شیمی نساجی

بهبود ثبات نوری پارچه پنبه‌ای رنگ شده با رنگ راکتیو به‌وسیله آنتی‌اکسیدان و جاذب‌های اشعه ماوراءبنفش

مترجم: امین رضایی

چکیده

نمونه‌های پارچه پنبه‌ای با رنگ‌های C.I. Reactive Red 22 ، C.I. Reactive Yellow 84 و C.I Reactive Blue 19 رنگرزی شد و اثر چند آنتی‌اکسیدان و جاذب UV معمول، به‌منظور بهبود خواص ثبات نوری مورد بررسی قرار گرفت. آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گالیک اسید، ویتامین C و کافئیک اسید و جاذب‌های UV مانند ۲- هیدروکسی بنزوفنون و فنیل سالیسیلات به روش رمق‌کشی روی پارچه پنبه‌ای رنگ‌شده با رنگ راکتیو به‌کار گرفته شد. سپس نمونه‌های عمل شده، بر اساس استانداردهای بین‌المللی از نظر خواص ثبات نوری بررسی شد. نتایج به‌دست آمده هیچ‌گونه تغییری را در عمق رنگی نمونه‌ها پس از عملیات بعدی نشان نداد. در تمامی موارد، استفاده از جاذب‌های UV یا آنتی‌اکسیدان‌ها باعث بهبود در خواص ثبات نوری نمونه‌ها شد. بهترین نتیجه در افزایش ثبات نوری در کاربرد ویتامین C مشاهده شد.

مقدمه

به مقاومت یک کالا در برابر تغییر رنگ، زمانی که در معرض نور خورشید یا یک منبع نور مصنوعی قرار می‌گیرد، ثبات نوری گفته می‌شود. محوشدگی رنگ منسوجات در برابر نور یک پدیده شناخته‌شده است و حدود ۲۰۰ سال تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. مکانیزم‌هایی که طی آن رنگ‌ها دچار تجزیه نوری می‌شوند، تصور می‌شد که پروسه‌های پیچیده‌ای هستند. با این حال، بیشتر مطالعات نشان داده که تجزیه تک مولکولی به‌وسیله نور UV و اکسایش نوری به‌وسیله نور مرئی، دو مکانیزم اصلی در محوشدگی رنگ‌ها هستند.

$$\begin{aligned} &\text{Dye} + \text{UV Light} \rightarrow \text{Bleaching} \\ &\text{Dye} + \text{O}_2 + \text{Light} \rightarrow \text{Bleaching} \end{aligned} \quad (۱)$$

بسیاری از مؤلفان این واکنش شیمیایی و گروه‌های فعال موثر در آن را مورد مطالعه قرار دادند. از جمله برجسته‌ترین آنها، اگرتون و مورگان بودند که در مجموعه‌ای از مقالات نشان دادند که گروه‌های اکسیژن فعالی که در اثر تابش‌دهی پارچه‌های رنگ‌شده به‌وجود می‌آید قابلیت تخریب رنگ را دارند. ماهیت گروه-های اکسیژن فعال (به‌طور مثال اکسیژن واحد، آب اکسیژنه، رادیکال‌های سوپروکسید، رادیکال‌های هیدروکسید و رادیکال‌های پروکسی) مشخص نشده است. در نتیجه، کارهای بسیاری در مورد اینکه این گروه‌ها چطور در حین تابش‌دهی به‌وجود می‌آیند و همچنین اثر تخریبی آن‌ها روی رنگ‌ها انجام شده‌است. اکسیژن واحد که می‌تواند از طریق اشباع کردن حالت‌های برانگیخته رنگ‌ها توسط اکسیژن در حالت سه‌تایی به‌وجود آید، بیشترین توجه را به خود جلب کرده است.

$$\text{Dye} \xrightarrow{\text{Light}} \text{Dye} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Quench}} \text{Dye} + {}^1\text{O}_2 \quad (۲)$$

تحقیقات بسیاری نشان داده که اکسیژن واحد در برابر رنگ‌ها بسیار فعال است، گرچه اهمیت آن مشخص نشده است. کارهای انجام شده اخیر نشان داده که نقش آن در محوشدگی رنگ‌های آزو ناچیز است. اشباع حالت برانگیخته رنگ با اکسیژن همچنین منجر به تشکیل رادیکال سوپروکسید و تخریب رنگ طبق واکنش زیر می‌شود.

$$\text{Dye} \xrightarrow{\text{Light}} \text{Dye} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Electron Transfer}} \text{Dye}^+ + \text{O}^- \quad (۳)$$

