

# بررسی رفتار رنگینه‌های راکتیو در رنگرزی دو مرحله‌ای کالای پنبه‌ای به روش تثبیت تر

معصومه ولی‌زاده\*<sup>۱</sup> - حسین توانایی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد گروه نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

**چکیده:** در این تحقیق نمونه‌های پارچه پنبه‌ای توسط رنگینه‌های راکتیو با گروه‌های واکنشگر وینیل‌سولفون، منوکلروتتری‌آزین، دی‌کلروتتری‌آزین و تری‌کلرو پیریمیدین رنگرزی شدند. با محاسبه تابع نسبت انتشار به جذب (K/S)، میزان رنگینه جذب شده در شرایط مختلف تثبیت که بر اساس تغییر سه عامل زمان، دما و غلظت قلیا انتخاب شدند مورد بررسی قرار گرفت. رنگینه‌های راکتیو با توجه به نوع گروه‌های واکنشگر خود رویه‌های K/S در برابر زمان و غلظت قلیای متفاوتی را نشان می‌دهند که می‌توان آنها را به عنوان مشخصه‌ای برای هر دسته در نظر گرفت. با استفاده از رویه‌های حاصله برای رنگینه‌های راکتیو مورد مطالعه بازه مناسب دما، زمان و غلظت قلیا جهت کسب بالاترین میزان جذب رنگینه پیشنهاد گردیده است.

واژه‌های کلیدی: رنگینه راکتیو، تثبیت تر، زمان، دما، غلظت قلیا، K/S

**Key Words:** Reactive Dyestuffs, Wet Fixation, Time, Temperature, Alkali Concentration, K/S

## مقدمه

تا پیش از سال ۱۹۶۲ رنگینه‌های مستقیم، خمی و گوگردی عمده‌ترین رنگینه‌هایی بودند که جهت رنگرزی الیاف سلولزی به کار گرفته می‌شدند. این رنگینه‌ها از ثبات شستشویی و درخشندگی شید بالایی برخوردار نبودند. تولید رنگینه‌های راکتیو بخش عمده این کاستی را حل کرد. رنگینه‌های راکتیو ضمن اینکه ثبات شستشویی بالایی داشتند از درخشندگی شید قابل قبولی نیز برخوردار بودند [۱].

مهمترین ویژگی رنگینه‌های راکتیو ایجاد پیوند کووالانسی بین رنگینه و لیف است. شکل‌گیری چنین پیوندی برای این رنگینه‌ها در مقایسه با رنگینه‌هایی نظیر رنگینه‌های مستقیم که توسط نیروهای ضعیفتری از قبیل جذب فیزیکی و عکس‌العمل مکانیکی درون لیف نگه‌داشته می‌شوند، منجر به بهبود ثبات شستشویی می‌گردد [۲]. تقریباً همه رنگینه‌های راکتیو از طریق فرآیندهای ارائه شده توسط Rattee و Stephan، یعنی در شرایط قلیایی و با کنترل دما بسته به نوع و تعداد گروه‌های واکنشگر و در حضور الکترولیت با لیف پیوند برقرار می‌نمایند. البته استثنائاتی از قبیل رنگینه Calcobond و ProcionT نیز وجود دارند [۳].

رنگرزی کالای سلولزی توسط رنگینه‌های راکتیو به روشهای مختلف یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای امکانپذیر است. درعین حال این رنگینه‌ها در سطح وسیعی جهت چاپ پارچه‌های پنبه‌ای و ویسکوز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کلیه این روشها، ۳ عامل دما، زمان و غلظت قلیا میزان جذب رنگینه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند. ضمن اینکه اثرات توأم زمان با دما و غلظت قلیا نیز باید کاملاً مورد

\*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: sh\_valizadeh@yahoo.com

توجه قرار داشته باشند. شناخت رفتار رنگینه به هنگام تغییر عوامل موثر بر سیستم رنگریزی تا کنون توجه محققین زیادی را به خود جلب نموده است. عمده این مطالعات به منظور دستیابی به شرایط ایتیم رنگریزی صورت گرفته است [۱۱-۴].

در تحقیق حاضر رفتار چهار دسته مهم از رنگینه‌های راکتیو در روش رنگریزی Pad-Dry-Wet Fixation بررسی شده است. رنگینه‌ها از گروه‌های وینیل سولفون، منوکلروتتری‌آزین، دی‌کلروتتری‌آزین و تری‌کلروپیریمیدین انتخاب شدند و اثر تغییر عوامل زمان، دما و غلظت قلیا در مرحله تثبیت بر جذب آنها روی پارچه پنبه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و برای هر دسته شرایطی که در آن بالاترین میزان جذب رنگینه قابل دستیابی است پیشنهاد شده است.

