشتر بهبود بخشید. از طرفی اثر این ماده بر کاهش رشد باکتری باسیلوس بیشتر از باکتری اشرشیاکلی بوده است. همچنین با افزودن نانورس، جذب آب کاغذها تا حدی افزایش یافت و در عین‌حال نانورس همگن‌شده در مقایسه با نانورس خام، جذب آب بیشتری داشت.

واژگان کلیدی: بنتونیت، جذب آب، محصولات بهداشتی سلولزی، ویژگی ضدمیکروبی.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۷۱۶۴۵۴، فاکس: ۰۱۷۱۴۴۲۷۱۷۶
Email: afra@gau.ac.ir

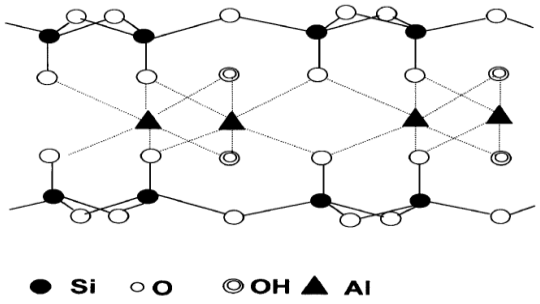
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کاغذ و محصولات کاغذی از کالاهای مصرفی مهم در زندگی انسان به‌شمار می‌روند. یکی از انواع متداول کاغذ مورد استفاده که اخیراً تولید و مصرف آن با روند فزاینده‌ای در حال توسعه است، کاغذهای بهداشتی و محصولات بهداشتی سلولزی مثل پوشک بچه، نوار بهداشتی و ... است. خواص مقاومتی، جذب آب و خواص ضدمیکروبی از ضروریات محصولات بهداشتی سلولزی است. با توجه به تحقیقات انجام‌گرفته، استریل کردن کاغذها و محصولات بهداشتی سلولزی در ایران محدود به حرارت‌دهی در مرحلهٔ خشک‌کن است، در نتیجه افراد به‌هنگام استفاده از کاغذهای بهداشتی اعم از دستمال‌کاغذی و پوشک باید بسیار محتاط باشند، زیرا آگاهی از خصوصیات و ویژگی‌های اساسی این محصولات بهداشتی و استفاده از آنها، مانع بروز عفونت و بیماری می‌شود و از خطرها و آلودگی‌های جانبی جلوگیری می‌کند. همزمان با پیشرفت سریع زندگی، کنترل تأثیرات مضر میکروارگانیسم‌ها ضروری خواهد بود. گسترهٔ وسیعی از میکروارگانیسم‌ها در تعادلی طبیعی بین بدن انسان و محیط اطراف وجود دارند، اما رشد سریع و خارج از کنترل میکروب‌ها ممکن است مشکلات جدی را سبب شود [۱، ۲]. اخیراً به‌دلیل اثرهای مضر و سمی عوامل ضدمیکروبی شیمیایی، برای اصلاح منسوجات از مواد معدنی مختلف استفاده شده است [۳]. این مواد معدنی اغلب، برگرفته از ترکیباتی چون نقره، دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید روی، رس و .. هستند. در تحقیقات بسیاری از نانونقره به‌عنوان متداول‌ترین مادهٔ ضدباکتری در تولید محصولات سلولزی با هدف ایجاد خواص ضدباکتری مانند تولید کاغذ تصفیهٔ ضد باکتری[٤، ٥]، تولید CMC تیمارشده با نانونقره [٦]، نانوکامپوزیت‌های سلولز-نقره [٧] استفاده شده است. در مقایسه با نانونقره، رس به‌دلیل غیرسمی و ارزان بودن برتری دارد.

نانوبنتونیت ذرات معدنی طبیعی ورقه‌ای است که اساساً شامل مادهٔ معدنی اسمکتیت[1] است که به‌طور وسیعی از معادن حفاری و استخراج می‌شود. سطح ورقهٔ این مادهٔ معدنی بسیار کوچک (کمتر از ۲ میکرومتر) و ضخامت آن پس از واکشیدگی و جداشدن ورقه‌ها، بسیار باریک (در حدود ۱ نانومتر) است. بنتونیت‌ها به‌طور معمول براساس رفتار تورمی و توانایی جذب مقادیر زیاد آب شناسایی می‌شوند. فرمول عمومی شیمیایی آن $AL_2Si_4O_{10}(OH)_2$ است. شکل ۱ ساختار شیمیایی بنتونیت را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۱. ساختار عمومی بنتونیت [٤]

ساختار مونت‌موریلونیت اساساً یک ورقهٔ سه‌لایه با یک ورقهٔ هیدروکسیل آلومینیوم هشت‌وجهی است که بین دو لایهٔ چهاروجهی سیلیکون- اکسیژن ساندویچ شده است. استخلاف اتم‌ها در ساختار کریستالی (Mg^{+2} برای AL^{+3}/AL^{+3} برای Si^{+4}) به بنتونیت، بار سطحی منفی می‌دهد. این بار سطحی، اغلب توسط کاتیون‌ها در

1. Smectite

www.SID.ir

Archive of SID

لایه‌های میانی با Ca^{+2} و Mg^{+2} و یا Na^{+2} جبران می‌شود. بنتونیت می‌تواند تا حدود ۱۰ برابر وزن خودش آب جذب کند و با سطح ویژهٔ خیلی بالا ($700-800 M^2/gr$) با بار سطحی زیاد، خصوصیات ویژه‌ای برای کاربردهایی همچون جذب، شناورسازی، دلمه‌کنندگی و آبگیری پیدا می‌کند. بنتونیت باید در آب کاملاً پراکنده شود تا به سطح تماس وسیع و میزان اثربخشی آن کاملاً دست یافت [۸].