سپس رادیکال سوپروکسید تشکیل شده می‌تواند واکنش داده و مولکول‌های رنگ بیشتری را تخریب کند. واضح است که مکانیزم دقیق محوشدگی رنگ در برابر نور به نوع رنگ و لیف بستگی دارد. بنابراین، لازم است تا اهمیت نسبی نور مرئی و UV و علاوه بر آن انواع مختلف گروه‌های اکسیژن فعال را در ارتباط با محوشدگی متوجه شد. جاذب‌های UV مواد افزودنی هستند که از تجزیه نوری مواد پلیمری در برابر نور UV و نور مصنوعی جلوگیری می‌کنند. این مواد پرتو UV را جذب کرده و آن را به شکل پرتوی فلوئورسنت یا مادون قرمز دوباره منتشر می‌کنند. انرژی مولکول‌های برانگیخته که

باعث تجزیه نوری می‌شود به صورت انرژی گرمایی آزاد می‌شود. محققان کاربرد جاذب‌های UV در کاهش تغییر رنگ را به وسیله دو روش معمول که روش اول کاربرد مستقیم جاذب‌های UV روی پارچه و روش دوم استفاده از مواد فیلترکننده UV است بررسی کردند.

دسته اصلی تثبیت کننده‌های پرتو UV شامل مشتقات ۲-هیدروکسی بنزوفنون، ۲-(H2- بنزوتری‌آزول- 2- 1y)- فنول‌ها، فنیل استرها، سینامیک اسیدهای جانشین‌شده و کی‌لیت‌های نیکل می‌شود. گوردون و همکارانش استفاده از جاذب‌های UV برای محافظت پشم در برابر زرد شدگی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات آلی هستند که به مواد آلی با قابلیت اکسید شدن اضافه می‌شوند تا از اکسیدشدن خودبخودی آن‌ها جلوگیری کرده و در حالت کلی عمر مفید مواد را افزایش دهند. آنتی‌اکسیدان‌ها بر اساس مکانیزمی که عمل می‌کنند به دو دسته تقسیم می‌شوند که دسته اول با به دام انداختن رادیکال (متوقف کردن واکنش‌های زنجیری) و دسته دوم با تجزیه پراکسید مانع اکسید شدن نمونه می‌شوند. آنتی‌اکسیدان اکسیژن واحد آزاد را جذب کرده و محوشدگی را کاهش می‌دهد. فعالیت آنتی‌اکسیدان بر اساس واحد ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن بیان می‌شود. کارهای زیادی توسط محققان با تمرکز روی اثر نوع رنگ، ساختار شیمیایی آن، مشخصات رنگرزی و شرایط نوردهی بر خواص ثبات نوری انجام شده است. تا قبل از این آنتی‌اکسیدان تنها روی پارچه‌های رنگ‌شده با رنگ‌های طبیعی استفاده شده بود. اما در این کار، آنتی‌اکسیدان و جاذب‌های UV روی نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ راکتیو بکار برده شده‌اند.

مواد و روش‌ها

مواد

مشخصات پارچه

پارچه پنبه‌ای آماده برای رنگرزی با پارامترهای ساختمانی زیر استفاده شد :

نمره نخ تار	۶۰ Ne
نمره نخ پود	۶۰ Ne
تار در اینچ	۱۲۰
پود در اینچ	۱۰۳
دانسیته سطحی	۸۰ g/m^2
اندیس سفیدی	۶۸
قدرت جذب	کمتر از ۳ ثانیه

رنگ‌های راکتیو

رنگ‌های راکتیو تجاری با نام‌های C.I. Reactive Yellow 84 ، C.I. Reactive Red 22 و C.I Reactive Blue 19 بدون خالص‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند.

آنتی‌اکسیدان و جاذب‌های UV

آنتی‌اکسیدان‌ها (گالیک اسید، ویتامین C و کافئیک اسید) و جاذب‌های UV (۲- هیدروکسی بنزوفنون و فنیل سالیسیلات) برای عمل کالای پنبه‌ای قبل از پرتودهی مورد استفاده قرار گرفتند.

روش‌ها

رنگرزی

رنگرزی پارچه‌های شسته‌شده در دمای ۶۰°C و به مدت ۳۰ دقیقه با هر یک از رنگ‌ها به میزان ٪۱ و به همراه ۳۰ g/L سدیم سولفات و به روش رمق‌کشی انجام شد. عمل تثبیت نیز با محلول ۱۰ g/L سود و به مدت ۴۵ دقیقه انجام شد. بعد از رنگرزی، نمونه‌ها ابتدا با آب مقطر، سپس با محلول صابون و در انتها یک بار دیگر با آب مقطر آبکشی شده و خشک شدند.

