

بررسی اثر ضد میکروبی کفیوش نایلونی حاوی نانو نقره

حامد حاجی میرزابابا^۱، مجید منتظر^۲، محمد کریم رحیمی^۳

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
^۲ دانشیار شیمی نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
^۳ استادیار، دکترای میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران

چکیده

سابقه و هدف: کفیوش‌ها مصرف زیادی در زندگی روزمره دارند و همواره در معرض هجوم میکروارگانیسم‌ها هستند. برای حفاظت از تاثیر مخرب میکروارگانیسم‌ها و پیشگیری از انتقال عفونت‌ها از طریق کفیوش‌ها می‌توان از ترکیبات ضد میکروبی استفاده کرد. در این مطالعه، از محلول ضد باکتری کلوتیدی نانو نقره روی کفیوش نایلونی استفاده شد.

روش بررسی: محلول نانو نقره با درصدهای متفاوت روی نمونه‌های کفیوش نایلونی اسپری شد. قطعه‌های کوچکی از این کفیوش در آزمایش‌های جداگانه با سوسپانسیون استافیلوکوک اورئوس و اشریشیاکولی مجاور گردیدند. تعداد باکتری‌ها قبل و بعد از مجاورت با کفیوش‌ها شمارش شد و درصد کاهش آنها اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در نمونه‌ای که کفیوش نایلونی با ۲۵ ppm (۰/۰۲۵٪) محلول نانو نقره آغشته شده بود، درصد کاهش باکتری‌ها ۷۳/۳ درصد محاسبه شد. اما در نمونه‌هایی که کفیوش نایلونی با ۵۰ ppm و بیشتر از نانو نقره پوشیده شده بود، درصد کاهش باکتری‌ها به ۹۹/۹۹ درصد رسید. به علاوه، بررسی پایداری نانو ذرات نقره روی نمونه‌ها پس از ۱ الی ۱۰ بار شستشوی استاندارد بررسی شد. نقره موجود در سطح کفیوش‌ها پایداری خود را در شستشوهایی مکرر نگاه داشت و تا کفیوش‌ها حد بسیار مطلوبی، خاصیت ضد باکتری خود را حفظ کردند. **نتیجه‌گیری:** با روش پاشیدن (اسپری) محلول نانو نقره روی کالا در کارخانه و یا در منزل روی کالای مصرفی می‌توان از انتقال عفونت‌های میکروبی و بسیاری از بیماری‌ها از طریق این کالا پیشگیری کرد. **واژگان کلیدی:** کفیوش نایلونی، ضد باکتری، نانو نقره.

مقدمه

باکتری و میکروارگانیسم‌ها هستند که می‌توانند از راه تولید متابولیت‌های سمی موجب تخریب کفیوش‌ها و همچنین انتقال عوامل عفونی شوند. انسان ارتباط بسیار نزدیکی با میکروارگانیسم‌ها دارد و بدن انسان محیط زیست هزاران گونه مختلف باکتریایی است. بعضی از آنها به صورت گذرا زندگی می‌کنند و بعضی دیگر بصورت دائمی رابطه انگلی با میزبان خود دارند. به علاوه، محیطی که اطراف ما را احاطه کرده شامل هوایی که تنفس می‌کنیم، آبی که می‌نوشیم و غذایی که می‌خوریم برای باکتری‌ها درحکم محیط زیست می‌باشد (۶-۱). علاوه بر این گرد و خاک، نمک‌های موجود در عرق بدن و برخی از تکمیل‌های نساجی مانند مواد روان‌ساز (روغنی)، ضد الکتریسته‌ها، مواد

کفیوش‌ها همواره به عنوان یک کالای اساسی مطرح هستند که به علت رفت و آمد بسیار زیاد، به تدریج رنگ فرش تیره و کثیف می‌شود. به همین علت بهتر است فرش در برابر چرک و لک شدن و همچنین در برابر هر گونه باکتری و میکروارگانیسم برای یک دوره طولانی مقاوم‌سازی شود. زیرا کفیوش‌ها حاوی پرهایی در سطح خود می‌باشند و همواره محیط مناسبی برای رشد و نمو

آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، حامد حاجی میرزابابا
(email: h.hajimirzababa@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۷/۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۲۴

نیز دارد، اما به دلیل حلالیت کم در آب، کاربرد آن نیاز به استفاده از بیندرها و دیسپرس کننده‌ها دارد (۹).

ماده دیگر بیوپلیمر کیتوسان است که اکنون تجاری شده است و به کارگیری این ماده توام با مواد شیمیایی خاص سبب افزایش خاصیت ضدباکتریایی آن شده است. این ماده خواص شیمیایی بسیاری داشته و از این رو گزینه مناسبی به عنوان ماده ضدباکتری محسوب می‌گردد. علاوه بر مواد نامبرده، فلزات سنگین و نمک‌هایشان مانند مس، کبالت، روی، طلا و نقره و شکل جدید امروزی آن یعنی نانو ذرات نیز برای ایجاد خاصیت ضد میکروبی بر کالای نساجی اعمال می‌شوند. در این تحقیق از نانوذرات نقره استفاده شده است. نانوذرات در برابر نور ماوراء بنفش که برای انسان نامناسبند، مقاوم بوده و با تکرار شستشو از بین نمی‌روند (۱۰، ۶).

