



بررسی انحلال و خواص رنگرزی یک ماده رنگزای دیسپرس در حضور مواد پراکنش کننده زیست‌سازگار توئین

کمال‌الدین قرنجیگ^{۱*}، علیرضا خسروی^۲، ولگا نیکنام^۲، آناهیتا احمدی^۲، مزگان حسین‌نژاد^۲

۱- دانشیار، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- استادیار، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

۳- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

۴- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۰ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۹/۲۰

چکیده

در این تحقیق انحلال یک ماده رنگزای دیسپرس در حضور محلول‌های آبی توئین ۲۰ و توئین ۸۰ مورد بررسی قرار گرفته و اثر عوامل مختلفی مانند زمان، دما و غلظت پراکنش‌کننده‌ها بر روی میزان انحلال ماده رنگزا در آب ارزیابی گردیده است. ضمن اینکه سینتیک انحلال ماده رنگزا در دماهای مختلف و با حضور پراکنش‌کننده‌های انتخابی مطالعه شده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش زمان، دما و غلظت پراکنش‌کننده‌ها میزان انحلال ماده رنگزا در آب افزایش می‌یابد و سینتیک انحلال از یک تابع نمایی پیروی می‌کند. همچنین، انحلال ماده رنگزا در محیط حاوی توئین ۸۰ نسبت به توئین ۲۰ از سرعت بیشتری برخوردار است. عملکرد توئین ۲۰ و توئین ۸۰ در رنگرزی الیاف پلی‌استر با ماده رنگزای دیسپرس بررسی شده و عملکرد آن با خواص رنگرزی کالاهای رنگرزی شده در حضور یک پراکنش‌کننده تجارتمی به نام پراکنش‌کننده MF مقایسه گردیده است. نتایج نشان می‌دهند که ویژگی‌های توئین ۸۰ به پراکنش‌کننده MF بسیار نزدیک است. واژه‌های کلیدی: پراکنش‌کننده زیست‌سازگار، توئین، انحلال، سینتیک، ماده رنگزای دیسپرس.

Investigation of Dissolution and Dyeing Properties of a Disperse Dye in the Presence of Tween Environmentally Friendly Dispersing Agents

K. Gharanjig^{1*}, A. Khosravi², V. Niknam², A. Ahmadi², M. Hosseinnejad²

¹ Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box :16765-654, Tehran, Iran

² Department of Polymer Engineering and Color Technology, Amirkabir University of Technology, P.O.Box:15875-4413, Tehran, Iran

Received: 01-11-2011

Accepted: 29-02-2012

Available online: 10-12-2012

Abstract

In this research, dissolution of a disperse dye in the presence of Tween 20 and Tween 80 and the effect of various parameters such as time, temperature and concentration of dispersing agents were investigated. In addition, dissolution kinetics of disperse dye in the presence of selected dispersing agents in various temperatures were studied. Results show that dissolution kinetics of the disperse dye follows an exponential equation. The rate of dissolution of disperse dye in the presence of Tween 80 is greater than Tween 20. The performance of Tween 80 and Tween 20 in dyeing of polyester fibers with disperse dye were studied and compared with the performance disperse MF as a commercial dispersing agent. Results show that the performance of Tween 80 is almost equal to Disperse MF. J. Color Sci. Tech. 6(2012), 253-261 © Institute for Color Science and Technology.

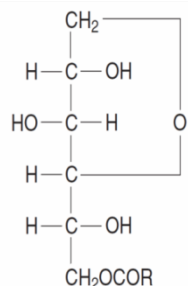
Keywords: Environmentally friendly dispersing agent, Tween, Dissolution, Kinetics, Disperse dye.

۱- مقدمه

رفتار متقابل غیرآبدوست بین مولکول‌های ماده رنگزا و ماده فعال سطحی به طول زنجیر آلکیل ماده فعال سطحی و تعداد یون‌های موجود در سیستم بستگی دارد. بنابراین افزایش آب‌گریزی چه در ماده رنگزا و چه در ماده فعال سطحی امکان تشکیل کمپلکس ماده رنگزا و ماده فعال سطحی را افزایش می‌دهد.

انحلال مواد رنگزای دیسپرس در آب حاوی پراکنش‌کننده‌ها، عاملی حائز اهمیت در رنگزایی محسوب می‌گردد [۸، ۱۱]. انحلال بیشتر مواد رنگزای دیسپرس در آب علاوه بر ایجاد یک سیستم سوسپانسیون مناسب برای رنگزایی سبب افزایش جذب ماده رنگزا بر روی الیاف می‌گردد. در ارتباط با انحلال مواد رنگزای دیسپرس در آب مقالات متعددی منتشر شده است و در آنها اثر پراکنش‌کننده‌ها بر روی انحلال و سینتیک آن بررسی شده است [۹، ۱۰]. در این بررسی‌ها مشخص شده است که عواملی مانند غلظت پراکنش‌کننده‌ها، دما، غلظت بحرانی تشکیل میسل و زمان بر روی میزان انحلال مواد رنگزای دیسپرس در آب مؤثر هستند [۱۱].

