مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۲ (۸۰-۶۹)

بررسی اثر پلیمر طبیعی بتاسیکلودکسترین به منظور بهبود شرایط رنگ‌رزی و کاهش آلودگی محیط‌زیستی

اخترالسادات موسوی[1*]

Mousavi3236@gmail.com

احمد اکبری[2]

سیدکاظم موسوی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: محدودیت‌های محیط‌زیستی و اقتصادی که به طور چشم‌گیری بر صنعت نساجی و رنگ‌رزی اعمال شده منجر به توسعه فرآیندهای دوست‌دار محیط‌زیست برای اصلاح خواص الیاف و بهبود فرآیندهای سنتی موجود شده است. تلاش‌های بسیاری برای کاهش هزینه‌ها و همچنین مواد آلوده کننده دفع شده همراه پساب انجام شده که از آن جمله می‌توان به استفاده از پلیمرهای طبیعی اشاره کرد. هدف از این تحقیق استفاده از پلیمر طبیعی بتاسیکلودکسترین به عنوان جایگزینی مناسب با اثرات محیط‌زیستی مطلوب برای دیگر افزودنی‌های شیمیایی در رنگرزی می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه الیاف پشم با پلیمر زیست سازگار بتاسیکلودکسترین، اصلاح شد و ویژگی‌های رنگ‌رزی آن نظیر اثر مقدار ترکیب بتاسیکلودکسترین(۵٪-۰)، pH رنگ‌رزی(۳-۷) و غلظت ماده رنگزا(٪۵-۷۵) بر روی قابلیت رنگ‌رزی پشم با رنگ‌زای طبیعی روناس مورد ارزیابی و مقایسه رنگ قرار گرفت. و در نهایت تغییرات فیزیکی الیاف خام و اصلاح شده بعد از رنگ‌رزی با استفاده از تست SEM انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ماده بتاسیکلودکسترین، قدرت رنگی نمونه‌ها به مقدار قابل قبولی بهبود می‌یابد و قابلیت رنگ‌رزی (K/S) الیاف رنگرزی شده با پشم اصلاح شده نسبت به پشم دندانه شده با آلومینیوم و پشم خام بیش‌تر می‌باشد. همچنین رمق‌کشی پشم اصلاح شده در pH خنثی نسبت به شرایط اسیدی به میزان قابل توجهی بهبود یافت، در حالی‌که تغییر محسوسی در قابلیت رنگ‌رزی پشم خام با تغییر در pH مشاهده نشد.

۱ - دانشجوی دکتری پژوهش هنر، دانشکده‌ی پژوهش‌های عالی هنر و کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲ - استاد، گروه فرش، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان ، کاشان، ایران.

۳ - دکتری مدیریت محیط‌زیست، گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: به طورکلی با توجه به شرایط اصلاح پشم با پلیمر زیست سازگار بتاسیکلودکسترین و تغییرات در شرایط رنگ‌رزی، نه تنها امکان حذف مواد شیمیایی از پساب صنایع نساجی و رنگ‌رزی قابل انجام است، بلکه می‌توان مقدار رنگ‌زای مصرفی و رنگ‌زای جذب نشده و باقی مانده در پساب را کاهش داد که از نظر محیط‌زیستی بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بتاسیکلودکسترین، محیط‌زیست، رنگ‌رزی، آلودگی، پساب.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.11, February, 2024

Studying the effect of beta-cyclodextrin natural polymer for improving dyeing condition and reduction of environmental pollution

Akhtaralsadat Mousavi[1] *
Mousavi3236@gmail.com
Ahmad Akbari[2]
Seyed Kazem Mousavi[3]

Admission Date: January 4, 2024 Date Received: December 15, 2023

Abstract

Background and Objective: environmental and economic limitations that are imposed dramatically on textile and dyeing industry leads to the development of environmentally friendly processes for modifying the properties of fibers and improving the existing traditional processes. Many efforts have been done for decreasing costs and disposed contaminants which one of them is using natural polymers. The purpose of this study is applying beta-cyclodextrin natural polymer as an appropriate alternative with favorable environmental effects for other chemical additives in dyeing.

Material and Methodology: In this study, wool fiber amended/treated by β-Cyclodextrin biocompatible polymer and its dyeing features such as the effect of β-Cyclodextrin composition (%20-0/5), dyeing pH (3-7) and density of the dye (%5-75) on the dyeing capabilities of wool with madder dye color was evaluated and compared. And finally, physical changes of crude fiber and amended fiber after dyeing was amended/treated using SEM analysis.

Findings: According to the results, as the β-Cyclodextrin amount increased, the color strength of the samples are considerably enhanced and dye ability (K/S) is better in the case of modified wool rather than aluminium-mordanted wool and pristine wool. Besides, exhaustion of modified wool in neutral pH rather than acidic pH has been increased dramatically while no appreciable changes was observed in pristine wool dye ability with pH changes. Color strength (K/S) data were in the following order of the β-Cyclodextrin modified wool>.

Discussion and Conclusions: In general, according to the conditions of modifying wool with β-Cyclodextrin biocompatible polymer and changes in dyeing conditions, not only removing chemical compounds from the wastewater of textile industrial can beapplied, but also the amount of consumed dye and unabsorbed dye remaining in wastewater can be reduced which is environmentally very important.