یون‌های نقره در محلول‌های نانونقره (Nano Silver)، به صورت کلوئیدی و در حالت سوسپانسیون قرار می‌گیرند و خاصیت ضد باکتری، ضد قارچ و ضد ویروسی دارند. محلول‌های نانو نقره از یون‌های نقره در اندازه‌های ۱۰۰-۱۰ نانومتر تشکیل شده‌اند و در مقایسه با ترکیبات دیگر پایداری شستشویی بیشتری دارند (۱۱). یون‌های نقره به دلیل اندازه کوچکی که دارند، ضمن سطح تماس بیشتر با فضای بیرون تأثیر بیشتری بر محیط می‌گذارند. نقره در ابعاد نانو بر متابولیسم، تنفس و تولید مثل میکروارگانیسم اثر می‌گذارد. محلول نانونقره تاکنون بیش از ۶۵۰ گونه باکتری شناخته شده را از بین برده است (۱۱). میکروارگانیسم در اثر تبدیل پیوند های SH- به Sag- از بین می‌رود. در این مکانیسم، ذرات نانونقره فلزی به مرور زمان یون‌های نقره از خود ساطع می‌کنند. این یون‌ها طی واکنش جانشینی، باندهای SH- را در ساختمان اسیدهای آمینه میکروارگانیسم به باندهای Sag- تبدیل می‌کنند که منجر به از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها می‌شود (۱۱).

در این مطالعه، هدف ما بهره‌گیری از یک عامل ضد میکروبی مناسب الیاف نایلونی کفپوش‌ها است تا از بروز آلودگی و شانس انتقال عفونت‌ها کاسته شود. دو باکتری استافیلوکوک اورئوس و اشریشیا کولی به عنوان شاخص باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، مقاومت زیادی در محیط دارند و از شایع‌ترین عوامل بیماری‌زا هستند، لذا دو باکتری فوق در این تحقیق وارد شدند (AATCC Test Method 174-1998). بدیهی است که در این تحقیق، اسپری کردن نانونقره بر روی کفپوش‌ها موجب جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها خواهد شد. این فیلم نازک نانو نقره می‌تواند در مرحله تکمیلی پس از تولید کالا در کارخانه سازنده و یا توسط مصرف کننده با میزان مشخص بر روی کالا اعمال شود.

کمکی با منشاء طبیعی (مانند آهارها، غلظت دهنده و اصلاح کننده‌ها) نیز می‌توانند منبع غذایی مناسبی برای میکروارگانیسم‌ها باشند (۷، ۸). الیاف مصنوعی که جهت تولید نخ فرش ماشینی و کفپوش‌ها استفاده می‌شوند، به طور کامل در برابر میکروب‌ها ایمن نمی‌باشند. آنها باید دارای ویژگی‌های به خصوصی باشند تا بتوان به خوبی از آنها استفاده کرد (۹). از آن جمله می‌توان به ضد باکتری کردن این کفپوش‌ها اشاره کرد. چرا که همواره انسان‌ها استفاده‌های بسیاری از این کفپوش‌ها در زندگی روزمره خود و در مکان‌های مختلف دارند. بنابراین با ضد باکتری کردن و کنترل رشد و نمو باکتری‌ها در این الیاف، می‌توان ضمن ایجاد دوره ایمن برای مصرف کننده از بیماری‌های منتقل شونده توسط این میکروارگانیسم‌ها، سرایت آنها به انسان و بوی بد و متعفن ناشی از رشد باکتری‌ها جلوگیری کرد. رشد میکروارگانیسم‌ها بر روی منسوجات می‌تواند منجر به مشکلات بهداشتی، عملکردی و حتی وابسته به زیبایی (مانند لکه‌گذاری) شود که مهم‌ترین ارگانیسم‌های مشکل ساز، قارچ‌ها و باکتری‌ها هستند. قارچ‌ها چندین مشکل مانند رنگ‌بری، لکه‌های رنگی و آسیب زدن به الیاف بر منسوج ایجاد می‌کنند. باکتری‌ها به الیاف آسیب نمی‌زنند، اما می‌توانند باعث تولید الیاف آسیب دیده، بوهای ناخوشایند، لیزی و حس لزجی و همچنین در مواردی منجر به انتقال بیماری شوند (۹).

