



## سنتز، کاربرد و بررسی خواص دو ماده رنگزای اسیدی جدید بر پایه نفتالیمید

مژگان حسین‌نژاد<sup>۱</sup>، علیرضا خسروی<sup>۲\*</sup>، کمال‌الدین قرنجیگ<sup>۳</sup>، سیامک مرادیان<sup>۴</sup>

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

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

۳- استادیار، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، ایران، صندوق پستی: ۶۳۵۱۹

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

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۲۶ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰

### چکیده

دو ماده رنگزای مونو آزو اسیدی بر پایه نفتالیمید با به کار بردن ۴-آمینو-N-متیل (بوتیل)-۱،۸-نفتالیمید به عنوان جزء دی‌آزوته شونده و J-اسید به عنوان جزء جفت شونده سنتز شدند. مشتقات ۴-آمینو-N-آلکیل-۱،۸-نفتالیمید با استفاده از نیتروزیل سولفوریک اسید دی‌آزوته شد و با J-اسید جفت گردید. هر دو ماده رنگزای سنتز شده خالص‌سازی و به روش‌های دستگاهی مختلف از قبیل <sup>1</sup>HNMR، FTIR، DSC و آنالیز عنصری شناسایی شدند. برای مقایسه و بررسی خواص رنگرزی و اسپکتروفوتومتری مواد رنگزای اسیدی بر پایه نفتالیمید، دو ماده رنگزای آزوبنزن با به کار بردن آنیلین و پارانیتروانیلین به عنوان اجزاء دی‌آزوته شونده و J-اسید به عنوان جزء جفت شونده سنتز شدند. خواص اسپکتروسکوپی مواد رنگزای سنتز شده در حلال‌های مختلف و اثر هالوکرومیسم آنها بررسی گردید. در نهایت مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی‌آمید و پشم به کار رفتند و سپس خواص ثباتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که مواد رنگزای سنتز شده قابلیت رنگرزی خوبی بر روی این الیاف دارند و دارای ثبات شستشویی عالی، ثبات تعرق و میلینگ خوب و ثبات نوری ضعیف هستند. واژه‌های کلیدی: نفتالیمید، رنگرزی، آزو بنزن، باتوکرومیک، سولواتوکرومیک.

## The Synthesis, Application and Investigation Properties of Two New Acid Dyes Based on Naphthalimide

M. Hossein-nezhad<sup>1</sup>, A. Khosravi<sup>1\*</sup>, K. Gharanjig<sup>2</sup>, S. Moradian<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Deptment of Polymer Engineering and Color Technology, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Department of Color and Polymer Engineering, Islamic Azad University of Mahshahr, P.O.Box: 63519, Mahshahr, Iran.

### Abstract

Two novel monoazo acid dyes based on naphthalimide have been synthesized utilizing 4-amino-N-methyl(butyl)-1,8-naphthalimide as the diazo components and J-acid as the coupling component. The 4-amino-N-alkyl(methyl/butyl)-1,8-naphthalimides were diazotized with nitrosylsulphuric acid and afterwards they were coupled with J-acid. All obtained monoazo acid dyes were characterized using DSC, FTIR, <sup>1</sup>HNMR and elemental analysis. In order to study and compare their dyeing properties and UV-visible spectroscopy, two monoazo acid dyes based on azobenzene have also been synthesized utilizing aniline and p-nitroaniline as the diazo components and J-acid as the coupling component. Spectrophotometric properties of the synthesized dyes were investigated in different solvents and their halochromic behaviors were considered. Finally, the polyamide and wool fibers were dyed by two monoazo acid dyes and then fastness properties were investigated. The data showed that all monoazo acid dyes have dyed fibers with good dyeing properties and all synthesized acid dyes have excellent wash fastness, good milling and perspiration fastness and poor light fastness. *J. Color Sci. Tech.* 4(2011),233-243© Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Naphthalimide, Dyeing, Azobenzene, Bathochromic, Solvatochromic.

## ۱- مقدمه

سنتز شده است. در اکثر این ترکیبات گروه‌های سولفونه بر روی جزء نفتالیمیدی قرار گرفته است [۷، ۶]. بر طبق بررسی‌های ما تاکنون سنتز مواد رنگزای اسیدی بر پایه نفتالیمید که در آنها از J-اسید به عنوان جفت‌کننده استفاده شده باشد مورد مطالعه قرار نگرفته است. در این راستا ما در این تحقیق، دو ماده رنگزای جدید بر پایه نفتالیمید را معرفی می‌کنیم که قابلیت رنگریزی الیاف پلی‌آمید و پشم را به رنگ آبی دارند (شکل ۱). هر دو ماده رنگزای سنتز شده از دی‌آزوتاسیون ۴-آمینو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید و جفت شدن نمک دی‌آزونیوم حاصله با J-اسید به دست آمده‌اند. هر دو ماده رنگزای سنتز شده پس از خالص‌سازی با روش‌های دستگاهی شناسایی شدند و برای رنگریزی الیاف پشم و نایلون به کار رفتند. در نهایت خواص رنگریزی مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف ذکر شده بررسی شده و خواص آن با خواص مواد رنگزای مشابه بنزنی مقایسه شده است.

## ۲- بخش تجربی

## ۱-۲- مواد

مواد مصرفی در این مقاله همه از نوع آزمایشگاهی از شرکت‌های مرک و آلد ریچ می‌باشد.

## ۲-۲- روش کار

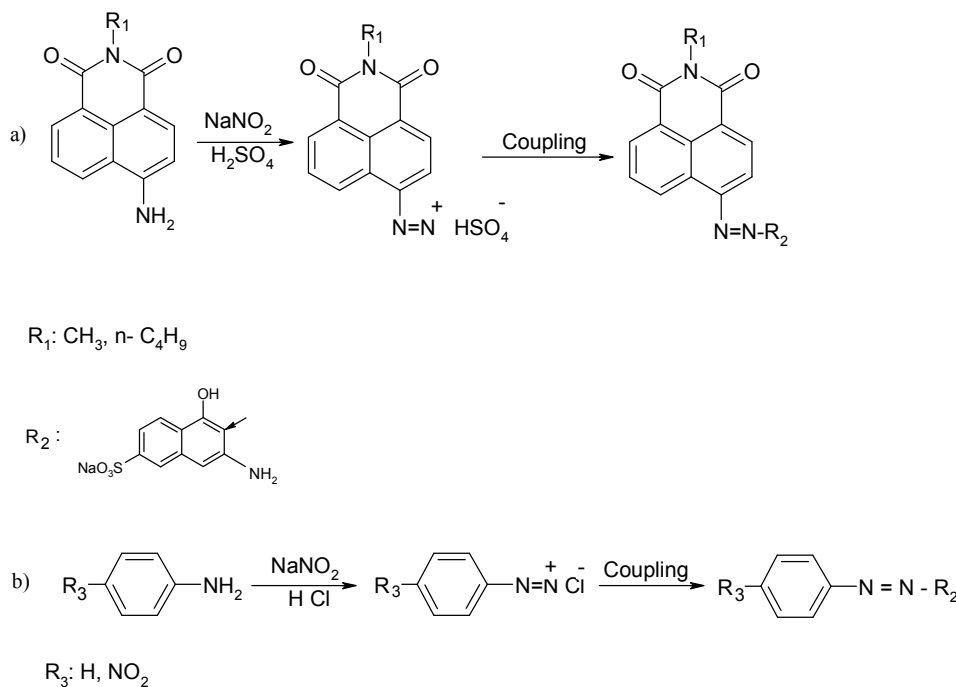
برای بررسی مشخصات جذبی ماده رنگزای سنتز شده از دستگاه اسپکتروفوتومتری در ناحیه مرئی-فرابنفش Double beam CECIL 9200 ساخت کشور آلمان استفاده گردید. ماده رنگزای سنتز شده بوسیله دستگاه‌های FTIR: Perkin Elmer ساخت کشور آلمان، <sup>1</sup>HNMR Bruker Evance 500 MHz ساخت کشور انگلستان و دستگاه تجزیه عنصری C.H.N O-Rapid Analysis Hereuse تولید کشور چک شناسایی شدند. نقطه ذوب هر یک از مواد واسطه و مواد رنگزای سنتز شده به وسیله دستگاه DSC: Perkin Elmer تولید شده در کشور آلمان اندازه‌گیری شد.

