



سنتز، شناسایی و بررسی خواص ماده رنگزای دیسپرس جدید بر پایه آزو با قابلیت حذف شدن در محیط قلیایی، بر روی الیاف پلی استر رنگرزی شده

محمد دودانگه^۱، کمال الدین قرنجیگ^{۲*}، مهرداد محمدیان^۳، موسی صادقی کیاخانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان، ایران، صندوق پستی: ۴۳۳-۸۷۱۳۵

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

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان، ایران، صندوق پستی: ۴۳۳-۸۷۱۳۵

۴- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۷۸۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۴ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۳/۲۰

چکیده

در این تحقیق یک ماده رنگزای دیسپرس جدید از پارا آمینو بنزوئیک اسید به عنوان جزء نمک دی آزونیوم و $N,N-3$ دی اتیل آمینو استانیلید به عنوان جزء جفت شونده سنتز شد. ماده رنگزای دیسپرس سنتز شده به روش نوبلور خالص شده و به وسیله روش‌های دستگاهی DSC ، $FTIR$ ، $Mass\ spectra$ ، $^1H\ NMR$ ، $^{13}C\ NMR$ و $UV-Visible$ شناسایی گردید. ماده رنگزای سنتز شده برای رنگرزی الیاف پلی استر به روش دمای بالا (HT) به کار رفت و خواص رنگرزی و خواص ثباتی آن بررسی گردید. نتایج نشان دادند که ماده رنگزای سنتز شده دارای قابلیت رنگرزی خوبی بر روی الیاف پلی استر بوده و ثبات شستشویی عالی و ثبات نوری خوبی دارد. همچنین قابلیت حذف فرآیند شستشوی احیایی و جایگزینی آن با فرآیند شستشوی قلیایی کالاهای رنگرزی شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ماده رنگزای موجود بر روی سطح الیاف پلی استر در اثر شستشوی قلیایی از کالا جدا شده و بدین ترتیب شستشوی احیایی و در نهایت مصرف سدیم هیدروسولفیت حذف شد.

واژه‌های کلیدی: سنتز، ماده رنگزای دیسپرس، الیاف پلی استر، ماده رنگزای آزو، رنگرزی.

Synthesis, Characterization and Dyeing Properties of an Alkali-Clearable Monoazo Disperse Dye on Polyester Fibres

M. Dodangeh¹, K. Gharanjig^{2*}, M. Mohammadian³, M. Sadeghi-Kiakhani⁴

¹ Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Kashan branch, P.O.Box: 87135-433, Kashan, Iran

² Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

³ Islamic Azad University, Kashan branch, P.O.Box: 87135-433, Kashan, Iran

⁴ Amirkabir University of Technology, Faculty of Textile Engineering, P.O.Box: 15874-4413, Tehran, Iran

Received: 14-03-2011

Accepted: 07-09-2011

Available online: 09-06-2012

Abstract

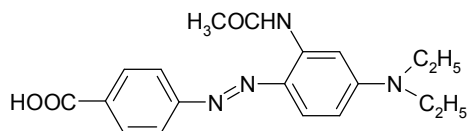
In this research a novel monoazo disperse dye was prepared from *p*-aminobenzoic acid as the diazo component and 3-*N,N*-diethylaminoacetanilide constituted the coupling component. The synthesized dye was purified by recrystallisation method and then was characterized by analytical instruments such as *DSC*, *FTIR*, *Mass spectra*, $^1H\ NMR$, $^{13}C\ NMR$ and *UV-Visible* techniques. The synthesized dye was applied on polyester fabric according to *HT* method. Dyeing and fastness properties of synthesized dye on polyester fibres were investigated. The results showed that the synthesized dye had good build-up, excellent wash fastness and good light fastness on polyester fibres. Also, the elimination of the reduction clearing and its replacement with alkali clearing process of dyed fabrics was evaluated. The results represented that the synthesized dye is hydrolysable and removable from the surface of dyed polyester fabrics under alkaline condition. To this reason the reduction clearing process and consuming of sodium hydrosulfite were eliminated in the dyeing of polyester using the synthesized dye. *J. Color Sci. Tech.* 6(2012), 51-58 © Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Synthesis, Disperse dye, Polyester fibres, Azo dye, Dyeing.

