

## Stabilization of Nanosized TiO<sub>2</sub> Particles on Knitted Cotton/Polyester Fabric by Citric Acid for Self-cleaning and Discoloration of Reactive Black 5 from Waste Water

S. Hashemikia and M. Montazer\*

Textile Engineering Department, Center of Excellence in Textile, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran

Received 21 October 2010, accepted 25 April 2011

### ABSTRACT

Cotton/polyester knitted fabrics as a major production of textile industry was treated with titanium dioxide nanosized particles. The treated fabric with nanosized TiO<sub>2</sub> became whiter with a good self-cleaning property. Also the discoloration of Reactive Black 5 dye was studied and reported. The stabilization of TiO<sub>2</sub> on cotton/polyester knitted fabrics by citric acid (CA) with sodium hypophosphate (SHP) as a catalyst was also investigated. These samples showed a good self-cleaning property through discoloration of C.I. Direct Red 80. In addition, using CA in the presence of SHP, helped to stabilize the TiO<sub>2</sub> nanosized particles on the fabric surface even after 10 washing cycles. The images of scanning electron microscopy and X-Ray mapping, EDX analyses confirmed the presence of TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the fabric surfaces even after 10 washing cycles.

#### Key Words:

nano TiO<sub>2</sub>, cotton/  
polyester, self-cleaning,  
stabilization,  
decolorization

(\*)To whom correspondence should be addressed.

E-mail: [tex5mm@aut.ac.ir](mailto:tex5mm@aut.ac.ir)

# پایدارسازی نانوذرات $TiO_2$ روی پارچه حلقوی پنبه - پلی استر با استفاده از سیتریک اسید به منظور خودپاک کنندگی و رنگ بری از پساب رنگ زای واکنش پذیر سیاه ۵

سمانه هاشمی کیا، مجید منتظر\*

مجله علوم و تکنولوژی پلیمر،  
سال بیست و چهارم، شماره ۱،  
صفحه ۴۲-۳۳، ۱۳۹۰  
ISSN : 1016-3255

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، قطب علمی هویت یابی نوین در نساجی، صندوق پستی ۱۵۸۱۷۵-۴۴۱۳

دریافت: ۸۹۷/۲۹، پذیرش: ۹۰/۲/۵

## چکیده

در این پژوهش، پارچه حلقوی پنبه - پلی استر به عنوان یکی از محصولات نساجی که به مقدار زیاد تولید می شود با نانوذرات تیتانیم دی اکسید عمل آوری شده است. سفیدتر بودن کالای عمل آوری شده با نانوذرات تیتانیم دی اکسید نسبت به پارچه عمل آوری نشده و خاصیت خودپاک کنندگی آن قابل توجه بوده است. افزون بر این، امکان رنگ بری رنگ زای واکنش پذیر سیاه ۵ با این پارچه نیز بررسی و گزارش شده است. همچنین، پایداری نانوذرات تیتانیم دی اکسید روی پارچه حلقوی پنبه - پلی استر به کمک سیتریک اسید به همراه سدیم هیپوفسفیت به عنوان کاتالیزور بررسی شده است. این نمونه ها خواص خودپاک کنندگی مناسبی در آزمون لکه بری رنگ زای مستقیم ۸۰ نشان داده اند. استفاده از سیتریک اسید در مجاورت سدیم هیپوفسفیت سبب پایداری نانوذرات تیتانیم دی اکسید پس از ۱۰ مرتبه شست و شو شده است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی و تصاویر به دست آمده از پراش پرتو X وجود نانوذرات تیتانیم دی اکسید را روی پارچه عمل آوری شده حتی پس از ۱۰ مرتبه شست و شو تأیید کرده است. نمونه های عمل آوری شده با نانوذرات تیتانیم دی اکسید سبب رنگ بری از پساب رنگ زای واکنش پذیر سیاه ۵ نیز شده است.

## واژه های کلیدی

نانوتیتانیم دی اکسید،  
پنبه - پلی استر،  
خودپاک کنندگی،  
پایدارسازی، بی رنگ کردن

\* مسئول مکاتبات، پیام نگار:

## مقدمه

یکی از خواص تیتانیم دی اکسید، خاصیت نورکاتالیزوری آن است [۱]. خاصیت نورکاتالیزوری تیتانیم دی اکسید، اولین بار در سال ۱۹۷۲ توسط Fujishima کشف شد [۲]. از دیگر ویژگی های TiO<sub>2</sub> خاصیت آب دوستی آن است [۳]. TiO<sub>2</sub> معمولاً با فرایندهایی مانند آب کافت، هیدروترمال، الکتروفورز، سل - ژل و سل - ژل در دمای کم تولید می شود [۴-۷]. با توجه به ویژگی های منحصر به فرد ذرات TiO<sub>2</sub> در زمینه خاصیت نورکاتالیزوری، این ذرات به منظور تصفیه پساب های رنگی و ایجاد خواص خودپاک کنندگی روی منسوجات به کار می روند [۸،۹]. از مزایای استفاده از این پارچه ها، خودپاک کنندگی جزیی یا کلی لکه هاست که منجر به صرفه جویی در هزینه تمیز کردن می شود.

لایه گذاری TiO<sub>2</sub> روی مواد با مقاومت گرمایی کم، مثل پنبه، فرایندی عملی است که منجر به ایجاد خواص خودپاک کنندگی و ضد میکروبی می شود [۱۱،۱۲]. هم چنین، به دلیل خاصیت جذب پرتو UV ذرات TiO<sub>2</sub>، از این ذرات به منظور افزایش پایداری و جلوگیری از زرد شدن و تخریب منسوجات در برابر UV استفاده شده است [۱۳،۱۴].