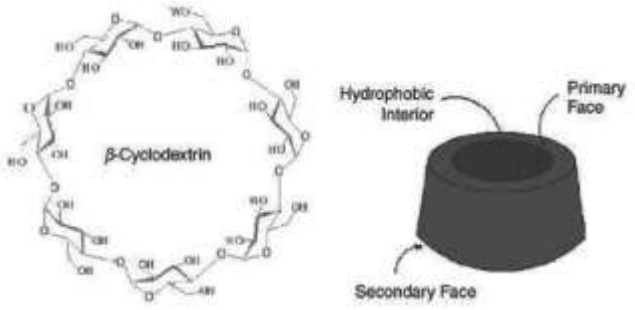
Keywords: β-Cyclodextrin, Environment, Dyeing, pollution, Wastewater.

1- PH. D Student, Department of Art Research, Faculty of Research Excellence in Art and Entrepreneurship, Art University of Isfahan, Iran.*(*Corresponding Author*)
2- Professor of Chemical Textile Engineering Carpet Department / Institute of Nanoscience and Nanotechnology Kashan University, Iran.
3- PH. D, Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

مهم‌ترین مسأله محیط‌زیستی مربوط به صنایع نساجی، فاضلاب ناشی از فرآیندهای مختلف آن است که نسبت به دیگر زایدات آن مانند مواد زاید جامد و همچنین مسأله بهداشت و ایمنی از اهمیت بالاتری برخوردار است. رنگ‌رزی یکی از فرآیندهای رایج در صنعت نساجی است که معمولا پسابی با حجم بالا و آلودگی زیاد تولید می‌کند. این پساب‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات آلی رنگ‌زا می‌باشند. وجود مواد رنگ‌زای آلی در پساب-های صنعتی به علت جلوگیری از نفوذ نور به داخل آب و اختلال در عمل فتوسنتز، کاهش انتقال اکسیژن به داخل آب و حلالیت گازها و اثرات سمی آن‌ها صدمات جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد می‌نماید. همچنین تخلیه این پساب‌ها به داخل رودخانه‌ها و دریاچه‌ها منجر به کاهش کیفیت آب می‌شود (۲،۱). حضور فلزات سنگین مثل نیکل، کروم، مس، و آهن که غالباً در فاضلاب‌های صنعتی مشاهده می‌شوند، حتی در مقادیر و غلظت‌های پایین، می‌تواند برای موجودات زنده و انسان سمی باشد(۴،۳). به طورکلی در صنعت نساجی روش‌های مختلفی جهت اصلاح خواص الیاف برای رسیدن به منسوجات با کارایی ویژه قابل انجام است. اغلب از روش‌های شیمیایی برای این منظور استفاده می‌شود. معمولا این روش‌ها با مصرف مقادیر زیاد آب، مواد شیمیایی و انرژی همراه هستند. در نتیجه هزینه عملیات بالا بوده و آلودگی محیط‌زیستی نیز ایجاد می‌نماید. تلاش‌های بسیاری برای کاهش هزینه‌ها و همچنین مواد آلوده کننده دفع شده همراه پساب انجام شده که از آن جمله می‌توان به استفاده از مواد طبیعی و آنزیم‌ها اشاره کرد(۵). معمولا هدف از اصلاح شیمیایی پشم، جلوگیری از آسیب رساندن به ساختار شیمیایی اصلی و حفظ خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب آن می‌باشد. امروزه از پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان، سیکلودکسترین[1] دندریمرها، مواد آمین‌دار و همچنین آنزیم‌ها برای اصلاح خصوصیات الیاف استفاده می‌شود(۶).

سیکلودکسترین‌ها الیگوساکاریدهای حلقوی هستند که از ۶ α- سیکلودکسترین، ۷ β- سیکلودکسترین و ۸γ- سیکلودکسترین یا تعداد بیش‌تر واحدهای گلوکو پیرانوز پیوند یافته توسط باندهای (۱و۶)-a، تشکیل شده‌اند (شکل۱). بتاسیکلودکسترین از ۷ واحد دی-گلوکز ساخته شده است. برای اتصال بتاسیکلودکسترین به الیاف معمولا از مشتقات فعال آن مانند منوکلرو تری آزینیل- بتاسیکلودکسترین و یا اتصال دهنده‌هایی مانند پلی‌کربوکسیلیک اسیدها، و پلی آمینو کربوکسیلیک اسیدها استفاده می‌شود(۱۰،۹،۸،۷). این ماده به دلیل سطح آب دوست و حفره آب گریزی که دارد در صنایع مختلف به عنوان ماده کمکی استفاده می‌شود. کاربرد مواد کمکی در بهبود شرایط رنگ‌رزی، چاپ و تکمیل بسیار اهمیت دارد. از جمله کاربردهای β -CD می‌توان به از بین بردن آلودگی از آب، استفاده در رنگ‌رزی و ترکیبات آروماتراپی اشاره کرد(۱۲،۱۱).



