Archive of SID

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی ـ پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۴ (۱۳۸۹)، ۱۴۹ـ۱۴۳

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

رنگرزی کالای پنبه/ پلی‌استر با مواد رنگزای راکتیو انتخابی/ دیسپرس تحت شرایط خنثی

جواد مختاری[1*]، مهدی نوری[2]، محمدامین سارلی[3]

۱ـ استادیار، گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵

۲ـ دانشیار، گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵

۳ـ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۳۰ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۹/۹/۲۰

چکیده

استفاده از پارچه‌های بافته شده از مخلوط الیاف طبیعی و مصنوعی به منظور بهره‌مند شدن از خواص مطلوب هر یک از اجزاء، متداول می‌باشد. روش شناخته شده برای رنگرزی این نوع کالاها، استفاده از مواد رنگزای راکتیو/ دیسپرس و یا مخلوط آنهاست که برای رنگرزی جزء پنبه‌ای با رنگزای راکتیو از قلیا استفاده می‌شود. از آنجایی که افزودن قلیا سبب بروز مشکلاتی از جمله ایجاد نایکنواختی در رنگرزی شده و از طرفی زمان‌بر است، رنگرزی کالای پنبه/ پلی‌استری با مواد رنگزای راکتیو انتخابی و دیسپرس در شرایط خنثی بررسی شد. در این روش قبل از رنگرزی یک مرحله آماده‌سازی بر روی رنگزای راکتیو انتخابی انجام می‌گیرد که طی آن با استفاده از شرایط قلیایی ضعیف، گروه‌های سولفاتو اتیل سولفون رنگزای راکتیو به وینیل سولفون تبدیل می‌شوند. به این ترتیب کاری که قلیا در حین رنگرزی انجام می‌دهد، پیش از رنگرزی انجام می‌گیرد. نتایج اندازه‌گیری درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت در رنگرزی پارچه پنبه/پلی‌استر با بهترین شرایط آماده‌سازی رنگزاهای راکتیو انتخابی و رنگزای دیسپرس نشان داد که برای مخلوط رنگزاهای C.I. Reactive Blue 21 و C.I. Disperse Red 167، E%= ۹۴٪ و F% = ۸۴٪ است و برای مخلوط رنگزاهای C.I. Reactive Black 5 و C.I. Disperse Red 167، E%= ۸۹٪ و F% = ۸۱٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رنگزای راکتیو، رنگرزی، تثبیت، رمق‌کشی، شرایط خنثی.

Dyeing of Cotton/Polyester Fabric with Selected Reactive/Disperse Dyes under Neutral Condition

J. Mokhtari*, M. Nouri, M. A. Sarli

Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Guilan University, P.O. Box: 41635, Rasht, Iran

Abstract

In order to have the better properties of each component, the use of fabrics prepared from natural and synthetic fibres blends are common. The well known method for the dyeing of this kind of fabrics is either the use of reactive-disperse dye or reactive/disperse dyes blend. For the dyeing of cotton component of the substrate with reactive dyes, the use of alkali is necessary. Since the addition of alkali during the dyeing process could cause unlevel dyeing and also it is time consuming, the dyeing of cotton fabric with selected reactive dyes under neutral condition was investigated. In this method, a mild alkali pretreatment of a selected reactive dye is done before dyeing stage in which the sulphato ethyl sulphone group of the dye is converted to the vinyl sulphone group. So, the role of alkali during dyeing process is performed before the dyeing process starts. The results obtained from the measurement of exhaustion and fixation percentages in dyeing of cotton/polyester substrate with selected reactive dye pretreated in optimised condition/disperse dye showed E%=94%, F%=84% for C.I. Reactive Blue 21 / C.I. Disperse Red 167 and E%=89%, F%=81% for C.I. Reactive Black 5 / C.I. Disperse Red 167. J. Color Sci. Tech. 4(2010), 143-149© Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Reactive dye, Dyeing, Fixation, Exhaustion, Neutral condition.