مکانیسم‌های به کار رفته در ترکیبات ضد میکروبی بسیار متنوع و شامل جلوگیری از ساخت دیواره سلولی، متوقف کردن فعالیت آنزیمی، تخریب غشاء سلول، تخریب دیواره سلول و مسموم کردن سلول هستند. تعدادی از ترکیبات ضد میکروبی که معمولاً در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گرفتند و به دلایل ایجاد مشکلاتی نظیر سمی بودن، ایجاد زردی در کالا و تخریب محیط زیست استفاده از آنها محدود شده است، می‌توان به نفتانات مس، کوپینولینات-۸- مس و حجم زیادی از ترکیبات آلی جیوه، اکسید قلع تری بیوتیل / دی کلروفن و ۳-یدور پروپینیل بوتیل کرپامیت اشاره کرد که توانایی مقابله با باکتری و قارچ را دارا هستند، اما سختی کاربرد و کوتاهی دوام، استفاده از آنها را محدود می‌کند (۹). فرمالدئید به عنوان بایوساید و محافظت کننده، به طور وسیعی برای ضدعفونی و گندزدایی استفاده می‌شود. این ترکیب‌ها حداقل تا زمانی که شسته می‌شوند، دارای اثرات جانبی کوچک ضدباکتری هستند که این برای برخی از ترکیبات کوتاه‌تری نیز صادق است (۹). از دیگر ترکیبات مورد استفاده به عنوان ضد باکتری، ۲-۴-تری کلرو-۲-هیدرواکسی دی فنیل اتر است که بیشتر به نام "تری کلوسان" شناخته می‌شود. علاوه بر اثر ضد باکتری، خاصیت ضد قارچ کمی

مواد و روشها

نمونه مورد نظر در این پروژه کفپوش نایلونی بدون چاپ از نوع موکت تافتینگ (کات پایل، لوپ پایل) و نخ خاب پلی آمید ۶ بود که از شرکت تولیدی پالاز موکت تنها تولید کننده کفپوش نایلونی در ایران تهیه شد. موکت تافتینگ با نخ پرز نایلون ۶ از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول نخ نایلون، لایه دوم از جنس پلی پروپیلن و لایه سوم یک لایه بی بافت پلی استر است. از AATCC 100-2004 Test Method استفاده شد (۱۲). لایه اول توسط یک رزین (لاتکس مصنوعی از مشتقات استنارات و ۳-بوتادی ان کربوکسیلات) به لایه دوم متصل می شود. محلولی که در این پروژه استفاده شد، ترکیب نانوقره (Nano silver) با پایه الکلی کلئیدی ppm ۸۰۰۰ (۰/۸ درصد) با میانگین اندازه ذره ۵ نانومتر از شرکت نرمین شیمی بود.

میکروسکوپ الکترونی مدل LEO 4401 جهت تهیه تصاویر SEM مربوط به الیاف نایلونی و برای مشاهده نانو ذرات نقره استفاده شد. طیف جذبی سوسپانسیون های تهیه شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتری Cary300UV-Vi Spectrophotometer مشخص گردید.

برای تهیه نمونه ها، ابتدا درصد های مختلفی از محلول نانو نقره شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ تا ۲۰۰ ppm تهیه شد و سپس نمونه های کفپوش نایلونی مورد نظر در ابعاد ۱۰ X ۵ سانتی متر مربع برش داده شدند. در این بررسی، به دلیل نوع خاص نمونه مورد نظر از روش اسپری در افزودن ترکیبات ضد میکروبی استفاده شد که روشی به مراتب آسان برای افزودن ترکیبات ضد میکروبی به شمار می رود. در این روش، از ۱۰ میلی لیتر محلول نانو نقره با در صد های متفاوت بر روی نمونه با ابعاد مورد نظر استفاده شد که مقدار نقره اضافه شده بر نمونه قابل محاسبه است. عمل اسپری محلول ها فقط بر قسمت فوقانی نمونه (یعنی لایه اول پرز نایلونی) انجام گرفت. پس از اسپری محلول ها، نمونه ها در درون فور در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶۰ تا ۹۰ دقیقه قرار داده شدند. سپس نمونه های فرآوری شده، برای انجام آزمون ضد باکتری به اندازه ۱ X ۰/۵ سانتی متر مربع جدا و آماده سازی شدند. در آزمون ضد باکتری برای محاسبه کاهش باکتری از روش ارزیابی ترکیبات ضد باکتری بر روی منسوجات استفاده شد.

پس از آماده سازی نمونه ها، محلول باکتری از سوش استافیلوکوک اورئوس ATCC 6538 و اشریشیا کولی ATCC 11303 با توجه به مقدار مصرف مورد نیاز و بسته به درصد رقت های باکتری تهیه شد. در این مرحله، نمونه های استریل از