۱- مقدمه

مواد رنگزای آزو دیسپرس یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین طبقه از مواد رنگزا هستند که تقریباً بیش از ۶۰٪ کل تولید مواد رنگزای دیسپرس مصرفی در جهان را تشکیل می‌دهد [۱،۲]. مواد رنگزای آزو دیسپرس جزء مواد رنگزایی هستند که به مقدار جزئی در آب محلول بوده و به صورت پخش شده در حمام رنگزای الیاف مصنوعی به خصوص الیاف پلی‌استر به کار برده می‌شوند. سنتز نسبتاً ساده آنها و ایجاد فام‌های مختلف از زرد مایل به سبز تا ارغوانی سبب شده است تا آنها برای رنگزای الیاف پلی‌استر اهمیت بیشتری پیدا کنند. همچنین این طبقه از مواد رنگزا از مواد واسطه‌ای سنتز می‌شوند که به راحتی در دسترس هستند [۳،۴]. به دلیل ذرات نامحلول در آب مواد رنگزای دیسپرس، آنها در انتهای عملیات رنگزایی بر روی کالای مورد رنگزایی رسوب کرده و باعث کاهش ثبات سایشی، شستشویی، تصعیدی و همچنین باعث کاهش درخشندگی رنگ کالا می‌شوند [۵-۹]. برای از بین بردن این رسوبات از شستشوی احیایی استفاده می‌شود. شستشوی احیایی به عملیاتی گفته می‌شود که در آن پلی‌استر رنگزایی شده با مواد رنگزای دیسپرس در یک حمام حاوی قلیا، سدیم هیدروسولفیت و شوینده عمل می‌شود تا مواد رنگزایی که به سطح الیاف و فیلامنت‌ها چسبیده و تثبیت نشده‌اند، زدوده شوند [۱۰، ۱۱]. در طی عملیات شستشوی احیایی، ترکیبات آزوی موجود در سطح الیاف به مولکول کوچک‌تر تبدیل می‌شوند و این مولکول‌ها بعد از شکسته شدن می‌توانند ترکیبات سمی، خطرناک و گاهی اوقات سرطان‌زا تولید نمایند. علاوه بر آن مصرف سدیم هیدروسولفیت سبب افزایش اکسیژن مورد نیاز برای تخریب بیوشیمیایی (BOD) پساب رنگزایی می‌شوند [۱۲]. اخیراً ساختارهای شیمیایی جدیدی از مواد رنگزا طراحی شده‌اند که در رنگزای الیاف پلی‌استر با آنها عملیات شستشوی احیایی حذف شده و عملیات شستشوی قلیایی جایگزین آن شده است [۸، ۱۱]. در رنگزایی با این مواد رنگزا، فرآیند شستشوی احیایی و همچنین مصرف سدیم هیدروسولفیت حذف می‌گردد. بنابراین هزینه فرآیند رنگزایی و تصفیه پساب فرآیند رنگزایی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. علاوه بر این، حذف شستشوی احیایی سبب کاهش مصرف آب، مواد شیمیایی و حجم پساب رنگزایی می‌شود [۸، ۱۲].

در این تحقیق سنتز یک ماده رنگزای منو آزو دیسپرس جدید، از طریق دی‌آزوتته کردن ۴- آمینو بنزوئیک اسید و جفت نمودن نمک دی‌آزونیوم حاصله با ۳-N,N-دی اتیل آمینو استانیلید به منظور حذف فرآیند شستشوی احیایی در رنگزای الیاف پلی‌استر گزارش شده است (شکل ۱). سپس قابلیت رنگزایی ماده رنگزای سنتز شده بر روی پارچه پلی‌استر بررسی و امکان حذف عملیات شستشوی احیایی و جایگزین کردن آن با شستشوی قلیایی مورد مطالعه قرار گرفت. در نهایت درجه ثبات شستشویی، نوری و تصعیدی کالاهای رنگزایی شده تعیین گردید.



شکل ۱: ساختار شیمیایی ماده رنگزای سنتز شده.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

۳-N,N-دی اتیل آمینو استانیلید از شرکت آلدریچ و دیگر مواد مصرفی شامل ۴- آمینو بنزوئیک اسید، سدیم نیتريت، سدیم استات، سولفوریک اسید، کلریدریک اسید و استیک اسید از شرکت مرک تهیه شدند. پارچه پلی‌استر رنگزایی شده، تار ی پودی، با طرح بافت سرژه ۲،۲، تراکم تار ۱۳۶ تار بر سانتی‌متر و تراکم پود ۷۲ پود بر سانتی‌متر از شرکت ریسندگی و بافندگی شماره ۳ کاشان تهیه گردید.

۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- سنتز ماده رنگزا

۲ گرم ۴- آمینو بنزوئیک اسید با ۱،۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید و ۴،۶ میلی‌لیتر آب حرارت داده شد تا محلول شفافی به دست آید. محلول حاصل تا دمای زیر ۳ درجه سانتی‌گراد سرد شده و به آن ابتدا ۲،۳ میلی‌لیتر کلریدریک اسید و سپس محلول ۱،۱ گرم سدیم نیتريت در ۲،۱۵ میلی‌لیتر آب اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه هم‌زده شد تا واکنش دی‌آزوتته کردن کامل گردد. در یک ظرف دیگر ۲،۶ گرم از ۳-N,N-دی اتیل آمینو استانیلید در ۲،۷ میلی‌لیتر اسید استیک حل شده و به محلول دی‌آزوتته شده اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۲ ساعت به طور مداوم هم‌زده شد و به آن ۱،۵ میلی‌لیتر محلول ۶۰٪ سدیم استات اضافه شد. هم‌زدن مخلوط واکنش به مدت ۴ ساعت ادامه یافت تا واکنش جفت شدن کامل گردید. مخلوط واکنش به وسیله قیف بوخنر صاف و چندین مرتبه با آب سرد و داغ شستشو داده شد. محصول خام به روش نوبلور با استفاده از استن خالص شده و در گرم‌کن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. بازده واکنش ۷۵٪ و ماده رنگزای سنتز شده دارای نقطه ذوب ۱۶۲ °C بود.

