



مترجم: عباس حاجی پور

## رنگرزی پارچه های مصنوعی در آب با استفاده از رنگزاهای آزوئیک بر پایه مشتقات اسید بورونیک

چکیده

توسعه رنگزاهای قابل حل در آب جهت رنگرزی پارچه های مختلف نساجی برای صنعت نساجی به دلایل اکولوژیکی و اقتصادی ضروری است. در این پژوهش، دسته ای از رنگزاهای آزوئیک بوسیله واکنش دی آزوتاسیون بین فنیل بورونیک اسید و مشتقات مختلف آنیلین تهیه شد و قابلیت رنگرزی آنها در محلول آبی ارزیابی شد. رنگزاهای آزو بورونیک سنتز شده حل شونده در آب خوب نشان می دهند و می توانند پارچه های پلی آمید (نایلون)، پشم، ابریشم و استات سلولز را رنگرزی کنند. تاثیر فاکتورهای از قبیل غلظت رنگزا، دمای رنگرزی و pH بر روی مقدار قدرت رنگی (K/S) بررسی شد. نتایج رنگرزی نشان داد که قدرت رنگی (K/S) (حدود ۱۶) و خواص ثباتی (حدود ۴/۵) بالاتر با استفاده از رنگزاهای اسید بورونیک در دماهای بالاتر جهت اجتناب از استفاده عوامل سطحی، دندانه ها و دیگر مواد اضافی شیمیایی آلوده کننده بدست می آید.

مقدمه

رنگرزی در آب ضروری می باشند، افزایش می دهد. علاوه بر این، تاثیرات زیست محیطی رنگزاهای و هم مواد افزودنی را نمی توان نادیده گرفت. صنعت نساجی، مقادیر زیادی از کل تولید سطح فعال را استفاده می کند، که سبب مشکلات زیادی در تصفیه خانه ها می شود، زیرا حذف سطح فعال ها مشکل می باشد. در حقیقت، تصفیه بیولوژیکی، بخصوص تحت شرایط آبی هوازی، در حضور آنها آسان نمی باشد. تحت شرایط هوازی، سطح فعال ها زیست تجزیه پذیر نمی باشند و بنابراین بقایای آنها در محلول در زندگی آبزیان تاثیر گذار است.

تاثیر مضاعف همزاه با دیگر مواد شیمیایی سمی که در پساب می توانند حضور داشته باشند، تاثیرات منفی آنها را بر روی محیط زیست افزایش می دهد.

به منظور ایجاد یک استراتژی جدید جهت حل این مشکلات زیست محیطی، تولید جدید رنگزاهای شیمیایی قابل حل در آب

الیاف پلی آمید (از قبیل نایلون) در صنعت نساجی برای بخصوص پوشاک و قالی ها استفاده می شوند و اهمیت زیادی دارند. در سال ۲۰۰۹، تولید جهانی الیاف پلی آمید، ۵/۱ درصد تولید الیاف جهان، حدود ۳/۵ میلیون تن، بود. رنگرزی الیاف سنتزی، بخصوص پلی آمیدها، با استفاده از رنگزاهای دیسپرس و اسیدی انجام می شود. کاربرد این نوع از رنگزاهای یاد شده و در واقع تمام رنگزاهای برای زمینه ها، به مشخصات واکنش متقابل بین زمینه ها و مولکول های رنگزا بستگی دارد. الیاف سنتزی معمولاً در حضور افزودنی جهت دستیابی به اثر یکنواخت کنندگی خوب بر روی رنگ، رنگرزی می شوند. در رنگزاهای دیسپرس، سطح فعال ها معمولاً جهت افزایش حل شونده رنگزاهای بوسیله تشکیل سیستم دیسپرس بکار می روند. اما استفاده از این مواد افزودنی، برخی نگرانی ها را به دلیل مقادیر قابل توجه افزودنی ها که برای



۳۶۶ نانومتر)، (b) I2، یا (c) محلول پایه پرمنگنات (KMnO<sub>4</sub> (3g)) شدند. کروکاتوگرافی ستونی فلش (FCC) بر روی ژل سیلیکا 60 Merck (۲۳۰-۴۰۰ mesh) بر طبق Still و همکارانش انجام شد. طیف‌های <sup>1</sup>H و <sup>13</sup>C NMR در ۲۰۰ مگاهرتز با استفاده از اسپکترومتر Varian در حلال‌های بی‌بو ثبت شدند و در واحد ppm همراه با رزونانش حلال استفاده شده به عنوان مرجع داخلی گزارش شدند. طیف‌های جرمی با استفاده از دستگاه تله یون Thermo Fisher LCQ (طیف‌های بدست آمده نیز با استفاده از تکنیک ESI++c بودند) ثبت شدند. آنالیز عنصری با استفاده از آنالیز کننده عنصری Perkin-Elmer 240 C انجام شد. طیف‌های UV/Vis با استفاده از اسپکترومتر Cary ۴۰۰۰-Varian ثبت شدند.