ویلیام و همکاران (۲۰۰٤) نیز کاربرد دارویی خاک رس را که رومانس در سال ٦۰ قبل از میلاد ثبت کرده بود مطالعه کرد. در این تحقیق خواص خاک رس روی چسب زخم بررسی شد. جذب فیزیکی آب، سم باکتری، ویروس و مواد آلی، عمدتاً به‌عنوان ویژگی‌های خاک رس برای التیام زخم شناخته شده است [۹]. خاک رس طبیعی ماده‌ای سازگار با محیط زیست با سطح ویژهٔ زیاد است و امروزه به‌طور گسترده برای جذب سطحی و رفع آلودگی‌های آلی استفاده می‌شود. خاک رس به‌علت سطح ویژهٔ زیاد، پایداری مکانیکی و شیمیایی و ویژگی‌های ساختاری و سطحی متنوع، به‌طور گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها مثل نانوکامپوزیت‌ها، جاذب یون‌های فلزی سنگین، کاتالیزورها، واکنش‌های فتوشیمیایی، سرامیک‌ها، پرکننده‌ها و پوشش‌دهی کاغذ، حسگرها و زیست‌حسگرها استفاده می‌شود [۱۰]. وندروسکوا و همکاران (۲۰۱۰) نیز به بررسی جایگزین آنتی‌بیوتیک محرک رشد در پیشگیری از بیماری‌های گوارشی در حیوانات پرداختند. در این مطالعه رس‌های معدنی به رژیم غذایی حیوانات اضافه شد که نشان داد کانی‌های رسی می‌توانند به سموم موجود در دستگاه گوارش حیوانات متصل شوند و آنها را جمع‌آوری کنند و تا حد زیادی سمیت بدن آنها را کاهش دهند. نتایج نشان داد رس‌های معدنی می‌توانند با Cu^{2+} اصلاح شوند که در این صورت فعالیت آنتی‌باکتریایی آنها بهبود می‌یابد، به‌طوری که سدیم‌مونت‌موریلونیت و کلسیم‌مونت‌موریلونیت می‌توانند میزان رشد باکتری را بین ۱۳ تا ۳۷ درصد کاهش دهند، در حالی که نوع اصلاح‌شدهٔ آنها رشد باکتری را از ۹٦ تا ۹۹ درصد کاهش می‌دهد [۱۱]. لافی و الدلومی (۲۰۱۱) نیز به مطالعهٔ فعالیت آنتی‌باکتریایی بعضی از رس‌ها پرداختند. آنها اثر ضدباکتریایی خاک رس سفید، خاکستری، زرد و صورتی را علیه باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس[1] که از عفونت‌های پوستی است و پسودوموناس آئروژینوزا[2] بررسی کردند و بیان داشتند بنتونیت قادر است خاصیت دارویی و ضدباکتریایی در برابر باکتری‌ها داشته باشد. همچنین اظهار کردند که سموم موجود در بدن بار الکتریکی مثبت دارند، درحالی که ذرات رس بار الکتریکی منفی دارند؛ در نتیجه سموم بدن با بار مثبت روی سطح منفی ذرات رس جذب می‌شوند و تبادل یونی صورت می‌گیرد. در این فرایند به‌علت محدود شدن سموم بدن بر روی رس‌ها، رشد سموم کاهش می‌یابد [۱۲].

ازاین‌رو با توجه به سوابق موجود، ازآنجا که ذرات رس قادر به تولید یون‌های فعال، تبادل یون و انتقال آن به دیوارهٔ میکروارگانیسم‌ها و در نهایت واکنش این یون‌های فعال با پروتئین‌ها یا اسیدهای نوکلئیک میکروارگانیسم‌ها هستند، موجب تخریب و نابودی آنها می‌شوند [۱۳]. از طرفی یکی از ملزومات کاغذهای بهداشتی قدرت جذب آب مناسب است؛ خوشبختانه

1. Staphylococcus aureus
2. Pseudomonas aeruginosa

www.SID.ir

Archive of SID

رس نوعی مادهٔ جاذب آب مطلوب است. با توجه به فناوری نانو، به‌نظر می‌رسد اگر از ذرات نانورس استفاده شود و همچنین با فراوری نانورس با هموژنایزر، لایه‌های ذرات نانورس جدا شده و متفرق شود، سطح ویژه افزایش یابد و در نتیجه بار منفی سطحی نیز بیشتر شود؛ پیش‌بینی می‌شود که تبادل یونی و در نتیجه خواص ضدمیکروبی بهبود می‌یابد. همچنین پیش‌بینی می‌شود که با فراوری نانورس و جدا کردن لایه‌های سیلیکاتی به‌علت افزایش سطح ویژه، ویژگی جذب آب آن‌هم به‌عنوان یک هدف جانبی افزایش می‌یابد. بنابراین در این تحقیق، استفاده از نانورس و فراوری نانوذرات رس با استفاده از شیوهٔ هموژنایزر به‌منظور جداسازی لایه‌های سیلیکاتی و بررسی تأثیر آنها بر خواص ضدمیکروبی کاغذ به‌عنوان هدف اصلی، و ارزیابی اثر آن بر جذب آب کاغذهای بهداشتی به‌عنوان هدف جانبی لحاظ شد.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق به‌منظور تهیهٔ خمیر کاغذ پایه از الیاف لیگنوسلولزی گونهٔ اکالیپتوس استفاده شد. این خمیر وارداتی از کارخانهٔ لطیف کرج تهیه شد. نانورس مورد استفاده، بنتونیت، ساخت شرکت سوسرن کلی پروداکت[1] بود. این ماده، پودری سفید با دانسیتهٔ ۲/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. در این تحقیق به‌منظور ماندگاری مطلوب ذرات نانورس بر روی الیاف از کمک‌نگهدارندهٔ پلی دی‌آلیل دی‌متیل آمونیوم‌کلراید (پلی‌دادمک) استفاده شد. پلی‌دادمک استفاده‌شده در این تحقیق دارای وزن مولکولی کم ۲۰۰–۱۰۰ کیلودالتون به‌صورت محلول ۲۰ درصد، ویسکوزیتهٔ cp ۱۸۰–۶۰ و دانسیتهٔ ۱/۰۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب، محصول شرکت سیگما آلدریچ است. در این تحقیق کاغذهای دست‌ساز تحت تأثیر باکتری اشرشیاکلی[2] و باسیلوس سوبتیلیس[3] قرار گرفتند. این باکتری‌ها از بانک سوش باکتری دانشگاه علوم پزشکی گرگان تهیه شدند.