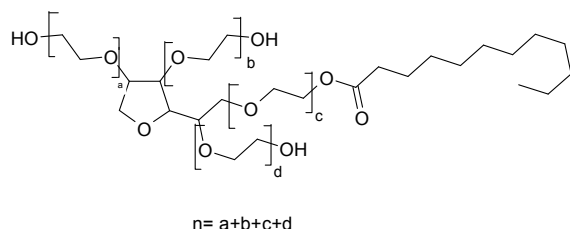
مطابق آخرین بررسی‌های ما تاکنون اثر مواد پراکنش‌کننده مختلفی بر روی رفتار رنگزایی مواد رنگزای دیسپرس مطالعه شده است ولی اثر استرهای اسید چرب سوربیتان و مشتقات اتوکسیلات آنها که عموماً توئین‌ها نامیده می‌شوند و یکی از متداول‌ترین مواد سطح فعال غیر یونی می‌باشند در رنگزایی الیاف پلی‌استر با مواد رنگزای دیسپرس بررسی نشده است. این مواد که اولین بار توسط شرکت ICI تجارتي گردیدند از واکنش سوربیتول با یک اسید چرب در دمای بالا (بیش از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) تولید می‌شوند. ابتدا سوربیتول آب‌گیری شده و به ۱،۴- سوربیتان تبدیل می‌شود، سپس فرآیند استری شدن انجام می‌گیرد. ساختار شیمیایی سوربیتان مونواستر در ساختار ۱ نشان داده شده است. گروه‌های OH آزاد در مولکول می‌توانند به استر تبدیل شوند و تولید دی و تری‌استر کنند. با توجه به نوع گروه آلکیل اسید مورد استفاده، محصولات مختلفی می‌توانند تولید شوند که شامل مونو، دی و یا تری‌استر می‌باشند.



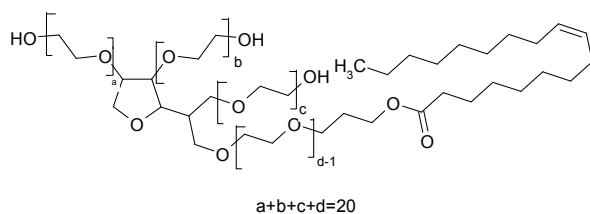
ساختار ۱: سوربیتول مونواستر.

مواد رنگزای دیسپرس خالص، جامدهای بلوری با وزن مولکولی کم هستند که معمولاً در دمای °C ۱۵۰-۲۵۰ ذوب شده و بدون تجزیه تصعید می‌شوند [۱]. این گروه از مواد رنگزا در آب نامحلول بوده و نسبت به الیاف غیرآبدوست نظیر پلی‌استر، آکریلیک، نایلون و استات‌های سلولز تمایل ذاتی جذب دارند. رنگزایی با این مواد رنگزا در محیط آبی انجام شده و ماده رنگزا به فرم سوسپانسیون در حمام رنگزایی وجود دارد. در طی مرحله ابتدایی رنگزایی، انتقال ماده رنگزا به لیف از یک محلول بسیار رقیق صورت گرفته و با حل شدن مداوم و تدریجی ذرات ماده رنگزا در آب، ماده رنگزا جذب سطحی لیف می‌گردد [۲]. مواد رنگزای دیسپرس به شکل پخش و پراکنده و بسیار ریز در حمام رنگزایی به کار می‌روند. بنابراین اندازه ذره و پایداری پراکنش آن در طول فرآیند رنگزایی بسیار مهم است. به طور ایده‌آل یک ماده رنگزای دیسپرس تجارتي باید به هنگام افزوده شدن به حمام رنگزایی سریعاً پخش و پراکنده شده و یک سوسپانسیون پایدار با ذرات بسیار ریز و کمتر از چهار میکرون ایجاد کند [۳]. سوسپانسیون تهیه شده از ماده رنگزا باید در طول فرآیند رنگزایی کالای نساجی پایدار بماند و ماده رنگزا نباید در دماهای بالا و در حضور مواد کمکی دیگر رسوب نماید. عدم پایداری ذرات مواد رنگزا در حمام رنگزایی باعث تجمع ذرات می‌شود و این ذرات در حمام رنگزایی بر روی سطح لیف رسوب می‌کنند. رسوب ماده رنگزا علاوه بر کاهش بازده رنگزایی سبب کاهش ثبات سایشی و ثبات تری کالای رنگزایی شده، می‌گردد.

برای رنگزایی آسان و حل مشکلات احتمالی در رنگزایی الیاف غیرآبدوست با مواد رنگزای دیسپرس از مواد پراکنش‌کننده استفاده می‌شود. پراکنش‌کننده‌ها مواد فعال سطحی هستند که از یک بخش غیر قطبی آب‌گریز شامل یک هیدروکربن خطی یا شاخه‌دار یا زنجیر فلئوئور کربنی حاوی ۸ تا ۱۸ اتم کربن و یک بخش قطبی یا آبدوست تشکیل شده‌اند. بخش آبدوست می‌تواند غیر یونی، یونی یا یونی دوگانه باشد. امروزه پراکنش‌کننده‌ها کاربرد وسیعی در رنگزایی الیاف غیر آبدوست با مواد رنگزای دیسپرس دارند به طوری که امکان رنگزایی این گروه از الیاف بدون حضور این مواد تقریباً غیرممکن است. در مورد عملکرد پراکنش‌کننده‌ها و رفتار متقابل آنها با مواد رنگزا در سیستم‌های آبی مخصوصاً فرآیندهای رنگزایی مطالعات بسیاری انجام گرفته است [۴-۷]. در این فرآیندها، مواد فعال سطحی در درجه اول به عنوان عوامل خیس‌کننده، پراکنش‌کننده و همتراز کننده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نیروهای مختلفی رفتار متقابل بین ماده رنگزا و مولکول‌های مواد فعال سطحی را کنترل می‌کنند. نیروهای کولمبی بین مولکول‌های مواد فعال سطحی و ماده رنگزا و نیروهای غیر آبدوست غیر کولمبی مانند نیروی وان‌دروالس تأثیر زیادی بر روی رفتار متقابل ماده رنگزا و ماده فعال سطحی می‌گذارند. قدرت و شدت



ساختار ۳: توئین ۲۰



ساختار ۴: توئین ۸۰

۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- خالص سازی ماده رنگزا

مواد رنگزای تجارتي حاوی مقدار قابل توجهی مواد پراکنش کننده هستند. بنابراین در این پژوهش برای حذف اثر این مواد بر روی نتایج مورد بررسی نیاز به خالص سازی ماده رنگزای مصرفی است. برای خالص سازی ماده رنگزا از روش های استخراج مداوم^۷ و نوبلور کردن^۸ استفاده شد. به این منظور ۳۰ گرم از ماده رنگزای دیسپرس تجارتي به مخزن سوکسله اضافه شده و با ۳۰۰ میلی لیتر استن استخراج گردید. محلول به دست آمده تغلیظ شد تا از حلال جدا گردد. پس از آن ماده رنگزا با اتانول نوبلور شده و پس از صاف کردن در گرم خانه خشک گردید.

