



## اثر بتاسیکلودکسترین بر خواص رنگی و ثباتی منسوجات چاپ شده پنبه / پلی استری

فائزه صحرایی اردکانی<sup>۱</sup>، حاتم بهاری مقدم<sup>۲</sup>، محمد خواجه مهریزی<sup>۳\*</sup>، سید منصور بیدکی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۸۵

۲- کارشناس، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۸۵

۳- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۸۵

۴- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۸۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۸ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

### چکیده

امروزه استفاده از مواد کمکی جهت بهبود شرایط رنگرزی و چاپ بسیار اهمیت دارد. در تحقیق حاضر پارچه پنبه / پلی استر ابتدا با بتا سیکلودکسترین پد شده و پس از چاپ با رنگزاهای دیسپرس-راکتیو نهایتاً با نانوذرات دی اکسید تیتانیوم برای بهبود خواص خودتمیزشوندگی عمل گردیده است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر بتاسیکلودکسترین بر خواص منسوج چاپ شده بوده و همچنین در این راستا، تصاویر سطحی حاصل از میکروسکوپ الکترونی، خواص خود تمیزشوندگی و ضد میکروبی کالا مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین قدرت رنگی (K/S) نمونه‌ها کم شده و علاوه براین، زمان جذب آب کاهش یافته و در مساحت پخش آب و قدرت نگهداری آب محتوی در کالا افزایش مشاهده شده است. همچنین آزمون ارزیابی خواص ضد میکروبی نمونه‌ها حاکی از اثر محدود بتاسیکلودکسترین در بهبود فعالیت ضد میکروبی کالا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بتاسیکلودکسترین، چاپ، نانو دی اکسید تیتانیوم، پارچه پنبه/پلی استر، خواص رنگی و ثباتی.

## Effect of $\beta$ -Cyclodextrin on Color Values and Fastness Properties of Printed Cotton/Polyester Fabrics

F. Sahraei Ardakani, H. Bahari Moghaddam, M. Khajeh Mehrizi\*, S. M Bidoki

Textile Engineering Department, Yazd University, P.O. Box: 89185-741, Yazd, Iran

Received: 29-01-2015

Accepted: 09-08-2015

Available online: 10-03-2016

### Abstract

Nowadays, auxiliaries are playing a very important role in improving textile dyeing and printing conditions. In the present study, cotton/polyester fabric was padded with beta-cyclodextrin ( $\beta$ -CD) and after printing with disperse-reactive dyes, samples were treated with  $TiO_2$  nanoparticle to improve their self-cleaning properties. The effect of  $\beta$ -CD on properties of printed fabric and scanning electron microscope surface image, their self-cleaning and antimicrobial properties were studied. According to the results, increasing concentration of  $\beta$ -CD could reduce color strength (K/S) of the samples and their water absorption time whilst water spreading area and value of the retained water were increased.  $\beta$ -CD showed a very limited effect on improving antimicrobial activity of goods. *J. Color Sci. Tech.* 9(2016), 287-296©. Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Beta-cyclodextrin, Printing, Nanotitanium dioxide, Cotton/polyester fabric, Color and fastness properties.

## ۱- مقدمه

از جمله مشتقات سیکلودکسترین‌ها، آلفا، بتا و گاما<sup>۲</sup> است که هرکدام به ترتیب از ۶، ۷، ۸ واحد ۱ الی ۴ گلوکوز تشکیل شده‌اند که در جدول ۱ در مورد خواص فیزیکی سیکلودکسترین (CD) و مشتقات آن توضیح داده شده است. ساختار شیمیایی این مشتقات نیز در شکل ۲ نشان داده شده است [۴].

$\alpha$ ،  $\beta$ ،  $\gamma$  به ترتیب حاوی ۱۸، ۲۱ و ۲۳ گروه هیدروکسیل هستند که این عامل منجر به تغییرات شیمیایی در این مولکول‌ها می‌شود.  $\beta$  نسبت به دیگر مشتقات دارای حلالیت کمتری در آب است با وجود این که حتی  $\alpha$ -CD، گروه‌های هیدروکسیل کمتری از  $\beta$ -CD دارد [۱]. به دلیل تولید آسان، صرفه اقتصادی، قطر حفره و در دسترس بودن از  $\beta$ -CD بیش‌تر از بقیه تولیدات CD استفاده می‌شود.  $\beta$ -CD ساختمان پیچیده و کمپلکسی با فرم اندازه و قطب مشخصی دارد (شکل ۳) که دارای قطر داخلی ۰٫۷۸ نانومتر و قطر خارجی ۱٫۵۳ نانومتر می‌باشد [۶].

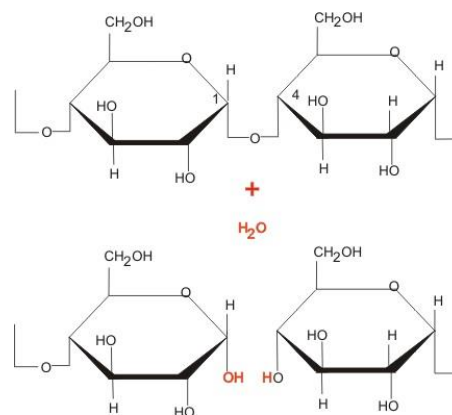
جدول ۱: خواص فیزیکی سیکلودکسترین [۱].

$\gamma$	$\beta$	$\alpha$
تعداد بلوک‌های ساختمانی		
۸	۷	۶
گلایکوپیرانوس		
۱۲۹۷	۱۱۳۵	۹۷۲
وزن مولکولی		
۲۳،۲	۱،۸۵	۱۴،۵
حلالیت در ۲۵°C		
(gr/۱۰۰ ml)		