روش پژوهش

ابتدا نانورس تجاری با هدف تولید یک سوسپانسیون کلوییدی پایدار با ایجاد ذرات جامد نانومتری در تمام ابعاد، با کمک هموژنایزر فراوری شد. به‌منظور فراوری ذرات نانورس، مطابق تحقیقات لیندستروم و همکاران (۲۰۰۸) در ابتدا سوسپانسیون نانورس–آب مقطر با غلظت ٤ (گرم/لیتر) تهیه شد[۱۳]. سپس این ذرات به‌مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند تا واکشیده شوند. در نهایت این محلول در دستگاه هموژنایزر به‌مدت ٦۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه تیمار شد [١٤]. به‌منظور اطمینان از دستیابی به ذرات نانورس، عکس میکروسکوپ الکترونی با استفاده از دستگاه مدل KYKY–EM۳۲۰۰ از نانورس خام و نانورس همگن‌شده تهیه شد. بعد از تعیین درصد رطوبت خمیر، پالایش سوسپانسیون خمیر براساس استاندارد شمارهٔ T۲٤۸ om–۸۵ آیین‌نامهٔ تاپی به تعداد ۱۰۰۰۰ دور پالایش انجام گرفت تا خمیر به درجهٔ روانی ۱۰CSF±۳۵۰ برسد. در مرحلهٔ بعد، سوسپانسیون الیاف با و بدون پلی دی‌آلیل دی‌متیل آلومینیوم کلراید[4] (پلی‌دادمک)، با نانورس خام و

1. Southern clay product

2. *Escherichia coli*
3. *Bacillus subtilis*
4. Poly DADMAC

www.SID.ir

Archive of SID

همگن‌شده، هر یک در سه سطح مصرفی ۲، ۱۰ و ۱۵ درصد مخلوط شد. بدین صورت که سوسپانسیون الیاف در همزن قرار گرفت و به‌منظور خنثی‌سازی بار منفی الیاف از کمک‌نگهدارنده، به مقدار ۰/۵ درصد بر اساس وزن خشک خمیر کاغذ به سوسپانسیون خمیر اضافه شد. سپس این محلول به‌مدت ۱۰ دقیقه در همزن با سوسپانسیون الیاف ترکیب شد و در نهایت نانورس خام و همگن‌شده در سطوح مختلف به این ترکیب اضافه شد. سپس کاغذهای دست‌ساز ٦۰ گرمی براساس استاندارد T ۲۰۵ sp-۰۲ آیین‌نامهٔ تاپی از هریک از نمونه‌های خمیر تهیه شد. به‌منظور بررسی وجود ذرات نانورس همگن‌شده روی سطح کاغذ تیمارشده، تصاویر میکروسکوپ الکترونی پیمایشی تهیه شد. همچنین الگوی پراش پرتو ایکس از نانورس خام و کاغذ حاوی نانورس همگن‌شده تهیه شد. به‌منظور تعیین میزان ماندگاری ذرات نانورس در کاغذهای تیمارشده، خاکستر کاغذ شاهد و کاغذهای تیمارشده با نانورس بر اساس استاندارد T٤١٣om-۹۳ ارزیابی شد. همچنین آزمون ضدباکتریایی علیه باکتری‌های اشرشیاکلی و باسیلوس براساس روش کدورت‌سنجی انجام گرفت [۱۵]. در این آزمون نمونه‌های کاغذ در آون کاملاً استریل شدند و هر نمونه با وزن ۰/۰۵ گرم در داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۵ میلی‌لیتر محیط کشت BHI[1] استریل‌شده و ۵ لاندا باکتری مورد نظر قرار داده شدند. سپس کدورت این نمونه‌ها که نشان‌دهندهٔ رشد باکتری است، بعد از ٢٤ ساعت قرار گرفتن در دستگاه تکان‌دهنده[2]، با استفاده از دستگاه بیوفتومتر اندازه‌گیری شد. اعداد جذب براساس رشد باکتری شاهد به‌صورت درصد رشد باکتری ارائه شد. همچنین میزان جذب آب براساس استاندارد T٤٣٢om-۰۹ ارزیابی شد. در این تحقیق برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و اجرای آزمون‌های آماری از نرم‌افزار آماری SPSS16 استفاده شد.

1. Brain Heart Infusion Borth
2. Shaker

نتایج و بحث

ریزنگار میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانورس خام و نانورس همگن‌شده

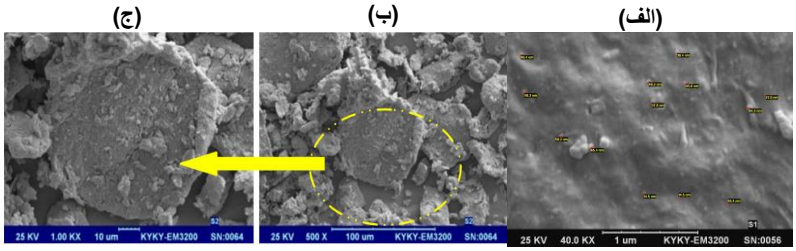
شکل ۲ ریزنگارهٔ میکروسکوپ الکترونی نانورس خام و ریزنگارهٔ میکروسکوپ الکترونی نانورس همگن‌شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که پیداست، نانورس خام فقط در ضخامت نانومتری است و حالت صفحه‌ای دارد که در ابعاد میکرومتری است. اما با فراوری و هموژن کردن ذرات نانورس، لایه‌های سیلیکاتی این ذرات از یکدیگر جدا شده و در تمام ابعاد نانومتری می‌شود. ازآنجا که این تصویر پس از خشک شدن نانورس همگن‌شده در آون است، ذرات نانورس به‌صورت لایهٔ ژله‌ای به یکدیگر چسبیده و لایه‌ها به حالت اول برگشته‌اند، ولی در سطوح کاغذ احتمالاً چنین اتفاقی رخ نمی‌دهد که در شکل ۵ شاهد آن خواهیم بود.

