

دوام اثر نانو ذرات نقره بر روی کالای پنبه ای اصلاح سطح شده توسط لیزر

شیرین نوربخش*

استادیار، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران

علی اشجاران

استادیار، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران

رسید: ۱۳۹۰/۰۷/۱۹، پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۲۷

چکیده

نقره در مقیاس نانو در الیاف، پلیمرها و منسوجات سبب تولید محصولات ضد میکروب و باکتری می گردد. در بعضی از این محصولات ثبات اثر نانو نقره در طی شستشوهایی مکرر کاهش می یابد. به دلیل اینکه دوام و ماندگاری اثر نانو نقره در شستشوهایی مکرر منسوج در هنگام مصرف همواره مورد توجه است، لذا تلاش بر این است تا روشهایی برای بهبود دوام این محصولات یافته شود. در این تحقیق پارچه پنبه ای توسط شرایط مختلف انرژی لیزر اصلاح سطح و سپس نانو ذرات نقره بر روی پنبه لیزر نشده و لیزر شده اعمال شد. رنگزای متیلن بلو برای تشخیص وجود گروههای اسید کربوکسیلیک (COO-) بر روی پنبه لیزر شده بکار رفته و نتایج جذب رنگزای متیلن بلو توسط اسپکتروفوتومتر انعکاسی بررسی شد. آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FTIR/ATR) جهت شناسایی تغییرات شیمیایی در سطح و میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) برای شکل شناسی از سطح الیاف به کار رفت. آنالیز ICP-OES و آزمایش ضد باکتری قبل و بعد از شستشوهایی مکرر صورت گرفت تا دوام تکمیل ضد باکتری ارزیابی شود. نتایج نشان داد که اعمال لیزر بر روی سطح کالای پنبه ای توانسته است گروههایی با بار منفی که احتمال وجود اسید کربوکسیلیک را بیان می کند، ایجاد کند. اگر چه نتایج طیف سنجی FTIR آن را نشان نداده است ولی جذب رنگزای کاتیونیک افزایش یافته است. با مشاهده آنالیز ICP-OES می توان دید که پارچه پنبه ای پس از اثر لیزر توانسته است میزان بیشتری از یون Ag+ را جذب نماید و افزایش انرژی لیزر نیز در جذب کاتیون Ag موثرتر بوده است. همچنین دوام اثر ذرات Ag+ پس از شستشوهایی مکرر بر روی کالای لیزر شده و بخصوص انرژی بالاتر لیزر بیشتر از نمونه های پنبه لیزر نشده است. چنانکه نتایج ضد باکتری نیز کاهش رشد باکتری را توسط ذرات نانو نقره برای نمونه های لیزر شده و انرژی زیاد لیزر نشان می دهد.

کلمات کلیدی: دوام، نانوذرات نقره، لیزر، پنبه، اسید کربوکسیلیک.

* مسئول مکاتبات : sh.nourbakhsh@iausr.ac.ir

مجله علمی پژوهشی فناوری نساجی

سال ششم - شماره دوم - بهار و تابستان ۹۰

www.tstj.ir

info@tstj.ir



www.SID.ir

۱. مقدمه

میکرو ارگانیسمها که شامل باکتری ها و ویروس ها می شوند در همه جا وجود دارند. آنها موجودات ریزی هستند که با چشم غیر مسلح دیده نمی شوند و در زندگی هر یک از افراد بشر اهمیت بسزایی دارند. حفظ سلامت و جلوگیری از آلودگی و بیماریها اهمیت اقتصادی و بهداشتی زیادی دارد و به همین منظور محصولات و کالاها به خصوص منسوجات با مواد ضد میکروب و باکتری تکمیل می شوند تا تکثیر میکروارگانیسمها به تاخیر انداخته شود [۱]. یکی از مواد ضد باکتری که امروزه مورد توجه بسیار است فلز نقره است. سالهاست که فلز نقره به عنوان یک ترکیب ضد میکروب شناخته شده است و غلظت بسیار کم یونهای نقره، اثر ضد باکتری ایجاد می نماید [۲ و ۳]. نانونقره به عنوان فلز طبیعی در استریلیزه کردن کاربرد دارد و برای سلامتی بدن انسان بی خطر است و به دلیل بالا بودن سطح مقطع آن در این مقیاس در برخورد با سلول ها از رشد باکتری جلوگیری می نماید. استفاده از نانو نقره با مواد مختلف از جمله الیاف، پلیمر و منسوجات سبب تولید محصولات ضد میکروب و باکتری می گردد [۴ و ۵]. تحقیقات مختلفی در زمینه ضد باکتری کردن منسوجات توسط فلز نقره و نانو ذرات نقره انجام شده است [۶-۸]. آنچه در استفاده از یک منسوج بعنوان لباس از اهمیت ویژه ای برخوردار است دوام شستشوی تکمیل انجام شده است. لذا همواره تلاش بر این است تا روشهایی یافته شود که بتوان ماندگاری اثر ضد باکتری را بر روی کالای مورد مصرف افزایش داد. در این تحقیق تلاش بر این است تا سطح کالای پنبه ای توسط لیزر اصلاح شود و سپس نانونقره بر روی آن اعمال شود. الیاف پنبه از متراکم شدن مولکولهای β -گلوکز بدست می آید که هر واحد گلوکز حاوی سه گروه هیدروکسیل آزاد، یک گروه هیدروکسیل اولیه و دو گروه هیدروکسیل ثانوی می باشد و این گروهها تحت تاثیر فعل و انفعالات شیمیایی قرار می گیرند و گروههای هیدروکسیل سلولز در مقابل اکسید شدن تبدیل به کربوکسیل و آلدهید می گردند [۹-۱۲].

