مجله علوم و فناوری نساجی و پوشاک
دوره ۱۰، شماره ۱، شماره پیاپی ۳۷،
صفحه ۲۳-۱۵، ۱۴۰۰
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

بهبود خواص الکتریکی و آنتی‌باکتریال روی پارچه پنبه‌ای با استفاده از گرافن اکساید

Improving the Electrical and Anti-bacterial Properties of Cotton Fabric Using Graphene Oxide

نجمه علیزاده[۱]، محمد میرجلیلی[۲*]، پیمان ولی‌پور[۳]، حمید اکبرپور[۴]

۱- دانشکده مهندسی نساجی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشکده مهندسی نساجی و پلیمر، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۳- دانشکده مهندسی نساجی، پوشاک و مد، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران
۴- دانشکده مهندسی تکنولوژی طراحی دوخت و پوشاک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای دختران توحید، آمل، ایران

چکیده

در این پژوهش جهت بهبود خواص آنتی‌باکتریال و خواص الکتریکی پارچه پنبه‌ای از صفحات گرافن استفاده گردید. در این راستا پودر گرافیت تحت آزمایش اکسیداسیون شیمیایی به گرافن اکساید تبدیل و سپس از طریق تابش امواج فراصوت به ورقه‌های گرافن اکساید تبدیل شد و محلول کلوئیدی با روش غوطه وری روی سطح پارچه بارگذاری گردید. خواص فیزیکی پارچه پنبه‌ای اصلاح‌شده با گرافن اکساید از طریق روشهای طیف سنجی جذبی مادون قرمز(FTIR) و میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) مورد ارزیابی و در ادامه رسانایی پارچه ها از طریق روش استاندارد الکترودهای موازی، آبگریزی و همچنین اثر ضد میکروبی مورد بررسی قرار گرفته شد. نتایج تصاویر بدست آمده از میکروسکوپ SEM و FTIR حضور ورقه‌های گرافن اکساید را تایید کرد و نهایتاً پارچه پوشش داده‌شده با گرافن اکساید احیاء شده با هیدروسولفیت سدیم دارای خواص الکتریکی بوده که این میزان خصوصیت بسته به نوع غلظت گرافن اکساید متفاوت می‌باشد. در حالیکه پارچه پنبه‌ای پوشش داده‌شده با گرافن اکساید در حضور دیگر مواد احیا کننده خواص الکتریکی را نشان نمی‌دهد. همچنین این عملیات، موجب خصوصیت آنتی‌باکتریال روی سطح پارچه پنبه‌ای (جهت جلوگیری از رشد باکتری‌هایی چون: S. aureus و E. coli) شد.

کلمات کلیدی
پارچه پنبه،
گرافن،
خواص الکتریکی،
خواص آنتی‌باکتریال

۱- مقدمه

تحقیقات گسترده ای در زمینه ی منسوجات رسانا انجام گرفته شده‌است که می‌توانند برای استفاده در صنایع متعددی نظیر داروسازی، نساجی، کاغذ، لوازم آرایشی، الکترونیکی و حسگرها استفاده شوند [۱-۳]. بدلیل ویژگی های منحصر به فرد منسوجات رسانا مانند خواص نوری و الکترونی، هزینه کم، توانایی تصفیه آلودگی و فعالیت های ضد باکتری مورد مطالعه گروه‌های مختلفی قرار گرفته است [۴-۵]. دانشمندان در پژوهشی موفق به ساخت گرافن و دیگر کریستال های دوبعدی شدند که قبلاً تصور بر این بود که به لحاظ ترمودینامیکی ناپایدار است و نمی تواند تحت شرایط محیط دوام داشته باشند. خواص الکتریکی، نوری، حرارتی و مغناطیسی گرافن زمینه‌ای جدید را برای تحقیقات ایجاد کرده است [۶و۷]. اولین بار فوگتسو و همکارانش [۸] از گرافن اکساید بعنوان عامل رنگزا استفاده کردند و پارچه اکریلیکی با خاصیت رسانای الکتریکی تولید کردند. در مطالعه‌ای مشابه، مولینا و همکارانش [۱۰و۹] تولید پارچه پلی‌استر رسانای الکتریکی را گزارش نمودند. در گزارشی برای ایجاد محیطی سالم و ایمن در برابر آلودگی حاد تشعشعی، دانشمندان علاقه زیادی به توسعه مواد محافظ نوآورانه دارند.

بنابراین، مواد مبتنی بر نساجی به دلیل انعطاف‌پذیری کافی و مقاومت در برابر هرگونه تغییر شکل بدون تخریب، می‌توانند راه‌حلی امیدوارکننده باشند. به دلیل رسانایی ذاتی و مواد تجاری کم هزینه، پرکننده‌های کربنی بهترین

*مسئول مکاتبات،پیام نگار: dr.m.mirjalili@iauyazd.ac.ir

انتخاب برای دستیابی به عملکرد محافظ متوسط هستند [۱۱]. در سال ۲۰۱۲ کریشنامورفی و همکارانش اصلاح سطحی پارچه پنبه‌ای را با استفاده از گرافن اکساید بررسی کردند و ملاحظه کردند که پارچه پنبه‌ای سنتز شده از فعالییت فتوکاتالیستی و آنتی میکروبیال بسیار مناسبی برخوردار است. اخیراً هم پارچه پنبه‌ای ابر آبگریز و رسانای الکتریکی با استفاده از گرافن و پلی‌متیل سیلوکسان تولید کردند با پیشرفت های جدیدی که در صنعت نانو تکنولوژی صورت گرفته است تولید منسوجات چند منظوره بیشتر شده‌است.

گرافن، یک تک لایه از اتم های کربن با اتصالات sp و به شکل شبکه‌های لانه زنبوری دو بعدی می‌باشد که این ماده دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی همچون جابجایی شارژ بالا (۲۳۰۰۰ cm^2/vs)، مقاومت الکتریکی پایین ($10^{-6}\ \Omega.cm$)، رسانش حرارتی عالی بین (۵۰۰۰ W/mK- ۱۰۰۰) و خواص مکانیکی عالی (مدول یانگ ۱ Tpa و استحکام Gpa ۱۳۰ (می‌باشد. همچنین، گرافن دارای پایداری و مقاومت شیمیایی و مکانیکی بسیار بالایی است و مساحت سطحی تئوری آن ۲۶۰۰ g/m^2 محاسبه شده‌است [۱۲]. در سال‌های اخیر مطالعاتی زیادی در رابطه با استفاده از گرافن برای بهبود خواص انواع پارچه‌ها ارائه شده‌است که سبب ایجاد منسوجات با ویژگی رسانش الکتریکی بالا شده‌است [۱۳]. شاطری و یزدانشناس [۱۴] پارچه ی پنبه‌ای ابرآبگریز و رسانای الکتریکی و دارای استحکام مکانیکی با استفاده از گرافن را تولید کردند.