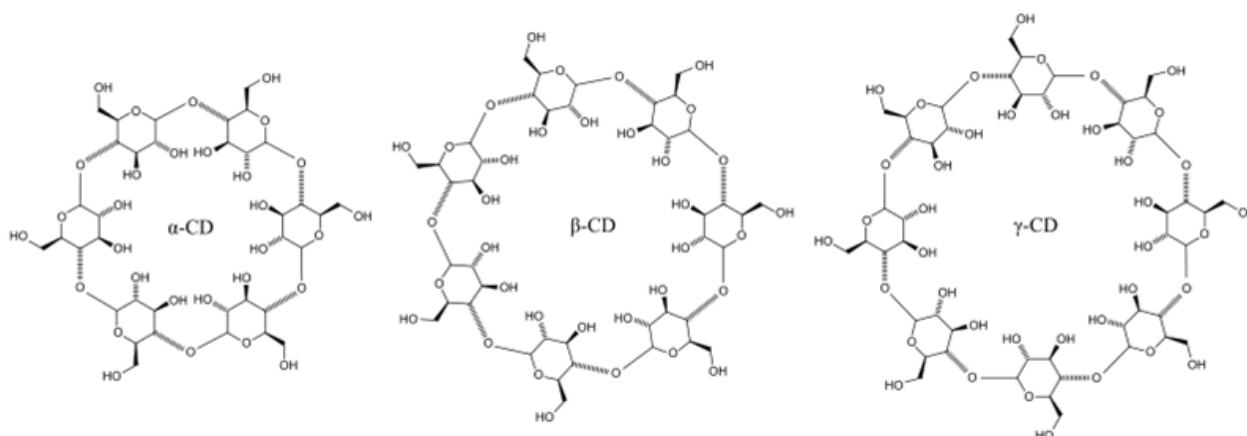
1- Cycloglycosyltransferase

2-  $\alpha$ -CD,  $\beta$ -CD,  $\gamma$ -CD

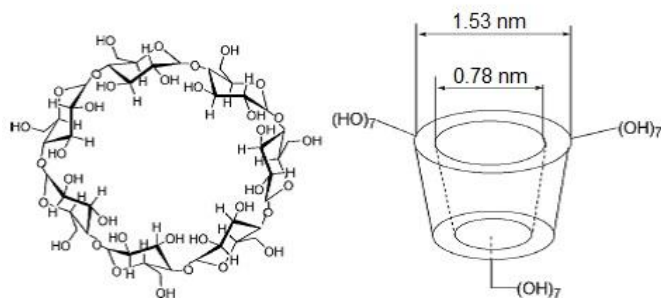
مراحل چاپ در صنعت نساجی ابتدا آماده‌سازی خمیر چاپ، چاپ‌زدن بر روی منسوج، خشک‌کردن، تثبیت و در نهایت شستشو می‌باشد. کاربرد مواد کمکی در بهبود شرایط رنگ‌رزی، چاپ و تکمیل بسیار اهمیت دارد. ترکیبات ساکاریدی از جمله مواد مصرفی در چاپ منسوجات است. بتاسیکلودکسترین ریز کپسول شیمیایی است که اگرچه از لحاظ شرایط فیزیکی و شیمیایی قابل کاربرد در فرآیند چاپ جهت کسب کیفیت‌های ویژه می‌باشد ولی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این ماده به دلیل سطح آب‌دوست و حفره آب‌گریزی که دارد در صنایع مختلف به عنوان ماده کمکی استفاده می‌شود. بتاسیکلودکسترین از لحاظ سمیت طبق گزارشات موجود دارای هیچگونه اثر سرطان‌زایی نبوده و به عنوان ماده کمکی در صنایع غذایی استفاده شده است. سیکلودکسترین‌ها الیگوساکاریدهای حلقوی شکل با واحدهای  $\alpha$ -D گلوکز هستند که از تخریب نشاسته با آنزیم CGTase<sup>۱</sup> یا باکتری تولید می‌شوند [۱-۳].



شکل ۱: تجزیه نشاسته [۱].



شکل ۲: ساختار شیمیایی سه نوع مشتق اصلی CD [۵].

شکل ۳: ساختار و ابعاد  $\beta$ -CD [۶].

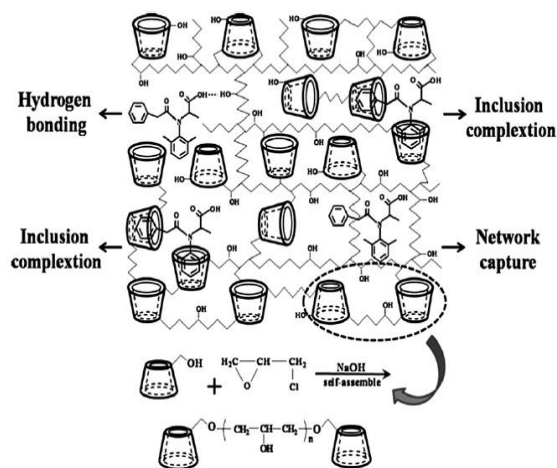
قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد اگر میزان مصرف (MCT- $\beta$ -CD) مقدار (۶۰ gr/l)، دی‌متیلول دی‌هیدروکسی اتیلن اوره (۲۰ gr/l)، اسید سیتریک (۵ gr/l) و پلی‌اتیلن گلیکول (۱۰ gr/l) باشد، محافظت در برابر نور UV افزایش یافته و خواص ثباتی آن بهتر می‌شود [۱۱]. همچنین قول<sup>۲</sup> و همکارانش، بررسی رنگ‌پذیری پارچه پلی‌پروپیلن تکمیل شده با پلیمر بتاسیکلودکستیرین-اسید سیتریک را مورد مطالعه قرار دادند. بررسی نتایج آنها نشان داد که رنگ‌پذیری نمونه‌های اصلاح‌شده با رنگینه‌های اسیدی، دیسپرس و راکتیو بهبود پیدا یافته است [۲۱].

در بررسی اثر  $\beta$ -CD در رنگ‌رزی پلی‌استر توسط کاریگنانو<sup>۳</sup> و همکارانش، ارزیابی نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که  $\beta$ -CD می‌تواند به عنوان یک افزودنی در حمام رنگ‌رزی پلی‌استر جایگزین مناسبی با اثرات محیط زیستی مطلوب برای دیگر افزودنی‌های شیمیایی باشد [۱۳].

وانگ<sup>۴</sup> و همکارانش، در مطالعه‌ای به بررسی اصلاح سطح پنبه با استفاده از  $\beta$ -CD به روش سل-ژل پرداختند. نتایج تحقیق آنها حاکی از آن است که  $\beta$ -CD خواص جدیدی را در مورد قرار گرفتن انتخابی مواد مهمان در درون حفره‌ها ارائه می‌دهد [۱۴].

در این پژوهش با استفاده از عامل بتاسیکلودکستیرین پارچه پنبه/ پلی‌استر را برای چاپ با رنگ دیسپرس راکتیو آماده کرده و نهایتاً با نانو دی اکسید تیتانیوم برای بهبود خواص لکه‌بری عمل می‌شود. از مزیت‌های این روش می‌توان به بکارگیری سیکلودکستیرین‌ها بر روی پارچه‌های مخلوط پنبه/ پلی‌استر قبل از چاپ به عنوان پیش عملیات اشاره کرد تا از این طریق بتوان میزان رطوبت‌پذیری و قدرت رنگی نمونه‌ها را بهبود بخشید و دیگر اینکه که با به‌کارگیری نانو دی اکسید تیتانیوم بعد از چاپ، خواص لکه‌بری کالا را تقویت نمود.

