



نانو تکنولوژی

بررسی خاصیت ضد میکروبی آلجینات / نانوذرات نقره بر پارچه نایلونی

تهیه و تنظیم: لاله اسدی، جواد مختاری و مرجان عباسی - دانشگاه گیلان

چکیده

در سال‌های اخیر ذرات در مقیاس نانو در زمینه از بین بردن میکروارگانیسم‌ها مورد توجه فراوانی قرار گرفته‌اند. نانوذرات نقره به دلیل فعالیت‌های ضد میکروبی موثر و اثرات زیست‌کش قوی در برابر بسیاری از باکتری‌ها از جمله استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکولی، بسیار شناخته شده می‌باشد. در این پژوهش پارچه نایلونی شست‌وشو شده، جهت افزایش خاصیت آبدوستی تحت عملیات پلاسمای گاز اکسیژن قرار گرفت، سپس در حمام غوطه‌وری حاوی آلجینات (۰/۵ W/V) در صد و غلظت‌های مختلف از نانوذرات نقره (۲۵۰، ۴۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰) با روش غوطه‌وری لایه نشانی گردید تا خاصیت ضد باکتری آن علیه باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس بررسی شود. نتایج طیف FTIR و همچنین تصاویر SEM پوشش دهی کامل نانوکامپوزیت آلجینات/نانوذرات نقره بر بستر نایلونی را به خوبی نشان می‌دهد. نتایج نشان داد پارچه نایلونی پوشش داده شده با نانوذرات نقره خاصیت ضد میکروبی خوبی را علیه باکتری مورد نظر نشان می‌دهد.

مقدمه

منسوجات می‌توانند بستر بسیار مناسبی را برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها فراهم آورند، به ویژه زمانی که در دما و رطوبت مناسب و در تماس با بدن انسان قرار می‌گیرند. رشد میکروارگانیسم‌ها هم برای منسوج و هم برای مصرف کننده مشکلاتی را ایجاد می‌کند که از جمله آنها تغییر رنگ منسوج، ایجاد بو در منسوج، ایجاد لکه در منسوج، افزایش احتمال انتقال آلودگی و عفونت، ایجاد حساسیت و سوزش برای مصرف کننده، کاهش استحکام مکانیکی پارچه به علت ایجاد کپک و پوسیدگی پارچه می‌باشد.

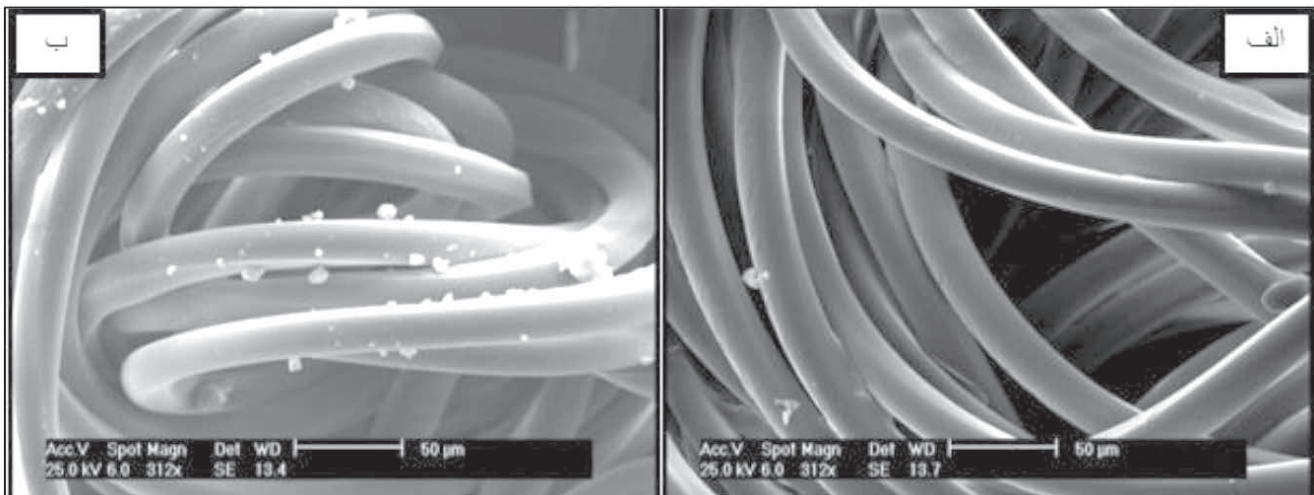
در سال‌های اخیر ذرات در مقیاس نانو در زمینه از بین بردن باکتری‌ها مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. انواع مواد در مقیاس نانو شامل تیتانیوم، طلا، آلجینات و نقره مورد مطالعه قرار گرفته‌اند اما نشان داده شد که نانوذرات نقره اثر ضد میکروبی بیشتری در مقابل میکروارگانیسم‌ها داشته است. این نتیجه برتری نانو ذرات نقره به دلیل سطح بسیار بزرگ این ماده است که باعث ارتباط بهتر با میکروارگانیسم‌ها می‌شود. مدت‌هاست که نقره یا یون‌های نقره به دلیل فعالیت‌های ضد میکروبی و اثرات زیست‌کش قوی در برابر بسیاری از ۱۶ گونه از باکتری‌ها از جمله استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکولی شناخته شده است. بررسی‌های انجام گرفته حاکی از آن است که درصد ۶۵ از سهم نانوذرات جهان به نانوذرات نقره اختصاص یافته است به همین دلیل، ترکیبات بر پایه نقره به طور گسترده در بسیاری از کاربردهای نابود کننده باکتری‌ها استفاده می‌شوند اگرچه هنوز مکانیزم دقیق فعالیت ضد میکروبی این ماده کاملاً یافت نشده است اما نقره چه در فرم یونی و یا فلزی، قابلیت نفوذ به غشا باکتری را افزایش خواهد داد، که این نهایتاً منتج به فروپاشی پتانسیل غشا پلاسما و افت فعالیت‌های زیستی ناشی از قطع فرایندهای انتقال یونی می‌گردد؛