به منظور افزایش پایداری نانو ذرات از روش های متفاوت روی الیاف مختلف استفاده شده است که از جمله آن استفاده از پلی کربوکسیلیک اسیدها را می توان نام برد [۲۸-۱۵]. از آن جا که پنبه پلی ساکاریدی با چند پیوند استری به پنبه متصل می شوند، گروه دوم کربوکسیلیک را می توان به وسیله واکنش الکتروستاتیک به TiO<sub>2</sub> متصل کرد [۳۱-۲۹]. گزارش های زیادی در زمینه به کارگیری نانوذرات تیتانیم دی اکسید منتشر شده است، اما گزارشی درباره به کارگیری این نانوذرات روی پارچه مخلوط پنبه - پلی استر حلقوی مشاهده نشده است. تاکنون، پایدارسازی این نانوذرات روی پارچه مخلوط پنبه - پلی استر با سیتریک اسید نیز گزارش نشده است. هم چنین، استفاده از کالای نساجی برای قراردادی نانوذرات روی آنها به منظور رنگ بری پساب رنگی برای اولین بار در پژوهش حاضر گزارش شده است.

در این پژوهش، پارچه های پنبه - پلی استر با سیتریک اسید (CA)، نانوذرات TiO<sub>2</sub> و سدیم هیپوفسیت (SHP) در دمای ۳۰-۴۰°C در حمام فراصوت به مدت ۳۰ min عمل آوری شده و پس از خشک شدن در دمای ۱۵۰°C به مدت ۴ min پخت شده اند. هدف از این پژوهش، بررسی خواص ایجاد شده روی پارچه پنبه - پلی استر در اثر عمل آوری با نانوذرات TiO<sub>2</sub> در مجاورت CA به منظور افزایش پایداری ذرات TiO<sub>2</sub> است.

## تجربی

## مواد و دستگاه ها

در این پژوهش از پارچه پنبه - پلی استر (۶۵٪-۳۵) حلقوی شست و شو شده با وزن ۱۹۵g/m<sup>۲</sup> استفاده شده است. CA و SHP از شرکت Merck و نانوذرات TiO<sub>2</sub> (Degussa P-25) از شرکت Evonic تهیه شدند. رنگ زای مستقیم قرمز ۸۰ (DR80) و واکنش پذیر سیاه ۵ (RB5) محصول شرکت Ciba کشور سوئیس به ترتیب به منظور لکه گذاری نمونه ها و تهیه محلول رنگ بری استفاده شدند. برای شست و شو از شوینده آنیونی Ultravon GP استفاده شده است. حمام فراصوت با قدرت ۸۰۰W برای پراکنش نانوذرات TiO<sub>2</sub>، لامپ UV-A ۴۰۰ W مدل G8T5 به منظور پرتو دهی UV و میکروسکوپ الکترونی پویشی Philips (SEM) ساخت آلمان و Seron Thechnology مدل AIS-2100 ساخت کره برای مشاهده وجود نانوذرات روی نمونه ها به کار گرفته شد. سفیدی نمونه ها با استفاده از طیف نورسنج Eye 7000A Color ساخت آمریکا و جذب محلول های رنگ بری شده در طول موج بیشینه به وسیله طیف نورسنج UV-Vis انتقالی Cary 100، ساخت استرالیا اندازه گیری شده است.

## روش ها

ابتدا نمونه های پنبه - پلی استر با ۱g/L شوینده آنیونی، در ۸۰°C به مدت ۳۰ min شسته و پس از آبکشی در دمای ۱۰۰°C خشک شدند. حمام های حاوی مقادیر مختلف ترکیبات شامل TiO<sub>2</sub> (v/v)٪، CA (g/L) و SHP ۶۰٪ مقدار CA، تهیه شدند (۱:۳۰ L:G). ترکیب درصد حمام ها در **جدول ۱** آمده است. پس از انجام عمل آوری، نمونه ها به مدت ۵ min در حمام فراصوت قرار گرفتند تا ذرات TiO<sub>2</sub> پیوند نیافته از سطح منسوج

جدول ۱ - ترکیب درصد حمام های عمل آوری برای نمونه های مختلف با مقادیر متفاوت TiO<sub>2</sub>، CA و SHP.

SH	CA	TiO <sub>2</sub> (%)	نمونه	SH	CA	TiO <sub>2</sub> (%)	نمونه
(g/L)	(g/L)			(g/L)	(g/L)		
۰/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۵۰	۵	-	-	-	شاهد
۰/۰۰	۳۰/۰۰	۰/۵۰	۶	۰/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۰۰	۱
۶/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۵۰	۷	۱۲/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۰۰	۲
۱۲/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۵۰	۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۳
۱۸/۰۰	۳۰/۰۰	۰/۵۰	۹	۰/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۵۰	۴

شدند. این شست و شو ۵ و ۱۰ مرتبه تکرار شد تا اثر شست و شوهای مکرر روی ثبات  $TiO_2$  بررسی شود. پس از هر چرخه شست و شو نمونه ها با رنگ زای DR80 لکه گذاری شده و زیر تابش نور UV به مدت ۳۰ min قرار گرفتند. به منظور رنگ بری از پساب به وسیله نمونه ها، ۰/۵ g از پارچه عمل آوری شده، داخل محلول رنگ زای RB5 با غلظت ۲۰ ppm و L:G برابر با ۱:۶۰ قرار داده شد. ابتدا به منظور ایجاد تعادل در جذب رنگ به نمونه، محلول حاوی پارچه به مدت ۳۰ min در تاریکی قرار گرفت. سپس، محلول به همراه نمونه به مدت ۱۲۰ min زیر لامپ UV (۴۰۰ W) با طول موج ۳۲۰-۳۸۰ nm نوردهی شد.