در مطالعه دیگری جاود و همکارانش [۱۵] از تابش اشعه فرابنفش در جهت احیای گرافن و رسانا کردن پارچه پرداختند. ژائو و همکارانش [۱۶] پارچه پنبه‌ای پوشش داده‌شده با گرافن اکساید با خاصیت آنتی‌باکتریال را گزارش کردند و در تحقیقی دیگر دانشمندان اثر نانو ذرات گرافن اکساید را روی خواص الکتریکی پارچه پلی استر/ویسکوز دریافتند که بهینه خواص الکتریکی در ۷ تا ۹ درصد نانوذرات نهفته است [۱۷]. در این پژوهش، سعی شد تا کالای پنبه‌ای با استفاده از گرافن اکساید و با انواع روش های احیاء همچون احیاء شیمیایی هیدروسولفیت، تابش فرابنفش، چای سبز و آب انار میزان خواص الکتریکی و آنتی‌باکتریالی پارچه سلولزی ارزیابی شود.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد و وسایل

در این تحقیق از پارچه پنبه‌ای خام تاری-پودی با تراکم تار و پود به ترتیب، ۳۰ و ۲۸ نخ در سانتیمتر و وزن ۱۰۲ g/m^2 تولید شرکت یزد بافت ایران استفاده شد. پودر گرافیت نیز از شرکت سیگما آلدریچ خریداری و موادی چون: سدیم بورو هیدرید (۹۹٪)، سدیم هیدروکسید (۹۹٪)، هیدروژن پراکسید (۳۰٪)، سولفوریک اسید (۹۹٪)، هیدروکلریک اسید (۳۷٪)،پتاسیم پرمنگنات (۹۹٪)، سدیم کربنات (۹۹٪)، سدیم سیلیکات (۹۹٪) و شوینده غیریونی (TritonX-100) (۹۹٪) ساخت شرکت مرک آلمان و همچنین از آب مقطر، با مقاومت بالاتر از ۱۸ $M\Omega\ cm^{-1}$ ساخت شرکت میلیکیو آلمان استفاده شد. مقاومت الکتریکی سطحی پارچه‌های پنبه‌ای مطابق با استاندارد AATCC 76-2005 توسط یک مولتی‌متر مدل ۸۵۱۵ ساخت شرکت صنایع الکترونیک اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری رشد میکروبی با استفاده از سوسپانسیون (روش کمی) براساس روش استاندارد AATCC 100-2004 انجام گرفت و جهت ارزیابی خواص آنتی‌باکتریال از دو باکتری S. aureus (ATCC25923) و E. coli (ATCC25922) استفاده شد.

جهت بررسی انواع گروه‌های عاملی موجود در سطح پارچه از طیف سنجی جذبی مادون قرمز (FTIR) مدل Tensor ساخت شرکت Bruker و در محدوده ۴۰۰۰-۴۰۰ µm ثبت شد و همچنین بررسی تغییرات ساختاری ایجاد شده در نمونه‌ها با میکروسکوپ SEM مدل EM208 از شرکت فیلیپس استفاده شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای

به منظور برطرف ساختن مواد آهاری، روغن‌ها و ناخالصی‌ها از پنبه، پارچه خام تحت عملیات آهارگیری و شستشو قرار داده‌شد [۱۸]. برای آهارگیری، پارچه به مدت ۴۸ ساعت در حمامی حاوی ۰/۵ درصد شوینده غیر یونی با نسبت حجم حمام به وزن کالای L:G=۵۰:۱ قرار داده‌شد تا نشاسته آن متورم شود. سپس پارچه از محلول خارج و به مدت ۹۰ دقیقه در آب جوش قرار داده‌شد تا مواد آهاری از سطح پارچه جدا شوند. در پایان پارچه به ترتیب با آب گرم و آب سرد با موادی چون: ۳ گرم در لیتر سدیم هیدروکسید ، ۵ گرم در لیتر سدیم کربنات و ۳ گرم در لیتر پاک کننده غیر یونی تحت شستشو قرار داده‌شد. در پایان پارچه چندین مرتبه آبکشی شد تا باقیمانده مواد و ناخالصی ها از سطح پارچه خارج شوند.

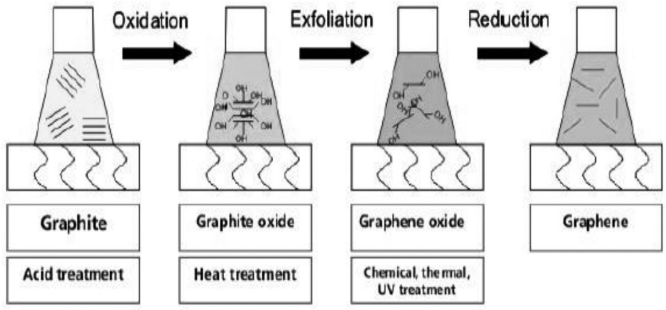
۲-۲-۲- سفیدگری پارچه

هدف از انجام عملیات سفیدگری حذف مواد رنگی و ایجاد ظاهر سفید در پارچه پنبه‌ای است. بدین منظور از ۴ گرم در لیتر سدیم هیدروکسید ، ۲ گرم درلیتر سدیم سیلیکات و ۲۰ گرم درلیتر هیدروژن پراکسید با نسبت حجم حمام به وزن کالای L:G=۳۰:۱ جهت عملیات سفیدگری استفاده شد. بعد از پایان عملیات، پارچه چندین مرتبه تحت شستشو با آب قرار گرفت و به منظور خنثی‌سازی اثر سدیم هیدروکسید باقی مانده، پارچه در محلولی حاوی ۲٪ استیک اسید به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. سپس پارچه چندین مرتبه توسط آب مقطر آبکشی و در دمای محیط خشک گردید. نهایتاً برای حذف چین و چروک حاصل از عملیات، سطح پارچه توسط اتو کاملاً صاف و یکنواخت شد.