نانو ذرات نقره همچنین می‌توانند به درون سلول‌های میکروبی نفوذ کرده و به ترکیبات حاوی فسفات و سولفور مانند دی ان ای و پروتئین‌ها آسیب وارد نمایند. آلجینات پلیمری طبیعی مشتق شده از سلولز می‌باشد که علاوه بر وجود گروه‌های هیدروکسیل متعدد در زنجیره‌های پلیمری، گروه عاملی دیگری نظیر کربوکسیلات دارد که به واسطه این گروه عاملی، خواص منحصر به فردی از خود نشان می‌دهد. به طور طبیعی بیوپلیمرهای استخراج شده از جلبک‌های دریایی (آلجینات) دارای توانایی بسیار عالی برای جذب یون‌های فلزی می‌باشند. استفاده گسترده از پلیمرهای آلجینات به دلیل توانایی آنها برای تشکیل ژل در حضور کاتیون‌های دو ظرفیتی می‌باشد. آلجینات را می‌توان به طور موثر برای محبوس کردن نانوذرات نقره بر بسترهای مورد نظر مورد استفاده قرار داد.

هدف از این تحقیق پوشش دهی پارچه نایلونی عمل شده با پلاسمای اکسیژن با استفاده از نانوکامپوزیت آلجینات/نانوذرات نقره به روش غوطه‌وری به منظور بررسی خاصیت ضد میکروبی آن علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و بررسی تاثیر غلظت نانوذرات نقره در حضور پلیمر آلجینات می‌باشد.

تجربیات

آلجینات با ویسکوزیته متوسط از شرکت سیگما آلدریج (Aldrich, USA-Sig-) (۱۰/۵ g/cm³) و نانو نقره کلئیدی با غلظت ۴۰۰۰ ppm، چگالی ۱۰/۵ و اندازه ذرات ۱۰ nm از شرکت باران شیمی ایران تهیه گردید. پارچه نایلونی مورد استفاده در این تحقیق پارچه نایلونی با بافت حلقوی و تراکم ۱۵ می‌باشد. در تمام مراحل محلول‌ها با آب دیونیزه تهیه شدند. باکتری استافیلوکوکوس اورئوس از کلکسیون میکروبی (سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به شماره PPTCC 1431)



شکل ۱- تصاویر SEM (الف) پارچه نایلونی خام و (ب) پارچه نایلونی لایه نشانی شده

بحث و نتایج

پلازما باعث ایجاد گروه های شیمیایی جدید در سطح پارچه و یا فعال کردن سطح الیاف می شود؛ این تغییرات به گونه ای است که باعث آب دوست شدن سطح نیز می گردد.