### نتایج و بحث

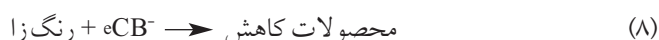
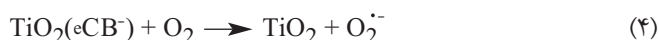
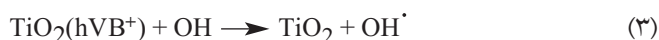
مطابق جدول ۲ مشاهده می شود، نمونه های حاوی  $TiO_2$ ، نسبت به نمونه خام سفیدتر شده اند. بیشتر بودن سفیدی نمونه های عمل آوری شده با نانو ذرات  $TiO_2$ ، به دلیل وجود نانو ذرات  $TiO_2$  روی سطح پارچه عمل آوری شده در نظر گرفته می شود [۳]. همان طور که مشاهده می شود، نمونه هایی که بدون  $TiO_2$  در مجاورت CA و SHP عمل آوری شده اند، نسبت به نمونه خام از سفیدی کمتری برخوردارند.

جدول ۲ - نتایج شاخص سفیدی نمونه های عمل آوری شده و فاصله رنگی نمونه های لکه گذاری شده با رنگ زای DR80 پیش و پس از ۳۰ min پرتو دهی فرابنفش بدون شست و شو و پس از شست و شوهای متفاوت و مقدار جذب محلول رنگ زای RB5 در طول موج بیشینه پس از ۱۲۰ min پرتو دهی فرابنفش در نمونه های مختلف.

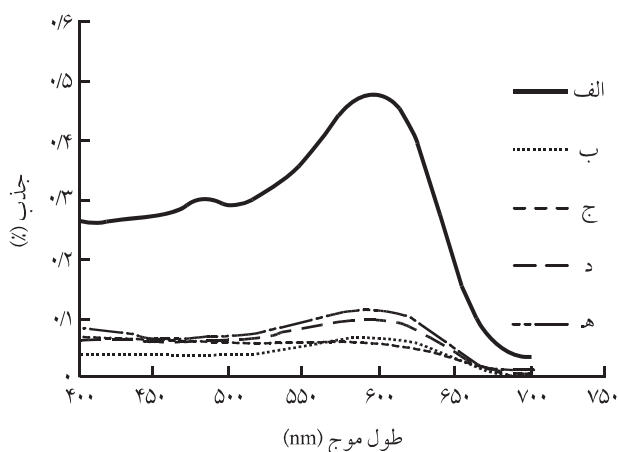
جذب در طول موج ۶۰۰ nm	D <sub>10</sub>		D <sub>5</sub>		D <sub>0</sub>		شاخص سفیدی (Berger)		نمونه
	SD	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	
۰/۴۶۳	۰/۲	۴/۲۳	۰/۳	۳/۸۴	۰/۲	۴/۸۵	۰/۲۳	۸۲/۳۴	شاهد
۰/۴۱۱	۰/۴	۷/۰۱	۰/۶	۱۲/۰۱	۰/۵	۱۷/۵۶	۰/۳۰	۸۰/۸۶	۱
۰/۴۲۴	۰/۵	۷/۱۲	۰/۵	۱۰/۰	۰/۴	۱۷/۷۹	۰/۲۲	۷۹/۰۱	۲
۰/۱۱۱	۰/۹	۲۸/۱۹	۰/۷	۳۴/۱۵	۷/۰	۴۲/۵۱	۰/۲۱	۸۸/۳۳	۳
۰/۰۷	۰/۸	۳۳/۲۷	۷/۱	۴۲/۴۵	۷/۱	۴۷/۶۰	۰/۲۴	۸۷/۷۶	۴
۰/۰۵	۷/۰	۳۰/۳۳	۷/۰	۴۰/۸۹	۰/۹	۳۷/۸۲	۰/۲۰	۸۸/۲۱	۵
۰/۰۳۳	۷/۲	۳۵/۹۲	۷/۲	۳۸/۷۴	۰/۸	۳۷/۵۴	۰/۲۳	۸۹/۴۸	۶
۰/۱۵۷	۷/۰	۳۷/۰۱	۷/۰	۴۷/۴۵	۰/۹	۳۹/۲۷	۰/۲۱	۸۸/۵۰	۷
۰/۰۹۸	۷/۲	۳۶/۱۰	۰/۹	۴۲/۷۳	۰/۸	۳۹/۶۳	۰/۲۰	۸۷/۱۰	۸
۰/۰۸۹	۷/۱	۴۰/۱۰	۰/۹	۴۷/۴۶	۷/۰	۴۶/۸۹	۰/۲۲	۸۵/۹۷	۹

Da: فاصله رنگی نمونه لکه گذاری شده پیش و پس از پرتو دهی UV، پس از a بار شست و شو.

