وزارت علوم تحقیقات و فناوری
مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی ـ پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۶ (۱۳۹۱)، ۶۵ـ۵۹

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

تأثیر دندریمر بر قابلیت رنگرزی پارچه پنبه‌ای با مواد رنگزای مستقیم

فاطمه خاکزار بفروئی[۱]، رضا محمدعلی مالک[۲]، فیروزمهر مظاهری[۳*]

۱ـ کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴
۲ـ استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴
۳ـ مربی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۰ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۳/۲۰

چکیده

پیش آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای با دندریمر پلی‌پروپیلن ایمین قدرت رنگی آن را در رنگرزی با مواد رنگزای مستقیم C.I. DIRECT BLUE 78 و C.I. DIRECT RED 81 افزایش می‌دهد. استفاده از این دندریمر و رنگزای مستقیم C.I. DIRECT RED 81 به طور هم‌زمان روی پارچه پنبه‌ای با روش‌های رنگرزی رمق‌کشی و مداوم مورد مطالعه قرار گرفت و رنگرزی به مقدار کمی بهبود یافت. پیش‌آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای با دندریمر در شکل امولسیون دندریمر که با روش pad-dry به کار گرفته شده و فرآیند رنگرزی نیز به صورت مداوم انجام شده است باعث افزایش قدرت رنگی و حصول یکنواختی و همچنین بهبود ثبات نوری و شستشویی می‌گردد. به کارگیری دندریمر به شکل امولسیون از تشکیل تجمعات دندریمر جلوگیری کرده و باعث ایجاد یکنواختی در توزیع دندریمر روی سطح الیاف پنبه شده و در نتیجه باعث جذب رنگزاهای مستقیم C.I. DIRECT RED 81 و C.I. DIRECT BLUE 78 به کالای پنبه‌ای به صورت یکنواخت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دندریمر، پنبه، رنگرزی، اصلاح سطحی، رنگزاهای مستقیم، حبس مولکولی.

The Effect of Dendrimer on Cotton Dyeability with Direct Dyes

F. Khakzar Bafrooei, R. M. A. Malek, F. M. Mazaheri*
Faculty of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O.Box:15784- 4413, Tehran, Iran
Received: 15-02-2011 Accepted: 11-09-2011 Available online: 09-06-2012

Abstract

Pre-treatment of cotton fabric by poly(propylene imine) dendrimer enhanced its color strength using C.I DIRECT RED 81 and C.I. DIRECT BLUE 78. Application of this dendrimer and the direct dyes simultaneously on cotton fabric by exhaust as well as continuos dyeing method has been studied with slightly improved dyeing results. Pre-treatment of the cotton fabric with dendrimer in emulsion form using pad-dry method, followed by continuous dyeing, increased in color strength and level dyeing as well as light and wash fastness was achieved. The use of the dendrimer in emulsion form prevents the aggregation of dendrimer. As a result, level dyeing with C.I. DIRECT RED 81 and C.I. DIRECT BLUE 78 dyes as well as satisfactory color strength has been noticed. J. Color Sci. Tech. 6(2012), 59-65© Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Dendrimer, Cotton, Dyeing, Surface modification, Direct dyes, Encapsulation.

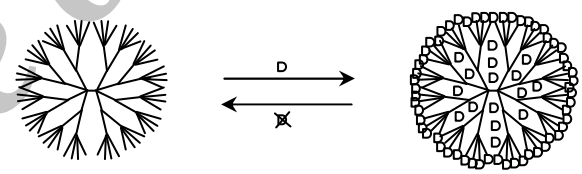
***Corresponding author: f.mehr@techrese.com**

Archive of SID
www.SID.ir

۱ـ مقدمه

افزایش برداشت رنگی پارچه پنبه‌ای با مواد رنگزای آنیونیک (مثل مستقیم و راکتیو) با استفاده از روش‌های مختلف توسط بسیاری از محققین مورد بررسی قرار گرفته است. جدیدترین این تلاش‌ها روی خنثی‌سازی بار منفی الیاف پنبه‌ای در محیط آبی با استفاده از نمک‌ها متمرکز شده است [۱]. تحقیقات اخیر بیشتر روی اصلاح شیمیایی الیاف پنبه و استفاده از ترکیبات آمونیوم چهار ظرفیتی به عنوان عامل کاتیونیکی بوده که باعث جذب رنگزای آنیونیکی می‌شود [۲].

