

# اصلاح ساختار پارچه پلی استر سه بعدی دوجداره با بتاسیکلودکستین و سیتریک اسید

مجید منتظر<sup>۱\*</sup>، محمد مهدی جولائی<sup>۲</sup>

۱ - تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۴۴۱۳

۲ - تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، صندوق پستی ۱۹۳۹۵/۴۱۵۸

دریافت: ۸۶/۱۷/۱۳، پذیرش: ۸۷/۶/۲۰



مجله علوم و تکنولوژی پلیمر،

سال بیست و یکم، شماره ۴،

صفحه ۳۰۵-۲۹۷، ۱۳۸۷

ISSN : 1016-3255

## چکیده

اصلاح پارچه پلی استر دوجداره به وسیله بتاسیکلودکستین می تواند ویژگی های جدیدی در آن به وجود آورد. در این پژوهش، از سیتریک اسید به عنوان اتصال دهنده استفاده شده است. سیتریک اسید با بتاسیکلودکستین واکنش داده و شبکه ای منسجم تولید می کند که می تواند روی ساختار پارچه پلی استر تثبیت شود. شبکه ایجاد شده (بتاسیکلودکستین و اسید سیتریک) با پارچه دوجداره پلی استر هیچ نوع واکنش شیمیایی نمی دهد و تنها از راه پیوند فیزیکی در ساختار پارچه دوجداره قرار می گیرد و خواص ویژه ای در آن ایجاد می کند. در این پژوهش، از مقادیر مختلف غلظت سیتریک اسید و بتاسیکلودکستین استفاده شد، تا نسبت بهینه غلظت بتاسیکلودکستین به اسید سیتریک برای تکمیل پارچه دوجداره به دست آید. برای این منظور تغییرات وزن، درصد رطوبت باقی مانده، زمان پخش قطره آب روی سطح پارچه، جذب یون کروم و جذب رنگ زای واکنش پذیر بررسی شده است. هم چنین شکل شناسی سطح به وسیله تصاویر میکروسکوپ الکترونی و ساختار شیمیایی آن به کمک FTIR مطالعه شده است. در ادامه نیز پایداری شست و شویی پارچه اصلاح شده بعد از ۱۰ مرتبه شست و شو ارزیابی شده است. نتایج نشان می دهد که افزایش غلظت سیتریک اسید و بتاسیکلودکستین به نسبت معین سبب بهبود پایداری ترکیب روی پارچه پلی استر شده است. هم چنین این پارچه می تواند به عنوان جاذب برای یون کروم نیز به کار گرفته شود.

## واژه های کلیدی

سیتریک اسید،  
بتاسیکلودکستین،  
پلی استر،  
سامانه میهمان - میزبان، الیاف

\* مسئول مکاتبات، پیام نگار:

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

## Structure Modification of Polyester 3-Dimensional Fabrics with $\beta$ -Cyclodextrin and Citric Acid

M. Montazar<sup>1\*</sup> and M. Jolaei<sup>2</sup>

1. Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875/4413, Tehran, Iran

2. Department of Science and Research, Islamic Azad University, P.O. Box: 19395/4158, Tehran, Iran

Received 2 February 2008; accepted 10 September 2008

## Abstract

Modifying polyester spacer fabric by  $\beta$ -cyclodextrin produces a new product with outstanding characteristics. Citric acid is used as a crosslinking agent for improvement of durability of this material in textile fabrics. In this research different concentrations of citric acid and  $\beta$ -cyclodextrin were applied on a 3D fabric and some properties including weight change, weight of moisture residue, water absorption time, chromic ion and reactive dye absorptions were studied. Furthermore, the morphology of fabric surface has been examined by SEM and its chemical structure has been elucidated by FT-IR. The washing durability of the modified product has been also studied after 10 washing cycles. The results show that increasing the concentration of citric acid and  $\beta$ -cyclodextrin leads to higher stability of the modified fabrics.

## Key Words

citric acid,  
 $\beta$ -cyclodextrin,  
polyester,  
host-guest system, fiber,

(\* To whom correspondence should be addressed.

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

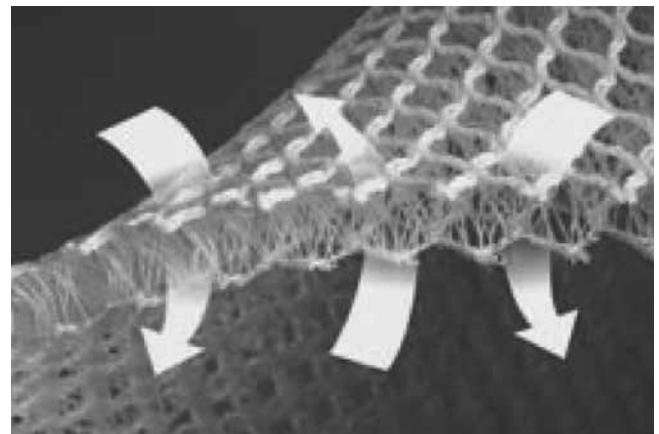
## مقدمه

پارچه پلی استر دوجداره ساختار حلقوی تار دارد که از اتصال دو پارچه جدا از هم به وسیله نخ های متصل کننده (نخ های ایجادکننده فاصله بین دو پارچه) با سختی خمشی متفاوت به دست می آید [۱،۲]. از جمله ویژگی های این پارچه ها می توان به گردش هوا داخل ساختار پارچه، انعطاف پذیری، برگشت پذیری و ظاهر سه بعدی آن اشاره کرد (شکل ۱). با توجه به ویژگی های فنی و خاص، این پارچه ها جزء منسوجات فنی به شمار می آیند. کاربردهای ویژه این پارچه ها شامل روکش صندلی اتومبیل، تشک بیمارستانی، بافت زمینی، کامپوزیت، مصارف ورزشی، منسوجات پزشکی و صنایع نظامی است [۳-۱].

