نانو تکنولوژی

ترجمه:مهندس آزاده موحد

آماده سازی نانوذرات اکسیدروی و مطالعه بر روی خواص ضدمیکروبی پارچه‌های پنبه‌ای عمل شده با آن‌ها

چکیده

نانوتکنولوژی یک تکنولوژی میان رشته‌ای نوظهور است که در دهه‌ی اخیر در زمینه‌های مختلفی رواج یافته است. مواد نانوساختار توانایی بهبود خواص فیزیکی منسوجات متداول را در زمینه‌های مختلفی همچون دفع آب، خواص ضد میکروبی،مقاومت در خاک، آنتی‌استاتیک بودن، خواص ضد آتش و ضد امواج مادون قرمز، رنگ‌پذیری و ثبات رنگی و استحکام مواد اولیه‌ی نساجی دارند. در این زمینه مطالعاتی انجام گرفته است تا بتوان خواص نانوذرات اکسید روی را برای مصارف خاص بهبود بخشید. برای آماده‌سازی نانوذرات اکسید روی از نشاسته‌ی قابل حل به عنوان ماده‌ی تثبیت کننده و نیترات‌روی و هیدروکسید سدیم به عنوان پیش‌ماده استفاده می‌شود. پس از آماده سازی، پارچه‌ی پنبه‌ای (بافت سرژه) با نانوذرات سنتز شده پوشش دهی و خواص ضد میکروبی آن تعیین شد. برای تعیین فاز و مورفولوژی پارچه‌ی نهایی پوشش‌دهی شده از ابزاری مانند میکروسکوپ الکترونی پویشی(SEM) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که پارچه‌ی پوشش‌دهی شده با ۲ درصد نانوذرات اکسید روی خواص ضد میکروبی بسیار خوبی از خود نشان داد(تا ۹۹ درصد). نانوذرات سنتز شده در این تحقیق دارای میانگین سایز ۵۰ نانومتر بودند و خواص فیزیکی و شیمیایی پارچه‌ی عمل شده به طرز محسوسی با پارچه‌های عمل نشده متفاوت بود.

مقدمه

افزایش آگاهی از بهداشت عمومی، انتقال بیماری‌های واگیردار و مراقبت‌های شخصی منجر به توسعه‌ی الیاف ضد میکروبی شده است. طراحی این الیاف بیشتر به منظور حفاظت از مصرف کنندگان در برابر گسترش باکتری و بیماری‌های مختلف بوده است تا حفظ کیفیت و دوام منسوجاتی که از این الیاف حاصل می‌شوند. در اکثر فرآیندهای تولید الیاف ضد میکروب حتما باید عوامل بیوسیدال و یا باکتریوستاتیک به سطح پارچه متصل شوند.

نانوتکنولوژی یک تکنولوژی میان رشته‌ای نوظهور است که بر اساس توانایی تغییر ساختار مواد اولیه در حد اتم‌ها و ملکول‌ها می‌باشد. در سال‌های اخیر تمایل برای انجام تحقیقات مربوط به به‌کارگیری نانوتکنولوژی در صنایع نساجی به سرعت افزایش یافته است که دلیل عمده‌ی آن این است که پارچه‌ها یکی از بهترین زیرلایه‌ها برای به‌کارگیری نانوتکنولوژی می‌باشند. نانوتکنولوژی همان "تحقیق و توسعه‌ی تکنولوژی در حد اتمی، ملکولی و ماکروملکولی با مقیاس طولی حدود ۱۰۰-۱ نانومتر در هر بعد" می‌باشد که این شامل کنترل و دستکاری ماده در یک مقیاس اتمی است.

کالاهای نساجی به‌ویژه آن‌هایی که از الیاف پنبه‌ای تشکیل شده‌اند معمولا دارای سطح زیادی بوده و بنابراین محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها به شمار می‌روند. تاثیر عملیات ضد میکروب کردن طولانی‌مدت در منسوجات، جلوگیری از بوی نامطلوب، عفونت‌های پوستی، تجزیه محصولات، آلرژی و سایر بیماری‌های مربوطه می‌باشد. منسوجات تشکیل شده از الیاف طبیعی نظیر پنبه در مقایسه با الیاف مصنوعی آمادگی بیشتری برای رشد میکروارگانیزم‌ها دارند چون این منسوجات به‌طور ذاتی آبدوست هستند، در نتیجه به‌آسانی آب، اکسیژن و مواد غذایی را در خود نگه می‌دارند و محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها فراهم می‌کنند. مهم‌ترین مزایای تکمیل ضد میکروبی مواد اولیه‌ی منسوجات، کنترل مرحله‌ی شروع و گسترش بیماری و همچنین جلوگیری یا کنترل بوی بد ناشی از عرق بدن می‌باشد.