## تجربی

### مواد و دستگاهها

آزمایشها روی پارچه ۱۰۰٪ پنبه‌ای با بافت تافته و وزن  $108 \text{ gr/m}^2$  انجام گرفت. این پارچه آهارگیری، پخت و سفیدگری شده بودند. رنگینه‌های راکتیو مورد استفاده در رنگریزی به ترتیب مندرج در جدول ۱ از گروه‌های وینیل سولفون، منوکلروتتری‌آزین، دی‌کلروتتری‌آزین و تری‌کلروپیریمیدین انتخاب شدند. سایر مواد مورد استفاده را نمک کلرید سدیم، سود مرکب و دترجنت غیریونی با ساختمان آلکیل‌آریل‌پلی‌گلیکول‌اتر ساخت شرکت کیمیدارو تشکیل می‌دادند. دستگاه‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: دستگاه پد آزمایشگاهی ساخت شرکت Werner Mathis AG سوئیس، دستگاه رنگریزی دیجیتال آزمایشگاهی AHIBA1000 ساخت شرکت DATA COLOR، دستگاه آون ساخت شرکت آزمون‌طب، دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی Elrepho2000، Text Flash، ساخت شرکت DATA COLOR.

جدول ۱: مشخصات رنگینه‌های راکتیو مورد استفاده در آزمایشها

شماره	گروه واکنشگر	نام تجاری رنگینه	اندیس رنگی	شرکت سازنده
۱	وینیل سولفون	Remazol Blue 28	C.I. Reactive Blue 28	Hoechst
۲		Remazol Brilliant Red GD	C.I. Reactive Red 63	Hoechst
۳		Remazol Brilliant Green 6B	C.I. Reactive Green 38	Hoechst
۴	منوکلروتتری‌آزین	Procion Red P-4BN	C.I. Reactive Red 3:1 (18159)	I.C.I
۵		Cibacron Red 6B	C.I. Reactive Red 218	Ciba-Giegy
۶	دی‌کلروتتری‌آزین	Procion Red MX-5B	C.I. Reactive Blue 82	I.C.I
۷		Procion Navy MX-RB	C.I. Reactive Red 2 (18200)	I.C.I
۸	تری‌کلروپیریمیدین	Drimarene Red X-6BN	C.I. Reactive Red 243	Sandoz
۹		Drimarene Violet X-2RL	C.I. Reactive Violet 6	Sandoz

### روشها

نمونه‌های پنبه‌ای سفیدگری شده توسط دستگاه پد با پیک آپ برابر ۷۵ درصد توسط محلول رنگینه پد شدند. محلول رنگینه به ترتیبی آماده شده است که پس از پد کردن به میزان ۱٪ وزن کالا رنگینه بر روی آن انتقال یابد. سپس نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در  $115^\circ \text{C}$  خشک شدند. هر دسته از نمونه‌ها بر اساس رنگینه مورد استفاده تحت ماتریسی از شرایطی که در جداول ۲ تا ۵ ذکر شده است تثبیت گردیدند. بعد از تثبیت، عملیات شستشو با قرار دادن نمونه‌ها به ترتیب به مدت ۱ دقیقه در آب سرد، ۱ دقیقه در آب گرم ( $50^\circ \text{C}$ )، ۱۰ دقیقه در محلول جوش حاوی  $4 \text{ gr/lit}$  دترجنت با  $L/R=1/50$ ، ۱ دقیقه در آب گرم ( $50^\circ \text{C}$ ) و در نهایت آبکشی با آب سرد انجام شد. در کلیه مراحل رنگریزی، تثبیت و شستشو از آب نرم استفاده شد. تثبیت در زمانهای بالای ۹۰۰ ثانیه درون دستگاه رنگریزی AHIBA1000 صورت گرفت. پس از شستشو نمونه‌ها بین دو تکه پارچه پنبه‌ای سفید قرار گرفته و توسط اتو خشک شدند [۱۲].

