

تأثیر عملیات کاتیونی کردن پنبه بر خواص رنگرزی آن با رنگزاهای مستقیم

آمنه رحیمی^{۱*} ، رضا محمد علی مالک^۲ ، مجید منتظر^۲

۱ . کارشناس ارشد نساجی

۲ . استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده نساجی ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده :

در این تحقیق ماده کاتیونی ۳ - کلرو ۲ - هیدروکسی پروپیل تری متیل آمونیم کلراید به روش پد - بج در حضور هیدروکسید سدیم بر روی پنبه به کار برده شده و سپس پنبه کاتیونی شده، با رنگزاهای مستقیم رنگرزی شده است. قابلیت رنگپذیری پنبه عمل شده، با رنگزاهای مستقیم، حتی بدون حضور نمک در حمام رنگرزی، در نتیجه افزایش جاذبه یونی بین رنگزا و لیف کاتیونی به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافت. همچنین عمل کردن پنبه با این عامل کاتیونی ثبات شستشویی رنگزاهای مستقیم را بدون کاهش ثبات نوری افزایش داده است.

واژگان کلیدی: پنبه، کاتیونی کردن، پنبه عمل شده، رنگرزی، رنگزاهای مستقیم

مقدمه:

الیاف پنبه به علت ویژگیهای مثبتی که دارند در بین الیاف طبیعی از اهمیت خاصی برخوردارند. این الیاف جذب آب و رطوبت بازیافتن بالایی داشته، به علاوه از قابلیت رنگرزی خیلی خوبی نیز برخوردار می باشند. الیاف سلولزی وقتی در آب قرار می گیرند به علت یونیزه شدن گروههای هیدروکسیل از بار منفی برخوردار می شوند، از آنجاییکه بیشتر رنگزاهای مناسب برای رنگرزی این الیاف، رنگزاهای آئیونی (مثل رنگزاهای مستقیم و راکتیو) هستند، بنابراین نیروی دافعه الکتریکی بین رنگزا و لیف باعث کاهش رمق کشی رنگزا می گردد. برای رفع این مشکل از مقادیر زیاد نمک (کلرید سدیم یا سولفات سدیم) در حمام رنگرزی استفاده می شود. نمک با راستی لیف را خنثی کرده و باعث افزایش جذب رنگزا بر سطح آن می شود. با وجود استفاده از مقادیر بالای الکتروولیت، مقدار اضافی رنگزا بعد از رنگرزی در پساب باقی می ماند که رنگزای باقیمانده در پساب به همراه غلاظت بالای نمک، آلودگی زیست محیطی را افزایش می دهد. یکی از جدیدترین بیزوشهایی که برای رفع مشکل نمک در رنگرزی پنبه انجام گرفته است، جایگزینی نمک کلرید سدیم با تری سدیم سیترات (Trisodium Citrate) می باشد. رنگرزی پنبه در حضور تری سدیم سیترات میزان رمق کشی رنگزاهای آئیونی (رنگزاهای راکتیو، مستقیم و خمی محلول) را افزایش داده و مقدار ذرات حل نشده در پساب (TDS) را نیز کاهش می دهد [۱]. همچنین از روشهای دیگر رنگرزی پنبه بدون حضور نمک استفاده از رنگزای راکتیو کاتیونی است. این رنگزا با رنگزاهای راکتیو معمولی از نظر گروههای حل شونده اش اختلاف دارد. استفاده از گروه پیریدینینم به عنوان گروه حل شونده کاتیونی به جای گروههای آئیونی به منظور تسهیل رنگرزی بدون نمک پنبه سلولزی با این رنگراست [۲].

