

# بهینه‌سازی خواص رنگ‌پذیری پارچه پلی‌استر / ویسکوز با استفاده از پیش‌عملیات کرونا و قلیایی با روش آماری طرح مرکب مرکزی (CCD)

## Optimization of Dyeing Properties of Polyester / Viscose Fabric Using Corona and Alkaline Pre-Treatment by Central Composite Design (CCD) Statistical Method

الناز دوشنبه پور<sup>۱</sup>، محمد میرجلیلی<sup>۱\*</sup>، علی نظری<sup>۲</sup>، حمید اکبرپور<sup>۱</sup>

۱. دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی نساجی و پلیمر، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.  
۲. دانشکده هنر و معماری، گروه طراحی پارچه و لباس، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

### چکیده

در این تحقیق تأثیر فرآیند کرونا و عملیات قلیایی بر خواص و بهبود میزان جذب رنگ در پارچه‌های پلی‌استر ویسکوز رنگ شده با رنگ دیسپرس قرمز ۵۰ با استفاده از روش آماری طرح مرکب مرکزی مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا نمونه‌ها تحت عملیات قلیایی در شرایط مختلف دما، زمان و غلظت و سپس تحت عملیات کرونا با ولتاژ  $104 \pm 1$  ولت و  $3/60 \pm 20$  آمپر در بازه زمانی مختلف قرار گرفتند و در ادامه با استفاده از رنگ دیسپرس، در دمای HT رنگریزی شدند. همچنین میزان جذب رنگ نمونه‌ها با روشهای اسپکتروفتومتری جذبی و انعکاسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شد. ضمناً تغییرات مورفولوژی سطحی نمونه‌ها نیز با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) و بررسی گروههای عاملی با استفاده از اسپکتروسکوپی جذبی مادون قرمز (FTIR) انجام شد و شرایط بهینه حاصل از آزمایشات با استفاده از طرح آماری مرکب مرکزی انتخاب شدند. نتایج آزمایشات نشان داد که نمونه‌های عمل شده دارای ثبات نوری و شستشویی مناسب بوده و بدلیل انجام عملیات همزمان قلیایی و کرونا موجب شد تا سطح لیاف دارای شیرهای سطحی شود، منافذی مناسب برای نفوذ بیشتر رنگینه به داخل لیاف، که در تصاویر SEM و نیز تغییرات کسب شده در نمودار FTIR و ایجاد گروههای عاملی جدید نشان داده شد. در پایان نتایج طرح آماری نشان داد که مدل حاصله با F Value برابر با ۲/۴۵، از لحاظ آماری معنی دار می‌باشد و شرایط بهینه مورد نظر جهت کسب بالاترین مقدار رمق کشی (۷۵/۴۵٪) کسب شد.

### ۱- مقدمه

پارچه‌های پلی‌استر عمل شده با کرونا انجام گرفت، چگونگی تسهیل قرارگیری نانوذرات نقره کلونیدی بر روی پارچه‌های پلی‌استر و بهبود خواص ضد باکتریایی، مطالعه شد. پارچه‌های عمل شده با کرونا، قرار گرفته شده در نانو ذرات نقره خواص ضد باکتری بهتر در مقایسه با پارچه‌های عمل نشده به نمایش گذاشت. در کاری دیگر وانگ و همکارانش [۳] طی بررسی بهبود خصوصیات آبدوستی پارچه‌های پشمی از راه عملیات تخلیه کرونا و پروکسید هیدروژن، پی‌بردند که تخلیه کرونا به افزایش قابلیت ترشوندگی کمک می‌کند. این اثر در نوک فلس پشم موجب دسترسی آب به ساقه لیف پشم می‌گردد، که این امر بدلیل تعداد زیاد گروه‌های آبدوست قطبی مانند OH و CONH

امروزه تخلیه کرونا برای اصلاح سطح مواد پلیمری و منسوج به کار گرفته می‌شود. در این روش، بدون اثر بر خواص توده پلیمر، رطوبت‌پذیری، چسبندگی، اتصال عرضی و کاهش بار الکتریکی سطح اصلاح می‌شود و به دلیل استفاده نکردن از آب در محیط عمل، مشکلات زیست محیطی در این روش مطرح نمی‌باشد. مزایای استفاده از کرونا هزینه کم ماشین آلات، استفاده از فشار اتمسفری و بازده زیاد آن است. در واقع تخلیه کرونا حالتی از پلاسما است که در فشار جو و با به کار بردن ولتاژ زیاد بین دو الکترود اعمال می‌شود [۱].

طی مقاله‌ای که توسط ماجا و دیگران [۲] در زمینه اثر ضد باکتریایی نانوذرات نقره ته نشین شده روی

### کلمات کلیدی

پارچه پلی‌استر / ویسکوز،  
پیش‌عملیات قلیایی،  
تخلیه کرونا،  
اسپکتروفتومتر انعکاسی،  
طرح آماری مرکب مرکزی  
(CCD)

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

## ۲- تجربیات:

### ۲-۱- مواد

پارچه پلی‌استر/ویسکوز (۳۵/۶۵) با نخ تار دولا (Ne=۳۲/۲) و نخ پود تک لا (Ne=۳۲/۱) با بافت سرژه Z ۲/۱ (زمینه) و بافت ساتین ۲/۱ (حاشیه) فراهم شد (گروه صنعتی نساجی بابکان).

رنگ دیسپرس C.I. Disperse Red 50، با وزن مولکولی ۳۵۷/۷۹ گرم بر مول (شکل ۱) (تولید شرکت Dye star کشور آلمان)، صابون نانینیک ۶۱۰ (تولید شرکت نوآوران شیمی یزد، یزد)، کربنات سدیم ۱۰٪ (ساخت شرکت MERCK، آلمان)، سدیم هیدروکسید (ساخت شرکت MERCK، آلمان)، استیک اسید ۱۰٪ (ساخت شرکت MERCK، آلمان)، دیسپرس‌کننده Setamol WS (ساخت کشور آلمان) خریداری شدند.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- شستشو

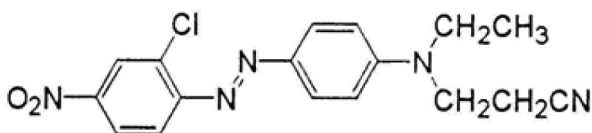
برای این آزمایش نمونه‌ها در حمام شستشو حاوی ۳ درصد صابون نانینیک و ۳/۲ میلی لیتر کربنات سدیم در زمان ۱۵ دقیقه و دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و میزان L:R=۳۰:۱ تحت عملیات شستشو قرار گرفت و سپس نمونه‌ها در دمای اتاق خشک و در داخل محفظه پلاستیکی به دور از جریان هوا قرار داده شد.

#### ۲-۲-۲- عملیات قلیایی و کرونا کردن پارچه

نمونه پارچه‌های شستشو داده شده مطابق آنچه که در جدول طراحی آزمایشات (جدول ۱) آمده تحت عملیات قلیایی [۲۱ و ۲۲] و کرونا توسط دستگاه تخلیه کرونا (ساخت دانشگاه آزاد اسلامی یزد-ایران) قرار گرفتند. لازم به توضیح است که عملیات کرونا در ولتاژ  $1 \pm 0.4$  و شدت جریان  $1 \pm 0.2$  آمپر در شرایط زمانی مختلف انجام شد.