بتاسیکلودکسترین ها، اولیگوساکاریدهای حلقوی هستند که از ۷ واحد D-گلوکوز یا گلوکوپیرانوزی تشکیل شده اند و از راه پیوند کووالانسی با کربن های C<sub>1</sub> و C<sub>4</sub> شبکه ای می شوند (شکل ۲) [۵]. حین تخریب نشاسته به وسیله آنزیم CGTase سیکلودکسترین تولید می شود [۶]. آنزیم CGTase می تواند از انواع باسیل ها به دست آید [۷]. حجم حفره ها در سیکلودکسترین ۲۶۵-۲۶۰ Å<sup>3</sup> است و انحلال پذیری آن ۷۸۵ g در ۱۰۰ mL آب است [۷]. گروه های هیدروکسیل نوع اول در بخش داخلی و گروه های هیدروکسیل نوع دوم در بخش خارجی ساختار سیکلودکسترین قرار دارند که علت آب گریزی داخل و آب دوستی خارج ساختار سیکلودکسترین شکل خاص ساختار مولکولی آن (شکل ۲) است [۷].

از آن جا که منسوجات به طور عمده در تماس با پوست انسان قرار دارند، خواص سمیت سیکلودکسترین ها بسیار اهمیت دارد. نتایج پژوهش ها حاکی از آن است که سیکلودکسترین ها ممکن است تنها در غلظت های بسیار زیاد برای بدن انسان مضر باشند.

از ۱۳ نوامبر ۲۰۰۰، β-سیکلودکسترین در آلمان به عنوان ماده کمک



شکل ۱ - ساختار پارچه دوجداره پلی استر [۴].

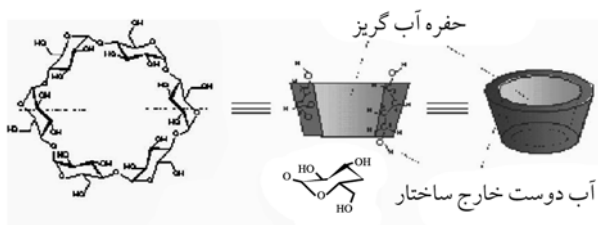
غذایی معرفی شد. با توجه به آزمایش های انجام شده توسط OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) این مشتق از سیکلودکسترین ها هیچ نوع اثر حساسیت زایی ندارند [۸-۱۲]. این مواد در محلول های قلبایی پایدار و نسبت به آبکافت اسیدی حساسند. پایداری بتاسیکلودکسترین در برابر آبکافت اسید به دما و قدرت اسید بستگی دارد، به طوری که در pH بیش از ۳/۵ و دمای بیش از ۶۰°C سیکلودکسترین ها پایدارند [۸-۱۲].

مولکول بتاسیکلودکسترین به شکل شیپور یا کله قند با وزن مولکولی ۱۱۳۵ و ارتفاعی در حدود ۸-۷/۵ Å است. قطر داخلی حفره های آن بین ۶-۶/۸ Å و اندازه قطر خارجی آن ۱۵/۳ Å است [۱۳].

بتاسیکلودکسترین ها به دلیل ساختار ویژه، در فرایندهای تکمیل و رنگرزی به کار می روند و رهایش کنترل شده مولکول میهمان (مواد خوشبو) از حفره خود به وجود می آورند، به عنوان جاذب بوی نامطبوع، تأخیرانداز در حمام های تکمیل و رنگرزی و عمق دهنده در رنگرزی و در صنایع نساجی استفاده می شوند [۲۰-۱۴].

Szejtli برای اولین بار گزارش کرد که بین سیکلودکسترین ها و الیاف سلولوز از راه اتصال دهنده اپی کلروهیدرین پیوند ایجاد می شود [۲۰]. Buschman ادعا کرد که ایجاد پیوند بین مواد طبیعی و مصنوعی و سیکلودکسترین ها از راه پیوند شیمیایی و فیزیکی برای انواع گروه های عاملی بستگی به ساختار آنها دارد. هم چنین Denter و Reuscher مونوکلروتی آزینیل بتاسیکلودکسترین را روی پلیمرهای مختلف از جمله سلولوز عمل آوری کرده اند. به تازگی از روش پرتو الکترونی برای ایجاد پیوند بین سیکلودکسترین و پارچه پلی پروپیلن استفاده شده است [۲۰].

در روشی دیگر Welch سیکلودکسترین ها را روی الیاف پنبه و پشم از راه اتصال دهنده های پلی کربوکسیلیک اسید (PCA) عمل آوری کرده است. نتیجه این پژوهش نشان داده است که بازده تکمیل در شرایط خاص و یکسان روی پارچه عمل آوری شده با بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) بیش از سیتریک اسید (CA) و هر دو بیش از پلی آکرلیک اسید (PA) است [۲۰]. Martel و همکاران پارچه های پلی استر را از راه



شکل ۲ - نمایی از ساختار بتاسیکلودکسترین [۶].

ساخت شرکت شرلی انگلیس، برای تعیین مقدار جذب یون کروم طیف سنج UV-2101 PC ساخت شرکت Shimadzu، برای برداشت تصویر SEM از پارچه های مورد نظر میکروسکوپ الکترون پویشی مدل LEO 440I ساخت انگلیس و برای تعیین گروه های شیمیایی در پارچه مورد نظر طیف سنج FTIR مدل Bomem-mb100 به کار گرفته شد. برای تعیین مقدار رنگ زای واکنش پذیر از دستگاه Cary Varian مدل ۵۰۰ با جذب در نواحی UV/Vis و Near-IR و محدوده ۱۷۵-۳۳۰۰ nm استفاده شد.

### روش ها

ابتدا نمونه هایی با ابعاد  $20 \times 10 \text{ cm}^2$  از پارچه مورد نظر تهیه و شست و شو داده شد. حمام های مورد نظر طبق جدول ۱ برای نمونه های عمل آوری شده با سیتریک اسید به همراه بتاسیکلودکسترین آماده شدند. سپس، پارچه پلی استر دوجداره در حمام مورد نظر قرار گرفته و پس از آغشته سازی از غلتک های فولارد با برداشت ۱۰۰ درصد عبور داده شدند. سپس، در دمای  $10^\circ\text{C}$  به مدت ۴ min خشک و در ادامه در دمای  $150^\circ\text{C}$  به مدت ۳ min پخت شدند. در نهایت پارچه تکمیل شده برای بررسی پایداری شسته شد. به این منظور از ۱g/L شوینده غیر یونی و ۱g/L کربنات سدیم در دمای  $70^\circ\text{C}$  به مدت ۳۰ min استفاده شد.