اصلاح شیمیایی پنبه به نحوی که بتوان بدون نیاز به مقادیر بالای الکتروولیت خواص رنگپذیری آنرا بهبود بخشید از مدت‌ها قبل مورد توجه بوده است. تحقیقات نشان داده‌اند که آماده‌سازی الیاف سلولزی با عوامل کاتیونی مقدار نمک مورد نیاز رنگرزی را کم کرده و یا برطرف می کند [۳]. با توجه به اینکه پنبه عمل شده با عوامل کاتیونی اتصالات الکترواستاتیکی با رنگزاهای آئیونی برقرار می کند بدین ترتیب راندمان رنگرزی با رنگزاهای آئیونی بهبود می یابد. بسیاری از تحقیقات انجام شده برای بهبود قابلیت رنگپذیری الیاف سلولزی شامل

*rahimi_a@yahoo.com مسؤول مکاتبات، پیام نگار:

آماده‌سازی پنبه با ترکیبات چهار ظرفیتی آمونیم با عوامل فعال مختلف نظیر گروههای ابوقسی [۴] و کلرو تری آزین [۵]، ایجاد گروههای آمین بر روی سلوژ [۱۰-۶]، برقراری اتصال عرضی با عوامل ضد چروک نظیر TMM [۱۱] و همچنین پیوند زدن پنبه با مونومرهای کاتیونی فعال شده با اشعه ماوراء بنسخ [۱۲] می‌باشد. در یکی از جدیدترین تحقیقات انجام شده، یک ترکیب فعال چهار ظرفیتی که دارای باقیمانده اکریل آمیدی است سنتز شده و به روش پد-پخت بر روی پنبه به کار برده شد. رمق کشی رنگزاهای راکتیو بر روی پنبه عمل شده با این عامل کاتیونی، حتی بدون حضور نمک و قلیاً به طور کامل انجام شده و این رنگزاهای اتصالات کوالانسی زیادی با لیف برقرار شده با این عامل کاتیونی گزارش شده است که وقتی پیوندهای عرضی با ۲-وینیل پیریدین بر روی سلوژ ایجاد شده و سپس چهار ظرفیتی کردند [۱۳]. همچنین گزارش شده است که وقتی پیوندهای عرضی با ابی کلرو هیدرین انجام گیرد، این امر منجر به افزایش رمق کشی رنگزا با رنگزاهای مستقیم می‌گردد (رمق کشی به حدود ۹۵-۱۰۰ درصد می‌رسد) [۱۴].

در این تحقیق عامل کاتیونی ۳-کلرو-۲-هیدروکسی پروپیل تری متیل آمونیم کلرايد در حضور قلیاً به روش پد-بج بر روی پنبه به کار برده شد. سپس خواص رنگرزی پنبه عمل شده با رنگزاهای مستقیم بررسی گردید.

تجربیات مواد مصرفی

پارچه پنبه‌ای با بافت تافته که عملیات آهارگیری و سفیدگری بر روی آن انجام گرفته بود. محلول آبی ۵درصد ۳-کلرو-۲-هیدروکسی پروپیل تری متیل آمونیوم کلرايد^۱ به فرمول شیمیایی $C_6H_{15}ClNO_2$ تهیه شده از شرکت Fluka، هیدروکسید سدیم تهیه شده از شرکت Panreac، اسید استیک و سولفات سدیم تهیه شده از شرکت MERCK. رنگزاهای مستقیم استفاده شده نیز در جدول ۱ آورده شده اند. این رنگزاهای متعلق به رنگزاهای کلاس B بوده و عملیات بعدی مناسب که برای بهبود ثبات تر آنها در کالر ایندکس ذکر شده استفاده از عوامل کاتیونیکی است.