#### ۲-۲-۳- عملیات رنگ‌رزی پارچه

رنگ‌رزی نمونه‌های عمل شده با رنگ دیسپرس قرمز ۵۰، ۵۰٪ درصد توسط دستگاه رنگ‌رزی HT (ساخت شرکت مدرن صنعت، یزد، ایران)، با نسبت حجم حمام به وزن کالا L/R=۴۰/۱ همراه با ۲ میلی لیتر در لیتر دیسپرس‌کننده و ۱ میلی لیتر در لیتر اسید استیک بر طبق گراف رنگ‌رزی (شکل ۲) انجام شد. شرایط رنگ‌رزی برای تمام نمونه‌ها یکسان بوده و تنها عامل متغیر، عملیات انجام شده بر روی آنها بوده و پساب نمونه‌های رنگ شده جهت اندازه‌گیری میزان طیف جذبی رنگ، نگهداری شدند.



شکل ۱- ساختار مولکولی رنگ (Disperse Red 50 (C<sub>17</sub>H<sub>16</sub>ClN<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) [۱۱].

می‌باشد. با افزایش بیشتر ولتاژ تخلیه، بطور آشکاری اصلاح سطحی در سطح لیف پشم رخ می‌دهد، و این افزایش موجب بیشتر شدن خواص آبدوستی پارچه پشم می‌شود. محققان دیگر نیز طی بررسی بکارگیری عملیات تخلیه کرونا جهت آهارگیری پلی‌وینیل الکل روی پارچه پنبه‌ای در یافتند که افت وزن پارچه آهار خورده با پلی وینیل الکل بعد از عملیات تخلیه کرونا کمتر از ۳٪ را نشان می‌دهد. زمانیکه کرونا سطح پلیمر را اصلاح می‌کند افت وزن در اینجا مربوط به کاهش آهار پلی وینیل الکل می‌باشد. این می‌تواند بدین صورت توضیح داده شود که در حین فرآیند عملیات کرونا ماکرومولکولهای پلی‌وینیل الکل به مولکولهای کوچک تخریب (همانند CO<sub>2</sub> و H<sub>2</sub>O) و به داخل هوا نفوذ می‌کنند [۴]. همچنین محمد میرجلیلی و همکارانش [۵] در بررسی عملیات تخلیه کرونا در خصوصیات الیاف پشم دریافتند که بهترین شرایط بهینه برای عملیات تخلیه کرونا ولتاژ ۱ KV و زمان عملیات ۱۰ دقیقه یا ولتاژ ۲ KV و زمان عملیات ۵ دقیقه می‌باشد. نتایج به دست آمده از تغییرات مشاهده شده در خواص فیزیکی نمونه نشان داد که ولتاژ ۲ کیلو ولت و زمان کرونا ۵ دقیقه هیچ اثری بر روی مقاومت نمونه‌ها ندارد، اما با افزایش زمان عملیات، الیاف آسیب دیده و قدرت کاهش یافته است. همچنین در یک تحقیق دیگر محمد میرجلیلی و همکارانش [۶] اثر عملیات کرونا روی خود تمیز شونده‌گی پارچه پنبه‌ای تکمیل شده با نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در یافتند که خود تمیز شونده‌گی دی اکسید تیتانیوم با اثر کرونا بهبود می‌یابد. گروهی از محققان اثر عملیات کرونا را روی چسبندگی پارچه پلی‌استر مورد مطالعه قرار دادند و پی بردند که تخلیه کرونا موجب تغییر مشخص در وضع فیزیکی و شیمیایی پارچه می‌شود که منجر به تشکیل گروه‌های قطبی در لایه سطحی الیاف پلی‌استر و افزایش قابلیت تر شونده‌گی و انرژی سطحی آن می‌گردد [۷]. در تحقیقی توسط پیمان ولیپور و همکارانش [۸]، با عنوان خصوصیات فیزیکی و مکانیکی پارچه پلی‌استر عمل شده با تخلیه کرونا در یافتند که عملیات تشعشع کرونا در بالاترین سطح قدرت عملیات ضخامت الیاف پلی‌استر را کمی کاهش می‌دهد و زمان مرطوب شدن و طول کشیدگی و وزن پارچه را کاهش می‌دهد. در کار دیگر نوربخش و دیگران [۹] نشان دادند که با روش پیش عملیات کرونا، جذب نانو ذرات مس افزایش می‌یابد و اثر خود تمیزکنندگی و عملکرد ضدباکتریایی نانو ذرات مس بیشتر از پس از عملیات است. نانو ذرات اکسید روی با روش قبل از عملیات بیشترین خود تمیزکنندگی و اثر ضد باکتریایی را داشتند. با روش پس از عملیات، فعالیت فوتوکاتالیست نانو ذرات اکسید روی کاهش یافت. همچنین دانشمندان ویژگی‌های شیمیایی، ساختاری و مورفولوژیکی پارچه تریکو عمل شده با پلاسمای سرد را مورد بررسی قرار دادند. و دریافتند که در مقایسه با پارچه عمل نشده، کاهش قابل توجهی از زاویه تماس مشاهده کردند. مقدار انتقال گروه‌های مربوط به C-H، N-H و N-O هم افزایش یافت در نهایت بیان داشتند که، با استفاده از عملیات سطحی پلاسمای، تثبیت بهتر رنگ را مشاهده کردند [۱۰]. در این مقاله اثر پیش عملیات سطحی قلیایی و کرونا بر قابلیت رنگ‌پذیری پارچه پلی‌استر/ویسکوز مورد بررسی قرار دادیم.

جدول ۱- طراحی آزمایش عملیات قلیایی و کرونا روی پارچه پلی استر/ویسکوز

نمونه	خام	۱	۲	۳	۴	۵	۶
زمان کرونا (دقیقه)	۰	۱	۱۵	۷/۸	۱۵	۱	۴/۵
غلظت سود (%)	۰	۹/۵	۴/۸	۴/۸	۲۰	۲۰	۱۱/۱
زمان هیدرولیز قلیایی (دقیقه)	۰	۲۴/۸	۱۱/۹	۱۵/۹	۱۰	۱۰	۱۵/۶
دمای هیدرولیز قلیایی (°C)	۰	۴۰	۱۰۰	۵۱/۶	۴۰	۹۰/۱	۱۰۰

مقادیر K/S و R/ توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی (ساخت شرکت سیما میکرو، UV/VIS Spectrometer، ParkinElmer و Lambda)، انجام شد.

### ۲-۲-۷- اسپکتروسکوپی جذبی طیف FTIR

در این آزمایش هر یک از نمونه‌های فوق بعد از عملیات شستشو، در داخل فک دستگاه طوری قرار داده می‌شوند که سطح کاملی از نمونه‌ها را مورد آزمایش قرار دهد. سپس با استفاده از نرم‌افزاری با نام OMNIC تجزیه و تحلیل نمونه‌ها انجام داده شد. این آزمایش در دستگاه اسپکتروسکوپی مادون قرمز مدل Thermo Nicolet 807 ساخت آمریکا، به منظور شناسایی گروه‌های عاملی تشکیل شده در سطح الیاف و ثبات رنگ و شستشویی انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- نتایج حاصل از طیف جذبی مقدار درصد رمق کشی

بر اساس نتایج بدست آمده  $\lambda_{max}$  رنگ فوق در ۴۹۱ nm می‌باشد. لذا اقدام به تهیه منحنی کالیبراسیون رنگینه گردید که به این منظور محلول‌های رنگی با غلظت‌های ۰/۰۱ الی ۰/۰۵ g/l تهیه شد و میزان جذب هر یک از محلول‌ها مشخص شد. تصویر نمودار و منحنی  $\lambda_{max}$  در شکل (۳) آمده است.