### تغییرات وزن

ابتدا پارچه تکمیل نشده شسته و توزین شد، سپس پارچه تکمیل شده پس از شست و شو، توزین و مقدار درصد افزایش وزن نمونه های مختلف طبق معادله (۱) محاسبه شده است:

$$\Delta W\% = \frac{(w_2 - w_1)}{w_1} \times 100 \quad (1)$$

جدول ۱ - مواد و مقادیر موجود در هر حمام برای تکمیل پارچه.

نمونه	$\beta$ - سیکلودکسترین (g/L)	کاتالیزور هیپوفسفیت سدیم (g/L)	اتصال دهنده سیتریک اسید (g/L)
شاهد	۰	۰	۰
۱	۰	۲۰	۱۰۰
۲	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
۳	۰	۱۰	۵۰
۴	۵۰	۱۰	۵۰
۵	۱۰۰	۱۰	۵۰

سیکلودکسترین ها و اسیدهای کربوکسیلیک (PA، CA، BTCA) به عنوان مواد اتصال دهنده عرضی و ایجاد کننده پیوند عرضی تکمیل و بیان کردند که هیچ نوع واکنش شیمیایی بین پارچه پلی استر و اسیدهای کربوکسیلیک انجام نمی شود، بلکه واکنش شیمیایی فقط بین سیکلودکسترین و این اسیدها انجام می گیرد و کوپلیمر تولید می شود [۲۱]. کوپلیمر به دست آمده هیچ پیوند کووالانسی با الیاف برقرار نمی کند، بلکه به طور فیزیکی به الیاف می چسبد یا داخل شبکه های لیفی شکل درگیر می شود. بنابراین، پیوند بین آنها محکم و مقاوم است و در برابر شست و شو پایدار هستند [۲۱].

بازده کوپلیمر ایجاد شده بین سیتریک اسید و سیکلودکسترین به سه عامل دمای پخت، زمان پخت و نسبت غلظت اتصال دهنده به سیکلودکسترین بستگی دارد. طبق پژوهش های انجام شده واکنش اتصال دهنده ها با سیکلودکسترین روی الیاف در محیط خشک و دمای تثبیت گرمایی بیش از  $140^\circ\text{C}$  انجام می شود. زمان پخت نیز برای انواع سیکلودکسترین ها حداقل ۳ min در نظر گرفته شده است [۲۱].

با توجه به این که گزارشی در خصوص اصلاح پارچه دوجداره پلی استر به وسیله بتاسیکلودکسترین و پایدار کردن آن روی پارچه و هم چنین نسبت غلظت اتصال دهنده به بتاسیکلودکسترین مشاهده نشده است، در نتیجه در این پژوهش، پارچه پلی استر دوجداره انتخاب و اصلاح آن با دو ماده زیست تخریب پذیر شامل بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید انجام شده است. هم چنین پایداری بتاسیکلودکسترین روی پارچه دوجداره پلی استر با به کارگیری سیتریک اسید بررسی شده است.

ارزیابی خواص راحتی پارچه سه بعدی دوجداره پلی استر تکمیل شده با مواد دافع آب و ضد میکروب نیز گزارش شده است [۲۲].

### تجربی

#### مواد

پارچه حلقوی تار دوجداره پلی استر، نخ رو ۱۵۰ Den، نخ زیر ۱۵۰ Den، نخ واسط یا متصل کننده تک رشته ای ۳۰ Den، وزن  $255 \text{ g/m}^2$  و ضخامت پارچه  $2/5 \text{ mm}$  بود که از شرکت تولید الیاف پلی پروپیلن بنیاد تهیه شد. سیتریک اسید از شرکت Merck آلمان و بتاسیکلودکسترین از شرکت XI'an Hong Chang Pharmaceutical چین تهیه شد. هم چنین، از هیپوفسفیت سدیم صنعتی به عنوان کاتالیزور بازی مناسب استفاده شد.

#### دستگاه ها

برای تعیین پایداری شست و شویی پارچه دستگاه ROTO WASH

گروه‌های جانبی دارد، بنابراین، نمی‌تواند با رنگ‌زاهای واکنش‌پذیر حاوی گروه‌های عاملی، واکنش داده و پیوند برقرار کند. عمل‌آوری پارچه با بتاسیکلودکسترین سبب ایجاد گروه‌های عاملی شامل گروه‌های هیدروکسیل (OH) روی پارچه شده و امکان واکنش آن را با رنگ‌زای واکنش‌پذیر فراهم می‌کند.

۱g پارچه در حمام رنگ‌رزی شامل ۴ درصد رنگ‌زای واکنش‌پذیر Remazol Blue RGB نسبت به وزن پارچه، ۱ درصد نمک NaCl، L:R برابر با ۴۰:۱ در دمای ۸۰°C به مدت ۶۰ min عمل‌آوری شده است. پس از رنگ‌رزی پارچه، ۳ مرحله شست و شو با آب مقطر سرد و گرم و شست و شو بر اساس روش عمومی روی آن اعمال شده است. در شست و شوی عمومی پارچه در حمامی شامل ۱g/L شوینده غیر یونی و ۱g/L کربنات سدیم در دمای ۷۰°C به مدت ۳۰ min عمل‌آوری شده است.

#### پایداری پس از ۱۰ مرتبه شست و شو

پارچه‌های تکمیل شده با دستگاه شست و شوی چرخشی طی ۳ مرحله شسته شدند که هر مرتبه شست و شو در شرایط عمل‌آوری معادل ۳ مرتبه شست و شوی معمولی است. در این آزمایش ابتدا وزن پارچه خام اندازه‌گیری شد. سپس، وزن پارچه تکمیل شده مشخص شد و پس از هر مرحله شست و شو، مجدداً توزین شد. در نهایت مقدار وزن پارچه بعد از ۳ مرتبه شست و شو از وزن اولیه آن پس از عمل‌آوری کسر شد تا مقدار مواد تکمیلی و بتاسیکلودکسترین روی پارچه به دست آید. این آزمایش طبق استاندارد AATCC (2A)-1996 انجام شده است.