$\beta$ -CD از مولکول‌هایی است که خواص مهمان - میزبان را دارد. در صورت شبکه‌ای شدن سیکلودکستیرین با شبکه‌کننده مناسب، پلیمر سیکلودکستیرین CDPs به وجود می‌آید که نامحلول در آب است و توانایی جذب سطحی بالایی را به دلیل توانایی تشکیل کمپلکس دارد. روش جذب سطحی به دو روش می‌باشد: ۱- مولکول CD می‌تواند با پلیمر نامحلول پیوند داده شود ۲- ایجاد پیوند کوالانسی با بستر نامحلول در آب [۷]. در شکل ۴، ساختار شبکه‌ای شدن سیکلودکستیرین نشان داده شده است [۸].



شکل ۴: ساختار شبکه‌ای شدن CD و ارتباط آن با سازوکار جذب [۸].

از جمله کاربردهای  $\beta$ -CD، می‌توان به از بین بردن آلودگی از آب، استفاده در رنگ‌رزی و ترکیبات آروماترایی اشاره کرد [۹-۱۰]. در تحقیقی که توسط ابراهیم<sup>۱</sup> و همکارانش انجام شد با استفاده از عامل مونوکلوتری آزین بتاسیکلودکستیرین (MCT- $\beta$ -CD) پارچه پشم/ پلی‌استر را برای عملیات چاپ تخت با رنگینه دیسپرس آماده کرده و محافظت در برابر نور UV و خواص ثباتی آن مورد بررسی

2- Ghoul  
3- Carpignano  
4- Wang

1- Ebrahim

## ۲- بخش تجربی

## ۱-۲ مواد

در این تحقیق از پارچه پنبه /پلی استر ۵۰،۵۰ با تراکم تار ۳۳،۵/cm تراکم /تراکم بود ۱۷،۵/cm با وزن متر مربع ۲۲۵ gr/m<sup>2</sup> از شرکت سیدالشهداء اردکان یزد استفاده شد. سایر مواد مانند بتاسیکلودکسترین با خلوص ۹۹،۹٪ از شرکت سیگما آلدریج<sup>۱</sup>، اسید سیتریک برای تنظیم pH با درصد ۳۵ شرکت قطران شیمی، آلجینات، اوره، بی کربنات سدیم، امولسی فایر، لودیگول، ضدکف و نفت برای تولید خمیر چاپ، صابون غیریونی (Actawash اراک) برای شستشو، کربنات سدیم برای ثابت شستشویی، نانو دی اکسید تیتانیم با نام P25-Degussa دارای اندازه ۸۰-۶۰ نانومتر و متیلن آبی<sup>۲</sup> برای لکه گذاری، هیپو فسفیت سدیم، و رنگ دیسپرس راکتیو Tecosan yellow N132 از شرکت ساندوز<sup>۳</sup> استفاده شد. همچنین از دستگاه طیف سنج انعکاسی (X-rite SP 62) ساخت آمریکا برای اندازه گیری مولفه های رنگی، طیف سنج انتقالی اسپکترونیک ۷۰۰ (Jenway 6300) برای اندازه گیری میزان جذب سوش باکتری، انکوباتور<sup>۴</sup> جهت انکوبه کردن باکتری ها و دو لامپ فرابنفش ۲۰ وات مدل سیلوانیا<sup>۵</sup> ساخت آلمان تعبیه شده در کابینت نور استفاده گردید.

## ۱-۲- روش کار

ابتدا پارچه پنبه/پلی استر ۵۰،۵۰ در محلول بتاسیکلودکسترین طبق جدول ۲ با برداشت ۱۰۰٪ فولارد شد. لازم به ذکر است مقدار ۲،۵٪ (W/V) اسید سیتریک به تمامی محلول های حاوی بتاسیکلودکسترین اضافه گردیده است.

بعد از عملیات پد کردن، پارچه را در دما °C ۱۰۰ به مدت ۳ دقیقه خشک کرده و در دمای °C ۱۴۰ در دو زمان ۵ و ۹ دقیقه تثبیت شد و بعد از این عملیات پارچه را با رنگ دیسپرس راکتیو انتخابی طبق شرایط مورد اشاره در جداول ۳ و ۴ پارچه چاپ می شود. سپس نمونه ها در دمای °C ۱۰۰ به مدت ۳ دقیقه خشک کرده و در دمای °C ۱۶۰ به مدت ۷ دقیقه تثبیت کرده و بعد شستشو با آب سرد و در نهایت شستشو با شوینده غیر یونی ۲ gr/l در دمای °C ۶۰ انجام می شود سپس در هوای آزاد نمونه ها خشک گردید.

- 1- Sigma-Aldrich
- 2- Methylene blue
- 3- Sandoz
- 4- Incubator
- 5- Sylvania

## جدول ۲: شرایط عملیات پد.

شماره	بتاسیکلودکسترین (gr/100ml)	اسید سیتریک (gr/100ml)	زمان تثبیت (min)
۱	۵	۲،۵	۹
۲	۵	۲،۵	۵
۳	۱۲،۵	۲،۵	۹
۴	۱۲،۵	۲،۵	۵
۵	۲۵	۲،۵	۹
۶	۲۵	۲،۵	۵
۷	۳۷،۵	۲،۵	۹
۸	۳۷،۵	۲،۵	۵
۹	۵۰	۲،۵	۵

## جدول ۳: مقدار مواد اولیه برای تهیه خمیر مادر.

ماده مصرفی	gr /Kg
آلجینات (۰/۴)	۶۰۰
اوره	۸۰
بی کربنات سدیم	۲۰
امولسی فایر	۵۰
لودیگول	۳۰
ضدکف	۵
نفت	۱۰۰
Balance	X

## جدول ۴: نسخه چاپ مورد استفاده.

ماده مصرفی	gr/Kg
رنگینه	۲۰
خمیر مادر	۶۰۰
Balance	Y

نمونه های پارچه های خشک شده پس از عملیات چاپ، در محلول هایی شامل نانودی اکسید تیتانیم که مطابق جدول ۵ تهیه گردید غوطه ور شده تا نانو دی اکسید تیتانیم بر کالا رmq کشی شود. بعد از این مرحله نمونه ها در دمای °C ۷۰ به مدت ۲ دقیقه خشک شده و در دمای °C ۱۶۰ به مدت ۳ دقیقه تثبیت نموده و با آب سرد شستشو داده و نهایتا در دمای °C ۷۰ خشک گردید.