### ۴-۲-۲- تعیین مقدار غلظت رنگ در نمونه‌های پساب رنگ دیسپرس قرمز ۵۰

به منظور تعیین مقدار رنگ باقیمانده در نمونه‌های پساب، بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر جذبی UV-Vis (ساخت شرکت Varian، کشور استرالیا) مقدار طیف جذبی پساب و غلظت رنگ نمونه‌ها گرفته شد. برای اندازه‌گیری مقدار غلظت رنگ در پساب ابتدا می‌بایست مقدار  $\lambda_{max}$  تعیین و مشخص گردد. از این رو ابتدا محلول رنگی ۱ گرم بر لیتر رنگ را تهیه کرده و سپس با تنظیم رنج فرکانس دستگاه از ۳۵۰ تا ۸۰۰ نانومتر مقدار  $\lambda_{max}$  را بدست می‌آوریم.

### ۵-۲-۲- میکروسکوپ الکترونی پویشی

در این کار از میکروسکوپ الکترونی پویشی SEM جهت بررسی تغییرات مورفولوژی سطحی پارچه عمل شده با قلیا و کرونا استفاده شد. با توجه به اینکه الیاف پلی استر/ویسکوز عایق الکتریکی می‌باشند ابتدا نمونه‌های تهیه شده در دستگاه Sputter Coater در محیط خلاء با لایه ای از فلز طلا با ضخامت ۲ میکرومتر پوشانده شدند.

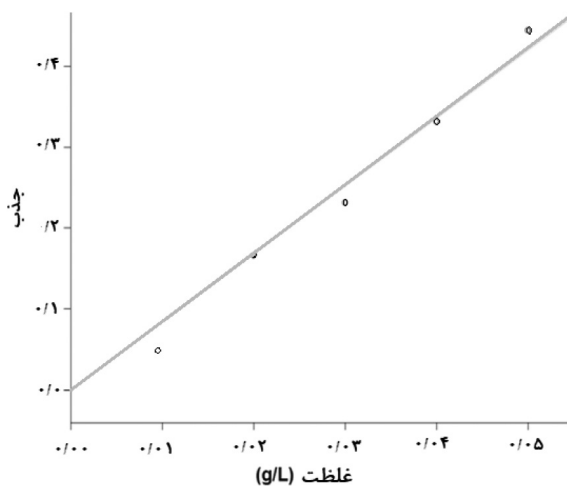
نمونه‌های آماده شده به طور جداگانه در دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی مدل VEGA3 TESCAN ساخت کشور چک، تحت تابش الکترون قرار گرفت و تصویرهایی با بزرگ نمایی‌های مختلف بدست آمد.

### ۶-۲-۲- آزمایش اسپکتروفوتومتر انعکاسی

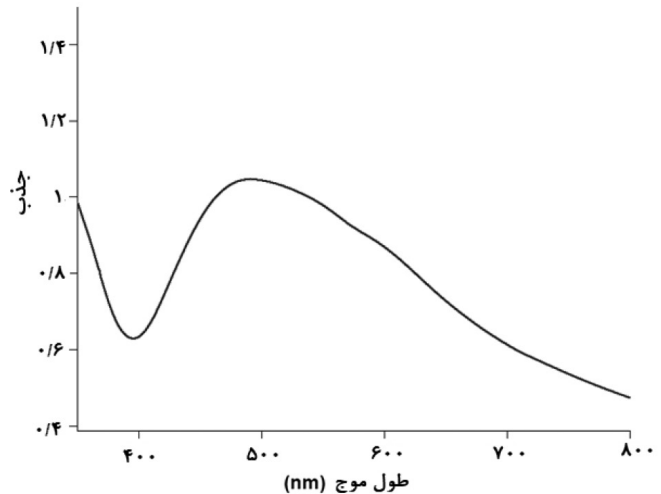
این آزمایش جهت اندازه‌گیری محرک‌های سه‌گانه CIE Lab و CIEch کسب



شکل ۲- گراف رنگ‌رزی رنگینه دیسپرس قرمز ۵۰ جهت رنگ‌رزی نمونه‌های عمل شده با قلیایی و کرونا [۱۲].



شکل ۴- منحنی جذب نمونه های کالیبراسیون رنگ دیسپرس قرمز ۵۰



شکل ۳- منحنی  $\lambda_{max}$  بر اساس طول موج رنگ دیسپرس قرمز ۵۰

### ۳-۲- بررسی تغییرات مورفولوژی سطحی نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی (SEM)

بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی انعکاسی نشان می دهد، انجام عملیات کرونا به مدت ۱۵ دقیقه بر روی نمونه هایی که تحت عملیات قلیایی قرار گرفته اند، منجر به تخریب سطحی الیاف شد، که این پدیده می تواند به علت ایجاد شیارهای سطحی منجر به افزایش جذب رنگ گردد [۱] (نمونه e) به گونه ای که در نمونه فوق به دلیل غلظت بالای محیط قلیایی میزان تخریب سطحی زیاد می باشد، این وضعیت در نمونه تحت عملیات قرار گرفته با غلظت ۲۰ درصد سود به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد و همچنین زمان ۱ دقیقه عملیات کرونا ملاحظه می گردد که احتمالاً تغییرات سطحی ناشی از دمای بالای هیدرولیز قلیایی می باشد (نمونه C). نمونه b که هیدرولیز قلیایی در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد با غلظت نسبتاً ملایم سود (۰.۴/۸٪) بوده و عملیات کرونا به مدت ۱۵ دقیقه انجام شده نیز تغییرات سطحی در حد مطلوبی ملاحظه می گردد. در نمونه های a، d، f به دلیل شرایط ملایم کرونا و قلیایی از نظر دما، زمان و غلظت میزان تغییرات سطحی جزئی بوده لیکن ایجاد شیارهای ریز سطحی و کاهش وزن در اثر عملیات در محیط قلیایی تغییرات حاصله در بهبود جذب رنگ مؤثر بوده است (شکل های ۵ و ۶).

### ۳-۳- بررسی اسپکتروفتومتر انعکاسی:

همانطوریکه در نمودار شکل ۷ نشان داده می شود مقادیر فاکتور انعکاس (R/%) کلیه نمونه ها یک کاهش پیک ابتدایی از ۳۷۵-۳۸۵ نانومتر را نشان می دهد و در ۵۷۰ نانومتر به سرعت افزایش می یابد و در نهایت در ۷۰۰ نانومتر به بالاترین مقدار خود می رسد [۱۸]. همچنین بر

جدول ۲- مقادیر درصد رمق کشی و جذب UV-Vis بدست آمده از پساب رنگرزی نمونه های رنگرزی شده با رنگ دیسپرس قرمز ۵۰.