## ۲-۲-۱- سنتز مواد واسطه

۴-نیترو-۸،۱-انیدرید نفتالیک مصرفی در این تحقیق از روش سنتز اکازاکی و تاناگوچی به دست آمد [۱۳]. ۴-نیترو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید و ۴-آمینو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید نیز مطابق روش‌های استاندارد تهیه شدند [۱۴].

مواد رنگزای اسیدی به آن دسته از مواد رنگزای آلی گفته می‌شود که در محیط اسیدی نسبت به الیاف پروتئینی و نایلون تمایل به جذب ذاتی دارند. این دسته از مواد رنگزا به دلیل داشتن گروه‌های سولفونیک اسید در آب محلول هستند. مواد رنگزای اسیدی در آب بار منفی تولید می‌کنند، بنابراین، جزء مواد رنگزای آنیونیک محسوب می‌شوند [۱]. مواد رنگزای اسیدی دارای ساختارهای شیمیایی مختلفی هستند که در بین آنها مواد رنگزای آزو یکی از پر مصرف‌ترین مواد رنگزای تجارتي می‌باشند و اهمیت زیادی را در رنگریزی الیاف پروتئینی و پلی‌آمید دارند. مواد رنگزای آزو ارزان قیمت هستند و از مواد اولیه‌ای به دست می‌آیند که به راحتی در دسترس می‌باشند. به علاوه، دارای محدوده رنگی نسبتاً گسترده‌ای هستند. به هر حال فام اکثر مواد رنگزای آزو در محدوده زرد تا قرمز قرار دارند و ایجاد رنگ‌های آبی توسط آنها مشکل است [۲]. معمولاً از طریق افزایش گروه‌های الکترون گیرنده در ساختار بنزنی یا نفتالینی اجزاء دی‌آزوته شونده و قراردادن گروه‌های الکترون دهنده در ساختار اجزاء جفت شونده می‌توان اثر باتوکرومیک قوی ایجاد کرد به طوری که فام آبی به دست آید [۳]. اجزاء نفتالیمیدها به منظور تولید مواد رنگزای اسیدی آبی مورد توجه قرار گرفته‌اند [۴].

تا کنون در زمینه سنتز و تولید مواد رنگزای آزو بر پایه نفتالیمید پژوهش‌های متنوعی انجام شده است [۷-۳]. بیشتر محققان، مواد رنگزای نفتالیمیدی را برای رنگریزی الیاف پلی‌استر سنتز نموده‌اند، اما عده‌ای نیز به تولید انواع اسیدی آن پرداخته‌اند. ویچوفسکی یک سری از مواد رنگزای مونو آزوی نفتالیمیدی با اجزاء جفت شونده اسیدی را سنتز نمود و آن‌ها را در رنگریزی الیاف پشم و پلی‌آمید به کار برد. او همچنین خواص اسپکتروفوتومتری و ثباتی مواد رنگزای سنتز شده را مورد بحث و بررسی قرار داد. ویچوفسکی در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که کالاهای رنگریزی شده دارای ثبات شستشویی خوب و ثبات نوری متوسط هستند [۸]. خواص و ساختار مواد رنگزای آزو نفتالیمید مشتق شده از پیرازولون‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این ترکیبات مشتقات پیرازولون‌ها به عنوان اجزاء جفت‌شونده و مشتقات ۴ و ۳-آمینو-۸،۱-نفتالیمید به عنوان اجزاء دی‌آزوته شونده به کار رفتند [۹]. اثر گروه‌های سولفونه و تعداد آن بر روی رنگ و انحلال مواد رنگزای مونو آزو اسیدی بر پایه نفتالیمید نشان داد که با افزایش گروه‌های سولفونه انحلال‌پذیری مواد رنگزا در آب افزایش یافته و عمق رنگ بر روی الیاف کاهش می‌یابد [۱۲-۱۰]. تا کنون مواد رنگزای اسیدی مختلفی بر پایه ترکیبات نفتالیمید



R <sub>3</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	ماده رنگزا
-	J-اسید	CH <sub>3</sub>	۱a
-	J-اسید	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	۲a
H	J-اسید	-	۳b
NO <sub>2</sub>	J-اسید	-	۴b

شکل ۱: مواد رنگزای اسیدی سنتز شده.

سرد شد. ۵۰ میلی لیتر محلول نیتريت سدیم یک نرمال به صورت قطره قطره وارد بشر شد (افزایش تدریجی محلول نیتريت سدیم باید طوری باشد تا دما از صفر درجه سانتی گراد بالاتر نرود). همزدن محلول پس از اینکه تمامی محلول نیتريت سدیم به بشر انتقال یافت به مدت ۱ ساعت ادامه یافت. محلول غلیظ، شفاف و زرد کم رنگی حاصل شد و نمک دی آزونیم به دست آمد.

#### ۲-۲-۴ دی آزوته کردن پارا نیترو آنیلین

در یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری حاوی ۴ میلی لیتر آب و ۸ میلی لیتر اسید کلریدریک، ۰٫۸ گرم پودر پارا نیترو آنیلین توسط همزدن و گرم کردن حل گردید. محلول در حمام آب و یخ که مقداری نمک بر روی آن ریخته شده است قرار گرفت تا دما به صفر درجه سانتی گراد برسد. ۲ گرم نیتريت سدیم در حداقل مقدار آب حل شده، به یکباره وارد بشر حاوی پارا نیترو آنیلین هیدرو کلراید شد. همزدن محلول به مدت ۱ ساعت ادامه یافت تا نمک دی آزونیم به دست آمد.

#### ۲-۲-۲ دی آزوته کردن ۴-آمینو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید

۰٫۴ گرم نیتريت سدیم به آرامی و همراه همزدن به ۳ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد به طوری که مخلوط واکنش زیر ۱۰ °C ثابت ماند. مخلوط واکنش به آرامی در یک حمام آب حرارت داده شد تا دمای آن به ۶۵ °C افزایش یافت و تمامی نیتريت سدیم در اسید حل شد.