شکل ۱- نحوه اتصال باندهای سیکلودکسترین (۱۳)

Figure 1. The connection procedure of cyclodextrin bands

1- cyclodextrin

مکانیزم‌های گوناگونی برای ثابت کردن بتاسیکلودکسترین روی الیاف وجود دارد. یکی از پرکاربردترین آن‌ها، اتصال با استفاده از پیوند تقاطعی و با استفاده از پلی کربوکسیل اسید روی الیاف پنبه، پشم، پلی استر، پلی آمید و پلی اکریلونیتریل و مانند این‌ها است. اصلاحات اخیر شیمیایی بر روی الیاف این امکان را به وجود می‌آورد تا با مقدار کم‌تر مواد شیمیایی و هدر رفتن کم‌تر رنگ و انرژی فرآیند رنگ‌رزی انجام شود. یکی از بهترین راهکارها جهت افزایش جذب رنگ‌زاهای طبیعی به الیاف پشم، اصلاح شیمیایی پشم به منظور افزایش برهمکنش رنگزا-لیف می‌باشد. مواد شیمیایی مختلفی وجود دارند که می‌توان از آن‌ها برای ایجاد بار مثبت در سطح الیاف پشم استفاده کرد. انتظار می‌رود افزایش بار مثبت موجب افزایش تمایل ذاتی رنگ‌زاهای طبیعی به الیاف گردد. از این رو معرفی مواد سازگار با محیط زیست برای کاهش مضرات و عوارض جانبی مواد شیمیایی مورد استفاده در رنگ‌رزی از مواردی است که امروزه مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات متعددی در این خصوص در حال انجام است(۱۰). یکی از راهکارهای مناسب، اصلاح خواص الیاف با مواد طبیعی تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست می‌باشد. به عنوان مثال در بررسی اثر β-CD در رنگرزی پلی استر توسط کارپیگنانو[1] و همکارانش، ارزیابی نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که β-CD می‌تواند به عنوان یک افزودنی در حمام رنگرزی پلی استر جایگزین مناسبی با اثرات محیط‌زیستی مطلوب برای دیگر افزودنی‌های شیمیایی باشد (۱۴). وانگ[2] و همکارانش، در مطالعه‌ای به بررسی اصلاح سطح پنبه با استفاده از β-CD به روش سل- ژل پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن است که β-CD خواص جدیدی را در مورد قرار گرفتن انتخابی مواد مهمان در درون حفره‌ها ارایه می‌دهد(۱۵). همچنین قول[3] و همکارانش، بررسی رنگ‌پذیری پارچه پلی پروپیلن تکمیل شده با پلیمر بتاسیکلودکسترین- اسید سیتریک را مورد مطالعه قرار دادند. بررسی نتایج آن‌ها نشان داد که رنگ‌پذیری نمونه‌های اصلاح شده با رنگینه‌های اسیدی، دیسپرس و راکتیو بهبود پیدا یافته است(۱۶). عمده تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی اصلاح الیاف به وسیله بتاسیکلودکسترین، برروی الیاف پنبه و پلی استر انجام شده و بررسی‌های اندکی در خصوص استفاده از پلی-کربوکسیلیک اسیدها برای اتصال بتاسیکلودکسترین به الیاف پشم انجام شده است (۶).

پلیمر طبیعی بتاسیکلودکسترین از مهم‌ترین ترکیبات زیست-سازگار هستند که به دلیل قیمت پایین، منبع تولید زیاد و خواص ویژه از قبیل غیر سمی بودن، قابلیت تجزیه بیولوژیکی، سازگاری محیط‌زیستی و خواص جذبی توانسته‌اند جانشین خوبی برای پلیمرهای سنتزی باشند. اخیراً، ترکیب بتاسیکلودکسترین به عنوان یک پلیمر- زیستی مطرح شده است و کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف از جمله دارویی، پزشکی و تصفیه آب و پساب به عنوان جاذب دارد(۱۸،۱۷). همچنین، این ترکیب به دلیل ساختار خاص آن دارای خواص ویژه‌ای است که سبب توسعه کاربرد آن برای افزایش خاصیت جاذب رنگ الیاف، کاهش میزان نمدی شدن پشم، ایجاد خاصیت ضد میکروبی در الیاف مختلف و بسیاری موارد دیگر شده است(۲۱،۲۰،۱۹). در همین راستا، به منظور کاهش آلایندگی فرآیند رنگ‌رزی و رسیدن به یک فرآیند دوست‌دار محیط‌زیست، تلاش بر آن است تا با استفاده از ماده بتاسیکلودکسترین به عنوان یک پلیمر- زیستی در جهت جایگزینی مواد شیمیایی به منظور دست‌یابی به یک رنگ‌رزی کاملاً طبیعی که زیان محیط‌زیستی نداشته باشد بهره برد.

تجربی

مواد

در این تحقیق الیاف پشمی نژاد بلوچی با نمره ۵ متریک دو لا، عرضه شده توسط شرکت ایران مرینوس مورد استفاده قرار گرفت. برای جدا کردن آلودگی‌های سطحی، الیاف پشمی در محلول حاوی ۱ گرم بر لیتر شوینده غیریونی(Triton X-100, Merck, Germany) در آب مقطر در دمای ۵۰°C برای ۳۰ دقیقه شسته شد. سپس الیاف شسته شده در دمای اتاق به طور کامل خشک شد. رنگ‌زای طبیعی روناس از شرکت باریج اسانس

1- Carpignano
2- Wang
3- Ghoul

و همچنین بتاسیکلودکسترین، سیتریک اسید ۱۰٪ و سدیم هیپوفسفیت با درصد خلوص ۹۹/۹٪ از شرکت Merck آلمان تهیه شد.