در مطالعه حاضر هدف اصلی آزاد کردن و بالابردن غلظت مولکول‌های رنگزای مستقیم روی سطح پارچه پنبه‌ای است که با توجه به قانون اول فیک با افزایش غلظت مولکول‌های رنگزا روی سطح الیاف، سرعت نفوذ رنگزا افزایش می‌یابد [۳]. برای حصول این هدف، پلیمرهای پرشاخه شناخته شده تحت عنوان دندریمرها که قادرند چندین مولکول رنگزا را در خود حبس کنند می‌توانند به عنوان حامل‌های مواد رنگزا به کار برده شوند [۴]. دندریمرها نه تنها گروه انتهایی فعال زیاد برای جذب رنگ دارند بلکه حفره‌های داخلی زیادی در بین شاخه‌های اتصال دهنده داخلی داشته و همان طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود می‌توانند مولکول‌های رنگزا را در داخل ساختارشان به تله بیندازند.



شکل ۱: حبس فیزیکی مولکول‌های رنگزا درون ساختار دندریمر.

دندریمرها دسته جدیدی از درشت مولکول‌ها با ساختار شاخه‌ای بزرگ و یکنواخت، شکل متراکم و تعداد زیادی گروه انتهایی فعال هستند و دارای فضای بین شاخه‌ای برای پذیرایی مولکول‌های خارجی می‌باشند. این مواد پلیمری اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط دونالد[1] و همکارانش کشف شد [۳-۱].

به طور کلی دندریمرها نسل‌های مختلف، ابعاد و جرم مولکولی متفاوتی دارند که در طی فرآیند سنتز کنترل می‌شود. شاخه‌های یک دندریمر ساختار منظم و یکنواختی دارد که روی خواص دندریمرها بسیار تأثیرگذار است. دندریمرها به دلیل ساختمان مولکولی منحصر به فردی که دارند از خواص فیزیکی و شیمیایی خوبی در مقایسه با پلیمرهای خطی برخوردارند خواص فیزیکی و شیمیایی دندریمرها مثل حلالیت، پایداری، سازگاری با پلاستیک‌ها، قابلیت جذب مولکول‌های خارجی، امتزاج‌پذیری و فعالیت سطحی وابسته به طبیعت گروه‌های انتهایی آنها است [۶-۴].

دندریمرهای پلی پروپیلین ایمین که حاوی گروه‌های آمینو انتهایی هستند در شرایط اسیدی می‌توانند پروتونه شده و بار مثبت به خود بگیرند. بنابراین امکان جذب رنگزاهای آنیونی را دارند. همچنین به دلیل بار مثبت دندریمرهای پروتونه شده، آنها می‌توانند به رنگزاهای آنیونی دارای بار منفی در حمام رنگرزی جذب شوند. بنابراین رنگرزی الیاف پنبه‌ای با رنگزاهای آنیونی با مقادیر کمتر نمک و با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد [۷،۸].

از جمله کاربردهای دیگر دندریمرها، اصلاح خواص سطحی الیاف پلی پروپیلن، بهبود خواص رنگزاهای آلی با جلوگیری از تخریب در برابر عوامل بیرونی مخرب مثل نور، شستشو، پرتو فرابنفش و غیره، حل کردن یک رنگزای آبدوست در یک حلال غیر قطبی و استخراج رنگزا است. به کمک دندریمرها می‌توان الیاف آب گریزی مثل پلی پروپیلن که با روش‌های معمول غیر قابل رنگرزی اند را رنگرزی کرد. یکی از روش‌های رنگرزی پلی پروپیلن ترکیب مولکول‌های پر شاخه با پلیمر اولیه در حین ریسندگی الیاف است. افزودن پلیمر پر شاخه به پلی‌پروپیلن در ریسندگی، برداشت رنگی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد که به دلیل ایجاد گروه‌های قطبی توسط پلیمر پرشاخه است [۹]. در مورد استخراج رنگزا از محلول رنگی، دندریمرهای حاوی گروه‌های آمین نوع سوم جاذبه اسیدی- بازی با رنگزای اسیدی در pHهای پایین برقرار می‌کنند. به طور مثال یک دندریمر با گروه انتهایی آمینی نسل ۴ با ۳۰ گروه آمین نوع سوم می‌تواند بیش از ۳۰ مولکول رنگزا را جذب کند. عمل استخراج رنگزا وابستگی به pH محیط داشته و در pHهای بالا رنگزای جذب شده می‌تواند مجددا از دندریمر رهایی یابد [۱۰]. این روش در تصفیه پساب‌های نساجی بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر آن از ترکیبات دندرمری برای بهبود خواص رنگ‌پذیری الیاف پلی‌استر نیز استفاده شده است [۱۱].