نمونه	خام	۱	۲	۳	۴	۵	۶
جذب مرئی فرابنفش (nm)	۱/۸۰۳	۰/۹۸	۰/۸۹۱	۰/۸۷۱	۱/۰۷	۱/۵۵۹	۰/۹۲۸
درصد رمق کشی (%E)	۴۶/۲۷	۷۰/۷۸	۷۳/۴۵	۷۴/۵	۶۸/۰۹	۵۳/۵۵	۷۲/۳۵

سپس با محلول های کالیبراسیون، دستگاه را کالیبره کرده، بدین ترتیب که محلول های کالیبراسیون را به صورت ۰/۱ gr/lit تا ۰/۵ gr/lit تهیه کرده و به ترتیب میزان جذب هر نمونه را بوسیله دستگاه می سنجیم. بوسیله داده های حاصل از این کالیبراسیون منحنی کالیبراسیون نمونه رنگ رسم شده و همچنین از این نمودار معادله کالیبراسیون که بوسیله آن می توان مقدار غلظت رنگ را در محلول های پساب بدست آورد، مشخص می شود و با قرار دادن غلظت رنگ موجود در پساب (معادله ۲) درصد رمق کشی را می توان محاسبه نمود (جدول ۲). منحنی جذب نمونه های کالیبراسیون در شکل (۴) و معادله کالیبراسیون در معادله (۱) آمده است.

معادله ۱: معادله کالیبراسیون رنگ دیسپرس قرمز ۵۰

$$Abs. = 8.38962 \times Conc. \quad (1)$$

Abs: جذب

Conc: غلظت رنگ موجود در پساب

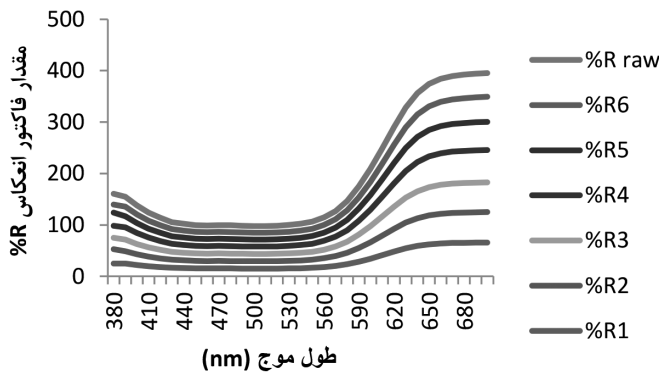
معادله ۲: معادله درصد رمق کشی

$$\%E = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

$C_0$ : غلظت رنگ موجود در حمام رنگرزی

C: غلظت رنگ موجود در پساب

%E: درصد رمق کشی



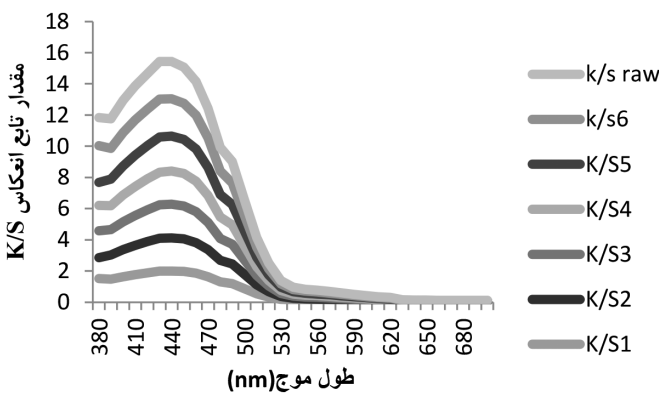
شکل ۷- نمودار مقایسه‌ای مقادیر فاکتور انعکاس (R%) نمونه‌های خام، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰.

طبق جدول ۴ و نمودار شکل ۷ بیشترین مقدار فاکتور انعکاس مربوط به نمونه‌های ۱ و ۴ می‌باشد.

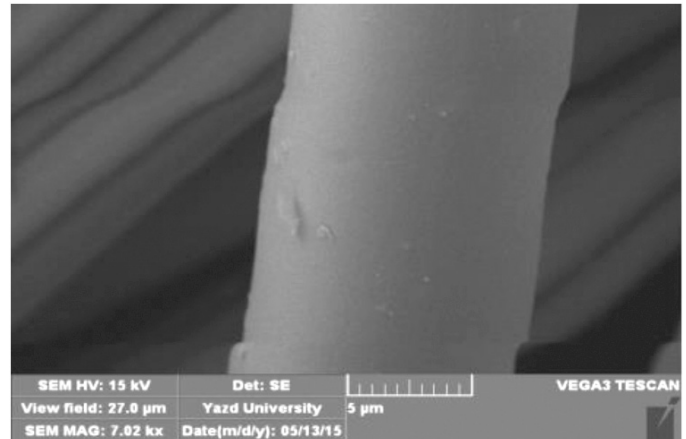
بر طبق جدول ۴ و نمودار شکل ۸ مقدار تابع انعکاس (K/S) نمونه‌های ۵ و ۶ دارای بیشترین مقدار در ۴۴۰ نانومتر می‌باشد، که نشان دهنده اینست که این مقدار از تابع انعکاس کسب شده از عملیات کرونا در نمونه ۱ و ۴ اختلاف چندانی با نمونه خام ندارد اما نکته‌ای که وجود دارد میزان قدرت رنگی ( $\Delta E$ ) می‌باشد که با کاهش مقدار تابع انعکاس (K/S)، قدرت رنگی افزایش می‌یابد به عبارتی نمونه ۱ دارای بیشترین قدرت رنگی و نمونه‌های ۲ و ۴ دارای قدرت رنگی نزدیک به هم می‌باشد. مقادیر Lab و طول فام و زاویه فام نیز در جدول ۳ آمده است که نشان می‌دهد مقادیر مذکور در نمونه‌های ۱ و ۴ دارای بیشترین مقدار و دارای بیشترین اختلاف رنگی در مقایسه با سایر نمونه‌ها نسبت به نمونه عمل نشده (خام) می‌باشد.

### ۳-۴- نتایج طیف اسپکتروسکوپی جذبی FTIR

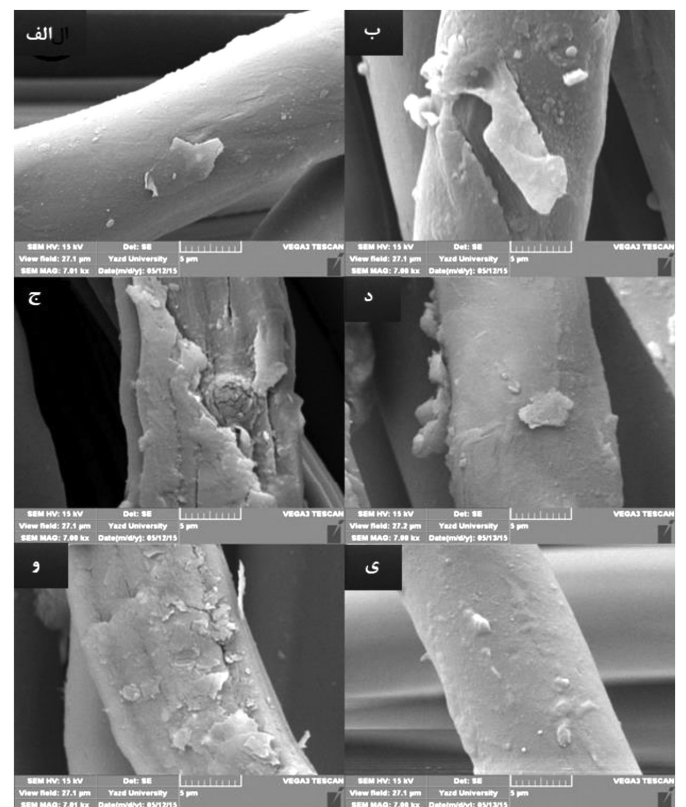
شکل (۹) نمودار طیف FTIR برای نمونه خام و نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۱۱/۱ درصد سود، ۱۵/۶ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و ۴/۵ دقیقه عملیات کرونا (نمونه بهینه) را نشان می‌دهد. طبق نمودار پیک نواحی جذبی ( $\text{cm}^{-1}$ ) ۳۱۰۰ تا ۳۵۰۰ مربوط به NH کششی، ( $\text{cm}^{-1}$ ) ۲۸۰۰-۲۹۰۰ مربوط به آلدئید (ضعیف)، ( $\text{cm}^{-1}$ ) ۲۲۴۰-۲۲۶۰ مربوط به گروه عاملی نیتریل ( $\text{C}\equiv\text{N}$  متوسط)، ( $\text{cm}^{-1}$ ) ۱۱۰۰-۱۰۰۰ مربوط به S=O سولفات (قوی) که در نمونه خام دیده می‌شود، در نمونه