جدول (۱) رنگزاهای استفاده شده		
نام تجاری	سازنده	CI generic name
Solophenyl Yellow ARL	Ciba	CI Direct Yellow 106
Solophenyl Turquoise Blue GRL	Ciba	CI Direct Blue 189
Solophenyl Red 3BL	Ciba	CI Direct Red 80

آماده‌سازی پارچه پنبه‌ای

پارچه پنبه‌ای ابتدا به حمامی شامل ۳۵ گرم بر لیتر محلول ۶۵ درصد ۳-کلرو-۲-هیدروکسی پروپیل تری متیل آمونیوم کلرايد (CHPTMAC) و ۱۵ گرم بر لیتر هیدروکسید سدیم خالص آغشته شده و سپس با برداشت تر ۱۰۰ درصد از بین دو غلطک پد عبور داده شد. پارچه‌ها بعد از پد شدن در پلاستیک پیچیده شده (به صورت رل) و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت پارچه‌ها ابتدا با آب ۴۰ درجه سانتی گراد آبکشی شده و سپس با محلول رقیق ۱ گرم بر لیتر اسیداستیک خنثی‌سازی و بعد با آب معمولی آبکشی شدند [۱۵]. pH نهایی پارچه معادل ۷/۶۶ به دست آمد [۱۶].

رنگرزی پارچه پنبه‌ای

تمام رنگزیها با ماشین رنگرزی Ahiba و با نسبت حجم حمام به وزن کالا (L.R) برابر ۴۰:۱ انجام گرفت. رنگرزی پارچه پنبه‌ای عمل نشده با رنگزاهای مستقیم بدین صورت انجام گرفت که ابتدا کالا در دمای محیط وارد حمام رنگرزی شامل (۱۰% OWF) رنگزا شده و سپس حمام رنگرزی با شیب ۱/۵ درجه سانتی گراد در دقیقه تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد، قبل از رسیدن به این دما نمک در دماهای ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد (مقدار نمک در هر بار ۱/۳ مقدار کل نمک مورد نیاز خواهد بود) به حمام رنگرزی افزوده شد و

(3-choro-2-hyroxypropyl)trimethylammonium chloride ^۱

رنگرزی در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت دیگر ادامه یافت. سپس حمام رنگرزی با شیب ۲/۵ درجه سانتی گراد در دقیقه تا دمای ۶۰ درجه سانتی گراد سرد شد. در این دما کالا از حمام خارج شده ابتدا با آب ۵۰ درجه سانتی گراد و سپس با آب معمولی آبکشی شد، نمک به ترتیب برای ۸، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰ و ۶/۵٪ (OWF) رنگزا مقدار (I_{max}) گرم بر لیتر بود. رنگرزی با رنگراهای مستقیم نمونه عمل شده، مشابه پنجه عمل نشده ولی بدون حضور نمک در حمام رنگرزی انجام گرفت.

اندازه گیری رمک کشی رنگزا

میزان برداشت رنگزا توسط کالا با اندازه گیری جذب پساب رنگرزیها توسط اسپکتروفوتومتر جذبی مدل ۶۱۰۵ UV/VIS شرکت JENWAY تعیین شد. جذب محلول رنگزا در طول موج ماکریم جذب رنگزا (I_{max}) اندازه گیری شده و مقدار رمک کشی رنگزا (E) توسط کالا از معادله ۱ محاسبه شده است [۱۳].

$$\%E = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100 \quad \text{معادله ۱}$$

که A₀ و A به ترتیب جذب محلول حمام رنگرزی قبل و بعد از رنگرزی هستند.