لیزر به معنای نور تقویت شده توسط گسیل القائی است [۱۳]. ویژگیهای نور لیزر باعث افزایش کاربرد آن در اکثر زمینه ها از جمله پزشکی، نظامی و صنعتی شده است. استقبال از لیزر به دلیل سرعت بالا، کنترل پذیری بیشتر، ایمنی فرآیند و کاربردهای منحصر به فرد آن می باشد. امروزه کاربرد لیزر در صنعت نساجی از اهمیت ویژه ای برخوردار است و از آن در رنگبری پارچه های جین [۱۴-۱۶] و برش پارچه ها استفاده می شود [۱۳]. همچنین بهبود خواص رطوبتی و رنگبری الیاف مصنوعی و خواص ضد جمع شدگی کالای پشمی از جمله مواردی است که در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است [۱۷]. لیزرهای تجاری مختلفی در صنعت وجود دارد که برای کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال می توان از لیزرهای CO_2 ، Nd:YAG و Excimer نام برد. در این تحقیق توسط لیزر CO_2 سطح کالای پنبه ای اصلاح شده و سپس کالای پنبه ای توسط متیلن بلو رنگبری گردیده تا وجود گروههای کربوکسیل بر روی آن بررسی شود. آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FTIR/ATR) و میکروسکوپ SEM، جهت تشخیص گروههای عاملی و مورفولوژی سطح به کار رفت. نانو ذرات نقره بر روی پارچه پنبه ای لیزر شده اعمال شد. آنالیز ICP-OES و آزمایشهای ضد باکتری طبق روشهای استاندارد قبل و بعد از شستشوی مکرر بر روی پارچه پنبه ای انجام شد تا دوام

تکمیل ضد باکتری بر روی کالای پنبه ای ارزیابی شود.

۲. مواد و آزمایشات

۲.۱. مواد و دستگاهها

مواد: پارچه پنبه ای بافت تار پودی پخت، سفیدگری و آهارگیری شده با وزن 109 g/m^2 ، دترجنت نانیونیک Laventin LNB از کمپانی BASF آلمان، نانو نقره ساخت شرکت Plasmachem کشور آلمان حاوی یونهای سیترات با اندازه ذرات نانو ۱۰ نانومتر، رنگ متیلن بلو (C.I. Basic Blue ۹)، اسید نیتریک ۶۵٪ از شرکت Merck کشور آلمان، دترجنت استاندارد AATCC standard detergent. دستگاه ها: دستگاه لیزر مورد استفاده در این تحقیق لیزر CO_2 ساخت کشور ترکیه، دستگاه ICP-OES مدل Varian Vista Pro و کوره مورد استفاده Nabertherm از کشور آلمان بوده است. اسپکترو فتومتر انعکاسی color-eye ۷۰۰۰A جهت اندازه گیری پارامترهای رنگی استفاده شد.