۲-۲-۲- بررسی اثر غلظت پراکنش کننده ها بر روی انحلال ماده

رنگزا در آب

برای تعیین غلظت اشباع ماده رنگزا، ۰.۲ ماده رنگزای دیسپرس خالص به محلول های ۰.۱، ۱، ۵، ۷ و ۱۰ g/l پراکنش کننده ها اضافه شده و در یک شیکر انکوباتور به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۵ °C قرار داده شدند. نمونه هایی از هر محلول برداشته و پس از صاف کردن به نسبت ۱:۵ با استن مخلوط شدند. در نهایت جذب هر یک از محلول ها در طول موج بیشینه به دست آمده و غلظت اشباع هر محلول به وسیله منحنی های کالیبراسیون حاصل از اسپکتروفوتومتری تعیین شدند.

7- Continuous Extraction

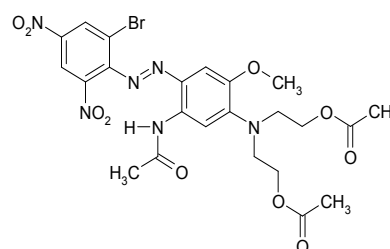
8- Recrystallization

مشقات اتوکسیلات این ترکیبات از طریق واکنش اکسید اتیلن با گروه های هیدروکسیل باقی مانده در گروه سوربیتان استر، تولید می شوند. پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونیولاترات، پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونوپالمیتات، پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونو استئارات و پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونو اولئات چند نمونه از این نوع مواد فعال سطحی هستند. توئین ها عموماً در آب حل می شوند و HLB^۱ نسبتاً بالایی دارند. مزایای اصلی توئین ها زیست سازگاری آنها و غیر سمی بودنشان است. به همین دلیل آنها به عنوان مواد افزودنی خوراکی و هم چنین در مواد آرایشی و دارویی استفاده گسترده ای دارند. بنابراین ما در این تحقیق در نظر داریم خواص رنگرزی الیاف پلی استر را با مواد رنگزای دیسپرس در حضور مواد پراکنش کننده زیست سازگار توئین بررسی کرده و اثر این گروه از مواد را در رنگرزی مورد ارزیابی قرار دهیم [۱۲، ۱۳].

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

ماده رنگزای دیسپرس آبی^۲ ۷۹ (ساختار ۲) با نام تجارتي Setapers Navy Blue P-SG از شرکت ستاس کیمیا^۳ ترکیه تهیه شد. این ماده رنگزا دارای وزن مولکولی ۶۳۹،۴۱ g/mol بوده و طول موج بیشینه جذب آن در استن ۵۸۰،۵ نانومتر است. پراکنش کننده غیر یونی توئین ۲۰ با نام شیمیایی پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونو لئورات^۴ (ساختار ۳) و توئین ۸۰ با نام پلی اکسی اتیلن سوربیتان مونو اولئات^۵ (ساختار ۴) از شرکت مرک تهیه شده است. پراکنش کننده تجاری MF^۶ با نام سدیم پلی نفتالین فرمالدئید سولفونات دارای فرمول مولکولی C₂₀H₂₄Na₂O₁₀S₂ از شرکت Dystar تهیه شد. ضمناً از استن مرک و آب مقطر به عنوان حلال استفاده شد.



ساختار ۲: ماده رنگزای دیسپرس آبی ۷۹.

1- Hydrophilic lipophilic balance

2 Disperse Blue 79

3 SETAS KIMYA

4 Polyoxyethylene (20) Sorbitan monooleate

5 Polyoxyethylene (20) Sorbitan monooleate

6- Disperthane MF

۲-۲-۲- تعیین سرعت انحلال ماده رنگزا

برای تعیین سرعت انحلال ماده رنگزا در آب حاوی مواد پراکنش‌کننده محلول‌های تهیه شده به مدت ۷۲ ساعت در دماهای ۲۵، ۴۵ و ۶۵ °C در شیکر انکوباتور قرار داده شدند. اندازه‌گیری میزان انحلال ماده رنگزا در آب به روش اسپکتروفوتومتری انجام شده و میزان جذب ماده رنگزا از طریق نمونه‌برداری از محلول در طی زمان‌های مختلف به دست آمدند.

۲-۲-۴- رنگرزی الیاف پلی‌استر

الیاف پلی‌استر در حمامی حاوی ۵ g/l شوینده آنیونی بر پایه الکیل بنزن سولفونات در دمای ۸۰ °C به مدت ۲۰ دقیقه شستشو داده شدند. سپس کالاها آبکشی و آبگیری شده و وارد حمام‌های رنگرزی شدند. برای تعیین قابلیت رنگرزی ماده رنگزای به کار رفته بر روی الیاف پلی‌استر هشت غلظت مختلف از ماده رنگزا تهیه شده و به همراه اسید استیک و سه پراکنش‌کننده مختلف برای رنگرزی به روش دما بالا به کار رفت. مواد مصرفی در هر یک از حمام‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. رنگرزی از دمای ۳۰ °C شروع شده و با شیب حرارتی ۳ °C/min تا دمای ۹۰ °C افزایش یافت. پس از آن دما با شیب حرارتی ۱٫۶ °C/min تا دمای ۱۳۰ °C افزایش یافته و رنگرزی به مدت یک ساعت در این دما ادامه یافت. پس از پایان، دمای حمام رنگرزی تا ۷۰ °C سرد شد. کالاها پس از خارج شدن از حمام‌ها آبکشی شدند. برای حذف مواد رنگزای سطحی موجود بر روی کالا از روش شستشوی احیایی استفاده شد. شستشوی احیایی در حمامی حاوی هیدروسولفیت سدیم ۳ g/l، هیدروکسید سدیم ۲ g/l و شوینده ۱ g/l انجام شد. کالاها رنگرزی شده در دمای ۷۰ °C وارد حمام شستشوی احیایی شده و به مدت ۲۰ دقیقه در این دما عمل شدند.