***Corresponding author: j.mokhtari@guilan.ac.ir**

www.SID.ir

Archive of SID

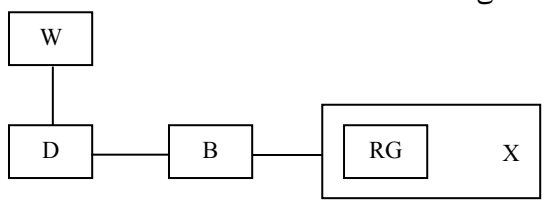
۱ـ مقدمه

یکی از روش‌های متداول برای بهره‌گیری از خواص مطلوب الیاف طبیعی و مصنوعی، استفاده از پارچه‌های بافته شده از مخلوط این الیاف می‌باشد [۱]. یکی از مهمترین آنها پارچه‌های بافته شده از مخلوط الیاف پنبه/ پلی‌استر می‌باشد که عمدتاً با نسبت اختلاط ۳۳ به ۶۷ تولید می‌شوند. یکی از مهترین روش‌های رنگرزی پارچه مخلوط پنبه/ پلی‌استر استفاده از مواد رنگزای راکتیو/ دیسپرس یا از مخلوط آنها می‌باشد. جزء پلی‌استر این مخلوط فقط قابلیت رنگرزی با مواد رنگزای دیسپرس را دارد در صورتی که جزء پنبه‌ای قابلیت رنگرزی با مواد رنگزای مختلف از جمله مواد رنگزای مستقیم، خمی، گوگردی و راکتیو را دارا می‌باشد. مواد رنگزای راکتیو قادرند تا با زنجیر سلولزی الیاف پنبه اتصال کووالانسی ایجاد نمایند که این اتصال عامل حصول ثبات شستشویی بالا بر روی کالای رنگرزی شده می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل کوچک بودن اندازه مولکولی، مواد رنگزای راکتیو معمولا دارای درخشندگی خوبی هستند.

تحقیقات برای امکان اتصال کوالانسی بین مولکول رنگزا و زنجیر پلیمری الیاف و ایجاد کالای رنگرزی شده با ثبات شستشویی بسیار عالی از سال ۱۹۵۳ شروع شد. تا قبل از آن کوشش‌های انجام شده در صنعت به منظور تثبیت رنگزا بر روی الیاف بی‌نتیجه مانده بود [۲]. رتی و استفان [۵-۳] نشان دادند رنگزاهایی که دارای گروه ۱، ۳، ۵ تری آزینیل باشند در شرایط قلیایی ملایم با الیاف سلولزی واکنش می‌دهند و در این شرایط از کیفیت الیاف کاسته نمی‌شود. تلاش I.C.I. برای تولید رنگزاهای راکتیو پروسیون موفقیت‌آمیز بود. رنگزاهای تهیه شده جدید، از ثبات شستشویی بالاتری نسبت به رنگزاهای مستقیم برخوردار بوده و نسبت به رنگزاهای خمی و آزویی درخشان‌تر و متنوع‌تر بودند. شمای کلی رنگزاهای راکتیو در شکل ۱ آورده شده است.

به طور کلی این رنگزاها بر اساس واکنشی که با الیاف انجام می‌دهند به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف: رنگزاهایی که دارای گروه ترک شونده (عمدتاً هالوژن) هستند و از طریق واکنش استخلافی هسته دوستی با الیاف پیوند برقرار می‌کنند.



شکل ۱: شمای کلی رنگزاهای راکتیو که W- گروه ایجاد کننده حلالیت، D- کروموفور، B- پل ارتباطی، RG- گروه فعال، X-گروه ترک کننده می‌باشد.

ب: رنگزاهایی که در گروه راکتیو خود دارای اتصال دو گانه‌اند و یا در شرایط مناسب دارای اتصال دوگانه می‌شوند. این رنگزاها از طریق واکنش افزایشی هسته دوستی با الیاف پیوند بر قرار می‌کنند.

از جمله رنگزاهای راکتیو تولید شده که بر اساس واکنش‌های افزایشی هسته دوستی عمل می‌کنند می‌توان به رنگزاهای ریمازول حاوی گروه واکنش‌پذیر وینیل سولفون اشاره کرد. این در حالی است که رنگزاهای ریمالان به ظاهر فاقد پیوند دوگانه هستند ولی این پیوند با تبدیل گروه بتاسولفاتو اتیل سولفونیل در حضور قلیا به گروه فعال وینیل سولفون در رنگزا ایجاد می‌گردد [۵]. در هر دو گروه از مواد رنگزای راکتیو استفاده از قلیا برای ایجاد اتصال بین رنگزا و الیاف ضروری است. افزودن قلیا به حمام رنگرزی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زمان انجام رنگرزی مقرون به صرفه نیست و همچنین ممکن است سبب ایجاد نایکنواختی در رنگرزی شود. از طرفی استفاده از قلیا در رنگرزی پارچه‌های مخلوط پنبه/ پلی‌استر می‌تواند باعث آسیب رساندن به جزء پلی‌استری شود. مطالعات زیادی در زمینه رنگرزی الیاف پنبه با رنگزای راکتیو در شرایط خنثی انجام شده است. از آن جمله می‌توان به مطالعات لوئیس و همکاران اشاره کرد که رنگرزی بر روی پارچه پنبه‌ای با رنگزاهای انتخابی به روش رمق‌کشی و تحت شرایط خنثی را انجام داده‌اند [۶].