۲-۲-۳- تهیه گرافن اکساید

گرافن اکساید با استفاده از پودر گرافیت و بر اساس روش هامرز سنتز شد [۱۹]. بدین منظور، ۲ گرم پودر گرافیت به بشری حاوی ۵۰ml سولفوریک اسید ٪ ۹۸ اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط هم زده شد، سپس دمای محلول در حمام سرد به کمتر از ۱۰°C رسید و ۷ گرم پرمنگنات پتاسیم به محلول افزوده شد.

سپس دمای محلول به ۷۰°C افزایش و به مدت ۲ ساعت در دستگاه



شکل ۱- مراحل فرآیند تولید گرافن اکساید از پودرگرافیت [۲۱]

همزن، همزده شد. در مرحله بعد ۷۰ml آب مقطر و ۵ ml آب اکسیژنه به محلول مذکور اضافه و به مدت ۳۰ min مجدداً در دستگاه همزن قرار گرفت. پس از پایان واکنش، مخلوط تهیه شده یک سوسپانسیون می‌باشد و به منظور جداسازی دو فاز مایع و جامد محلول درون لوله‌های آزمایش ریخته و درون دستگاه جداسازی سانتریفیوژ، به مدت زمان ۱۰ min و دور RPM350 قرار گرفت. در این مرحله دو فاز جامد و مایع از هم تفکیک شده و مایع را خالی کرده و در مرحله ی بعد محصول جداسازی شده یک مرتبه با هیدروکلریدریک اسید و ۳ مرتبه با آب مقطر در شرایط شستشو قرار داده‌شد. گرافیت حاصله در حمام فراصوت به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۵۰°C لایه لایه شده و با استفاده از روش خشک کردن انجمادی پودر گرافن اکساید بدست آمد(شکل ۱) [۲۱-۲۰].

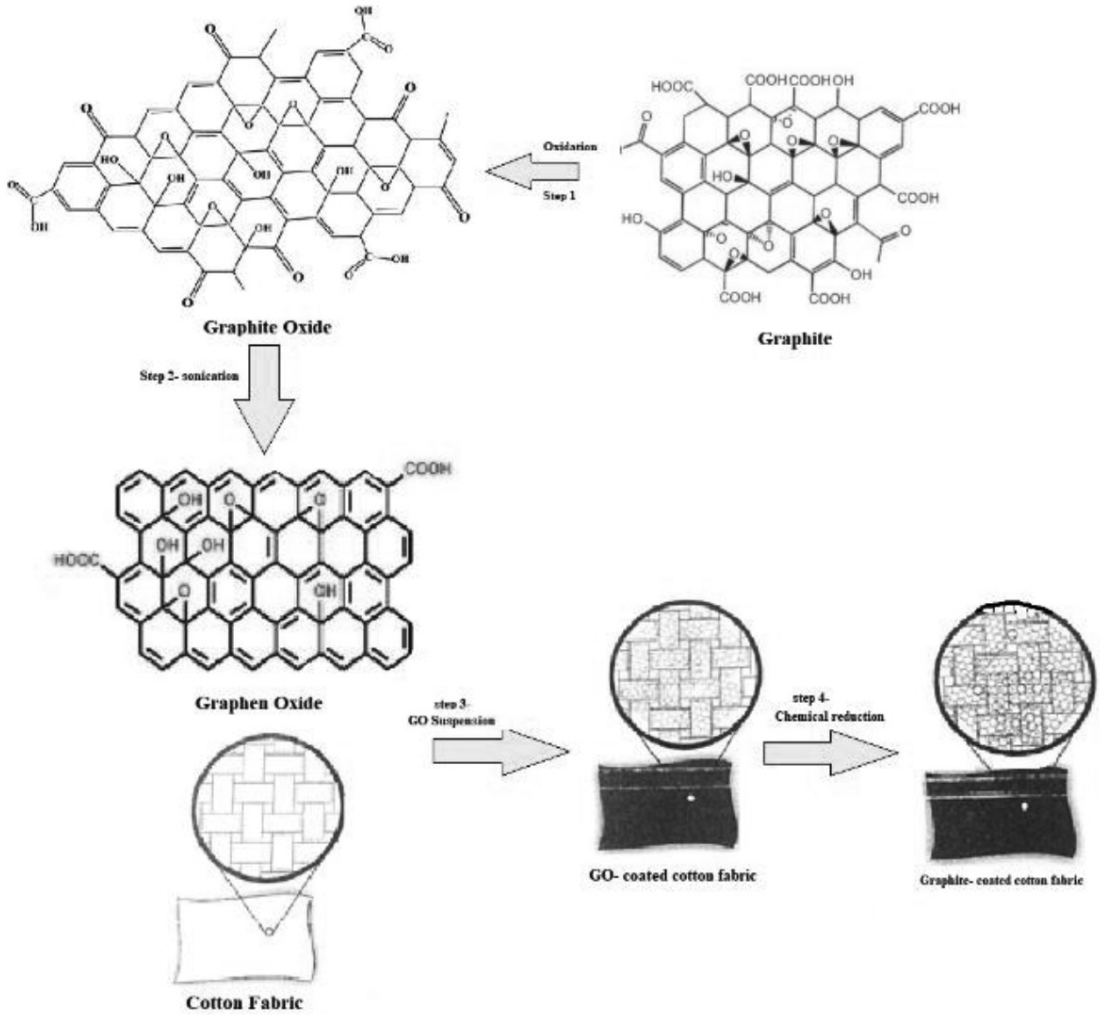
۲-۲-۴- پوشش‌دهی پارچه پنبه با گرافن اکسید

پارچه پنبه‌ای با گرافن اکساید در غلظت‌های مختلف (۰/۵، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۲) مول بر لیتر به روش غوطه‌وری به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۷۰°C قرار داده‌شد و سپس نمونه‌های آغشته شده به گرافن اکساید از محلول خارج و در دستگاه آون در دمای ۷۰°C خشک شدند.