جدول ۲: شرایط انتخابی برای رنگینه‌های گروه وینیل سولفون

زمان (sec)	۳	۶	۹	۱۵	۳۰	۶۰	۱۵۰	۳۶۰	۹۰۰	۱۸۰۰	۳۶۰۰
دما ( $^\circ \text{C}$ )	۰	۱۴ (محیط)	۴۰	۶۰	۸۰	جوش					
غلظت سود $38^\circ \text{Be}$ (ml/lit)	۱۰	۲۰	۴۰	۶۰							

جدول ۳: شرایط انتخابی برای رنگینه‌های گروه منوکلوتری‌آزین و رنگینه‌های گروه تری‌کلروپیریمیدین

زمان (sec)	۳	۹	۱۵	۶۰	۱۵۰	۳۶۰	۹۰۰	۱۸۰۰	۷۲۰۰	۱۴۴۰۰	۲۱۶۰۰	۲۸۸۰۰
دما (°C)	۰	۱۴ (محیط)	۵۰	۷۵	جوش							
غلظت سود $^{38}\text{Be}$ (ml/Lit)		۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰							

جدول ۴: شرایط انتخابی برای رنگینه‌های گروه دی‌کلروتری‌آزین

زمان (sec)	۳	۶	۹	۱۵	۳۰	۶۰	۱۵۰	۳۶۰	۹۰۰	۱۸۰۰	۳۶۰۰
دما (°C)	۰	۱۷ (محیط)	۴۰	۶۰	۸۰						
غلظت سود $^{38}\text{Be}$ (ml/lit)	۲/۵	۵	۱۰	۲۰							

جهت تهیه نمونه‌های استاندارد زمینه که عدد انعکاس آنها جهت محاسبه K/S لازم است، نمونه‌های پارچه سفید بدون پد شدن در شرایط تثبیت قرار گرفتند.

#### محاسبه K/S

به منظور بررسی میزان رنگینه‌ای که جذب کالا شده‌است، مقادیر انعکاس تمامی نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر انعکاسی در طول موجهای ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. با توجه به منحنی انعکاسی هر نمونه عدد طول موجی که در آن مینیمم انعکاس از سطح نمونه بروز کرده (طول موج حاکم طیف انعکاسی) معین شده و عدد انعکاس آن مطابق با رابطه کیوبلکا و مانک جهت محاسبه مقدار نسبت ضریب جذب به انتشار (K/S) مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳].

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)2}{2R}$$

رابطه کیوبلکا و مانک:

اعداد K/S محاسبه شده مربوط به مجموع K/S پارچه سفید و رنگینه است که به منظور تخمین K/S رنگینه باید K/S نمونه استاندارد زمینه از K/S کل کم شود. K/S باقیمانده مربوط به رنگینه جذب شده خواهد بود که با غلظت رنگینه‌ای که جذب کالا شده‌است ارتباط مستقیم دارد [۱۳, ۱۴].