۱٫۳ گرم ۴-آمینو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید به تدریج و در طی مدت زمان ۳۰ دقیقه به مخلوط واکنش اضافه شد، به طوری که دمای آن زیر ۱۰ °C باقی بماند. به این مخلوط به آرامی ۵ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه گردید. مخلوط واکنش به مدت سه ساعت همزده شد تا نمک دی آزونیم به دست آمد.

#### ۲-۲-۳ دی آزوته کردن آنیلین

به یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری که در یک حمام یخ قرار دارد محلولی از ۰٫۵۳ گرم آنیلین در ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال ریخته و

## ۵-۲-۲- سنتز مواد رنگزا

۸۸٪ و ۹۲٪ و نقطه ذوب‌های ۲۱۲،۰۲ و ۱۵۵،۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. ترکیب نیترو حاصله به وسیله کلرید قلع و اسید کلریدریک در حلال اتانول با عمل تقطیر برگشتی به آمین مربوطه تبدیل شد. بدین ترتیب ۴-آمینو-N-متیل(بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید به رنگ نارنجی و با خاصیت شدید فلورسنسی به ترتیب با بازده‌های ۸۶،۴٪ و ۷۹،۳٪ و نقطه ذوب‌های ۳۶۰ و ۱۰۵،۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمدند. تمامی مواد واسطه سنتز شده به روش‌های دستگاهی FTIR، <sup>1</sup>H-NMR و تجزیه عنصری شناسایی شدند. نتایج مربوط به FTIR، <sup>1</sup>H-NMR و تجزیه عنصری به ترتیب برای دو ماده ۴-آمینو-N-متیل-۱،۸-نفتالیمید و ۴-آمینو-N-بوتیل-۸،۱-نفتالیمید در زیر خلاصه شده است که صحت ساختار شیمیایی آن‌ها را تأیید می‌کند.

۴-آمینو-N-متیل-۸،۱-نفتالیمید: FTIR(KBr)cm<sup>-1</sup>: ۲۹۲۵ C-H; ۱۶۷۶، ۱۶۴۵، C=O str; ۳۴۲۹، ۳۳۵۴، NH str; <sup>1</sup>HNMR; (ppm) (۳H, NCH<sub>3</sub>) ۳،۵۴; (۵۰۰MHz, DMSO) ۵،۳۰-۵،۳۷; (۱H, ۶-H) ۷،۷۲; (۱H, ۱-H) ۶،۹۱; (۲H, NH<sub>2</sub>) ۸،۵۲-۸،۵۶; (۱H, ۵-H) ۸،۶۲-۸،۷۱; تجزیه عنصری محاسبه شده: C، ۶۳،۴٪; H، ۴،۲۴٪; N، ۹،۸۵٪; تجزیه عنصری به دست آمده: C، ۶۳،۳٪; H، ۴،۴٪; N، ۹،۸٪.

۴-آمینو-N-بوتیل-۸،۱-نفتالیمید: FTIR(KBr) cm<sup>-1</sup>: ۲۹۵۶ C-H; ۱۶۴۵، ۱۶۳۹، C=O str; ۳۴۳۷، ۳۳۵۹، NH str; <sup>1</sup>HNMR; (ppm) (۳H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) ۰،۹۵-۱،۰; (۵۰۰MHz, DMSO) H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>) ۱،۶۷-۱،۶۹; (۲H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) ۱،۴۲-۱،۴۳; (۲CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) ۴،۱۴-۴،۱۸; (۲H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) ۵،۱۸-۵،۸۸; (۲H, NH<sub>2</sub>) ۶،۸۷-۶،۸۸; (۱H, ۳-H) ۷،۶۲-۷،۶۵; (۱H, ۲-H) ۸،۳۹-۸،۴۳; (۱H, ۵-H) ۸،۷۵-۸،۶۳; (۱H, ۷-H) ۸،۷۵-۸،۶۳; تجزیه عنصری محاسبه شده: C، ۶۴،۴۳٪; H، ۴،۷٪; N، ۹،۴٪; تجزیه عنصری به دست آمده: C، ۶۴،۴۵٪; H، ۴،۸٪; N، ۹،۲٪.

۴-آمینو-N-متیل(بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید که یک آمین نوع اول آروماتیک است با نیتروزیل سولفوریک اسید حاصل از اثر اسید سولفوریک بر نیتريت سدیم در دمای کمتر از ۱۰ °C دی آزوته شد و در محیط قلیایی با ل-اسید جفت گردید. در هر دو واکنش دی آزوتاسیون و جفت شدن، دما تأثیر بسزایی در بازده واکنش داشت. نمک‌های دی آزونیم در دماهای بالا (بیشتر از ۱۰ °C) شکسته شده و نیتروژن آزاد می‌کنند. معمولاً یک محلول آمین نوع اول در آب، در دمای کمتر از ۱۰ °C به وسیله نیتريت سدیم و یک اسید معدنی به نمک دی آزونیم تبدیل می‌شود. بنابراین، استفاده از حداقل ۲ تا ۵،۵ مول اسید معدنی برای واکنش ضروری است. برای رقیق کردن اسید سولفوریک از اسید استیک استفاده می‌شود تا واکنش دی آزوته کردن کامل گردد. عدم رقیق‌سازی با اسید استیک بازده واکنش دی آزونیم را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش

۱،۶ گرم ل-اسید در ۱۰ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم ۳۰٪ حل شد و دمای آن تا ۵ °C کاهش یافت. نمک دی آزونیم به تدریج و طی ۳۰ دقیقه به آن اضافه گردید. با افزایش ۵ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم ۳۰٪ رنگ مواد رنگزا ظاهر شد. پس از سه ساعت به مخلوط واکنش مقداری نمک اضافه گردید. ماده رنگزا توسط صافی جدا شده و با محلول اشباع نمک شستشو داده شد تا پساب خروجی از صافی بی‌رنگ گردد. محصول پس از خشک شدن به روش کروماتوگرافی لایه نازک خالص شد.

## ۶-۲-۲- بررسی ویژگی‌های اسپکتروفوتومتری مواد رنگزا

تمام مواد رنگزای سنتز شده در حلال‌های آب، مخلوط ۱:۱ H<sub>2</sub>O:DMF و بنزن حل شدند تا اثرات سولواتوکرومیسم و هالوکرومیسم آنها مورد بررسی قرار گیرد. سپس ضریب جذب مولار مواد رنگزای سنتز شده در مخلوطی از H<sub>2</sub>O:DMF بررسی شد.

## ۷-۲-۲- رنگریزی الیاف نایلون و پشم

برای تعیین قابلیت رنگریزی هر یک از مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف نایلون و پشم رنگریزی‌هایی با غلظت‌های ۰،۱، ۰،۴، ۰،۸، ۱، ۲، ۵، ۱۰ درصد از مواد رنگزا بر روی الیاف و به همراه اسید استیک ۴٪ با L:R = ۴۰:۱ انجام شد. رنگریزی در دمای ۴۰ °C آغاز شد و دما طی ۴۵ دقیقه با شیب حرارتی ۱،۵ °C/min تا ۱۰۰ °C افزایش یافت. رنگریزی به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ °C برای لیف نایلون و به مدت ۴۵ دقیقه در همان دما برای لیف پشم ادامه یافت. پس از پایان رنگریزی، دمای حمام تا ۷۰ °C سرد شد و کالاها آبکشی شدند.