۲-۲-۵- روش‌های احیاء شیمیایی گرافن اکساید روی پارچه

الف- احیاء شیمیایی گرافن اکساید به روش سدیم هیدروسولفیت

برای گرافن اکساید با خواص رسانایی، احیای شیمیایی با سدیم هیدروسولفیت انجام گردید [۲۴-۲۳] به این صورت که مقدار ۱ گرم از



شماتیک ۱- فرایند پوشش دهی گرافن اکساید روی پارچه پنبه‌ای

پودر سدیم هیدروسولفیت توزین و در ml ۱۰۰ آب حل گردید، سپس محلول بدست آمده روی هیتر قرار گرفت تا دمای محلول به ۷۰°C برسد و سپس نمونه‌های با ابعاد cm ۵×۵ (عمل‌آوری شده در غلظت‌های متفاوت (۰/۵، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۲ مول بر لیتر)، درون محلول سدیم هیدروسولفیت به مدت ۴۵ دقیقه قرار گرفت و در حین حرارت به آرامی با همزن شیشه‌ای هم زده شد. سپس پارچه‌ها به منظور خشک شدن تدریجی در دمای محیط قرار گرفتند.

ب- احیاء گرافن اکساید با استفاده از روش تابش فرابنفش

در این آزمایش نمونه پارچه‌ها که سطح آنها توسط گرافن اکساید پوشیده شده بود در معرض تابش فرابنفش (ساخت کشور آلمان) به مدت ۵۴ ساعت و با فاصله ۲۵cm از محل تابش تحت ولتاژ ۲۴۰ ولت و طول موج ۳۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر قرار گرفتند.

ج- احیاء گرافن اکسید با استفاده از احیاء کننده های طبیعی

چای سبز

بدین منظور چای سبز را با غلظت بالایی دم کرده و پارچه‌های آغشته شده به گرافن اکساید با شرایط و غلظت‌های متفاوت را درون غلظت ثابتی از چای سبز غوطه ور کرده و روی هیتر قرار می‌دهیم تا به دمای جوش نزدیک شود سپس دمای هیتر را کم کرده و پارچه‌ها به مدت ۴۰ دقیقه درون محلول چای سبز قرار داده‌شدند بعد از گذشت این مدت زمان مشاهده شد که پارچه‌ها به رنگ قهوه‌ای تیره در آمده است. سپس نمونه‌ها از محلول چای سبز خارج و به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۱۰۰°C درون دستگاه آون خشک گردید.

آب انار

بدین منظور آب انار را با یک غلظت ثابت درون بشر ریخته و پارچه‌های آغشته شده به گرافن اکساید با غلظت‌های متفاوت، درون بشر انداخته تا به حالت غوطه‌وری در بیایند. سپس روی هیتر قرار گرفته تا محلول مورد نظر بجوشد سپس دمای هیتر را کم کرده تا اینکه پارچه ها درون آب انار به مدت ۴۰ دقیقه قرار بگیرند بعد از گذشت این مدت زمان پارچه‌ها را از محلول آب انار خارج و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰°C درون دستگاه آون گذاشته تا نمونه‌ها خشک شوند.

۲-۶- آنتی‌باکتریال کردن

فعالیت آنتی‌باکتریال نمونه‌ها با استفاده از دو باکتری موسوم به Staph-ylococcus aureus و Escherichia coli با استفاده از روش استاندارد AATCC 100-2004 مورد ارزیابی قرار گرفته شد. مقدار درصد کاهش باکتری با استفاده از معادله (۱) بدست آمد است:

$$(R)\ \% = (A - B) / A \times ۱\ ۰۰$$

معادله (۱):

در این معادله A تعداد کلونی‌های اولیه تعلیق (شاهد)، B تعداد کلونی‌های ثانویه و R میزان درصد کاهش باکتری است [۲۵].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر نوع احیاء کننده روی میزان خواص الکتریکی پارچه

ورقه‌های گرافن اکساید بدلیل عدم اتصال مناسب شبکه پیوند π، قادر به عبور الکترون نبوده و بنابراین پارچه پوشیده شده با آنها نیز رسانا نیست. برای تبدیل آنها به سطحی رسانا، باید پیوندهای π از طریق جدایش گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار بازسازی شود. در اینجا نیز امکان استفاده از روش‌های مختلفی برای احیاء گرافن اکساید وجود دارد. دو مورد از روش‌های بسیار پر کاربرد روش احیاء حرارتی و احیاء شیمیایی است [۲۶] از آنجایی که پارچه پنبه‌ای متشکل از سلولز بوده است و این ماده در برابر دماهای بالا ناپایدار است و به راحتی تجزیه می‌شود، امکان استفاده از روش احیاء حرارتی که نیاز به دمای بالاتر از ۵۰۰°C دارد، در این تحقیق امکان انجام این روش وجود ندارد. بنابراین روش احیاء شیمیایی در دمای کم نزدیک به دمای جوش بهترین روش احیاء ورقه‌های گرافن اکسید جهت کسب پارچه با خواص الکتریکی می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد نوع ماده احیاءکننده روی میزان رسانایی گرافن اکسید اثر قابل ملاحظه‌ای دارد. بنابراین برای تهیه پارچه‌هایی با خواص الکتریکی بالا با استفاده از گرافن اکساید، بررسی نوع احیاءکننده نیز ضروریست.

بنابراین در اینجا میزان خواص الکتریکی همه نمونه‌ها مطابق با استاندارد AATCC 76-1995 توسط یک مولتی متر ۸۵۱۵ اندازه‌گیری شد. میزان خواص الکتریکی پارچه‌های بدست آمده در جدول (۱) آمده است. از

جدول ۱- اثر مواد احیاءکننده روی خواص الکتریکی پارچه پنبه‌ای پوشش داده‌شده با غلظت‌های مختلف گرافن اکساید

مواد احیا کننده	غلظت گرافن اکساید برحسب Mol/l				
	۰.۰۵	۰.۱	۰.۱۵	۰.۲	۰.۲۵
هیدرو سولفیت با غلظت ۰/۱ درصد	MΩ ۱۹.۱۵	۲.۲۴ MΩ	۸۲.۱۶ KΩ	KΩ ۲۶۱.۳	۱۳۹.۷ KΩ
تابش فرابنفش در مدت ۵۲ ساعت	–	–	–	–	–
چای سبز	–	–	–	–	–
آب انار	–	–	–	–	–

جدول ۲- مقدار درصد کاهش باکتری‌ها روی پارچه پنبه‌ای

نمونه‌ها	کاهش باکتری(٪)	
	S. aureus	E. coil
پنبه خام	۰	۰
عمل شده با GO	۰	۱۲
عمل شده با NaSH	۹۹	۹۹
عمل شده با چای سبز	۲۲	۳۲
عمل شده با آب انار	۲۲	۳۳

