

## ثبات رنگ‌های طبیعی

# بر روی کالای پنبه‌ای اصلاح شده با بتاسایکلودکسترین

سامرا سلیم پور، پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری

### چکیده

در این تحقیق، ابتدا نمونه‌های پنبه‌ای با بتاسایکلودکسترین (β-CD) عمل شده و در حضور سدیم هیپوفسفیت (SHP) یا سیتریک اسید (CA) به شیوه پد خشک پخت اتصال برقرار کردند. به منظور بررسی راندمان اتصال، وزن نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین نرخ اتصال (۲۷ درصد وزنی) در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۱۵ دقیقه بدست آمد. نتایج آنالیزهای FTIR، FESEM و آنالیز عنصری، حضور بتاسایکلودکسترین بر روی نمونه‌های اصلاح شده را حتی پس از ۵ مرتبه شستشو نشان می‌دهد. پس از آن، نمونه‌ها با رنگ‌های طبیعی (سماق، دارچین و اکالیپتوس) رنگ‌ریزی شدند. نتایج نشان داد که قدرت رنگی (k/s) نمونه‌های اصلاح شده در مقایسه با نمونه‌های عمل شده با دندانه‌های فلزی به وضوح افزایش یافته است. با افزایش نرخ رمق کشی از حمام رنگ‌ریزی، امکان کپسوله شدن رنگ‌های طبیعی درون حفره‌های بتاسایکلودکسترین افزایش می‌یابد. علاوه بر این، ثبات‌های عمومی (شستشویی، لکه‌گذاری و نوری) نمونه‌های اصلاح شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

### ۱- مقدمه

رنگ‌های طبیعی در رنگ‌ریزی الیاف طبیعی پر کاربرد (نظیر پنبه، پشم و ابریشم) به دلیل عدم سمیت، دوستدار محیط زیست و زیست تخریب پذیر بودن کاربرد زیادی دارند. با این وجود، این رنگ‌ها دارای محدودیت‌هایی نظیر سختی در تکرار پذیری و رنگ همانندی، کند بودن نرخ جذب رنگ‌ها، پایین بودن ثبات‌های عمومی ... می‌باشند.

جهت اصلاح این محدودیت‌ها از تکنیک‌های مختلفی مانند دندانه دادن با نمک‌های فلزی، عمل کردن با ترکیباتی نظیر تانیک اسید، سینتان، سایکلودکسترین‌ها، ساختارهای دندریتیکی ... و اصلاح شیمیایی الیاف طبیعی استفاده می‌کنند.

سایکلودکسترین‌ها (CDS) ترکیبات الیگوساکاریدی حلقوی متشکل از شش تا هشت واحد گلوکوپیرانوزی با ساختار کلی مخروط ناقص هستند. بدلیل طبیعت هیدروفوبیک حفره‌های درونی، سایکلودکسترین‌ها توان تشکیل کمپلکس با محدوده وسیعی از ترکیبات نسبتاً هیدروفوبیک بفرم محلول در آب را دارند.

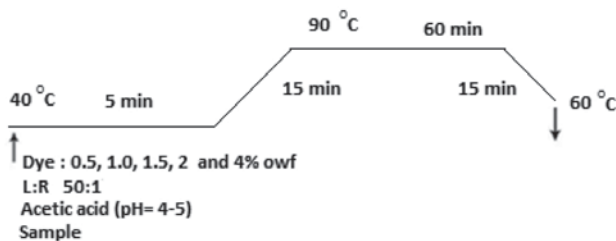
این خاصیت منجر به کاربرد آنها در حوزه‌های مختلف نظیر مقلدهای آنزیمی، کاتالیست‌ها، کپسوله کردن مواد فعال، ترکیبات خوشبو، معطرکننده‌ها، ضد آفات، رنگ‌ها و داروها می‌شود. بر این اساس، استفاده از سایکلودکسترین‌ها به عنوان مواد کمکی در رنگ‌ریزی جهت بهبود فرآیند جذب رنگ‌ها بر روی الیاف پیشنهاد شده است.

تحقیقات نشان می‌دهد که اصلاح الیاف طبیعی سلولزی با پروتئینی یا سایکلودکسترین‌ها و پلی‌کربوکسیلیک اسیدها (ترکیبات اتصال دهنده) پیش از پروسه رنگ‌ریزی می‌تواند پروسه جذب را بهبود بخشد.

در این تحقیق، اثر بتاسایکلودکسترین بر روی میزان جذب رنگ و ثبات‌های عمومی پنبه رنگ‌ریزی شده با رنگ‌های طبیعی مورد بررسی قرار گرفت.

### ۲- مواد اولیه و روش‌ها

نخ پنبه‌ای (۱۰ نمره متریک) از کارخانه نساجی بروجرد تهیه شد. بتاسایکلودکسترین از شرکت سیگماآلدريج خریداری شد و بدون خالص سازی مورد استفاده قرار گرفت. اسید سیتریک، سدیم هیپوفسفیت و سولفات آلومینیوم از شرکت مرک خریداری شدند. رنگ‌های طبیعی (دارچین، سماق و اکالیپتوس) به روش کلاسیک استخراج شدند



شکل ۱- پروسه رنگ‌ریزی.