ISO105 B02 1996 به مدت یک هفته در مقابل تابش مستقیم نور خورشید قرار داده شده و میزان تغییرات رنگی آنها در مقایسه با معیار آبی قرار گرفته در شرایط یکسان مورد ارزیابی واقع شد. همچنین ثبات شستشویی نمونه‌ها مطابق استاندارد ISO 105 C05 1996 مورد بررسی قرار گرفت.

#### بررسی خواص خودتمیزشوندگی

برای بررسی خواص خودتمیزشوندگی، ۰٫۱ میلی لیتر متیلن آبی از فاصله یک سانتی متری بر روی نمونه‌ها ریخته شده و تغییرات رنگی آنها بعد از قرار گرفتن در برابر نور UV در فواصل زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفت.

#### بررسی خواص جذب رطوبت

برای اندازه‌گیری میزان جذب آب از روش استاندارد ASTM D 4772-09e1 استفاده گردید. رطوبت‌پذیری نمونه پارچه‌های تهیه شده در تحقیق حاضر به دو صورت مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱- بررسی زمان جذب قطره آب و مساحت پخش شدن آن که بدین منظور، یک قطره کوچک آب از فاصله یک سانتی متری بر روی پارچه تحت کشش انداخته شده و زمان لازم برای جذب شدن قطره به درون بافت پارچه و همچنین مساحت پخش قطره اندازه‌گیری شد.

۲- بررسی حجم نگهداری آب در پارچه که در این ارتباط، قطرات آب از انتهای یک بورت به صورت مداوم از فاصله یک سانتی متری بر روی نمونه‌های پارچه‌ای ریخته شده و هنگامی که اولین قطره از زیر پارچه خارج شد، حجم آب مصرفی از بورت خوانده و گزارش می‌شود.

جدول ۵: شرایط خودتمیزشوندگی نمونه‌ها.

نانو دی اکسید تیتانیوم (o.w.f)	TiO <sub>2</sub>
اسید سیتریک (o.w.f)	۱۰٪
هیپوفسیت سدیم (o.w.f)	۵٪
L:R	۱:۱۰۰
T (°C)	۸۰
t (min)	۱۵

#### اثر روش تثبیت و عمل کردن پارچه بر مولفه رنگی و قدرت رنگی نمونه‌های تثبیت شده

قدرت رنگی نمونه‌ها بر اثر روش تثبیت چاپ و عمل کردن پارچه پنبه-پلی استر طبق جدول ۶ مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### بررسی خواص ریخت‌شناسی سطحی

تغییرات سطحی پارچه‌های عمل شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM XL30 Philips) مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، سطح نمونه‌ها ابتدا توسط طلا روکش داده شد.

#### بررسی مولفه‌های رنگی و قدرت رنگی نمونه‌ها

قدرت رنگی نمونه‌ها پس از چاپ و خشک شدن توسط دستگاه طیف‌سنج انعکاسی تحت منبع نوری D65 و زاویه مشاهده‌کننده ۱۰ درجه با اندازه‌گیری محرک‌های رنگی به صورت \*L\* \*a\* \*b\* مورد ارزیابی واقع شد.

#### بررسی ثبات رنگی

ابتدا ثبات نوری نمونه‌های چاپ شده مطابق استاندارد

جدول ۶: روش تثبیت و عمل کردن پارچه مورد استفاده.

کد نمونه	غلظت بتاسیکلودکسترین (gr/100ml)	غلظت اسید سیتریک (gr/100ml)	روش عمل کردن پارچه	روش تثبیت بتاسیکلودکسترین
AP	۵۰	۲٫۵	پد کردن با برداشت ۱۰۰٪	تثبیت در اتوکلاو در دمای ۱۶۰ °C به مدت ۷ دقیقه
AR	۵۰	۲٫۵	رق کشی در دمای ۸۰ °C به مدت یک ساعت	تثبیت در اتوکلاو در بخار اشباع ۱۰۲ °C به مدت ۷ دقیقه
OP	۵۰	۲٫۵	-	-
OR	۵۰	۲٫۵	-	-

شده است. می‌توان مشاهده کرد که نمونه خام و عمل‌نشده از سطح (شکل الف) نسبتاً صاف‌تر و عدم حضور مواد روی سطح برخوردار است در حالی که تصویر SEM نمونه چاپ شده با بتاسیکلودکسترین (شکل ب) تجمع و حضور مواد عمل شده را نشان می‌دهد و تصویر شکل ج، تجمع دی‌اکسیدتیتانیوم و دیگر مواد چاپ شده حاوی بتاسیکلودکسترین را بسیار بیشتر و بهتر نشان می‌دهد.

### ۳-۲- اثر روش تثبیت و عمل کردن پارچه بر مولفه رنگی و قدرت رنگی نمونه‌های تثبیت‌شده

نتایج مولفه‌ها و قدرت رنگی نمونه‌ها (K/S) در جدول شماره ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های تثبیت شده با آون از قدرت رنگی بیشتری نسبت به نمونه‌های تثبیت شده با اتوکلاو برخوردار است که به نظر می‌رسد، به علت وجود رطوبت نسبی مورد نیاز برای نفوذ رنگینه در آون رنگینه بیشتر نفوذ می‌کند ولی در اتوکلاو به دلیل داشتن بخار اشباع، رقیق شدن رنگینه را به دنبال داشته و نتیجه کاهش نفوذ رنگینه را حاصل می‌شود.

از مقایسه OP نسبت به OR و AP نسبت به AR می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های عمل شده با روش پد با بتاسیکلودکسترین، دارای قدرت رنگی بیشتری از نمونه‌های تکمیل شده به روش رمق‌کشی می‌باشند. به نظر می‌رسد، علت آن پر شدن احتمالی بیشتر منافذ پارچه در روش رمق‌کشی باشد و دیگر اینکه، شانس ایجاد پیوند بتاسیکلودکسترین با بتاسیکلودکسترین در این حالت وجود دارد. اما در روش پد به علت اشغال شدن عامل‌های سطحی هیدروکسی و استری پارچه، این مشکل کمتر ایجاد می‌گردد.

جدول ۷: بررسی روش تثبیت بر مولفه‌ها و قدرت رنگی نمونه‌ها.

نمونه	L*	a*	b*	k/s
AR	۷۳,۱۵	۰,۹۶	۷۶,۲	۱۳,۱۸
AP	۷۳,۱۹	۱,۴۴	۷۶,۱۵	۱۳,۸۵
OR	۷۹,۵۱	-۳,۶۶	۵۸,۷۸	۳,۹۵
OP	۷۸,۵۴	-۳,۷۸	۵۸,۲۹	۳,۹۷

### ۳-۳- اثر مدت زمان تثبیت بر مولفه‌های رنگی و قدرت رنگی نمونه‌های چاپ شده

براساس نمونه‌های تثبیت شده در دو زمان داده شده نتیجه می‌شود که استفاده از مدت زمان بیشتر در تثبیت، قدرت رنگی بیشتر نمونه‌ها را به دنبال خواهد داشت و نیز روشنایی کمتری به همراه دارد (جدول ۸). به نظر می‌رسد، دلیل آن، فرصتی است که به بتاسیکلودکسترین داده می‌شود که در لایه‌های داخلی تر لیف نفوذ و باعث تشکیل پیوند بیشتر با لیف گردد.