روش کار

استخراج رنگ‌زا

در این تحقیق برای پیشگیری از مسأله عدم خلوص و تکرارپذیری رنگزاهای طبیعی جهت استخراج رنگ‌زا، ۲۰ گرم پودر روناس در ۸۰۰میلی لیتر آب با خاصیت اسیدی خنثی ریخته شد و استخراج به مدت ۲ ساعت در ۸۰°C همراه با هم زدن انجام شد. سپس محلول حاصل توسط کاغذ صافی، صاف شده و در ۷۰°Cآب آن تبخیر شده و رنگ‌زای استخراج شده به صورت پودر خشک تهیه گردید. پودر حاصل با کیفیت و خلوص بالا برای رنگ‌رزی تمامی نمونه‌ها استفاده شد. همچنین از روش دندانه پیش از رنگ‌رزی برای دندانه‌دهی نخ پشمی استفاده شد.۱۰ درصد سولفات آلومینیوم (نسبت به وزن پشم) به حمام دندانه‌دهی با L.R ۱:۱۰۰ افزوده شد. دمای حمام طی ۳۰ دقیقه به جوش رسانده شد و به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. سپس، نخ پشمی آبکشی و در دمای محیط خشک شد و برای آزمون‌های رنگ‌رزی استفاده شد.

اندازه گیری طول موج ماکزیمم (UV-Vis)

محلولی با غلظت۱ ٪ وزنی حجمی از پودر رنگ‌زای استخراج شده در آب مقطر تهیه و طیف جذبی آن در محدوده مریی توسط طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه مدل (IRAffinity-1, Shimadzu, Japan) ثبت گردید برای محاسبه میزان رمق کشی (E%)، جذب محلول رنگزا (قبل و بعد از رنگ‌رزی) در بیش‌ترین طول موج جذب رنگ‌زا، ۳۹۰ nm با استفاده از اسپکتروفتومتر عبوری اندازه‌گیری شد. میزان رمق‌کشی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$E\% = \frac{(A0-A1)}{A0} \times 100 \qquad (۱)$$

(A_0 و A_1) به ترتیب مقادیر جذب محلول قبل و بعد از رنگ-رزی می باشند.

و همچنین مقادیر انعکاس نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنج انعکاسی Color Eye 7000A (X-rite, USA) تحت منبع نوری استاندارد D65 و مشاهده‌کننده ۱۰ درجه تحت سیستم رنگی(lab) CIE اندازه‌گیری شد. در ارزیابی قدرت رنگی نمونه-ها مقادیر (K/S) با استفاده از رابطه کیوبلکامانک[1](طول موج بیشینه جذب ۳۸۰ نانومتر) محاسبه گردید. در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R حداقل انعکاس در طول موج بیشینه جذب می‌باشد.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (۲)$$

اتصال الیاف پشم با ترکیب بتاسیکلودکسترین

غلظت‌های مختلف از ترکیب بتاسیکلودکسترین (۰/۵ تا ۲۰ درصد) در محلول حاوی ۳ درصد سیتریک اسید تهیه شد .سپس دمای محلول همراه با هم‌زدن با دور ملایم تا ۷۰ °C افزایش یافت تا ترکیب بتاسیکلودکسترین به خوبی حل شود. سپس اسید سیتریک (۰/۱gr/ml) و سدیم هیپوفسفیت (۰/۱ gr/ml) به حمام حاوی ۳ گرم کالای پشمی افزوده شد، و به مدت ۱ ساعت زمان داده شد تا کالای پشمی کاملا در محلول غوطه‌ور شود و فرآیند اتصال به پشم انجام شود. نمونه‌های اصلاح شده بلافاصله پس از خروج از محلول، وارد دستگاه آون شده و به مدت ۲ دقیقه در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون پخت شدند تا مواد موجود در محلول بر روی الیاف ثابت شود. همچنین جهت زدودن مواد سطحی از روی کالا، نمونه ها به مدت ۵ دقیقه درون آب مقطر در دمای ۵۰ °C قرارگرفتند و بعد از آن در دمای محیط خشک شدند. در نهایت نمونه‌های اصلاح شده برای آزمایشات رنگ‌رزی استفاده شد.

رنگ‌رزی

نخ‌های پشمی(خام، دندانه داده شده و اصلاح شده) با رنگ‌زای طبیعی روناس رنگ‌رزی شدند. رنگ‌رزی در دو pH خنثی (۷) و

1- Kubelka - Munk equation

اسیدی (۳)۱:۴۰ L.R انجام شد. بدین ترتیب که پودر رنگزا با درصدهای مختلف (۵-۷۵درصد نسبت به وزن پشم) به حمام رنگرزی اضافه شد. رنگزا به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۶۰-۵۰ $^{\circ}C$ خیسانده شد. سپس نمونه‌های پشمی وارد حمام رنگرزی شد و در مدت ۲۵ دقیقه دما به نزدیک جوش ۹۰$^{\circ}C$ رسانده شد و رنگرزی به مدت ۶۰ دقیقه در این دما ادامه یافت. سپس نمونه‌ها تخلیه، آبکشی و در دمای محیط خشک شدند.