قبل تهیه شده را با رقت مورد نظر باکتری مورد آزمون یعنی $10^8 \times 1/5$ (۰/۵ مک فارلند) به میزان ۱ میلی لیتر درون لوله آزمایش حاوی نمونه کفپوش وارد کردیم، به طوری که نمونه مورد نظر در محلول باکتری غوطه ور شد. در صد های مختلف محلول نانو نقره اضافه شده بر روی کفپوش برای مقایسه میزان قدرت ضد باکتری آنها استفاده شد. آزمون به کار رفته نسبت به آزمون AATCC 100-2004 یک تفاوت جزئی داشت. در روش فوق سوسپانسیون جذب منسوج می شود، ولی در این روش نمونه مورد آزمون در محلول باکتری غوطه ور می شود. سپس لوله آزمایش حاوی کفپوش و محلول باکتری در داخل دستگاه انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴-۱۸ ساعت قرار گرفت تا باکتری زمان لازم برای رشد و نمو را داشته باشد. پس از ۲۴ ساعت، نمونه ها را از داخل دستگاه انکوباتور خارج و به روش قطره گذاری در پلیت (روش پور - پلیت) میزان قدرت ضد باکتری نمونه ها را بررسی کردیم. به این صورت که از هر لوله آزمایش یک قطره به میزان ۰/۱ میلی لیتر درون هر پلیت در مجاورت آگار (Trypticase soy Agar) پور - پلیت شد. پس از قرارگیری در دستگاه انکوباتور در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴-۱۸ ساعت و شمارش تعداد کلونی های باکتری و کلونی باکتری نمونه شاهد میزان کاهش باکتری با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$C = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A: تعداد باکتری اولیه (CFU/ml); B: تعداد باکتری بعد از مجاورت (CFU/ml); C: درصد کاهش باکتری

یافته ها

با شمارش تعداد باکتری نمونه شاهد و سپس تعداد باکتری کاهش یافته در نمونه های مورد آزمایش، مقدار درصد کاهش باکتری محاسبه شد که در جدول ۱ گزارش شده است. در کلیه محاسبات آزمون ها از روش آزمون های آماری طرح تک عاملی (آزمون SRD) استفاده شد و میزان اثر تیمار خاص (محلول نقره) بر کاهش درصد باکتری نمونه های ما با تعداد تکرار مشخص بررسی شد (۱۳).

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، حداقل رقت محلول نانو نقره یعنی ppm ۲۵ (۰/۲۵ درصد) به میزان ۷۳/۳ درصد خاصیت باکتری کشی داشته که البته این مقدار در مجاورت تعداد کلونی باکتری $10^4 \times 1/8$ از نوع باکتری استافیلوکوک اورئوس در نظر گرفته می شود. از رقت ppm ۵۰ به بعد تا ppm ۲۰۰ به میزان ۹۹/۹۹ درصد کاهش

جدول ۱-۱ آزمون ضد باکتری بر روی کفیوش نایلونی با پوششی از درصدهای مختلف نانو نقره و درصدهای کاهش در مجاورت دو باکتری استفیلوکوک اورئوس (S.aureus) و اشربیشیا کولی (E.coli)

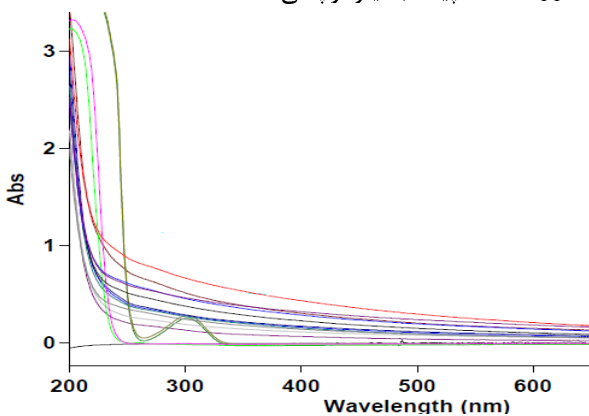
| نمونه کفیوش | نانو نقره موجود (ppm) | S.aureus | درصد کاهش | E.coli | درصد کاهش |
|-------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| عمل نشده | --- | تعداد باکتری باقیمانده (CFU/ml) | --- | تعداد باکتری باقیمانده (CFU/ml) | --- |
| ۱ | ۵۰ | $1/8 \times 10^4$ | ۷۳/۳ | $1/9 \times 10^4$ | ۹۹ |
| ۲ | ۱۰۰ | $4/7 \times 10^3$ | ۹۹/۹۹ | $1/5 \times 10^3$ | ۹۹/۴۲ |
| ۳ | ۲۰۰ | . | ۹۹/۹۹ | $2/0 \times 10^0$ | ۹۹/۸۹ |

با توجه به درصد افزوده شده مواد، بسیار اندک بود (جدول-های ۲ و ۳). نتایج آزمون در نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۳ آزمون ضد باکتری بر روی کفیوش نایلونی با پوششی از درصدهای مختلف نانو نقره با تعداد اولیه $1/9 \times 10^4$ CFU/ml از باکتری استفیلوکوک اورئوس پس از شستشوی ۱۰ بار

| درصد نانونقره | تعداد باکتری باقیمانده (CFU/ml) | درصد کاهش | ۱۰ بار شستشو | درصد |
|---------------|---------------------------------|-----------|-------------------|-------|
| ۵۰ ppm | . | ۹۹/۹۹ | $6/0 \times 10^0$ | ۹۹/۶۸ |
| ۷۵ ppm | . | ۹۹/۹۹ | $1/0 \times 10^0$ | ۹۷/۹۵ |
| ۱۰۰ ppm | . | ۹۹/۹۹ | . | ۹۹/۹۹ |

از چند نمونه با دو بزرگنمایی، تصاویر SEM و آنالیز EDX تهیه شد که در آنالیز EDX، پیک مربوط به Ag کاملاً مشخص بود، ولی به دلیل درصد بسیار کم نقره مورد نظر (۱۰۰ ppm)، پیک بسیار کوچکی مشاهده شد.