### آزمون میزان حرکت عمودی آب در نوار پارچه‌ای<sup>۱</sup>

ابتدا نمونه پارچه‌ها را در ابعاد  $2,5 \times 10 \text{ cm}^2$  بریده و از جهت تار، به اندازه یک سانتی‌متر از آن را درون بشر آب قرار داده و ارتفاع بالا آمدن آب بر حسب زمان اندازه‌گیری شد [۱۵].

### بررسی خواص ضد میکروبی

در این تحقیق برای مطالعه فعالیت ضد میکروبی از روش کمی AATCC Test Method 100-1993 استفاده شده است [۱۶-۱۷]. همچنین برای ارزیابی این فعالیت، باکتری استافیلوکوک ارئوس که یک گونه گرم مثبت است مورد مطالعه واقع گردیده است. این روش که در مقایسه با سایر روش‌ها وقت‌گیرتر ولی از دقت بالایی برخوردار است، مراحل انجام آن به ترتیب به شرح زیر می‌باشد:

- ضد عفونی کردن نمونه‌هایی به قطر ۵ سانتی‌متر با قرار دادن آنها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه

- رشد باکتری‌های مورد نظر در ۱۰ میلی‌لیتر نوترینت برات و سپس انکوبه کردن آن در انکوباتور

- انتقال ۱ میلی‌لیتر از نوترینت برات انکوبه شده به یک صفحه محتوی نوترینت آگار ضد عفونی شده و قرار دادن آن در انکوباتور

- انتقال چند چرخه از محیط کشت باکتری به داخل لوله آزمایش محتوی ۹ میلی‌لیتر سالین نرمال و تنظیم غلظت لوله آزمایش در جذب ۰,۲-۰,۳ در طول موج ۵۸۰ نانومتر به وسیله طیف‌سنج

انتقالی اسپکترونیک ۷۰۰

- انتقال ۱ میلی‌لیتر از محلول با غلظت  $1000 \text{ cfu/ml}^2$  بر روی نمونه پارچه‌ها و انتقال آنها با پنس به ارلن ضد عفونی شده ۲۵۰

میلی‌لیتر و سپس انکوبه کردن به مدت ۲۴ ساعت

انتقال ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ضد عفونی شده به ارلن‌ها و هم‌زدن آنها به مدت ۱ دقیقه، انتقال ۱ میلی‌لیتر از این محلول به صفحه

محتوی ۲۵ میلی‌لیتر نوترینت آگار ضد عفونی شده و نهایتاً انتقال آنها به داخل انکوباتور به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد

شمارش باکتری‌های زنده توسط دستگاه COLONY COUNTER

محاسبه درصد نرخ کاهش باکتری توسط رابطه ۱.

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

A = تعداد کلونی باکتری روی نمونه عمل نشده

B = تعداد کلونی باکتری روی نمونه عمل شده

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- بررسی خصوصیات میکروسکوپی

تصاویر SEM نمونه‌های پنبه/پلی‌استر خام و عمل شده در شکل ۵ ارائه

1- Wicking

2- Colony Forming Unit

جدول ۸: بررسی زمان تثبیت بر مولفه‌ها و قدرت رنگی نمونه‌ها.

نمونه	L*	a*	b*	$\Delta E$	k/s
۳	۷۳,۴۷	۱,۹۳	۷۷,۴۵	۱,۱۵	۱۲,۶۴
۴	۷۳,۹۴	۱,۶۱	۷۵,۹۲	۲,۵۵	۱۲,۲۱

### ۳-۴- اثر غلظت بتاسیکلودکسترین بر مولفه‌های رنگی و

#### قدرت رنگی نمونه‌های چاپ شده

نتایج مولفه‌ها و قدرت رنگی نمونه‌های چاپ شده در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد با کم شدن غلظت بتاسیکلودکسترین از ۳۷,۵٪ به ۲,۵٪ قدرت رنگی بیشتر می‌شود و تنها یک استثنا در نمونه ۷ (غلظت ۲,۵٪) دیده می‌شود و نیز افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین از ۲,۵٪ به ۳۷,۵٪ روشنایی بیشتری را به همراه خواهد داشت. بیشترین تاثیر بتاسیکلودکسترین در رنگرزی مربوط به یکنواختی فام حاصله نمونه‌هاست و بهبودی در جذب رنگینه روی کالا را حاصل نمی‌گردد. این نتیجه با تحقیق پژوهشگران دیگر مطابقت دارد [۱۹، ۱۸]. به نظر می‌رسد علت کاهش قدرت رنگی، حجیم بودن بتاسیکلودکسترین و محبوس شدن آن در فضاهای خالی و خارج شدن آن در زمان شستشو باشد به طوری که رنگ به آن متصل است و افزایش روشنایی به دلیل کاهش جذب رنگ می‌باشد.

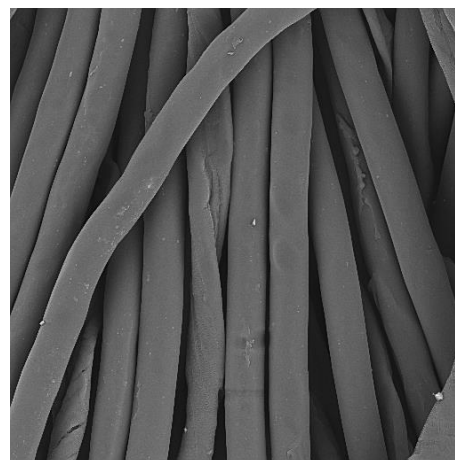
جدول ۹: بررسی اثر غلظت بتاسیکلودکسترین بر قدرت و مولفه‌های رنگی نمونه‌ها.