#### حمام شست و شو

پارچه به ابعاد ۱۰×۵cm<sup>۲</sup> در حمام ۱۵۰mL دارای ۴g/L شوینده غیر یونی و ۲g/L کربنات سدیم در دمای ۴۰°C به مدت ۴۵ min با سرعت چرخش ۴۲ rpm و تعداد ۵۰ عدد ساچمه فلزی عمل‌آوری شده است.

#### نتایج و بحث

ساز و کار واکنش بتاسیکلودکسترین با سیتریک اسید در طرح ۱ نشان داده شده است. شبکه منسجم حاصل از بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید از راه واکنش شیمیایی تشکیل شده و این شبکه منسجم روی پارچه مورد نظر از راه پیوند فیزیکی واکنش داده است [۲۰].

نمودار تغییرات وزن در شکل ۳ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار درصد افزایش وزن مربوط به نمونه ۲ است که بیشترین مقدار بتاسیکلودکسترین

W<sub>2</sub> و W<sub>1</sub> به ترتیب وزن پارچه شسته شده پیش و پس از تکمیل و ΔW درصد افزایش وزن پارچه است.

#### تغییرات درصد رطوبت باقی مانده

وزن پارچه تکمیل شده و خشک شده در دما و رطوبت محیط اندازه‌گیری شده است. وزن پارچه تکمیل شده و کاملاً خشک شده معین و با استفاده از معادله (۲) درصد رطوبت باقی مانده محاسبه شده است. این آزمایش بر اساس استاندارد AATCC 20A-1981 انجام شده است:

$$R\% = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (2)$$

W وزن پارچه تکمیل شده، شسته و خشک شده در دمای محیط، D وزن پارچه تکمیل شده، شسته و کاملاً خشک شده و R% درصد رطوبت موجود در پارچه است.

#### تغییرات زمان پخش قطره آب روی سطح پارچه

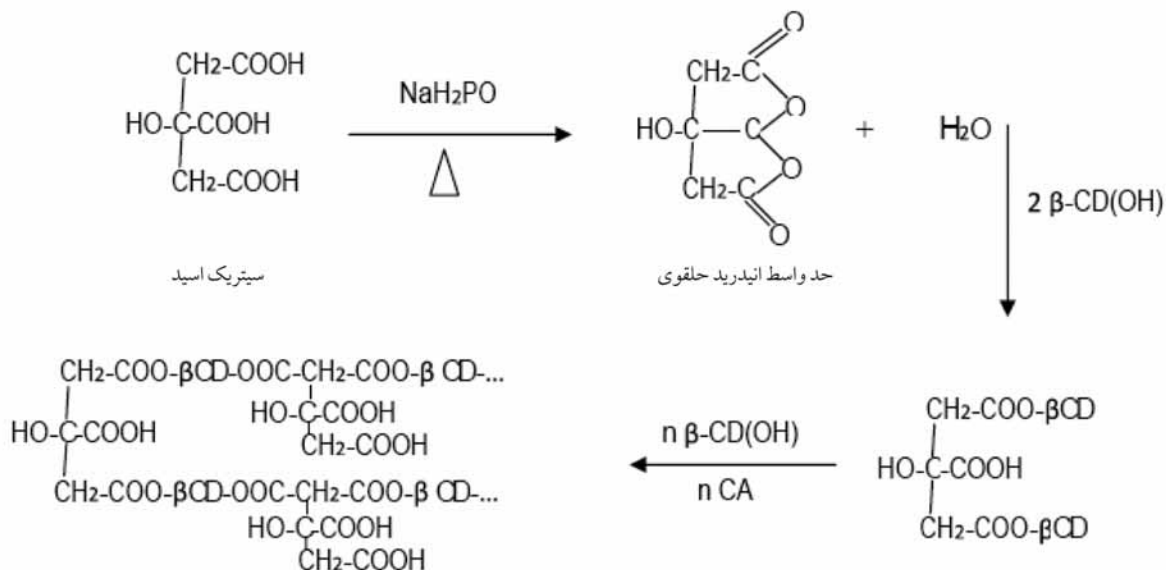
برای این منظور پارچه تکمیل شده را روی سطح صاف قرار داده و با استفاده از قطره چکان (۰/۰۵ mL) در فاصله ۱ cm و به طور عمود بر آنها، یک قطره آب روی سطح گذاشته و سپس زمان پخش قطره روی پارچه اندازه‌گیری شد. این آزمایش مطابق استاندارد AATCC79-1995 انجام شده است.

#### تغییرات جذب یون کروم

به کمک طیف نورسنج جذبی مقدار جذب یون کروم باقی مانده در محلول اندازه‌گیری شد. به این منظور ۰/۳g پارچه به ابعاد ۱×۱cm<sup>۲</sup> در حمام دارای ۲۰ mg/g دی کرومات پتاسیم در دمای محیط به مدت ۲ h عمل‌آوری شده است [۱۸، ۱۹].

#### تغییرات مقدار جذب رنگ‌زای واکنش‌پذیر

در این آزمایش پارچه پلی استر با رنگ‌زای واکنش‌پذیر رنگ‌رزی شده است. هدف از انجام آزمایش این است که مشخص شود، کدام یک از نمونه‌های تکمیل شده مقدار بیشتری گروه‌های هیدروکسیل دارند. چرا که این گروه‌ها قادرند با رنگ‌زای واکنش‌پذیر واکنش دهند. این روش می‌تواند به عنوان روش مقایسه‌ای برای نشان دادن مقدار بتاسیکلودکسترین روی پارچه تکمیل شده به کار رود. به هر حال، ایجاد امکان جذب رنگ‌زا روی پارچه پلی استر با رنگ‌زای واکنش‌پذیر جالب توجه است. از آن جا که پارچه پلی استر ساختاری متراکم و بدون

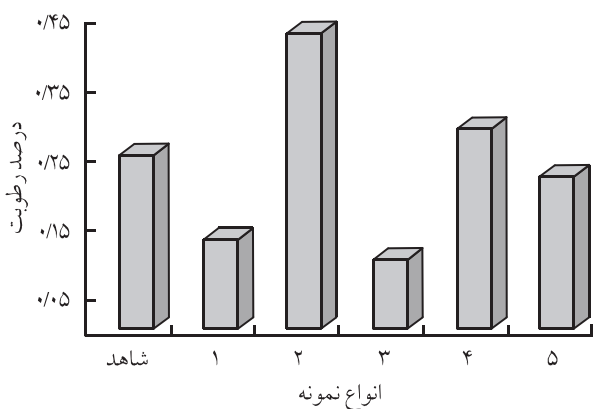


طرح ۱- ساز و کار تشکیل شبکه منسجم بین بتاسیکلودکسترین ( $\beta$ -CD) و اتصال دهنده سیتریک اسید (CA).