در این مقاله ابتدا رنگرزی کالای پنبه‌ای با استفاده از رنگزای راکتیو انتخابی در شرایط خنثی به منظور حصول شرایط بهینه رنگرزی انجام شد. برای این کار ابتدا مرحله آماده‌سازی بر روی رنگزای راکتیو انتخابی با استفاده از شرایط قلیایی ضعیف انجام گرفت تا تبدیل گروه بتا سولفاتو اتیل سولفون به وینیل سولفون بر روی رنگزا انجام شود. سپس رنگرزی پنبه تحت شرایط خنثی صورت گرفت. پس از به دست آوردن شرایط بهینه، کالای مخلوط پنبه/ پلی‌استری با استفاده از مخلوط رنگزاهای راکتیو انتخابی و رنگزاهای دیسپرس رنگرزی شد.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

پارچه پنبه‌ای، پارچه پنبه/ پلی‌استر از منابع محلی تهیه گردید. رنگزای راکتیو C.I.Reactive Blue 21 (Constitution No:---, Phthalocyanine Vinylsulphone) و C.I.Reactive Black 5 (Constitution No: 20505, Disazo Vinylsulphone)، رنگزای دیسپرس C.I.Disperse Red 167 (Constitution No: 11338, Azo) از شرکت Dystar مورد استفاده قرار گرفت. نمک طعام، کربنات سدیم، اسید استیک از نوع آزمایشگاهی شرکت مرک استفاده شد. پراکنش‌کننده Dyasol LD از شرکت دایر شیمی استفاده شد. ماشین رنگرزی تحت فشار (HT) ساخت شرکت نساج صنعت استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه pH متر (Metrohm, Switzerland) و اسپکتروفوتومتر انتقالی (Cintra 10) UV-Visible استفاده شد.

۲ـ۲ـ روش کار

ابتدا رنگزای راکتیو انتخابی با استفاده از کربنات سدیم تحت شرایط قلیایی قرار گرفت. برای این کار، رنگزای راکتیو انتخابی در آب حل شد و pH محلول اندازه‌گیری گردید. سپس محلول رنگزای مذکور تحت pH های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در دماها و زمان‌های مختلف (در نمودارها pH ، دما و زمان آورده شده) عمل‌آوری شد و مجدداً pH محلول به مقدار اولیه اندازه‌گیری شده در ابتدای آزمایش رسانده شد. پس از آماده‌سازی رنگزا در شرایط مختلف، کالای پنبه‌ای در حمامی شامل رنگزای راکتیو انتخابی عمل‌آوری شده ۱٪، ۴۰ g/l NaCl، L:R ۲۰:۱، به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه رنگرزی HT رنگرزی گردید. پس از رنگرزی، کالا جهت خروج کامل رنگزای تثبیت نشده در حمام دیگری با محتوی آب و L:R ۲۰:۱ به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد عمل شد. بعد از این مرحله، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر عبوری و بر اساس قانون بیر لامبرت [۷] پس از پیدا کردن ضریب جذب (ε) و قرار دادن آن در رابطه ۱ غلظت رنگزا در هر حمام محاسبه می‌شود.

$$A = \varepsilon \, L \, C \qquad (1)$$

که در آن A مقدار جذب، ε ضریب جذب مولار (lit/mol.cm)، L طول سل اسپکتروفوتومتر(cm) و C غلظت رنگزا (mol/lit) می‌باشد.