#### نتایج و بحث

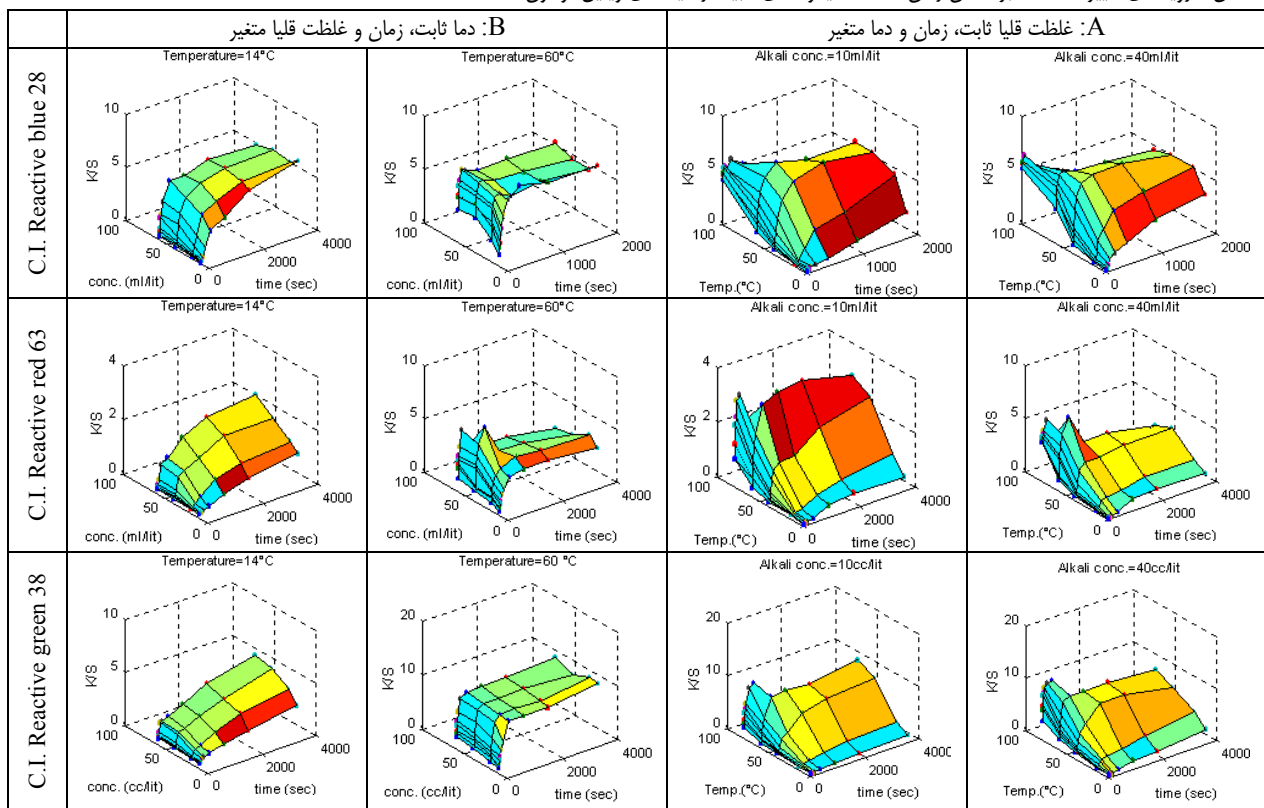
شکل‌های ۱ تا ۴ رویه‌های تغییرات K/S را بر اساس تغییرات زمان، دما و غلظت قلیا نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که با توجه به کثرت رویه‌های مورد مطالعه در این تحقیق تنها بخشی از آنها که از اهمیت بیشتری برخوردار بوده‌اند در شکلها آورده شده‌اند. ستون A در هر شکل متعلق به تغییرات K/S به صورت تابعی از تغییرات دما و زمان تثبیت در غلظت قلیای ثابت می‌باشد. رویه‌های ستون B نیز مربوط به تغییرات K/S همین رنگینه‌ها بر اساس تغییرات زمان و دمای تثبیت در غلظتهای ثابت قلیا می‌باشد. با بررسی این رویه‌ها می‌توان اطلاعات زیر را در مورد هر گروه کسب نمود:

#### رنگینه‌ها وینیل‌سولفون

تغییرات K/S بر اساس زمان، دما و غلظت قلیا شکل یک تابع نمایی را دارد. در این گروه افزایش دما و غلظت قلیا موجب افزایش میزان جذب رنگینه می‌گردد. اثر این دو عامل کاملاً تحت تاثیر زمان تثبیت قرار دارد به گونه‌ای که افزودن زمان به بیش از مقداری معین نه تنها افزایش جذب رنگینه را موجب نمی‌گردد بلکه کاهش آنرا نیز به همراه دارد. باید توجه داشت که بالا رفتن دما و یا غلظت قلیا زمان مورد نیاز برای رسیدن به حداکثر جذب رنگینه را کاهش می‌دهد.

افزایش دما و غلظت قلیا سبب افزایش شیب صعود K/S می‌گردد. در یک دمای ثابت با افزایش غلظت قلیا نرخ افزایش شیب کاهش یافته و میزان جذب رنگینه در غلظتهای بالاتر به هم نزدیک می‌شود. این حالت در دماهای بالاتر تشدید می‌شود. چنین رفتاری در رویه‌های مربوط به تغییرات K/S با تغییر دما و زمان در غلظت ثابت بروز نکرده‌است بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت غلظتهای مختلف قلیا با افزایش دما اثرات مشابهی روی تثبیت رنگینه وینیل‌سولفونی دارد. در واقع می‌توان اظهار داشت که رنگینه‌های این گروه به تغییرات دمایی بیش از تغییر غلظت قلیا حساس هستند.