شماره نمونه	L*	a*	b*	$\Delta E$	K/S
مرجع	۷۴,۰۱	۱,۷۲	۷۸,۴۵	-	۱۴,۹۹
۱	۷۲,۵۳	۳,۰۴	۷۸,۵۵	۱,۹۸	۱۴,۶۵
۲	۷۲,۱۵	۳,۲۹	۷۷,۰۴	۲,۸۱	۱۳,۳۴
۳	۷۳,۴۷	۱,۹۳	۷۷,۴۵	۱,۱۵	۱۲,۶۴
۴	۷۳,۹۴	۱,۶۱	۷۵,۹۲	۲,۵۵	۱۲,۲۱
۵	۷۴,۲۷	۱,۳۷	۷۵,۹۰	۲,۵۸	۱۰,۷۳
۶	۷۳,۲۴	۱,۷۲	۷۵,۶۸	۱,۴۰	۱۲,۰۴
۷	۷۵,۳۵	۱,۲۷	۷۸,۴۶	۲,۸۱	۱۲,۰۰
۸	۷۴,۵۰	۱,۳۰	۷۶,۶۴	۱,۹۲	۱۱,۰۷

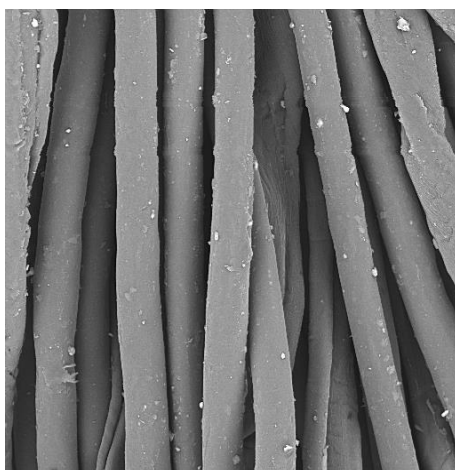
### ۳-۵- اثر غلظت بتاسیکلودکسترین و زمان تثبیت بر خواص

#### جذب آب نمونه‌های چاپ شده

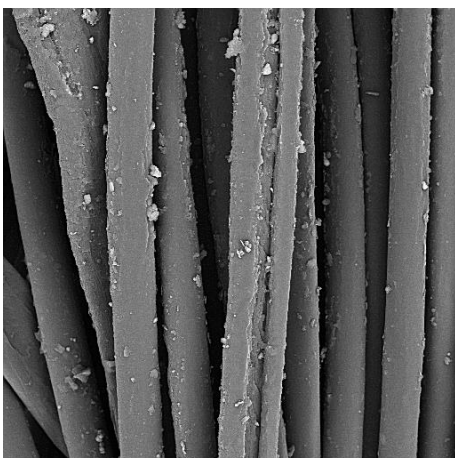
نتایج جذب، مساحت پخش و حجم آب مصرفی در جدول ۱۰ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین زمان جذب کمتر، مساحت پخش بیشتر و حجم آب مصرفی بیشتر می‌گردد و تنها یک استثنا در نمونه‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که



الف



ب



ج

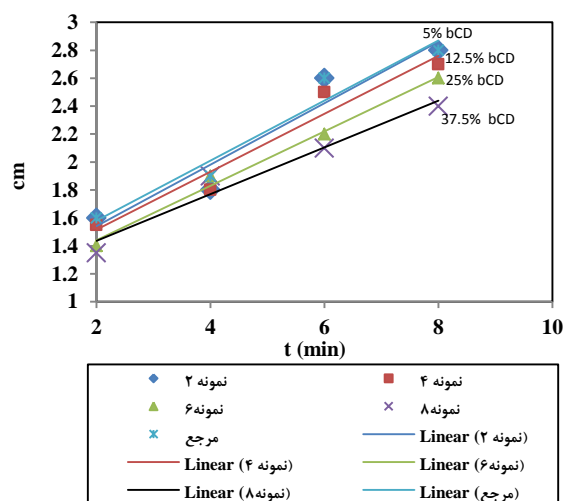
شکل ۵: تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های خام و نمونه‌های عمل شده. الف- نمونه خام، ب- نمونه چاپ شده با بتاسیکلودکسترین و فاقد دی‌اکسید تیتانیوم، ج- نمونه چاپ شده با بتاسیکلودکسترین و عمل شده با دی‌اکسید تیتانیوم.

در پارچه را نمی‌دهند.

### ۷-۳- اثر غلظت‌های اکسید تیتانیم و بتاسیکلودکسترین بر

#### پایداری لکه در مقابل نور UV

نتایج لکه‌بری در برابر نور UV در جدول ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش غلظت اکسید تیتانیم از ۲٪ به ۵٪ پایداری لکه در برابر نور UV کاهش می‌یابد. اختلاف رنگ نمونه‌ها با نمونه مرجع افزایش یافته که علت آن خاصیت فوتوکاتالیزوری  $TiO_2$  است به طوری که هرچه غلظت  $TiO_2$  بر کالا بیشتر شود خاصیت فوتوکاتالیزوری بیشتر خود را نمایان می‌کند. همچنین با کاهش غلظت بتاسیکلودکسترین پایداری لکه در برابر نور UV کاهش یافته یا به عبارتی میزان لکه‌بری افزایش می‌یابد.



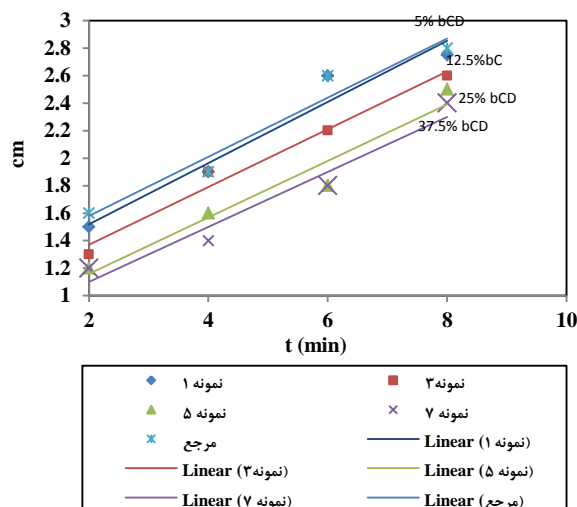
شکل ۷: مقایسه خواص موئینگی برای نمونه‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰

غلظت بهینه بتاسیکلودکسترین را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد علت آن، تراکم زیاد بتاسیکلودکسترین‌ها در کنار هم است که باعث انتقال مولکول آب از یک مولکول بتاسیکلودکسترین به مولکول کناری می‌شود.

### ۶-۳- اثر غلظت بتاسیکلودکسترین بر خاصیت موئینگی

#### پارچه عمل شده با آن

براساس نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین از ۲،۵٪ به ۳۷،۵٪ در زمان‌های تثبیت ۵ دقیقه (شکل ۶) و ۹ دقیقه (شکل ۷) موئینگی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد علت آن، پرشدن منافذ پارچه با مواد بتاسیکلودکسترین هست که اجازه به مولکول‌های آب برای حرکت



شکل ۶: مقایسه خواص موئینگی برای نمونه‌های ۱، ۳، ۵، ۷، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰

جدول ۱۰: خواص جذب آب.