نمودار ۱-۱ طیف جذبی محلول نانونقره و پساب‌های مراحل شستشوی اول و دهم

به دلیل خاصیت باکتری‌کشی بودن نانونقره و به دلیل عملکرد بسیار خوب نقره، حتی در مقادیر بسیار کم در مجاورت حداکثرقت باکتری $10^8 \times 1/5$ (۰/۵ مک فارلند) خاصیت

باکتری ادامه می‌یابد که مشکلی را نیز به همراه دارد. از رقت ۱۰۰ ppm تغییر رنگ از زرد به قهوه‌ای ایجاد می‌شود که این امر در اثر انجام واکنش اکسیداسیون اتفاق می‌افتد. این مورد در رقت‌های بسیار کم به چشم نمی‌خورد. سعی ما بر این بود که در انجام آزمون‌های ضد باکتری از سوسپانسیون نانو نقره رقیق‌تری استفاده شود، تا ضمن صرفه جویی در مصرف مواد تکمیلی از تغییر رنگ کالا نیز جلوگیری شود. همچنین برای بررسی پایداری نقره بر روی نمونه‌ها ۱ تا ۱۰ بار شستشوی استاندارد در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد با ۱ درصد شوینده به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. نتایج آزمایشات نشان داد که نقره موجود تا حد بسیار زیاد پایداری خود را در شستشوه‌های مکرر حفظ نموده و همچنان تا حد بسیار مطلوبی خاصیت ضد باکتری خود را حفظ می‌کند (جدول ۲).

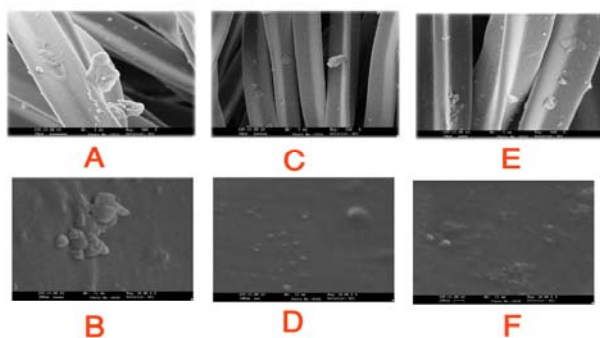
جدول ۲-۲ آزمون ضد باکتری بر روی کفیوش نایلونی با پوششی از درصدهای مختلف نانو نقره با تعداد اولیه $6/5 \times 10^5$ CFU/ml از باکتری استفیلوکوک اورئوس پس از شستشوی ۱۰ بار

| درصد نانونقره | تعداد باکتری باقیمانده (CFU/ml) | درصد کاهش | ۱۰ بار شستشو | درصد |
|---------------|---------------------------------|-----------|-------------------|-------|
| ۵۰ ppm | $2/2 \times 10^4$ | ۹۶/۵۷ | $7/9 \times 10^4$ | ۸۷/۸۴ |
| ۷۵ ppm | $1/5 \times 10^4$ | ۹۷/۶۵ | $1/8 \times 10^4$ | ۹۷/۴۲ |
| ۱۰۰ ppm | $3/8 \times 10^2$ | ۹۹/۹۴ | $3/8 \times 10^3$ | ۹۹/۴۳ |

همچنین از پساب مراحل شستشوی اول و دهم با استفاده از اسپکتروفتومتر، منحنی جذبی تهیه شد تا پساب مورد نظر از لحاظ وجود نقره بررسی شود. بررسی این منحنی‌ها نشان داد که نقره در پساب وجود ندارد. البته مقداری از درصد کاهش باکتری نمونه‌های شستشو شده، پس از ۱۰ بار کاهش یافت که تصور می‌شد به دلیل نقره‌های جذب نشده در سطح لیف باشد که در شستشوه‌های اولیه از سطح جدا شده‌اند و مقدار آن

نکته بسیار مهم اینکه در تعداد $10^4 \times 1/9$ CFU/ml (میزان باکتری کمتر) با رقت‌های ۲۰۰-۱۰۰-۵۰ بالاترین میزان خاصیت ضد باکتری به دست آمد که نتایج آن در جدول ۱ به اختصار آورده شده است.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که زمانی که رقت باکتری را در حدود $10^4 \times 1/9$ CFU/ml کم می‌کنیم، به دلیل تعداد کمتر کلونی باکتری، نتایج بسیار مطلوبی را خواهیم داشت. این نکته حائز اهمیت است که در شرایط غیر آزمایشگاهی (حین مصرف)، هیچ‌گاه با این حجم از تعداد کلونی باکتری سر و کار نداریم و در این تحقیق هدف ما ایجاد یک شرایط سخت میکروبی برای کالا بود تا بتوانیم حداکثر توانایی نانوذرات نقره را در مقابله با این نوع باکتری بسنجیم.