#### سنتز رنگزاهای

روش کلی: برای یم محلول از مشتقات آنیلین (۱ مول) در ۱۵ مول آب/۱.۵/۱۵:۳۷٪ HCl، محلول NaNO<sub>2</sub> (۱/۴ مول) در آب (۲ میلی‌لیتر) به صورت قطره‌ای در صفر درجه سانتیگراد اضافه شد و محلول حاصل برای مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. محلول نمک دی‌آزونیوم از قبل تهیه شده به صورت قطره‌ای به محلول فنیل بورونیک اسید (۱ میلی‌مول) در متانول (۳ میلی‌لیتر) اضافه شد و محلول حاصل در دمای صفر درجه سانتیگراد برای مدت ۶ ساعت همراه با هم زدن قرار داده شد. پس از این زمان، مخلوط حاصل با استفاده از اتر (۲۰ میلی‌لیتر) و آب (۴۰ میلی‌لیتر) رقیق شد و محصول تشکیل شده با استفاده از فیلتراسیون جدا شد. لایه آبی با استفاده از کلروفرم رقیق شد، با آب شسته شد و با استفاده از MgSO<sub>4</sub> بی‌آب خشک شد. محلول خشک شده تبخیر شد تا رنگزاهای آزو مربوطه بدست آورده شود.

#### سنتز ۴- (فنیل دی‌آزنیل) فنیل بورونیک اسید (۱)

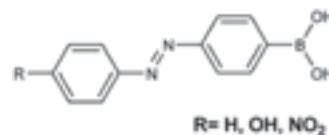
رنگزای ۱ بر طبق روش زیر و با استفاده از مقادیر زیر تهیه شد: آنیلین (۱/۰۰ گرم، ۱۰/۷۵ میلی‌مول)، فنیل بورونیک اسید (۱/۳۱ گرم، ۱۰/۷۵ میلی‌مول)، NaNO<sub>2</sub> (۰/۶۹ گرم، ۱۰/۷۵ میلی‌مول) تا رنگزای ۱ بدست آورده شود (۱/۴۸ گرم، ۶۱٪).

<sup>1</sup>H NMR (200 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ=8.06-7.96 (AA'XX' sys, 4H), 8.01-7.64 (AA'XX' sys, 4H), 7.25 (m, <sup>1</sup>H), 2.04 (s, 2H, OH) ppm. <sup>1</sup>H NMR (50 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ =152.4, 133.6, 130.7, 129.2, 123.4, 109.8 ppm. MS (ESI): m/z=227.17 [M+1]<sup>+</sup>. C<sub>17</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (226.09): calculated C, 63.76; H, 4.91; N, 12.39 found; C, 63.81; H, 4.98; N, 12.43.

به نام GAD's، از طریق گلیکوزیلاسیون رنگزاهای آلی اولیه با کربوهیدرات‌هایی از قبیل D-گلوکز، D-گالاکتوز و لاکتوز که به صورت عادی در مقادیر زیاد در محیط زیست رها می‌شوند، ایجاد شد. رنگزاهای متصل شده به گلیکوریال حل‌شوندگی خوب در آب را ارائه می‌دهند و این خاصیت جدید مواد جدید امکان فرآیندهای رنگرزی ملایم‌تر و ساده‌تر بدون افزودنی‌های شیمیایی را فراهم می‌کند. اخیراً، نشان داده شده است که GAD's زیست تجزیه‌پذیری بالایی دارند و سبب تولید متابولیک غیرسمی می‌شوند. دیگر روش‌های دوستدار محیط زیست جهت کاهش تاثیرات زیست محیطی رنگرزی پلی‌آمید، از قبیل رنگرزی به کمک اولتراسونیک و استفاده از سایکلودکسترین‌ها به عنوان عامل یکنواخت‌کننده با تاثیرات زیست محیطی کم به منظور اجتناب از استفاده از افزودنی‌های شیمیایی در طول فرآیند رنگرزی توسعه یافته‌اند. جهت رفع این تاثیرات زیست محیطی و به منظور ایجاد رنگزاهای قابل حل در آب برای رنگرزی الیاف مختلف، بخصوص پلی‌آمیدها، مشتقات فنیل بورونیک اسید به عنوان پیشنهادات قابل حل در آب جهت سنتز رنگزاهای آزوئیک جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رنگزاهای بورونیک اسید عمدتاً از سال ۱۹۴۰ جهت شناسایی و مشاهده نمونه‌های مختلف از قبیل گلوکز و آنیون‌های سیانید بررسی شده‌اند. اخیراً، رنگزاهای آزو حاوی یک یا چند گروه اسید بورونیک بر روی حلقه آریل در چاپگرهای جوهرافشان بر روی کاغذ و مواد مختلف شیمیایی نساجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این رویکردها شامل استفاده از فنیل بورونیک اسید به عنوان منبع قابل حل در آب رنگزاهای آزو تهیه شده، می‌باشد.

در اینجا، ما روش دیگر استفاده از رنگزاهای آزوئیک بر پایه فنیل بورونیک اسید (شکل ۱) ارائه می‌کنیم که نتایجی مطابق با انتظارات ما تولید می‌کند. بنابراین، ما قابلیت رنگرزی این رنگزاهای در محلول و تحت شرایط دوستدار محیط زیست را بررسی می‌کنیم.