۲-۲-۵- اندازه‌گیری خواص ثابتی

ثبات نوری هر یک از کالاها رنگرزی شده مطابق با استاندارد ISO105-B02:1994(E) اندازه‌گیری شد. برای این کار هشت کالای پشمی آبی رنگ (معیار آبی) به همراه نمونه‌ها در داخل دستگاه اندازه‌گیری ثابت رنگ در برابر نور طوری قرار داده شدند که قسمتی از پارچه‌ها در معرض نور قرار گیرند و قسمت دیگر پارچه از نور محافظت شود. کالاها به مدت ۶۰ ساعت در معرض نور قرار گرفته و اختلاف رنگ با معیار آبی سنجش شدند.

برای اندازه‌گیری ثابت رنگ در برابر شستشو هر یک از کالاها رنگرزی شده از روش استاندارد ISO105B01-C2S استفاده شد. شستشوی هر یک از کالاها رنگرزی شده در دمای ۶۰ °C و به مدت ۳۰ دقیقه به همراه ۲۵ گلوله فولادی در حمامی حاوی ۱ g/l پریرات سدیم، ۴ g/l شوینده و ۱ g/l کربنات سدیم با L.R برابر ۵۰:۱ انجام شد. پارچه‌های همراه عبارت بودند از نایلون، پلی‌استر و پنبه. پس از پایان شستشو، کالاها آبکشی شده و پس از خشک شدن با معیار خاکستری (تغییر رنگ و اثر لکه‌گذاری) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری مقاومت کالاها رنگرزی شده در برابر حرارت خشک، از روش استاندارد ISO 105- P01:1993 (E) استفاده شد. در این روش کالاها رنگرزی شده به همراه پارچه‌ای از جنس پلی‌استر به مدت ۳۰ ثانیه در دمای ۱۸۰ °C و ۲۱۰ °C قرار گرفتند. تغییر رنگ پارچه‌ها و اثر لکه‌گذاری آنها بر روی پارچه همراه بر اساس معیار خاکستری ارزیابی شدند.

برای اندازه‌گیری ثابت رنگ در برابر سایش هر یک از کالاها رنگرزی شده از روش استاندارد ISO105C06C2S استفاده شد. در این روش کالاها رنگرزی شده در دستگاه اندازه‌گیری ثابت سایشی قرار داده و عمل سایش با یک پارچه پنبه‌ای که به یک وزنه ۹ نیوتنی متصل است، انجام شد. تعداد سایش ده بار و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر بود. اندازه‌گیری ثابت سایشی در دو حالت خشک و تر انجام شد.

۲-۲-۶- دستگاه‌ها

برای اندازه‌گیری انحلال ماده رنگزای دیسپرس در آب حاوی مواد پراکنش‌کننده از شیکر انکوباتور Heidolph Unimax 1010 و دستگاه اسپکتروفوتومتری UV-vis مدل Cecil 9200 دو پرتوی استفاده گردید. رنگرزی الیاف پلی‌استر در دستگاه نمونه رنگ‌کنی IR شرکت Rosari Lab Tech انجام شد. ثبات شستشویی کالاها رنگرزی شده به وسیله معیار خاکستری و ثبات نوری به وسیله پارچه‌های پشمی معیار آبی تعیین شدند. برای اندازه‌گیری ثابت رنگ پارچه‌های رنگرزی شده در برابر نور از دستگاه اندازه‌گیری ثابت نوری نساج صنعت یزد استفاده گردید. ثبات سایشی کالاها رنگرزی شده به وسیله دستگاه کراکومتر ساخت شرکت نیک تکس انجام شد. مقادیر رنگ (L*, a*, b*, C, h, K/S) و مشخصات انعکاسی هر یک از کالاها رنگرزی شده به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی Grating Macbeth 7000A تعیین گردید.

جدول ۱: مواد مصرفی در تعیین قابلیت رنگرزی ماده رنگزا به روش دما بالا بر حسب درصد روی وزن کالا.

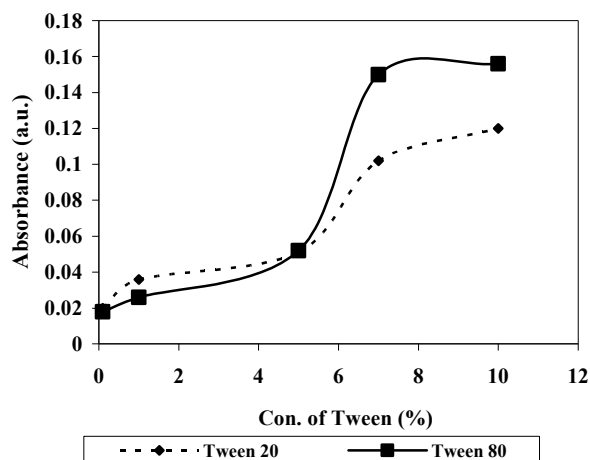
مواد مصرفی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ماده رنگزا	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۶	۰٫۹	۱٫۵	۲	۴	۶
اسید استیک	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
پراکنش‌کننده	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر غلظت پراکنش کننده‌ها بر روی انحلال ماده

رنگزا در آب

شکل ۱ نشان می‌دهد که انحلال ماده رنگزا در آب با افزایش غلظت توئین ۲۰ و توئین ۸۰ در محلول‌های آبی افزایش می‌یابد. ضمن اینکه در دمای محیط مقدار انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین ۸۰ نسبت به توئین ۲۰ بیشتر است. رفتار ماده رنگزا در توئین ۸۰ نشان می‌دهد که غلظت پراکنش کننده تا حد معینی بر روی انحلال ماده رنگزا در آب مؤثر است (تا ۷ g/l) و این در حالی است که انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین ۲۰ با افزایش غلظت پراکنش کننده تا ۱۰٪ همواره روند صعودی دارد.