## ۸-۲-۲- خواص ثابتی

ثبات نوری، شستشویی، تعرق و نم‌شدن تمام کالاهای رنگریزی شده به ترتیب مطابق استانداردهای های ISO105-C02:1989(E)، ISO105-B02:1994(E)، ISO105-E02:1994(E) و ISO105-E12:1998(E) بررسی شدند.

## ۳- نتایج و بحث

۴-نیترو-۸،۱-انیدرید نفتالیک یک ماده واسطه مهم برای سنتز ترکیبات نفتالیمید است. این ماده با آمین‌های آلیفاتیک در محیط الکلی واکنش داده و نفتالیمیدهای مربوطه را می‌دهد. بنابراین، ۴-نیترو-۸،۱-انیدرید نفتالیک با متیل آمین و بوتیل آمین در حالت تقطیر برگشتی واکنش داده شد و ۴-نیترو-N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید با بلورهای زرد رنگ و سوزنی شکل به ترتیب با بازده‌های

ساختار شیمیایی مواد رنگزا نقش اساسی در تولید یک رنگ مطلوب بر روی کالا بازی می‌کند. طول موج بیشینه جذب ( $\lambda_{max}$ ) و ضریب جذب مولی ( $\epsilon_{max}$ ) برای مواد رنگزا مهم هستند. طول موج بیشینه جذب نوار مرئی، فام ماده رنگزا را مشخص می‌کند. شدت نوار مرئی یا  $\epsilon_{max}$  قدرت رنگی ماده رنگزا را تعیین می‌کند. ضریب جذب مولار برای یک ماده رنگزای تجاری قابل قبول باید در حدود  $2 \times 10^4 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  باشد [۱]. هرچه مقدار ضریب جذب مولی ماده رنگزا بیشتر باشد قدرت رنگی آن بالاتر است.  $\log \epsilon$  دو ماده رنگزای سنتر شده ۱a و ۲a به ترتیب برابر با ۴,۷۵ و ۴,۷۶ می‌باشد که حاکی از قدرت رنگی بالای این دو ماده رنگزا است.

می‌دهد. دی‌آزوتی و پارانیتریو آنیلین به ترتیب به روش مستقیم و تعلیقی و با اسید هیدروکلریک انجام می‌شود. در واکنش جفت شدن نیز دمای واکنش باید کمتر از  $10^\circ \text{C}$  حفظ شود زیرا در دماهای بالاتر واکنش تجزیه شدن بر واکنش جفت شدن غلبه کرده و محصول تشکیل نمی‌شود. نکته مهم دیگر در مرحله جفت شدن حفظ pH بهینه واکنش است که برای فنل‌ها این مقدار برابر ۹ است و در این pH مواد رنگزای مورد نظر تشکیل می‌شوند [۱۵، ۱۶].  
مواد رنگزای حاصل پس از صاف کردن و خالص‌سازی خشک گردیدند. بدین ترتیب چهار ماده رنگزای مونو آزو محلول در آب سنتر شدند. مشخصات مواد رنگزای سنتر شده به همراه روش‌های آنالیز دستگاهی از قبیل FTIR،  $^1\text{H-NMR}$ ، UV-Vis و تجزیه عنصری شناسایی شدند (جدول‌های ۱ تا ۳).

جدول ۱: مشخصات مواد رنگزای سنتر شده.

ماده رنگزا	بازده (%)	رنگ بلور	خالص‌سازی
۱a	۹۲	آبی	کروماتوگرافی ستونی با حلال ۱:۱ H <sub>2</sub> O:DMF
۲a	۹۳	آبی	کروماتوگرافی ستونی با حلال ۱:۱ H <sub>2</sub> O:DMF
۳b	۹۴	نارنجی	کروماتوگرافی ستونی با حلال ۱:۱ H <sub>2</sub> O:DMF
۴b	۹۶	زرشکی	کروماتوگرافی ستونی با حلال ۱:۱ H <sub>2</sub> O:DMF

جدول ۲: FTIR و  $^1\text{H-NMR}$  مواد رنگزای سنتر شده.

ماده رنگزا	$^1\text{HNMR}(500\text{MHz, DMSO})$ (ppm)	FTIR(KBr) ( $\text{cm}^{-1}$ )
۱a	۲,۷۵ (۳H, N-CH <sub>3</sub> ); ۵,۷۳-۶,۱۶ (۱H, ۷'); ۶,۶۱ (۲H, NH <sub>2</sub> ); ۷,۲۶ (۲H, ۵', ۸'); ۷,۷۷-۷,۸۰ (۱H, ۶); ۷,۸۸-۷,۹۵ (۲H, ۲, ۷); ۸,۵۸-۸,۶۲ (۲H, ۵, ۴'); ۹,۲۱-۹,۲۴ (۱H, ۳); ۱۶,۷۲ (۱H, O-H);	۳۳۷۴ O-H str.; ۱۶۶۳, ۱۷۱۵ C=O str.; ۱۵۹۲ N=N str;
۲a	۰,۹۸-۱,۰۱ (۳H, N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> ); ۱,۴۱-۱,۴۷ (۲H, N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> ); ۱,۶۷-۱,۷۲ (۲H, N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> ); ۴,۰۱ (۲H, N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> ); ۵,۸۹-۶,۱۶ (۱H, ۷'); ۶,۶۶ (۲H, NH <sub>2</sub> ); ۷,۳۰ (۲H, ۸', ۵'); ۷,۷۷-۷,۸۰ (۱H, ۶); ۷,۸۸-۷,۹۷ (۲H, ۲, ۷); ۸,۵۸-۸,۶۲ (۲H, ۵, ۴');	۳۴۲۶ O-H str.; ۱۶۷۳, ۱۶۲۴ C=O str.;
۳b	۹,۲۰-۹,۲۱ (۱H, ۳); ۱۵,۹۹ (۱H, O-H)	۱۳۵۳ C-N str.; ۱۵۹۴ N=N str.;
۴b	۶,۶۱-۷,۲۶ (۱H, ۵'); ۷,۳۹-۷,۴۴ (۲H, ۳, ۵); ۷,۴۵-۷,۴۷ (۲H, NH <sub>2</sub> ); ۷,۵۷-۷,۵۹ (۲H, ۴, ۷'); ۷,۷۷-۷,۷۹ (۲H, ۴', ۸'); ۷,۸۸-۷,۹۵ (۲H, ۲, ۶); ۱۶,۱۱ (۱H, O-H);	۳۴۲۱ O-H str.; ۱۳۰۲ C-N str.;
	۷,۷۹ (۲H, ۴', ۸'); ۷,۸۸-۷,۹۵ (۲H, ۲, ۶); ۱۶,۱۱ (۱H, O-H)	۱۴۱۷ C=C str. ۱۵۸۹ N=N str.;

جدول ۳: آنالیز عنصری مواد رنگزای سنتز شده.