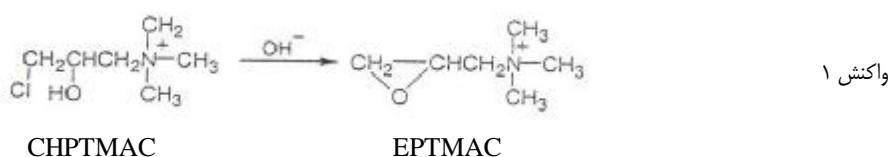
تعیین ثباتهای رنگ

برای ارزیابی ثبات نهایی رنگرزی های انجام شده، ثبات شیستشویی مطابق استاندارد ISO 105 C03:1989 انجام شد [۱۷]. مقادیر تعییر رنگ نمونه های رنگرزی شده بعد از شیستشو با مقیاس خاکستری (grey scale) و میزان لکه گذاری روی نمونه های همجنسب و غیر همجنسب نیز با مقیاس لکه گذاری ارزیابی شد. ثبات سایشی نیز بر طبق استاندارد ISO 105-X12:1993 انجام گرفت [۱۷]. تعییر رنگ بعد از سایش با مقیاس خاکستری ارزیابی شد. در مقیاس خاکستری و لکه گذاری عدد ۱ نشاندهنده کمترین ثبات و عدد ۵ نشاندهنده بالاترین ثبات می باشد. ثبات نوری بر طبق استاندارد ISO 105 B02:1994 انجام گرفت [۱۷]. نمونه ها بعد از ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت بازدید شدند. تعییر رنگ نمونه ها به ترتیب بعد از ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت مقادیر ۱، ۲، ۳ و ۴ اختیار کردند و نمونه ای که بعد از ۴۸ ساعت هنوز تعییر رنگ نداده بود با عنوان 'بالاتر از ۵' معرفی شد.

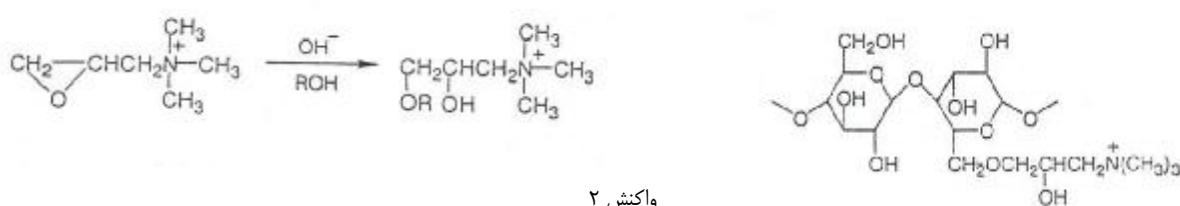
نتایج و بحث

واکنش CHPTMAC با پنجه سلولزی

در این تحقیق عامل کاتیونی ۳-اوکسی بروپیل تری متیل آمونیم کلراید (EPTMAC) برای اصلاح لیف استفاده شد. این عامل فعال در اثر واکنش هیدروکسید سدیم با CHPTMAC ایجاد می شود (واکنش ۱) [۴].



EPTMAC با سلولز تحت شرایط قلیایی اتصال اتری برقرار می کند (واکنش ۲) [۴].



در نتیجه واکنش با EPTMAC بر روی پنبه مکانهای کاتیونی^۱ ایجاد می شود که با اتصال کووالنس به زنجیر پلیمر متصل می شوند.

رنگرزی با رنگزاهای مستقیم

واکنش بین رنگزای مستقیم و پنبه عمل نشده اساساً وابسته به پیوندهای هیدروژنی و نیروهای واندروالس می باشد. برای پنبه عمل شده با EPTMAC نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی اضافی بین رنگزا و لیف به وجود می آید، بدین ترتیب رمق کشی رنگزای مستقیم بر روی پنبه عمل شده با EPTMAC، حتی در غیاب الکتروولیت، نسبت به پنبه عمل نشده که به روش معمول رنگرزی شده، افزایش نشان می دهد. بعلاوه نتایج جدول ۲ نشان می دهند که علاوه بر رمق کشی، قدرت رنگی (K/S) پنبه عمل شده با EPTMAC نیز نسبت به پنبه عمل نشده افزایش یافته است.

جدول(۲) مقادیر رمق کشی و قدرت رنگی رنگزاهای مستقیم

رنگزا (%owf)	پارچه پنبه ای	E(%)	K/S
	' عمل شده با EPTMAC	۹۹/۷۵	۱۳/۹۴
Solophenyl Yellow ARL	عمل نشده ^۲	۱۴/۷۸	۴/۶۶
	عمل نشده ^۳	۷۷/۵۴	۸/۶۸
	' عمل شده با EPTMAC	۹۹/۷۳	۱۴/۲۱
Solophenyl Turquoise Blue GRL	عمل نشده ^۲	۱۰/۸۸	۱/۴۳
	عمل نشده ^۳	۸۷/۱	۳/۳۶
Solophenyl Red 3BL	' عمل شده با EPTMAC	۹۹/۸۶	۱۴/۳۵
	عمل نشده ^۲	۳۱/۶۷	۴/۴۷
	عمل نشده ^۳	۸۸/۵۸	۷/۳۴