شکل ۸- نمودار مقایسه‌ای مقادیر تابع انعکاس (K/S%) نمونه‌های خام، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰.



شکل ۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی انعکاسی (SEM) نمونه الیاف پلی استر



شکل ۶- تصاویر SEM نمونه الیاف پلی استر تحت عملیات قلیایی و کرونا در شرایط مختلف با بزرگنمایی  $\times 7000$ :

- (الف) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۹/۵ درصد سود، ۲۴/۸ دقیقه و دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و ۱ دقیقه عملیات کرونا.
- (ب) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۴/۸ درصد سود، ۱۱/۹ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و ۱۵ دقیقه عملیات کرونا.
- (ج) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۲۰ درصد سود، ۱۰ دقیقه و دمای ۹۰/۱ درجه سانتیگراد و ۱ دقیقه عملیات کرونا.
- (د) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۴/۸ درصد سود، ۱۵/۹ دقیقه و دمای ۵۱/۶ درجه سانتیگراد و ۷/۸ دقیقه عملیات کرونا.
- (و) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۲۰ درصد سود، ۱۰ دقیقه و دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و ۱۵ دقیقه عملیات کرونا.
- (ی) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۱۱/۱ درصد سود، ۱۵/۶ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و ۴/۵ دقیقه عملیات کرونا.

جدول ۳- مقادیر K/S، R، CIE Lab و CIEch نمونه‌های مورد آزمایش

نمونه	خام	۱	۲	۳	۴	۵	۶
$\lambda_{max}$ (nm)	۴۴۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۴۰
%R	۴۶/۶	۶۵/۷۶	۵۹/۱۳	۵۷/۵۸	۶۳/۲۳	۵۴/۷۸	۴۸/۹۸
K/S	۲/۴	۲	۲/۱	۲	۲/۱	۲/۲	۲/۴
L*	۴۹/۲۷	۵۴/۶۲	۵۳/۱۳	۵۲/۶۴	۵۳/۴۶	۵۱/۳۶	۴۹/۴۵
a*	۲۷/۷۷	۲۸/۳۵	۲۶/۹۸	۲۶/۱۴	۲۷/۸۶	۲۴/۶۶	۲۲/۱۸
b*	۹/۹۶	۱۳/۳۵	۱۲/۸	۱۲/۳۲	۱۳/۱۵	۱۱/۳۸	۱/۳۲
C*	۲۳/۹۴	۳۱/۳۳	۲۹/۸۶	۲۸/۹	۳/۸	۲۷/۱۶	۲۴/۴۷
h°	۲۴/۵۹	۲۵/۲۱	۲۵/۳۸	۲۵/۲۴	۲۵/۲۷	۲۴/۷۸	۲۴/۹۵
$\Delta E$	۰	۹/۱۳	۷/۸	۶	۸/۱۴	۳/۸۳	۵/۷

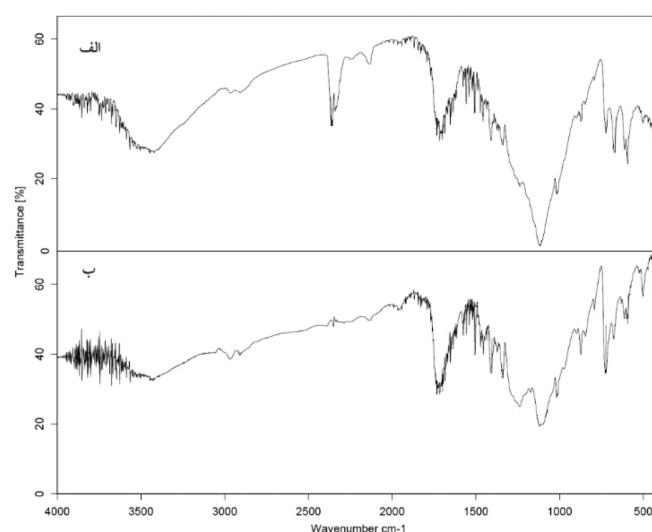
عمل شده (بهینه) کم و تاحدی دیده نمی‌شود که نشان دهنده میزان تخریب سطحی و حذف گروه‌های عاملی مذکور در سطح پارچه بعد از عملیات سطحی کرونا و قلیایی شده است که با نتایج کسب شده قبلی از تصاویر SEM و میزان درصد رمق کشی مطابقت دارد. از طرفی در نواحی جذبی ۱۷۳۰-۱۷۵۰، ۱۴۵۰، ۶۹۰-۹۰۰ و ۷۲۵ که به ترتیب مربوط به گروه‌های عاملی C=O استری، CH خمشی آلکان، آروماتیک خمشی (قوی) و CH خمشی استخلافی می‌باشد در هر دو گراف بدون تغییر باقی مانده است که نشان‌دهنده مقاومت این گروه‌ها نسبت به عملیات کرونا و قلیایی به ترتیب در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