با انجام عملیات پلاسمای اکسیژن گروه های کربوکسیلیک اسید و هیدروکسیل بر سطح پارچه ایجاد می شود، لذا با استفاده از اندازه گیری مدت زمان جذب آب توسط پارچه بهترین فشار (۴ تور) و زمان (۴ دقیقه) برای انجام پلازما تعیین شد و در تمامی مراحل آزمایش از پارچه نایلونی پلازما شده تحت این شرایط استفاده گردید.

تغییرات مورفولوژی پارچه نایلونی پوشش داده شده با نانوکامپوزیت آلجینات/نانوذرات نقره توسط تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی نشان داده شده است. شکل ۱ تصاویر SEM پارچه نایلونی خام و عمل شده با نانوکامپوزیت را نشان می دهد. همان طور که از شکل به خوبی مشخص است سطح پارچه نایلونی خام (الف) صاف می باشد و هیچ ماده ای بر روی آن وجود ندارد اما در حالت (ب) که عمل لایه نشانی با روش غوطه وری انجام شده، نشان می دهد نانوذرات بر سطح بستر نایلونی قرار گرفته اند در واقع بدین معناست که لایه نشانی بر پارچه نایلونی به خوبی انجام شده و نانوذرات در سرتاسر بستر مورد نظر پخش شده اند.

تصاویر طیف سنج زیر قرمز تبدیل فوریه پارچه نایلونی عمل شده و عمل نشده در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که از داده ها پیداست ناحیه پیک های آلجینات و نانوذرات نقره با ناحیه پیک های پارچه نایلونی خام مشترک می باشد، در نتیجه در طیف FTIR پارچه نایلونی لایه نشانی شده با آلجینات/نانو نقره پیک جدیدی ظاهر نشده است و پیکها تنها مقداری با شدت بیشتری ظاهر شدند و مکان پیکها مقداری تغییر کرده است شاید دلیل این موضوع این نکته باشد که در حین فرآیند لایه نشانی واکنش شیمیایی رخ نداده است و لایه نشانی آلجینات/نانو نقره بر سطح پارچه نایلونی تنها به صورت فیزیکی بوده است و برهمکنش به صورت فیزیکی می باشد. دلیل دیگر این مطلب می تواند درصد بسیار پایین مواد لایه نشانی شده باشد چرا که طیف FTIR در نسبت و درصدهای پایین تا حدود یک درصد حساسیت کمی دارد.

تهیه شد. برای نشان دادن قرارگیری نانو ذرات نقره بر بستر نایلونی از دستگاه میکروسکوپ الکترونی پوششی مدل XL30، ساخت شرکت Philips هلند دانشگاه صنعتی امیرکبیر استفاده شد. شناسایی گروه های عاملی و تایید قرارگیری نانو کامپوزیت بر بستر مورد نظر توسط دستگاه طیف سنج زیر قرمز تبدیل فوریه مدل Nicolet Magna 560 ساخت امریکا دانشگاه گیلان استفاده شد.

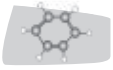
ایجاد گروه های عاملی جهت آب دوست کردن پارچه نایلونی توسط دستگاه پلازما Femto Science inc مدل cute دانشگاه گیلان انجام شد. خاصیت ضد میکروبی پارچه نایلونی در مقابل باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس توسط روش کیفی (روش هاله عدم رشد باکتری) مورد بررسی قرار گرفت.

در ابتدا به منظور برطرف شدن ضایعات احتمالی پارچه نایلونی آن را به وسیله دترجنت آنیونیک ۱۰ درصد، کربنات سدیم ۱۰ درصد و آب نرم تحت دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و زمان ۱۰ دقیقه مورد شستشو قرار دادیم، سپس به منظور ایجاد گروه های عاملی جدید، جهت افزایش خاصیت آب دوستی پارچه نایلونی، کالاهای نایلونی شستشو شده را در اندازه های مشخصی برش داده و تحت فشارهای مختلف (۴، ۳، ۲، ۱ تور) و دو زمان ۲ و ۴ دقیقه توسط گاز اکسیژن دستگاه پلازما تحت عملیات پلازما قرار گرفتند.