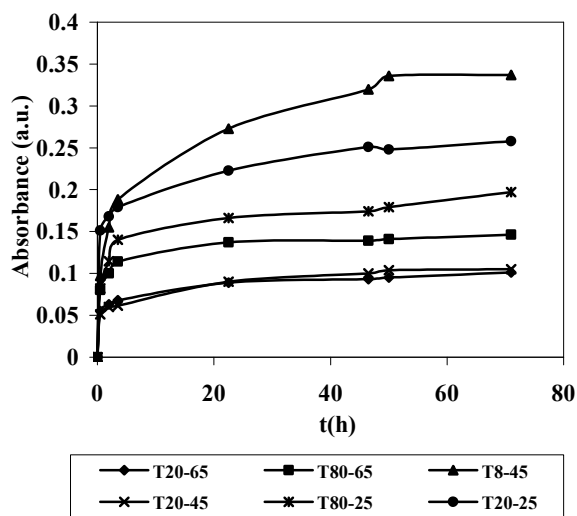
شکل ۱: تغییرات جذب ماده رنگزا در حضور پراکنش کننده‌های توئین در دمای ۲۵ °C

۳-۲- بررسی اثر دما و زمان در انحلال ماده رنگزا در آب حاوی

توئین

نتایج حاصل از بررسی اثر دما و زمان بر انحلال ماده رنگزای انتخابی در محلول‌های حاوی توئین ۲۰ و توئین ۸۰ نشان می‌دهد که در یک دمای ثابت با گذشت زمان مقادیر جذب محلول‌ها افزایش می‌یابد. افزایش انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین در محدوده زمانی ۵۰ تا ۷۰ دقیقه چندان محسوس نیست. این بدان معنی است که محلول ماده رنگزا در مدت حدود ۵۰ دقیقه به اشباع می‌رسد.

دما تأثیر بیشتری بر روی میزان انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین دارد به طوری که با افزایش دما از ۲۵ تا ۶۵ °C میزان انحلال ماده رنگزا در آب به بیش از سه برابر افزایش می‌یابد. شکل ۲ نشان می‌دهد که در دماهای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد انحلال ماده رنگزا در توئین ۸۰ بیشتر از توئین ۲۰ است و این در حالی است که در دمای ۶۵ °C نتیجه حاصل عکس است. به عبارتی دیگر هر چه دمای آب حاوی پراکنش کننده افزایش یابد میزان انحلال ماده رنگزا در توئین ۲۰ نسبت به توئین ۸۰ بیشتر افزایش می‌یابد. لازم بذکر است که انحلال ماده رنگزا در آب بدون پراکنش کننده ناچیز است و با افزایش پراکنش کننده مقدار انحلال افزایش می‌یابد (جدول ۲).



شکل ۲: سینتیک انحلال ماده رنگزا در حضور پراکنش کننده‌های توئین در دماهای مختلف.

۳-۳- سینتیک انحلال ماده رنگزا در محلول‌های حاوی

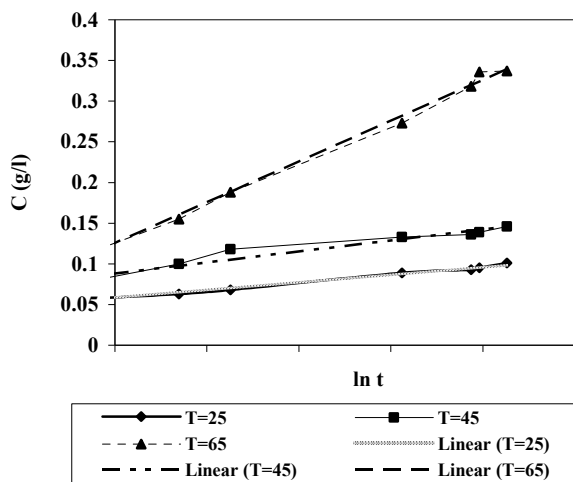
پراکنش کننده‌های توئین

سینتیک انحلال مواد رنگزای دیسپرس در حضور پراکنش کننده‌ها توسط رابطه نمایی ۱ بیان می‌شود [۱۴]. در این رابطه k ثابت سرعت، S_0 مساحت سطح اولیه ماده حل شده، C_s غلظت اشباع، C غلظت ماده رنگزا در هر لحظه، K ضریبی از ثابت سرعت انحلال است و ضریب k' متناسب با ثابت سرعت فرآیند است.

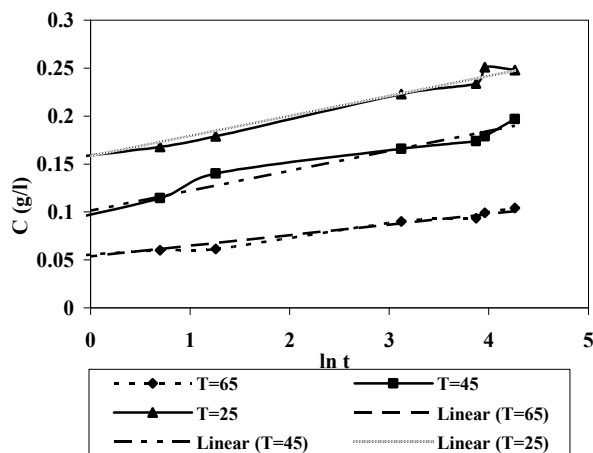
$$r = kS_0(C_s - C)\exp(-C/k) = k'\exp(-C/k) \quad (1)$$

جدول ۲: مقادیر جذب ماده رنگزای حل شده در آب و پراکنش کننده‌های مختلف.