شکل ۱. ساختار کلی رنگزای بورونیک اسید

#### بخش تجربی

##### مواد شیمیایی و مواد

TLC بر روی صفحات از قبل روکش شده با ژل سیلیکا انجام شد (Merck, 60 F254 A) و لکه‌ها با استفاده از نور UV (۲۵۴ و



شده، اکریلیک ۲، پلی استر ۱، پلی استر ۲، نایلون، اکریلیک ۳، لبریشم، مد اکریلیک، ویسکوز، پشم) بکار برده شد. نمونه ها، با وزن ۵ گرم، در بشرهای ۷۵۰ میلی لیتری (دستگاه Turbomat) با استفاده از رنگزای ۲ و بدون هیچ ماده تعاونی رنگریزی شدند. برای هر رنگریزی، حجم محلول ۵۰۰ میلی لیتر بود. مقادیر مختلف رنگزای مورد استفاده ۱، ۲، ۳، ۴، و ۵% owf در نسبت حجمی ۱:۱۰۰ بود. رنگریزی در دماهای مختلف: ۶۰، ۸۰، و ۹۸ درجه سانتیگراد و در pH های مختلف (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱) انجام شد. نمونه های رنگریزی شده سپس در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر شسته شدند و در دمای اتاق خشک شدند. پروفایل های رنگریزی در شکل ۲ نشان داده شده است.

#### اندازه گیری ها و آنالیز

##### اندازه گیری pH

اندازه گیری pH حمام رنگرزا قبل و بعد از رمق کشی در دمای اتاق اندازه گیری شد. pH (مختلف در pH بین هر دو مقدار نزدیک به هم) محاسبه شد و همراه با مقادیر pH ارائه شد.

##### اندازه گیری رنگ

انعکاس نمونه های آبکشی شده با استفاده از Spectra Flash SF-650 اندازه گیری شد. سپس قدرت نسبی رنگ (مقادیر  $\Delta K/S$ ) با استفاده از رابطه کیوبلکا-مانک اندازه گیری شد.

$$\Delta K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R_0)^2}{2R_0}$$

بطوریکه R انعکاس پارچه رنگریزی شده می باشد،  $R_0$  انعکاس پارچه رنگریزی نشده می باشد، K ضریب جذب می باشد و S ضریب انتشار می باشد.

سنتز ۴- (۲'-هیدروکسی فنیل دی آزنیل) فنیل بورونیک اسید (۲) رنگزای ۲ طبق روش کلی زیر و با استفاده از مقادیر زیر تهیه شد: p-آمینو فنیل (۱/۰۰ گرم، ۹/۱۷ میلی مول)، فنیل بورونیک اسید (۱/۱۱ گرم، ۹/۱۷ میلی مول)،  $\text{NaNO}_2$  (۰/۵۹ گرم، ۹/۱۷ میلی مول) تا رنگزای ۲ (۱/۳۰ گرم، ۵۹٪) بدست آورده شود.

$^1\text{H NMR}$  (200 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  = 8.05-7.95 (AA'XX' sys, 4H), 7.81-7.04 (AA'XX' sys, 4H), 5.15 (s, 1H, OH), 2.05 (s, 2H, OH) ppm.  $^1\text{H NMR}$  (50 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  = 160.4, 152.8, 145.5, 133.3, 124.6, 123.1, 115.9, 109.7 ppm. MS (ESI): m/z = 243.15 [M+1]<sup>+</sup>.  $\text{C}^{17}\text{H}^{16}\text{N}^2\text{O}^7$  (242.09): calculated C, 59.55; H, 4.58; N, 11.57 found; C, 59.59; H, 4.61; N, 11.62.

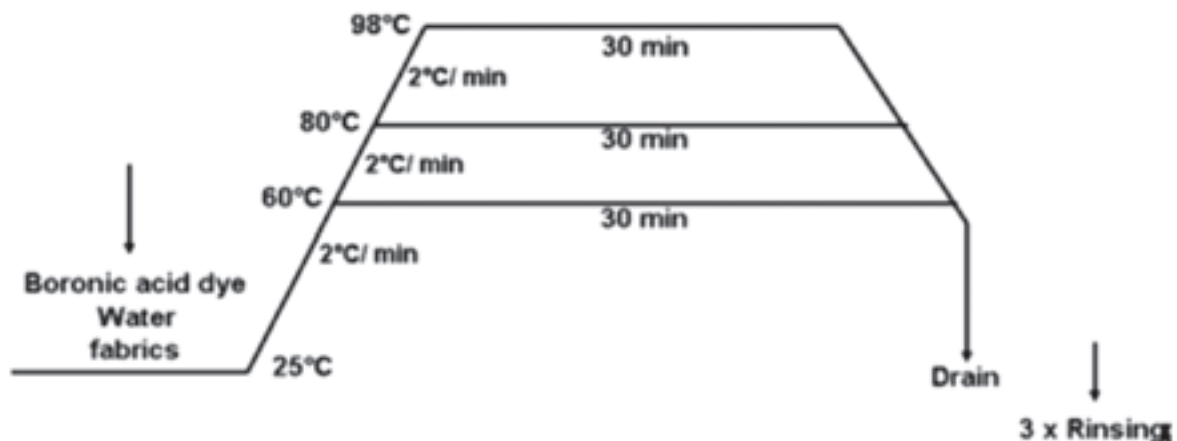
#### سنتز ۴- (۲'-میترو فنیل دی آزنیل) فنیل بورونیک اسید (۳)

رنگزای ۳ طبق روش کلی زیر و با استفاده از مقادیر زیر تهیه شد: p-آمینو فنیل (۱/۰۰ گرم، ۷/۲۴ میلی مول)، فنیل بورونیک اسید (۰/۸۸ گرم، ۷/۲۴ میلی مول)،  $\text{NaNO}_2$  (۰/۴۷ گرم، ۷/۲۴ میلی مول) تا رنگزای ۳ بدست آورده شود (۱/۱۸ گرم، ۶۰٪).