الگوی پراش پرتو ایکس نانورس خام و کاغذ حاوی نانورس همگن‌شده

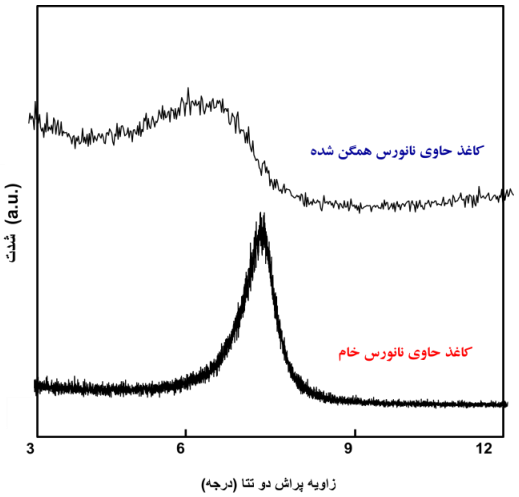
شکل ۳ الگوی پراش پرتو ایکس کاغذ حاوی نانورس خام و کاغذ حاوی نانورس همگن‌شده با پلی دادمک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بلندترین پیک نانورس خام در دو تتای ۷/۵ ظاهر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. ریزنگار میکروسکوپ الکترونی نانورس (الف) و ریزنگار میکروسکوپ الکترونی نانورس همگن‌شده در دو بزرگنمایی مختلف (ب، ج)



شکل ۳. الگوی پراش پرتو ایکس در نانورس خام و کاغذ حاوی نانورس همگن‌شده

شده که نشان‌دهندهٔ لایه‌های سیلیکاتی نانورس خام است. در کاغذ حاوی نانورس همگن‌شده این پیک به‌سمت چپ جابه‌جا شده و نیز پهن‌تر شده است. این جابه‌جایی و پهن‌شدگی به‌علت واکشیده شدن نانورس در آب و ریزتر و همگن‌تر شدن آن و نبود لایه‌های سیلیکاتی اولیه است، زیرا بر اثر هموژن شدن، لایه‌های نانورس از هم باز می‌شود که طی آن پدیدهٔ متورق شدن[1] اتفاق می‌افتد و لایه‌های سیلیکاتی از هم باز می‌شوند.

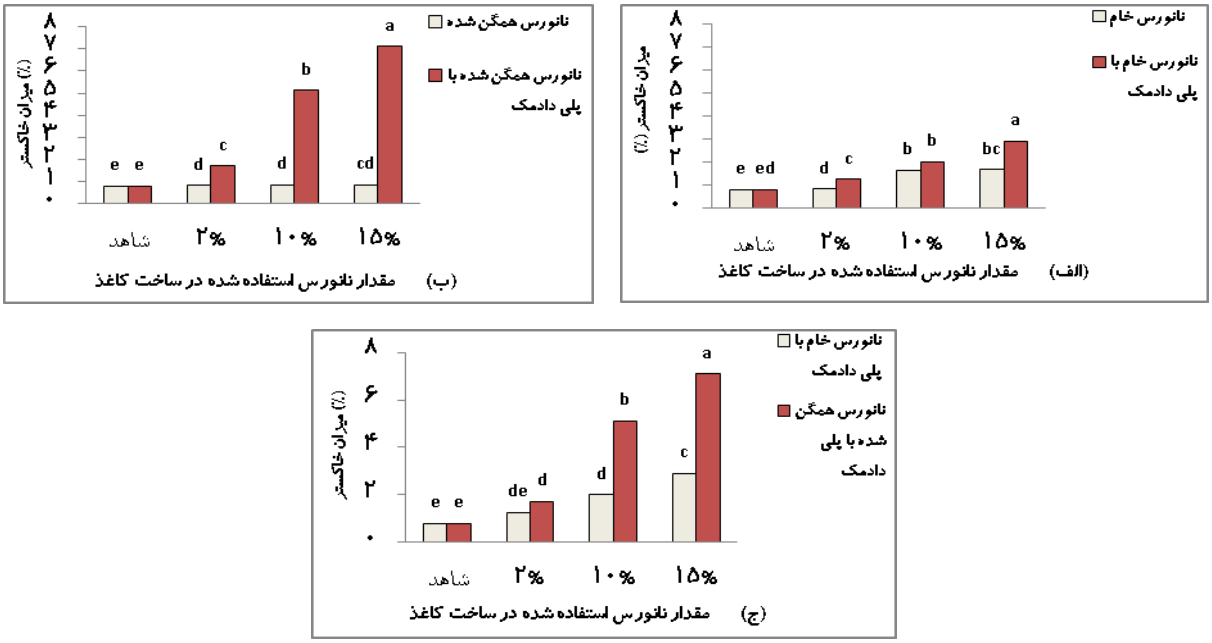
درصد ماندگاری ذرات با آزمون درصد خاکستر[2] کاغذهای دست‌ساز

در شکل ٤ مقدار خاکستر باقی‌مانده از کاغذهای حاوی نانورس خام (الف) و نانورس همگن‌شده (ب) با و بدون حضور کمک‌نگهدارنده، مشاهده می‌شود. نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس در حضور پلی‌دادمک، اختلاف معنی‌داری در مقدار خاکستر اتفاق افتاده است. با توجه به شکل ٤ (ج) در تیمارهایی که از پلی‌دادمک به‌عنوان کمک‌نگهدارنده استفاده شد، مقدار خاکستر باقی‌مانده در کاغذ در هر دو حالت (الف و ب) بیشتر شد. در واقع با افزودن پلی‌دادمک به سوسپانسیون خمیر، میزان دافعهٔ بین الیاف و ذرات نانورس نیز کاهش می‌یابد و احتمالاً بار کاتیونی الیاف به‌سمت مثبت حرکت می‌کند که این پدیده ممکن است سبب بهبود ماندگاری ذرات نانورس و جذب نانورس بر روی سطح الیاف که خود دارای بار منفی است شود. همان‌طور که در شکل ۱ (الف) مشاهده می‌شود ماندگاری نانورس خام بدون پلی‌دادمک بیشتر از ماندگاری نانورس همگن‌شده بدون پلی‌دادمک است، زیرا ذرات نانورس خام درشت‌ترند و راحت‌تر در شبکهٔ الیاف قرار می‌گیرند و ماندگاری بهتری دارند، اما در حالت همگن‌شده نانورس ریز می‌شود و در تمام ابعاد نانومتری شده و بدون کمک‌نگهدارنده در زمان آبگیری درصد عمده‌ای از آن از توری ورقه‌ساز عبور می‌کند و به مقدار جزئی در کاغذ باقی می‌ماند.