کاربرد مواد ضد میکروبی در منسوجات به سال‌های خیلی قبل بازمی‌گردد. اسناد تاریخی نشان می‌دهد که مصریان قدیم برای حفظ اجساد مومیایی خود از گیاهان و ادویه‌جات استفاده می‌کردند. در طول جنگ جهانی دوم یونیفورم سربازان آلمانی با ترکیبات آمونیوم نوع چهارم عمل می‌شد تا از بو و عفونت جلوگیری شود. در چند دهه‌ی اخیر تحقیقات ابتدایی پیرامون بهبود زندگی انسان از بعد زیست محیطی منجر به ایجاد تمایل برای انجام تکمیل ضد میکروبی بر روی منسوجات شده است. از آن‌جایی که نانوذرات در مقایسه با مواد مشابه غیر نانویی دارای خصوصیات منحصر به فردی هستند، توجهات زیادی را به سوی خود جذب کرده‌اند. نانوذرات

نقره، اکسیدمس و اکسید روی در زمینه‌های مختلفی نظیر اصلاح منسوجات، لوازم آرایشی، افشانه‌ها، پلاستیک‌ها و رنگ‌ها کاربردهای صنعتی دارند. از ویژگی‌های رایج این نانو ذرات خواص ضد میکروبی آن‌هاست. خواص ضدمیکروبی نانوذرات به صورت گسترده‌ای توسط باکتری‌های بیماری‌زا در انسان به‌ویژه گونه‌های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس مورد مطالعه قرار گرفته است.

عنصر روی یک ماده‌ی ضروری برای سلول‌ها می‌باشد؛ وجود بیش از حد روی مانع از حضور آنزیم‌های باکتریایی مانند تیول پراکسیداز و گلوتاتیون ریداکتاز می‌شود. ممانعت روی از حضور اکسیداز NADH (نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید) در زنجیره‌ی تنفسی اشیرشیاکلی ایجاد اخلال می‌کند. علاوه بر آن گزارش شده است که کاهش پتانسیل غشایی با ممانعت یون‌های روی در سیتوکروم سی‌اکسیداز در باکتری رودوباکتر اسفه آروئیدس مرتبط است. اکسید روی یک ماده‌ی زیست‌سازگار و ایمن است و می‌توان آن را به‌طور مستقیم و بدون پوشش‌دهی برای مصارف بیوپزشکی به‌کار برد. خواص جدید و استثنایی اکسید روی باعث شده است تا تلاش‌های بیشتری در زمینه‌ی تولید اکسید روی با مورفولوژی و ترکیب‌های جالب صورت گیرد. هدف از این تحقیق بررسی فعالیت ضد میکروبی پارچه‌ی پنبه‌ای پوشش دهی شده با اکسید روی در برابر باکتری‌های اشیرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس می‌باشد. این باکتری‌ها بیشتر در محیط‌های بیمارستانی و خانگی وجود دارند.

مواد اولیه و روش‌ها

سنتز کردن نانوذرات اکسید روی

مواد شیمیایی مورد نیاز در این تحقیق که همگی دارای بالاترین خلوص بودند از آزمایشگاه Himedia در بمبئی تهیه شدند. یک فرآیند متداول برای تهیه‌ی نانوذرات اکسید روی به این صورت است که نانوذرات اکسیدروی به روش شیمیایی‌تر و با استفاده از نیترات روی و هیدروکسید سدیم به‌عنوان پیش‌ماده و نشاسته‌ی قابل حل به‌عنوان ماده‌ی تثبیت‌کننده تولید می‌شوند. با استفاده از مایکروویو ۰/۱ درصد نشاسته‌ی قابل حل تهیه شد. سپس ۰/۱ مول نیترات روی به این محلول اضافه شد. با استفاده از یک همزن مغناطیسی و تحت عملیات همزدن مداوم، نیترات روی به‌طور کامل در محلول حاصل حل شد. پس از کامل شدن عملیات انحلال ۰/۲ مول هیدروکسید سدیم با دقت و قطره قطره از کنار دیواره‌های ظرف محلول به آن اضافه شد. در این مرحله محلول به صورت مداوم تحت عملیات هم زدن قرار داشت. بعد از اضافه کردن کامل هیدروکسید سدیم واکنش به مدت ۲ ساعت انجام شد. پس از تکمیل واکنش محلول به مدت یک شب در همان وضعیت باقی ماند. سپس مایع شناور با دقت سرازیر و محلول باقیمانده توسط نیروی گریز از مرکز تفکیک شد. نانوذرات حاصل سه مرتبه با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفتند تا محصولات جانبی و اتصالات نشاسته‌ای از آن‌ها جدا شود. نانوذرات شسته شده در طول شب در دمای $80^{\circ}c$ خشک شدند. عملیات خشک کردن تبدیل هیدروکسید روی به روی را تکمیل می‌کند.