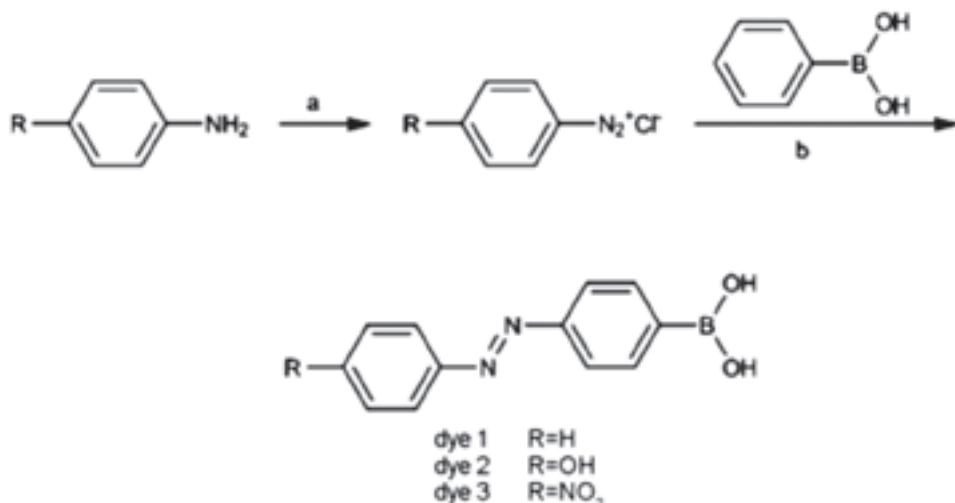
$^1\text{H NMR}$  (200 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  = 8.31-7.84 (AA'XX' sys, 4H), 8.01-7.94 (AA'XX' sys, 4H), 2.05 (s, 2H, OH) ppm.  $^1\text{H NMR}$  (50 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  = 155.6, 152.4, 150.8, 133.7, 124.8, 123.0, 120.6, 109.6 ppm. MS (ESI): m/z = 272.16 [M+1]<sup>+</sup>.  $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_7$  (271.08): calcd C, 53.18; H, 3.72; N, 15.50 found, C, 53.22; H, 3.76; N, 15.55.

#### روش رنگریزی

در اولین قسمت، پارچه چند لیف متشکل از نخ های با ترکیبات شیمیایی مختلف (استات، اکریلیک ۱، تری استات، پنبه سفیدگری



شکل ۲. گراف رنگریزی الباف چند جزئی



شماتیک ۱. شمای سنتز رنگزای بورونیک اسید ۱، ۲ و ۳. واکنشگر و شرایط: (a)  $\text{NaNO}_2, \text{HCl}/\text{water}: 1:50, 0^\circ\text{C}, 30\text{min}$  (b)  $\text{MeOH}$  در  $0^\circ\text{C}$  تا  $\text{RT}$

به ترتیب گروه های فنیل جایگزین شده به عنوان بخش های دهنده (D)، مرکز کانژوگه ( $\pi$ )، و گیرنده (A) بکار گرفته شدند. علاوه بر این، این چنین تغییر ساختاری جهت حصول تغییرات قابل توجه در طول کانژوگه  $\pi$  و شیفت های قرمز در طیف های جذبی مورد انتظار بود. طیف های جذبی UV-vis این مولکول ها در محلول DMSO رقیق و آب در جدول ۱ ارائه شده است.

از جدول ۱ می توان مشاهده کرد که ترکیبات شامل دو باند در محدوده طول موج از ۲۵۰ تا ۵۰۰ نانومتر می باشند، در حالیکه تقریباً هیچ جذب خطی بیشتر از ۶۰۰ نانومتر مشاهده نشد. باند در طول موج کوتاهتر (۲۵۰ تا ۲۸۰ نانومتر) به دلیل گذار موضعی  $\pi$ - $\pi^*$  بخش های فنیل یا بخش های فنیل جایگزین شده می باشند، در حالیکه باند طول موج بلندتر با طول موج ماکزیمم جذب در محدوده ۳۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر می تواند به گذارهای انتقال بار مولکولی شامل تمام سیستم الکترونی ترکیبات با نقش انتقال بار قابل توجه ناشی از بخش فنیل جایگزین شده به سمت گروه آزو مربوط باشد.

موقعیت این باند به شدت بوسیله ساختار ترکیبات، به عنوان مثال نوع الگوی جانشین سازی در بخش های دهنده و گیرنده الکترون، تحت تاثیر قرار می گیرد. ارتباط بین دهنده و گیرنده الکترون می تواند با مقایسه مقادیر طول موج حداکثر جذب ارزیابی شود.

ثبات نمونه های رنگزای شده بر طبق روش های استاندارد ISO اندازه گیری شدند. آزمایش های مخصوص ISO 105-X12، ثبات رنگ نسبت به سایش و ISO 105-C02، ثبات رنگ نسبت به شستشو بودند.