1. Intercalation
2. Ash

www.SID.ir

Archive of SID



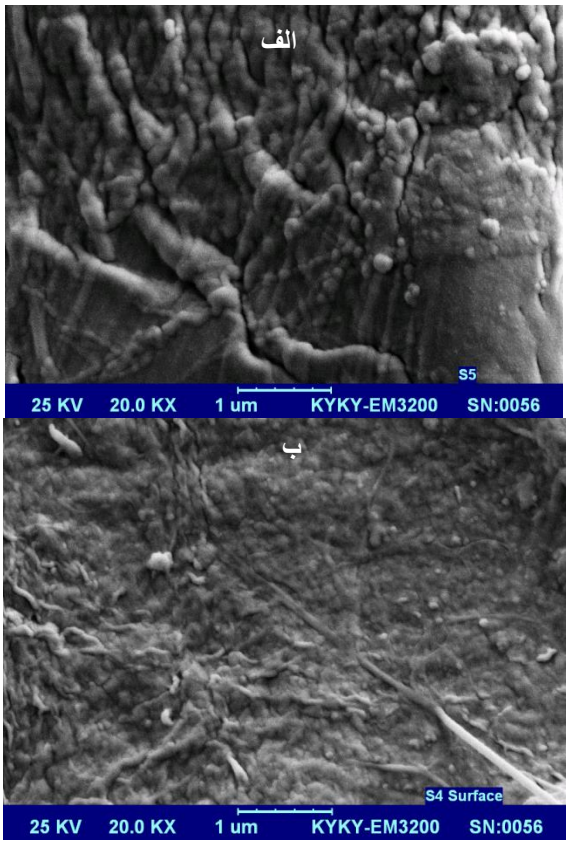
شکل ٤. تغییرات مقدار خاکستر با افزودن نانورس با و بدون کمک‌نگهدارنده در (الف) نانورس خام، (ب) نانورس همگن‌شده و (ج) تغییرات مقدار خاکستر با افزودن نانورس خام و نانورس همگن‌شده با کمک نگهدارنده (گروه‌بندی دانکن به‌صورت حروف انگلیسی در بالای ستون‌ها آمده و حروف متفاوت مؤید اختلاف معنی‌دار بین مقادیر است).

شکل ٤ (ج) مقایسهٔ مقدار خاکستر باقی‌مانده در کاغذهای حاوی نانورس خام و نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، مقادیر خاکستر باقی‌مانده در کاغذهای حاوی نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک در تمام سطوح، بیشتر از کاغذهای حاوی نانورس خام با پلی‌دادمک است. در این زمینه این‌گونه استنباط می‌شود که با توجه به اینکه پلی دادمک کوتاه‌زنجیر است، قابلیت اتصال مناسب ذرات درشت رس را به‌خوبی ندارد، درحالی که در اتصال ذرات نانورس همگن‌شده با سطح ویژهٔ بیشتر و بار منفی بیشتر و البته کوچک‌تر، بهتر عمل می‌کند و سبب ماندگاری بیشتر آنها می‌شود؛ به‌طوری که مقدار خاکستر در کاغذهای حاوی نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک حدود دوبرابر بیشتر از کاغذهای حاوی نانورس خام است. بنابراین نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس، افزایش معنی‌داری در مقدار خاکستر پدید می‌آید و نیز با افزایش مقدار مصرف نانورس، خاکستر افزایش پیدا می‌کند و با هموژن کردن نانورس این روند افزایشی بیشتر می‌شود.

نتایج حاصل از عکس‌های الکترونی نیز تأیید می‌کند که با افزودن پلی‌دادمک به سوسپانسیون خمیر کاغذ، ماندگاری ذرات نانورس بیشتر می‌شود. شکل ۵ (الف) سطح کاغذ محتوی ۱۵ درصد نانورس همگن‌شده بدون کمک‌نگهدارنده و شکل ۵ (ب) سطح کاغذ محتوی ۱۵ درصد نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است در صورتی که از کمک‌نگهدارنده برای ماندگاری نانورس استفاده شود ذرات نانورس بیشتری در بین الیاف دیده می‌شود که اغلب دارای ابعاد نانومتری است؛ اما در نبود کمک‌نگهدارنده مقداری جزئی از ذرات نانورس در سطح کاغذ باقی می‌ماند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. (الف) سطح کاغذ تیمارشده با نانورس همگن‌شده بدون کمک‌نگهدارنده؛ (ب) سطح کاغذ تیمارشده با نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده

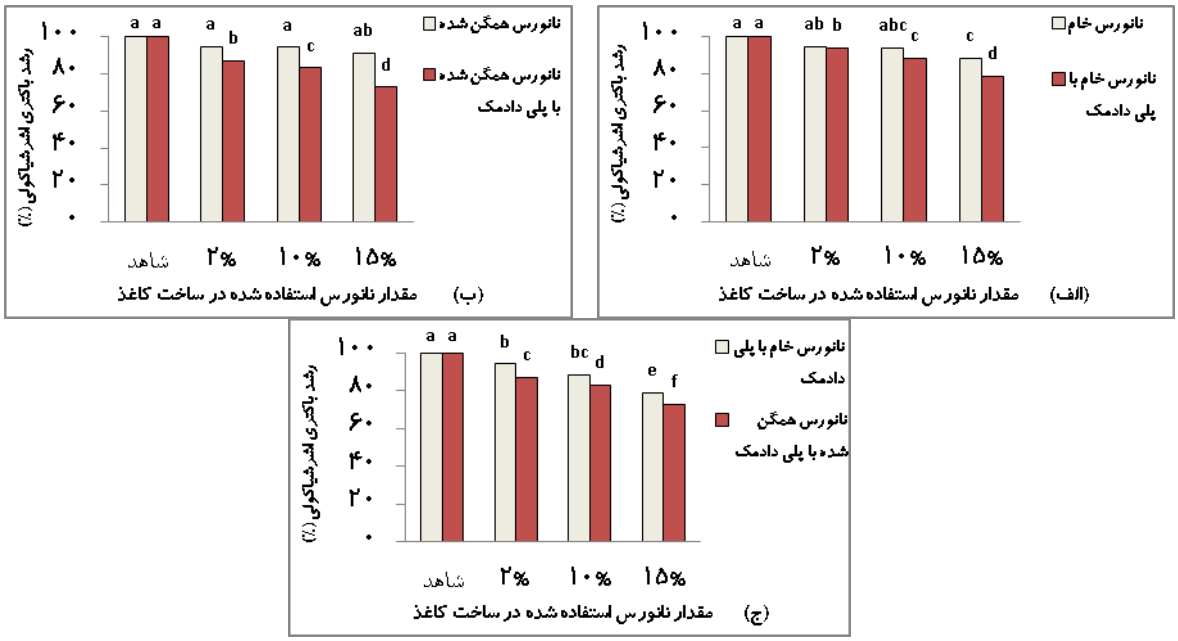
اثر نانورس بر باکتری اشرشیاکلی[1]