۲-۲-۲- رنگزایی پارچه پلی‌استر

برای پخش کردن ماده رنگزای سنتز شده یک گرم از ماده رنگزا با ۲ گرم از ماده پراکنش‌کننده ایرگاسول DAM و ۱۰ میلی‌لیتر آب در یک هاون چینی ساییده و خمیر تقریباً یکنواختی حاصل گردید. خمیر

ثبات شستشویی کالای رنگرزی شده مطابق استاندارد ISO105-1989(E) انجام شد. شستشو در حمامی با دمای ۶۰ °C به مدت ۳۰ دقیقه با ۵ g/l شوینده، ۱ g/l سدیم پربرات و ۱ g/l سدیم کربنات انجام شد. ثبات نوری کالای رنگرزی شده مطابق استاندارد ISO105-1994 (E) B02 به وسیله دستگاه ثبات نوری دارای لامپ زنون و با به کار بردن نمونه‌های مرجع معیار آبی اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری ثبات در برابر حرارت ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر، از استاندارد (E) ISO 105- P01:1993 استفاده گردید.

برای شناسایی مواد سنتز شده از طیف‌سنجی زیر قرمز FTIR:Nicolet 470/670/870 و طیف رزونانس مغناطیسی هسته‌ای ¹HNMR and ¹³CNMR: Bruker Evance 500 MHz استفاده شد. ضمناً برای اندازه‌گیری نقطه ذوب ماده رنگزای سنتز شده از دستگاه DSC: 2010 TA Instruments و برای تعیین طول موج بیشینه جذب و اندازه‌گیری ضریب جذب مولار آن از دستگاه اسپکتروفوتومتر انتقالی Cecil 9200 Double Beam و جهت تعیین مقادیر رنگ *L، *a، *b، K/S و مشخصات انعکاسی هر یک از کالاهای رنگرزی شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی Gretag Macbeth 7000A با منبع نوری D65 و زاویه دید ۱۰ درجه استفاده شد. برای تایید وزن مولکولی ماده رنگزای سنتز شده و همچنین پی بردن به نحوه تجزیه آن از دستگاه اسپکتروفوتومتری جرمی (Mass-Spectra) موجود در دانشکده شیمی دانشگاه تهران استفاده شد. برای اندازه‌گیری ثبات نوری از دستگاه زنون Heraeus instruments Xenotest Alpha LM استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- سنتز ماده رنگزا

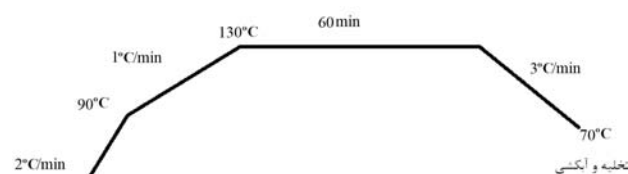
ماده رنگزای دیسپرس ۴-کربوکسیلیک اسید آزوبنزن-۴-N,N-دی اتیل آمینو-۲- استانیلید از واکنش دی آزوته کردن پارا آمینو بنزوئیک اسید با سدیم نیتريت و هیدروکلریک اسید و جفت کردن نمک دی آزونیوم حاصله با ۳-N,N-دی اتیل آمینو استانیلید به دست آمد (شکل ۳).

جدول ۱: مواد مصرفی در تعیین قابلیت رنگرزی ماده رنگزای سنتز شده برحسب درصد نسبت به وزن کالا.

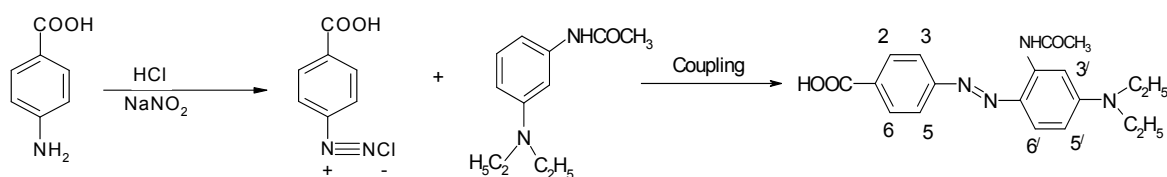
شماره حمام	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ماده رنگزا	۰,۱	۰,۳	۰,۷	۱	۱,۲	۱,۶	۲	۴
استیک اسید	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
پراکنش‌کننده	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵	۰,۵

بدست آمده به بال میل انتقال یافت و به مدت ۲۴ ساعت آسیاب شد. مخلوط حاصل صاف شده و با آب به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بدین ترتیب سوسپانسیونی از ماده رنگزا در آب با غلظت ۱٪ تهیه گردید. قبل از اینکه پارچه‌های پلی‌استر رنگرزی شوند لازم است شستشو داده شوند. بدین منظور پارچه‌های یک گرمی در حمامی حاوی ۵ g/l شوینده آنیونی بر پایه آلکیل بنزن سولفونات در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه شستشو داده شدند (L:R=۵۰:۱). سپس کالاهای آبکشی شده و وارد حمام رنگرزی شدند. برای تعیین قابلیت رنگرزی ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر، هشت غلظت مختلف از ماده رنگزا تهیه شده و به همراه استیک اسید و پراکنش‌کننده آنیونی بر پایه الکیل نفتالین سولفونات برای رنگرزی به روش دمای بالا (HT) به کار رفت. مواد مصرفی در هر یک از حمام‌های رنگرزی در جدول ۱ مشخص شده است.