^۱ رنگرزی شده بدون نمک

^۲ رنگرزی شده همراه نمک

خواص ثباتی رنگزاهای مستقیم

نتایج جدول ۳ نشان می دهند که ثبات شستشویی رنگزاهای مستقیم بر روی پنبه عمل شده با EPTMAC بهتر از پنبه عمل نشده می باشد. این افزایش می تواند به علت برقراری اتصال قوی بین رنگزای آئیونی و مکانهای کاتیونی لیف عمل شده باشد. پارچه های پنبه ای رنگرزی شده بر روی پشم لکه گذاری نکرده اند ولی نتایج جدول ۳ نشان می دهند که پارچه های پنبه ای رنگرزی شده در حین شستشو تاحدی پنبه را لکه گذاری کرده اند که مقدار آن برای پنبه عمل شده با EPTMAC، نسبت به پنبه عمل نشده کمتر است. همچنین ثبات سایشی و نوری پنبه عمل شده با EPTMAC نسبت به پنبه عمل نشده تغییری نداشته است.

^۱ آزمایش لکه گذاری انجام شده با متیلن بلو ایجاد بارهای مثبت بر روی کالای پنبه ای کاتیونی شده را تایید می کند [۱۵].

جدول ۳ نتایج ثبات رنگی و نوری پنبه رنگرزی شده با رنگرهای مستقیم

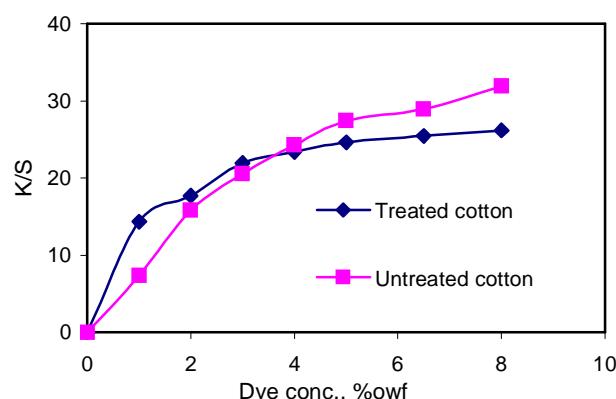
رنگرا (%) owf	پارچه پنبه‌ای	ثبات شستشویی	لکه‌گذاری		ثبات	
			پنبه	پشم	سایشی در حالت خشک	ثبات نوری
Solophenyl Yellow ARL	'EPTMAC	عمل شده با ^۱ EPTMAC	۵	۴	۵	۵
		عمل نشده ^۲	۴	۳-۴	۵	۵
		عمل نشده ^۳	۳-۴	۲	۵	۵
Solophenyl Turquoise Blue GRL	'EPTMAC	عمل شده با ^۱ EPTMAC	۴-۵	۴	۵	۵
		عمل نشده ^۲	۳	۴	۵	۵
		عمل نشده ^۳	۳	۲	۵	۵
Solophenyl Red 3BL	'EPTMAC	عمل شده با ^۱ EPTMAC	۵	۴	۵	۵
		عمل نشده ^۲	۴	۲	۵	۵
		عمل نشده ^۳	۴	۲	۵	۵