آنجائیکه ورقه‌های گرافن اکساید فاقد پیوندهای π هستند، بنابراین پارچه پوشیده شده با آن سطحی نارسانا دارد. بنابراین سه روش احیاء جهت پوشش‌دهی روی پارچه‌ها اعمال گردید که از این سه روش تنها احیاء شیمیایی با سدیم هیدروسولفیت خواص الکتریکی بالا را روی پارچه نشان داد و احیاء با تابش فرابنفش و مواد طبیعی نظیر چای سبز و آب انار باعث این امر نشد. بعد از احیاء با سدیم هیدروسولفیت مقاومت الکتریکی سطحی پارچه‌ها کاهش یافت که نشان دهنده بازگشت اتصال‌های π به ورقه‌ها است. همچنین همانطور که اشاره شد نتایج حاصل نشان می‌دهد که احیاء با سدیم هیدروسولفیت باعث رسانایی پارچه ها می‌شود که این موضوع در تغییر رنگ پارچه ها قابل تشخیص است بطوریکه هرچه میزان تغییر رنگ پارچه بعد از احیاء تیره‌تر باشد نشان دهنده این است که پارچه از خواص الکتریکی بالاتری برخوردار است (جدول ۱).

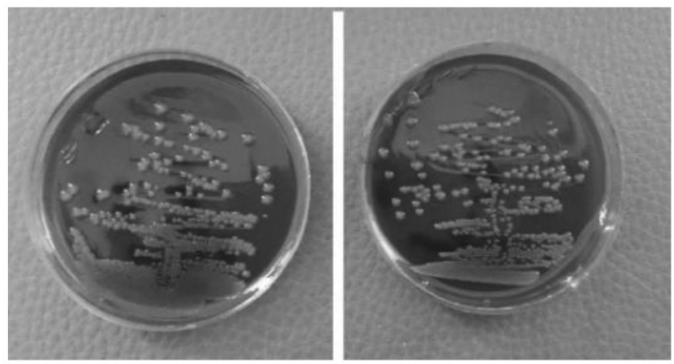
۳-۲- نتایج اثر ضد باکتری نمونه‌ها

در محیط زیست شمار زیادی از میکروارگانیسم‌ها هستند که غالباً بعنوان باکتری شناسانده می‌شوند. برخی از الیاف بویژه الیاف سلولزی مورد تجزیه بیولوژیکی باکتری‌ها قرار می‌گیرند این عملکرد باکتری ها می تواند سبب تغیر رنگ و کاهش خواص مکانیکی (استحکام سایشی و کششی) الیاف شده و پوسیدگی منسوج را فراهم آورد در این تحقیق کارایی ضد باکتری نمونه‌ها در مواجهه با دو گونه رایج باکتری S. aureus که دارای منشاء عفونت‌های چشمی، پوستی، استخوان و مفاصل و باکتری E. coli که دارای منشاء عفونت‌های ادراری، بیمارستانی و خون می‌باشد مورد بررسی قرار گرفت [۲۷-۲۹] که در این آزمایش به روش کمی باکتری‌ها رشد داده‌شدند [۳۰] و خواص ضد باکتری نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۲ و ۳).

با توجه به ویژگی گرافن اکساید که دارای اثر ضدباکتری می‌باشد و با توجه به نتایج خواص الکتریکی و نتایج جدول (۲) به نظر می‌رسد که پارچه پنبه‌ای خام و عمل آوری شده با GO خاصیت ضد باکتری نداشتند و در نمونه‌های عمل آوری شده با چای سبز و آب انار، درصد کاهش باکتری E. Coli نسبت به باکتری S. aureus بالاتر است. علت این امر به خاطر کمتر بودن ضخامت دیواره سلولی E. coli نسبت به S. aureus می‌باشد که سبب پایداری بیشتر آن شده‌است و همچنین نمونه GO/ NaSH دارای اثر ضد باکتری بهتری دارد و اضافه شدن هیدروسولفیت به GO تجزیه باکتری را نیز تسهیل می‌کند، علت این امر تماس بین باکتری‌ها و NaSH به واسطه حضور GO بوده و تجزیه باکتری‌ها می‌تواند بر اثر تخریب غشای دیواره و آنزیم‌های باکتری‌ها انجام شود [۳۱].

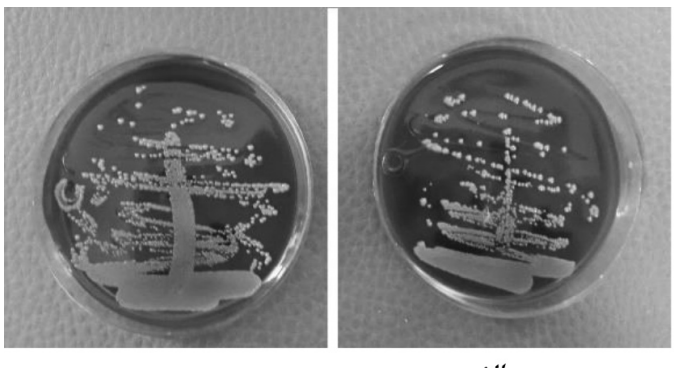
۳-۳- نتایج طیف سنجی جذبی FTIR

شکل(۴) نمودار طیف‌سنجی FTIR نمونه خام و نمونه‌های عمل شده را نشان می‌دهد. همه طیف‌ها نشان‌دهنده باندهای جذبی مخصوص به یک لیف سلولز است. نتایج بررسی طیف FTIR نمونه خام و نمونه‌های تحت آزمایش قرار گرفته ملاحظه می‌گردد که نمونه خام به دلیل ساختار سلولزی (شکل 4a) نشان‌دهنده پیک‌هایی در ناحیه ۳۴۱۰، ۱۶۳۷، ۱۱۵۵ و ۱۴۲۰ و ناحیه cm^{-1} ۱۰۰۰-۶۰۰ می‌باشد که هرکدام به ترتیب مربوط به گروه‌های عاملی OH، اتصال C-C آلکان، گروه C-O و CH_2 خمشی می‌باشد. همچنین شکل (b4) یک پیک در ناحیه cm^{-1} ۲۶۹۰-۲۸۴۰ دیده می‌شود که مربوط به باند C-H متوسط مربوط به آلدهید و در نواحی cm^{-1} ۱۱۰۰-۱۰۴۰ مربوط به باند C-O قوی مربوط به کربوکسیلیک اسید و مشتقات آن و در ناحیه cm^{-1} ۳۵۰۰-۳۰۰۰ یک افزایش پیک به نسبه دیده می‌شود که مربوط به گروه OH قوی فنول