شکل ۱: رویه‌های تغییرات K/S بر اساس زمان، غلظت قلیا و دمای تثبیت رنگینه‌های وینیل سولفون



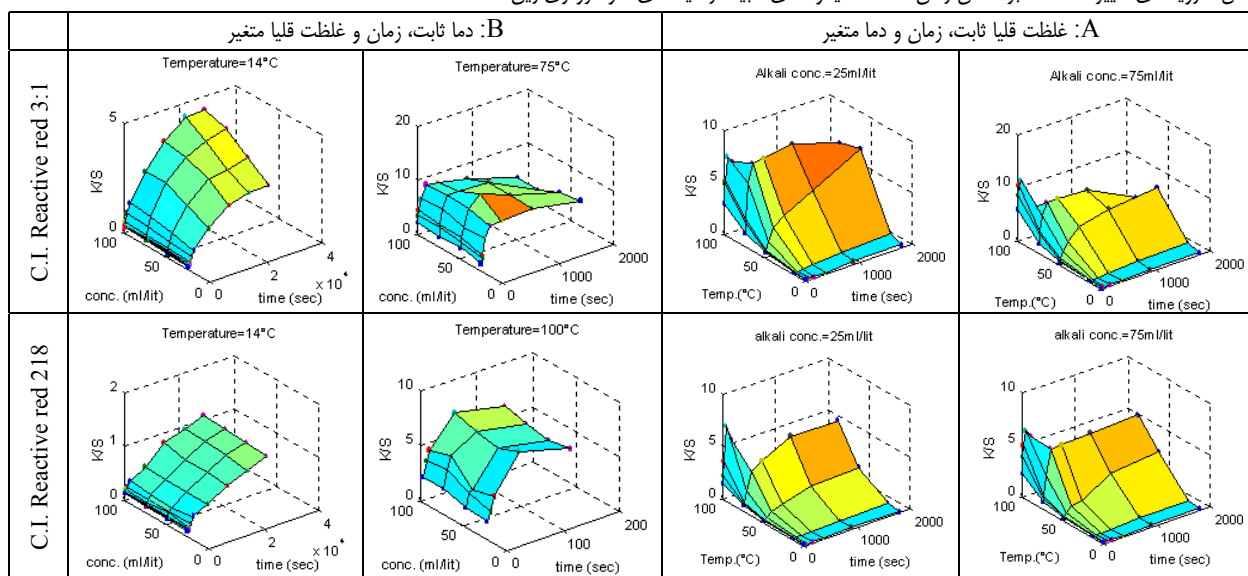
رنگینه‌های راکتیبو وینیل سولفون آزمایشی در دمای محیط طی مدت یک ساعت افزایش جذب دارند. در بالاترین دما نیز رنگینه‌های مختلف این گروه در مدت ۱۵۰ تا ۳۶۰ ثانیه به حداکثر جذب خود می‌رسند. در نهایت می‌توان برای رنگینه‌های این گروه بهترین شرایط تثبیت را که ماکزیمم جذب رنگینه در آن رخ می‌دهد در دمای ۶۰ تا ۸۰ °C، با مصرف ۲۰ تا ۴۰ میلی‌لیتر بر لیتر سود ۳۸ درجه بومه، طی مدت ۱۵۰ تا ۳۶۰ ثانیه (بسته به دما و غلظت انتخابی) کسب نمود.

#### رنگینه‌های منوکلروتتری‌آزین

رنگینه‌های منوکلروتتری‌آزین همانند رنگینه‌های وینیل سولفون با افزایش دما و غلظت قلیا افزایش میزان جذب رنگینه را نشان می‌دهند. در این گروه افزایش زمان و غلظت قلیا تا حدی خاص سبب افزایش جذب شده و پس از آن رفتاری کاهشی نشان می‌دهد. در این گروه نیز رسیدن به حداکثر جذب در دماها و غلظت‌های بالای قلیا به زمان کمتری احتیاج دارد. افزایش غلظت قلیا و دما سبب افزایش شیب صعود K/S می‌گردد. در عین حال در یک دمای ثابت با افزایش غلظت قلیا نرخ افزایش شیب کاهش می‌یابد به گونه‌ای که در بالاترین غلظت قلیای انتخابی شیب صعود نسبت به غلظت‌های پایینتر کمتر است. بدین ترتیب می‌توان عنوان داشت که در این گروه نیز با افزایش دما غلظت‌های مختلف قلیا اثرات مشابهی روی تثبیت رنگینه دارند. در واقع می‌توان اظهار داشت که رنگینه‌های منوکلروتتری‌آزین به تغییرات دمایی بیش از تغییر غلظت قلیا حساس هستند.

رنگینه‌های این گروه در دمای پایین‌تر از دمای محیط پس از طی ۸ ساعت همچنان با روندی افزایشی تمایل به تثبیت داشته اما برای رسیدن به ماکزیمم جذب در دمای جوش تنها به ۶۰ ثانیه زمان نیاز دارند. بر اساس رویه‌های مربوط به این گروه مناسبترین حالت برای کسب جذب رنگ بهینه دمای جوش، غلظت ۵۰ تا ۷۵ میلی‌لیتر بر لیتر سود سوراور ۳۸ درجه بومه و زمان ۶۰ ثانیه است.