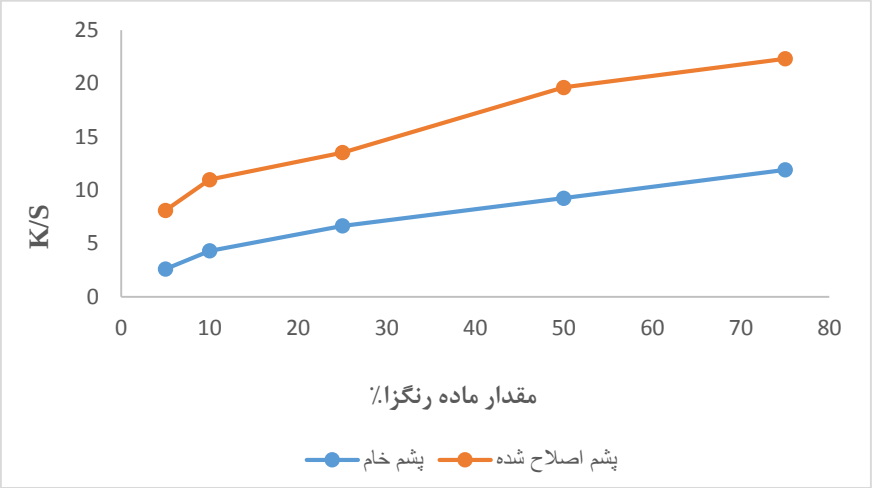
مطالعات میکروسکوپ الکترونی(SEM)

سطح الیاف به منظور بررسی اثر بتاسیکلودکسترین بر ریخت سطح لیف پشم با استفاده از میکروسکوپ الکترونی KY-KY– EM3200 , Technology, China مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج و بحث

تعیین غلظت اشباع مواد رنگزا بر روی الیاف

شکل ۲ تعیین غلظت اشباع رنگزا بر میزان رمق‌کشی نمونه خام و اصلاح شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است می‌توان با افزایش غلظت رنگزا، مقدار رمق‌کشی الیاف پشم خام و اصلاح شده را به میزان قابل توجهی افزایش داد که این افزایش برای پشم اصلاح شده به مراتب بیش‌تر از پشم خام است. چرا که در فرآیند رنگرزی هرچه غلظت رنگزا افزایش پیدا کند، رمق‌کشی یا میزان رنگزای جذب شده توسط الیاف بیشتر می‌شود. نتایج نشان داد مقدار رنگزای مصرفی در رنگرزی پشم اصلاح شده نسبت به پشم خام کاهش یافته است. که این خصیصه را می‌توان به افزایش برهمکنش مولکول های رنگزا با گروه های آمین که در اثر اتصال ترکیب بتاسیکلودکسترین بر روی پشم ایجاد شده است نسبت داد. این ویژگی باعث تمایل مولکول‌های رنگزا به الیاف و جذب سریع رنگزا می‌شود.



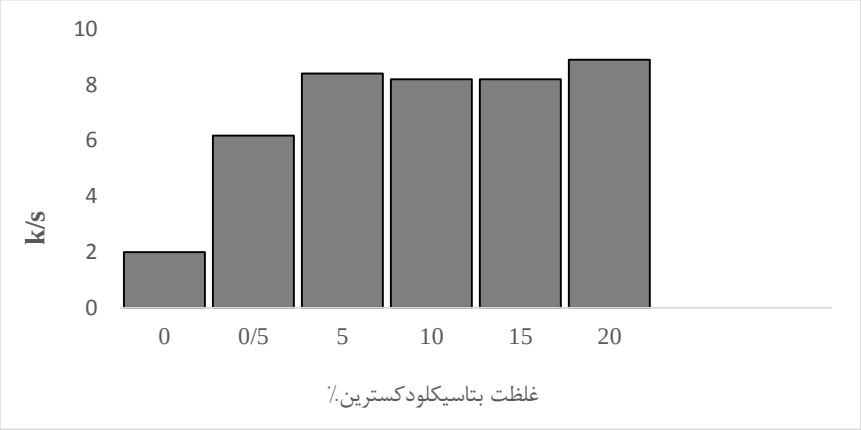
شکل۲- غلظت اشباع رنگزای بکار رفته بر روی الیاف پشم (pH=3)

Figure 2. Saturation concentration of dyes used on wool fibers (pH=3)

تاثیر غلظت بتاسیکلودکسترین

شکل ۳ مقدار رمق‌کشی رنگزای روناس بر حسب غلظت بتاسیکلودکسترین را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده شد میزان رمق‌کشی در نمونه‌های اصلاح شده با درصدهای متفاوت از بتاسیکلودکسترین، در مقایسه با پشم خام افزایش یافته است، اما نکته‌ای که قابل ملاحظه است این تغییر در نمونه‌های بیش از غلظت ۵ درصد تقریبا ثابت است و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در رمق‌کشی ایجاد نشده است.بطور کلی افزایش در میزان رمق‌کشی کالای اصلاح شده با بتاسیکلودکسترین به واسطه حضور گروه‌های آمین و هیدروکسیل بیش‌تر بر روی پشم است که سبب افزایش برهمکنش با مولکول‌های رنگزا و جذب بیشتر رنگزا در مقایسه با پشم خام شده است. بر اساس نتایج می‌توان غلظت ۵ درصد(نسبت به وزن پشم) از ترکیب

بتا سیکلودکسترین را به عنوان غلظت بهینه جهت اصلاح نخ پشمی درنظر گرفت.