هدف از این تحقیق مطالعه استفاده از دندریمر روی پارچه پنبه‌ای به منظور افزایش قدرت رنگی نمونه رنگرزی شده است. برای این منظور رنگرزی کالای پنبه‌ای با دو رنگزای مستقیم به روش رنگرزی مداوم و رمق‌کشی انجام شد و علاوه بر آن پیش‌آماده‌سازی کالای پنبه‌ای نیز با امولسیون دندریمر پلی‌پروپیلن ایمین نسل دوم انجام گرفت و قدرت رنگی، یکنواختی رنگرزی و ثبات‌های نوری، سایشی و شستشوی آن مورد بررسی قرار گرفت.

1- Donald Tomalia

Archive of SID

www.SID.ir

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

رنگزاهای مستقیم قرمز ۸۱ و آبی ۷۸ با جرم‌های مولکولی به ترتیب ۶۷۵ و ۱۰۵۵ g/mol به عنوان رنگزاهای آزوی مستقیم با درجه خلوص تجاری از شرکت سیبا تهیه گردید. دندریمر مورد استفاده (پلی پروپیلن ایمین PPI) یک دندریمر نسل دوم G_2 بوده و مشتقی از Am_{16} decanamide$_8$ می‌باشد و از شرکت DSM هلند خریداری شده است [۷]. ساختار شیمیایی رنگزاهای مورد استفاده و دندریمر در شکل ۲ ارائه شده است.

در کلیه آزمایشات از پارچه پنبه‌ای تاری پودی با بافت سرژه محصول کارخانجات نساجی بروجرد استفاده شد. این پارچه آهارگیری شده، سفیدگری شده و فاقد عامل سفیدکننده نوری است.

آمونیوم سولفات، استیک اسید، سدیم سولفات و اوره با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک و Invadin JFC Fumexol AS ، Tinofix WS و Irgasol NA از شرکت سیبا تهیه شدند.

۲ـ۲ـ روش کار

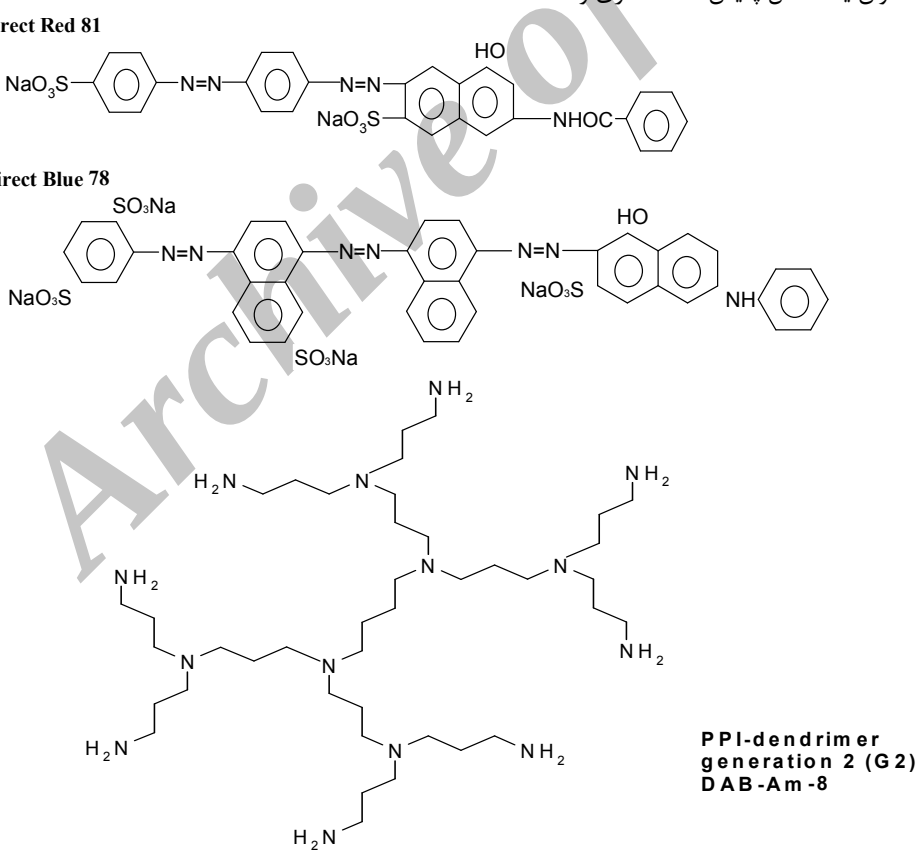
در این تحقیق دندریمر به عنوان یک عامل پیش‌آماده‌سازی و ماده تعاونی در حمام رنگرزی به روش‌های رمق‌کشی و مداوم مورد استفاده قرار گرفت. این دندریمر از نسل دوم است و گروه‌های انتهایی آبدوست دارد. بنابراین در حلال‌های قطبی مثل آب حل می‌شود.