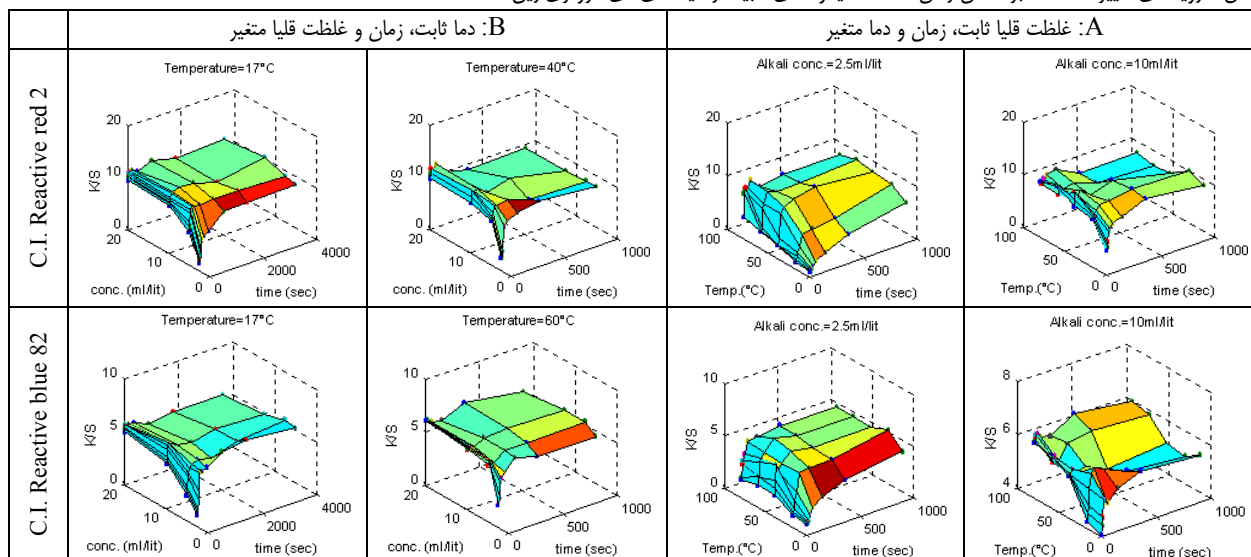
شکل ۲: رویه‌های تغییرات K/S بر اساس زمان، غلظت قلیا و دمای تثبیت رنگینه‌های منوکروتری آزین



### رنگینه‌های دی کلروتری آزین

در این گروه نیز افزایش دما و غلظت قلیا در زمانهای کوتاه موجب افزایش جذب رنگینه می‌گردد ولی افزایش بیش از حد زمان سبب کاهش جذب می‌گردد که این رفتار در دماها و غلظتهای بالاتر قلیا سریعتر بروز می‌نماید. در کل باید عنوان نمود که به دلیل واکنش پذیری بالای رنگینه‌های این گروه، تثبیت آنها به زمان و دمای بالا یا قلیای زیاد احتیاج ندارد.

شکل ۳: رویه‌های تغییرات K/S بر اساس زمان، غلظت قلیا و دمای تثبیت رنگینه‌های دی کلروتری آزین