شکل ٦ میزان رشد باکتری اشرشیاکلی در کاغذهای حاوی نانورس خام (الف) و نانورس همگن‌شده (ب) با و بدون حضور کمک‌نگهدارنده را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس در حضور پلی-دادمک، اختلاف معنی‌داری در میزان رشد باکتری اشرشیاکلی اتفاق افتاده است. با توجه به این شکل در تیمارهایی که از پلی‌دادمک به‌عنوان کمک‌نگهدارنده استفاده شده، رشد باکتری اشرشیاکلی در هر دو حالت الف و ب کاهش یافته است، زیرا در حضور کمک-نگهدارنده، مقدار نانورس باقی‌مانده در کاغذ بیشتر می‌شود و در نتیجه خاصیت ضدمیکروبی بهبود می‌یابد، اما در حالتی که از کمک‌نگهدارنده استفاده نشده، در هر دو حالت، به‌علت ماندگاری کمتر ذرات نانورس، رشد باکتری بیشتر شده است. بنابراین نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس، کاهش معنی‌داری در رشد باکتری اشرشیاکلی اتفاق افتاده و با افزایش مصرف نانورس، رشد باکتری اشرشیاکلی کاهش یافته است. نتایج پژوهش های دیگری نیز [۹، ۱۱، ۱۲] اثر ضدمیکروبی ذرات رس را ثابت کرده‌است.

1. Escherichia coli

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦. تغییرات میزان رشد باکتری اشرشیاکلی با افزودن نانورس با و بدون کمک‌نگهدارنده در (الف) نانورس خام، (ب) نانورس همگن-شده و (ج) تغییرات رشد باکتری اشرشیاکلی با افزودن نانورس خام و نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده (گروه‌بندی دانکن به‌صورت حروف انگلیسی در بالای ستون‌ها آمده و حروف متفاوت مؤید اختلاف معنی‌دار بین مقادیر است).

شکل ٦ (ج) مقایسهٔ میزان رشد باکتری اشرشیاکلی در کاغذهای حاوی نانورس خام و نانورس همگن‌شده در حضور پلی‌دادمک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود رشد باکتری اشرشیاکلی در کاغذهای حاوی نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک (HCP) در تمام سطوح از کاغذهای حاوی نانورس خام با پلی‌دادمک (CP) کمتر است، زیرا در این حالت مطابق نتایج بررسی مقدار خاکستر، ماندگاری نانورس بیشتر است. همچنین در این حالت، ذرات نانورس همگن‌شده و لایه‌های سیلیکاتی آن از هم جدا شده و در نتیجه بار منفی سطحی و تبادل یونی افزایش و رشد باکتری کاهش یافته است. در این حالت (۱۵ درصد نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده) نانورس تا حدود ۳۰ درصد رشد باکتری را محدود کرده است.

اثر نانورس بر باکتری باسیلوس سوبتیلیس[1]

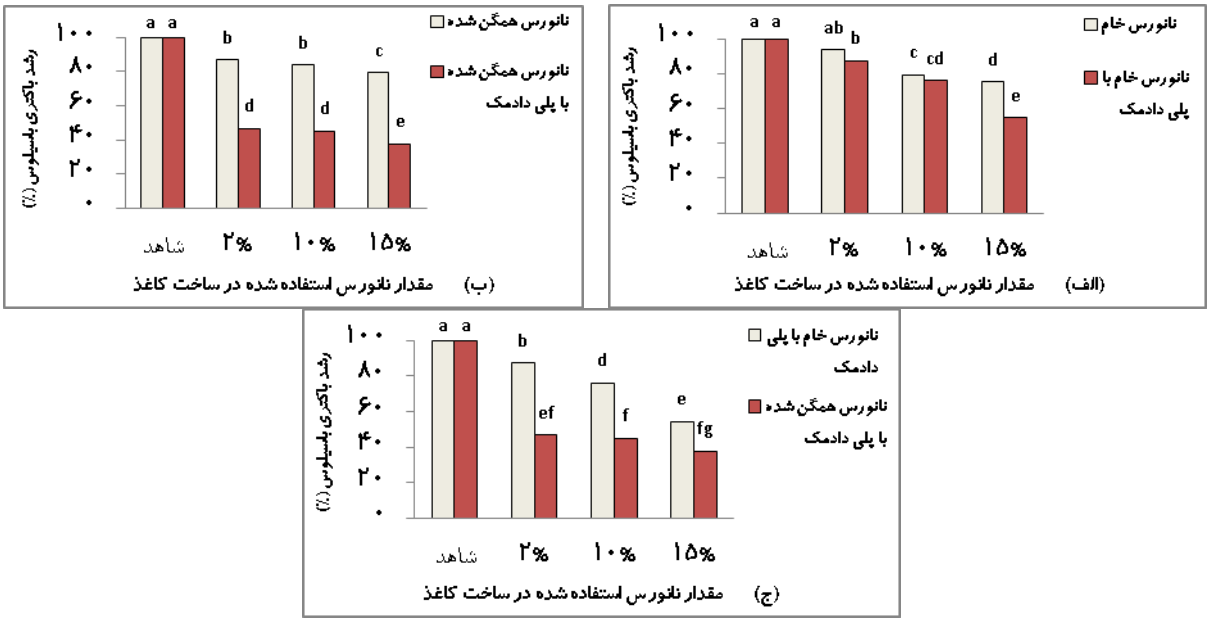
شکل ۷ میزان رشد باکتری باسیلوس را در کاغذهای حاوی نانورس خام (الف) و نانورس همگن‌شده (ب)، با و بدون حضور کمک‌نگهدارنده نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس در حضور پلی‌دادمک، اختلاف معنی‌داری در میزان رشد باکتری باسیلوس اتفاق افتاده است. با توجه به این شکل در تیمارهایی که از پلی‌دادمک به‌عنوان کمک‌نگهدارنده استفاده شده، رشد باکتری باسیلوس نیز در هر دو حالت الف و ب کاهش یافته است، زیرا در حضور کمک‌نگهدارنده، میزان نانورس باقی‌مانده در کاغذ بیشتر خواهد بود و در نتیجه خاصیت ضدمیکروبی بهبود خواهد یافت. در عین‌حال در حالتی که از کمک‌نگهدارنده استفاده نشده است، در