فرآیند رنگرزی از دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد شروع شده و ابتدا با شیب حرارتی ۲ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه، به دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و سپس با شیب حرارتی ۱ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. رنگرزی به مدت ۶۰ دقیقه در این دما ادامه یافت. پس از پایان رنگرزی دمای حمام تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد سرد شد. کالاهای بعد از خارج شدن از حمام رنگرزی، آبکشی و خشک شدند. نمودار فرآیند رنگرزی ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار فرآیند رنگرزی ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر به روش دمای بالا (HT).



شکل ۳: مراحل سنتز ماده رنگزا.

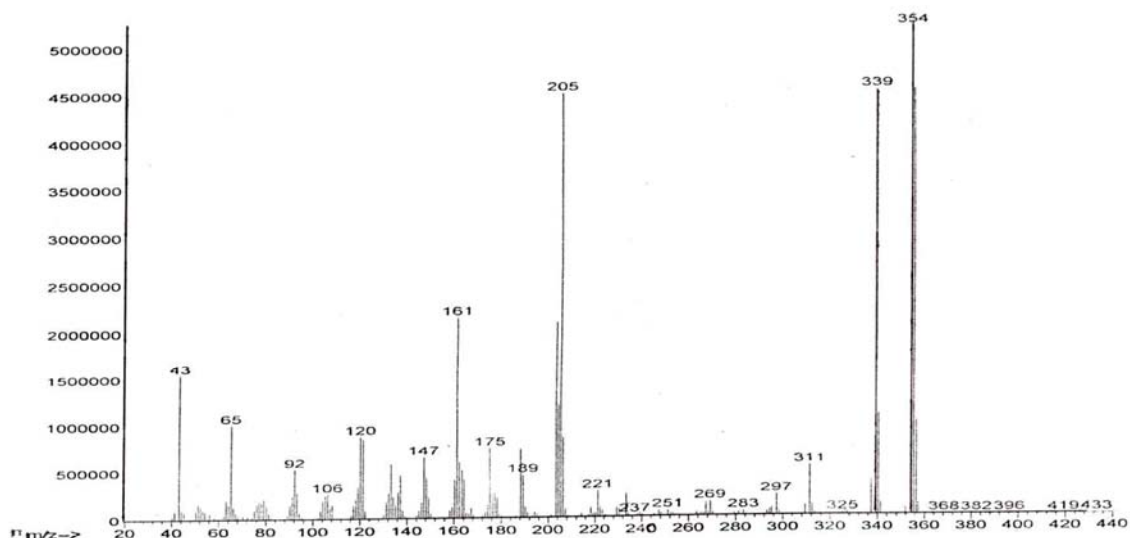
FTIR¹³، CNMR¹³، HNMR¹، UV-Visible و Mass-Spectra استفاده شد. نتایج به دست آمده از آزمون‌های انجام شده صحت ساختار ماده رنگزای سنتز شده را تأیید نمودند. طیف DSC ماده رنگزای سنتز شده، یک نوار تیز در دمای ۱۶۲ °C را نشان داد که مشخص می‌کند ماده رنگزای سنتز شده از خلوص بالایی برخوردار است. طیف FTIR ماده رنگزای سنتز شده، حضور گروه C=O کششی را در نواحی ۱۶۹۰ و ۱۴۲۱ cm⁻¹ و گروه OH کششی گروه کربوکسیلیک اسید را در محدوده ۲۴۰۰-۳۳۷۰ cm⁻¹ و گروه C=C کششی آروماتیک را در محدوده ۱۵۹۹ cm⁻¹ و ۱۴۶۹ cm⁻¹ نشان می‌دهد. نتایج حاصل از طیف‌سنجی ¹HNMR و ¹³CNMR ماده رنگزای سنتز شده به ترتیب حضور ۲۲ اتم هیدروژن را با مشخصات [(4H, ۲.۰۵-۲.۸۶ (3H, NHCOCH₃), ۱.۲۴-۱.۳۱ [(6H, (CH₂CH₃)₂) (CH), ۷.۱۷ (H, 3' CH), ۶.۵۳ (H, 5' CH), ۳.۵۴-۳.۵۶ (CH₂CH₃)₂], ۸.۱۴-۸.۱۸ (4H, 2,3,5,6CH), ۸.۱۳ (H, NHCOCH₃), ۷.۸۹ (H, 6' CH), ۱۱.۰۴ و ۱۹ اتم کربن را با مشخصات (H, COOH), ۱۶۸.۲ ppm (C, COOH) در ساختار ماده رنگزای سنتز شده تأیید نمودند. اسپکتروسکوپی جرمی ماده رنگزای سنتز شده که در شکل ۴ نشان داده شده است علاوه بر تأیید جرم مولکولی، مراحل تجزیه یون‌های آن را به صورت شکل ۵ تأیید نمود.

اسپکتروفوتومتری UV-Visible در محدوده ۷۶۰-۳۸۰ نانومتر نشان داد که ماده رنگزای دیسپرس سنتز شده در استن دارای طول موج بیشینه جذب ۴۷۵ nm است. ضمناً ضریب جذب مولار ماده رنگزا ۴۰۳۸۸ l/mol.cm بود که نشان دهنده رنگ قرمز مایل به زرد با قدرت رنگی زیاد می‌باشد. نتایج مربوط به بررسی تأثیر حلال‌های قطبی و غیرقطبی بر روی طول موج بیشینه جذب ماده رنگزای سنتز شده نشان داد که با تغییر حلال قطبی‌تر DMF به حلال غیرقطبی‌تر کلروفرم جابجایی باتوکرومیک رخ می‌دهد (شکل ۶).