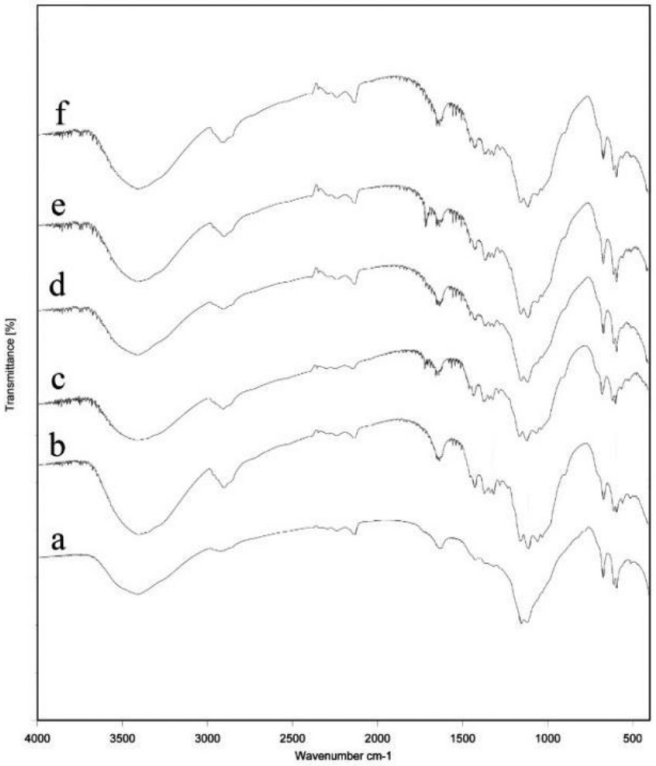
الف ب

شکل ۲- وضعییت رشد باکتری به روش کمی بر روی نمونه‌ها: الف) نمونه پارچه پوشش داده‌شده با گرافن اکساید در غلظت ۰/۵ mol/l احیاء به وسیله سدیم هیدروسولفیت در حضور میکروب Escherichia coli ب) نمونه شاهد



الف ب

شکل ۳- وضعییت رشد باکتری به روش کمی بر روی نمونه‌ها: الف) نمونه پارچه پوشش داده‌شده با گرافن اکساید در غلظت ۰/۱۵ mol/l احیاء به وسیله سدیم هیدروسولفیت در حضور میکروب Staphylococcus aureus ب) نمونه شاهد



شکل ۴- طیف سنجی جذبی FTIR برای: (a) نمونه خام (b) نمونه عمل شده با گرافن اکساید، (c) احیاء شده با هیدروسولفیت سدیم ۰/۱ درصد (d) احیاء شده با فرابنفش به مدت ۵۲ ساعت (e) احیاء شده با چای سبز (f) احیاء شده با آب انار

بوده که که حضور گرافن اکساید را در سطح الیاف پنبه اثبات می‌کند. در نمودار شکل‌های (۴d-۴c) بدلیل احیاء سطح پنبه پوشش داده‌شده با گرافن اکساید با تغییرات زیادی مواجه نیستیم ولی نسبت به نمودار شکل ۴b ما با کاهش پیک مواجه هستیم که نشان‌دهنده تاثیر عملیات احیاء در عملیات سطحی پارچه پوشش داده‌شده با گرافن اکساید می‌باشد.

۳-۴- زمان جذب قطره آب

منسوجات و پارچه های پنبه‌ای متشکل از الیاف سلولزی هستند که دارای گروه‌های عاملی سطحی فراوان هیدروکسیل بوده و از آنجایی که این گروه‌های عاملی دارای ویژگی آبدوستی بسیار خوبی هستند، بنابراین پارچه پنبه نیز دارای سطحی آبدوست بوده و قطره آب سریعاً توسط آن جذب می‌شود. که در این آزمایش اثر گرافن اکسید و نحوه احیای آن بر روی پارچه، در زمان جذب قطره آب مورد بررسی قرار گرفته است که در جدول (۳) آمده است، نتایج بررسی تغیرات رطوبت پذیری نمونه‌ها با آزمون تست قطره نشان می دهد که بعد از پوشش سطح پارچه‌ها توسط ورقه‌های گرافن اکساید، خواص آبدوستی پارچه‌ها تغییری نکرده و رفتار خیس شوندگی مشابه با پارچه شاهد دارد. علت این پدیده مربوط به گروه‌های عاملی هیدروژن دار آبدوست فراوان روی سطح ورقه‌های گرافن اکسید است اما بعد از احیاء ورقه‌های گرافن اکساید و تبدیل آن به گرافن، پارچه تبدیل به سطحی آبگریز شد. انجام عملیات احیاء با فرابنفش، نمونه‌ها با کاهش جذب رطوبت و خاصیت آبگریزی همراه شدند و همچنین مشاهده شد که انجام احیاء با آب انار و هیدروسولفیت سدیم که آب دوست هستند، پارچه آب را به سرعت جذب می‌کند و همچنین احیاء با چای سبز نسبتاً باعث آبگریزی می‌شود و جذب رطوبت آن کاهش می یابد که از بین این چهار عملیات، احیاء با فرابنفش از همه آبگریزتر بوده و آب به پارچه جذب نشده‌است.