غلظت های مختلفی از نانو ذرات نقره (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppm) به محلول آلجینات (۰/۵ W/V درصد) اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی استبرر قرار داده شد تا محلول کاملاً همگن شود. کالای نایلونی با وزن مشخص ۰/۲ گرمی را به مدت ۳۰ دقیقه در حمام حاوی نانو کامپوزیت آلجینات/نانوذرات نقره غوطه ور ساخته، سپس کالا را از حمام بیرون آورده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا کالا کاملاً خشک شود. سپس با روش کیفی خاصیت آنتی باکتریال نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به رابطه (۱) قطر هاله عدم رشد باکتری در اطراف نمونه ها اندازه گیری شد.

$$W = \frac{T \cdot D}{2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه W قطر هاله عدم رشد باکتری بر حسب میلی متر، T قطر کل پارچه تست شده و منطقه مهار باکتری و D قطر پارچه مورد نظر می باشد.



جدول ۱- قطر به میلیمتر هاله عدم رشد باکتری در حضور نانو ذرات نقره بر پارچه نایلونی

قطر هاله عدم رشد باکتری بر پارچه نایلونی	غلظت نانو ذرات نقره (ppm)
۰	۰
۲۳	۵۰
۲۷	۱۰۰
۲۸۵	۱۵۰
۳۲	۲۰۰
۲۵۸	۲۵۰

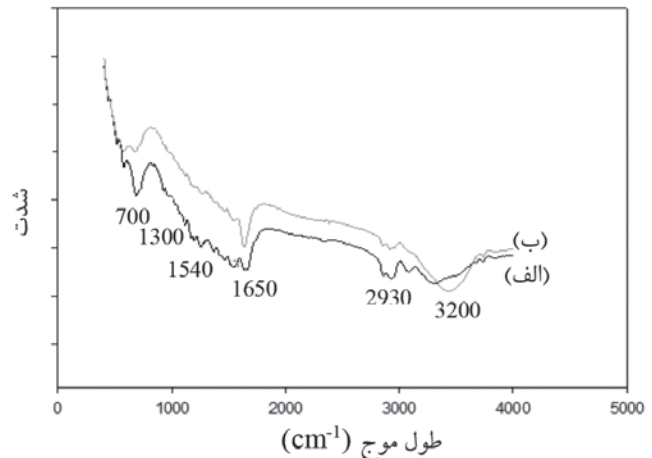
آنها افزوده می‌شود؛ لذا جهت اطمینان پیدا کردن از این موضوع از نمونه‌های مورد نظر تصاویر میکروسکوپ الکترونی گرفته شد. همان طور که از شکل ۳ مشخص است در سطح پارچه نایلونی در بعضی از نقاط شاهد تجمع ذرات می‌باشیم.

مطابق با تحقیقات انجام شده توسط ماجا رادتیگ و همکارانش عمل کردن پارچه نایلونی و پلیاستری با پلازما سبب افزایش میزان برداشت نانوذرات نقره از محلول کلئیدی توسط پارچه می‌گردد. بر این اساس در این تحقیق نیز خواص ضدباکتری پارچه نایلونی عمل شده با پلازما بهتر از پارچه عمل نشده می‌باشد. به دلیل افزایش زبری سطح و آبدوستی بیشتر که توسط عملیات پلازما ایجاد می‌شود باعث بهبود خاصیت ضد باکتری پارچه نایلونی و برداشت بیشتر نانوذرات نقره می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا پارچه نایلونی شستشو داده شده تحت عملیات پلاسمای گاز اکسیژن قرار گرفت تا خاصیت آبدوستی آن افزایش یابد؛ سپس آلجینات به همراه غلظت‌های مختلفی از نانو ذرات نقره بر روی پارچه نایلونی به روش غوطه‌وری لایه نشانی گردید. سپس جهت اطمینان از قرارگیری نانوکامپوزیت بر بسترهای مورد نظر از روش طیف سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه و میکروسکوپ الکترونی پویشی استفاده شد.