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	مرجع
زمان جذب آب (s)	۳،۹۲	۴،۲	۳،۲۸	۴	۳،۲۲	۳،۸	۳،۱۴	۳،۶	۴،۷
مساحت پخش آب (cm <sup>2</sup> )	۴،۸۱	۵،۳۱	۵،۱۵	۵،۳۵	۵،۲۵	۵،۵۸	۵،۱۴	۵،۲۳	۵،۰۸
حجم نگه داری آب (ml)	۱	۱،۹	۱،۲	۱،۵	۱،۳	۱،۶	۰،۹	۱،۴	۲

جدول ۱۱: اثر غلظت‌های متفاوت  $TiO_2$  بر لکه‌بری.

نمونه	قبل از نوردهی			پس از نوردهی		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
۲٪	۲۷،۶۸	-۹،۲۴	۹،۶۷	۲۹،۴۵	-۱۰،۷۹	۱۱،۳۷
۵٪	۲۷،۴۴	-۸،۶۶	۸،۴۱	۳۱،۶۱	-۱۰،۵۱	۱۲،۶۲



جدول ۱۲: مقادیر مولفه‌های رنگی و اختلاف رنگ نمونه‌های لکه شده با متیلن آبی.

شماره نمونه	قبل از پرتو دهی			پس از پرتو دهی		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
۱	۲۷,۴۴	-۸,۶۶	۸,۴۱	۳۱,۶۱	-۱۰,۵۱	۱۲,۶۲
۲	۲۷,۴۹	-۹,۱۸	۹,۱۵	۳۰,۹۵	-۱۰,۵۹	۱۲,۲۰
۳	۲۷,۴۱	-۱۰,۳۷	۷,۶۱	۳۰,۳۷	-۱۱,۸۹	۱۰,۴۲
۴	۲۸,۴۴	-۱۰,۳۵	۶,۹۳	۳۱,۴۴	-۱۲,۰۰	۱۰,۰۰
۵	۲۹,۵۶	-۹,۹۶	۷,۵	۳۱,۹۶	-۱۲,۱۷	۱۰,۷۱
۶	۲۷,۶۱	-۸,۷۷	۱۱,۲۶	۲۹,۶۹	-۱۰,۳۷	۱۳,۹۵
۷	۲۸,۰۲	-۱۱,۵۶	۹,۴۶	۳۰,۳۳	-۱۳,۰۷	۱۱,۵۷
۸	۲۸,۵۶	-۹,۶۲	۷,۵۷	۲۹,۹۱	-۱۱,۲۶	۹,۸

۳-۹ اثر ثبات شستشویی و ثبات نوری نمونه‌های چاپ شده نتایج ثبات شستشویی و نوری نمونه‌ها نشان می‌دهد که استفاده از پارچه پنبه/پلی استر عمل شده با بتاسیکلودکسترتین و سپس چاپ شده با رنگینه دیسپرس راکتیو، ثبات شستشویی خوبی را به همراه داشته و تغییر رنگ و لکه‌گذاری بین ۵-۴ ارزیابی شده است و ثبات نوری نتایج خوبی را به همراه داشته و ثبات نوری نمونه‌ها بین ۶-۴ ارزیابی شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که افزایش بتا سیکلو دکسترتین، تاثیر منفی را بر ثبات‌های مذکور باعث نشده است.

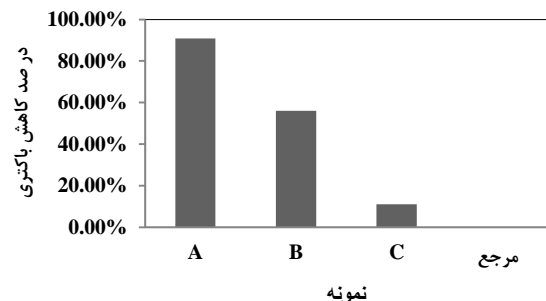
جدول ۱۳: نتایج ثبات نوری و شستشویی نمونه‌های عمل شده با بتاسیکلودکسترتین.

کد نمونه	ثبات شستشویی			تغییر رنگ
	ثبات		لکه‌گذاری روی نایلون	
	ثبات نوری	لکه‌گذاری روی پنبه		
مرجع	۵	۵	۵	۵
۱	۴-۵	۵	۵	۴-۵
۲	۴	۴-۵	۵	۴
۳	۴-۵	۴-۵	۵	۴-۵
۴	۴-۵	۴-۵	۵	۴-۵
۵	۴	۴-۵	۵	۴
۶	۴-۵	۴-۵	۵	۴-۵
۷	۴	۴	۵-۶	۴
۸	۴	۴-۵	۶	۴

### ۳-۸- بررسی فعالیت ضد میکروبی نمونه‌های چاپ شده و عمل شده با $TiO_2$

نتایج ضد میکروبی نمونه‌ها در مقابل باکتری *S.aureus* در شکل ۸ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش میزان  $TiO_2$  از ۲٪ (نمونه B) به ۵٪ (نمونه A)، درصد کاهش باکتری از ۵۶,۱٪ به ۹۰,۸٪ افزایش می‌یابد و نیز وجود بتاسیکلودکسترتین در (نمونه C)، صرفاً به میزان ۱۱٪ کاهش فعالیت ضد میکروبی را به همراه داشته است. این نتیجه در راستای مطالعات حاجی و همکارانش در محدود بودن اثر بتاسیکلودکسترتین در فعالیت ضد میکروبی نمونه‌ها می‌باشد [۱۴].

به نظر می‌رسد که خاصیت فتو کاتالیزوری  $TiO_2$  در غلظت بالاتر، باعث تخریب دیواره غشائی سیتوپلاسم میکروب شده و متعاقباً نابودی میکروب را باعث شده است.



شکل ۸: فعالیت ضد میکروبی نمونه‌های چاپ شده (A: عمل شده با  $TiO_2$  به میزان ۵٪، B: عمل شده با  $TiO_2$  به میزان ۲٪، C: عمل شده با بتاسیکلودکسترتین فاقد  $TiO_2$ ).

## ۴- نتیجه گیری

نتایج بهتری را حاصل می‌نماید و افزایش غلظت دی‌اکسیدتیتانیوم باعث افزایش قدرت لکه‌بری کالای عمل شده خواهد شد.  
- نتایج حاصل از آزمون wicking نشان می‌دهد که افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین از ۰.۲٪ به ۳۷.۵٪ باعث کم شدن قابلیت موئینگی پارچه می‌گردد.  
- براساس نتایج به دست آمده از آزمون ضد میکروبی کالا مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت  $TiO_2$  در صد کاهش باکتری و قدرت میکروبی کالی کالا نیز افزایش می‌یابد و بتاسیکلودکسترین نیز قادر است تا خواص ضدباکتری محدودی را از خود نشان دهد.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات آقای دکتر مشتاقیون و خانم کارگر در دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه یزد در انجام آزمایش بررسی خواص ضد میکروبی نمونه‌ها، تقدیر و تشکر به عمل آورند.