قدرت رنگی نمونه‌ها با اندازه‌گیری مقادیر انعکاس سطحی(R) با استفاده از اسپکتروفوتومتر X-Rite CA22 ارزیابی شده است.

برای بررسی ثبات نوری از لامپ زنون مطابق استاندارد ISO/R 105/V، part 2 استفاده شد. ثبات شستشویی و ثبات سایشی به ترتیب مطابق با استانداردهای مطابق استاندارد ISO/R 105/IV و ISO/R 105/IV، part 18 انجام گرفت

به منظور بررسی تأثیر دندریمر، رنگرزی به روش‌های رمق‌کشی و مداوم انجام گرفت. در روش رمق‌کشی، اثر دندریمر به عنوان یک ماده تعاونی رنگرزی روی قدرت رنگی[۱] پارچه پنبه‌ای رنگرزی شده با رنگزای مستقیم قرمز ۸۱ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با نمونه رنگرزی شده با روش رنگرزی متداول مقایسه شد. همه رنگرزی‌ها در دستگاه رنگرزی آزمایشگاهی Ahiba مطابق نمودار شکل ۳ و ۴ انجام گرفت.

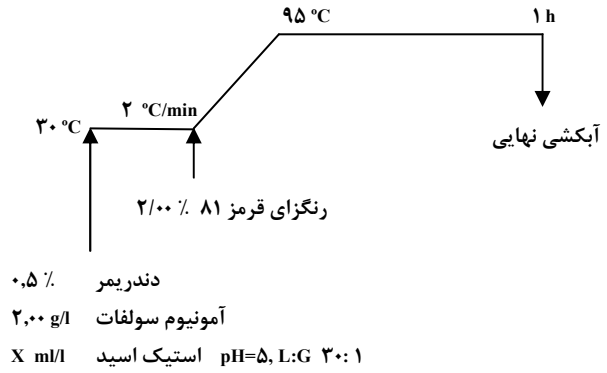
۱ـ قدرت رنگی: $K/S = (1-R)2/2R$,R انعکاس در طول موج‌های مختلف



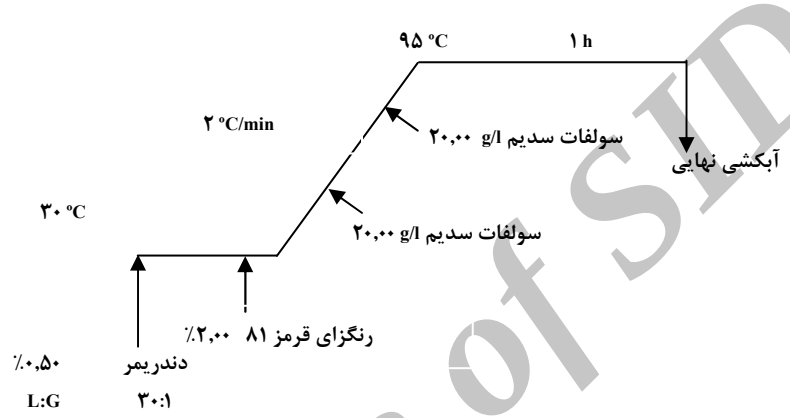
شکل ۲: ساختار شیمیایی رنگزاهای مستقیم قرمز ۸۱ و آبی ۷۸ و دندریمر پلی‌پروپیلن ایمین [۷].