مواد رنگزا	محاسبه شده (نظری) (%)					به دست آمده (%)				
	C	S	H	O	N	C	S	H	O	N
۱a	۵۵,۰۲	۶,۴	۳,۰۱	۱۹,۲	۱۱,۲۴	۵۴,۹۶	۶,۴	۳,۰۲	۱۹,۵	۱۱,۰۶
۲a	۵۷,۷۷	۵,۹	۳,۸۸	۱۷,۷	۱۰,۳۲	۵۷,۹۱	۵,۹۲	۳,۸۹	۱۷,۶	۱۰,۰۸
۳b	۵۲,۶	۸,۷	۳,۲۸	۱۷,۵	۱۱,۵	۵۲,۷۶	۸,۸	۳,۲۹	۱۷,۲۸	۱۱,۲
۴b	۴۶,۸۲	۷,۸	۲,۶۸	۲۳,۷۱	۱۳,۶۵	۴۶,۴۳	۷,۷۸	۲,۶۷	۲۳,۸۴	۱۳,۳

آنیلین به عنوان جزء دی‌آزوتی شونده فاقد عوامل الکترون کشنده قوی بوده و رنگ آن نارنجی شده است در حالی که ماده رنگزای ۴b به دلیل وجود عامل الکترون کشنده NO<sub>2</sub> دارای جابجایی باتوکرومیک بوده و بلور آن به رنگ زرشکی می‌باشد. بنابراین، اگر بخواهیم یک مقایسه بین مواد رنگزای سنتز شده نفتالیمیدی و غیر نفتالیمیدی داشته باشیم، متوجه می‌شویم که مواد رنگزای سنتز شده بر پایه نفتالیمید اثر باتوکرومیک بیشتری نسبت به مواد رنگزای سنتز شده غیر نفتالیمیدی دارند.

برای بررسی اثر سولواتوکرومیسم مواد رنگزای سنتز شده در حلال‌های مختلف، طول موج بیشینه جذب مواد رنگزا در حلال‌های قطبی و غیر قطبی به دست آمد. حلال‌های مصرفی عبارت بودند از بنزن، آب و مخلوطی از آب و دی‌متیل فرمامید به نسبت ۱ : ۱ (جدول ۴). با تغییر حلال بنزن به DMF طول موج بیشینه جذب مواد رنگزای سنتز شده افزایش قابل توجهی نشان داد به عنوان مثال در ماده رنگزای ۱a مقدار  $\Delta \lambda$  به اندازه ۴۵ نانومتر افزایش یافته است، یعنی با تغییر حلال از حالت غیر قطبی به قطبی سولواتوکرومیسم مثبت مشاهده شد. این مسأله در مورد دیگر ترکیبات آزو نفتالیمید نیز مشاهده می‌شود [۳، ۶].

در مواد رنگزای سنتز شده دو گروه آزو و هیدروکسی در موقعیت اورتو نسبت به یکدیگر قرار دارند. این حالت سبب تشکیل تعادل آزو هیدرازون خواهد شد که این دو فرم توتومریک دارای خواص طیف سنجی متفاوتی هستند. به طور تجربی و با روش PPP-MO (این روش بر مبنای نظریه کوانتایی که در آن از ترکیب خطی اوربیتال‌های اتمی، طول موج بیشینه جذب را برای مولکول‌های رنگ به وسیله محاسبات ریاضی پیشگویی می‌کنند) مشخص شده است که همیشه طول موج بیشینه جذب فرم‌های هیدرازون بیشتر از توتومرهای آزو آن‌ها است. این دو فرم در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۷]. با تغییر حلال از حالت غیر قطبی به قطبی میزان حضور فرم هیدرازون در محیط محلول کاهش یافته در نتیجه میزان شدت رنگ برای تمام مواد رنگزا

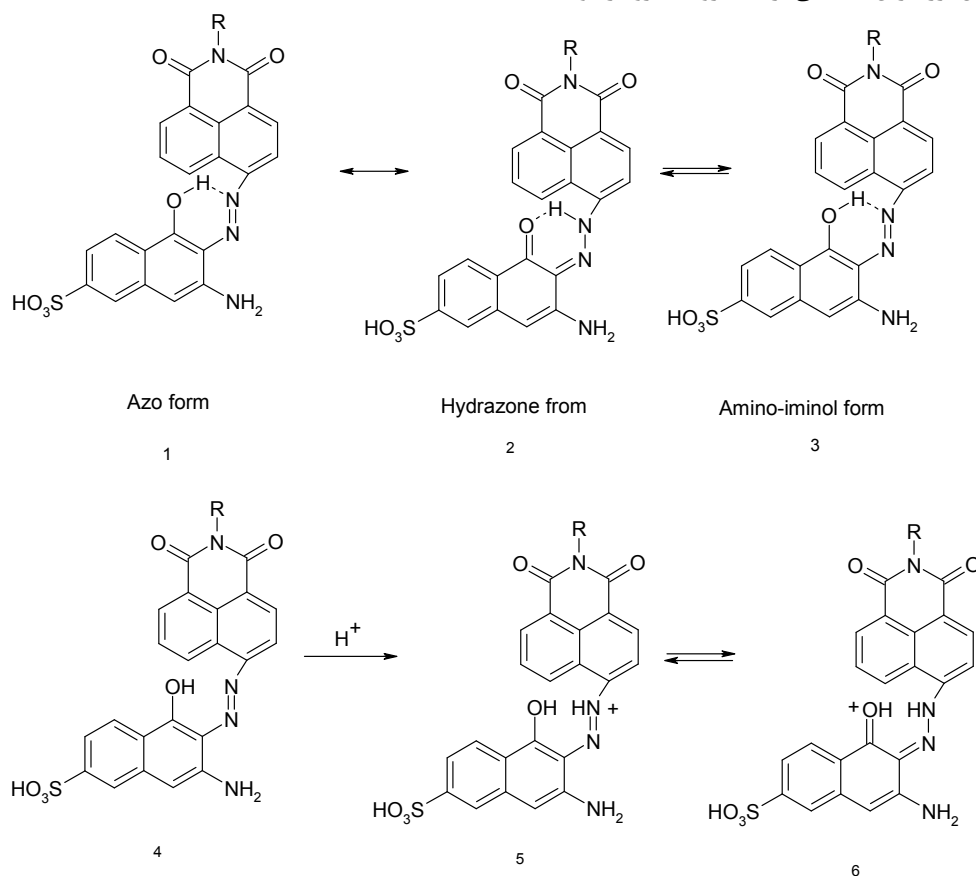
برای به دست آوردن مقدار ضریب جذب مولی چهار محلول با غلظت‌های ۰,۱، ۰,۵، ۱، ۲ و ۳ گرم بر لیتر تهیه شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مقدار جذب (A) برای هر ماده رنگزا تعیین شد. با استفاده از قانون بیرلامبرت ( $A=\epsilon lC$ ) مقدار ضریب جذب مولی تعیین می‌شود. در این رابطه A مقدار جذب ماده رنگزا یا همان OD است که از دستگاه اسپکتروفوتومتر به دست می‌آید، l ضخامت سل که در اینجا معادل ۱ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود، C غلظت ماده رنگزای استفاده شده و  $\epsilon$  مقدار ضریب جذب مولی است. همان‌طور که از معادله مشخص است با استفاده از یک غلظت نیز می‌توان مقدار ضریب جذب مولی را تعیین نمود اما مقدار خطای آزمایشگاهی در این حالت بسیار بالا خواهد بود به همین دلیل مرسوم است سه تا چهار غلظت مختلف از ماده رنگزا تهیه شده تا مقدار ضریب جذب مولی تعیین شده به واقعیت نزدیک‌تر گردد. از آنجا که میزان ضریب جذب مولی به دست آمده برای تمام مواد رنگزا اعداد ۵ رقمی می‌باشد از log اعداد به دست آمده در ادامه تحلیل‌ها استفاده خواهیم نمود. همان‌طور که جدول ۴ نشان داده شده است  $\log \epsilon$  مواد رنگزای سنتز شده ۱a، ۲a، ۳b و ۴b به ترتیب ۴,۷۵، ۴,۷۶، ۴,۳۹ و ۴,۵۴ است که همگی دارای مقادیری هستند که از لحاظ تجاری قابل قبول می‌باشند. اندازه طول موج بیشینه جذب مواد رنگزای سنتزی در مخلوط آب : دی‌متیل فرمامید به نسبت ۱ : ۱ نشان داد که رنگ دو ماده رنگزای سنتز شده بر پایه نفتالیمید آبی است. مواد رنگزای سنتز شده در طول موج‌های ۳۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر دارای دو بیشینه جذب هستند که یکی در محدوده فرابنفش و مربوط به حلقه‌های نفتالینی و دیگری در محدوده مرئی است و مربوط به پیوند آزو می‌باشد. این ویژگی‌های مهم در دیگر مواد رنگزای نفتالیمیدی نیز دیده شده است [۱۶، ۴، ۳]. مواد رنگزای سنتز شده بر پایه نفتالیمید دارای گروه الکترون کشنده قوی C=O بر روی جزء دی‌آزوتی شونده و گروه الکترون دهنده قوی OH روی جزء جفت شونده هستند که باعث جابجایی باتوکرومیک قوی در این مواد شده و رنگ آنها آبی شده است. در ماده رنگزای ۳b