با پیدا کردن غلظت رنگزا در حمام‌ها و با استفاده از رابطه ۲، درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت برای هر نمونه از رنگزاهای آماده شده که در حمامی جداگانه جهت رنگرزی استفاده شده است، به دست آمد:

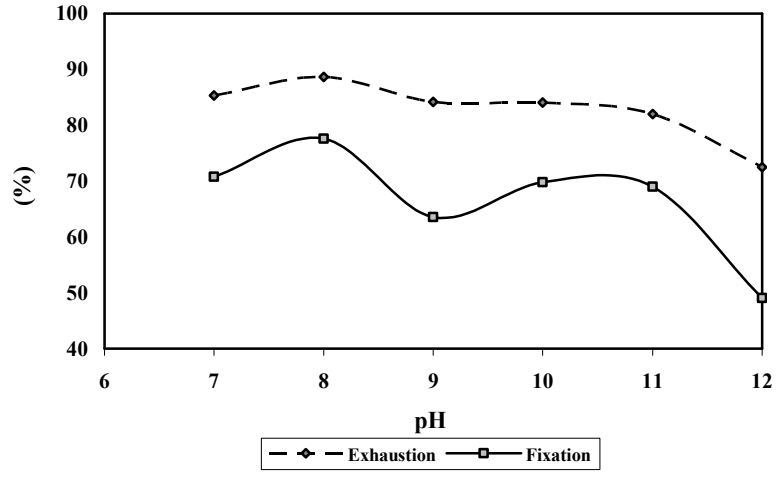
$$\begin{cases} E\% = \dfrac{(C_0 - C_1)}{C_0} * 100 \\ F\% = \dfrac{(C_0 - C_1 - C_2)}{C_0} * 100 \end{cases} \qquad (2)$$

که در آن E% درصد رمق‌کشی، F% درصد تثبیت، C_0 غلظت رنگزا در حمام اولیه، C_1 غلظت رنگزا در پساب، C_2 غلظت رنگزا در حمام شستشو است.

پس از به دست آوردن بهترین شرایط آماده‌سازی رنگزای راکتیو انتخابی، کالای پنبه/پلی‌استر با استفاده از رنگزاهای آماده شده به روش فوق در شرایط بهینه و رنگزای پراکنش در دستگاه رنگرزی HT در حمامی شامل ۱٫۶g NaCl، پراکنش‌کننده CC ۰٫۲، اسید استیک (جهت رساندن محلول به pH=۶) و با L:R ۲۰:۱ و مخلوط رنگزای C.I. Reactive Blue 21 و C.I. Disperse Red 167 هرکدام ۱٪ برای یک نمونه و مخلوط رنگزای C.I. Reactive Black 5 و C.I. Disperse Red 167 هر کدام ۱٪ برای نمونه دیگر به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد رنگرزی گردید. درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت برای کالاهای مخلوط رنگرزی شده با رنگزای راکتیو آماده شده در شرایط بهینه و رنگزای دیسپرس نیز با روش اسپکتروسکوپی ذکر شده در بالا محاسبه گردید.

۳ـ نتایج و بحث

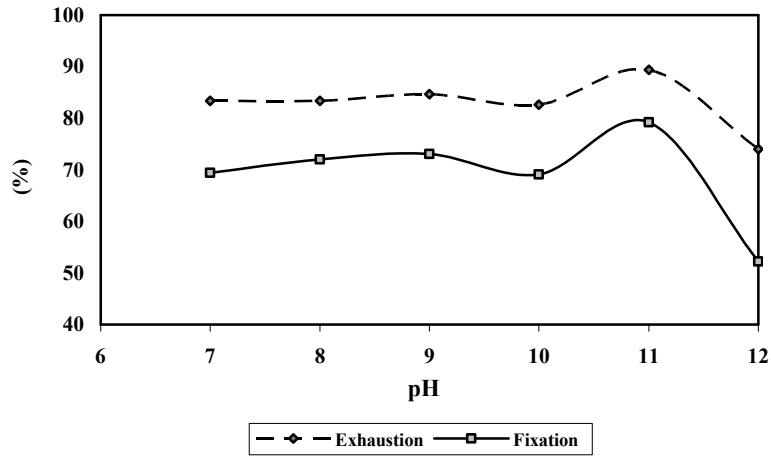
نتایج به دست آمده در مورد کالای پنبه‌ای رنگرزی شده با رنگزای راکتیو C.I. Reactive Blue 21 در شرایط مختلف آماده‌سازی محلول رنگزا در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده‌اند.