امواج فرابنفش با انرژی بیشتر از اختلاف انرژی دو تراز، انواع رادیکال‌های مختلف را از اکسیژن و بخار آب تولید می‌کنند. این رادیکال‌های تولید شده بسیار پرانرژی و واکنش پذیر هستند و منجر به تجزیه مواد آلی نظیر رنگ‌زها می‌شوند. افزون بر این، حفره‌ها و الکترون‌ها می‌توانند به طور مستقیم با مواد آلی مطابق واکنش‌های (۷) و (۸) واکنش دهند [۸]:



در جدول ۲، نتایج اندازه‌گیری فاصله رنگی آمده است. نتایج این جدول

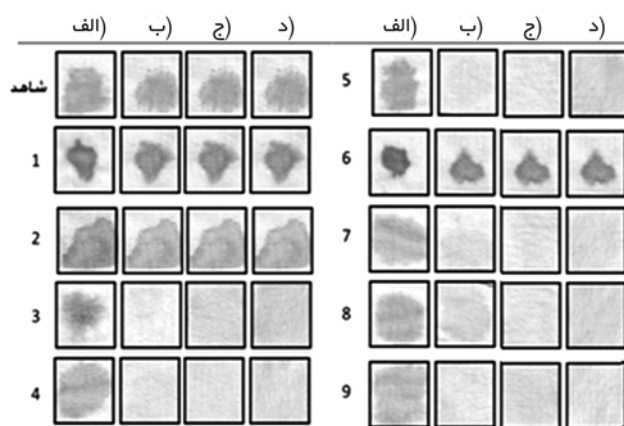


شکل ۲ - طیف جذبی محلول ۲۰ ppm رنگ‌زای RB5 رنگ‌بری شده با نمونه ۹: (الف) پیش از پرتودهی، (ب) پس از رنگ‌بری با پرتودهی به مدت ۱۲۰ min با پرتو فرابنفش و پس از: (ج) یک بار، (د) دوبار و (ه) سه بار رنگ‌بری مجدد نمونه ب.

گزارش شده است، CA و SHP موجب زردی نمونه می‌شوند. زردی ناشی از CA و SHP به دلیل ایجاد پلی‌کربوکسیلیک اسیدهای سیرنشده روی نمونه است [۲۹]. کاهش سفیدی در نمونه‌های حاوی نانوذرات TiO<sub>2</sub> به همراه CA و SHP نسبت به نمونه خام دیده نمی‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، پس از پرتودهی UV در اثر فعالیت نورکاتالیزوی نانوذرات TiO<sub>2</sub> در لکه رنگی کم‌رنگی ایجاد شده و خاصیت خودپاک‌کنندگی در نمونه به وجود آمده است. واکنش‌های انجام شده پس از پرتودهی UV که موجب تخریب و بی‌رنگ شدن رنگ‌زاشده‌اند، شامل واکنش‌های (۱) تا (۸) هستند [۳۲، ۳۳]:



واکنش (۱)، تهییج نانوذرات TiO<sub>2</sub> را در اثر تابش پرتو فرابنفش نشان می‌دهد. برای این که فعالیت نورکاتالیزوی انجام شود، نیمه رسانا نیاز به جذب انرژی برابر یا بیشتر از انرژی اختلاف انرژی دو تراز دارد که سبب انتقال الکترون از تراز ظرفیت به تراز رسانا شده و یک حفره (eCB<sup>-</sup>) به جا می‌گذارد. با جابه‌جایی الکترون‌ها، الکترون بار منفی (hVB<sup>+</sup>) و حفره با بار مثبت تولید می‌شود [۸]. مطابق واکنش‌های (۲) و (۳) حفره‌های تولید شده طی واکنش اکسایش، با آب و OH<sup>·</sup> واکنش داده و رادیکال‌های فعالی نظیر H<sup>+</sup>، OH<sup>·</sup> و O<sub>2</sub><sup>·-</sup> تولید می‌کنند. الکترون‌ها نیز طی واکنش کاهش (واکنش ۴) با اکسیژن مولکولی واکنش داده و رادیکال‌های آنیون سوپراکسید تولید می‌کنند. این رادیکال تولید شده می‌تواند مطابق واکنش (۵) با H<sup>+</sup> واکنش دهد. TiO<sub>2</sub> در پرتودهی با



شکل ۱ - نمونه لکه‌گذاری شده با رنگ‌زای DR80: (الف) پیش از پرتودهی با UV، (ب) پس از ۳۰ min پرتودهی، (ج) پس از ۵ مرتبه شست و شو و ۳۰ min پرتودهی و (د) پس از ۱۰ مرتبه شست و شو و ۳۰ min پرتودهی.

خودپاک کنندگی نمونه های شسته شده، به وسیله فواصل رنگی در فضای RGB در شکل ۱ و جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج آزمون ثبات شست و شویی نشان می دهد، پس از ۵ و ۱۰ مرتبه شست و شو خاصیت خودپاک کنندگی به ویژه برای نمونه هایی که با CA و SHP عمل آوری شده اند، تا حدودی حفظ شده است. با توجه به نتایج جدول ۲، با افزایش مقدار CA ثبات شست و شویی نمونه ها افزایش یافته است. به ویژه نمونه هایی که به همراه SHP هستند، ثبات شست و شویی بیشتری نسبت به نمونه های بدون SHP دارند. چراکه SHP شبکه ای شدن CA و پنبه را آسان می کند. در نتیجه، موجب افزایش حبس نانوذررات TiO<sub>2</sub> می شود و به افزایش ثبات شست و شویی کمک می کند [۲۰، ۲۱]. از آن جا که بدون وجود SHP واکنش شیمیایی بین نمونه و CA به مقدار کافی برقرار نمی شود، در نتیجه در اثر شست و شو CA و TiO<sub>2</sub> متصل به آن از سطح نمونه جدا می شود. بنابراین، ثبات خاصیت خودپاک کنندگی در مجاورت SHP بیشتر است. واکنش (۹)، افزایش TiO<sub>2</sub> به سلولوز شبکه ای شده با CA را نشان می دهد:



نتایج جدول ۲ نشان می دهد، وجود ذرات نانوذررات TiO<sub>2</sub> روی پارچه، موجب تخریب نوری رنگ زا و در نتیجه تصفیه پساب رنگی شده است. مشاهده می شود، با افزایش CA در نمونه هایی که حاوی نانوذررات TiO<sub>2</sub> هستند، مقدار جذب محلول رنگ زا کاهش یافته است که این امر را می توان به افزایش جذب نانوذررات در مجاورت CA نسبت داد [۲۵]. اما، زمانی که افزون بر CA، SHP نیز به حمام اضافه شود کاهش مقدار

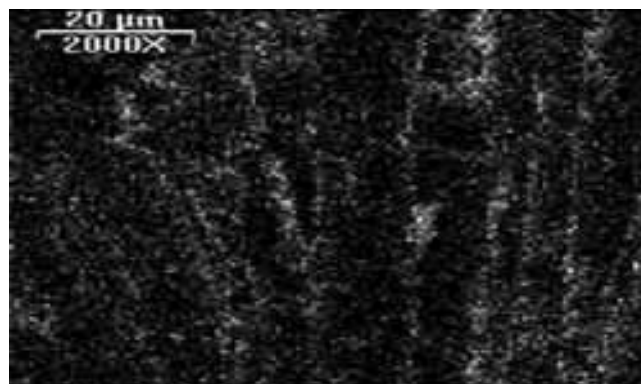
جدول ۳ - نتایج آزمون EDAX نمونه شاهد و نمونه های ۳ و ۹ پیش و پس از ۱۰ مرتبه شست و شو.

Au(%wt)	Ti (%wt)	نمونه
۰	۰	شاهد
۷۶/۸۸	۲۳/۱۲	۳
۸۹/۵۰	۱۰/۵۰	*۳
۷۱/۳۴	۲۸/۶۶	۹
۸۱/۹۷	۱۸/۰۳	*۹

\*پس از ۱۰ مرتبه شست و شو.



(الف)



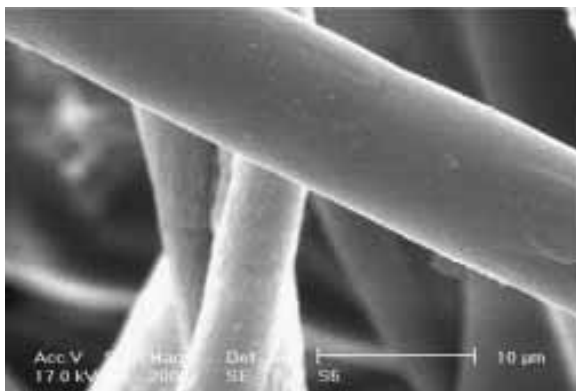
(ب)



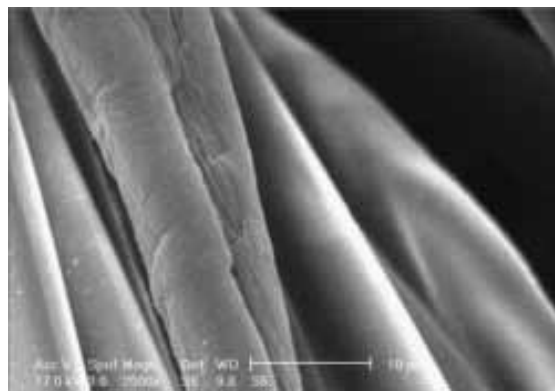
(ج)

شکل ۳ - تصاویر نقشه X-ray: (الف) نمونه شاهد و نمونه ۹، (ب) پیش از شست و شو و (ج) پس از ۱۰ مرتبه شست و شو.

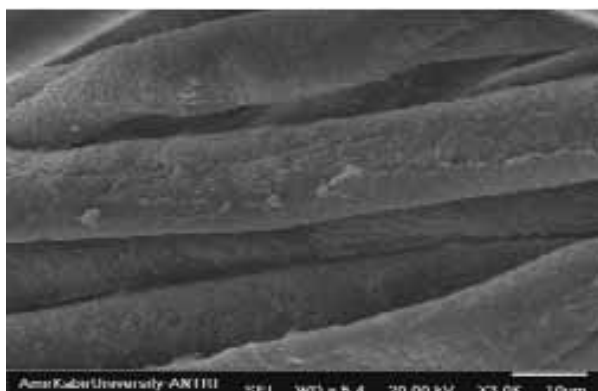
نشان می دهد، TiO<sub>2</sub> روی پارچه حلقوی مخلوط پنبه - پلی استر اثر خودپاک کنندگی خوبی ایجاد کرده است. البته دیده می شود، نمونه های بدون TiO<sub>2</sub> نیز تا حدودی سبب کم رنگ شدن لکه رنگی شده اند که در نتیجه تخریب نوری رنگ زا در اثر پرتو دهی UV بوده است. نتایج آزمون ثبات شست و شویی ذرات TiO<sub>2</sub> قرار گرفته روی کالا با بررسی



(ب)