پارا برای ماده رنگزای ۴b و کمترین جابجایی در حالتیکه  $R_3=H$  است برای ماده رنگزای ۳b مشاهده می‌گردد (جدول ۴).

فام مواد رنگزای ۱a، ۲a، ۳b و ۴b بستگی به توتومر آزو-هیدرازون دارد، زیرا عموماً دو فرم توتومریک خواص اسپکتروسکوپی متفاوت دارند. از نظر تجربی به این نتیجه رسیده‌اند که همواره فرم هیدرازون جابجایی به طول موج بالاتری نسبت به فرم آزو آنها دارد. این دو فرم در ساختارهای ۱ و ۲ شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

همان‌طور که در بالا ذکر شد این مواد رنگزا به دو فرم متفاوت هیدرازون اتفاق می‌افتند که یا به فرم سیستم ایمیدو (توتومر آمیدو-ایمینول ساختار ۳) و یا به فرم سیستم آزو (توتومر آزو-هیدرازون ساختار ۲) می‌باشند که همگی منطبق بر نتایج تحقیقات قبلی است [۱۰-۸].

در محلول‌های  $pH=7$  مشتقات نفتلی معمولاً در حالت آزو هستند. اما در محیط اسیدی ( $pH=3-4$ ) جابجایی باتوکرومیک بالایی تا ۹،۴۰ اتفاق می‌افتد که این پدیده به درجه سیستم مزدوج در ماده رنگزا بستگی دارد (جدول ۴). پدیده هالوکرومیسم در ساختارهای ۵ و ۶ شکل ۲ نشان داده شده‌اند که تماماً منطبق بر نتایج تحقیقات قبلی است [۹-۶، ۱۶].



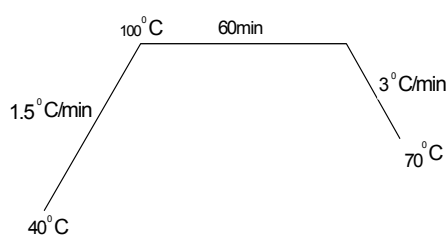
شکل ۲: توتومریسم آزو-هیدرازون مواد رنگزای سنتز شده.

کاهش یافته است. طول موج بیشینه جذب مواد رنگزای اسیدی بر پایه نفتالیمید بیشترین شدت نوار جذبی را نشان می‌دهند که وابسته به وجود فرم‌های آزو و یا هیدرازون مواد رنگزا است. کروموفور نفتل آزو در موقعیت چهار ۸،۱-نفتالیمید در مواد رنگزای ۱a و ۲a باعث جابجایی باتوکرومیک در طول موج بیشینه جذب در حلال‌های مختلف نسبت به مواد رنگزای ۳b و ۴b می‌شود، در حالی که ماهیت R در بخش ایمید در تغییر رنگ چندان دخالتی ندارد زیرا اتم نیتروژن گروه ایمید در توزیع بار مجدد چگالی الکترونی در حالت تهیج شده شرکت نمی‌کند [۸].

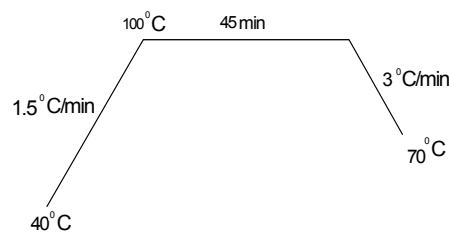
طول موج بیشینه جذب مرئی بسیاری از مواد رنگزای آزو که دارای سیستم کروموفورهای دهنده-گیرنده می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۷] و واضح است که الکترون‌دهندگی گروه آزو جانشین شده بر روی جزء جفت‌کننده آنها دارد. از آنجایی که انتقال الکترونی در این ترکیبات عموماً شامل انتقال یا مهاجرت چگالی الکترونی از گروه دهنده به سمت گروه آزو می‌باشد، جای تعجبی ندارد که گروه‌های گیرنده الکترون بر روی حلقه جزء نمک دی‌آزونیوم باعث جابجایی باتوکرومیک شوند، به همین دلیل بزرگترین جابجایی برای گروه نیترو در موقعیت

جدول ۴: طول موج بیشینه جذب مواد رنگزا در حلال های مختلف.

$\Delta\lambda$	$\lambda_4$ benzene (nm)	$\log \epsilon$	$\lambda_3$ H <sub>2</sub> O:DMF (nm)	$\Delta\lambda$	$\lambda_2$ H <sub>2</sub> O (nm) pH=۳-۴	$\lambda_1$ H <sub>2</sub> O (nm) pH=۷	ماده رنگزا
۴۵	۴۹۰٫۵	۴٫۷۵	۵۳۵٫۵	۳۴٫۹	۵۶۳٫۴	۵۲۸٫۵	۱a
۷۰٫۵	۵۰۹٫۰	۴٫۷۶	۵۷۹٫۵	۳۵٫۳	۵۸۵٫۸	۵۵۰٫۵	۲a
۸۹	۴۱۸٫۵	۴٫۳۹	۵۰۷٫۵	۲۶٫۵	۵۰۵٫۰	۴۷۸٫۵	۳b
۴۷٫۵	۴۷۰٫۵	۴٫۵۴	۵۱۸٫۰	۴۰٫۹	۵۴۶٫۴	۵۰۵٫۵	۴b