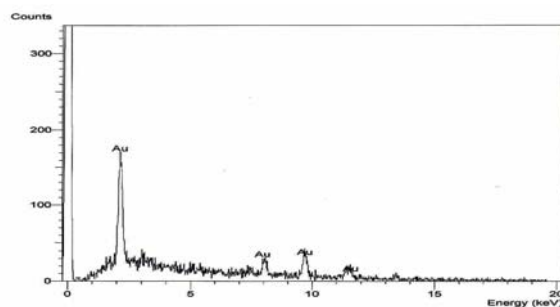


شکل ۱- تصویر SEM از الیاف نایلون ۶ فرآوری شده با نانوقره. A: ۱۰۰ ppm بدون شستشو با بزرگنمایی ۵۰۰؛ B: ۱۰۰ ppm بدون شستشو با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰؛ C: ۱۰۰ ppm با ۱ بار شستشو با بزرگنمایی ۵۰۰؛ D: ۱۰۰ ppm با ۱۰ بار شستشو با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰؛ E: ۱۰۰ ppm با ۱۰ بار شستشو با بزرگنمایی ۵۰۰؛ F: ۱۰۰ ppm با ۱۰ بار شستشو با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰.

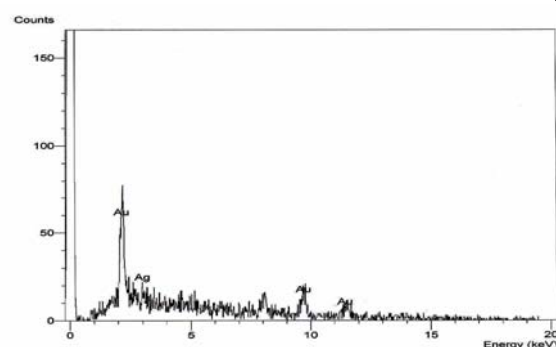
بحث

از جمله مطالعات انجام گرفته در این مورد، بررسی ماریجا گارن‌سگ (Marija Gorenšek) و همکاران در استفاده از ترکیبات نانو نقره بر روی پارچه‌های پنبه ای است. در این بررسی از رشد و نمو باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و اشیریشیا کولی جلوگیری شد. بر اساس نتایج آنها، پارچه پنبه-ای عمل شده با نقره به میزان ۹۹/۰۱ درصد در برابر باکتری استافیلوکوک اورئوس و به میزان ۹۹/۲۶ درصد در مقابل باکتری اشیریشیا کولی کاهش تعداد باکتری‌ها را نشان داد و تغییر رنگ پارچه‌های پنبه‌ای رنگ شده با محلول نانوقره مشاهده شد (۱۴).

ضد باکتری از خود نشان دادند. آنالیز EDX در نمودار ۲ و SEM تهیه شده از نمونه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.



(a)



(b)

نمودار ۲- a: آنالیز EDX نمونه خام؛ b: نمونه حاوی ۱۰۰ ppm نانو نقره پس از ۱۰ بار شستشو

با توجه به تصویر SEM در کلیه اشکال، ذرات سفید رنگ نانوذرات نقره کاملاً مشهود هستند و نشان می‌دهند حتی در شستشوهایی مکرر پس از ۱۰ بار از پایداری خوبی برخوردارند. مقاومت نمونه‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ ppm در شستشوی یک مرتبه به دلیل پایداری بیشتر محلول نانو نقره در حدود ۹۳ درصد است که رفته رفته پس از شستشوی دهم، مقاومت باکتری اشیریشیا کولی در برابر ترکیب ضد باکتری به مراتب بیشتر شد، اما با افزایش مقدار نقره از ۵۰ تا ۲۰۰ ppm حتی پس از شستشوی دهم نیز تا حدود ۶۴ درصد خاصیت ضد باکتری حفظ شد (جدول ۴).

جدول ۴- آزمون ضد باکتری بر روی کفیوش نایلونی با پوششی از درصد‌های مختلف نانو نقره با تعداد اولیه 5×10^5 CFU/ml از باکتری اشیریشیا کولی پس از شستشوی ۱ و ۱۰ بار

| درصد نانو نقره | تعداد باکتری باقیمانده (CFU/ml) | درصد کاهش باکتری |
|----------------|---------------------------------|------------------|
| ۵۰ ppm | $2/7 \times 10^5$ | ۴۹ |
| ۷۵ Ppm | $3/4 \times 10^4$ | ۹۳/۵۸ |
| ۱۰۰ Ppm | $5/0 \times 10^0$ | ۹۹/۹۹ |

الیاف پلی یورتان حاوی نانو ذرات نقره (Nps) به وسیله روش الکترورسی تولید شد که خاصیت ضد میکروبی خوبی را به همراه داشتند (۲۳). در این تحقیق هدف بر این بود روشی ساده برای به کارگیری نانو ذرات کلونیدی نقره بر روی کفپوش نایلونی ایجاد شود. برای این منظور تولید کفپوش نایلونی با ویژگی ضد باکتری و پایدار در برابر شستشوی مکرر ارائه شد که انجام آن نیازی به به کارگیری فرآوری‌های پیچیده و تکمیل ضد باکتری پرهزینه و مخرب نداشت.