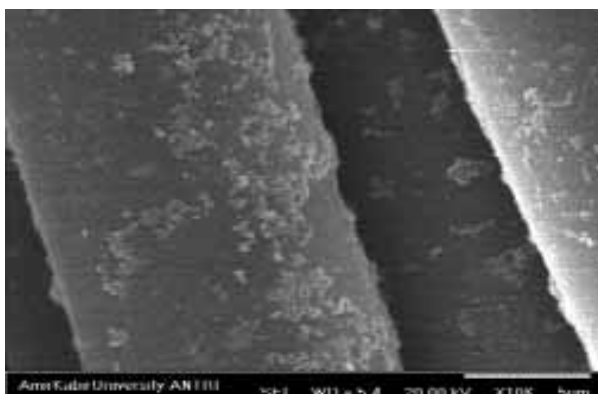
(الف)



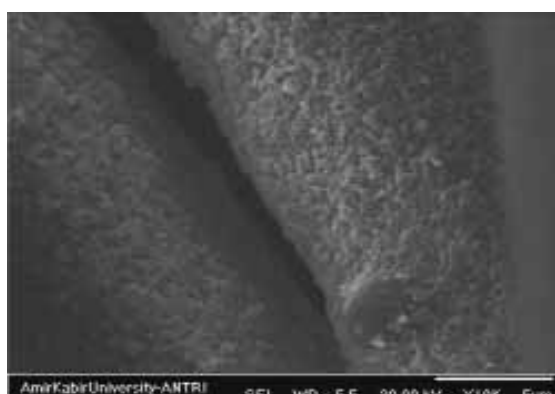
(د)



(ج)



(و)



(ه)

شکل ۴- تصویر SEM سطح الیاف پارچه پنبه - پلی استر: (الف و ب) پیش از عمل آوری، (ج) نمونه ۹، (د) نمونه ۹ پس از ۱۰ مرتبه شست و شو، (ه) نمونه ۳ و (و) نمونه ۳ پس از ۱۰ مرتبه شست و شو.

منظور بررسی امکان استفاده از یک نمونه برای رنگ‌بری محلول‌های رنگی پی‌درپی نمونه ۹ که به مدت ۱۲۰ min داخل محلول رنگ‌زا در معرض پرتودهی قرار گرفته است، برای رنگ‌بری ۳ محلول پی‌درپی دیگر با همان شرایط استفاده شده است. شکل ۲ طیف جذبی محلول‌های رنگ‌بری شده با این نمونه، پیش و پس از ۱۲۰ min

حداکثر جذب کمتر است. این امر می‌تواند به دلیل ایجاد بار منفی روی کالا به واسطه وجود CA و SHP باشد. از آن جا که مولکول رنگ‌زای استفاده شده دارای گروه‌های منفی است، در نتیجه جذب رنگ‌زا به سطح کالا به عنوان مهم‌ترین مرحله تخریب، کاهش یافته و مقدار رنگ‌بری پس از زمان مشخص ۲h پرتودهی UV کاهش یافته است. به

CA در مجاورت SHP به برداشت نانوذررات  $TiO_2$  از محلول کمک می کند. با مقایسه تصاویر شکل ۴-د و ۴-ه و مشاهده می شود، در نمونه ۹ حتی پس از ۱۰ مرتبه شست و شو هنوز مقدار زیادی نانوذررات  $TiO_2$ ، به ویژه روی الیاف پنبه، باقی مانده است. در حالی که در نمونه ۳، که بدون CA عمل آوری شده است، پس از شست و شو مقدار نانوذررات  $TiO_2$  روی سطح الیاف بسیار کاهش می یابد. هم چنین، تصاویر مزبور مؤید نتایج حاصل از خودپاک کنندگی پس از شست و شو است. این امر می تواند به دلیل شبکه ای شدن نمونه در مجاورت CA و SHP در حمام عمل آوری باشد که سبب افزایش پایداری نانوذررات  $TiO_2$  روی سطح الیاف پنبه ای شده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت، وجود CA و SHP کمک قابل توجهی به افزایش مقدار و پایداری نانوذررات  $TiO_2$ ، به ویژه روی سطح الیاف پنبه، کرده است [۲۴-۲۰].

### نتیجه گیری

با عمل آوری پارچه حلقوی پنبه - پلی استر به وسیله نانوذررات تیتانیم دی اکسید مشخص شد، سفیدی نمونه های عمل آوری شده، نسبت به نمونه خام بیشتر شده که ناشی از وجود نانوذررات  $TiO_2$  روی سطح پارچه عمل آوری شده است. ذرات  $TiO_2$  روی پارچه مخلوط پنبه - پلی استر اثر خودپاک کنندگی خوبی ایجاد کرده اند. هم چنین، ویژگی خودپاک کنندگی پس از ۵ و ۱۰ مرتبه شست و شو برای نمونه های عمل آوری شده با CA و SHP به خوبی حفظ شده است. تصاویر SEM نمونه ۱۰ مرتبه شسته شده نشان می دهد، مقدار نانوذررات  $TiO_2$  روی سطح الیاف تا حدی کاهش یافته، اما هنوز به مقدار قابل توجهی از ذرات روی سطح الیاف باقی مانده اند. وجود CA به همراه SHP با ایجاد پیوند عرضی در نمونه به افزایش پایداری نانوذررات  $TiO_2$  کمک کرده است. هم چنین، پارچه حلقوی مخلوط پنبه - پلی استر عمل آوری شده با  $TiO_2$  و CA می تواند برای رنگ بری پساب رنگی برای چند مرتبه استفاده شود.