می شود، مانند لایه ای روی سطح عمل می کند. هم چنین، وجود گروه های آب دوست روی پارچه به واسطه تکمیل با بتاسیکلودکسترین سبب شده تا رطوبت باقی مانده نیز بیشتر شود. ترتیب افزایش درصد رطوبت موجود در پارچه:

نمونه ۳ > نمونه ۱ > نمونه ۵ > نمونه ۴ > نمونه ۲

شکل ۵ زمان پخش قطره را برای انواع نمونه بر حسب ثانیه مشخص می کند، ملاحظه می شود که هر چه مقدار بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید روی پارچه بیشتر تکمیل شوند، زمان پخش قطره آب روی سطح پارچه به تأخیر می افتد. بیشترین مقدار زمان پخش مربوط به نمونه

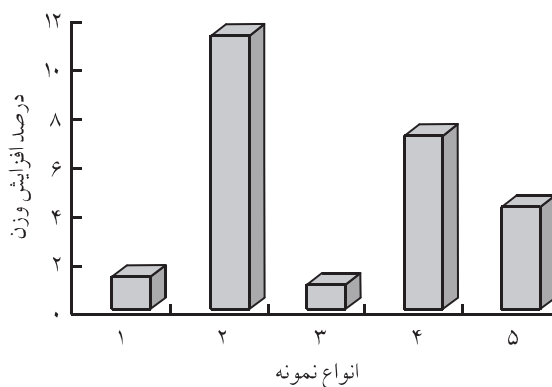


شکل ۴- درصد رطوبت باقی مانده نمونه ها طبق جدول ۱.

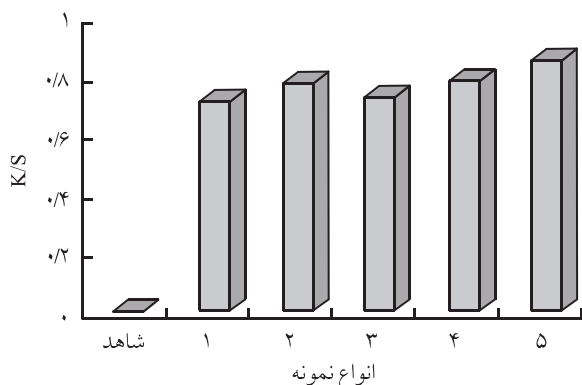
و سیتریک اسید را دارد. یعنی در نمونه ۲ مقدار تکمیل پارچه پلی استر سه بعدی بیشتر از بقیه نمونه هاست. علت را می توان به نسبت مناسب بین بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید مربوط دانست. ترتیب درصد افزایش وزن برای انواع نمونه ها عبارتند از:

نمونه ۳ > نمونه ۱ > نمونه ۵ > نمونه ۴ > نمونه ۲

در شکل ۴ تغییرات درصد رطوبت باقی مانده نمونه ها نشان داده شده است. بیشترین درصد رطوبت باقی مانده در پارچه مربوط به نمونه تکمیل شده در حمام ۲ است که بیشترین مقدار بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید را دارد. به علت شبکه منسجمی که روی پارچه ایجاد



شکل ۳- درصد افزایش وزن نمونه ها طبق جدول ۱.



شکل ۷- مقادیر K/S نمونه ها طبق جدول ۱.

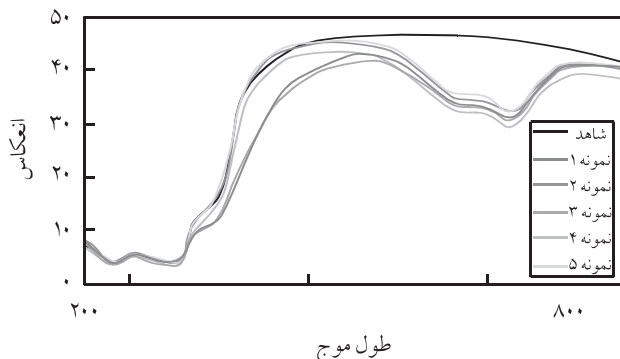
پارچه، مربوط به حمام ۲ است که بیشترین مقدار بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید را دارد. علت این امر وجود مقادیر بیشتر بتاسیکلودکسترین روی پارچه است که یون کروم می تواند در حفره های آن حبس شود.

ترتیب مقدار جذب یون کروم روی انواع نمونه تکمیل شده عبارتند از:

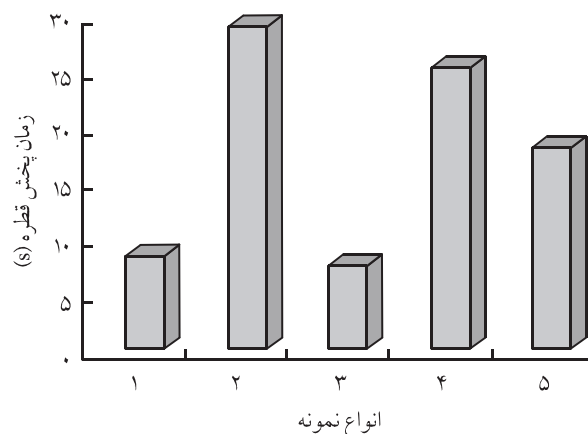
$$\text{نمونه ۳} > \text{نمونه ۱} > \text{نمونه ۵} > \text{نمونه ۴} > \text{نمونه ۲}$$

به علت ایجاد گروه های عاملی در ساختار پارچه تکمیل شده با بتاسیکلودکسترین و CA امکان برقراری پیوند با مولکول های رنگ زای واکنش پذیر ایجاد می شود و K/S افزایش می یابد (شکل ۷).