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳: روش رنگرزی رمق‌کشی در شرایط اسیدی.



شکل ۴: روش رنگرزی رمق‌کشی در محیط خنثی.

در روش رنگرزی مداوم پارچه‌های پنبه‌ای با محلول پد حاوی مواد ذکر شده در جدول ۱ (با برداشت ٪۷۰ - دمای محلول ۲۵ °C) پد شدند. نمونه‌های پد شده در دمای ۱۱۰-۱۰۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه خشک شده و به مدت ۳۰ دقیقه با روش بخار در ۱۰۲ °C تثبیت شدند.

جدول ۱: مواد مورد استفاده در محلول پد.

نوع ماده	دندریمر	رنگزای مستقیم قرمز ۸۱	اوره	Invadin JFC	Fumexol AS
غلظت (g/l)	۵,۰۰	۲۰,۰۰	۵۰,۰۰	۱۰,۰۰	۱۰,۰۰
	-	۲۰,۰۰	۵۰,۰۰	۱۰,۰۰	۱۰,۰۰

پارچه‌های رنگرزی شده با سطح فعال کاتیونیک در حمامی شامل مواد زیر به مدت ۱۵ دقیقه در ۵۰ °C عمل شده و سپس آبکشی نهایی انجام گرفت.

Tinofix WS ٪ ۲,۰

استیک اسید pH =۵,۵ – ۶

در روش دیگری از رنگرزی مداوم، از امولسیون دندریمر به عنوان ماده پیش‌آماده‌سازی استفاده شد. نمونه‌های پنبه‌ای با امولسیون دندریمر حاوی مواد ذکر شده در جدول ۲ در دمای محلول پیش‌آماده‌سازی ۲۵ °C و L:G ۳۰:۱ با استفاده از روش pad-dry (با برداشت ۷۰ ٪ و خشک کردن در ۱۰۰ °C) پیش‌آماده‌سازی شدند. برای تهیه امولسیون دندریمر، ابتدا نفت و Irgasol NA را مخلوط کرده و دندریمر را به آن اضافه می‌کنیم. سپس در حالی که با هم‌زن الکتریکی محلول را هم می‌زنیم آرام آرام آب را اضافه می‌کنیم تا یک مخلوط کاملا یکنواخت به دست آید.

سپس رنگرزی به روش pad-steam در حمامی محتوی مواد ذکر شده در جدول ۳ انجام گرفت.

محلول پد یک بار با رنگزای مستقیم قرمز ۸۱ و بار دیگر با رنگزاهای مستقیم آبی ۷۸ تهیه شدند.

جدول ۲: مواد مورد استفاده در امولسیون دندریمر در ml ۵۰۰ آب.

نوع ماده	دندریمر (g/l)	Irgasol NA (g/l)	نفت (g/l)
غلظت (g/l)	۵,۰۰	۲۰,۰۰	۴۷۵,۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

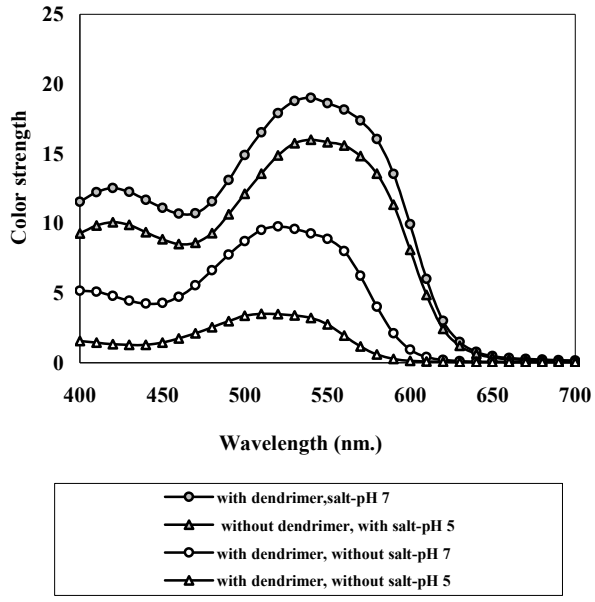
جدول ۳: مواد مورد استفاده در محلول پد.