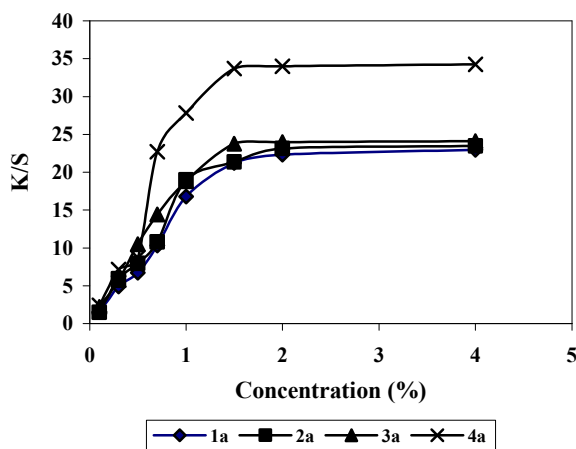


(ب)

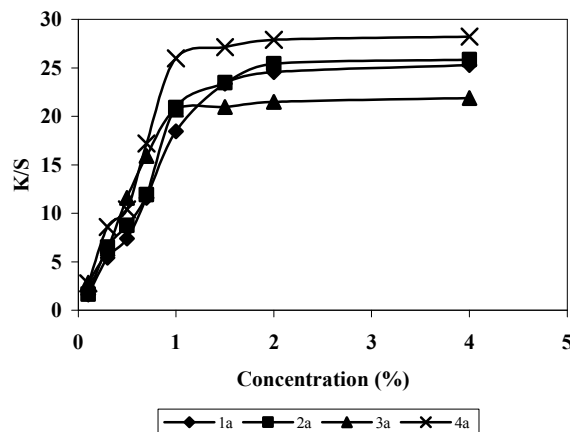


(الف)

شکل ۳: نمودار رنگرزی با مواد رنگزای سنتز شده (الف) - پشم و (ب) - پلی آمید.



شکل ۴: منحنی قابلیت رنگرزی مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پلی آمید.



شکل ۵: منحنی قابلیت رنگرزی مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پشم.

برای رنگرزی الیاف پلی آمید و پشم محلول های اولیه از مواد رنگزای سنتز شده در آب (۰٫۲ g/l) تهیه شد و برای رنگرزی به کار رفت. نمودارهای رنگرزی در شکل ۳ نشان داده شده است. کالاهای رنگرزی شده نشان دادند که مواد رنگزای سنتز شده دارای قابلیت رنگرزی بسیار خوبی بر روی پلی آمید و پشم هستند. ویژگی های رنگی هر یک از کالاهای رنگرزی شده به روش اسپکتروفوتومتری انعکاسی تعیین شدند و مقادیر  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ ,  $h^0$  و  $K/S$  برای هر یک از طول موجها در زیر منبع نوری D65 به دست آمدند (جدول ۵ و ۶). برای اندازه گیری میزان ماده رنگزای جذب شده بر روی الیاف پلی آمید و پشم، رنگرزی هایی با غلظت های مختلف که عبارتند از ۰٫۱، ۰٫۳، ۰٫۵، ۰٫۷، ۱، ۱٫۵، ۲ و ۴ درصد از مواد رنگزای سنتز شده به کار رفت و مقدار ماده رنگزا در حمام و  $K/S$  هر یک از کالاهای رنگرزی شده به دست آمد. منحنی های قابلیت رنگرزی (Build-up) نشان دادند که مواد رنگزای سنتز شده دارای قابلیت رنگرزی خوبی هستند. در مشتقات نفتالیمید افزایش جرم مولکولی از متیل به بوتیل در فام ایجاد شده مؤثر نیست اما این تغییر در میزان قابلیت رنگرزی مواد رنگزای سنتز شده مؤثر می باشد به همین دلیل نوع بوتیل مشتقات نفتالیمیدی دارای قابلیت رنگرزی ضعیف تری است (شکل های ۴ و ۵). به دلیل افزایش جرم مولکولی در مواد رنگزای سنتز شده بر پایه نفتالیمید، این ترکیبات دارای قابلیت رنگرزی پایین تری نسبت به مواد رنگزای سنتز شده غیرنفتالیمیدی هستند اما درخشندگی آن ها بسیار بالاتر است.



جدول ۹ آورده شده است. خواص ثباتی مواد رنگزای سنتز شده نفتالیمیدی و غیر نفتالیمیدی بسیار نزدیک به یکدیگر می‌باشد و تفاوت چشمگیری در آن‌ها دیده نمی‌شود.

اندازه‌گیری ثبات شستشویی، نوری، تعرق و نم‌شدن کالاهای رنگزای شده نشان داد که مواد رنگزای سنتز شده دارای ثبات شستشویی عالی و ثبات نوری ضعیف و تعرق خوب می‌باشند (جدول‌های ۷ و ۸). نتایج ثبات در برابر نم‌شدن برای الیاف پشم در

جدول ۵: ویژگی‌های رنگی پلی‌آمید رنگزای شده در غلظت ۱،۵٪.

ماده رنگزا	h	c*	b*	a*	L*	K/S
۱a	۳۰۳،۳۰	۲۰،۸۷	-۱۷،۴۴	۱۱،۴۹	۲۵،۸۲	۲۱،۲۲ (۵۷۰ nm)
۲a	۲۹۲،۹۴	۱۲،۰۶	-۱۶،۵۶	۱۲،۶۴	۱۹،۹۶	۲۱،۳۶ (۵۷۰ nm)
۳b	۶۰،۱۳	۷۴،۸۷	۶۴،۹۳	۳۷،۲۸	۵۶،۶۸	۲۳،۷۶ (۴۷۰ nm)
۴b	۲۰،۵۸	۳۹،۸۶	۱۴،۰۱	۳۷،۳۲	۵۴،۳۲	۳۳،۷۲ (۵۲۰ nm)

جدول ۶: ویژگی‌های رنگی پشم رنگزای شده در غلظت ۱،۵٪.

ماده رنگزا	h	c*	b*	a*	L*	K/S
۱a	۳۱۷،۶۶	۲۲،۱۲	-۱۶،۵۶	۱۳،۲۲	۲۳،۲۴	۲۳،۳۵ (۵۷۰ nm)
۲a	۱۸۴،۴۴	۱۶،۹۸	-۱۷،۸۶	۱۰،۵۵	۲۲،۳۴	۱۹،۷۲ (۵۷۰ nm)
۳b	۶۳،۲۲	۷۶،۷۴	۶۰،۳۹	۴۱،۰۲	۵۰،۱۲	۲۰،۹۸ (۴۷۰ nm)
۴b	۱۷،۴۸	۴۲،۸۲	۹،۶۵	۴۳،۲۵	۲۰،۱۹	۲۷،۱۲ (۵۲۰ nm)

جدول ۷: ثبات شستشویی، نوری و تعرق بر روی الیاف پلی‌آمید.

ماده رنگزا	ثبات شستشویی			ثبات نوری		ثبات تعرق		
	تغییر رنگ	پنبه	پشم	غلظت ۰،۵٪	غلظت ۲٪	تغییر رنگ	پنبه	پشم
۱a	۴-۵	۴-۵	۵	۳	۳	۵	۵	۵
۲a	۵	۵	۵	۲-۳	۲-۳	۵	۴-۵	۵
۳b	۴-۵	۵	۵	۳	۳-۴	۴-۵	۵	۵
۴b	۴-۵	۴-۵	۵	۳	۳	۴-۵	۴-۵	۵

جدول ۸: ثبات شستشویی، نوری و تعرق بر روی الیاف پشم.