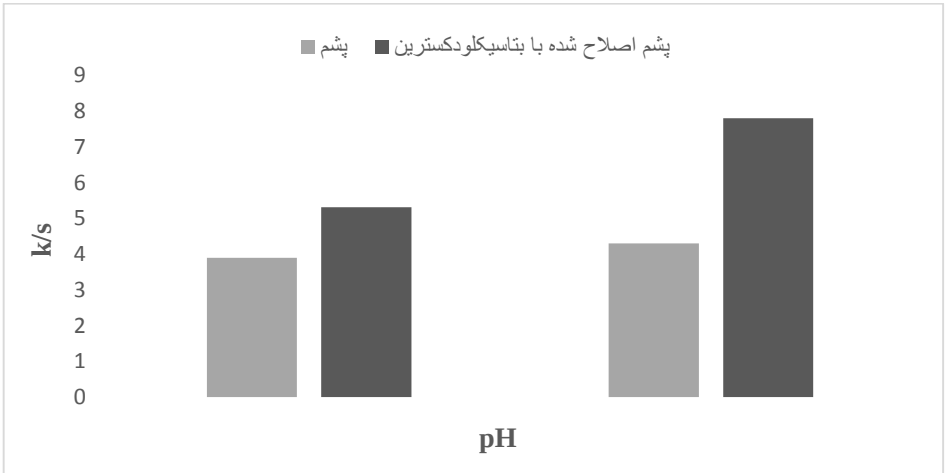


شکل۳- تاثیر غلظت ترکیب بتاسیکلودکسترین بر مقدار رمق‌کشی رنگزای روناس، (pH=3)

Figure 3. The effect of beta-cyclodextrin concentration on the amount of madder dye exhaustion (pH=3)

تاثیر pH در قدرت رنگی

در شکل ۴ تاثیر pH حمام رنگ‌رزی بر قدرت رنگی نمونه‌ها مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل مشخص است، میزان برهم‌کنش بین مولکول‌های رنگ‌زای روناس و الیاف پشم (خام و اصلاح شده) به واسطه تشکیل پیوندهای هیدروژنی با ساختار مولکولی رنگ‌زا افزایش یافته است. بطور کلی با کاهش pH و یونیزه شدن گروه‌های آمین (-NH2) ترکیبβ-CD و تبدیل آن‌ها به گروه‌های آمینو($-NH3^{+}$) امکان تشکیل پیوند هیدروژنی این گروه‌ها با مولکول رنگ‌زا کاهش و درنتیجه مقدار رمق‌کشی نیز کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج در فرایند رنگرزی با در نظر گرفتن شرایط خنثی و با حذف شرایط اسیدی نه تنها بر روی رمق‌کشی، می‌توان اثر گذاشت بلکه جذب رنگ را نیز افزایش داد که این یافته از نقطه نظر محیط‌زیستی بسیار حایز اهمیت است.



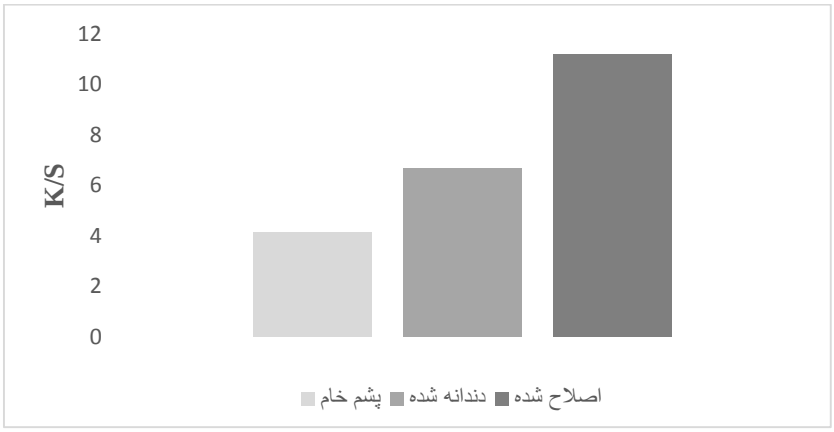
شکل۴- تاثیر pH بر روی رمق‌کشی پشم خام و اصلاح شده با بتاسیکلودکسترین با رنگ‌زای روناس

Figure 4. The effect of pH on the exhaustion of raw wool and modified with beta-cyclodextrin and madder dye

مقایسه تاثیر دندانه آلومینیوم و ماده بتاسیکلودکسترین در قدرت رنگی

در شکل ۵ مقادیر قابلیت (K/S) رنگ‌رزی پشم خام، اصلاح شده و دندانه داده شده با رنگ‌زای روناس نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهند که نمونه‌های اصلاح شده با ماده بتاسیکلودکسترین و دندانه‌دار شده (۱۰ درصد نسبت به وزن پشم) مقدار K/S بالاتری در مقایسه با نمونه خام دارند. به علاوه، قابلیت رنگ‌رزی پشم اصلاح شده نسبت به پشم دندانه‌دار شده با آلومینیوم به مقدار کمی بیشتر است. در کل نتایج حاصله حاکی از آن است که در رنگ‌رزی پشم با رنگ‌زای روناس، می‌توان دندانه آلومینیوم و اسید را از رنگ‌رزی حذف نمود و با اصلاح پشم با ماده بتاسیکلودکسترین به قابلیت رنگ‌رزی قابل قبولی دست یافت.