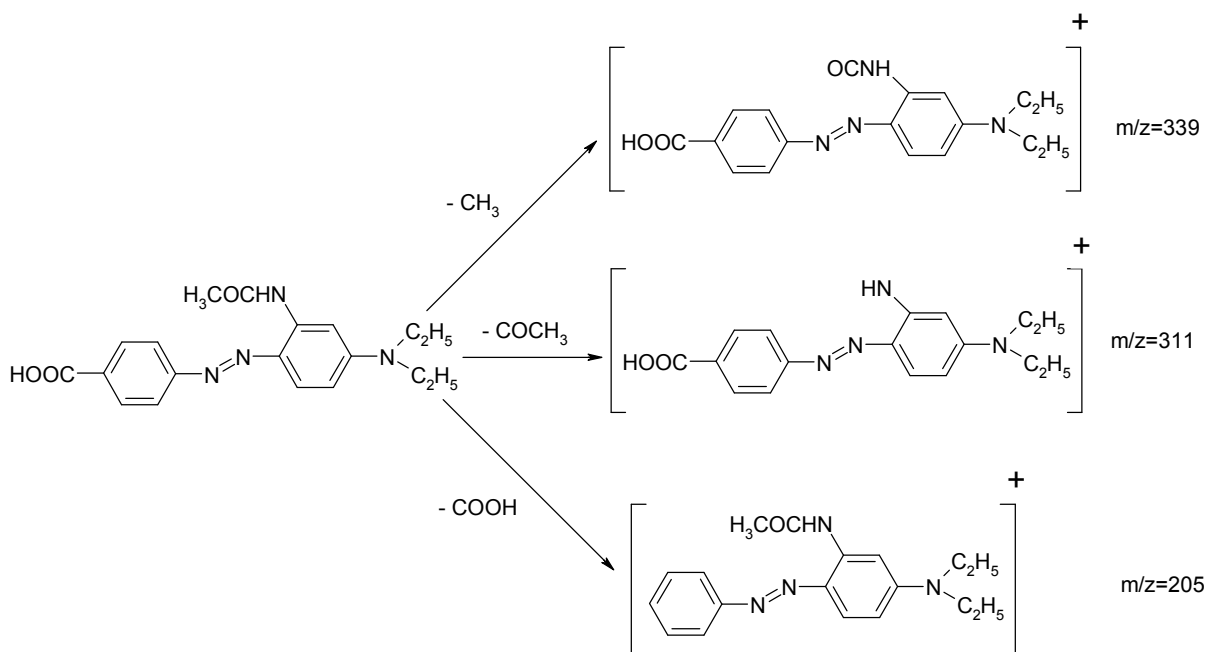
در مرحله دی آزوته کردن، نحوه افزایش سدیم نیتريت و دمای واکنش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. افزایش تدریجی سدیم نیتريت در دمای زیر ۱۰ °C ضروری است، در غیر اینصورت محصولات زرد رنگی حاصل شده و باعث کاهش بازده واکنش و درجه خلوص محصول خواهد شد. از دیگر عوامل مهم این واکنش مقدار کلریدریک اسید مصرفی است. اگر مقدار آن از حد بهینه کمتر باشد، سدیم نیتريت در آن حل نمی‌شود و اگر مقدار اسید تزریق شده به واکنش بیش از حد مورد نیاز مصرف شود واکنش جفت‌شدن بخوبی انجام نشده و بازده واکنش به شدت افت پیدا می‌کند. مقدار سدیم نیتريت مصرفی نیز در بازده واکنش دی آزوته کردن بی‌تأثیر نبوده و در مقادیر کم سدیم نیتريت، این واکنش کامل نشده و در مقادیر بیشتر از یک مول نیز بازده محصول بدلیل تخریب نمک دی آزونیوم کاهش می‌یابد [۷]. از نکات مهم دیگری که در طول انجام واکنش دی آزوته کردن باید به دقت کنترل گردد، دمای واکنش است که باید زیر ۱۰ °C تنظیم شود در غیر اینصورت مقدار محصول تشکیل شده به دلیل تخریب نمک‌های دی آزونیوم کاهش می‌یابد. زمان واکنش دی آزوته کردن نیز بر روی بازده محصول مؤثر است و با افزایش آن مقدار محصول نیز افزایش خواهد یافت. جزء جفت شونده مصرفی در این کار دارای ساختار آریل آمین نوع سوم است و از آنجا که این نوع آمین‌ها قادرند واکنش جفت شدن را در pH=۴-۷ انجام دهند، بنابراین به مخلوط نمک دی آزونیوم و جفت شونده محلول اشباع سدیم استات اضافه شد تا pH در ۴ تا ۵ تنظیم شود. واکنش‌های تجزیه نمک دی آزونیوم در مقایسه با واکنش‌های جفت شدن دارای انرژی فعال‌سازی بیشتری بوده و شیب حرارتی بزرگتری را به دنبال خواهند داشت، لذا دمای واکنش جفت‌شدن باید در طی انجام این واکنش با دقت بیشتری کنترل شود، زیرا در اکثر موارد افزایش دما اثر نامطلوبی را در نتایج این واکنش ایجاد می‌کند. واکنش جفت‌شدن پس از سه ساعت کامل شده و با تنظیم تمام عوامل در شرایط بهینه، بازده محصول تولیدی ۷۵٪ بود.