در کنار تعامل متغیرها در ایجاد پاسخ‌های فرایند در نظر گرفت. RSM یک تکنیک آماری قدرتمند برای آزمایش چند متغیر است زیرا تعداد آزمایشات مورد نیاز در مقایسه با روش «یک عامل در یک زمان» کمتر است [۱۳]. همچنین، این یک روش ریاضی کارآمد برای بهینه‌سازی فرآیندهای پیچیده است که قادر به ایجاد یک مدل تجربی برای ارزیابی رابطه بین مجموعه‌ای از عوامل تجربی کنترل شده و نتایج مشاهده شده است. این تکنیک به طور گسترده‌ای در فرآیندهای مختلف شیمیایی، بیوشیمیایی و نانوشیمیایی برای تجزیه و تحلیل اثر متغیرهای مستقل و بهینه‌سازی واکنش‌های فرایند با استفاده از مقادیر مناسب عوامل استفاده می‌شود [۱۴-۱۷]. این مطالعه بر اساس CCD و RSM انجام شده است. در این مدل، تأثیر متغیرهای مستقل از جمله زمان عملیات کرونا و هیدرولیز قلیایی بر روی سطوح پاسخ ارزیابی شد. این ویژگی درصد رمق کشی نمونه‌های پارچه عمل شده را توجیه می‌کند. شرایط مطلوب ویژگی درصد رمق کشی نمونه‌های پارچه با استفاده از نرم افزار De-sign-Expert که به مدت زمان تابش کرونا و هیدرولیز قلیایی بدست آمد و تجزیه و تحلیل واریانس ANOVA [۱۹] برای تجزیه و تحلیل داده‌ها برای به دست آوردن تعامل بین متغیرها و پاسخ‌های مستقل استفاده شد. سپس نتایج به وسیله واریانس برای ارزیابی مقدار جذب رنگ (درصد رمق کشی) تجزیه و تحلیل شد (جدول ۴). همچنین جدول (۴) نشان می‌دهد که مدل حاصله و lack of fit با مقدار F Value به ترتیب برابر با ۲/۶۵ و ۵/۶۴، از لحاظ آماری معنی دار می‌باشد. همچنین هر یک از متغیرهای مداخله‌گر در پژوهش [A (زمان عملیات کرونا)، B (غلظت هیدروکسید سدیم)، C (زمان هیدرولیز قلیایی)، D (دمای هیدرولیز قلیایی)] در مدل آماری حاصله اثر متقابل متغیرهای AC و BD نیز معنی دار می‌باشند. مدل درجه دوم حاصله برای پیش بینی کردن مقادیر درصد رمق کشی با دخالت متغیرهای A, B, C, D به صورت معادله (۳) ارائه گردیده است. که در آن A زمان عملیات کرونا، B غلظت هیدروکسید سدیم، C زمان عملیات قلیایی و D دمای قلیایی کردن می‌باشد.

عمل شده (بهینه) کم و تاحدی دیده نمی‌شود که نشان دهنده میزان تخریب سطحی و حذف گروه‌های عاملی مذکور در سطح پارچه بعد از عملیات سطحی کرونا و قلیایی شده است که با نتایج کسب شده قبلی از تصاویر SEM و میزان درصد رمق کشی مطابقت دارد. از طرفی در نواحی جذبی ۱۷۳۰-۱۷۵۰، ۱۴۵۰، ۶۹۰-۹۰۰ و ۷۲۵ که به ترتیب مربوط به گروه‌های عاملی C=O استری، CH خمشی آلکان، آروماتیک خمشی (قوی) و CH خمشی استخلافی می‌باشد در هر دو گراف بدون تغییر باقی مانده است که نشان‌دهنده مقاومت این گروه‌ها نسبت به عملیات کرونا و قلیایی به ترتیب در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

### ۳-۵- آنالیز طرح مرکب آماری و شرایط بهینه

بر خلاف بهینه‌سازی معمولی، روش‌های بهینه‌سازی آماری را می‌توان



شکل ۹- نمودار طیف FTIR برای الف) نمونه خام، ب) نمونه قلیایی شده تحت شرایط غلظت ۱۱/۱ درصد سود، ۱۵/۶ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و ۴/۵ دقیقه عملیات کرونا (نمونه بهینه).

$$\% \text{ Exhaustion} = + 15.71429 + 2.25992 * A - 0.95479 * B + 4.08425 * C + 0.15245 * D + 0.010365 * A * B - 0.091518 * A * C + 8.00542 * 10^{-3} * A * D - 0.035461 * B * C - 0.027319 * B * D + 0.016215 * C * D - 0.11069 * A^2 + 0.13960 * B^2 - 0.10470 * C^2 - 5.63459 * 10^{-4} * D^2$$

عملیات کرونا در ۳/۹ و دمای هیدرولیز قلیایی ۴۴/۶ درجه بیشترین مقدار درصد رمق کشی را نشان می دهد.

#### ۴- نتیجه گیری

عملیات تکمیلی اصلاح سطحی از طریق کرونا و هیدرولیز قلیایی روش ویژه ای جهت بهبود خواص کاربردی الیاف مصرفی در صنعت نساجی به شمار می رود که این عملیات می تواند سبب بهبود زیردست و افت وزنی پارچه، افزایش سطح مخصوص، کاهش قطر الیاف، افزایش جذب آب و بهبود خصوصیات رنگ پذیری مخلوط الیاف پلی استر/ویسکوز گردد.

طبق جدول (۵) شرایط بهینه مورد نظر جهت کسب بالاترین مقدار رمق کشی (۷۵/۴۵٪) شامل زمان کرونا (۳/۹ دقیقه)، غلظت سود (۲۰٪)، زمان سود (۲۱ دقیقه)، دمای سود (۴۴/۶ درجه سانتی گراد) می باشد. سطوح پاسخ از طریق مدل های آماری بدست آمده (معادله ۳) و رابطه بین هر یک از متغیرهای مستقل و همچنین درصد رمق کشی نمونه پارچه به دست آمد [۲۰]. بنابراین، سطوح پاسخ نمونه ها به ترتیب در شکل های ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.

منحنی سطح رویه (شکل های ۱۱ و ۱۲) نشان می دهد که چنانچه متغیرهای غلظت سود (۲۰٪) و زمان هیدرولیز قلیایی (۲۱ دقیقه) باشد. با تغییر متغیرهای زمان کرونا (دقیقه) و دمای هیدرولیز قلیایی (بر حسب درجه سانتی گراد)، مقادیر درصد رمق کشی معنی دار است. بطوریکه در زمان

جدول ۴- جدول آنالیز واریانس ANOVA نمونه پارچه پلی استر/ویسکوز عمل آوری شده با کرونا و شرایط قلیایی

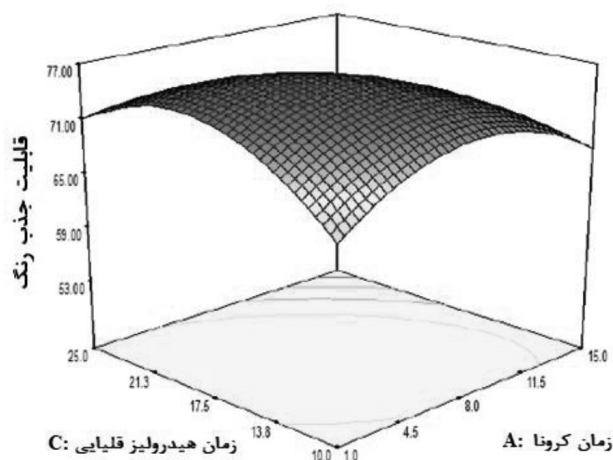
	p-value	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Source
	Probe> F	Value				
<b>Significant</b>	۰/۰۳۲۴	۲/۶۵	۱۳۲/۸۲	۱۴	۱۸۵۹/۵۲	Model
	۰/۰۶۷۷	۳/۸۴	۱۹۲/۶۸	۱	۱۹۲/۶۸	A-Corona Time
	۰/۷۹۰۶	۰/۰۷۳	۳/۶۶	۱	۳/۶۶	B -NaOH Cons
	۰/۰۹۱۹	۳/۲۱	۱۶۱/۲۱	۱	۱۶۱/۲۱	C -NaOH Time
	۰/۱۰۹۹	۲/۸۷	۱۴۳/۷۴	۱	۱۴۳/۷۴	D-NaOH Temp
	۰/۷۴۸۵	۰/۱۱	۵/۳۴	۱	۵/۳۴	AB
<b>Significant</b>	۰/۰۱۷۱	۷/۰۷	۳۵۴/۸۷	۱	۳۵۴/۸۷	AC
	۰/۳۷۳۴	۰/۸۴	۴۲/۰۶	۱	۴۲/۰۶	AD
	۰/۲۶۴۸	۱/۳۴	۶۷	۱	۶۷	BC
<b>Significant</b>	۰/۰۰۳۹	۱۱/۳۹	۵۷۱/۴۸	۱	۵۷۱/۴۸	BD
	۰/۰۶۴۱	۳/۹۶	۱۹۸/۴۹	۱	۱۹۸/۴۹	CD
	۰/۱۸۶۱	۱/۹۱	۹۵/۷۳	۱	۹۵/۷۳	A <sup>2</sup>
	۰/۰۲۶۲	۶	۳۰۰/۷۹	۱	۳۰۰/۷۹	B <sup>2</sup>
	۰/۱۲۵۹	۲/۶۱	۱۳۰/۷۹	۱	۱۳۰/۷۹	C <sup>2</sup>
	۰/۸۸۱۱	۰/۰۲۳	۱/۱۶	۱	۱/۱۶	D <sup>2</sup>
	-	-	۵۰/۱۶	۱۶	۸۰۲/۵۸	Residual
<b>Significant</b>	۰/۰۱۲۳	۵/۶۴	۸۵/۲۱	۸	۶۸۱/۶۸	Lack of Fit
	-	-	۱۵/۱۱	۸	۱۲۰/۹۱	Pure Error
	-	-	-	۳۰	۲۶۶۲/۱۰	Cor Total