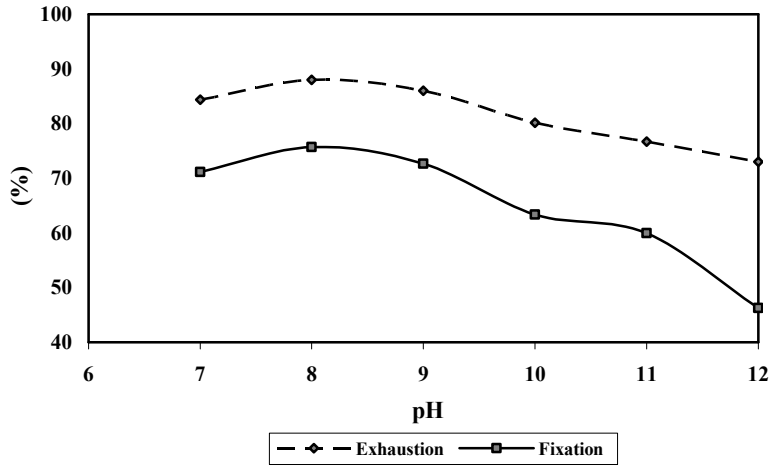
شکل ۲: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.



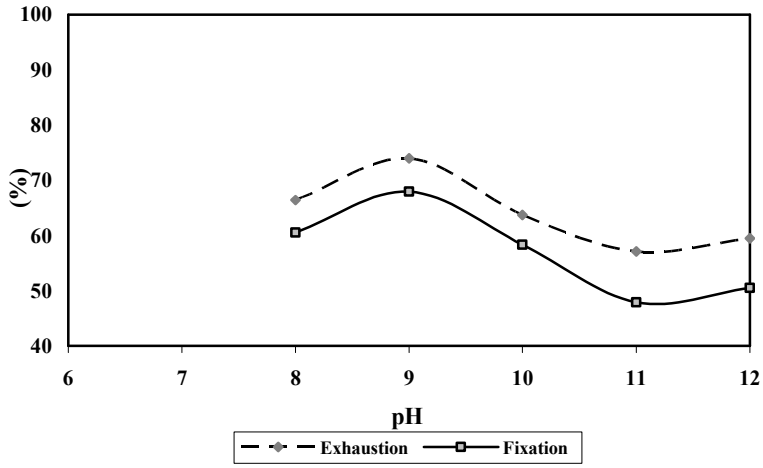
شکل۴: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.

بر اساس این نتایج بهترین شرایط آماده‌سازی برای رنگزای C.I. Reactive Blue 21، pH=۱۱، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، و زمان ۳۰ دقیقه است که در این حالت E%=٪۸۹,۴ و F%=٪۷۹,۲ می‌باشد. نتایج به دست آمده در مورد کالای پنبه‌ای رنگرزی شده با رنگزای راکتیو C.I. Reactive Black 5 در شرایط مختلف آماده‌سازی محلول رنگزا در شکل‌های ۵ تا ۱۰ نشان داده شده‌اند.