^۱ رنگرزی شده بدون نمک

^۲ رنگرزی شده همراه نمک

تأثیر غلظت رنگزا

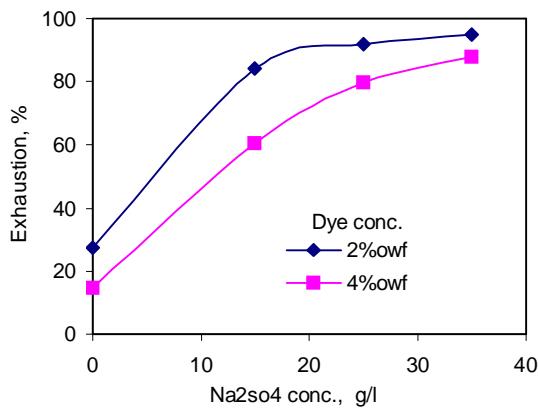
برای بررسی اثر غلظت رنگزای مستقیم بر میزان رنگپذیری پنبه عمل شده با EPTMAC و پنبه عمل نشده، رنگرزیهایی با غلظتهای مختلف رنگزای Solophenyl Red 3BL انجام گرفت. با افزایش غلظت رنگزا انتظار می‌رود که قدرت رنگی (K/S) به علت افزایش تعداد مولکولهای رنگزا بر روی پنبه افزایش یابد. در مورد پنبه عمل شده با EPTMAC، افزایش قدرت رنگی با اشباع مکانهای کاتیونی لیف محدود می‌گردد. طبق نظر وانگ (Wang) و لوئیس (Lewis) [۱۳] مکانهای کاتیونی پنبه عمل شده وابسته به غلظت عامل کاتیونی در حمام آماده سازی می‌باشند. این مکانهای کاتیونی در اثر جذب رنگزا بر روی لیف به تدریج اشباع می‌شوند [۱۳]. همانطور که از شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت رنگزا قدرت رنگی پنبه عمل شده و عمل نشده افزایش می‌یابد. در حالی که قدرت رنگی پنبه عمل شده با EPTMAC در غلظتهای بالای رنگزا (از ۵% به بالا) تغییر چندانی نمی‌کند.



شکل (۱) رنگزای Solophenyl Red 3BL Build up

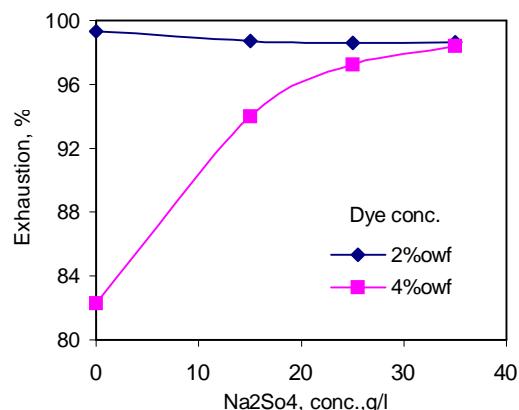
تأثیر غلظت الکتروولیت

پنبه عمل شده با EPTMAC مکانهای کاتیونی محدود و مشخصی دارد. رنگزای آنیونی در اثر جاذبه الکترواستاتیکی با این مکانهای کاتیونیکی جذب لیف می‌شود، از طرفی آنیونهای سولفات نمک نیز نسبت به مکانهای کاتیونی لیف تمایل دارند و بدینترتیب با آنیونهای رنگزای برای جذب بر روی این مکانهای کاتیونی رقابت می‌کنند [۱۳]. در این شرایط افزایش نمک به حمام رنگرزی سبب تغییر رنگپذیری لیف می‌شود و با افزودن نمک به حمام رنگرزی، رمک‌کشی رنگرا کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت نمک بتدريج مکانهای کاتیونی لیف اشغال شده و لیف خنثی شده و یا حتی بار منفی پیدا می‌کند در نتيجه اين لیف مشابه پنبه عمل نشده عمل می‌کند. تغييرات رمک‌کشی رنگزای Solophenyl Red 3BL در مقابل غلظت سولفات سدیم درشكل ۲ نشان داده شده است. همانطورکه مشاهده می‌شود در غلظت ۴%owf رنگرا، به علت عبور از حد اشباع لیف عمل شده (جايیکه در آن مکانهای کاتیونی لیف توسط آنیونهای موجود در حمام رنگرزی خنثی می‌شوند و بدین ترتیب رفتار اين لیف مشابه لیف عمل نشده می‌گردد) مشابه پنبه عمل نشده (شكل ۳) با افزایش غلظت نمک رمک‌کشی افزایش یافته است. ولی در مورد همین رنگزا درغلظت ۲%owf رمک‌کشی با افزایش غلظت نمک کاهش نشان می‌دهد.