#### نتایج و بحث

##### سنتز رنگزا

سنتز رنگزاهای ۱، ۲، و ۳ بر طبق شماتیک ۱ انجام شد. مشتقات آنیلین با نیترات سدیم در محیط اسیدی در دمای صفر درجه سانتیگراد عمل شدند تا نمک دی آزونیم مربوطه تشکیل شود، و سپس با فنیل بورونیک اسید در متانول عمل شدند تا رنگزاهای بورونیک اسید ۱، ۲، و ۳ در بازده متوسط بدست آورده شوند. این ترکیبات با استفاده از  $^1\text{H NMR}$ ،  $^{13}\text{C NMR}$ ، آنالیز عنصری، و طیف های جرمی بررسی شدند.

##### بررسی طیف های جذبی الکترونیک

رنگزاهای ۱، ۲، و ۳ حاوی ساختار D- $\pi$ -A- $\pi$ -D بودند، بطوریکه

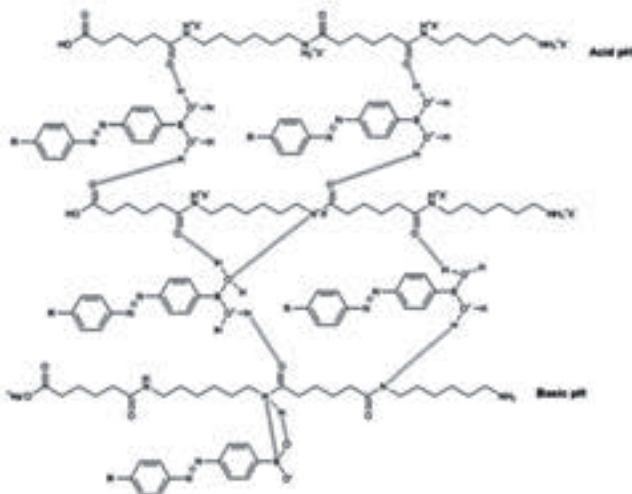
جدول ۱. اطلاعات طیف جذبی UV-vis و حلالیت در آب رنگزاهای ۱، ۲ و ۳

Dye	R	$\lambda_{\text{max}}$ (DMSO) (nm)	$\log(c_{\text{max}}/M^{\text{cm}^{-1}})$	Water solubility (g/l)*
1	H	357	4.5734	20.31
2	OH	400	4.5811	31.63
3	NO <sub>2</sub>	427	4.5883	19.85

\*حلالیت در دمای اتاق اندازه گیری شد

جدول ۲. اطلاعات طیفی FTIR انتخاب شده برای رنگزاهای ۱-۳

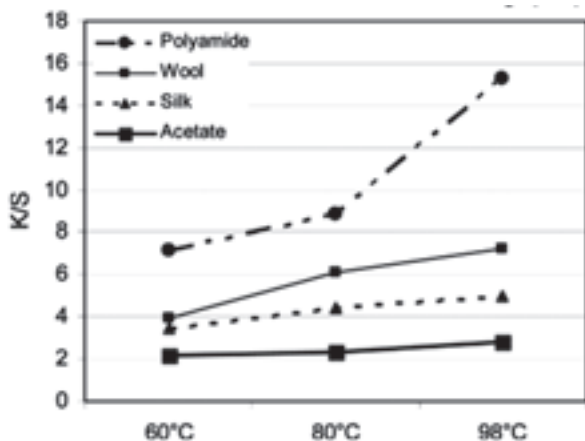
Entry	Dyes	$\nu_{\text{B-H}}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\nu_{\text{A-H}}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\nu_{\text{N-N}}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Other ( $\text{cm}^{-1}$ )
1	1	3140	3049	1463	-
2	2	3142	3050	1460	3460 ( $\nu_{\text{A-OH}}$ )
3	3	3141	3052	1461	1361 ( $\nu_{\text{A-NO}_2}$ )



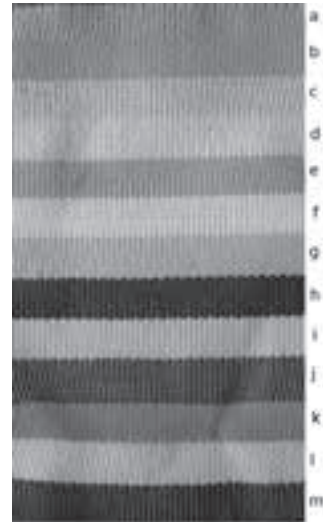
شکل ۵. برهمکنش بین بخش اسید بورونیک رنگزاهای بورونیک اسید و گروه آمین انتهایی پلی آمیدها

### نتایج رنگرزی و بحث

جهت بررسی قابلیت رنگرزی رنگزاهای بورونیک اسید سنتز شده و بررسی آیینته آنها به الیاف مختلف، بررسی های رنگرزی با استفاده از رنگزای ۲ در محلول آبی بدون اضافه کردن هر گونه عامل یکنواخت کننده، و با استفاده از الیاف چند جزئی با ۵% owf رنگزا، pH ۷ و در دمای ۹۸ درجه سانتیگراد (شکل ۳) انجام شد. بهترین نتایج رنگرزی با استفاده از پلی آمید (نایلون)، استات، ابریشم و پشم مشاهده شد؛ تنها پنبه و ویسکوز به مقدار کمی رنگرزی شدند. (مقادیر K/S در شکل ۴ آورده شده است). برداشت زیاد رنگزا بوسیله نایلون را می توان بوسیله تاثیر متقابل بین بخش بورونیک اسید در رنگزا و گروه های -NH و -CO- زنجیرهای پلی آمید بر طبق مدل گزارش شده در شکل ۵ توضیح داد.