پوشش دهی پارچه‌های پنبه‌ای با نانوذرات اکسید روی

پارچه‌ی مورد آزمایش یک پارچه‌ی ۱۰۰٪ پنبه‌ای (بافت لانه زنبوری، تار/اینچ:۴۶، پود/اینچ:۴۳) بود.نانوذرات اکسید روی با روش پد کردن-خشک کردن-پخت روی پارچه به‌کار گرفته شدند. پارچه‌ی پنبه‌ای که به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر برش داده شده بود، به مدت ۵ دقیقه در محلول ۲ درصد نانوذرات اکسید روی غوطه‌ور شد و سپس با سرعت $15\ m/min$ و فشار $15\ 2cm/kgf$ از دستگاه پد عبور داده شد. پس از آن پارچه‌ی پد شده در جریان هوا خشک شده و به مدت ۳ دقیقه در دمای $140^{\circ}c$ تحت عملیات پخت قرار گرفت. بعد از این مرحله پارچه‌ی پوشش‌دهی شده به مدت ۵ دقیقه در محلول $2g/l$ سدیم لوریل سولفات قرار گرفت تا نانوذرات متصل نشده به پارچه از آن جدا شوند. سپس پارچه ۱۰ مرتبه آبکشی شد تا هرگونه اثر صابون کاملا از بین برود و در نهایت پارچه در هوای محیط خشک شد.

بررسی فعالیت ضدمیکروبی

فعالیت ضد میکروبی نمونه‌ها در برابر استافیلوکوکوس اورئوس گرم مثبت(ATCC ۶۵۳۸) و اشیرشیاکلی گرم منفی(ATCC ۸۷۳۹) از لحاظ کمی و بر اساس استاندارد AATCC ۱۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های پارچه‌ای با قطر ۴/۸±۰/۱ درون یک فلاسک ۵۰ میلی‌لیتری مخروطی با ظرفیت ۰/۵ میلی‌لیتر اینوکولوم(ماده‌ای که برای تلقیح باکتری به‌کار می‌رود) قرار گرفتند. پس از تکثیر باکتری‌ها در طول ۲۴ ساعت، محلول به صورت دوره‌ای رقیق شد. سپس محلول رقیق شده بر روی یک آگار مغذی قرار گرفت و به مدت ۲۴ ساعت و در دمای $37\pm2^{\circ}C$ تکثیر شد. کلونی‌های باکتری جمع شده بر روی صفحه‌ی آگار شمارش شدند و با استفاده از معادله‌ی زیر درصد کاهش میزان باکتری محاسبه شد:

$$R\ \% = (B-A) \times 100/B$$

در این معادله A تعداد کلونی‌های باکتری حاصل از نمونه‌ی عمل شده پس از تلقیح ۲۴ ساعته و B تعداد کلونی‌های باکتری حاصل از نمونه‌ی عمل نشده پس از تلقیح در زمین صفر است.

ویژگی‌های پارچه‌ی عمل شده با نانوذرات اکسید روی

توپوگرافی سطحی پارچه‌ی عمل شده با نانوذرات اکسید روی توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی بررسی شد. خواص فیزیکی پارچه تعیین و مقادیر به دست آمده با مقادیر مربوط به پارچه‌های عمل نشده یا پارچه شاهد مقایسه شد.