نوع ماده	رنگزای مستقیم	اوره	Invadin JFC	Fumexol AS
غلظت (g/l)	۲۰,۰۰	۵۰,۰۰	۱۰,۰۰	۱۰,۰۰

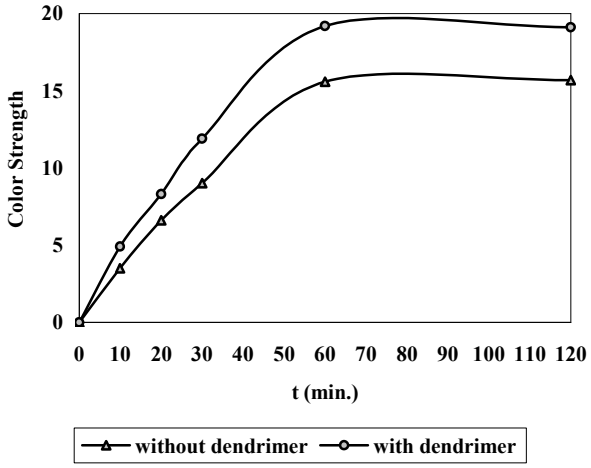
۳ـ نتایج و بحث

۳ـ۱ـ روش رنگرزی رمق‌کشی

در رنگرزی به روش رمق‌کشی بر روی کالای پنبه‌ای با رنگزای مستقیم از دندریمر به عنوان ماده تعاونی در pH خنثی و اسیدی کمک گرفته شد. قدرت رنگی کالای رنگ شده در شکل ۵ نشان داد که استفاده از دندریمر به عنوان یک ماده تعاونی و رنگزای مستقیم قرمز ۸۱ به طور همزمان در رنگرزی اثر قابل توجهی روی قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده ندارد و همچنین مشاهدات بصری نشان داد که رنگرزی یکنواختی حاصل نمی‌شود. به نظر می‌رسد که پروتونه‌شدن دندریمر درمحیط اسیدی باعث مصرف کمتر نمک و افزایش قدرت رنگی نمونه پنبه‌ای می‌شود. اما همان طوری که مشاهده می‌شود رنگرزی در محیط اسیدی قدرت رنگی پایین‌تری حاصل می‌کند. پروتونه‌شدن دندریمر در محیط اسیدی اثر بلوکه‌کننده‌ای ایجاد می‌کند و بنابراین تمایل رنگزا به لیف کاهش می‌یابد. در همین زمان حبس‌شدن مولکول‌های رنگزا درون حفره‌های دندریمر اتفاق می‌افتد. بنابراین عملا استفاده از دندریمر نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای نمک در رنگرزی به روش رمق‌کشی باشد.



شکل ۵: اثر دندریمر و شرایط رنگرزی بر تغییر رنگ نمونه‌های رنگرزی شده به روش رمق‌کشی با رنگزای مستقیم قرمز ۸۱.

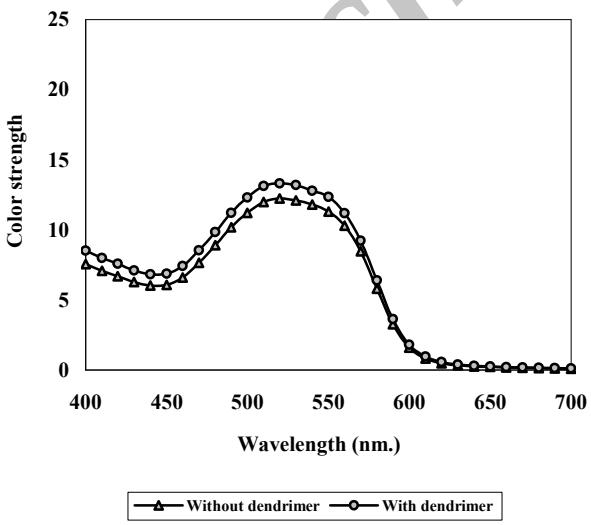


شکل ۶: اثر استفاده از دندریمر و زمان بر قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده با رنگزای مستقیم قرمز ۸۱.