جدول ۵- شرایط بهینه جهت کسب بالاترین مقدار رمق کشی

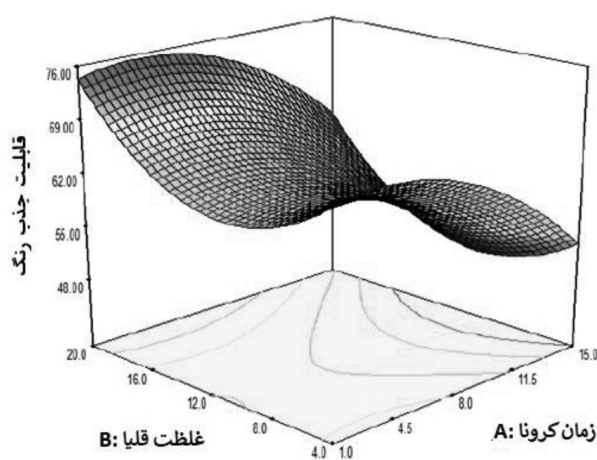
ردیف	زمان کرونا	غلظت NaOH	زمان هیدرولیز قلیایی NaOH	دمای NaOH	رمق کشی (%)	Desirability	
						۱	۲
۱	۳/۹	۲۰	۲۱	۴۴/۶	۷۵/۴۵	۱	Significant
۲	۴/۱	۱۹/۶	۱۷	۴۴/۳	۷۵/۳۴	۱	
۳	۳/۸	۱۹/۹	۲۰/۳	۴۸/۳	۷۵/۳۸	۱	
۴	۶/۶	۶/۳	۲۰/۵	۹۹/۵	۷۹/۲۸	۱	
۵	۳/۸	۴/۲	۲۰/۸	۸۵/۴	۸۱/۲۳	۱	
۶	۸/۳	۴/۱	۱۶/۶	۹۸/۷	۸۱/۰۴	۱	
۷	۷	۵/۹	۱۹/۶	۸۳/۴	۷۵/۳۷	۱	
۸	۶/۲	۲۰	۱۹/۸	۴۲/۱	۷۶/۰۲	۱	
۹	۳/۴	۴/۷	۱۹/۴	۷۶/۷	۷۶/۲۰	۱	
۱۰	۲/۵	۷/۲	۲۰	۹۹/۹	۷۵/۷۳	۱	
۱۱	۸/۸	۱۹/۸	۱۳/۵	۴۰/۷	۷۵/۵۰	۱	
۱۲	۶/۴	۴/۴	۱۷/۵	۸۴	۷۷/۶۱	۱	
۱۳	۲/۴	۴/۹	۱۹/۹	۸۸/۹	۷۸/۷۵	۱	

نمونه‌ها با رنگ دیسپرس قرمز ۵۰ از ثبات شستشویی مطلوبی از نظر تغییر رنگ و عدم لکه گذاری برخوردار بوده‌اند. بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی انعکاسی نشان داد که انجام عملیات کرونا به مدت ۱۵ دقیقه بر روی نمونه‌هایی که تحت فرآیند قلیایی قرار گرفته اند منجر به تخریب سطحی الیاف شده که این پدیده می‌تواند به دلیل

بررسی اثر عملیات کرونا و قلیایی در ثبات نوری نمونه‌های شاهد و نمونه‌هایی که تحت تابش همزمان کرونا و عملیات قلیایی قرار گرفتند عدد ۸ را نشان داده که معرف عدم تغییر ثبات نوری رنگ مصرفی در جریان عملیات فوق است. همچنین مشاهده گردید که انجام پیش عملیات هیدرولیز قلیایی و کرونا در شرایط مختلف جهت رنگرزی



ب

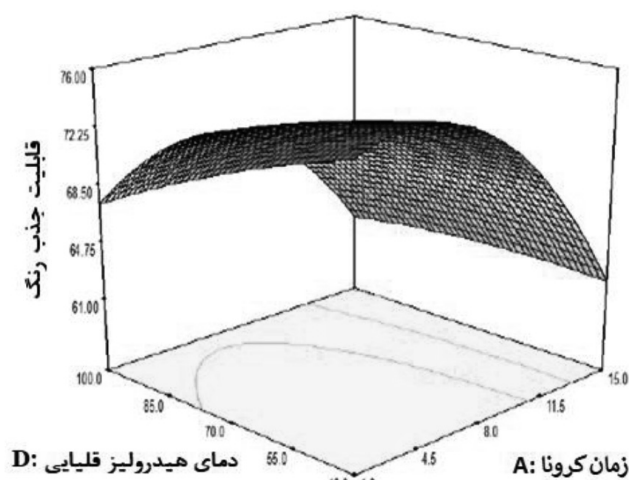


الف

شکل ۱۰- منحنی رویه پاسخ برای الف) مقادیر جذب رنگ براساس متغیرهای زمان کرونا و غلظت سود و ب) مقادیر جذب رنگ براساس متغیرهای زمان کرونا و زمان هیدرولیز قلیایی



ایجاد شیارهای سطحی، منجر به افزایش جذب رنگ گردد. بطوریکه هرچه غلظت محیط قلیایی بیشتر باشد میزان تخریب سطحی زیاد است، این حالت در نمونه عمل آوری شده با غلظت ۲۰ درصد سود به مدت ۱۰ دقیقه، دمای ۹۰ درجه سانتیگراد و زمان ۱ دقیقه عملیات کرونا مشاهده شد. نتایج طرح آماری مرکب مرکزی نیز نشان داد که مدل حاصله و lack of fit با مقدار F Value به ترتیب برابر با ۲/۶۵ و ۵/۶۴، از لحاظ آماری معنی دار می باشد. همچنین هر یک از متغیرهای مداخله گر در این تحقیق [شامل: A (زمان عملیات کرونا)، B (غلظت هیدروکسید سدیم)، C (زمان هیدرولیز قلیایی)، D (دمای هیدرولیز قلیایی)] در مدل آماری حاصله اثر متقابل متغیرهای AC و BD نیز معنی دار بوده و کسب شرایط بهینه مورد نظر جهت کسب بالاترین مقدار رمق کشی (۷۵/۴۵٪) شامل زمان عملیات کرونا (۳/۹ دقیقه)، غلظت سود (۰.۲۰٪)، زمان هیدرولیز قلیایی (۲۱ دقیقه)، دمای هیدرولیز قلیایی (۲۱ درجه سانتیگراد) می باشد.