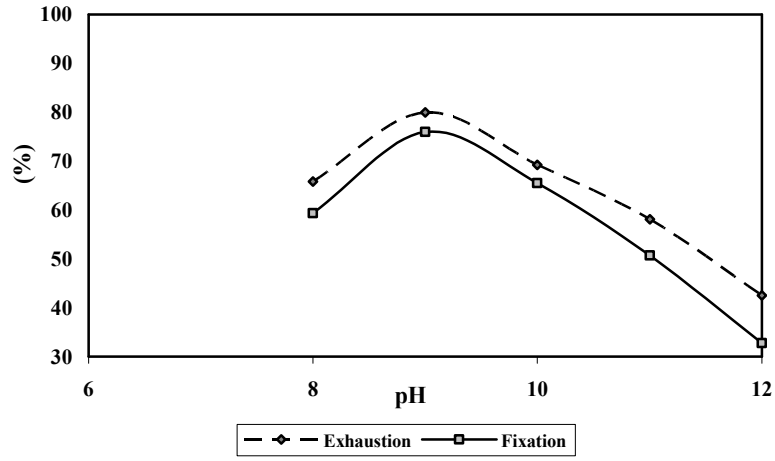
بر اساس این نتایج بهترین شرایط آماده‌سازی برای رنگزای C.I. Reactive Black 5، pH =۹ دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه است که در این حالت E%=۸۳,۹٪ و F%= ۷۸,۹٪ می‌باشد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهند که برای رنگزاهای راکتیو انتخاب شده افزایش میزان pH در یک دمای ثابت و طی یک زمان معین تا مقدار مشخصی باعث افزایش میزان درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت می‌شود و بعد از آن سبب کاهش آنها می‌گردد. همچنین افزایش میزان دما در زمان ثابت در pHهای پایین باعث افزایش درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت می‌شود و در pHهای بالا باعث کاهش آن می‌گردد. دلیل این امر این است که رنگزا در pHهای بالاتر آبکافت می‌شود. رنگزایی که به فرم بتا- سولفاتو اتیل سولفون تهیه می‌شود پایدار است و با الیاف واکنش نمی‌دهد و پس از تبدیل آن به گروه وینیل سولفون بین رنگزا و لیف تشکیل پیوند می‌شود. مکانیزم عمل واکنش تبدیل گروه سولفاتو اتیل سولفون به وینیل سولفون در شکل ۱۱ نشان داده شده است [۸]. حضور گروه الکترون کشنده قوی سولفون پیوند دوگانه را نسبت به افزایش هسته دوستی بسیار فعال می‌سازد. ابتدا آنیون سلولزات به وینیل سولفون افزوده می‌شود و حد واسط آنیونی به دست می‌آید که از طریق رزونانس پایدار می‌شود. فرم رزونانسی که درآن بار منفی بر اتم‌های الکترون دوست اکسیژن گروه سولفون قرار می‌گیرد از اهمیت بیشتری برخوردار است. واکنش افزایشی پس از پروتون‌دار شدن به اتمام می‌رسد و پیوند کووالانسی دائمی لیف-رنگزا (C-O) تشکیل می‌شود. در فرآیند رنگرزی راکتیو که درآن واکنش جانشینی هسته دوستی انجام می‌شود، آبکافت رنگزا با واکنش رنگزا- لیف رقابت می‌کند و سبب می‌شود که در pHهای بالاتر آبکافت اتفاق بیافتد که نتیجه آن کاهش درصد رمق‌کشی و تثبیت است (شکل ۱۱).

www.SID.ir

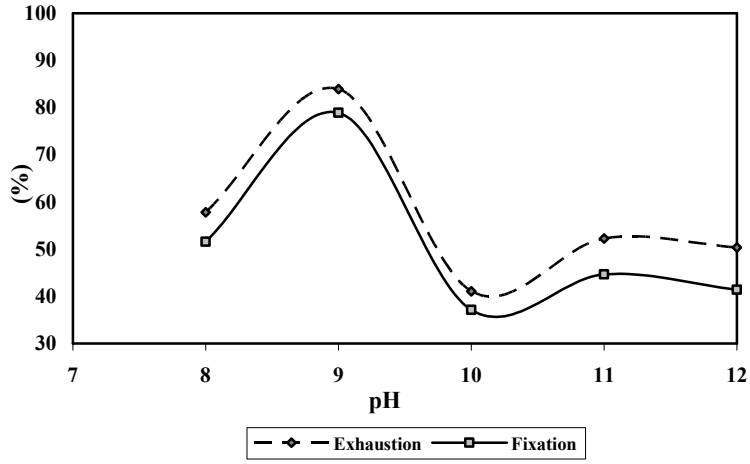
Archive of SID



شکل۵: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.



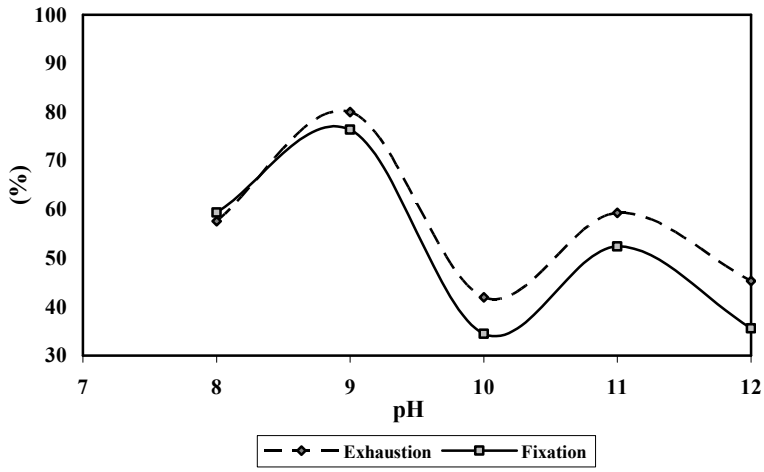
شکل۶: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.