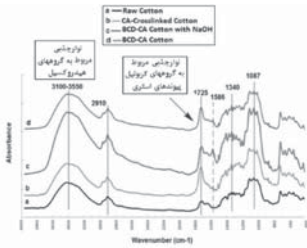
پروسه رنگ‌ریزی نیز مطابق با شکل ۱ انجام شد.

ابتدا نمونه‌های پنبه‌ای در محلول‌های حاوی سیتریک اسید/سدیم هیپوفسفیت/بتاسایکلودکسترین با نسبت وزنی ۱۰/۳/۱۰ به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس، با پیک آپ  $2 \pm 100$  درصد با دستگاه فولارد برداشت شده و در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه خشک و نهایتاً در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه پخت شدند. در انتها نمونه‌ها با آب گرم (۵۰ درجه سانتیگراد) شستشو داده شده تا مواد اضافی واکنش ندهنده از سطح کالا خارج شوند.

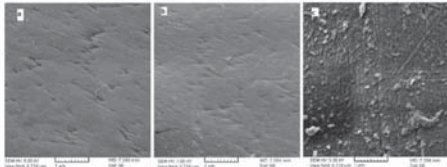
راندمان واکنش نیز با دقت  $2 \pm$  درصد وزنی بر اساس وزن نمونه‌ها قبل و بعد از عمل با بتاسایکلودکسترین محاسبه شد. قدرت رنگی (k/s) (نمونه‌های رنگ‌ریزی شده مطابق با معادله مشهور کیوبلکا-مانک بدست آمد. نهایتاً ثبات شستشویی و نوری نمونه‌ها مطابق با استانداردهای ISO ۱۰۵ C:۱۹۹۴ و ISO ۱۰۵ E:۱۹۹۴ مورد بررسی قرار گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

پس از عملیات پد خشک پخت، کالاهای پنبه‌ای عمل شده با مخلوط بتاسایکلودکسترین و سیتریک اسید از یک افزایش وزنی برخوردار شدند که می‌تواند نشان دهنده پیشرفت واکنش کراسلینک مابین این ترکیبات باشد. این افزایش وزن در محدوده دمایی ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد رخ داد که ماکزیمم مقدار آن در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد و به مقدار ۲۷ درصد وزنی بود. البته پارامتر زمان نقش مهمی را در این پروسه ایفا کرد که بهینه مقدار آن زمان ۱۵ دقیقه برای عملیات پخت بود (نتایج این بخش از تحقیقات



شکل ۳- طیف FTIR پنبه خام (a) پنبه اصلاح یافته با سیتریک اسید (b) پنبه عمل شده با سیتریک اسید و بتاسایکلو دکسترین در حضور سود (c) پنبه عمل شده با سیتریک اسید و بتاسایکلو دکسترین بدون حضور سود (d)



شکل ۴- تصویر SEM لایه پنبه‌ای: (a) اصلاح نشده (b) اصلاح شده با سیتریک اسید (c) اصلاح شده با سیتریک اسید و بتاسایکلو دکسترین.

خاص رنگرزی نمود. با این وجود، در این تحقیق جهت بدست آوردن ثبات‌های بهتر، از نمونه‌های عمل شده با دندانه فلزی سولفات آلومینیوم به‌عنوان نمونه شاهد استفاده شده است. نتایج حاصل از رنگرزی نمونه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش نرخ اتصال بتاسایکلو دکسترین به کالای پنبه‌ای میزان رمق کشی رنگزاهای طبیعی افزایش می‌یابد، به‌نحوی که بیشترین مقدار رمق کشی برای نمونه‌ها در نرخ اتصال ۲۷ درصد وزنی بتاسایکلو دکسترین حاصل می‌شود.

نتایج حاصل از پارامتر قدرت رنگی نمونه‌ها (K/S) (نشان می‌دهد که میزان جذب رنگزا توسط نمونه‌های عمل شده با بتاسایکلو دکسترین در غلظت رنگزاهای ۱/۵ درصد بالاتر از نمونه‌های عمل شده با دندانه فلزی در سایر غلظت‌هاست

جدول ۱. این نتیجه با نتایج حاصل از جذب سنجی محلول رنگزاهای همخوانی دارد (نتایج مربوط به جذب سنجی محلول رنگزاهای و قدرت رنگی نمونه‌ها در سایر غلظت‌های رنگزاهای به دلیل محدودیت تعداد صفحات آرایه نشده است).

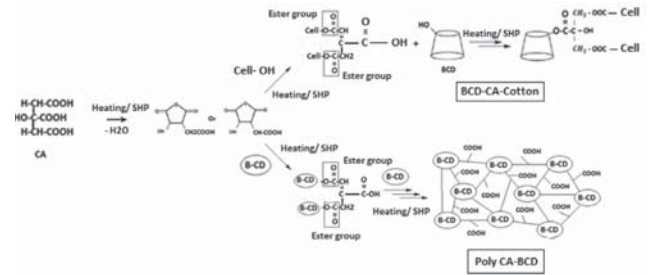
علاوه بر این، نتایج مربوط به ثبات‌های شستشویی و لکه‌گذاری نمونه‌ها (در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه) حاکی از آن است که اتصالات فیزیکی (کپسوله شدن رنگزادرون حفره‌های بتاسایکلو دکسترین) و شیمیایی (اتصالات احتمالی یونی، هیدروژنی و کووالانسی) مابین رنگزاهای طبیعی بر روی نمونه‌های اصلاح شده با بتاسایکلو دکسترین مانع از خروج رنگزا می‌شود.