۲.۲. روشها

ابتدا پارچه پنبه ای سفیدگری شده جهت اصلاح سطح توسط لیزر آماده سازی شد، به نحوی که توسط دترجنت نانیونیک شستشو و سپس آبکشی و خشک گردید. هر یک از پارچه ها به ابعاد $30 \times 30 \text{ cm}^2$ در معرض تابش لیزر از دستگاه لیزر CO_2 ساخت شرکت LST از کشور ترکیه در توانهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ وات و سرعت عبور ۱۰۰۰ و 2000 cm/s قرار گرفت. سرعت عبور به مفهوم سرعت اسکن لیزر بر روی پارچه می باشد و افزایش آن نشان دهنده عبور سریعتر از روی پارچه و در نتیجه تابش کمتر لیزر بر روی آن است. پارچه پنبه ای که لیزر بر روی آن اعمال نشده به همراه پارچه های لیزر شده توسط رنگزای کاتیونیک متیلن بلو رنگبری گردید. رنگبری در دمای جوش به مدت ۴۵ دقیقه توسط ۱٪ (نسبت به وزن کالا) از ماده رنگزا انجام شد و سپس شستشو و خشک گردید. نتایج جذب رنگزا توسط اسپکتروفتومتر انعکاسی با استاندارد نوری D ۶۵ و مشاهده کننده ۱۰ بررسی شد. نمونه های پارچه پنبه ای و تحت لیزر قرار گرفته، هر یک به وزن ۱ گرم را وارد محلول ۱۰ ml از نانو نقره به غلظت ۲۰ ppm نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط آغشته شد و سپس از غلظتهای پد عبور داده شد و در دمای ۱۰۰ درجه خشک و ۱۵۰ درجه به مدت یک دقیقه تثبیت گردید. پس از مرحله تثبیت، شستشوی پارچه های آغشته شده به نانو نقره در دمای ۶۰ به مدت ۱۰ دقیقه جهت زدودن ذرات اضافی باقی مانده بر روی سطح لیف و پارچه انجام شد. شستشوی مکرر طبق استاندارد ۱۹۹۶-۱۲۴ AATCC در دمای ۴۶ درجه و ۵ بار تکرار بر روی پارچه های نقره اندود شده صورت گرفت [۱۸، ۱۹]. در تمام مراحل آغشته کردن و شستشو از آب مقطر استفاده شد. زیرا یونهای موجود در آب مانند یونهای کلسیم و منیزیم امکان واکنش بر روی سطح کالا را خواهند داشت.

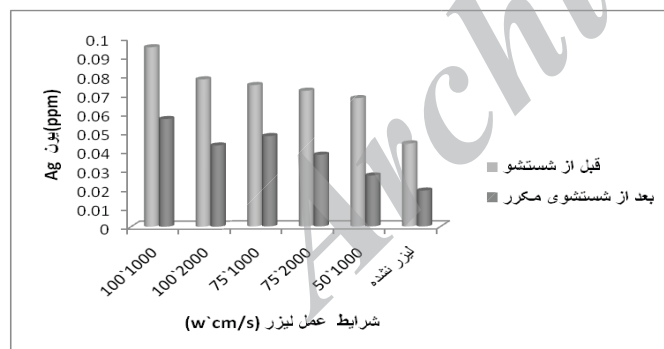
آزمایشات ضد باکتری توسط روش استاندارد ۱۰۰-AATCC و دو باکتری اشرشیا کولای و استافیلوکوکوس به روش آگار پلیت و مدت زمان رشد باکتری ۲۴ ساعت صورت گرفت. پس از گذشت زمان ۲۴ ساعت از پلیتهای مورد آزمایش که باکتری بر روی آن کشت شد، عکس گرفته شد و تعداد کولونی های هر پلیت شمارش و در صد کاهش باکتری طبق رابطه (۱) محاسبه شد.

توان کمتر است و می توان گفت افزایش توان لیزر اثر مهمی در افزایش جذب رنگزای کاتیونیک روی پنبه داشته است. [۱۱].

جدول ۱. نتایج رنگ سنجی رنگزای متیلن بلو بر روی پنبه لیزر نشده و لیزر شده در شرایط مختلف

لیزر نشده	۵۰		۱۰۰		۷۵		توان (W)
	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	
سرعت اسکن (cm/s)	۴۵/۷۰	۴۱/۷۰	۰۵/۶۹	۸۷/۶۹	۱۶/۷۰	۱۱/۷۰	L*
	-۳۸/۲	-۱۳/۲	-۴۹/۵	-۵۳/۵	-۷۶/۲	-۵۸/۴	a*
	-۰۹/۱۶	-۷۵/۱۴	-۴۱/۱۸	-۱۸/۱۸	-۳۶/۱۲	-۴۵/۱۷	b*
	۶۳۶/۰	۶۴۸/۰	۸۳۲/۰	۷۸۲/۰	۷۳۱/۰	۶۵۱/۰	K/S
	-	۳۶/۱	۱۲/۴	۸۲/۳	۷۶/۳	۶/۲	ΔE

۲.۳. نتایج آنالیز ICP-OES و اندازه گیری میزان ذرات نقره در شکل ۱ نتایج اندازه گیری مقادیر نانو ذرات نقره بر روی کالای پنبه ای و لیزر شده که توسط آنالیز ICP-OES بدست آمده، مشاهده می شود. همانطور که دیده می شود پارچه پنبه ای که لیزر بر روی آن انجام نشده قبل از شستشوی مکرر مقدار ۰/۰۴۴ ppm نانو ذرات نقره را نشان می دهد که پس از شستشوی مکرر مقدار یون نقره به ppm ۰/۰۱۹ می رسد. بیشترین میزان نانو ذرات نقره برای شرایط لیزر بر روی پنبه در توان ۱۰۰ وات و ۱۰۰۰ cm/s است که مقدار آن از ppm ۰/۰۹۵ بعد از شستشوی مکرر به ۰/۰۵۷ می رسد. این نتایج بیانگر این مطلب است که نه تنها اثر لیزر و افزایش توان آن سبب جذب بیشتر نانو ذرات نقره بر روی سطح شده است بلکه دوام و ماندگاری ذرات نانو نقره بر روی سطح پنبه پس از شستشوی مکرر تا حدودی حفظ شده است.