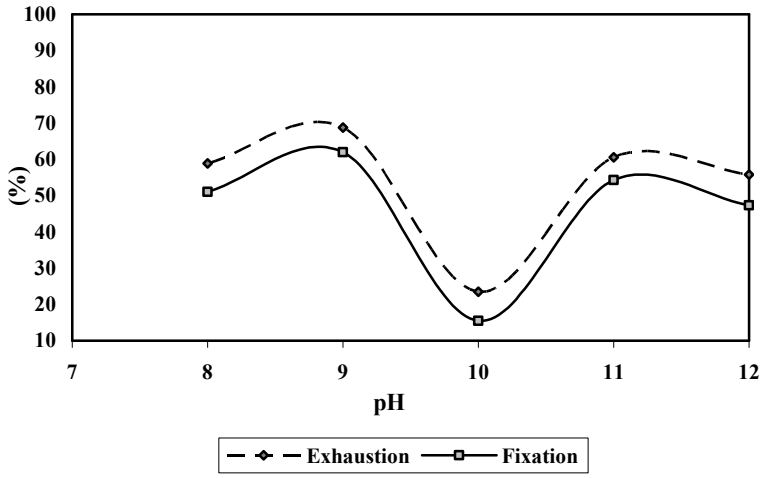
شکل۷: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۵ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.

www.SID.ir

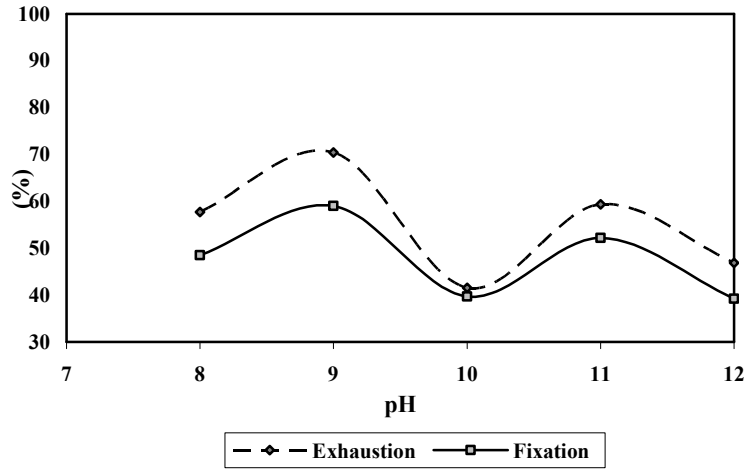
Archive of SID



شکل۸: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.



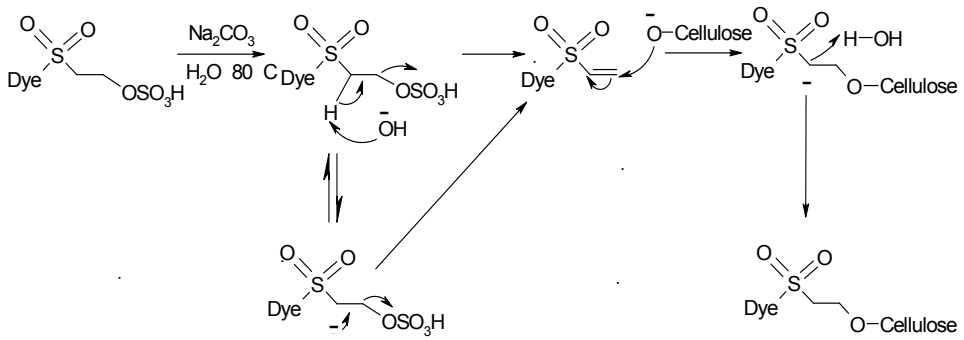
شکل۹: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.



شکل۱۰: نمودار درصد رمق‌کشی و تثبیت برحسب pH در دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۵ دقیقه برای رنگرزی کالای پنبه‌ای.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۱: مکانیسم عمل واکنش تبدیل گروه سولفاتو اتیل سولفون به وینیل سولفون.