نوع پراکنش کننده	توئین ۲۰	توئین ۸۰	پراکنش کننده MF	بدون پراکنش کننده
دمای ۲۵ °C	۰.۱۰۱	۰.۱۰۵	۰.۲۳	۰.۰۲
دمای ۴۵ °C	۰.۱۴۶	۰.۱۹۷	۰.۳	۰.۰۳۲
دمای ۶۵ °C	۰.۳۳۷	۰.۲۵۸	۰.۴۴۶	۰.۰۴۸



شکل ۳: انحلال ماده رنگزا در محلول حاوی توئین ۲۰ بر حسب ln(t) در دماهای مختلف.



شکل ۴: انحلال ماده رنگزا در محلول حاوی توئین ۸۰ بر حسب ln(t) در دماهای مختلف.

از طریق حل رابطه ۱ با فرض $C/k > 1$ و $k/k << t$ رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$C = k \ln k'/k + k \ln(t) \quad (2)$$

اگر داده‌های حاصل از غلظت انحلال ماده رنگزا در آب حاوی پراکنش‌کننده‌های مصرفی بر حسب زمان رسم شود خط مستقیمی به دست خواهد آمد که ضریب زاویه آن k خواهد بود. بنابراین در این تحقیق غلظت ماده رنگزای انتخابی در زمان‌های مختلف رسم شد. نتایج همان‌طوری که در شکل‌های ۳ و ۴ دیده می‌شود سینتیک انحلال ماده رنگزای دیسپرس در آب حاوی توئین ۲۰ و توئین ۸۰ با ضریب همبستگی نسبتاً خوبی از معادله ۲ پیروی کرد.

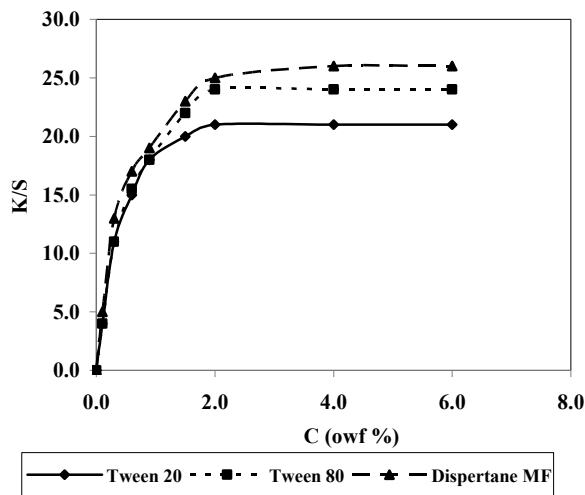
با توجه به شیب به دست آمده از خطوط رسم شده در شکل‌های ۳ و ۴ می‌توان مقادیر مختلف k را برای پراکنش‌کننده‌های توئین ۲۰ و توئین ۸۰ در دماهای مختلف محاسبه نمود. همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش دما مقدار k افزایش یافته است. مقادیر سرعت واکنش نیز با در دست داشتن مقدار k در هر لحظه از رابطه ۳ محاسبه می‌شود که در جدول ۴ درج شده است.

جدول ۳: مقدار k و r^2 برای سه ماده فعال سطح در دماهای مختلف.

پراکنش‌کننده	$k \times 10^{-3}$					
	۶۵°C	r^2	۴۵°C	r^2	۲۵°C	r^2
توئین ۲۰	۵۱.۵	۰.۹۹	۱۳.۵	۰.۹۹	۹.۳	۰.۹۹
توئین ۸۰	۲۲.۸	۰.۹۸	۲۰.۸	۰.۹۷	۱۲.۳	۰.۹۶

جدول ۴: مقادیر سرعت انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین ۲۰ و ۸۰ در دماهای مختلف.

t (h)	$R \times 10^{-2}$					
	توئین ۸۰			توئین ۲۰		
	۶۵ (°C)	۴۵ (°C)	۲۵ (°C)	۶۵ (°C)	۴۵ (°C)	۲۵ (°C)
۰.۵	۴۵.۶	۴۱.۶	۲۴.۶	۱۰.۳	۲۷	۱۸.۶
۲	۱۱.۴	۱۰.۴	۶.۱۵	۲۵.۷۵	۶.۷۵	۴.۶۵
۴	۵.۷	۵.۲	۳.۰۷۵	۱۲.۸۷۵	۳.۲۷۵	۲.۳۲۵
۱۰	۲.۲۸	۲.۰۸	۱.۲۳	۵.۱۵	۱.۳۵	۰.۹۳
۲۰	۱.۱۴	۱.۰۴	۰.۶۱۵	۲.۵۷۵	۰.۶۷۵	۰.۴۶۵
۴۰	۰.۵۷	۰.۵۲	۰.۳۰۸	۱.۲۸۸	۰.۳۳۸	۰.۲۳۲
۸۰	۰.۲۸۵	۰.۲۶	۰.۱۵۴	۰.۶۴۴	۰.۱۶۹	۰.۱۱۶۳



شکل ۵: منحنی قابلیت رنگرزی ماده رنگزا در حضور پراکنش کننده‌ها.