### مراجع

1. Fujishima A. and Zhang X., Titanium Dioxide Photocatalysis: Present Situation and Future Approach, *Compt. Rend. Chim.*, **9**, 750-760, 2006.
2. Zhang Q., Gao L., and Guo J., Effect of Hydrolysis Conditions on Morphology and Crystallization of Nanosized  $TiO_2$  Powder, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **20**, 2153-2158, 2000.
3. Zukerman R., *Photocatalytic Properties of Nanocrystalline Titania*, MSc Thesis, University of the Negev, 2003.
4. Xie H., Zhang Q., Xi T., Wang J., and Liu Y., Thermal Analysis on Nanosized  $TiO_2$  Prepared by Hydrolysis, *Thermochim. Acta*, **381**, 45-48, 2002.
5. Samuneva B., Kozhukharov V., Trapalis C., and Kranold R., Sol-

پرتو دهی را نشان می دهد. مشاهده می شود، حداقل تا ۴ مرتبه می توان از یک نمونه به منظور رنگ بری از پساب رنگی استفاده کرد. این موضوع نشان دهنده پایداری نانوذررات  $TiO_2$  روی پارچه پنبه - پلی استر و پایداری کارایی نورکاتالیزوی آنهاست [۳۱].

به منظور نشان دادن نحوه توزیع نانوذررات تیتانیم دی اکسید روی سطح الیاف به کمک دستگاه WDX تصویر نقشه عنصر تیتانیم (Ti) به کمک X-ray گرفته شد (شکل ۳). تصاویر به دست آمده نبود  $TiO_2$  روی سطح نمونه شاهد را نشان می دهد (شکل ۳-الف). تصویر نقشه X-ray نمونه ۹، توزیع یکنواخت و متراکم نانوذررات  $TiO_2$  را روی سطح الیاف نشان می دهد. تصویر نقشه X-ray نمونه ۱۰ مرتبه شسته شده نشان می دهد، مقدار  $TiO_2$  روی سطح الیاف تا حدی کاهش یافته است، اما هنوز به مقدار قابل توجهی روی سطح الیاف باقی مانده اند.

نتایج آزمون EDAX نمونه شاهد و نمونه های ۳ و ۹ پیش و پس از ۱۰ مرتبه شست و شو در جدول ۳ نشان داده شده اند. با بررسی درصد وزنی عناصر شناسایی شده مشخص شد، افزودن CA به حمام فراصوت سبب افزایش جذب ذرات  $TiO_2$  می شود. درصد های عناصر پیش و پس از شست و شو نشان می دهد، نمونه ۹ با وجود CA و SHP پایداری شست و شویی بیشتری نسبت به نمونه ۳ بدون CA دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت، وجود CA و SHP نه تنها به افزایش جذب نانوذررات  $TiO_2$  کمک می کند، بلکه موجب افزایش پایداری نانوذررات  $TiO_2$  روی منسوج پنبه - پلی استر نیز شده است.

شکل ۴-الف و ب تصاویر SEM سطح الیاف موجود در پارچه پنبه - پلی استر را پیش از عمل آوری نشان می دهد. تصاویر پارچه خام، نبود هر نوع ترکیب یا آلودگی روی سطح الیاف پنبه و پلی استر را پیش از عمل آوری تأیید می کند. تصویر SEM نمونه ۹ (شکل ۴-ج) نشان می دهد، سطح الیاف به خوبی با نانوذررات  $TiO_2$  پوشانده شده است. در تصویر SEM نمونه ۳ (شکل ۴-د) نیز مشاهده می شود، سطح الیاف با نانوذررات پوشانده شده است. ولی همان طور که تصویر ۴-ه نشان می دهد، وجود نانوذررات  $TiO_2$  در نمونه ۳ کمتر از نمونه ۹ است که با CA و SHP عمل آوری شده است. زیرا همان طور که قبلاً اشاره شد،