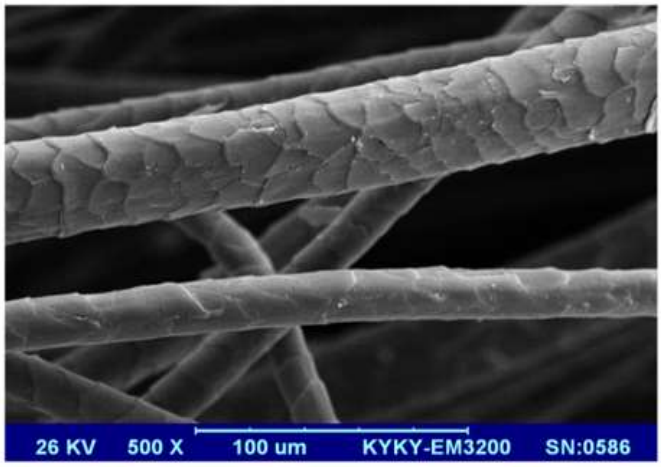


شکل ۵- قابلیت رنگ‌رزی پشم خام، دندانه شده با آلومینیوم و اصلاح شده با بتاسیکلودکسترین با رنگ‌زای روناس

Figure 5.The ability raw wool dyeing, dent with aluminium and modified with beta-cyclodextrin and madder dye

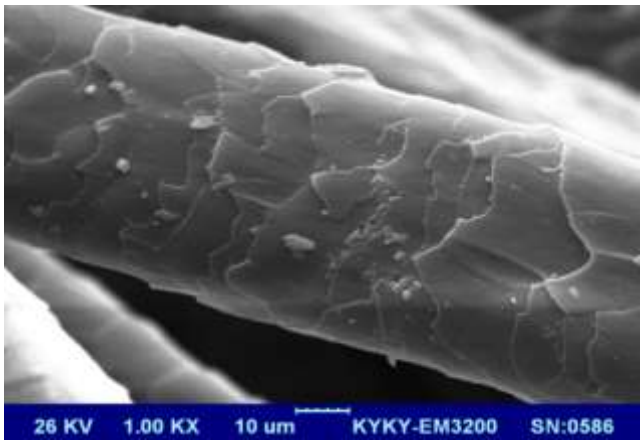
تصاویر میکروسکوپ الکترونی

میکروسکوپ الکترونی یکی از بهترین روش‌های مطالعه مورفولوژی سطح الیاف است. در شکل ۶، نمونه پشم خام، و در شکل ۷ نمونه، پیوند یافته با بتاسیکلودکسترین با بیش‌ترین درصد غلظت می‌باشد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها، نشان از حضور مواد عمل شده روی سطح نمونه و نفوذ بهتر رنگزا در مقایسه با سطح صاف نمونه الیاف عمل نشده دارد.



شکل۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه پشمی خام

Figure 6. The SEM image of raw wool



شکل ۷- نمونه پیوند یافته با بتاسیکلودکسترین

Figure 7. modified with beta-cyclodextrin

نتیجه‌گیری

پلیمر طبیعی و سازگار با محیط‌زیست بتاسیکلودکسترین برای اصلاح و بهبود قابلیت رنگ‌رزی الیاف پشم با رنگ‌زای طبیعی روناس استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که با اصلاح پشم با بتاسیکلودکسترین قابلیت رنگ‌رزی پشم با رنگ‌زای طبیعی روناس به مقدار قابل قبولی بهبود می‌یابد و رنگ حاصله تقریباً بدون تغییر باقی مانده و مقدار رمق‌کشی و جذب بالاتری حاصل می‌شود که دلیل آن را می‌توان به افزایش تعداد مکان‌های جذب رنگ و گروه‌های رنگ‌پذیر بیش‌تر از جمله گروه‌های آمین و هیدروکسیل در سطح نخ پشمی نسبت داد. لذا با توجه به شرایط اصلاح پشم با پلیمر زیست سازگار بتاسیکلودکسترین و تغییرات در شرایط رنگ‌رزی، نه تنها حذف مواد شیمیایی از پساب صنایع نساجی و رنگ‌رزی قابل انجام است، بلکه می‌توان مقدار رنگ‌زای مصرفی و رنگ‌زای جذب نشده و باقی مانده در پساب را کاهش داد که از نظر محیط‌زیستی بسیار حایز اهمیت می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون‌ها می‌توان نتیجه گرفت، که استفاده از ماده بتاسیکلودکسترین به عنوان عامل زیست تخریب پذیر، زیست سازگار و بهبود دهنده قابلیت رنگ‌رزی پشم در پروسه رنگ‌رزی طبیعی، با حفظ فاکتورهای ثباتی خوب در راستای دوست‌دار محیط‌زیست بودن به منظور نیل به توسعه پایدار مهم و اساسی می‌باشد و باید به آن توجه شود.