شکل ۱۱ - منحنی روبه پاسخ برای مقادیر جذب رنگ براساس متغیرهای زمان کرونا و دمای هیدرولیز قلیایی

## ۵- منابع

1. Jafari S, Nourbakhsh S and Parvinzadeh M; Study of Silicon Softener on Some Properties of Corona Discharge Treated Cotton Fabric, *Textile Science and Technology*, Vol. 5, No.1, 29-35, 2015.
2. Radetic M, Ilic V, Vodnik V, Dimitrijevic S, Jovanc ic P, Saponjic Z and Nedeljkovic J; Antibacterial effect of silver nanoparticles deposited on corona-treated polyester and polyamide fabrics, *Polym. Adv. Technol*, No 19, 1816-1821, 2008.
3. Wang X, Cao G, Xu W; Improving the Hydrophilic Properties of Wool Fabrics via Corona Discharge and Hydrogen Peroxide Treatment, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 112, 1959-1966, 2009.
4. Ma P, Wang X, Xu W, Cao G; Application of Corona Discharge on Desizing of Polyvinyl Alcohol on Cotton Fabrics, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 114, 2887-2892, 2009.
5. Mirjalili M, Nasirian S.S and Karimi L; Effects of corona discharge treatment on some properties of wool fabrics, *African Journal of Biotechnology*, Vol.10, No.83, 19436-19443, 2011.
6. Mirjalili M, Karimi L and Barari-tari A; Investigating the effect of corona treatment on self-cleaning property of finished cotton fabric with nano titanium dioxide, *The Journal of The Textile Institute*, 1-8, 2014.
7. Brzeziński S, Połowiński S, Kowalczyk D, Karbownik I, Malinowska G; Effect of Corona Discharge Treatment of Polyester Fabrics on Their Adhesive Properties. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 4 (75), 98-102, 2009.
8. Valipour P, Khajavi R, Belaj S, Nourbakhsh S; Physical and Mechanical properties of corona discharge treated polyester fabric, *International Izmir Textile and Apparel Symposium*, 435-438, 2014.
9. Nourbakhsh.S, Sepehrnia.H, Akbari.E; Novel corona discharge treatment of cotton fabric with Cu and ZnO nanoparticles, *the journal of the textile institute*, Vol 111, 1269-1276, 2019.
10. Gasi F, Petraconi G, Bittencourt E, Lourenço S.R, Castro A.H.R, Miranda F, Mikhailovich A, Nascimento L, Petraconi A, Amorim Fraga M, Pessoa R.S; Plasma Treatment of Polyamide Fabric Surface by Hybrid Corona-Dielectric Barrier Discharge: Material Characterization and Dyeing/Washing Processes, *Materials Research*, Vol 23(1), 2020.
11. Disperse Red 50. [www.worlddyevariety.com](http://www.worlddyevariety.com).
12. Samanta A.K, Awwad N; *Handbook of Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*, September 30th 2020.
13. Montgomery D.C; *Design and analysis of experiments* (6th ed.). New York, NY: Wiley 2004.
14. Qi B, Chen X, Shen F, and Su Y; Optimization of enzymatic hydrolysis of wheat straw pretreated by alkaline peroxide using response surface methodology. *Industrial & Engineering*

- with Reactive Dyes, Asian Journal of Chemistry; Vol. 25, No. 2, 695-700,2013.
19. Tavangarrizi F, Abghari R, Mirjalili M, Amiri H; Application of Response Surface Methodology and FEM in Optimization Fabric Bagging Deformation in Stenter Machine, Textile Science and Technology, Vol. 10, No.30, 71-90, 2020.
  20. Haji A and Arefi N; Application of Response Surface Methodology in Optimization of Dyeing of Wool with Citrus Aurantium Leaves as Natural Dye, journal of apparel and Textile Science and Technology, Vol. 3, No.8, 5-13,2019.
  21. Mghasem A. R and Valipour P; An extensive look in to dimensional properties of cotton plain knitted fabric, Fiber. polym,14,330-337,2013.
  22. Valipour P and Mghasem A. R; Evaluating the interactive effect of temperature and alkali concentration on dye absorption on mercerized cotton plain knitted, Textile Science and Technology, Vol. 4, No.1, 27-34, 2014.
  - Chemistry Research, 48, 7346–7353,2009.
  15. Tatineni R, Doddapaneni K. K, Potumarthi R.C and Mangamoori L. N; Optimization of keratinase production and enzyme activity using response surface methodology with streptomyces sp7. Applied Biochemistry and Biotechnology, No.141, 187–201,2007.
  16. Zhong K and Wang Q; Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from dried longan pulp using response surface methodology. Carbohydrate Polymers, No.80, 10–25,2010.
  17. Nazaria A, Shishehborb A.M and Poorhashemi S.M. Enhanced magnetic and antifungal characteristics on wool with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and BTCA: a facile synthesis and RSM optimization, Journal of The textile Institute, Vol. 107, No. 12, 1617–1631,2016.
  18. Akbarpour. H, Rashidi A, Yazdanshenas M.E and Tayebi, H. Effect of Nitrogen Gas Cold Plasma on Cotton Fabric Dyed

# Optimization of Dyeing Properties of Polyester / Viscose Fabric Using Corona and Alkaline Pre-Treatment by Central Composite Design (CCD) Statistical Method

Elnaz Doshanbehpour<sup>1</sup>, Mohammad Mirjalili<sup>1\*</sup>, Ali Nazari<sup>1</sup>, Hamid Akbarpour<sup>1</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Textile & Polymer Engineering, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

## Abstract

In this study, the effect of Corona and alkaline pre-treatments on dyeing properties and improvement of dye absorption in Polyester/Viscose fabrics with using Red Disperse 50 dye studied the Central Composite Design(CCD) method. And then, first samples were selected to alkaline treated in different conditions of temperature, time and concentration and subsequently Corona treatment with a voltage of  $104 \pm 1$  V and  $20 \pm 3.6$  (A) in different times and ultimately, Disperse dye, in HT temperatures method were dyed. Also, the rate of dye absorption of the samples were analyzed by absorption and reflection spectrophotometry methods. In addition, changes in the surface morphology of the samples were investigated with using Scanning Electron Microscopy (SEM) method and study of functional groups was performed using infrared absorption spectroscopy (FTIR) and optimization of condition obtained from experiments were selected with using CCD method. The results of the experiments showed that the treated samples had suitable light and washing fastness, and due to the simultaneous treatment of alkali and Corona, the surface of the fibers had surface grooves and this pores is suitable for more dye penetration into the fibers, which in SEM confirmed and obtained changes were shown in the FTIR diagram and the creation of new functional groups. At the end of the statistical design, the results showed that the model with F Value equal to 2.65, is statistically significant and the optimal conditions for obtaining the highest amount of Exhaustion (75.45%) was obtained.

## Keywords

Polyester/viscose fabric,  
Alkaline pretreatment,  
Corona discharge,  
Reflecting spectrophotometer,  
Central Composite Design  
(CCD)

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