شکل ۱. نتایج اندازه گیری ICP جهت مقدار نانونقره بر روی کالای پنبه ای و لیزر شده در حالت های مختلف بر حسب ppm

۳.۳. نتایج آزمایش ضد باکتری در جدول ۲ نتایج درصد کاهش باکتری که با عمل کردن ذرات نانونقره بر روی کالای پنبه ای ایجاد شده است مشاهده می شود. آزمایش توسط دو نوع باکتری اشرشیا کولای (E) (گرم منفی) و استافیلوکوکوس (S) (گرم مثبت) انجام شد، که نتایج نشان می دهد که یون نقره در از بین بردن باکتری های اشرشیا کولای موثرتر بوده است. همچنین می توان مشاهده کرد که با افزایش توان و انرژی لیزر، میزان جذب یون نقره بر روی کالای پنبه ای افزایش می یابد و اثر انرژی لیزر در دوام یون نقره در طی شستشوی مکرر موثر است،

$$\text{Reduction } (\%) = (C-A/C) \times 100 \quad (1)$$

در این معادله C تعداد کلونی های شمارش شده در نمونه پنبه نقره اندود شده و A تعداد کلونی ها در نمونه لیزر شده و نقره اندود شده است.

آنالیز FTIR با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR/ATR Bruker-Equinox55) ساخت کشور آلمان بدست آمد. طیف ها بوسیله جزء انعکاسی داخلی ZnSe و در رزولوشن ۴ cm⁻¹ و ۳۲ اسکن جمع آوری شد. شکل شناسی سطح توسط میکروسکوپ SEM مدل PHILIPS XL30 با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ کیلو ولت انجام شد. تهیه نمونه ها در میکروسکوپ SEM توسط پوشش طلا به مدت ۳ دقیقه صورت گرفت.

برای اندازه گیری ذرات یون نقره که بر روی پارچه پنبه ای اعمال شده است، از روش آنالیز ICP-OES دستگاه Varian Vista-pro ساخت کشور آمریکا استفاده شد. هر نمونه از پارچه به وزن ۰/۰۵ گرم در کوره در دمای ۶۰۰ °C به مدت یکساعت قرار گرفت، سپس توسط ۱۰ ml اسید نیتریک حل و با آب مقطر به حجم ۲۵ ml رسانده شد. نمونه های استاندارد از محلول های نانونقره با غلظت های مختلف ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ ppm تهیه شد، به نحوی که ۱۰ ml اسید نیتریک به نانو نقره اضافه گردید و به حجم ۲۵ ml رسانده شد.

۳. نتایج و مباحث

۳.۱. نتایج کاریمتری رنگزای بازیک

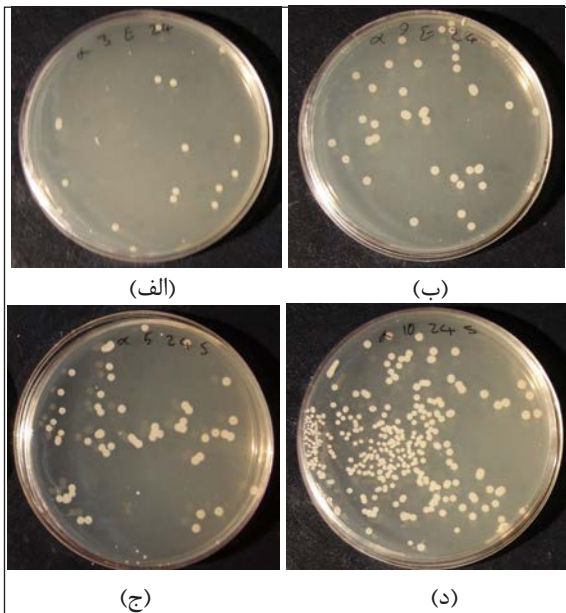
در جدول ۱ پارامترهای رنگی، قدرت (k/s) و اختلاف رنگ (ΔE) برای نمونه های رنگرزی شده بر روی پنبه لیزر شده و لیزر نشده در شرایط مختلف آورده شده است. در نمونه لیزر نشده پس از رنگرزی با رنگزای کاتیونیک مورد نظر، مقدار L* ۷۰/۴۵ بوده که از مقایسه آن با نمونه های لیزر می توان دید که مقدار روشنایی در دو حالت کاهش جزیی داشته است. L* بیانگر روشنایی رنگ می باشد و افزایش آن نشان دهنده نمونه روشنتر و کاهش آن نمونه تیره تر را نشان می دهد. افزایش توان لیزر اعمال شده بر روی پارچه پنبه ای، سبب جذب رنگ بیشتر رنگزای کاتیونیک شده است. قدرت رنگ بر روی نمونه ها از معادله کیوبلکا مانک بصورت زیر بدست می آید:

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \quad (2)$$

در این معادله R میزان انعکاس می باشد. اگر نتایج قدرت رنگ (K/S) را در جدول ۱ مشاهده کنیم، در می یابیم که قدرت رنگ برای نمونه لیزر نشده از ۰/۶۳۶ به ۰/۸۳۲ و ۰/۷۸۲ برای نمونه های لیزر شده در توان ۱۰۰ وات رسید. به نظر می رسد که اثر لیزر در توان ۱۰۰ وات قابل ملاحظه بوده و توانسته است سبب افزایش جذب رنگ کاتیونیک گردد که خود دلیلی بر افزایش گروه هایی با بار منفی بر روی کالای پنبه ای می باشد که احتمال وجود گروه های اسید کربوکسیلیک را نشان می دهد. اختلاف رنگ (ΔE) نمونه های لیزر شده در مقایسه با نمونه لیزر نشده که در جدول ۱ نشان داده شده است از رابطه (۳) حاصل می شود.

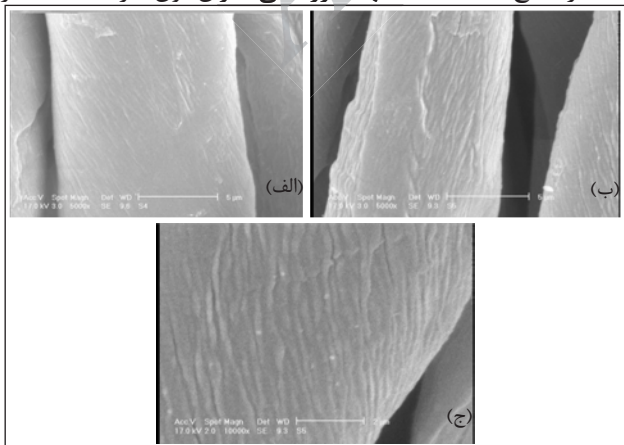
$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

اختلاف رنگ نمونه های لیزر شده با نمونه لیزر نشده مقایسه و محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می شود اختلاف رنگ (ΔE) نمونه های لیزر شده در توان ۱۰۰ وات بیشتر از نمونه های لیزر شده در



شکل ۳. تصاویر کلونی های باکتری بر روی نمونه های پنبه لیزر شده که نانو نقره اندود شده اند. (الف) اشرشیا کولای روی پنبه، (ب) اشرشیا کولای پس از شستشوی مکرر، (ج) استافیلو کوکوس روی پنبه، (د) استافیلو کوکوس پس از شستشوی مکرر

۴.۳. بررسی مرفولوژی سطح توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM). شکل ۴ الف الیاف پنبه و شکل ۴ ب و ج الیاف پنبه که تحت بیشترین شرایط عمل لیزر قرار گرفته در بزرگنمایی ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ را نشان می دهد. بطوریکه ملاحظه می شود الیاف پنبه پس از این که تحت لیزر قرار گرفته اند دچار شیاریهایی در سطح می شوند و در بعضی از موارد شکافهایی در سطح لیف پنبه دیده می شود که در شکل ۵ ج در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ قابل دیدن است. شکل ۵ نتایج اثر نانو نقره بر روی پارچه پنبه ای در شرایط مختلف را بیان می کند که ذرات نقره بر روی سطح لیف پنبه قرار می گیرد و نتایج EDAX که در بررسی سطح توسط میکروسکوپ SEM بدست آمده در شکل ۶ قابل مشاهده است. پارچه پنبه ای میزان ۴/۴۳ درصد و پنبه لیزر شده میزان ۵/۲۵ درصد نانو نقره را جذب می کند البته بطور کلی روش آزمایش EDAX روش دقیقی برای اندازه گیری یون نقره نمی باشد و بهتر است از نتایج ICP-SEO جهت بررسی میزان یون نقره استفاده کرد.