تغییرات مقدار جذب رنگ زای واکنش پذیر در شکل ۸ نشان می دهد که بیشترین مقدار جذب بر اساس کمترین درصد انعکاس مربوط به نمونه هایی است که از بتاسیکلودکسترین بیشتر استفاده شده است. علت این امر می توان به وجود گروه های هیدروکسیل در سطح بتاسیکلودکسترین و پارچه تکمیل شده نسبت داد که می توانند با گروه های واکنش پذیر رنگ زای پیوند برقرار کرده



شکل ۸ - درصد انعکاس نمونه های تکمیلی و رنگریزی شده طبق جدول ۱.



شکل ۵- زمان پخش قطره آب روی سطح نمونه ها طبق جدول ۱.

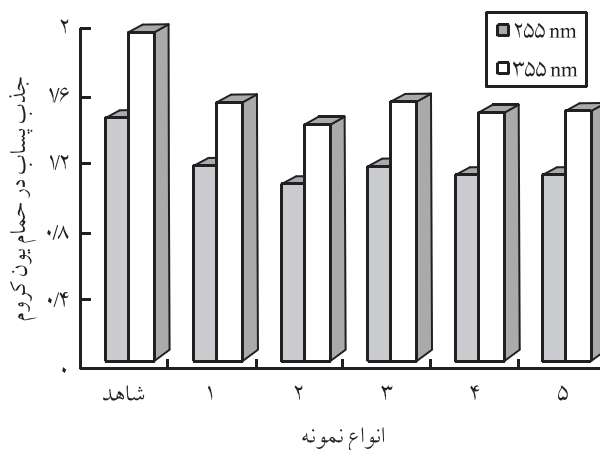
تکمیل شده در حمام ۲ است که لایه تشکیل شده روی سطح پارچه باعث شده که منافذ روی سطح پوشیده شده و زمان پخش و جذب قطره آب به تأخیر بیفتد.

ترتیب زمان پخش قطره آب روی سطح پارچه بر حسب ثانیه:

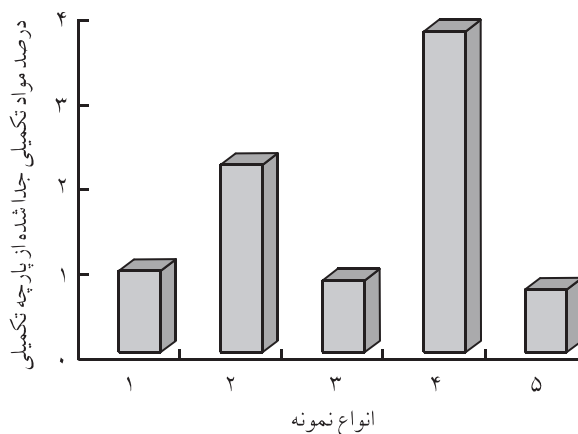
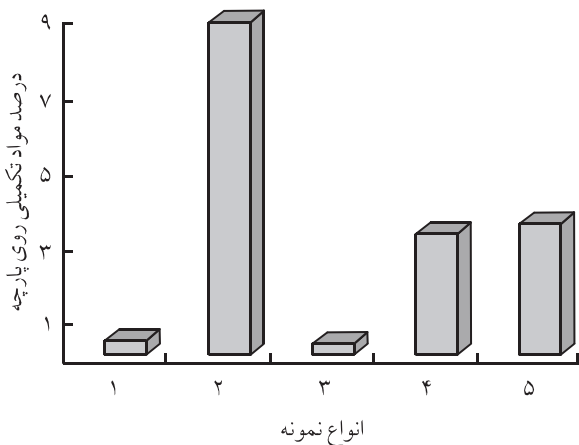
$$\text{نمونه ۳} > \text{نمونه ۱} > \text{نمونه ۵} > \text{نمونه ۴} > \text{نمونه ۲}$$

جذب یون کروم به وسیله پارچه اصلاح شده می تواند در حفره های بتاسیکلودکسترین انجام شود که مکان مناسبی برای حبس یون کروم است. در داخل حفره مولکول های میهمان واکنشی انجام نمی شود و فقط در آن حبس یا نگه داری می شوند.

شکل ۶ تغییرات جذب پساب حمام یون کروم را روی نمونه های مختلف بعد از ۲h در شرایط محیط نشان می دهد. بیشترین جذب روی



شکل ۶ - مقدار جذب پساب حمام یون کروم برای هر نمونه طبق جدول ۱ در دو طول موج مختلف.



شکل ۱۰ - درصد مواد تکمیلی روی پارچه بعد از ۱۰ مرتبه شست و شوی نمونه ها طبق جدول ۱.

شکل ۹ - درصد مواد تکمیلی جدا شده از سطح پارچه بعد از ۱۰ مرتبه شست و شوی نمونه ها طبق جدول ۱.

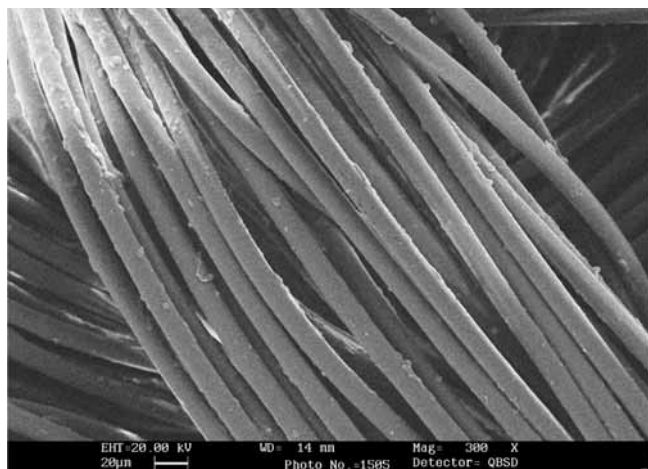
نمونه ۱ > نمونه ۳ > نمونه ۲ > نمونه ۴ > نمونه ۵

پایداری مواد تکمیلی روی پارچه پلی استر نیز در شکل های ۹ و ۱۰ نشان می دهد که بیشترین درصد مواد تکمیلی روی پارچه پس از ۱۰ مرتبه شست و شو روی نمونه عمل آوری شده در حمام ۲ است که بیشترین مقدار بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید را دارد، یعنی نسبت مناسب بین بتاسیکلودکسترین و اتصال دهنده (سیتریک اسید) در حمام ۲ ایجاد شده است.