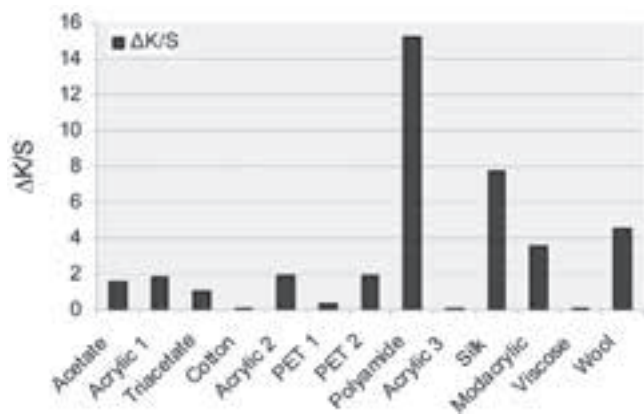


شکل ۶. تاثیر دمای رنگرزی بر قدرت رنگی (K/S) رنگزاهای اسید بورونیک روی الیاف پلی آمید، پشم، ابریشم و استات در ۵% owf رنگرزی، pH=7 و دمای 98°C با رنگزای ۲ (تنها الیاف رنگرزی شده با  $k/S > 2$  ارائه شده است)

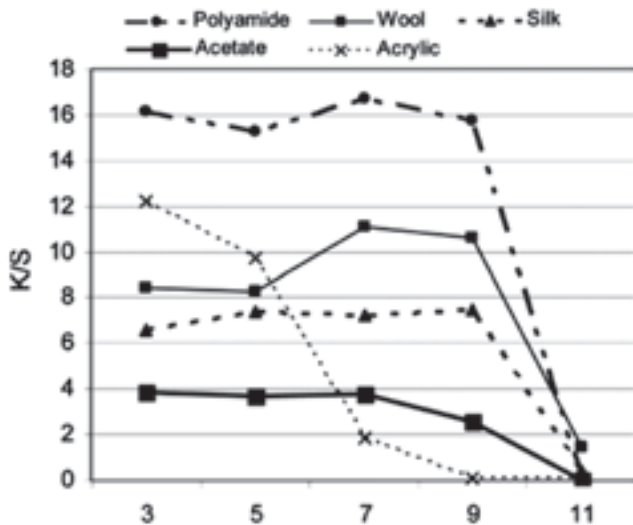


شکل ۳. پارچه چند جزئی تشکیل یافته از (a) استات، (b) اکریلیک ۱، (c) تری استات، (d) پنبه، (e) اکریلیک ۲، (f) پلی استر ۱، (g) پلی استر ۲، (h) پلی آمید (نایلون)، (i) اکریلیک ۳، (j) ابریشم، (k) مداکریلیک، (l) ویسکوز و (m) پشم رنگرزی شده با رنگزای ۲ در pH برابر ۷، ۹۸ درجه سانتیگراد و با استفاده از شید ۵%

تاثیر قدرت گروه گیرنده بوسیله مقایسه نشان داده شد، به عنوان حداکثر جذب ترکیبات ۱، ۲، ۳ به عنوان گذار بلندترین طول موج، از ۳۵۱ نانومتر در ۱ (جدول ۱، ردیف ۱)، ۴۰۰ نانومتر برای ۲ (جدول ۱، ردیف ۲) تا ۴۲۷ نانومتر برای ۳ (جدول ۱، ردیف ۳) شیفیت پیدا کرده است. این اختلاف می تواند مربوط به تاثیر گرفتن الکترون قوی تر گروه نیترو با شیفیت آن باشد که منجر به افزایش به دلیل افزایش عدم استقرار بوسیله جذب الکترون p این گروه استخلافی می شود. همچنین طیف های FTIR ترکیبات ۱، ۲ و ۳ ارتعاشات کششی آروماتیک C-H و -N=N- در حدود ۳۰۴۰ (کششی C-H) و حدود ۱۴۶۳ (کششی -N=N-) نشان داد که تشکیل رنگزای آزو مربوطه (جدول ۲) را تایید می کند.