- Gel Processing of Titanium-containing Thin Coatings - Part I: Preparation and Structure, *Mater. Sci.*, **28**, 2353-2360, 1993.
6. Djaoued Y., Badilescu S., and Ashrit P.V., Low Temperature Sol-Gel Preparation of Nanocrystalline  $\text{TiO}_2$  Thin Films, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, **24**, 247-254, 2002.
  7. Kathirvelu S., Louis D'Souza D., and Dhurai B., A Comparative Study of Multifunctional Finishing of Cotton and P/C Blended Fabrics Treated with Titanium Dioxide/Zinc Oxide Nanoparticles, *Ind. J. Sci. Technol.*, **1**, 1-12, 2008.
  8. Akpan U.G. and Hameed B.H., Parameters Affecting the Photocatalytic Degradation of Dyes Using  $\text{TiO}_2$ -based Photocatalysts: A Review, *J. Hazard. Mater.*, **170**, 520-529, 2009.
  9. Uddin M.J., Cesano F., and Bonino F., Photoactive  $\text{TiO}_2$  Film on Cellulose Fibers: Synthesis and Characterization, *J. Photochem. Photobiol. A.*, **189**, 286-294, 2007.
  10. Dastjerdi R. and Montazer M., A Review on the Application of Inorganic Nano-structured Materials in the Modification of Textiles: Focus on Anti-microbial Properties, *Colloid. Surf. B*, **79**, 5-18, 2010.
  11. Li H., Deng H., and Zhao J., Performance Research of Polyester Fabric Treated by Nano Titanium Dioxide, Anti-ultraviolet, *Finish. Chem.*, **1**, 57-62, 2009.
  12. Montazer M. and Pakdel E., Reducing Photoyellowing of Wool Using Nano  $\text{TiO}_2$ , *J. Photochem. Photobiol. A.*, **86**, 255-260, 2010.
  13. Meilert K.T., Laub D., and Kiwi J., Photocatalytic Self-cleaning of Modified Cotton Textile by  $\text{TiO}_2$  Clusters Attached by Chemical Spacer, *J. Molecul. Catal. A: Chem.*, **237**, 101-108, 2005.
  14. Ledakowicz J., Lewartowska J., Kudzin M., Leonowicz M., Jesionowski T., Stefanska K., and Krysztafkiewicz A., Functionalization of Textile Materials by Alkoxysilane-Grafted Titanium Dioxide, *J. Mater. Sci.*, **44**, 3852-3860, 2009.
  15. Dastjerdi R., Montazer M., and Shahsavan S., A Novel Technique for Producing Durable Multifunctional Textiles Using Nanocomposite Coating, *Colloid. Surf. B*, **81**, 32-41, 2010.
  16. Mihailovic D., Saponjie Z., Radoicic M., Radetie T., Jovancie P., Nedeljkovic J., and Radetie M., Functionalization of Polyester Fabrics with Alginates and  $\text{TiO}_2$  Nanoparticles, *Carbohydr. Polym.*, **79**, 526-532, 2010.
  17. Da Silva M.A., Bierhalz A.C.K., and Kieckbusch T.G., Alginate and Pectin Composite Films Crosslinked with  $\text{Ca}^{2+}$  Ions: Effect of the Plasticizer Concentration, *Carbohydr. Polym.*, **77**, 736-742, 2009.
  18. Sunada K., Watanabe T., and Hashimoto K., Studies on Photokilling of Bacteria on  $\text{TiO}_2$  Thin Film, *J. Photochem. Photobiol. A.*, **156**, 227-223, 2003.
  19. Tatsuma T., Tachibana S., Miwa T., Tryk D.A., and Fujishima A., Remote Bleaching of Methylene Blue by UV-Irradiated  $\text{TiO}_2$  in the Gas Phase, *J. Phys. Chem. B.*, **103**, 8033-8035, 1999.
  20. Nazari A., Montazer M., Rashidi A., Yazdanshenas M., and Anary-Abbasinejad M., Nano  $\text{TiO}_2$  Photo-catalyst and Sodium Hypophosphite for Cross-linking Cotton with Polycarboxylic Acids under UV and High Temperature, *J. Appl. Catal., A.*, **371**, 10-16, 2009.
  21. Nazari A., Montazer M., Rashidi A., Yazdanshenas M., and Moghadam M.B., Optimization of Cotton Crosslinking with Polycarboxylic Acids and Nano  $\text{TiO}_2$  Using Central Composite Design, *J. Appl. Polym. Sci.*, **117**, 2740-2748, 2010.
  22. Chen C.C. and Wang C.C., Crosslinking of Cotton Cellulose with Succinic Acid in the Presence of Titanium Dioxide Nano-Catalyst under UV Irradiation, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, **40**, 31-38, 2006.
  23. Wang C.C. and Chen C.C., Physical Properties of the Crosslinked Cellulose Catalyzed with Nanotitanium Dioxide under UV Irradiation and Electronic Field, *Appl. Catal., A.*, **293**, 171-179, 2005.
  24. Wang C.C. and Chen C.C., Physical Properties of Crosslinked Cellulose Catalyzed with Nano Titanium Dioxide, *J. Appl. Polym. Sci.*, **97**, 2450 - 2456, 2005.
  25. Nazari A., Montazer M., Moghadam M.B., and Anary-Abbasinejad M., Self-cleaning Properties of Bleached and Cationized Cotton Using Nano $\text{TiO}_2$ : A Statistical Approach, *Carbohydr. Polym.*, **83**, 1119-1127, 2011.
  26. Welch C.M., Tetra Carboxylic Acids as Formaldehyde-Free Durable Press Finishing Agents, Part I. Catalyst, Additive, and Durability Studies, *Text. Res. J.*, **58**, 480-486, 1988.
  27. Karimi L., Mirjalili M., Yazdanshenas M.E., and Nazari A., Effect of Nano  $\text{TiO}_2$  on Self-cleaning Property of Cross-linking Cotton Fabric with Succinic Acid under UV Irradiation, *J. Photochem. Photobiol. A.*, **20**, 1-8, 2010.
  28. Amirshahi S.H. and Agahian F., *Computational Colour Physics*,

- Arcan Danesh, Iran, 1386.
29. Lu Y. and Yang C., Fabric Yellowing Caused by Citric Acid as a Crosslinking Agent for Cotton, *Text. Res. J.*, **69**, 685-690, 1999.
30. Montazer M., Nazari A., and Rahimi M.K., Concurrent Antimicrobial and Anticrease of Bleached and Cationic Cotton Using Nano Titanium Dioxide and Butane Tetracarboxylic Acid, *Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian)*, **99**, 41-51, 2009.
31. Montazer M. and Joulai M.M., Structure Modification of Polyester 3-Deminsional Fabrics with 3-Cyclodextrin and Citric Acid, *Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian)*, **96**, 297-305, 2008.
32. Konstantinou I.K. and Albanis T.A.,  $TiO_2$ -assisted Photocatalytic Degradation of Azo Dyes in Aqueuse Solution: Kinetic and Mechanistic Investigations: A Review, *Appl. Catal. B.*, **49**, 1-14, 2004.
33. Neti N.R. and Joshi P., Cellulose Reinforced- $TiO_2$  Photocatalyst Coating on Acrylic Plastic for Degradation of Reactive Dyes, *J. Coat. Technol. Res.*, **7**, 643-650, 2010.