نتایج مربوط به ثبات نوری نمونه‌های اصلاح شده با بتاسایکلو دکسترین نیز از بالاترین ثبات‌ها برای هر سه رنگزا برخوردار است (جدول ۱)

#### ۴- نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد که قدرت رنگی و نرخ رمق کشی رنگزاهای طبیعی توسط کالای پنبه‌ای اصلاح شده با بتاسایکلو دکسترین بالاتر از نمونه‌های عمل شده با دندانه فلزی سولفات آلومینیوم است. این درحالی‌ست که یکنواختی جذب رنگزا بر سطح کالای عمل شده با این ماده نیز به خوبی مشهود بود. این نتیجه با نتایج حاکی از سایر تحقیقات که از بتاسایکلو دکسترین به‌عنوان یک ماده یکنواخت‌کننده کمکی در فرآیند رنگرزی یاد می‌کنند، همخوانی دارد.

پارامترهایی نظیر زبردست نرم، ثبات‌های عمومی بالا، عدم تغییر شدید و قیمت تمام شده مناسب نمونه‌های اصلاح و رنگرزی شده با بتاسایکلو دکسترین از آن‌ها کاندید مناسبی برای استفاده در رنگرزی الیاف طبیعی می‌سازد.



شکل ۲- مکانیسم احتمالی اتصال بتاسایکلو دکسترین به کالای پنبه‌ای.

به دلیل محدودیت تعداد صفحات آرایه نشده است).

از طرفی دیگر، اتصال کالای پنبه‌ای با کربوکسیلیک اسیدهای دو یا چند عامله بواسطه واکنش استریفیکاسیون تایید شده است. آنها با تشکیل ترکیبات حلقوی انیدریدی (در حضور کاتالیست سدیم هیپوفسفیته) با گروه‌های هیدروکسیل پنبه اتصالات استری برقرار می‌کنند. بر این اساس، سیتریک اسید از یکسو قادر به تشکیل اتصالات استری (گرافتینگ یا اتصال شیمیایی) با گروه‌های هیدروکسیل پنبه و از سوی دیگر قادر به برقراری اتصالات استری با بتاسایکلو دکسترین است. علاوه بر این، احتمال واکنش استریفیکاسیون مابین سیتریک اسید و بتاسایکلو دکسترین که منجر به شکل‌گیری پلیمر شبکه‌ای شده از بتاسایکلو دکسترین نیز می‌شود، وجود دارد.

این پلیمر شبکه‌ای شده، قادر است به صورت فیزیکی سطح لیف را پوشش دهد (شکل ۲) آنالیزهای FTIR و تصاویر FESEM شکل‌گیری اتصالات استری و حضور بتاسایکلو دکسترین بر سطح کالای پنبه‌ای اصلاح شده را تایید می‌کند (شکل‌های ۳ و ۴). علاوه بر این، نتایج آنالیز عنصری نمونه‌ها حاکی از آن است که درصد عناصر کربن و اکسیژن پس از اصلاح کردن کالای پنبه‌ای با بتاسایکلو دکسترین افزایش یافته و حضور این ماده را حتی پس از پنج مرتبه شستشو تایید می‌کند.

جدول ۱ نمونه‌های رنگرزی شده با رنگزاهای طبیعی حاصل از گیاهان سماق، دارچین و اکالیپتوس را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که رنگزاهای حاصل از این گیاهان حاوی ترکیبات طبیعی تانن هستند و می‌توان کالای پنبه‌ای را بدون عملیات دندانه دادن با ترکیبات شیمیایی

جدول ۱- قدرت رنگی و ثبات‌های عمومی مربوط به نمونه‌های رنگرزی شده با رنگزاهای طبیعی (۱/۵ درصد وزنی).

نمونه	عمل شده با سولفات آلومینیوم	عمل شده با بتاسایکلو دکسترین (۲۷ درصد وزنی)
سماق	قدرت رنگی = ۱۲/۱ تغییر شید = ۴ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۴ ثبات نوری = ۶-۷	قدرت رنگی = ۱۲/۴ تغییر شید = ۵ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۵ ثبات نوری = ۸
دارچین	قدرت رنگی = ۹/۸ تغییر شید = ۴-۵ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۴-۵ ثبات نوری = ۶-۷	قدرت رنگی = ۱۲/۳ تغییر شید = ۵ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۵ ثبات نوری = ۸
اکالیپتوس	قدرت رنگی = ۸/۶ تغییر شید = ۳-۴ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۳-۴ ثبات نوری = ۷	قدرت رنگی = ۱۰/۶ تغییر شید = ۴-۵ لکه‌گذاری (روی پنبه) = ۵ ثبات نوری = ۸