شکل ۴. نتایج K/S برای هر جزء پارچه چند جزئی رنگرزی شده با رنگزای ۲ در 98°C، pH=7 و ۵% فام رنگی. (a) استات، (b) اکریلیک ۱، (c) تری استات، (d) پنبه، (e) اکریلیک ۲، (f) پلی استر ۱، (g) پلی استر ۲، (h) پلی آمید (نایلون)، (i) اکریلیک ۳، (j) ابریشم، (k) مداکریلیک، (l) ویسکوز و (m) پشم



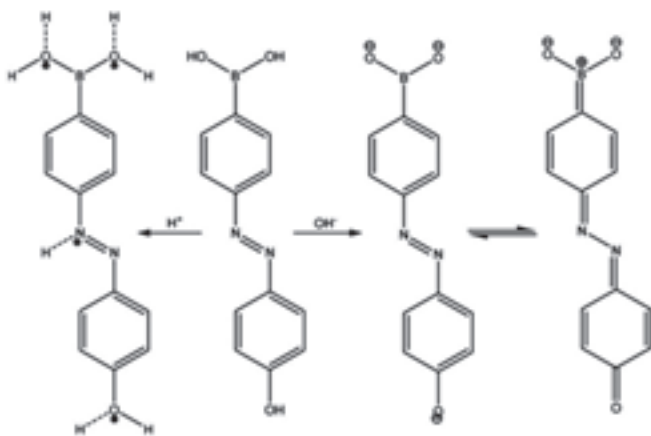
شکل ۸. تاثیر pH حمام رنگرزی روی ثبات رنگی (K/S) رنگزای بورونیک اسید روی الیاف پلی آمید، پشم، ابریشم و استات در ۵% owf رنگرزی، pH=7 و دمای ۹۸°C با استفاده از رنگزای ۲

از غلظت‌های مختلف رنگزا بررسی شده است. قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده در حدود غلظت رنگزای ۳% owf به مقدار اشباع دست یافت.

#### تاثیر pH حمام رنگزا

تاثیر pH حمام رنگزا (۳، ۶، ۷، ۹ و ۱۱) بر روی قدرت رنگی (K/S) رنگزای اسید بورونیک ۲ بر روی پلی آمید، پشم، ابریشم و استات در شکل ۸ نشان داده شده است.

نتایج گزارش شده در شکل ۸، برداشت رنگزای بالاتر در pH ۷ برای تمام الیاف به جز اکریلیک را نشان می‌دهد. تمام الیاف مورد بررسی در این مطالعه (پلی آمید (نایلون)، پشم، ابریشم، استات، و اکریلیک) در pH های اسیدی و بازی (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱) رنگرزی شدند. تنها در pH ۱۱، مقادیر K/S برای تمام الیاف کم می‌باشد.



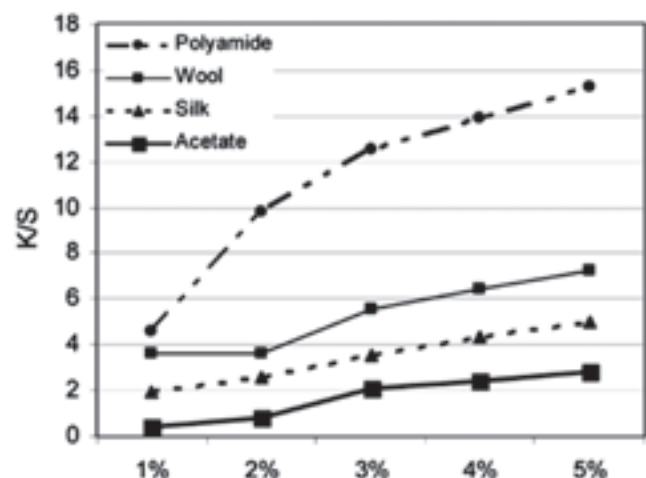
شکل ۹. تغییرات ساختاری رنگزای بورونیک اسید ۲ با توجه به pH

به منظور درک اینکه آیا محدودیت قدرت رنگی در حالت پارچه‌هایی که به مقدار کم رنگرزی شده اند، و در شکل ۴ گزارش شده اند، به دلیل رقابت بین پلی آمید و این الیاف می‌باشد، ما یک پارچه چند لیفی بدون لیف پلی آمید را در شرایط مشابه فوق رنگرزی کردیم. تنها تغییر کم K/S مشاهده شد که برای تمام الیاف کمتر از ۰/۳ بود. بنابراین ما نتیجه می‌گیریم که رنگزاهای بورونیک اسید جهت رنگرزی الیاف پلی آمید، ابریشم، استات، و پشم مناسب می‌باشند.

#### تاثیر دمای رنگرزی و غلظت رنگزا

به منظور بررسی تاثیر غلظت رنگزا و دماهای رنگرزی بر روی قدرت رنگی (K/S) و جهت اجتناب از اکسیداسیون احتمالی که به لیف آسیب می‌رساند، (الیاف نباید در دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد رنگرزی شوند)، زمینه های لیفی با استفاده از رنگزای بورونیک اسید ۲ در دماهای ۶۰ تا ۹۸ درجه سانتیگراد رنگرزی شدند. شکل ۶ تاثیر دمای رنگرزی بر روی قدرت رنگی (K/S) رنگزاهای بورونیک اسید را نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد که قدرت رنگی (K/S) رنگرزی به دمای رنگرزی بستگی دارد. برای تمام الیاف (پلی آمید، ابریشم، استات و پشم)، مقادیر K/S با افزایش دمای رنگرزی افزایش می‌یابد و این افزایش برای پلی آمید مشخص تر می‌باشد. مقادیر K/S در دمای ۹۸ درجه سانتیگراد به مقدار حداکثر دست یافت. می‌توان دریافت که خواص رنگرزی رنگزاهای بورونیک اسید توسط مشخصات لیف تحت تاثیر قرار می‌گیرد، یعنی این می‌تواند به دلیل تاثیر تورم لیف پلی آمید باشد که نفوذ رنگزا را افزایش می‌دهد. در شکل ۷، خواص رنگرزی رنگزاهای بورونیک اسید با استفاده