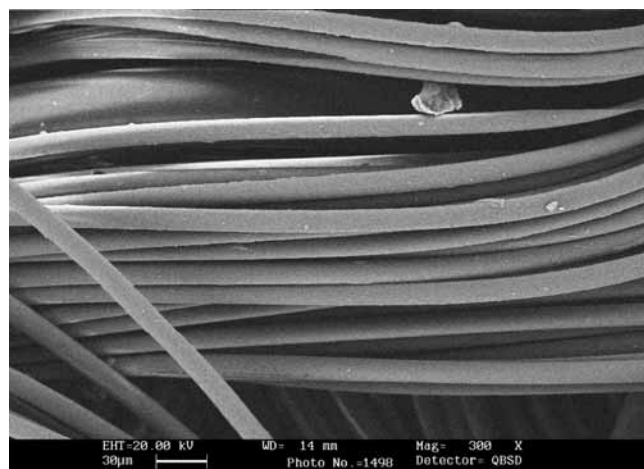
ترتیب درصد مواد تکمیلی جدا شده از پارچه پس از ۱۰ مرتبه شست و شو:

نمونه ۵ > نمونه ۳ > نمونه ۱ > نمونه ۲ > نمونه ۴

و موجب جذب رنگ پارچه شوند. هرچه مقدار اتصال دهنده بیشتر شود، می تواند با گروه های هیدروکسیل بیشتری از بتاسیکلودکسترین واکنش دهد، بنابراین، گروه های عاملی کمتری در سطح پارچه وجود دارند که بتوانند با گروه های واکنش پذیر رنگ زا واکنش داده و روی پارچه جذب شوند و جذب کاهش می یابد. به طور کلی در نمونه هایی که مقدار بتاسیکلودکسترین نسبت به اتصال افزایش یافته، مقدار رنگرزی نیز بیشتر شده است. در مجموع هر چه مقدار بتاسیکلودکسترین روی پارچه بیشتر باشد، تعداد گروه های هیدروکسیل نیز افزایش می یابد و رنگرزی بهتر انجام می شود، اما پایداری خوبی ندارند. مقدار جذب رنگ زا بر اساس K/S روی پارچه:

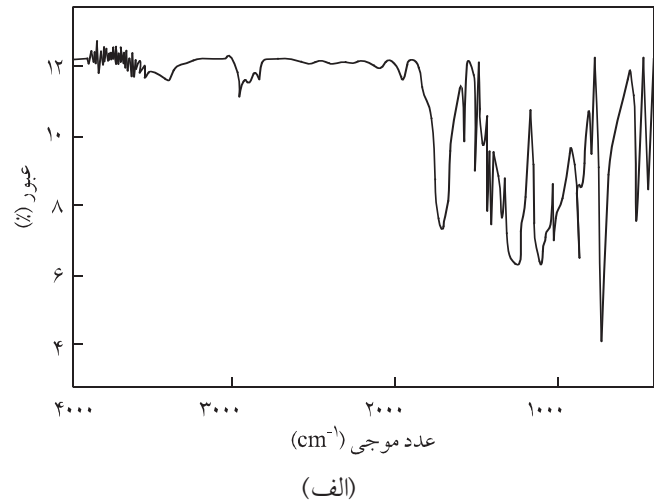
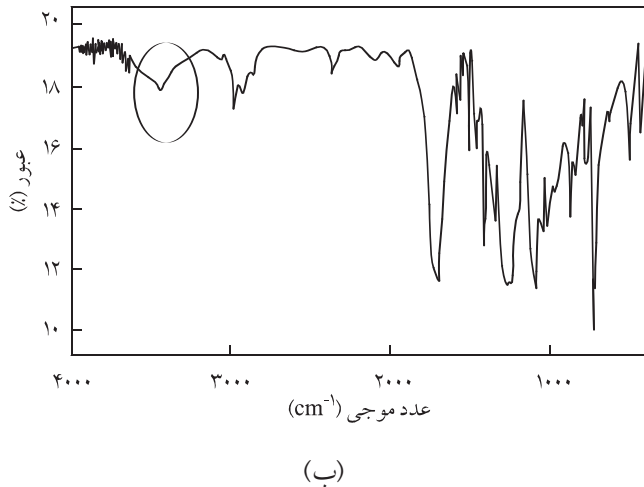


(ب)



(الف)

شکل ۱۱ - تصویر SEM پارچه پلی استر: (الف) نمونه خام و (ب) نمونه تکمیل شده.



شکل ۱۲ - طیف های FTIR پارچه پلی استر: (الف) نمونه خام و (ب) نمونه تکمیل شده.

استفاده از بتاسیکلودکسترین به عنوان ماده طبیعی زیست تخریب پذیر با داشتن گروه های آب دوست و حفره های آب گریز ویژگی های جدیدی را در پارچه دوجداره به وجود آورد.

به منظور افزایش پایداری بتاسیکلودکسترین، از ماده اتصال دهنده سیتریک اسید استفاده شده است که امکان واکنش را با گروه های هیدروکسیل بتاسیکلودکسترین دارند. بیشترین مقدار تکمیل در بین نمونه های تکمیلی مربوط به نمونه تکمیل شده در حمام ۲ بود که بیشترین غلظت بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید را داشت و افزایش وزنی در حدود ۱۲ درصد را نشان داد.