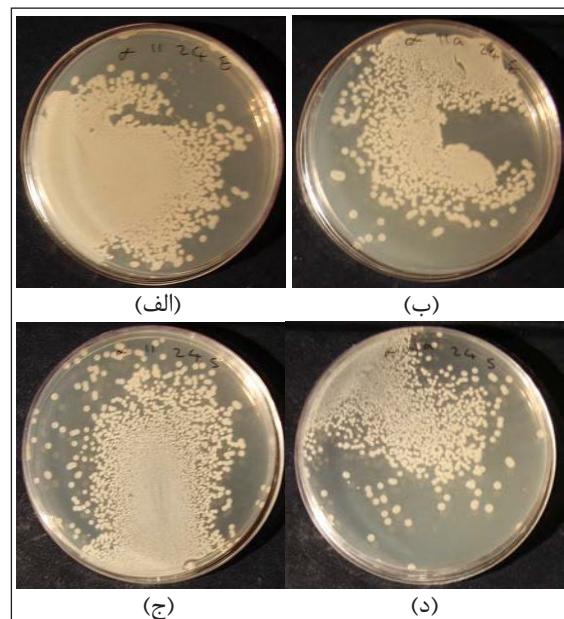


شکل ۴. (الف) پنبه، (ب) پنبه لیزر شده در توان ۱۰۰ W، ۱۰۰ cm/s و بزرگنمایی ۱۰۰۰۰، (ج) پنبه لیزر شده در توان ۱۰۰ W، ۱۰۰ cm/s و بزرگنمایی ۱۰۰۰۰

زیرا درصد کاهش باکتری در آن افزایش می یابد. بطوری که در توان ۱۰۰ وات و ۱۰۰۰ cm/s از اثر لیزر درصد کاهش باکتری بیشترین میزان (۵/۹۸٪) را داشته و پس از شستشوی مکرر درصد کاهش باکتری بر روی این نمونه به ۶/۹۶٪ رسیده است. در حالیکه می توان دید پارچه پنبه ای که نقره اندود شده است پس از شستشویهای مکرر خواص ضد باکتری از خود نشان نمی دهد و درصد کاهش باکتری در آن صفر و میزان کلونی های مشاهده شده در آن ۱۰۰۰ و یا بیشتر از آن است. در شکل ۲ و ۳ میزان کلونی های باکتری (اشرشیا کولای و استافیلو کوکوس) برای نمونه های پنبه لیزر نشده و لیزر شده در توان ۱۰۰ وات و ۱۰۰۰ cm/s در شکلهای مختلف نشان داده شده است. تعداد کلونی ها شمارش شده و درصد کاهش باکتری طبق رابطه (۱) بدست می آید.

جدول ۲. درصد کاهش باکتری توسط نانو نقره بر روی کالای پنبه ای و لیزر شده در حالت های مختلف

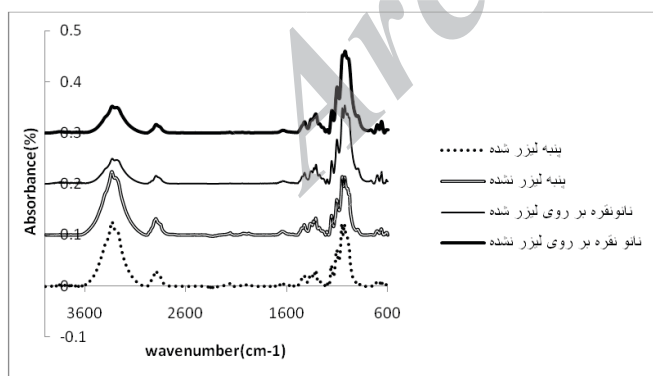
لیزر نشده	۵۰	۷۵	۱۰۰	توان لیزر (W)		
				۱۰۰۰	۲۰۰۰	
سرعت اسکن لیزر (cm/s)	۱۰۰۰		۲۰۰۰		۱۰۰۰	
	استافیلو کوکوس (C)	قبل از شستشو	۵/۹۸	۳/۹۷		۸/۹۶
بعد از شستشو	۶/۹۶	۹/۹۴	۷/۹۲	۲/۹۱	۲/۹۲	۰
اشرشیا کولای (E)	قبل از شستشو	۲/۹۴	۵/۸۲	۶۵	۵۵	۰
بعد از شستشو	۷۴	۵/۶۰	۳/۴۷	۵/۳۶	۳/۳۹	۰



شکل ۲. تصاویر کلونی های باکتری بر روی نمونه های پنبه که نانو نقره اندود شده اند. (الف) اشرشیا کولای روی پنبه، (ب) اشرشیا کولای پس از شستشوی مکرر، (ج) استافیلو کوکوس روی پنبه، (د) استافیلو کوکوس پس از شستشوی مکرر

در شکل ۷ نتایج طیف سنجی مادون قرمز از سطح نمونه‌ها نشان داده شده است. طیفهای پنبه لیزر نشده و عمل شده با لیزر بسیار شبیه هم است و طیفهای پنبه لیزر نشده و لیزر شده پس از نقره اندود شدن کاهش شدت پیک در ناحیه 3000 cm^{-1} و 3400 را نشان می‌دهد که این پیکها مربوط به گروههای هیدروکسیل موجود در ساختار مولکولی سلولز پنبه می‌باشد [۲۰].