باتوجه به آزمون‌های که بر روی باکتری‌های اشریشیا کولی و استافیلوکوک اورئوس انجام شد و براساس نتایجی که از میزان درصد کاهش تعداد اشریشیا کولی نسبت به استافیلوکوک اورئوس در برابر رقت ۵۰ ppm از نانو نقره به دست آمد، اشریشیا کولی مقاومت بیشتری نشان داد که به دلیل تفاوت در پوشش سلولی این باکتری‌ها است، یعنی برای رسیدن به حداکثر خاصیت ضد باکتری در برابر باکتری گرم منفی اشریشیا کولی نیاز به رقت‌های بیشتر از ۵۰ ppm است که در جدول‌های بالا به اختصار آورده شده است.

استفاده از محلول نانو نقره در از بین بردن باکتری به لحاظ صرفه اقتصادی و دلیل مقدار مصرف کم و قابلیت رقابت از نظر عملکرد با دیگر فرآورده‌ها بیشتر از سایر مواد تکمیلی حائز اهمیت است. این فناوری از طریق کنترل فعالیت عوامل بیماری‌زا در خدمت بشر می‌باشد. از این رو، به لحاظ بازدهی بالا، عملی بودن و سازگاری با محیط زیست و ماندگاری طولانی، در مقایسه با دیگر روش‌های بهبود فرآوری و تولید ارجحیت دارد.

با توجه به عملیات انجام شده بر روی کفپوش نایلونی با درصد‌های بسیار کم ۱۰-۵۰ ppm (۰/۰۱-۰/۰۵ درصد) به حداکثر خاصیت باکتری‌کشی بر علیه دو نوع باکتری گرم مثبت و منفی دست یافتیم که با مقادیر به کار رفته زردی و تغییر رنگ محسوسی در کالا مشاهده نشد. همچنین از روش اسپری می‌توان در آخرین مرحله تکمیل، روی کالا به کار برد و یا پس از تولید کفپوش در منزل توسط اسپری کردن بر روی کالا به کار گرفت.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات مسئولین آزمایشگاه، سرکار خانم مژگان معصومی و سرکار خانم زهرا طیبی که در اجرای این پروژه کمال همکاری را مبذول داشتند، تقدیر و تشکر می‌نمایند.

در مطالعه هون جو لی (Hoon Joo Lee) و همکاران از محلول کلونیدی نانو نقره و روش کنترل رشد باکتری بر روی پارچه پلی استری بی بافت و پارچه پنبه‌ای استفاده شد. در این روش ذرات نقره با اندازه ۳-۲ نانومتر با رقت‌های ۳۰-۲۰-۱۰ بر علیه دو باکتری استافیلوکوک اورئوس و استرپتوکوک پنومونیه تا میزان ۹۹/۹۹ درصد کاهش باکتری‌ها را موجب شدند (۱۵).

در مطالعه استفان دوباس (Stephan T. Dubas) و همکاران ذرات نانو نقره بر روی منسوج ابریشم و نایلون به روش Layer-by-layer به کار برده شد و ذرات نانو نقره با پوششی از ترکیب پلی متاکریلیک اسید، یک فیلم ضد باکتری را بر روی کالا ایجاد کردند. در این روش، با به کارگیری لایه‌های مختلف به ترتیب برای ابریشم و نایلون، کاهش باکتری‌ها به میزان ۸۰ درصد و ۵۳ درصد با تعداد لایه ۲۰ به دست آمد (۱۶، ۱۷).

در مطالعه لین لی (Lin Li) و همکاران خصوصیات ضد باکتری غشاء لیفی شکل PLLA / نانو نقره بررسی شد. در این تحقیق اثر خصوصیت پوسته‌ای از ترکیب نانو نقره بر روی پلی لاکتیک اسید L (Ag/PLLA) بررسی شد. نرخ وزنی ذرات نانو نقره در این پوسته بر روی PLLA در حدود ۵ درصد وزنی - وزنی انتخاب شد. باتوجه به آزمون‌های ضد باکتری بر علیه باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و اشریشیا کولی خصوصیات ضد باکتری تقویت شد (۱۸).

در مطالعه هی یون (Hee Yeon) و همکاران محلول سولفور نانو نقره یا به عبارتی مخلوطی از نقره/گوگرد روی پشم اعمال شد. این ماده موجب کاهش تعداد استافیلوکوک اورئوس و کلبسیلا پنومونیه شد و در مقادیر بالاتر از ۵۰ ppm خاصیت ضدالکتریسته ساکن از خود نشان داد (۱۹، ۲۰).

اخیراً در مطالعه انجام گرفته توسط بارانی و منتظر روش جدیدی برای تولید نانو نقره کلونیدی پایدار مورد استفاده در لپپوزوم‌ها گزارش شد (۲۱).