۳-۲- شناسایی ماده رنگزای سنتز شده

برای شناسایی ماده رنگزای سنتز شده از روش‌های دستگاهی DSC،



شکل ۴: اسپکتروسکوپی جرمی ماده رنگزای سنتز شده.



شکل ۵: مراحل تجزیه ماده رنگزای سنتز شده در اسپکتروفوتومتری جرمی.

که کالاهای رنگرزی شده از لحاظ چشمی دارای یکنواختی رنگرزی خوبی بودند (شکل ۷).

ویژگی‌های رنگی به دست آمده از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی نشان داد که ماده رنگزای سنتز شده قادر است الیاف پلی استر را به فام نارنجی رنگرزی نماید (جدول ۲). ضمناً بررسی‌های طیفی نشان داد که با افزایش غلظت ماده رنگزا، مقدار L^* (مقدار روشنایی) کاهش می‌یابد.

۳-۲- رنگرزی پارچه پلی استر با ماده رنگزای سنتز شده

برای دستیابی به قابلیت رنگرزی ماده رنگزای سنتز شده بر روی پارچه پلی استری، تعلیقی از ماده رنگزا در آب با غلظت‌های مختلف بر روی پارچه‌های پلی استری به کار رفت. مقادیر K/S هر یک از کالاهای رنگرزی شده در غلظت‌های مختلف به روش اسپکتروفوتومتری انعکاسی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ماده رنگزای سنتز شده دارای قابلیت رنگرزی خوبی بر روی پارچه پلی استری می‌باشد و در غلظت حدود ۲٪ به اشباع می‌رسد. نتایج رنگرزی‌ها نشان داد

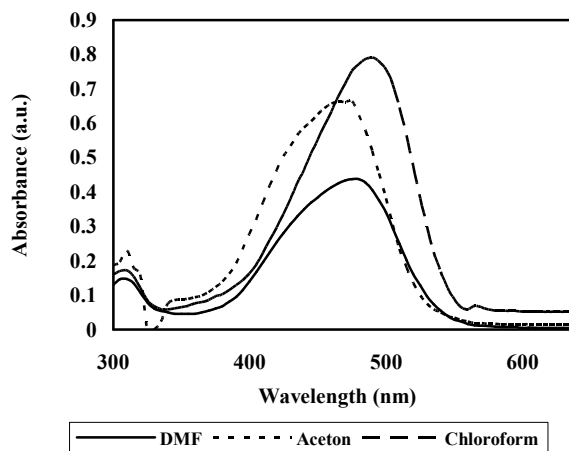
۱ g/l سدیم هیدروکسید و ۱/۱ شوینده آنیونی آماده و عملیات شستشو صورت گرفت. شستشوی احیایی در دمای °C ۶۰ به مدت ۲۰ دقیقه ادامه یافته و در نهایت کالاهای آبکشی و خشک شدند. در شستشوی قلیایی سدیم هیدروسولفیت حذف شده و دمای عملیات شستشو از °C ۶۰ الی °C ۱۰۰ و مقادیر pH از ۹ تا ۱۲ تغییر داده شد. در این حمامها برای تامین pH=۹ از تری سدیم فسفات (۰,۲۵ g/l)، pH=۱۰ از تری سدیم فسفات (۵ g/l) به همراه منوسدیم فسفات، pH=۱۱ از تری سدیم فسفات (۲ g/l) به همراه دی سدیم فسفات و pH=۱۲ از سدیم هیدروکسید (۰,۴ g/l) استفاده گردید. شستشوی قلیایی به مدت ۲۰ دقیقه ادامه یافته و سپس کالاهای آبکشی و خشک شدند. پسابهای حاصل از حمامهای شستشو به روش اسپکتروفوتومتری مورد ارزیابی قرار گرفته و مقدار آبکافت ماده رنگزا در هر حمام اندازه‌گیری شدند.

نتایج به دست آمده از مقادیر جذب حمام شستشوی قلیایی با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر انتقالی (جدول ۳) نشان داد که مقدار آبکافت ماده رنگزا به ترتیب در pH=۹ و دمای °C ۶۰ کمترین است و این در حالی است که مقدار آبکافت ماده رنگزا در pH=۱۲ و در تمامی دماهای به کار رفته تقریباً یکسان و بیشترین مقدار می‌باشد. بنابراین pH=۱۲ و دمای °C ۶۰ و یا pH=۱۱ و دمای °C ۷۰ به عنوان شرایط بهینه شستشو در نظر گرفته شدند. در دماهای بالاتر امکان آبکافت گروه‌های استری موجود در ساختار پلیمری الیاف پلی‌استر افزایش یافته و درجه پلیمریزاسیون آن کاهش می‌یابد.