همان طوری که در شکل ۶ نشان داده شده است با استفاده از دندریمر در حمام رنگرزی به روش رمق‌کشی تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سرعت رنگرزی مشاهده نمی‌شود.

۳ـ۲ـ روش رنگرزی مداوم

به روش مداوم و استفاده از ترکیبات دندریمری در حمام پد به عنوان ماده تعاونی بر روی کالای پنبه ای با استفاده از رنگزای مستقیم انجام شد و قدرت رنگی کالای رنگ شده به این روش در شکل ۷ نمایش داده شده است و نتایج نشان داد که حضور دندریمر در محلول پد اثر قابل توجهی روی قدرت رنگی ندارد.



شکل ۷: اثر دندریمر بر قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده به روش استفاده همزمان دندریمر و رنگزا درمحلول پد با رنگزای مستقیم قرمز ۸۱.

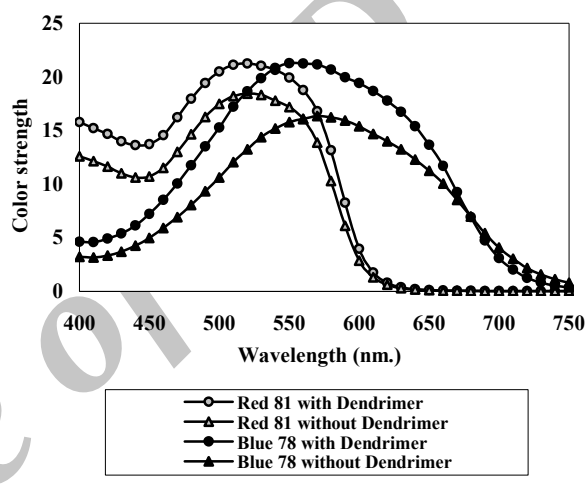
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴: نتایج ثبات‌های* پارچه پیش‌آماده‌سازی شده و آماده‌سازی نشده با امولسیون دندریمر و رنگزای شده با رنگزاهای قرمز ۸۱ و آبی ۷۸.

نوع نمونه	نوع رنگزا	ثبات نوری	شستشویی			سایشی	
			تغییر رنگ	لکه‌گذاری روی پشم	لکه‌گذاری روی پنبه	تر	خشک
پارچه آماده‌سازی نشده	قرمز ۸۱	۳	۳	۴	۲-۳	۲-۳	۴-۵
	آبی ۷۸	-	۳	۴	۴	۴-۵	۴-۵
پارچه پیش‌آماده‌سازی شده	قرمز ۸۱	۳	۳-۴	۳-۴	۲	۳	۴-۵
	آبی ۷۸	-	۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵

* همه نمونه‌ها دارای عمق رنگی یکسانی دارند.



شکل ۸: اثر امولسیون دندریمر به عنوان عامل پیش‌آماده‌سازی بر نتایج رنگرزی.

شکل ۸ تأثیر پیش‌آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای با امولسیون دندریمر در رنگرزی به روش مداوم را نشان می‌دهد. قدرت رنگی پارچه پنبه‌ای پیش‌آماده‌سازی با امولسیون دندریمر به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از نمونه پارچه عمل نشده مشابه است. مقایسه قدرت رنگی نمونه‌ها نشان داد که پیش‌آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای با امولسیون دندریمر بهترین روش است و بنابراین این روش برای رنگزای مستقیم آبی ۷۸ نیز به کار گرفته شد که مشابه رنگزای مستقیم قرمز ۸۱ نتایج رضایت بخشی را حاصل نمود.

خواص ثباتی نمونه‌های رنگرزی شده نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به جدول ۴، ثبات‌های سایشی، شستشویی و تر نمونه‌ها به مقدار کمی بهبود می‌یابد.