شكل(۳) تأثیر غلظت سولفات سدیم بر رمک‌کشی رنگزای

Solophenyl Red 3BL بر روی پنبه عمل نشده



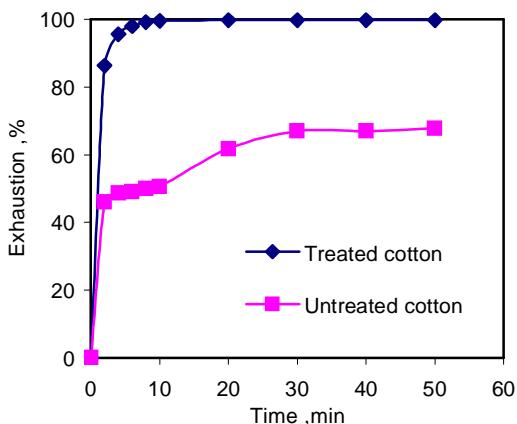
شكل (۲) تأثیر غلظت سولفات سدیم بر رمک‌کشی رنگزا

Solophenyl Red 3BL بر روی پنبه عمل شده

تأثیر زمان رنگرزی

اثر زمان رنگرزی بر رفتار رمک‌کشی پنبه عمل شده با EPTMAC در شکل ۴ نشان داده شده است. در ابتدای رنگرزی (۱۰ دقیقه نخست) به علت جاذبه الکترواستاتیکی قوی که بین رنگزای آنیونی و مکانهای کاتیونی پنبه عمل شده ایجاد می‌شود، رنگزا به طور کامل بر روی لیف جذب می‌شود. سپس با ادامه رنگرزی در دمای ثابت (۱۰۰ درجه سانتیگراد) دیگر تغییری در رمک‌کشی رنگزا مشاهده نمی‌شود.

رفتار رنگرزی پنبه عمل نشده در رنگرزی با رنگزای Solophenyl Red 3BL در حضور ۱۰ گرم بر لیتر Na₂SO₄ بررسی شده است. نتایج شکل ۴ نشان می‌دهند که در ابتدای رنگرزی رمک‌کشی رنگزا بر روی پنبه عمل نشده نسبت به پنبه عمل شده کمتر است و سپس به تدریج با افزایش زمان رنگرزی افزایش می‌یابد. در پایان ۵۰ دقیقه رنگرزی در جوش میزان رمک‌کشی رنگزا بر روی پنبه عمل نشده به حدود ۶۷ درصد رسیده است.



شکل (۴) تأثیر زمان رنگرزی بر رمک کشی رنگزای (٪) owf Solophenyl Red 3BL

نتیجه‌گیری

در اثر عمل کردن پنبه با ۳-۲-اپوکسی پروپیل تری متیل آمونیوم کلراید (EPTMAC) مکانهای مثبت بر روی پنبه ایجاد می‌شود. بدین ترتیب رفتار رنگرزی پنبه عمل شده به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. در رنگرزی با رنگزاهای مستقیم، پنبه عمل شده با EPTMAC رمک کشی و قدرت رنگی بیشتری (حتی در غیاب الکتروولیت) نسبت به پنبه عمل نشده که مطابق روش معمول (همراه نمک) رنگرزی شده است نشان می‌دهد. همچنین ثبات شستشویی رنگزاهای مستقیم بر روی نمونه‌های عمل شده بهبود یافته ولی ثبات سایشی و نوری آنها تغییر چندانی نکرده است. با انجام رنگرزی با عمق‌های مختلف می‌توان ثبات‌های شستشویی، نوری و سایشی را بررسی و بعلاوه تکرار پذیری رنگرزی را نیز تحقیق نمود.