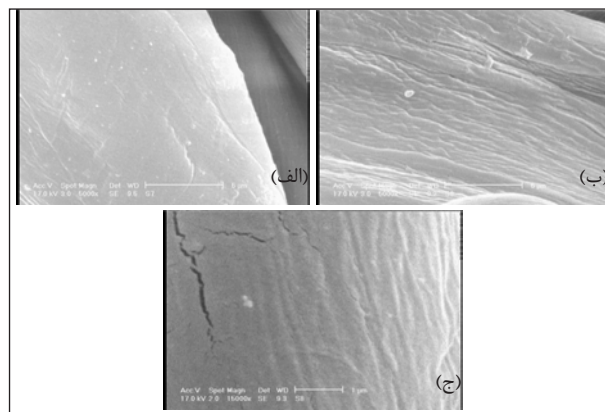
شدت این پیک در طیفهای پنبه لیزر نشده و پنبه عمل شده با لیزر بیشتر است و وجود گروههای هیدروکسیل را قبل از نقره اندود شدن نشان می‌دهد، در حالیکه بعد از اعمال نقره شدت پیکهای مربوط به آن کم شده، که می‌توان دلیلی بر کاهش این گروهها در سطح لیف باشد، زیرا طیف سنجی مادون قرمز مذکور قادر به بررسی اتصالات شیمیایی در سطح است و کاهش گروههای هیدروکسیل، بیانگر احتمال اتصال یون نقره به گروههای فوق می‌باشد. یونهای نقره هم بر روی پنبه و هم پنبه لیزر شده که احتمال وجود گروههای هیدروکسیل مربوط به اسید کربوکسیلیک در آن وجود دارد، قرار می‌گیرند. نتایج اندازه گیری ICP (شکل ۱) و آزمایش ضد باکتری (جدول ۲، شکل ۲ و ۳) وجود یونهای نقره را بهتر نشان می‌دهد. بطوری که نتایج ICP حاکی از افزایش غلظت یون نقره با افزایش توان لیزر است. همچنین طبق نتایج ICP غلظت یون نقره در نمونه لیزر نشده تفاوت مشخصی را در مقایسه با نمونه لیزر شده در بر دارد و نشانگر آن است که اصلاح سطح پنبه توسط لیزر توانسته است جذب کاتیون Ag^+ را افزایش دهد. نتایج شستشوی مکرر که نمونه‌های نقره اندود شده ۵ بار تحت شستشوی استاندارد قرار گرفته است، نیز نشان دهنده افزایش غلظت یون نقره برای نمونه‌های لیزر شده در مقایسه با لیزر نشده است. از نتایج آزمایش ضد باکتری درصد کاهش باکتری را برای نمونه‌های نقره اندود شده به وضوح می‌توان مشاهده کرد. بنابراین وجود یون Ag^+ بر روی لیف پنبه لیزر نشده و عمل شده با لیزر توسط نتایج ضد باکتری و آنالیز ICP قابل تایید است و می‌توان در طیف سنجی مادون قرمز از سطح نمونه‌ها (شکل ۷) کاهش شدت پیکهای مربوط به گروههای هیدروکسیل را به احتمال اتصال یون نقره (Ag^+) نسبت داد.



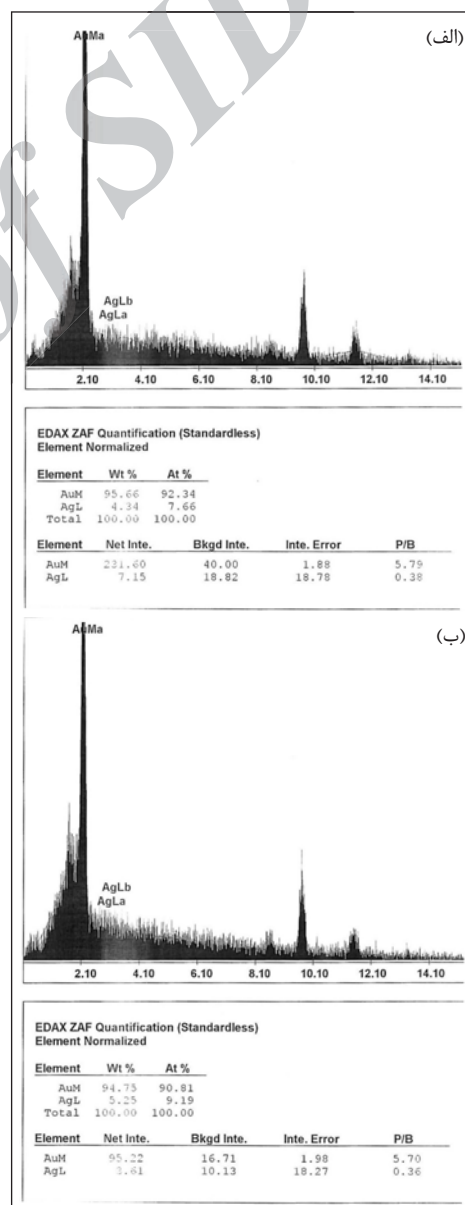
شکل ۷. منحنی طیف سنجی مادون قرمز FTIR/ATR لیف پنبه، لیزر شده و تکمیل شده با نانو نقره