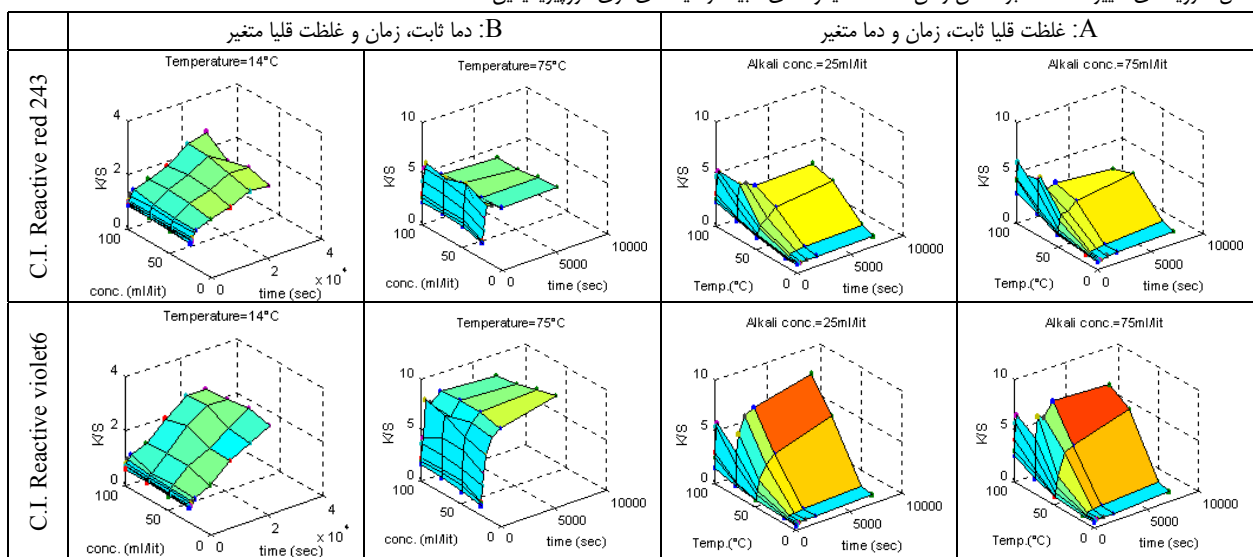


با توجه به شکل و شیب رویه‌های مربوط به این رنگینه‌ها می‌توان عنوان نمود که رنگینه‌های با گروه واکنشگر دی کلروتری آزین از حساسیت تقریباً یکسانی نسبت به عوامل دما و غلظت قلیا برخوردارند. همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین مقدار جذب این دو رنگینه دی کلروتری آزین در دمای محیط تا ۴۰°C و با استفاده از ۱۰ میلی لیتر بر لیتر سودسوزآور ۳۸ درجه بومه بدست می‌آید. زمان تثبیت بستگی به رنگینه مورد استفاده دارد اما در اکثر حالات در زمانی کمتر از ۱۵۰ ثانیه می‌توان به نتیجه قابل قبولی دست یافت.

## رنگینه‌های تری کلروپیریمیدین

رفتار رنگینه‌های این گروه شباهت بیشتری را با رنگینه‌های گروه منوکلروتتری‌آزین دارد. در این گروه نیز افزایش دما و غلظت قلیا تا زمانی خاص سبب افزایش جذب رنگینه شده و پس از آن کاهش جذب را به همراه دارد. البته زمان وقوع این حالت بستگی به رنگینه مورد استفاده دارد. همچنین مشاهده می‌شود که افزایش دما و غلظت قلیا به بیش از مقداری معین نیز سبب کاهش جذب رنگینه می‌شود. روند تغییرات شیب در مورد رنگینه‌های این گروه نیز مبین حساسیت بیشتر آنها به عامل دما نسبت به غلظت قلیا است و در دماهای بالاتر غلظت‌های مختلف قلیا تاثیر نسبتا یکسانی روی جذب رنگینه دارند.

شکل ۴: رویه‌های تغییرات K/S بر اساس زمان، غلظت قلیا و دمای تثبیت رنگینه‌های تری کلروپیریمیدین



راندمان رنگی این رنگینه‌ها در دماهای کمتر از دمای محیط تا زمان ۸ ساعت همچنان در حال افزایش است. اما رسیدن به ماکزیمم جذب رنگینه در دمای جوش تنها به ۶۰ تا ۱۵۰ ثانیه نیاز دارد. با توجه به رویه‌های مربوط به رنگینه‌های این گروه می‌توان بهترین حالت جذب را در دمای حدود ۷۵°C با مصرف ۵۰ تا ۷۵ میلی‌لیتر بر لیتر سود سوزآور ۳۸ درجه بومه، بسته به نوع رنگینه طی ۳۰ تا ۱۵۰ ثانیه کسب نمود.

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که میزان جذب رنگینه‌های راکتیو مورد مطالعه به صورت تابعی با متغیرهای مستقل زمان، دما و غلظت قلیا است. تثبیت رنگینه روی کالا با افزایش دما و غلظت قلیا در مرحله تثبیت تا زمان مشخصی افزایش یافته و پس از این زمان رو به کاهش می‌گذارد. البته با توجه به نتایج کسب شده در گروه‌های منوکلروتتری‌آزین و تری کلروپیریمیدین می‌توان عنوان نمود که افزایش بیش از اندازه غلظت قلیا یا دما نیز می‌تواند کاهش جذب رنگینه‌هایی راکتیو و حتی تغییر شیب آنها را به همراه داشته باشد. بررسیها نشان می‌دهد که رنگینه‌های وینیل‌سولفون، منوکلروتتری‌آزین و تری کلروپیریمیدین به تغییرات دمایی بیش از تغییرات غلظت قلیا حساس هستند اما رنگینه‌های دی‌کلروتتری‌آزین از حساسیت تقریبا یکسانی نسبت به این دو عامل برخوردارند. بهترین شرایط جهت کسب حداکثر راندمان رنگی در رنگرزی دومرحله‌ای با روش تثبیت تر به ترتیب مندرج در جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۵: شرایط بهینه تثبیت رنگینه‌های راکتیو مورد مطالعه در رنگرزی دومرحله‌ای با روش تثبیت تر