از پژوهش حاضر نتایج زیر حاصل می‌شود.  
- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها، نشان از حضور مواد عمل شده روی سطح نمونه‌ها در مقایسه با سطح صاف نمونه پارچه عمل نشده دارد.  
- با عمل کردن پارچه با بتاسیکلودکسترین قدرت رنگی پارچه‌های عمل شده، کمتر می‌شود. هر چه غلظت بتاسیکلودکسترین بیشتر شده، قدرت رنگی نیز کاهش یافته ولی ثبات‌های نوری و شستشویی نمونه‌ها، تغییری نداشته است.  
- قدرت رنگی نمونه‌ها در هنگام تثبیت بتاسیکلودکسترین در آون نسبت به اتو کلاو بخار بهبود یافته است و هر چه زمان تثبیت بیشتر شده، قدرت رنگی بیشتری حاصل شده است.  
- افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین زمان جذب قطره آب را کاهش داده، مساحت پخش آب را زیاد می‌کند و میزان حجم آب قابل نگهداری قبل از چکه کردن را نیز افزایش می‌دهد.  
- عملکرد لکه‌بری دی‌اکسیدتیتانیوم با کاهش غلظت بتاسیکلودکسترین

## ۵- مراجع

1. E. De Laender, Cyclodextrin-grafted cotton gauzes as drug delivery devices. Doctoral dissertation, Ghent University, (2010).
2. N. Kistamah, C. M. Carr, S. Rosunee, Surface chemical analysis of tencel and cotton treated with a monochlorotriazinyl (MCT)  $\beta$ -cyclodextrin derivative. *J. Mater. Sci.* 41(2006), 2195-2200.
3. B. B. Mamba, R. W. Krause, T. J. Malefetse, S. D. Mhlanga, S. P. Sithole, K. L. Salipira, E. N. Nxumalo, Removal of geosmin and 2-methylisoborneol (2-MIB) in water from Zuikerbosch Treatment Plant (Rand Water) using  $\beta$ -cyclodextrin polyurethanes. *Water SA.* 33(2007), 223-227.
4. A. El. Shafei, S. Shaarawy, A. Hebeish, Application of reactive cyclodextrin poly butyl acrylate preformed polymers containing nano-ZnO to cotton fabrics and their impact on fabric performance. *Carbohydr. Polym.* 79(2010), 852-857.
5. E. S. Abdel-Halim, M. M. Fouda, I. Hamdy, F. A. Abdel-Mohdy, S. M. El-Sawy, Incorporation of chlorohexidin diacetate into cotton fabrics grafted with glycidyl methacrylate and cyclodextrin. *Carbohydr. Polym.* 79(2010), 47-53.
6. E. S. Abdel-Halim, F. A. Abdel-Mohdy, M. M. Fouda, S. M. El-Sawy, I. A. Hamdy, S. S. Al-Deyab, Antimicrobial activity of monochlorotriazinyl- $\beta$ -cyclodextrin/ chlorohexidin diacetate finished cotton fabrics. *Carbohydr. Polym.* 86(2011), 1389-1394.
7. G. Crini, Kinetic and equilibrium studies on the removal of cationic dyes from aqueous solution by adsorption onto a cyclodextrin polymer. *Dyes Pigm.* 77(2008), 415-426.
8. H. Liu, X. Cai, Y. Wang, J. Chen, Adsorption mechanism-based screening of cyclodextrin polymers for adsorption and separation of pesticides from water. *Water Res.* 45(2011), 3499-3511.
9. C. X. Wang, S. L. Chen, Fragrance-release property of  $\beta$ -cyclodextrin inclusion compounds and their application in aromatherapy. *J. Ind. Text.* 34(2005), 157-166.
10. E. S. Abdel-Halim, M. M. Fouda, I. A. Hamdy, F. A. Abdel-Mohdy, S. M. El-Sawy, Incorporation of chlorohexidin diacetate into cotton fabrics grafted with glycidyl methacrylate and cyclodextrin. *Carbohydr. Polym.* 79(2010), 47-53.
11. N. A. Ibrahim, E. M. R. El-Zairy, Union disperses printing and UV-protecting of wool/polyester blend using a reactive  $\beta$ -cyclodextrin. *Carbohydr. Polym.* 76(2009), 244-249.
12. Y. El. Ghoul, B. Martel, A. El. Achari, Ch. Campagne, L. Razafimahefa, I. Vroman, Improved dyeability of polypropylene fabrics finished with  $\beta$ -cyclodextrin-citric acid polymer. *Polym. J.* 42(2010), 804-811
13. R. Carpignano, S. Parlato, P. Piccinini, P. Savarino, M. R. De, Giorgi, R. Fochi, Use of  $\beta$ -cyclodextrin in the dyeing of polyester with low environmental impact. *Color. Technol.* 126(2010), 201-208.
14. C. X. Wang, Sh L. Chen. Surface treatment of cotton using  $\beta$ -cyclodextrins sol-gel method. *Appl. Surf. Sci.* 252(2006): 6348-6352.
15. A. Haji, M. Khajeh Mehrzi, R. Akbarpour, Optimization of  $\beta$ -cyclodextrin grafting on wool fibers improved by plasma treatment and assessment of antibacterial activity of berberine finished fabric. *J. Inclusion Phenom. Macrocyclic Chem.* 81(2015), 121-133
16. D. Abedi, S. M. Mortazavi, M. Khajeh Mehrzi, M. Feiz, Antimicrobial properties of acrylic fabrics dyed with direct dye and a copper salt. *Text. Res. J.* 78(2008), 311-319.
17. M. Khajeh Mehrzi, S. M. Mortazavi, D. Abedi, The antimicrobial characteristic study of acrylic fiber treated with metal salts and direct dyes. *Fibers Polym.* 10(2009), 601-605.
18. A. Cireli, B. Yurdakul, Application of cyclodextrin to the textile dyeing and washing processes. *J. Appl. Polym. Sci.* 100, (2006), 208-218.
19. P. Savarino, G. Viscardi, P. Quagliotto, E. Montoneri, E. Barni, Reactivity and effects of cyclodextrins in textile dyeing. *Dyes Pigm.* 42(1999), 143-147.