1. Bacillus subtilis

www.SID.ir

Archive of SID

هر دو حالت، به‌علت ماندگاری کمتر ذرات نانورس، رشد باکتری بیشتر می‌شود. بنابراین نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس، کاهش معنی‌داری در میزان رشد باکتری باسیلوس اتفاق افتاده و با افزایش مصرف نانورس میزان رشد باکتری باسیلوس کاهش یافته است. نتایج پژوهش‌های دیگری نیز [۹، ۱۱، ۱۲] اثر ضدمیکروبی ذرات رس را ثابت کرده‌است.



شکل ۷. تغییرات رشد باکتری باسیلوس با افزودن نانورس با و بدون کمک‌نگهدارنده در (الف) نانورس خام، (ب) نانورس همگن‌شده و (ج) رشد باکتری باسیلوس با افزودن نانورس خام و نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده (گروه‌بندی دانکن به‌صورت حروف انگلیسی در بالای ستون‌ها آمده و حروف متفاوت مؤید اختلاف معنی‌دار مقادیر است).

شکل ۷ (ج) مقایسهٔ میزان رشد باکتری باسیلوس در کاغذهای حاوی نانورس خام و نانورس همگن‌شده در حضور پلی‌دادمک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود رشد باکتری باسیلوس نیز در کاغذهای حاوی نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک (HCP) در تمام سطوح از کاغذهای حاوی نانورس خام با پلی‌دادمک (CP) کمتر است. در مورد اثر نانورس بر رشد باکتری باسیلوس نیز، دلایلی مشابه آنچه در خصوص شکل ٦ بیان شد را می‌توان علت این کاهش دانست. به‌عبارت دیگر ماندگاری بیشتر نانورس در اثر جداشدن لایه‌های سیلیکاتی در نانورس همگن‌شده را می‌توان عامل مؤثر در کاهش رشد باکتری ذکر کرد.

جذب آب

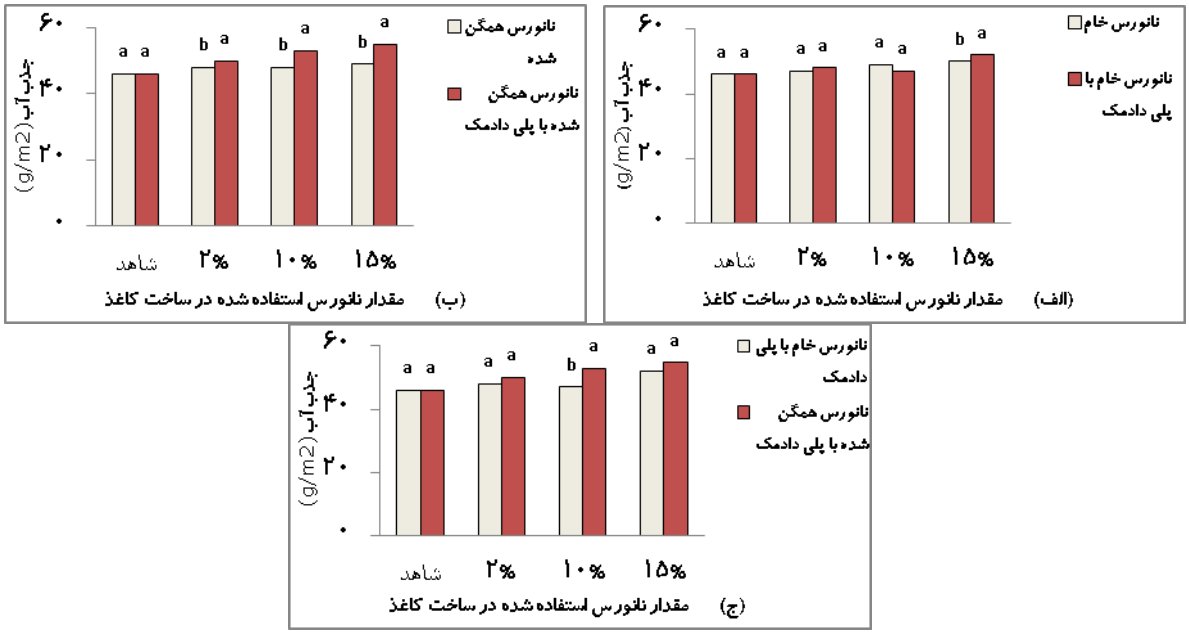
این آزمون میزان جذب آب را در کاغذ نشان می‌دهد. جذب آب خاصیتی مهم و عمده در اکثر محصولات بهداشتی سلولزی است. جذب آب با استفاده از آزمون کاب ۱٦۰ بررسی شد. شکل ۸، مقدار جذب آب در کاغذهای حاوی نانورس خام (الف) و نانورس همگن‌شده (ب) با و بدون حضور کمک‌نگهدارنده را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که با افزودن

1. $Cobb_{60}$

www.SID.ir

Archive of SID

نانورس در حضور پلی‌دادمک، اختلاف معنی‌داری در مقدار جذب آب کاغذها اتفاق افتاده است. با توجه به این شکل در تیمارهایی که از پلی‌دادمک به‌عنوان کمک‌نگهدارنده استفاده شده است جذب آب نیز در هر دو حالت الف و ب افزایش یافته است، زیرا در حضور کمک‌نگهدارنده مقدار نانورس باقی‌مانده در کاغذ بیشتر است و در نتیجه جذب آب بهبود می‌یابد؛ اما در حالتی که از کمک‌نگهدارنده استفاده نشده است، در هر دو حالت، به‌علت ماندگاری کمتر ذرات نانورس، جذب آب کاهش می‌یابد و این اختلاف در حالت ب بیشتر است که به‌علت اختلاف در ماندگاری ذرات نانورس است. بنابراین نتایج حاکی از آن است که با افزودن نانورس، افزایش معنی‌داری در مقدار جذب آب اتفاق افتاده است، زیرا نانورس سدیم‌مونت موریلونیت طبیعتاً خاصیت آب‌دوستی دارد در نتیجه با افزایش مقدار نانورس جذب آب افزایش می‌یابد [٤]. شایان ذکر است که اگرچه این تغییرات در افزایش جذب آب چشمگیر نبوده است، آن را می‌توان یک نکتهٔ مثبت قابل قبول در کنار بهبود چشمگیر خواص ضد باکتری کاغذ بیان کرد.