نتایج اندازه‌گیری درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت در رنگرزی پارچه پنبه/پلی‌استر با بهترین شرایط آماده‌سازی رنگزاهای راکتیو انتخابی و رنگزای دیسپرس نشان داد که برای مخلوط رنگزاهای C.I. Reactive Blue 21 و C.I. Disperse Red 167، E%=٪۹۴ و F% = ٪۸۴ است و برای مخلوط رنگزاهای C.I. Reactive Black 5 و C.I. Disperse Red 167، E%= ٪۸۹ و F% = ٪۸۱ می‌باشد. مقدار بیشتر درصد رمق‌کشی و تثبیت برای رنگزای راکتیو C.I. Reactive Blue 21 نسبت به رنگزای راکتیو C.I. Reactive Black 5 به ساختار شیمیایی بزرگ فتالوسیانینی آن مربوط می‌شود. از طرفی، افزایش مقدار درصد رمق‌کشی و تثبیت در مخلوط رنگزاها نسبت به رنگزاهای راکتیو به تنهایی ممکن است به دلیل عمل نمودن درصد کمی از رنگزاهای راکتیو به عنوان رنگزای دیسپرس که جذب پلی‌استر شده‌اند، باشد. این نتایج نشان می‌دهند که با استفاده از رنگزاهای راکتیو انتخابی و ایجاد شرایط مناسب رنگرزی، حصول درصد رمق‌کشی مناسب امکان‌پذیر می‌باشد.

۴ـ نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از رنگرزی‌ها نشان می‌دهد که روش ابداع شده برای رنگرزی کالای پنبه‌ای و همچنین کالای پنبه/پلی‌استر روش مناسبی است و باعث صرفه‌جویی زیادی در زمان و انرژی می‌شود. همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌شود هریک از رنگزاها دارای یک حالت ایده‌آل برای آماده‌سازی در یک pH مشخص هستند. با بررسی تمامی حالات برای آماده‌سازی رنگزا در pHهای مختلف و شرایط و امکانات موجود و همچنین pH اولیه رنگزا می‌توان یک حالت را به عنوان شرایط بهینه برای رنگرزی انتخاب کرد. همچنین با توجه به نتایج حاصل شده برای هر یک از رنگزاهای راکتیو در مرحله آماده‌سازی می‌توان گفت:

۱ـ انتخاب یک رنگزا با ساختار بزرگ نتایج بسیار مطلوبی را در این روش رنگرزی حاصل می‌کند و رنگزاهایی با ساختار کوچک مناسب برای این روش رنگرزی نیستند.

۲ـ افزایش میزان pH در یک دمای ثابت و طی یک زمان معین تا مقدار مشخصی باعث افزایش میزان در صد رمق‌کشی و درصد تثبیت می‌شود و بعد از آن سبب کاهش آنها می‌گردد.

۳ـ افزایش میزان دما در زمان ثابت در pH های پایین باعث افزایش درصد رمق‌کشی و درصد تثبیت می‌شود و در pHهای بالا باعث کاهش آنها می‌گردد.

۴ـ افزایش میزان زمان آماده‌سازی رنگزا در دمای ثابت در pHهای پائین باعث کاهش درصد رمق‌کشی و تثبیت می‌شود و در pHهای بالا باعث افزایش آنها می‌گردد.

۵ـ مراجع

1. D. M. Nunn, The dyeing of synthetic-polymer and acetate fibres, The dyers company Pub., trust. 1979, 413-417.
2. J. Shore, Cellulosic dyeing, S.D.C., Bradford, England. 1995, 189-193.
3. I. D. Rattee, Reactive dyes for cellulose 1953–1983. *J. Soc. Dyers Colour.* 14(1984), 50-57.
4. I. D. Rattee, Reactive dyes in the coloration of cellulosic materials. *J. Soc. dyers Colour.* 85 (1969), 23-31.
5. C. Preston, The dyeing of cellulosic fibres, S.D.C, England. 1988, 142-150.
6. D. M. Lewis, L. T. T. Vo, Dyeing cotton with reactive dyes under neutral conditions. *Color. Technol.* 123(2007), 306-313.
7. R. McDonald, Colour physics for industry, S.D.C., Bradford, England. 1987, 23-30.
8. A. H. Renfrew, Reactive dyes for textile fabrics, S.D.C., West Yorkshire. 1999, 1-5.

www.SID.ir