۵-۳- نتایج مورفواوژی سطحی نمونه‌ها توسط SEM

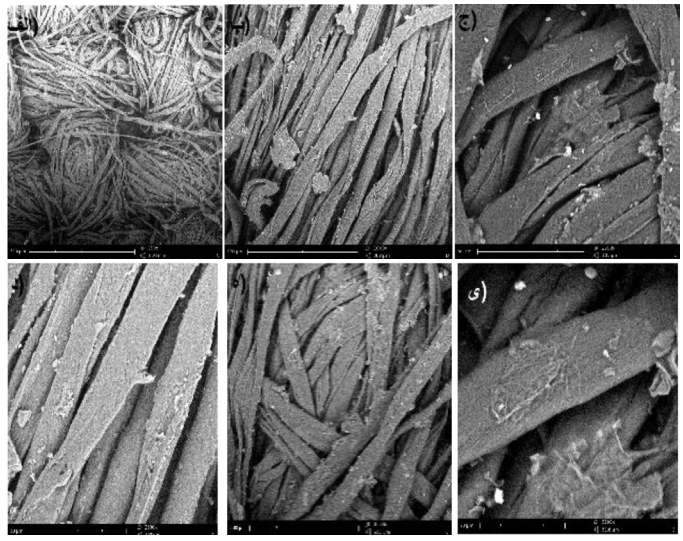
با مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM (شکل ۵) می‌توان گفت که تصویر میکروسکوپی نمونه‌های سلولزی که فقط تحت عملیات پوشش دهی با گرافن اکساید قرار گرفته‌اند(تصویر ب) نشان دهنده توزیع پراکنده ذرات گرافن اکساید می‌باشد. با بررسی تصاویر میکروسکوپی نمونه‌هایی که تحت عملیات پوشش دهی با گرافن اکساید احیاء قرار گرفته اند تجمع صفحات گرافن بر روی سطح الیاف مشهودتر است به طوریکه این تجمع در نمونه تحت عملیات احیاء گرفته با استفاده از هیدروسولفیت سدیم(تصویر ج) به مراتب یکنواخت تر و بیشتر از نمونه‌هایی است که عملیات احیاء آنها با استفاده از عملیات تابش مواد طبیعی همچون چای سبز و آب انار انجام شده‌است (تصاویر د، ه و ی).

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق از ورقه‌های گرافن برای اصلاح سطح منسوجات پنبه‌ای

جدول ۳- اثر مواد احیا کننده روی زمان جذب قطره برحسب ثانیه پارچه پنبه‌ای پوشش داده‌شده با گرافن اکساید

مواد احیا کننده	غلظت گرافن اکساید برحسب Mol/l				
	۰.۰۵	۰.۱	۰.۱۵	۰.۲۵	۰.۵
هیدروسولفیت با غلظت ۰/۱ درصد	۰.۰۰۸۲ (Sec)	۰.۰۰۹۴ (Sec)	۰.۰۰۹ (Sec)	۰.۰۱۱۴ (Sec)	۰.۰۱۲۵ (Sec)
تابش فرابنفش به مدت ۵۲ ساعت	۳۰ (Sec)	۸۷ (Sec)	جذب نشد	جذب نشد	جذب نشد
آب انار	۰.۰۰۹۶ (Sec)	۰.۰۱۲۲ (Sec)	۰.۰۱۲۵ (Sec)	۰.۰۲۱۲ (Sec)	۰.۰۲۱۴ (Sec)
چای سبز	۰.۰۰۸۲ (Sec)	۰.۰۰۹۴ (Sec)	۰.۰۰۹ (Sec)	۰.۰۱۰۴ (Sec)	۰.۰۱۲۵ (Sec)



شکل ۵ - تصاویر SEM نمونه‌ها برای الف) پارچه ی پنبه‌ای، ب) پوشش داده‌شده با گرافن اکساید ج) احیاء با هیدروسولفیت سدیم ۰/۱ درصد د) احیاء با فرابنفش به مدت ۵۲ ساعت ه) احیاء با چای سبز ی) احیاء با آب انار (بزرگنمایی X ۵۰۰۰)

استفاده شد. بدین منظور، پودر گرافیت از طریق روش هامرز تحت آزمایش اکسیداسیون شیمیایی قرار گرفت و بـه گـرافن اکساید تبدیل شد. سپس محلول گرافیت بدست آمده در معرض تابش امواج فراصوت قرار داده‌شد کـه باعـث جدا شدن ورقه‌های گرافیت اکسید از یکدیگر و تبدیل آن به گرافن اکسید شـد. از طریـق غوطـه‌وری پارچه پنبه در محلول کلوئیدی گرافن اکساید قرار گرفت و ورقه‌های گرافن اکساید روی سـطح الیـاف پارچه بارگذاری شد. ورق های گرافن اکسید نارسانا پوشیده روی سطح الیـاف پارچـه ، از طریـق روش احیاء توسط سدیم هیدروسولفیت تبدیل به ورقه‌های گرافن رسـانا شـد. روش احیـاء بوسـیله تـابش فـرابنفش و احیاء توسط چای سبز و آب انار بر روی رسانایی ورقه‌های گرافن بی تاثیر بود. و همچنین مطالعات طیف مادون قرمز نشان داد که انجام فرایند تکمیل پارچه پنبه‌ای بـا سـاختار سلولزی با استفاده از گرافن اکساید هیچ گونه تغییر ساختاری در پارچه ایجـاد نکرد و در صـورت اعمال شرایط سخت احیاء افزایش غلظت، دما. در اثر شکست پیوند اتری و احیاء آن تعدادی گـروه آلدهیدی ایجاد شد.

تصاویر SEM نمونه پارچه‌ها، پوشش یکنواخت با ورقه‌های گرافن اکساید بـه اثبـات رسید و مشخص شد نوع ماده احیاء کننده اثر قابل توجهی روی میـزان رسـانایی پارچـه‌ها دارد از منظر خواص آنتی‌باکتریال نیز می‌توان اظهار داشت که عملیات صورت گرفته جهت جلوگیری از رشد باکتری E. coli و S. aureus به روش کیفی بـر روی پارچه پنبه خام و عمل آوری شده با گرافن اکساید خاصیت ضد میکروبی نداشته درحالیکه نتایج برای نمونه‌های عمل شده با چای‌سبز و آب انار، درصد کاهش باکتری E. coli نسبت به باکتری S. aureus بالاتر است همچنین این نتایج روی نمونه عمل شده با مخلوط GO/ NaSH اثر آنتی‌باکتریالی بهتری را نشان داد.