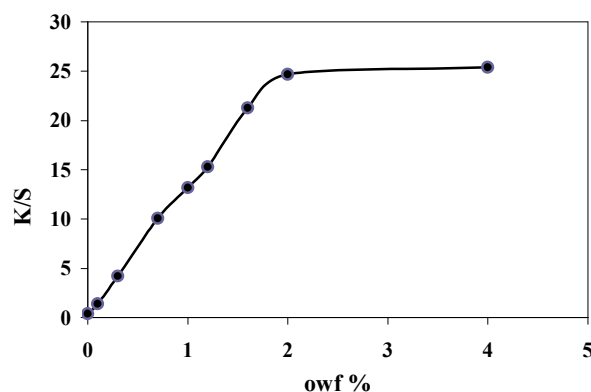
نتایج حاصل از اندازه‌گیری ثبات‌های شستشویی دو کالای عمل شده در حمامهای شستشوی احیایی و قلیایی نشان دادند که هر دو نوع شستشو به یک نسبت باعث افزایش خواص ثباتی شده‌اند و بنابراین بهتر است روشی انتخاب شود که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و آلودگی محیط زیست کمتری داشته باشد. حذف مرحله شستشوی احیایی و به دنبال آن حذف مصرف سدیم هیدروسولفیت از فرآیند تولید باعث صرفه‌جویی در مصرف آب، مواد شیمیایی، زمان و انرژی مصرفی خواهد شد. از مزایای دیگر حذف شدن سدیم هیدروسولفیت کاهش مقدار پساب تولیدی و BOD آن می‌باشد که در نهایت منجر به کاهش آلودگی محیط زیست خواهد شد [۱۱-۸].

جدول ۳: مقادیر جذب ماده رنگزا در pH و دماهای مختلف در مدت ۲۰ دقیقه.

T(°C)/pH	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۹	۰,۶۱۰	۰,۶۲۲	۰,۷۵۲	۰,۸۲۳	۰,۹۹۳
۱۰	۰,۷۳۱	۰,۸۳۶	۰,۸۵۴	۰,۹۳۲	۰,۹۸۷
۱۱	۰,۸۱۰	۰,۹۴۴	۰,۹۷۰	۰,۹۸۴	۰,۹۸۰
۱۲	۰,۹۴۳	۰,۹۵۳	۰,۹۷۵	۰,۹۸۹	۰,۹۷۸



شکل ۶: اثر حلال‌های مختلف بر روی طول موج بیشینه جذب ماده رنگزای سنتز شده.



شکل ۷: منحنی قابلیت رنگزایی ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر.

جدول ۲: مشخصات اسپکتروفوتومتری کالاهای رنگزایی شده در غلظت‌های مختلف ماده رنگزا روی کالا.

غلظت ماده رنگزا (%)	L*	a*	b*	C*	h°
۰,۱	۷۲,۵	۲۰,۸۸	۱۹,۶۸	۲۸,۶۹	۴۳,۳۰
۱	۶۴,۵	۳۷,۳۵	۴۶,۰۲	۵۹,۲۶	۵۰,۹۳
۴	۵۴,۲	۵۱,۳۴	۶۲,۶۲	۸۰,۹۷	۵۰,۶۵

۳-۴- شستشوی کالاهای رنگزایی شده

برای حذف مواد رنگزای سطحی و جذب نشده از روی کالاهای رنگزایی شده و تعیین بهترین شرایط شستشو چهار حمام شستشویی قلیایی متفاوت با مشخصات نشان داده شده در جدول ۳ تهیه شدند. همچنین برای مقایسه نتایج حاصله از شستشوی قلیایی با روش شستشوی احیایی، حمام دیگری حاوی ۲ g/l سدیم هیدروسولفیت،

۳-۵- ویژگی‌های ثابتاتی

ثبات‌های شستشویی، نوری و تصعیدی پارچه پلی‌استر رنگرزی شده مطابق روش‌های استاندارد مربوطه اندازه‌گیری شدند. همان‌طور که از جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود، ماده رنگزای سنتز شده دارای ثبات نوری خوب (۵-۶)، ثبات شستشویی و تصعیدی خیلی خوبی (۵-۴، ۵) می‌باشد. بالا بودن ثبات تصعیدی ماده رنگزا را می‌توان به ساختار مولکولی ماده رنگزا نسبت داد. حضور گروه قطبی کربوکسیلیک اسید در ساختار ماده رنگزا باعث افزایش ثبات تصعیدی ماده رنگزا می‌شود. به طور کلی، افزایش وزن مولکولی و قطبیت مولکول‌های مواد رنگزا، افزایش ثبات تصعیدی آنها را به دنبال خواهد داشت [۱۳]. همان‌طور که انتظار می‌رفت، پارچه‌های رنگی شستشو نشده، ثبات شستشویی کمتری در مقایسه با پارچه‌های شستشو داده شده چه در حالت احیایی و چه در حالت قلیایی از خود نشان دادند و هیچ اختلافی در ثبات شستشویی پارچه‌های شستشو داده شده به روش احیایی و قلیایی مشاهده نشد. این مطلب نشان دهنده آن است که گروه کربوکسیلیک اسید باعث آبکافت شدن ماده رنگزا در محیط قلیایی و تبدیل آنها به مواد رنگزای محلول در آب شده است. به طوری که می‌توان مواد رنگزای جذب نشده و سطحی کالاهای رنگرزی شده را به طرز موفقیت‌آمیزی با این روش شستشو داده و از سطح آن جدا نمود. ویژگی مذکور ماده رنگزای سنتز شده ثبات شستشویی و همچنین شفافیت کالای رنگرزی شده را در سطح وسیعی بهبود می‌بخشد [۸-۱۱].

جدول ۴: ثبات‌های شستشویی، نوری و تصعیدی ماده رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌استر در غلظت ۲٪.