بحث و نتایج

نانومواد اکسید روی دارای یک‌سری خصوصیات مثبت نظیر استحکام مکانیکی استثنایی و خواص آنتی‌استاتیک، ضد میکروبی و جذب اشعه‌ی فرابنفش عالی هستند.۸ خواص ضد میکروبی پارچه‌ی حاوی نانوذرات اکسیدروی در برابر میکروارگانیزم‌های ذکر شده در جدول ۱ و عکس‌های مربوطه نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. در پارچه‌ی عمل شده می‌توان فعالیت ضدمیکروبی بسیار بالایی (۹۹/۹۹٪<) را مشاهده کرد. این پارچه بر اساس استانداردهای AATCC بیشترین مقاومت را در برابر ارگانیزم‌های گرم مثبت و گرم منفی از خود نشان می‌دهد و با اطمینان می‌توان گفت که خواص ضد میکروبی آن عالی است؛ البته مقاومت پارچه‌ی عمل شده در برابر سایر ارگانیزم‌ها نیز تنها اندکی از سطح ماکزیمم پایین‌تر می‌باشد.

مکانیزم حاکم برای رفتارهای ضد میکروبی پارچه‌ی عمل شده با نانوذرات اکسیدروی، واکنش‌های شـیمیایی بین پراکسید هیدروژن و پروتئین‌های غشایی و همچنین بین سایر مواد شیمیایی ناشناخته که در حضور نانوذرات اکسید روی تولید می‌شوند با لیپیدهای دولایه است.

فعالیت ضد میکروبی اکسید روی بیشتر به علت تولید اجزایی با واکنش‌پذیری بالا می‌باشد. تولید این اجزا نظیر $-OH$، H_2O_2 و $2O_-$ به صورت زیر تشریح می‌شود. از آن‌جایی که امواج مریی و ماورای بنفش نمی‌توانند به طور کامل اکسید روی را فعال کنند، در نتیجه جفت حفره‌های الکترونی ایجاد می‌شود. این حفره‌ها ملکول‌های H_2O را به $H+$ و $OH-$ تفکیک می‌کنند. از آن‌جایی که رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسیدها ذراتی با بار منفی هستند، نمی‌توانند به داخل غشای سلولی نفوذ کنند و باید در تماس مسـتقیم با سطح باکتری باقی بمانند؛ البته H_2O_2 قادر به نفوذ به درون سلول می‌باشد. با توجه به سایز باکتری به وضوح می‌توان دریافت که یک کلونی مجزای اشیرشیاکلی با قطر μm ۲ می‌تواند مقدار زیادی اکسید روی را در خود جای دهد. زمانی که اکسید روی غشای سلولی را از بین می‌برد، نانوذرات اکسـید روی احتمالا همچنان به صورت جذب شده روی سطح باکتری باقیمانده قرار دارند و از فعالیت بیشتر باکتری جلوگیری می‌کنند. البته نانوذرات اکسید روی حتی پس از پوشاندن کامل سطح باکتری مرده همچنان به آزادسازی پراکسیدها می‌پردازند و در نتیجه فعالیت ضد میکروبی بالایی از خود نشان می‌دهند.

شکل ظاهری پارچه‌ی تکمیل شده با نانوذرات اکسید روی که توسط میکروگراف الکترونی پویشی گرفته شده، در شکل ۲ نشان داده شده است. میکروگراف نشان می‌دهد که نانوذرات اکسید روی به خوبی بر روی سطح الیاف پنبه‌ای توزیع شده‌اند. مشاهدات بیشتر نشان داد که سایز نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده بر روی پارچه در محدوده‌ی نانو بوده است. بر اساس شکل ۲ می‌توان دریافت که سایز الیاف پنبه در محدوده‌ی μm ۵۰ است اما سایز نانوذرات روی پارچه بسیار کوچک‌تر است برای مثال در محدوده‌ی nm ۵۰.

در جدول ۲ خواص فیزیکی پارچه‌های پوشش‌دهی شده با نانوذرات با پارچه‌های پوشش‌دهی نشده مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که پارچه‌های پوشش‌دهی شده دارای تنها ۸۰٪ و ۸۵٪ استحکام اولیه‌ی خود در جهت تاری و پودی هستند. به‌عـلاوه مقاومت در برابر پارگی این پارچه‌های نیز کاهش می‌یابد اما این کاهش به مراتب کمتر است. مقاومت سایشی این پارچه‌ها نیز نسبتا کمتر است. در ثبات ابعادی این پارچه‌ها می‌توان شاهد رشد اندکی بود یعنی حدود ۷/۲٪ در جهت تاری و ۴٪ در جهت پودی. در رابطه با مقاومت پارچه‌ها در برابر پرزدار شـدن کمترین میزان تغییرات حاصل شـد. در کل به نظر می‌رسد که رفتار مکانیکی پارچه‌های پوشش‌دهی شده افت پیدا کرده است.