شکل ۷. تاثیر غلظت رنگزا روی قدرت رنگی (K/S) رنگزای بورونیک اسید روی الیاف پلی آمید، پشم، ابریشم و استات در ۵% owf رنگرزی، pH=7 و دمای ۹۸°C با استفاده از رنگزای ۲



جدول ۳. خواص ثباتی ابریشم، پشم، پلی آمید و استات رنگرزی شده در pH برابر ۷ و ۵٪ رنگزای اسید بورونیک در دماهای مختلف

Temperature	Washing			Dry rubbing		
	60 °C	80 °C	98 °C	60 °C	80 °C	98 °C
Polyamide	4-5	4	4	5	5	5
Wool	4-5	3-4	3-4	5	5	5
Silk	4-5	4	4	5	5	5
Acetate	3-4	3-4	3-4	4-5	5	5

جدول ۴. خواص ثباتی ابریشم، پشم، پلی آمید و استات رنگرزی شده در pH برابر ۷، ۹۸ °C، با استفاده از درصد شیدهای مختلف رنگزای اسید بورونیک ۲

% shade	Washing				Dry rubbing			
	1 %	2 %	3 %	5 %	1 %	2 %	3 %	5 %
Polyamide	4-5	4	4	4-5	5	5	5	5
Wool	4-5	3-4	4-5	4-5	5	5	5	4-5
Silk	4-5	4	4-5	4-5	5	5	5	4-5
Acetate	4	3-4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5

جدول ۵. خواص ثباتی ابریشم، پشم، پلی آمید و استات رنگرزی شده در pHهای مختلف، ۹۸ °C و ۵٪ رنگزای اسید بورونیک ۲

pH	Washing					Dry rubbing				
	3	5	7	9	11	3	5	7	9	11
Polyamide	4	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	5	5	5
Wool	4	4-5	4-5	4	5	4-5	4-5	4-5	4-5	5
Silk	4	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	5	5	5
Acetate	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	5	5	4-5	5
Acrylic	4	4	4-5	5	5	4-5	4-5	5	5	5

#### خواص ثباتی

جدول ۳، ۴ و ۵ ثبات سایشی و شستشویی الیاف پلی آمید، پشم، ابریشم و استات (رنگرزی شده در دماهای مختلف، pHهای مختلف و شیدهای مختلف) رنگرزی شده با استفاده از رنگزاهای بورونیک اسید را نشان می‌دهند. نتایج، خواص ثباتی خوب نمونه‌های رنگرزی شده با استفاده از رنگزاهای بورونیک اسید بدون توجه به شرایط رنگرزی را نشان می‌دهد.

#### نتیجه گیری

رنگزاهای آزو جدید بر پایه فنیل بورونیک اسید سنتز و بررسی شدند. خواص رنگرزی این رنگزاهای جدید در محلول آبی بر روی الیاف مختلف در شرایط مختلف pH، دما، و شید بررسی شد. فرآیند رنگرزی در آب و بدون افزودنی‌های شیمیایی و تحت شرایط pH خنثی با استفاده از ۵٪ OWF و در دمای ۹۸ درجه سانتیگراد انجام شد. پارچه‌های رنگرزی شده، خواص ثباتی خوب، در حدود ۴-۵ را نشان می‌دهند. همچنین رنگزاهای آزوئیک تهیه شده، نقش چند منظوره، یعنی قابلیت رنگرزی پارچه‌های مختلف، ابریشم، پشم، استات و بخصوص پلی آمید (نایلون)، در همان حمام رنگرزی را نشان می‌دهند.

تأثیر pH حمام رنگزا می‌تواند به ارتباط بین رنگزا و ساختار شیمیایی پارچه (شکل ۹) مربوط باشد. از آنجایی که رنگزای مورد استفاده در آب، حاوی گروه‌های OH، قابل حل می‌باشد، می‌تواند به صورت یونی با گروه‌های آمین انتهایی الیاف پشم، ابریشم، و پلی آمید در pH اسیدی از طریق واکنش مبادله یونی به دلیل نقش اسیدی گروه‌های OH واکنش دهد. آنیون رنگزا نقش کمپلکسی دارد و هنگامیکه به لیف با نیروی یونی متصل می‌شود، این نیروی یونی می‌تواند قابلیت رنگرزی لیف را افزایش دهد که از شکل ۸ به راحتی می‌توان مشاهده کرد. از شکل ۷ می‌توان مشاهده کرد که قابلیت رنگرزی کاهش می‌یابد، که به تدریج از pH ۹ شروع می‌شود و در pH ۱۱ حداکثر می‌شود، که به دلیل کاهش تعداد گروه‌های آمین انتهایی پروتونه شده الیاف پشم و پلی آمید می‌باشد و بنابراین نیروی یونی (شکل ۹) کاهش می‌یابد. علاوه بر این، الیاف اکریلیک معمولاً در pH اسیدی با استفاده از رنگزاهای کاتیونی رنگرزی می‌شوند. با این حال، همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، لیف اکریلیک با استفاده از رنگزای بورونیک اسید ۲ در مقادیر pH کم (pH ۳) رنگرزی شده است.