مراجع

- [1] Gurumallesh Prabu. H., and Sundrarajan. M., “Effect of the bio-salt Trisodium Citrate in the dyeing of cotton”, color. Technol., Vol 118, pp. 131-134, 2002.
- [2] Srikulkit. K., and Santifengkul. P., “Salt – free dyeing of cotton cellulose with a model cationic reactive dye”, J. S. D. C., Vol 116, pp. 398-402, 2000.
- [3] Chattopadhyay. D.P., “Cationization of cotton for low – salt or salt – free dyeing”, Indian, J. Fibre Text. Res., Vol 26, pp. 108-115, 2001.
- [4] Hauser. P. J., and Tabba. A. H., “Improving the environmental and economic aspects of cotton dyeing using a cationised cotton”, Color. Technol., Vol 117, pp. 282-288, 2001.
- [5] Youssef. Y. A., “Direct dyeing of cotton fabrics pre – treated with cationising agent”, J. S. D. C., Vol 116, pp. 316-322, 2000.
- [6] Wu. T. S., and Chen. K. M., “New cationic agents for improving the dyeability of cellulose fibres. Part 1- Pretreating cotton with polyepichlorohydrin – amine polymers for improving dyeability with direct dyes”, J. S. D. C., Vol 108, pp. 388-394, 1992.
- [7] Wu. T. S., and Chen. K. M., “New cationic agents for improving the dyeability of cellulose fibres. Part 2- Pretreating cotton with polyepichlorohydrin – amine polymers for improving dyeability with reactive dyes”, J. S. D. C., Vol 109, pp.153-158, 1993.
- [8] Lei. X. P., and Lewis. D. M., “Modification of cotton to improve its dyeability. part 3 – polyamide epichlorohydrin resins and their ethylenediamine reaction products”, J. S. D. C., Vol 106, pp. 352-356, 1990.
- [9] Alfy. E. A. El., Aggour. Sh. Sh., Mardini. M. H., and Hebeish. A., “Improved cotton dyeability via introducing diethyl amino ethyl groups into the molecular structure”, Am. Dyestuff Rep., Vol May, pp. 22-29, 1986.

- [10] Micheal. M. N., Tera. F. M., and Ibrahim. S. F., “Effect of chemical modification of cotton fabrics on dyeing properties”, J. Appl. Polym.Sci., Vol 85, pp. 1897-1903, 2002.
- [11] Yang. Y., and Li. S., “An unusual application of a usual crosslinking agent – dyeing trimethylolmelamine pretreated cotton without added salt”, Textile Res. J., Vol 64, 8, pp. 433-439, 1994.
- [12] Jang. J., Ko. S. W., and Carr. C. M., “Investigation of the improved dyeability of cationised cotton via photografting with UV active cationic monomers”, Color. Technol., Vol 117, pp. 139-146, 2001.
- [13] Wang. H., and Lewis. D.M., “Chemical modification of cotton to improve fibre dyeability” Color. Technol., Vol 118, pp. 159-168, 2002.
- [14] Eleftheriadis. I. C. , Pegiadou – Koemtzopoulou. S. A. , papazoglou. V. m ., and Kehayoylou. A. H. , “Direct dyes on cotton grafted with 2-vinylpyridine and quaternised with alkyl bromides or epichlorohydrin”, J.S.D.C., Vol 112 , pp. 375 – 378, 1996.
- [۱۵] رحیمی. آ. ، “کاتیونی کردن پنبه به منظور بهبود رنگپذیری آن ”، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۲ .
- [16] Walter. A. P., and Carroll. L. H., “Colorimetric determination of the pH of cotton fiber” , Textile Res. J., Vol 22, 3 , pp. 200-202, 1952.
- [۱۷] دهقانی. م. ، ”تعیین ثبات رنگ کالای نساجی روشهای استاندارد ISO-105(1995)“، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۵ .