۳-۶- مشخصات طیفی کالاهای رنگرزی شده

ویژگی‌های رنگی هر یک از کالاهای رنگرزی شده بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی تعیین شدند و مقادیر L^* ، a^* ، b^* ، c^* و h برای هر یک از طول موج‌ها در زیر منبع نوری D65 به دست آمدند. همان طوری که از جدول ۶ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی مقدار روشنایی (L^*) کاهش یافته است. کاهش L^* در غلظت‌های کمتر ماده رنگزا بیشتر و با افزایش غلظت ماده رنگزا کاهش می‌یابد. از طرفی دیگر در غلظت‌های پایین a^* منفی بوده و با افزایش غلظت a^* مثبت شده است که نشان‌دهنده آن است که کالاهای رنگرزی شده در غلظت‌های پایین آبی مایل به سبز بوده و با افزایش غلظت ماده رنگزا قرمزی آن بیشتر شده و آبی مایل به قرمز هستند. ضمن اینکه جدول ۶ نشان می‌دهد که مشخصات رنگی کالاهای رنگرزی شده در محیط‌های حاوی پراکنش کننده‌های توئین ۸۰ و پراکنش کننده MF به هم نزدیک‌تر هستند. برای مثال میزان اختلاف رنگ بین کالای رنگرزی شده با توئین ۲۰ و پراکنش کننده MF در غلظت ۰.۹٪ حدود ۷.۹ است و این در حالی است که مقدار اختلاف رنگ بین کالای رنگرزی شده با توئین ۸۰ و پراکنش کننده MF در همان غلظت در حدود ۲.۱۳ است.

جدول ۵: خواص ثابتی کالاهای رنگرزی شده در حضور پراکنش کننده‌های مختلف.

پراکنش کننده	ثبات شستشویی		ثبات سایشی خشک		ثبات سایشی تر		ثبات حرارتی ۲۱۰ °C	
	تغییر رنگ	لکه‌گذاری	تغییر رنگ	لکه‌گذاری	تغییر رنگ	لکه‌گذاری	تغییر رنگ	لکه‌گذاری
توئین ۲۰	۵	۵	۳-۴	۲-۳	۳-۴	۲-۳	۴	۴-۵
توئین ۸۰	۵	۵	۴	۲-۳	۴	۴	۴	۴-۵
پراکنش کننده MF	۵	۵	۳-۴	۲-۳	۴	۴	۴-۵	۴-۵

آنچه از این نتایج مشاهده می‌شود این است که سرعت انحلال ماده رنگزای دیسپرس بلافاصله پس از افزایش آن به آب زیاد و با گذشت زمان بتدریج کاهش می‌یابد. ضمن اینکه در دماهای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد سرعت انحلال ماده رنگزا در آب حاوی توئین ۸۰ بیشتر از توئین ۲۰ است. رفتار متفاوتی برای انحلال ماده رنگزا در توئین ۲۰ در دمای ۶۵ °C مشاهده می‌شود و آن هم انحلال بیشتر ماده رنگزا در توئین ۲۰ نسبت به توئین ۸۰ می‌باشد. در دمای ۶۵ °C، سرعت انحلال ماده رنگزا در توئین ۲۰ در حدود دو برابر انحلال ماده رنگزا در توئین ۸۰ است. این موضوع ممکن است به دلیل تشکیل مایسل با اندازه بزرگ‌تر برای پراکنش کننده توئین ۲۰ باشد که در دماهای بالا رخ می‌دهد. اندازه بزرگ مایسل سبب افزایش انحلال ماده رنگزا در آب می‌گردد.

$$R = \kappa/t \quad (3)$$

۳-۴- رنگرزی الیاف پلی استر به روش دما بالا

اندازه‌گیری قابلیت رنگرزی ماده رنگزای دیسپرس بر روی الیاف پلی‌استر در حضور پراکنش کننده‌های توئین ۲۰ و توئین ۸۰ نشان داد که ماده رنگزا در حضور هر دو پراکنش کننده به کار رفته دارای قابلیت رنگرزی قابل قبولی است و در غلظت حدود ۰.۱٪ به اشباع می‌رسد. به هر حال مقادیر K/S کالاهای رنگرزی شده در حضور توئین ۸۰ نسبت به توئین ۲۰ بیشتر است. به منظور بررسی عملکرد پراکنش کننده‌های به کار رفته، نمونه‌ای از پارچه پلی‌استر با ماده رنگزای دیسپرس در حضور یک پراکنش کننده تجارتي به نام پراکنش کننده MF رنگرزی گردید و قابلیت رنگرزی ماده رنگزا در حضور این پراکنش کننده به دست آمد. نتایج نشان داد که توئین ۸۰ و پراکنش کننده MF قابلیت رنگرزی تقریباً یکسانی دارند.

۳-۵- خواص ثابتی

جدول ۵ خواص ثابتی کالاهای رنگرزی شده در حضور پراکنش کننده‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقادیر ثبات شستشویی، نوری و سایشی نشان می‌دهند که نوع پراکنش کننده مصرفی در رنگرزی الیاف پلی‌استر با ماده رنگزای دیسپرس بی‌اثر است.

جدول ۶: مشخصات رنگی کالاهای رنگرزی شده در حضور پراکنش‌کننده‌های مختلف.