مواد رنگزا	ثبات شستشویی			ثبات نوری		ثبات تعرق	
	تغییر رنگ	پنبه	پشم	غلظت ۰.۵٪	غلظت ۲٪	پنبه	پشم
۱a	۴-۵	۴-۵	۵	۳	۳	۵	۵
۲a	۵	۵	۵	۲-۳	۲-۳	۵	۵
۳b	۵	۵	۵	۳	۳	۵	۵
۴b	۴-۵	۴-۵	۵	۳	۳	۵	۵

جدول ۹: ثبات در برابر نمدی شدن بر روی الیاف پشم.

مواد رنگزا	تغییر رنگ	پنبه	پشم
۱a	۴-۵	۴	۵
۲a	۴-۵	۴	۵
۳b	۴	۴	۵
۴b	۴	۴	۵

ذکر شده‌اند و صحت ساختار شیمیایی آن‌ها نیز تأیید شد. خواص اسپکتروسکوپی مواد رنگزای سنتز شده در حلال‌های مختلف و اثر سولواتوکرومیسم و هالوکرومیسم آنها بررسی گردید. مشخص شد که در pH=۷ مواد رنگزای سنتز شده به فرم آزو هستند اما در pH=۳-۴ طول موج بیشینه جذب فرم هیدرازون در مقایسه با فرم آزو جایجایی به طول موج بالاتری دارد. اثر باتوکرومیک مشاهده شده به درجه سیستم مزدوج وابسته است. پدیده سولواتوکرومیسم مثبت قابل مشاهده است که با توجه به درجه قطبی بودن حلال این اثر بیشتر می‌باشد.

مواد رنگزای سنتز شده بر روی الیاف پشم و پلی‌آمید به کار برده شدند و نتایج نشان داد که خواص رنگی مواد رنگزای سنتز شده بر پایه نفتالیمید بعلت حضور حلقه نفتالیمیدی در ساختار شیمیایی مواد رنگزای اسیدی اثر باتوکرومیک بالاتری نسبت به ترکیبات مشابه بنزنی دارند و این یافته به وضوح نشان می‌دهد که قدرت الکترون گیرندگی حلقه‌های نفتالیمید در جزء نمک دی‌آزونیوم نسبت به ترکیبات مشابه بنزنی بیشتر است. اندازه‌گیری خواص ثباتی مواد رنگزای اسیدی سنتز شده بر روی الیاف پلی‌آمید و پشم حاکی از آن است که هر دو ماده رنگزای اسیدی جدید سنتز شده دارای ثبات‌های شستشویی، تعرق و میلینگ خوب و ثبات نوری ضعیف هستند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

دو ماده رنگزای اسیدی جدید بر پایه نفتالیمیدها از طریق انجام فرآیندهای شیمیایی مختلف از قبیل دی‌آزوتاسیون ۴-آمینو N-متیل (بوتیل)-۸،۱-نفتالیمید به کمک اسید سولفوریک و نیتريت سدیم و سپس جفت شدن نمک دی‌آزونیوم حاصله با J-اسید در شرایط قلیایی با بازده‌های ۹۲ و ۹۳ درصد به دست آمدند و با روش کروماتوگرافی صفحه‌ای خالص‌سازی شدند.

برای بررسی خواص رنگرزی این دو ماده رنگزای اسیدی جدید بر پایه نفتالیمید، دو ماده رنگزای اسیدی بر پایه بنزن نیز سنتز گردید. مواد واسطه مواد رنگزای سنتز شده با دستگاه‌های مختلف طیف‌سنجی و آنالیز عنصری شناسایی شدند که نتایج آن‌ها در قسمت نتایج و بحث

#### ۵- مراجع

- R. M. Christie, R. R. Mather, R. M. Wardman, The chemistry of colour applications, RSC Pub., NewYork. 2000, 123-125.
- M. Okazaki, Y. Suhara, *Chemical Abstract*. 51(1957), 8050.
- K. Gharanjig, M. Arami, N. M. Mahmoudi, Sh. Rouhani, H. Bahrami, Synthesis, spectra properties and application of monoazo disperse dyes derived from N-ester-1,8-naphthalimide to polyester. *Dyes Pigm.* 76(2008), 648-689.
- M. Hossein nezhad, A. Khosravi, K. Gharanjig, S. Moradian, Synthesis of some monoazo acid dyes based on naphthalimides. *Asian J. Chem.* 21(2009), 4812-4820.
- K. Gharanjig, M. Arami, N. M. Mahmoudi, Sh. Rouhani, H. Bahrami, Synthesis and characterization of novel monoazo N-ester-1,8-naphthalimide disperse dyestuffs. *J. Chin. Chem. Soc.* 54(2007), 1021-1028.
- A. Khosravi, K. Gharanjig, S. Moradian, Synthesis and characterization of some monoazo disperse dyes based on naphthalimide derivatives for dyeing of polyester fabrics. *J. Chin. Chem. Soc.* 52(2005), 1-8.
- A. Khosravi, K. Gharanjig, S. Moradian, Synthesis and

- spectroscopic studies of some naphthalimide based on disperse azo dyes for dyeing of polyester fabrics. *Dyes Pigm.* 69(2008), 79-92.
8. K. Wojciechowski, Synthesis and properties of naphthalimide acid dyes. *Dyes Pigm.* 22(1993), 117-130.
  9. K. Wojciechowski, Spectrophotometric characteristics of naphthalimide acid dyes. *Dyes Pigm.* 9(1993), 401-417.
  10. K. Wojciechowski, Structure-property relationships in azo disperse dyes, derivatives of naphthalimide. *Dyes Pigm.* 33(1997), 149-165.
  11. M. Sadeghi-Kiakhani, K. Gharanjig, M. Arami, N. M. Mahmoodi, J. Mokhtari, The dyeing of wool with monoazo disperse dye based on naphthalimide containing butyric acid. *J. Color Sci. Tech.* 3(2010), 9-15.
  12. K. Gharanjig, F. Ameri, F. S. Dadras, A. Khosravi, Synthesis and application of 3(6-((4-ethyl-2-hydroxyethyl) amino)phenyl)diazinyl-1,3-dioxo-1H-benzo [de] iso-quinoline-2-(3H)yl)propanic acid as a disperse dye. *J. Color Sci. Tech.* 3(2009), 257-266.
  13. K. Singh, S. Singh, J. A. Taylor, Monoazo disperse dyes. *Color.Technol.* 119(2006), 158-163.
  14. T. Bukharina, O. Grechishkina, I. Meallier, Synthesis and investigated of derivatives of 4-aminonaphthalimide. *Org. Process Res. Dev.* 6(2002), 394-401.
  15. I. Grabchev, P. Meallier, T. Konstantinova, Synthesis of some unsaturated 1,8-naphthalimide dyes. *Dyes Pigm.* 28(1995), 41-46.
  16. 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(2007), 67-72.
  17. P. F. Gordon, P. Georgy, Organic chemistry in colour. VCH, Inc., NewYork. 1987, 300-306.