شکل ۸. تغییرات جذب آب کاغذ با افزودن نانورس با و بدون کمک‌نگهدارنده در (الف) نانورس خام، (ب) نانورس همگن‌شده و (ج) تغییرات جذب آب کاغذ با افزودن نانورس خام و نانورس همگن‌شده با کمک‌نگهدارنده (گروه‌بندی دانکن به‌صورت حروف انگلیسی در بالای ستون‌ها آمده و حروف متفاوت مؤید اختلاف معنی‌دار بین مقادیر است).

شکل ۸ (ج) مقایسهٔ مقدار جذب آب در کاغذهای حاوی نانورس خام و نانورس همگن‌شده در حضور پلی‌دادمک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود جذب آب در کاغذهای حاوی نانورس همگن‌شده با پلی‌دادمک (HCP) در تمام سطوح از کاغذهای حاوی نانورس خام با پلی‌دادمک (CP) بیشتر است، زیرا در این حالت مطابق نتایج ناشی از مقادیر خاکستر، ماندگاری نانورس بیشتر است. همچنین ذرات نانورس همگن‌شده، سطح ویژهٔ بیشتری دارد و جذب آب کاغذها بیشتر می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده، نانورس موجب بهبود چشمگیر خواص ضدباکتری کاغذهای تیمارشده شده است، همچنین نانورس همگن‌شده با هموژنایزر در مقایسه با نانورس خام به‌عنوان پرکننده، خواص ضدباکتریایی بهتری را در هر دو باکتری از خود نشان داده است. از طرفی هر دو نوع نانورس (نانورس خام و نانورس همگن‌شده) در کاهش رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس نسبت به باکتری اشرشیاکلی موفق‌تر عمل کرده‌اند. در عین‌حال استفاده از نانورس جذب آب کاغذ را نیز تا حد قابل قبولی افزایش داده که در به‌کارگیری نانورس همگن‌شده افزایش جذب آب، به میزان بیشتری بهبود یافته است. شایان ذکر است که اگرچه این تغییرات در افزایش جذب آب چشمگیر نبوده، نکتهٔ مثبت قابل قبولی در کنار بهبود شایان توجه خواص ضدباکتری کاغذ بوده است. ازاین‌رو به‌کارگیری این ماده در بهبود خواص ضدباکتری و تا حدی جذب آب محصولات بهداشتی سلولزی موفق بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1]. Bower, C.K., Parker, J.E., Higgins, A.Z., Oest, M.E., Wilson, J.T., Valentine, B.A., Bothwell, M. K, and McGuire, J. (2002). Protein antibacterial barriers to bacterial adhesion: in vitro and in vivo evaluation of nisin-treated implantable materials. Colloidal and Surfaces B: Biointerfaces, 25(1): 81-90.

[2]. Chang, Y.Z., Chu, W.B., Sheng, Y.X., Qiang, W., and Liang, R. (2005). The synergistic activity of antibiotics combined with eight traditional Chinese medicines against two different strains of Staphylococcus aurous. Colloidal and Surfaces B: Biointerfaces, 41(2): 81-90.

[3]. Mucha, H., Hofer, D., ABflag, S., and Swere, M. (2002). Antimicrobial finishes and modification. Melliand Textile Berchte, 83(3): 53-56.

[4]. Imani, R., Talaiepour, M., Dutta, J., G., Mohammad R., Hemmasi, A.H., and Nazhad, M.M. (2011). Production of antibacterial filter paper from wood cellulose. Bioresources, 6(1): 891-900.

[5]. Ronen, G., Sourabh, S., Nina, P., Leonid, A.S., Yeshayahu, N., and Aharon, G. (2011). Sonochemical coating of paper by microbiocidal silver nanoparticles. Langmuir, 27 (2): 720–726.

[6]. 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(2): 407– 413.

[7]. Li, S.M., Jia, N., Ma, M.G, Zhang, Z., Liu, Q.H., and Sun, R.C. (2011).Cellulose–silver nanocomposites: microwave-assisted synthesis, characterization, their thermal stability, and antimicrobial property. Carbohydrate Polymers, 86 (2011): 441– 447.

[8]. Rickertsen, S. (2005). ALTONIT – Bentonite products for the paper industry. S&B Industrial Minerals GmbH–Specialty Bentonites Unit, 56(3):25-33.

[9]. Williams, L. B., Holland, M., and Eberl, D. D. (2004). Killer clays: Natural antibacterial clay minerals. Mineralogical Society Bulletin, 139(1):3-8.

[10]. Liu, P., and Zhang, L. (2007). Adsorption of dyes from aqueous solutions or suspensions with clay nano-adsorbents. Elsivier, Separation and Purification Technology, 58(2): 32-39.

[11]. Vondruskova, H., Slamova, R., Trckova, M., Zraly, Z., and Pavlik, I. (2010). Alternative to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets. Vaterinarni Medicina, 55(5):199-224.

[12]. Lafi, S.A., and Al-Dulaimy, M.R. (2011). Antibacterial Effect of some mineral clays in vitro. Journal of Biological Science, 3(1):75-81.

[13]. Lindostrom, T., Banke, K., Larsson, T., Glad-Normark, G., and Boldizar, A. (2008). Modified nano-clays. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 7(3): 5818-5824.

[14]. Hong, S., Rhim, I., and Whan, J. (2008). Antimicrobial activity of organically nanoclay plating of cellulosic fiber surface. Journal of Applied Polymer Science, 108 (3):887-891.

[15]. Rahimzadeh, G., Bahar, M.A., and Salehi, M. (2011). Antimicrobial activity kefir on pseudomonas aerioginosa. Razi Journal of Medical Science, 18(82):8-16.

www.SID.ir