۴. نتیجه گیری

اصلاح سطح پنبه توسط لیزر می‌تواند گروههای عاملی اسید کربوکسیلیک ایجاد نماید و این گروهها قادر به جذب گروههایی با بار مثبت هستند لذا رنگزای کاتیونیک متیلن بلو را جذب می‌نمایند. همچنین یونهای مثبت فلزات مانند فلز نقره قادر به جذب این گروهها



شکل ۵. (الف) نانو نقره بر روی پنبه، (ب) نانو نقره بر روی پنبه لیزر شده در توان 100 W ، 100 cm/s ، و بزرگنمایی $5000\times$ ، (ج) نانو نقره بر روی پنبه لیزر شده در توان 100 W ، 100 cm/s ، و بزرگنمایی $1500\times$



شکل ۶. نتایج EDAX از پنبه عمل شده با نانو نقره (الف)، و پنبه لیزر شده عمل شده با نانو نقره (ب)

هستند. نانو ذرات نقره قادر به جذب سطح لیف پنبه که بار منفی آن افزایش پیدا کرده است، می باشند و افزایش انرژی لیزر بر روی پنبه میزان جذب نانو ذرات نقره را افزایش می دهد. این افزایش جذب ذرات نانونقره بر روی سطح پنبه سبب افزایش خواص ضدباکتری آن می گردد بطوریکه این خواص پس از شستشو های مکرر نیز علی رغم کاهش مقدار نانو نقره و کاهش ضد باکتری بودن آن، قابل توجه است و دوام در برابر شستشو های مکرر را در مقایسه با پنبه لیزر نشده نشان می دهد.

۵. منابع

- [1] W.D.Schindler, P.J.Hauser., "Chemical Finishing of Textiles", *Woodhead publishing limited*, England., :165., 2004.
- [2] V. Ilic et al., *Carbohydrate Polymers.*, **78**:564-569., 2009.
- [3] Y.Gao and R.Cranston., *Textile Research Journal.*, **78**:60., 2008.
- [4] F.Zhang, X.Wu, Y.Chen and H.Lin., *Fibers and Polymers.*, **10**(4):496-501., 2009.
- [5] H.J.Lee, S.Y.Yeo, S.H.Jeong., *Journal of Materials Science.*, **38**:2199-2204., 2003.
- [6] R.Purwar and M.Joshi., *AATCC Review.*, :22-26., March 2004.
- [7] M.Rai, A.Yadav, A.Gade., *Biotechnology Advances.*, **27**:76-83., 2009.
- [8] B.D.Tanner., *AATCC review.*, :30-36., November 2009.
- [9] N.Carneiro and A.P.Souto., *Coloration Technol.*, **117**:298-302., 2001.
- [10] R.Agostino., "Plasma Processing of Polymers", *Kluwer Academic*, Italy., :348-350., 1997.
- [11] R.M.A.Malek and I.Holme., *Iran.Polym.J.*, **12**:271-280., 2003.
- [12] T.Wakida, K.Takeda., *Text.Res.J.*, **59**:49-53., 1989.
- [13] F.Ferrero, R.Bongiovanni., *Surf.Coat.Technol.*, **200**:4770-4776., 2006.
- [14] H.K.Rouette, "Encyclopedia of Textile Finishing", *Springer*, Germany., 2001.
- [15] T.Dascalu, S.Acosta-Ortiz, M.Ortiz-Morales, I.Compean., *Optics and laser in Engineering.*, **34**(3):179-189., 2002.
- [16] M.Ortiz-Morales, M.Poterasu, S.Acosta-Ortiz, I.Compean, M.R. Hernandez-alvardo., *Optics and Lasers in Engineering.*, **39**(1):15-24., 2003.
- [17] D.Knittel, E.Schollmeyer., *Polymer International.*, **45**:110-115., 1998.
- [18] C.Q.Yang, D.Chen., J.Guan, Q.He., *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49**:8325-8332., 2010.
- [19] *AATCC standard test method.*, 124., 1996.
- [20] K.Vaideki, S.Jayakumar, G.Thilagavathi, R.Rajendran., *Applied Surface Science.*, **253**:7323-7329., 2007.