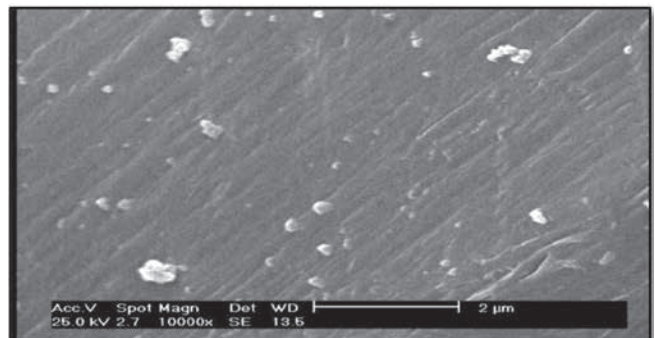
با بررسی پیک‌های طیف سنج زیر قرمز تبدیل فوریه و میکروسکوپ الکترونی پویشی نشان داده شد لایه نشانی نانو کامپوزیت به درستی بر روی بستر نایلونی صورت گرفته است. فعالیت ضد میکروبی پارچه نایلونی پوشش داده شده با آلجینات/نانوذرات نقره نشان می‌دهد که نانوذرات نقره به خوبی مانع از رشد باکتری‌ها می‌شود. بدین صورت که در ابتدا با افزایش غلظت نانو ذرات بر میزان فعالیت ضد میکروبی آن افزوده شده و سپس کاهش می‌یابد که این موضوع را می‌توان بدین گونه توجیه کرد که در مقادیر کم از نانو ذرات نقره این ماده به سایت‌های منفی موجود در پارچه نایلونی جذب شده و موجب افزایش خاصیت ضد میکروبی می‌گردد اما با افزایش هر چه بیشتر غلظت نانو ذرات نقره، سایت‌های منفی موجود در پارچه نایلونی پر شده و نقشی را در فعل و انفعالات ایفا نمی‌کند و در ته حمام غوطه‌وری باقی می‌ماند یعنی عملاً استفاده مقادیر بالای نانوذرات نقره بی‌فایده بوده و تاثیری بر روند افزایش فرآیند ضد میکروبی نخواهد داشت.



شکل ۲- طیف زیر قرمز تبدیل فوریه (الف) پارچه نایلونی خام، (ب) پارچه نایلونی لایه نشانی شده با آلجینات و نانو نقره

به منظور بررسی مکانیزم واکنش ضد میکروبی نانو ذرات نقره، این ماده به همراه آلجینات بر پارچه نایلونی آغشته شد تا روند فعالیت ضدباکتری آن مشخص گردد. نتایج حاصل از داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که از

جدول ۱ مشخص است در بستر پارچه نایلونی در ابتدا با افزایش غلظت نانو ذرات نقره سیر صعودی داشته و بر میزان فعالیت ضد میکروبی افزوده شده است، در واقع یک رابطه مستقیم بین دوز مصرفی نانو ذرات نقره و کاهش فعالیت باکتری استافیلوکوکوس اورئوس وجود دارد اما در غلظت‌های بالا شاهد کاهش ناحیه مهار رشد باکتری می‌باشیم که این موضوع را می‌توان بدین گونه توجیه کرد که در مقادیر کم از نانو ذرات نقره این ماده به سایت‌های منفی موجود در پارچه نایلونی جذب شده و موجب افزایش خاصیت ضد میکروبی می‌گردد اما با افزایش هر چه بیشتر غلظت نانو ذرات نقره سایت‌های منفی موجود در پارچه نایلونی پر شده و نقشی را در فعل و انفعالات ایفا نمی‌کند و تاثیری بر روند افزایش فرآیند ضد میکروبی نخواهد داشت. از آنجایی که آلجینات می‌تواند به طور موثری نانوذرات نقره را بر بستر مورد نظر محبوس کند و موجب افزایش خاصیت آنتی باکتریال گردد. کاهش میزان بازدارندگی در غلظت‌های بالای نانو ذرات نقره ممکن است به دلیل تجمع این ذرات باشد به طوری که با افزایش غلظت، ذرات شروع به تجمع نموده و به اندازه



شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی پارچه نایلونی حاوی آلجینات و غلظت ۲۵۰ ppm از نانو نقره