ثبات تصعیدی	ثبات نوری	شستشوی احیایی		شستشوی قلیایی		شستشو نشده
		پلی نایلون	پلی استر	پلی نایلون	پلی استر	
۱۵۰ °C	۵-۶	۵	۵	۵	۵	۴-۵

۴- نتیجه‌گیری

یک ماده رنگزای دیسپرس جدید منو آزو حاوی گروه کربوکسیلیک اسید سنتز شده و ساختار شیمیایی آن با روش‌های دستگاهی مورد تایید قرار گرفت. در ادامه، تعلیقی از ماده رنگزا در آب تهیه شده و برای رنگرزی الیاف پلی‌استر به روش HT به کار رفت. ماده رنگزای سنتز شده نشان داد که قابلیت رنگرزی الیاف پلی‌استر را به فام نارنجی داشته و قدرت رنگی بالایی بر روی این الیاف دارد. شستشوی پارچه‌های رنگرزی شده به روش قلیایی و مقایسه آن با روش شستشوی احیایی نیز نشان داد که ماده رنگزا قابلیت آبکافت شدن را در محیط قلیایی دارد و مواد رنگزای موجود در سطح کالا از طریق شستشوی قلیایی از روی کالا زدوده می‌شود. به عبارتی دیگر ماده رنگزای سنتز شده قادر است فرآیند شستشوی احیایی را در رنگرزی پلی‌استر حذف کرده و شستشوی قلیایی جایگزین آن گردد. حذف شستشوی احیایی و به دنبال آن حذف مصرف سدیم هیدروسولفیت، علاوه بر صرفه جویی در مصرف آب، مواد شیمیایی، زمان و انرژی باعث کاهش میزان پساب رنگرزی می‌شود. این موضوع باعث کاهش آلودگی محیط زیست خواهد شد. از دیگر ویژگی‌های بارز این ماده رنگزا می‌توان به آسان بودن روش سنتز، سهولت تهیه تعلیق در آب، جلوگیری از ایجاد آمین‌های خطرناک در مرحله تصفیه پساب رنگرزی اشاره نمود. لذا به نظر می‌رسد ماده رنگزای سنتز شده می‌تواند جایگزین مناسب و موفقی برای مواد رنگزای دیسپرس معمولی با فام مشابه گردد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت‌های مالی و معنوی باشگاه پژوهشگران جوان واحد کاشان جهت اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

۵- مراجع

1. Y. Ishikawa, T. Esker, A. E. Leder, Chemical economics handbook, SRI international pub., 2003.
2. D. M. Nunn, The dyeing of synthetic-polymer and acetate fibres, The Dyers Company Publications Trust 411, 1979.
3. P. F. Gordon, P. Gregory, Organic chemistry in colour, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 95, 1983
4. R. M. Christi, R. R. Mather, R. H. Wardman, The chemistry of colour application, Blackwell Science 13, 2000.
5. J. Koh, Alkali-hydrolysis kinetics of alkali-clearable azo disperse dyes containing a fluorosulfonyl group and their fastness properties on PET/cotton blends. *Dyes Pigm.* 64(2005), 17-23.
6. P. W. Leadbetter, A. T. Leaver, Disperse dyes- the challenge of the 1990s. *Rev. Prog. Coloration.* 19(1989), 33-39.
7. J. Koh, A. J. Greaves, Synthesis and application of an alkaline-clearable azo disperse dye containing a fluorosulfonyl group and analysis of its alkali- hydrolysis kinetics. *Dyes Pigm.* 50(2001), 117-126.
8. K. Gharanjig, M. Arami, H. Bahrami, B. Movassagh, N. M. Mahmoodi, S. Rouhani, Synthesis, spectral properties and

- application of novel monoazo disperse dyes derived from N-ester-1,8-naphthalimide on polyester fibres. *Dyes Pigm.* 76(2008), 684-689.
9. J. Koh, J. Kim, J. P. Kim, Synthesis and application of a temporarily solubilised alkali-clearable azo disperse dye and analysis of its conversion and hydrolysis behavior. *Dyes Pigm.* 56(2003), 17-26.
 10. K. Singh, S. Singh, J. A. Taylor, Monoazo disperse dyes. Part 2; Colour-constitution relationships of some novel blue disperse dyes. *Color. Technol.* 119(2006), 158-163.
 11. M. Sadeghi-Kiakhani, M. Arami, K. Gharanjig, J. Mokhtari, N. M. Mahmoodi, Synthesis of some novel monoazo disperse dyes derived from N-carboxylic acid-1,8-naphthalimide and their dyeing on polyethyleneterphthalate (PET). *Fibers Polym.* 10(2009), 446-451.
 12. K. Gharanjig, M. Arami, A. Khosravi, N. M. Mahmoodi, J. Mokhtari, The one-bath dyeing of polyester and cotton fabrics with novel naphthalimide-based disperse dyes and a reactive dye. *J. Color Sci.Tech.* 1(2008), 67-72.
 13. M. Sadeghi-Kiakhani, K. Gharanjig, M. Arami, J. Mokhtari, N. M. Mahmoodi, Synthesis and characterization of novel monoazo naphthalimide disperse dyes containing carboxylic acid group with high-heat fastness properties. *J. Chin.Chem. Soc.* 55(2008), 1300-1307.