References

1. Jamil, A., Bokhari, T. H., Javed, T., Mustafa, R., Sajid, M., Noreen, S., & Jilani, M. I. 2020. Photocatalytic degradation of disperse dye Violet-26 using TiO2 and ZnO nanomaterials and process variable optimization. *Journal of Materials Research and Technology*, *9*(1), 1119-1128.
2. Khan, S., & Malik, A. 2018. Toxicity evaluation of textile effluents and role of native soil bacterium in biodegradation of a textile dye. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 4446-4458.
3. Fu, Z., & Xi, S. 2020. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology mechanisms and methods*, *30*(3), 167-176.
4. Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. 2019. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of chemistry*, *2019*.
5. Haji, A., Amiri, Z., Qavamnia, S., 2014. Natural dyeing of wool with Arnebia euchroma optimized by plasma treatment and response surface

methodology. J. Biodiversity Environ. Sci. Vol. 5, pp. 493-498.

6. Haji, A. 2020. Functional Finishing of Textiles with β-Cyclodextrin. *Frontiers of Textile Materials: Polymers, Nanomaterials, Enzymes, and Advanced Modification Techniques*, 87-116.
7. De Laender, E, 2010. Cyclodextrin-grafted cotton gauzes as drug delivery devices. Doctoral dissertation, Ghent University.
8. Shafei, A. El., Shaarawy, S., Hebeish, A., 2010. Application of reactive cyclodextrin poly butyl acrylate preformed polymers containing nano-ZnO to cotton fabrics and their impact on fabric performance. Carbohydr. Polym. Vol. 79, pp. 852-857.
9. Deng, J., Chen, Q. J., Li, W., Zuberi, Z., Feng, J. X., Lin, Q. L., ... & Zheng, X. M. 2021. Toward improvements for carrying capacity of the cyclodextrin-based nanosponges: recent progress from a material and drug delivery. *Journal of Materials Science*, *56*, 5995-6015.
10. Abdel-Halim, E. S., Abdel-Mohdy, F. A., Fouda, M. M., El-Sawy, S. M., Hamdy, I. A., Al-Deyab, S. S., 2011. Antimicrobial activity of monochlorotriazinyl-β-cyclodextrin/ chlorohexidin diacetate finished cotton fabrics. Carbohydr. Polym. Vol. 86, pp. 1389-1394.
11. Suvarna, V., & Chippa, S. 2023. Current Overview of Cyclodextrin Inclusion Complexes of Volatile Oils and their Constituents. *Current Drug Delivery*, *20*(6), 770-791.
12. Abdel-Halim, E. S., Fouda, M. M., Hamdy, I. A., Abdel-Mohdy, F. A., El-Sawy, S. M., 2010. Incorporation of chlorohexidin diacetate into cotton fabrics grafted with glycidyl methacrylate and cyclodextrin. Carbohydr Polym. Vol. 79, PP. 47-53.
13. Kadam, V., Truong, Y. B., Easton, C., Mukherjee, S., Wang, L., Padhye, R., & Kyratzis, I. L. 2018. Electrospun polyacrylonitrile/β-cyclodextrin composite membranes for simultaneous air filtration and adsorption of volatile organic compounds. *ACS Applied Nano Materials*, *1*(8), 4268-4277.
14. Carpignano, R., Parlati, S., Piccinini, P., Savarino, P., De, M. R., Giorgi, R, Fochi, 2010. Use of β-cyclodextrin in the dyeing of polyester with low environmental impact. Color. Technol. Vol. 126, PP. 201–208.
15. El-Sayed, E., A Othman, H., & Hassabo, A. G. 2021. Cyclodextrin usage in textile Industry. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, *18*(2), 111-119.
16. Rehan, M., Mahmoud, S. A., Mashaly, H. M., & Youssef, B. M. 2020. β-Cyclodextrin assisted simultaneous preparation and dyeing acid dyes onto cotton fabric. *Reactive and Functional Polymers*, *151*, 104573.
17. *Dehabadi,V., Buschmann, H.-J., Gutmann, J., 2013. A novel approach for fixation of β-cyclodextrin on cotton fabrics,* Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry, *Vol. 79,* pp 459–464.
18. Dhiman, P., & Bhatia, M. 2020. Pharmaceutical applications of cyclodextrins and their derivatives. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, *98*, 171-186.

19. Bhaskara-Amrit, U.R., Agrawal, P.B., Warmoeskerken, M.M., 2011. Application of b –Cyclodexterins In Textiles, Autex Research Journal, Vol. 11, pp. 94-101.
20. Bezerra, F. M., Lis, M. J., Firmino, H. B., Dias da Silva, J. G., Curto Valle, R. D. C. S., Borges Valle, J. A., ... & Tessaro, A. L. 2020. The role of β-cyclodextrin in the textile industry. *Molecules*, *25*(16), 3624.
21. Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. 2021. Nanomaterials: A review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. *Materials Advances*, *2*(6), 1821-1871.