پراکنش‌کننده	غلظت ماده رنگزا (%)	L*	a*	b*	c*	h°
توئین ۲۰	۰.۱	۴۳.۵۳	-۳.۵۴	-۲۷.۵۹	۲۷.۸۱	۲۶۲.۶۹
	۰.۳	۳۱.۱۶	-۲.۵۵	-۲۶.۲۵	۲۶.۳۷	۲۶۴.۴۵
	۰.۹	۲۴.۱۵	-۰.۲۴	-۲۲.۲۹	۲۲.۲۹	۲۶۹.۴
	۴	۱۷.۱۵	۱.۳۹	-۳.۸۷	۴۴.۱۱	۲۶۹.۷۴
توئین ۸۰	۰.۱	۴۴.۴۵	-۰.۸۲	-۲۳.۰۷	۲۳.۰۸	۲۶۷.۹۷
	۰.۳	۲۹.۵۷	-۱.۸۱	-۲۶.۱۵	۲۶.۲۲	۲۶۶.۰۴
	۰.۹	۱۹.۹۵	۱.۷۸	-۱۸.۷۱	۱۸.۸	۲۷۵.۴۴
	۴	۱۷.۷۷	۰.۹۱	-۴.۳۴	۴.۴۳	۲۸۱.۸۸
پراکنش‌کننده MF	۰.۱	۴۶.۲۸	-۲.۰۶	-۲۴.۵۳	۲۴.۶۲	۲۶۵.۱۹
	۰.۳	۲۹.۴	-۱.۵۸	-۲۵.۵	۲۵.۵۵	۲۶۶.۴۶
	۰.۹	۱۸.۸۶	۲.۰۹	-۱۶.۹۱	۱۷.۰۴	۲۷۷.۰۵
	۴	۱۷.۷۴	۱.۷۷	-۶.۲۸	۶.۵۲	۲۸۵.۷۷

دو پراکنش‌کننده توئین ۲۰ و ۸۰ در رنگرزی الیاف پلی‌استر با ماده رنگزای دیسپرس و مقایسه آن با یک پراکنش‌کننده تجارتي با نام پراکنش‌کننده MF نشان می‌دهد خواص رنگرزی کالای رنگرزی شده در حضور توئین ۸۰ تقریباً معادل با خواص رنگرزی کالای رنگرزی شده در حضور پراکنش‌کننده تجارتي است. اغلب پراکنش‌کننده‌ها دارای ساختار آب‌دوست و آب‌گریز بوده و علاوه بر خاصیت دیسپرس‌کنندگی سبب افزایش انحلال مواد رنگزای دیسپرس در آب می‌شوند. از آنجایی که رنگرزی الیاف پلی‌استر با مواد رنگزای دیسپرس از فاز محلول آبی صورت می‌گیرد انحلال ماده رنگزا در آب از اهمیت زیادی برخوردار است. گرچه انحلال بیش از حد ماده رنگزا در آب سبب کاهش تمایل ذاتی جذب ماده رنگزا به کالا می‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری

دو پراکنش‌کننده زیست‌سازگار به نام‌های توئین ۲۰ و توئین ۸۰ با ساختارهای شیمیایی به ترتیب پلی‌اکسی اتیلن سوربیتان مونولائورات و پلی‌اکسی اتیلن سوربیتان مونولائورات در رنگرزی الیاف پلی‌استر با یک ماده رنگزای دیسپرس به کار برده شده و برخی از خواص آن از قبیل انحلال در آب، قابلیت رنگرزی و خواص ثباتی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که هر دو پراکنش‌کننده توئین باعث افزایش انحلال ماده رنگزا در آب می‌شوند و سینتیک انحلال ماده رنگزای بکار رفته در حضور هر دو پراکنش‌کننده از تابع نمایی پیروی کرده و سرعت آن با افزایش زمان کاهش می‌یابد. به هر حال انحلال ماده رنگزا در محلول حاوی توئین ۸۰ نسبت به توئین ۲۰ بیشتر است. عملکرد

۵- مراجع

1. A. T. Peters, H. S. Freeman, The dyeing and synthesis of organic dyes and pigments, Wiley-VCH publisher, New York 1996, 9-34.
2. M. Lewin, Handbook of fiber chemistry, Taylor & Francis, Parise, 2007, 45-62.
3. R. W. Moncriff, Man made fibers, Butter Worth Scientific publisher, New York, 2000, 54-69.
4. 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.
5. G. V. Georgievics, C. Thomas, The chemical technology of textile fibres, Wiley-VCH publisher, New York, 2010, 78-93.
6. K. Gharanjig, M. Sadeghi-Kiakhani, Investigation of dissolution of an azo naphthalimide disperse dye containing carboxylic acid group in the presence of anionic and nonionic dispersing agents. *J. Color. Sci. Tech.* 4 (2010), 133-142.
7. C. L. Brird, The dyeing of unmodified fibers with disperse dyes. *JSDC.* 71 (1996), 605-613.

8. P. Rys, H. Zollinger, The Theory of Coloration of Textile, Dyers Company Publication Trust, London, 1998, 49-68.
9. T. K. Kim, Y. A. Son, Thermodynamic analysis of 1,4-diaminoanthraquinone adsorption on polyethylene terephthalate in alkane media. *Dyes Pigm.* 20 (2005), 179-186.
10. A. T. Peters, H. S. Freeman, Physico- Chemical principles of color chemistry, Wiley-VCH publisher, New York, 1996, 56-83.
11. L. Dean, Dye surfactant interaction in thermal dyeing, Springer Verlag, New York, 2002, 14-17.
12. R. A. Charvat, Coloration of plastics fundamentals, Wiley-VCH publisher, New York, 2004, 130-176.
13. K. Clerck, P. V. Oostvldt, H. Rahier, B. Van Male, Variation in diffusion coefficient of disperse dye in fibers. *Adv. Polym. Sci.* (2004), 12-45.
14. K. Gharanjig, M. Sadeghi Kiakhani, A. R. Tehranibagha, A. Khosravi, F. M. Menger, Solubility of two disperse dye derived from n-alkyl and n-carboxylic acid naphthalimides in the presence of gemini cationic surfactants. *J. Surfact. Deterg.* 14 (2011), 389-395.
15. A. Khosravi, K. Gharanjig, S. Moradian, M. Hosseinezhad, A kinetic study on the dissolution of two naphthalimide based synthesized disperse dyestuffs in the presence of dispersing agents. *Prog. Color Colorants Coat.* 4(2011), 107-112.