به نظر می‌رسد که رنگرزی به روش استفاده از امولسیون دندریمر عمق رنگی بالاتری نسبت به رنگرزی‌های اجرا شده به روش استفاده همزمان دندریمر و رنگزا در محلول پد نشان می‌دهد و یکنواختی مطلوب‌تری نیز حاصل می‌شود. نایکنواختی حاصل از رنگرزی نمونه‌ها به روش استفاده همزمان دندریمر و رنگزا در محلول پد ممکن است به دلیل تجمعات مولکول‌های دندریمر در حمام رنگرزی باشد که توسط دیگر محققین نیز بیان شده است [۱۰]. به کارگیری امولسیون دندریمر از تشکیل تجمعات دندریمر و حبس مولکول‌های رنگزا درون حفره‌های دندریمر جلوگیری کرده و رنگرزی یکنواخت با قدرت رنگی رضایت‌بخشی را حاصل می‌کند.

۴ـ نتیجه‌گیری

نقش دندریمر با گروه انتهایی ایمین در نسل دوم در رنگرزی به روش رمق‌کشی و مداوم بر روی کالای پنبه‌ای با رنگزای مستقیم در این تحقیق بررسی شد. نتایج نشان داد که به کارگیری دندریمر پلی پروپیلن ایمین در حمام رنگرزی به روش‌های رمق‌کشی اثر قابل ملاحظه‌ای روی قدرت رنگی نمونه‌ها نداشته و رنگرزی یکنواختی نیز حاصل نمی‌کند. قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده در شرایط اسیدی پایین‌تر از شرایط خنثی است. دندریمر پروتونه شده در محیط اسیدی مولکول‌های رنگزا را درون حفره‌های خود حبس می‌کند و بنابراین تمایل رنگزا به الیاف کاهش می‌یابد. به کارگیری دندریمر پلی‌پروپیلن ایمین در رنگرزی به روش pad-steam اثر کمی روی قدرت رنگی نمونه‌ها دارد اما زمانیکه نمونه با امولسیون دندریمر پیش‌آماده‌سازی می‌شود قدرت رنگی و یکنواختی مطلوبی حاصل می‌شود و همچنین تغییر محسوسی در خواص ثبات رنگی ایجاد نمی‌شود.

تشکر و قدردانی

از شرکت DSM هلند در تهیه ماده دندریمری پلی پروپیلن ایمین نسل دوم تشکر و قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۵ـ مراجع

1. S. M. Burkinshaw, M. Mignanelli, P. Forehling, M.J. Bide, The use of dendrimers to modify the dyeing behaviour of reactive dyes on cotton. *Dyes Pigm.* 47(2000), 259-267.
2. S. M. Burkinshaw, A. Gotsopoulos, Pretreatment of cotton to enhance its dyeability. *Dyes Pigm.* 42(1999), 179-195.
3. H. T. Lokhande, Dyeing behavior of swollen cotton fibers and swelling mechanisms of intra- and intercrystalline swelling agents. *J. Appl. Polym. Sci.* 22(1978), 533-542.
4. J. M. J. Frechet, D. A. Tomalia, Dendrimers and Other Dendritic Polymers. John Wiley & Sons, New York, 2001.
5. P. E. Froehling, Dendrimers and dyes-a review. *Dyes Pigm.* 48(2001), 187-195.
6. B. Klajnert, M. Bryszewska, Dendrimers: properties and application. *Acta. Biochemica. Polonica.* 48(2001), 199-208.
7. A. W. Bosman, H. M. Janssen, E. W. Meijer, dendrimer chemistry. *Chem. Rev.* 99(1999), 1665-1688.
8. E. M. M. de Brabander-van den Berg, E. W. Meijer, Poly(propy1ene imine) Dendrimers: Large-Scale Synthesis by Hetereogeneously Catalyzed Hydrogenations, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 32 (1993), 1308-1311.
9. S.M. Burkinshaw, P.E. Froehling, M. Mignanelli, The effect of hyperbranched polymers on the dyeing of polypropylene fibres. *Dyes Pigm.* 53 (2002) 229-235.
10. O. Bourrier, J. Butlin, R. Hourani, A. K. Kakkar., Aggregation of 3,5-dihydroxybenzyl alcohol based dendrimers and hyperbranched polymers, and encapsulation of DR1 in such dendritic aggregates. *Inorganica. Chimica. Acta.,* 357(2004), 3836-3846.
11. M. Khatibzadeh, M. Mohseni, S. Moradian, A.N. Emamzadeh, Studying the dyeing of fiber grade PET using a hyperbranched polymeric additive. *J. Color. Sci. Tech*. 4 (2010), 25-32.

Archive of SID

www.SID.ir