در مطالعه دیگری توسط ساک وو بارک (S.Woo Park) و همکاران چگونگی آماده‌سازی و خصوصیات نانو الیاف نایلون ۶ حاوی ذرات نقره به روش الکترورسی بررسی شد. فعالیت‌های ضد میکروبی نانو الیاف در آزمایش ضد میکروبی آبگوشت رقیق شده بر علیه دو نوع باکتری استافیلوکوک اورئوس و کلبسیلا پنومونیه که در این آزمون‌ها خصوصیات بسیار خوب ضد میکروبی و اثر بازدارندگی رشد این دونوع باکتری آشکار شد و رد مقابل الیاف نایلون ۶ فاقد نانو ذرات نقره هیچ فعالیت ضد میکروبی از خود نشان ندادند (۲۲).

در مطالعه شیخ (Sheikh)، نانو ذرات نقره در نانو الیاف پلی یورتان (pu) به کار گرفته شدند. در این مطالعه، کلاس جدیدی از نانو

REFERENCES

1. Brooks G, Carroll KC, Butel J, Morse S, Mietzner T. Jawetz, Melnick & Adleberg medical microbiology. New Yprk: McGraw-Hill; 2004. p.21-61.
2. Murray P, Rosenthal K, Kobayashi G, Pfaller M, eds. Medical microbiology. New York: Mosby; 1998. p.175-89.
3. Rahimi MK, ed. Compact medical microbiology. Tehran: Ayeezh Publication; 2005. p.101-109.
4. Belini P, Bonetti F, Franzetti E, RosaceG, Vago S. Reference books textile technologies. 3rd edition. Milan, Italy: fondazione acimit; 2002.
5. Purwar R, Joshi M. Recent developments in antimicrobial finishing of textiles: a review. AATCC Review 2004; 4: 22-26.
6. Gao Y, Cranston R. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. Textile Research Journal 2008; 78: 60-78.
7. 2nd European Conference on Textiles and the Skin in Stuttgart: Antimicrobial textiles - medical issues, safety, marketing. Available from: http://www.hohenstein.com.tr/ximages/15676_hohtextile.pdf [accessed at: June 2007]
8. Antimicrobial fabrics help fight war against germs. Available from: www.textilesintelligence.com.
9. Schindler WD, Hauser PJ. Chemical finishing of textile. UK: Woodhead publishing; 2004. p.164-65.
10. Giri Dev VR, Venugopal J, Sudha S, DeepikaG, Ramakrishna S. Dyeing and antimicrobial characteristics of chitosan treated wool fabrics with henna dye. Carbohydrate Polymers 2009; 75, 646-50.
11. Nano silver particles- nano clup. Available from: www.aftab.ir. [Accessed at: 2007]
12. AATCC Test Method 100-2004. Antibacterial finishes on textile materials: Assessment of. AATCC Technical Manual, American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, NC; 2005.
13. Shahkar GH, Bozorgnia A, eds. Textbook of examination project, statistic science. Teharn: Payam Nour University Publication; 2004. p.237-40. [In Persian]
14. Gorenssek M, Recelj P. Nanosilver functionalized cotton fabric. Textile Research Journal 2007; 77: 138.
15. Hoon Joo Lee and Sung Hoon Jeong-Bacteriostasis and Skin Innoxiousness of Nanosize Silver Colloids on Textile Fabrics-Textile Research Journal; 2005;75, 551.
16. Dubas ST, Kumlangdudsana P, Potiyaraj P. Layer-by-layer deposition of antimicrobial silver nanoparticles on textile fibers. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2006; 289: 105-109.
17. Zhang F, Wu X, Chen Y, Lin H. Application of silver nanoparticles to cotton fabric as an antibacterial textile finish. Fibers and Polymers 2009; 10: 496-501.
18. Li L, LiY, Li J, Yao L, MakAFT, Ko F, et al. Antibacterial properties of nanosilver PLLA fibrous membranes. Journal of Nanomaterials 2009; doi:10.1155/2009/168041:1-5.
19. Yeon H, Jong K, Kim H, Chul S, Sung K, Jeong H. A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver. J Mater Sci 2007; 42: 8020-24.
20. Kimiran Erdem A, Sanli Yurudu NO. The evaluation of antibacterial activity of fabrics impregnated with dimethyltetradecyl (3-(trimethoxysilyl) propyl) ammonium chloride. IUFS J Biol 2008; 67: 115-22.
21. Barani H, MontazerM, Toliat T, Samadi N. Synthesis of Ag-liposome nano composites. J Liposome Res 2009; DOI 10.3109/08982100903544177.
22. Park SW, Bae HS, Xing ZC, Kwon OH, Huh MW, Kang IK. Preparation and properties of silver-containing nylon 6 nanofibers formed by electrospinning. J Appl Polym Sci 2009; 112: 2320-26.
23. Sheikh FA, Barakat NAM, Kanjwal MA, Jeon SH, Kang HS, Kim HY. Self synthesize of silver nanoparticles in/on polyurethane nanofibers, Inc. J Appl Polym Sci 2010; 115: 3189-98.