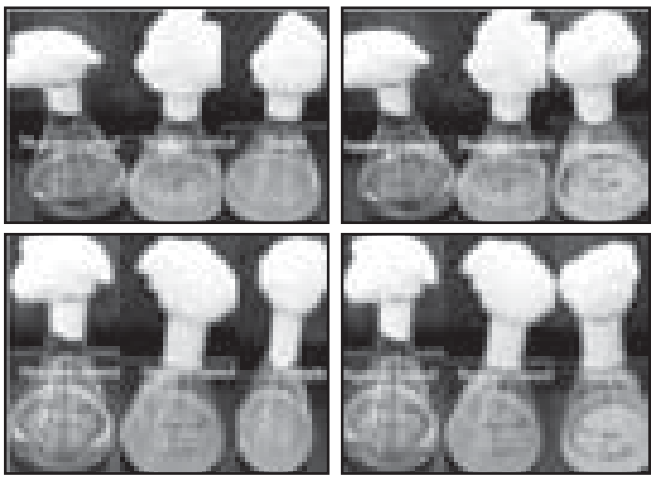
سـایز نانوذرات اکسید روی مورد اسـتفاده در این تحقیق حدود μm۵۰ و عرض الیـاف پنبـه‌ای حدود ۱۰ تا μm ۲۵ بـود. این احتمال وجـود دارد که نانوذرات حرکت آزادانه‌ی الیاف پنبه‌ی موجود در پارچه را در حین عملیات مکانیکی کاهش می‌دهند.

جدول۱-فعالیت ضدمیکروبی پارچه‌ی پنبه‌ای حاوی نانوذرات اکسیدروی در برابر میکروارگانیزم‌ها(روش آزمایش ۱۰۰ AATCC)

ارگانیزم مورد آزمایش	تعداد باکتری‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت(ml/cfu)		٪کاهش
	نمونه شاهد	نمونه عمل شده	
استافیلوکوکوس اورئوس	۱۰×۱۰^{۷}	۳۰×۱۰^{۲}	>۹۹/۹۹
اشیرشیاکلی	۱۱×۱۰^{۷}	۲۲×۱۰^{۶}	۸۰/۰۰

جدول۲-خواص فیزیکی پارچه‌ی عمل نشده و پارچه‌ی عمل شده با نانوذرات اکسید روی

شماره نمونه	خواص فیزیکی		پارچه عمل نشده	پارچه عمل شده با نانوذرات اکسید روی
۱	استحکام کششی		تار:۲۰/۱kgf (۱۹۷N) پود: ۲۲/۷kgf (۲۲۲N)	تار:۲۱/۹ -۱۵/۷kgf (۱۵۴N) پود:۱۵- ۱۹/۳kgf (۱۸۹N)
۲	استحکام برشی		تار:۳۵۸۴g (۳۵/۱N) پود: ۶۰۰۳g (۵۸/۸N)	تار:۷٪-۳۳۲۶g (۳۲/۶N) پود:۶٪ ۵۶۳۲-g (۵۵/۲N)
۳	مقاومت در برابر سایش		تا ۱۵۰۰۰ دور هیچ سایشی مشاهده نمی‌شود.	نقطه پایان پس از ۵۰۰۰ بار سایش است.
۴	مقاومت در برابر پرزدهی	تعداد دور	رتبه	رتبه
		۱۲۵	۴-۵	۴
		۵۰۰	۴	۴
		۱۰۰۰	۴	۴
		۲۰۰۰	۴	۳-۴
۵	ثبات ابعادی		جمع شدگی پس از شستشو تار:(-)۱۴/۰٪ پود:(-)۸/۴٪	جمع شدگی پس از شستشو تار:(-)۶/۸٪ پود:(-)۴/۴٪



شکل۱-تصاویر فعالیت ضد میکروبی (٪کاهش باکتری) پارچه‌ی پنبه‌ای تکمیل شده با نانوذرات اکسید روی (روش آزمایش۱۰۰ AATCC)

شکل۲-تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی پویشی از پارچه پنبه‌ای عمل شده با نانوذرات اکسید روی