نتایج نشان می دهد که با استفاده از ماده اتصال دهنده به پایداری خوبی تا ۱۰ مرتبه شست و شو می توان دست یافت. هم چنین افزایش رنگ پذیری پارچه پلی استر دوجداره با رنگ زای واکنش پذیر نشان داده شده است. البته در بررسی مقدار جذب رنگ زای واکنش پذیر می توان به این نکته اشاره کرد که در حمام ۵ به علت دو برابر بودن مقدار بتاسیکلودکسترین در مقایسه با سیتریک اسید، مقدار جذب رنگ زای نیز بیشتر شده است، ولی پایداری خوبی نداشته است. افزون بر این، پارچه تکمیل شده با بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید به عنوان پارچه ای جاذب، یون کروم را جذب می کند.

ترتیب درصد مواد تکمیلی روی پارچه پس از ۱۰ مرتبه شست و شو:

نمونه ۳ > نمونه ۱ > نمونه ۴ > نمونه ۵ > نمونه ۲

شکل ۱۱ تصویر SEM نمونه های تکمیلی و خام را نشان می دهد. ملاحظه می شود که سطح الیاف در پارچه پلی استر پیش از تکمیل با بتاسیکلودکسترین به همراه سیتریک اسید صاف و یکنواخت است، در حالی که سطح الیاف در پارچه پلی استر پس از تکمیل با این مواد ناصاف و غیریکنواخت شده است. هم چنین، شکل ۱۲ گروه های عاملی موجود در پارچه خام و تکمیل شده را نشان می دهد. پیکی که در ناحیه  $3600-3400 \text{ cm}^{-1}$  پارچه پلی استر تکمیل شده با بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید وجود دارد، بیان گر گروه های هیدروکسیل موجود در سطح پارچه است که در پارچه پلی استر عمل آوری نشده با بتاسیکلودکسترین و سیتریک اسید این پیک مشاهده نمی شود.

## نتیجه گیری

در این پژوهش، تکمیل پارچه پلی استر دوجداره به دلیل افزایش کاربرد آن مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش نشان می دهد که می توان با

## مراجع

1. Kunde K., Spacer Fabrics-Their Application and Future Opportunities, Melliand Textileberichte International Textile Reports,

E 11-12, 2004.

2. Hsieh Y.L., Liquid Transport in Fabric Structures, *Text. Res. J.*,



- 65, 299-307, 1995.
3. Heide M., Zschenderlein D., and Mohring U., Three-Dimensional Spacer Fabrics in Medicine, *4th International Conference Innovation and Modelling of the Clothing Engineering Processes-IMCEP* 2003.
  4. Polypropylene Fiber Production Company, Iran, www.aliafpp.com, 2008.
  5. Eastburn S.D. and Tao B.Y., Applications of Modified Cyclodextrins, *Biotechnol. Adv.*, **12**, 325-339, 1994.
  6. Szejtli J., Introduction and General Overview of Cyclodextrin Chemistry, *Chem. Rev.*, **98**, 1743-1753, 1998.
  7. Del Valle E.M.M., Review Cyclodextrins and Their Uses, *Process Biochem.*, **39**, 1033-1046, 2004.
  8. Hedges R.A., Industrial Applications of Cyclodextrins, *Chem. Rev.*, **98**, 2035-2044, 1998.
  9. Irie T. and Uekama K., Pharmaceutical Applications of Cyclodextrins. III. Toxicological Issues and Safety Evaluation, *J. Pharm. Sci.*, **86**, 147-162, 1997.
  10. Loftsson T. and Brewster M.E., Pharmaceutical Applications of Cyclodextrins, *J. Pharm. Sci.*, **85**, 1017-1025, 1996.
  11. Eastburn S.D., Applications of Modified Cyclodextrins, *Biotechnol. Adv.*, **12**, 325-391, 1994.
  12. Szejtli J., Medical Applications of Cyclodextrins, *Medicin. Res. Rev.*, **14**, 353-386, 1994.
  13. Szejtli J., Past, Present, and Future of Cyclodextrin Research, *Pure Appl. Chem.*, **76**, 1825-1845, 2004.
  14. Szejtli J., Cyclodextrins in the Textile Industry, *Starch*, **55**, 191-196, 2003.
  15. Savarino P., Viscardi G., Quagliotto P., Montoneri E., and Barni E., Reactivity and Effects of Cyclodextrins in Textile Dyeing, *Dye. Pigment.*, **42**, 143-147, 1999.
  16. Martel B., Morcellet M., Ruffin D., Vinet F., and Weltrowski M., Capture and Controlled Release of Fragrances by CD Finished Textiles, *J. Inclu. Phenom. Macrocycl. Chem.*, **44**, 439-442, 2002.
  17. Voncina B., Vivod V., and Jausovec D.,  $\beta$ -Cyclodextrin as Retarding Reagent in Polyacrylonitrile Dyeing, *Dye. Pigment.*, **74**, 642-646, 2007.
  18. Ducoroy L., Martel B., Bacquet B., and Morcellet M., Ion Exchange Textile from the Finishing of PET Fabrics with Cyclodextrins and Citric Acid for the Sorption of Metallic Cations in Water, *J. Inclu. Phenom. Macrocycl. Chem.*, **57**, 271-277, 2007.
  19. Ducoroy L., Martel B., Bacquet B., and Morcellet M., Cation Exchange Finishing of Nonwoven Polyester with Polycarboxylic Acids and Cyclodextrins, *J. Appl. Polym. Sci.*, **103**, 3730-3738, 2007.
  20. Szejtli J., Utilization of Cyclodextrins in Industrial Products and Processes, *J. Mater. Chem.*, **7**, 575-587, 1997.
  21. Martel B., Morcellet M., Ruffin D., Ducoroy L., and Weltrowski M., Finishing of Polyester Fabrics with Cyclodextrins and Polycarboxylic Acids as Crosslinking Agents, *J. Inclu. Phenom. Macrocycl. Chem.*, **44**, 443-444, 2002.
  22. Bagherzadeh R., Montazer M., Latifi M., Sheikhzadeh M. and Sattari M., Evaluation of Comfort Properties of Polyester Knitted Spacer Fabrics Finished with Water Repellent and Antimicrobial Agents, *Fiber Polym.*, **8**, 386-392, 2007.