۵. منابع

1. Pumera, M. , Ambrosi,A,. Bonanni, A,. Chng, E. L. K. , Poh, H. L. , "Graphene for Electrochemical. Sensing and Biosensing", TrAC, Trends in Analytical Chemistry; 29, 954–965, 2010.
2. Bao, L. H. , Li, X. D. , Towards textile energy storage from cotton t-shirts, Adv. Mater; 24, 3246-3252, 2012.
3. Avila, A. G. , Hinestroza J. P. , Smart textiles - tough cotton, Nat. Nanotechnology; 3, 8, 458-459, 2008.
4. Kołodziejczak-Radzimska, A. , and Jesionowski,T. , Materials, 7, 2833, 2014.
5. Liu, X. , Yang, Y. , Xing, X. , and Wang, Y. , Sensor Actuat BChem. , 255, 235, 2018.
6. Bhadra,T. K. S. ,Yao,D. ,Kim,N. H. ,Bose, S. ,Lee, J. H. , Recent advances in graphene based polymer composites,2010.
7. Ruess, G. , Vogt, F. ,"Höchstlamellarer Kohlenstoff aus. Graphitoxyhydroxyd", Monatshefte für Chemie; 78, 222-242 ,1948.
8. Fugectsu, B. , Sano, E. , Ya, H. , Mori, K. , Tanaka,T. , Grapheme Oxide as Dyestuffs for the Creation of Electrically Conductive Fabrics Carbon. 48 ,28, 3340, 2010
9. Molina, J. , Fernandez, J. , Rio, A. I. del. , Bonastre, J. , Cases, F. , Applied Surface Science, 279, 46,2013.
10. Molina, J. , Fernandez, J. , Lnes, J. C. , A. I. del. , Bonastre, J. , Cases, F. , Electrochimica Acta. 93, 44, 52, 2013.
11. Sarkar, K. , Das, D. , Chaki, T and Chattopadhyay, S. ,Carbon, 116, 1, 2017.
12. Soldano, C. , Mahmood, A. ; Carbon, 48, 2127, 2010.
13. Javed, K. , Galib, C. M. A. , Yang ,F. , Chen, C. M. , Wang, C. , Synthetic Metals, 96, 190, 2013.
14. Shateri Khalilabad, M,. Yazdanshenas, M. E. , Cellulose, 20, 2013, 963.
15. Javed, K. , Galib, C. M. A. , Yang ,F. , Chen, C. M. , Wang, C. , Synthetic Metals,193,41,2014.
16. Zhao, J,. Deng, B,. Lv, M,. Li, J,. Zhang, Y,. Jiang, H,. Peng, C,. Li, J,. Shi, J,. Huang, Q,. Fan, C,; Advanced Healthcare Materials, 2, 1259, 2013.
17. Akbarpour, H. , Rashidi, A. , Mirjalili, M. , and Nazari, A.

, Investigation of the Effects of Graphene Oxide Nanoparticles and Multi-Wall Carbon Nanotubes on Conductivity and Surface Morphology of Polyester-Viscose Fabric, Journal of Textile and polymers; 7, 2, 2019.

18. Nazari, A,. Davodi Rokn Abadi, A. , Structural Equations Analysis and Design of Polyimide 6,6 Fabrics Multifunctional Properties Finished with Silver Nanoparticles and Butane tetra carboxylic acid using Mediatory Property of Hydrophilicity,2021
19. WS. Hummers, RE. Offeman,. Preparation of Graphitic Oxide. J Am Chem Soc. 80,6,1339,1958.
20. D. Chandler. , "A New Approach to Water Desalination", MIT Tech Talk; 53, 1–4, 2009.
21. Ruess, G. , Vogt, F. ,"Höchstlamellarer Kohlenstoff aus. Graphitoxyhydroxyd", Monatshefte für Chemie; 78, 222-242 ,1948
22. Brodie, B. C. , "On the Atomic Weight of Graphite", Philosophical Transactions of the Royal Society A,. 149, 249-259 ,1859.
23. Maier,S,. Verfahren zur, L,. Der, D,. Raphitsaure, G,. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. , 80,6, 1481,7,1898.
24. Ruess, G. , Vogt, F. , "Höchstlamellarer Kohlenstoff aus. Graphitoxyhydroxyd", Monatshefte für Chemie; 78, 222-242, 1948.
25. The American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) Test method 100-2004.
26. Qu, L,. Tian, M,. Hu, X,. Wang, Y,. Zhu, S,. Guo, X,. Han, G,. Zhang, X,. Sun, K,. Tang, X,; Carbon,80,2014,565.
27. Alimohammadi,F,. Montazer, M,. , Shamei, A,. Rahimi, M. K,;Iranian Journal Sience and Technology, 25, 212, 265.
28. Nazari, A,. Montazer, M,. Rahimi, M. K,;Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 22,2009,41
29. Ghosh,S,. Ganguly, S,. Das, P,. Kanti Das,T,. Bose, M,. Singha, N. K,. Das, A. K and Ch. Das N,. ; Fabrication of Reduced Graphene Oxide/Silver Nanoparticles Decorated Conductive Cotton Fabric for High Performing Electromagnetic Interference Shielding and Antibacterial Application, Fibers and Polymers; 20, 6, 1161-1171,2019.
30. Shao,Y,. Wang, J,. Wu, H,. Ak Say Ia, Lin, Y,; Grapheme Based Electrochemical, Sensors and Biosensors: A Review. Electroanalysis, 22,10, 1027, 36, 2010.
31. Nazari, A,. Montazer, M,. Rahimi, M. K,;Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 22, 41, 2009.

Journal of
Apparel and Textile Science and Technology

Vol. 10, No.1,
Spring 2021, Quarterly
Issue No. 37, 15-23
ISSN: 2151-7162

Improving the Electrical and Anti-bacterial Properties of Cotton Fabric Using Graphene Oxide

N. Alizadeh [1], M. Mirjalili[2*], P. Valipour [3], H. Akbarpour [4]

1- Department of Polymer Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Textile and Polymer Engineering, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.
3- Department of Textile Engineering, clothing and fashion, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran.
4- Department of Sewing and Garment Design Engineering, Amol Branch (Tohid), Technical and Vocational University, Mazandaran, Iran.

Abstract

In this study, graphene platelets were used to improve the antibacterial and electrical properties of cotton fabric. Graphite powder was converted to graphene oxide with wet chemical oxidation. Cotton fabric was treated with the graphene oxide colloidal solution under ultrasound irradiation. The physical-chemical properties of the treated cotton fabric were evaluated by different methods including Fourier transform infrared (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), electrical conductivity measurement by standard parallel electrodes, and hydrophobicity by contact angle measurement. The presence of graphene oxide on the treated fabric was confirmed by SEM and FTIR results. Sodium hydrosulfite solution was used to reduce the graphene oxide platelets on the fabric. The reduced graphene oxide enhanced the electrical conductivity of the treated fabric to some extent depending on the content. The treated cotton fabric also showed resistance against the growth of gram-positive (S. aureus) and gram-negative (E. coli) bacteria.

Keywords

Cotton fabric,
Graphene,
Electrical conductivity,
Antibacterial properties

(*) Address Correspondence to M. Mirjalili, E-mail: dr.m.mirjalili@iauyazd.ac.ir