زمان	غلظت قلیا (سود Be ۳۸)	دما	
۱۵۰-۶۰ sec	۲۰-۴۰ ml/lit	۸۰°C تا ۶۰°C	وینیل‌سولفون
۶۰ sec	۵۰-۷۵ ml/lit	جوش	منوکلروتتری‌آزین
≈۱۵۰ sec	۵-۱۰ ml/lit	دمای محیط تا ۴۰°C	دی‌کلروتتری‌آزین
۱۵۰-۳۰ Sec	۵۰-۷۵ ml/lit	≈۷۵°C	تری کلروپیریمیدین

این نتایج با میزان واکنش‌پذیری رنگینه‌های انتخابی تناسب داشته و به چاپ دومرحله‌ای کالای پنبه‌ای توسط رنگینه‌های راکتیو نیز قابل تعمیم است. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان رفتار جذبی رنگینه‌های راکتیو آرمایشی را به صورت یک تابع نمایی ریاضی مدلسازی نمود. در این تابع زمان، دما و غلظت قلیا در مرحله تثبیت به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند. نتایج این بخش از مطالعات در مجله Iranian Journal of Polymer (2003-Nov.Dec) منتشر شده‌است.

## فهرست مراجع

1. Sugimoto, T, "Neutral-fixing reactive dyes for cotton", *J.S.D.C.*, Vol 108, pp 497-500, 1992.
2. Othmer, K, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 8, 3-edit, John Wiley & Son's, New York, 1979.
3. Jonson, A, *The Theory of Coloration of Textile*, 2-edit, S.D.C., Bradford-West Yorkshire, 1989.
4. Medley, J, Holdstock, C, "The Choice of Optimum Dye Exhaustion Profiles in Direct Control of Dyeing", *J.S.D.C.*, Vol 96, pp 286-292, 1980.
5. Popescu, C, Segal, E, "Non-Isothermal Kinetic Methods in the Study of Dyeing Process", *J.S.D.C.*, Vol 100, Des., pp 399-400, 1984.
6. Shibusawa, T, "Polynomial Approximations describing Rate of Dyeing from a Finite Bath", *J.S.D.C.*, Vol 96, pp 293-296, 1980.
7. Ceggara, J, Puente, P, "Consideration on the Kinetics of the Dyeing Process of Polyester Fibers with Dispersed Dyes", *Tex. Res. Jou.*, May, pp 343-350, 1967.
8. Ryes, P, Sperb, R, "Efficiency of Monofunctional Reactive Dyeing: A Mathematical Analysis", *Tex. Res. Jou.*, pp 643-652, 1989.
9. Lyer, V, Kilyer, J, Shenai, V, "Kinetic of Dyeing of Rotor-and Ring-Spun Cotton Yarn", *Indian Jou. of Fibre & Textile Reaserch*, Vol 20, pp 161-164, 1995.
10. Taylor, J, "The reactive dyeing behaviour of Tencel", *J.S.D.C.*, Vol 115, pp 294-296, 1999.
11. Brown, H, Casey, P, Yang, Y, Li, S, "Dyeing Behavior of 100% Poly(TrimethyleneTerephthalate) (PTT) Textiles from CORTERRA Polymers", [www.corterra.com](http://www.corterra.com).
۱۲. توانایی.ح، "تکنیکهای رنگرزی"، نشر شرکت پوشینه بافت، تهران، چاپ اول، ۱۳۷۱
13. Grlan, C.E., Hoban, R.F., Kuehni, R.C., ISCC, "A General Procedure for Determination of Relative Dye Strength by Spectrophotometric measurement", *Tex. Chem. & Col.*, Vol6, No 5, pp 27-31, 1974.
14. Baumann, W, Tomas, G, "Determination of Relative Colour Strength and Residual Colour Difference by Means of Reflectance Measurment", *J.S.D.C.*, Vol 103, pp 100-105, 1987.