کاربرد آنتی‌اکسیدان‌ها و جاذب‌های UV

نمونه‌های خشک‌شده در محلول حاوی ۱ g/L از هر یک از آنتی‌اکسیدان‌ها و جاذب‌های UV به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰°C و حین هم‌زدن عمل شد. برای گالیک اسید، ویتامین C و کافئیک اسید از محلول آبی و برای بقیه موارد از مخلوط آب و اتانول (با نسبت ۹ به۱ حجمی/حجمی) استفاده شد. سپس نمونه‌ها شسته شده و در معرض هوا خشک شدند.

تست ثبات نوری

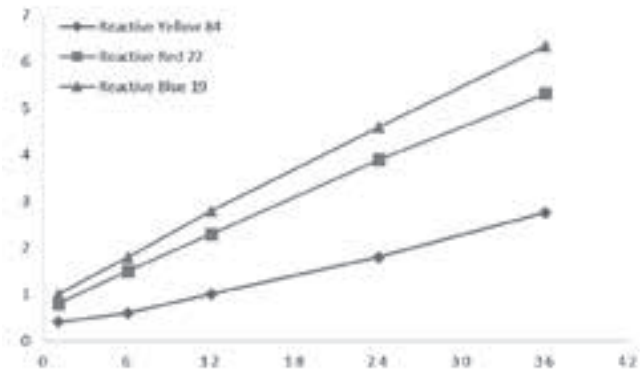
نمونه‌های رنگ‌شده بطور جداگانه و برای زمان‌های ۱، ۲، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ ساعت در دمای ۴۰°C زیر منبع نور مصنوعی مجهز به لامپ زنون و فلوئورسنت جیوه-تنگستن که طول موج آن مشابه نور خورشید است پرتودهی شد. تغییرات به وجود آمده با نمونه اصلی مقایسه و با مقادیر تغییر رنگ dE بیان شد.

نتایج و بحث

خواص ثبات نوری

شکل ۱ نشان می‌دهد که محوشدگی برای نمونه‌های رنگ‌شده با افزایش زمان پرتودهی افزایش می‌یابد. ثبات نوری نمونه‌های رنگ‌شده و عمل‌شده با آنتی‌اکسیدان‌ها و جاذب‌های UV پس از ۳۶ ساعت پرتودهی بررسی شده است. نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ C.I. Reactive Yellow 84 ثبات نوری بهتری را نسبت به دو رنگ دیگر نشان می‌دهد.

کاربرد این مواد نباید تغییری در رنگ نمونه ایجاد کند. بطور کلی، این عملیات تغییراتی را به سمت روشن‌تر و آبی‌تر شدن به وجود می‌آورد. منحنی‌های میزان محوشدگی نمونه‌های عمل‌شده مشابه منحنی نمونه رنگ‌شده عمل نشده است. مشاهده شد که در مورد نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ C.I. Reactive Yellow 84، آنتی‌اکسیدان‌ها موثرتر از جاذب‌های



شکل ۱، منحنی‌های میزان محوشدگی

شکل ۲، اثر نور بر (a) ۲- هیدروکسی بنزوفنون و (b) فنیل سالیسیلات

UV عمل کردند. تغییر رنگ نمونه رنگ‌شده برابر ۲/۷۶، نمونه عمل‌شده با ویتامین C، ۱/۷۶، کافئیک اسید، ۱/۹، گالیک اسید، ۱/۹۵، فنیل سالیسیلات، ۲/۵۲ و بنزوفنون، ۲/۳۳ به دست آمد. این امر که جاذب‌های UV روی نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ زرد کم بازده بودند نشان می‌دهد که این رنگ در برابر نور مرئی بسیار حساس است. تغییر رنگ مربوط به نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ C.I. Reactive Red 22 بعد از ۳۶ ساعت پرتودهی برای نمونه عمل‌نشده، ۶/۳۵، ویتامین C، ۴/۱۲، کافئیک اسید، ۵/۳۵، گالیک اسید، ۵/۶۴، فنیل سالیسیلات، ۵/۴۵ و بنزوفنون، ۵/۳۹ بود. نمونه عمل‌شده با ویتامین C کمترین میزان تغییر رنگ را نشان داد.

تغییر رنگ مربوط به نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ C.I Reactive Blue ۱۹ بعد از ۳۶ ساعت پرتودهی برای نمونه عمل‌نشده، ۵/۳۲، ویتامین C، ۲/۵۴، کافئیک اسید، ۳/۴۵، گالیک اسید، ۳/۹۶، فنیل سالیسیلات، ۴/۱۲ و بنزوفنون، ۴/۰۱ بود. نمونه‌های عمل شده با آنتی‌اکسیدان و جاذب UV، هردو تغییر رنگ کمتری را نسبت به نمونه عمل‌نشده نشان دادند و نمونه ویتامین C بهترین عملکرد را داشت.

اثر آنتی‌اکسیدان روی ثبات نوری

نور مرئی برای تجزیه رنگ نیاز به اکسیژن دارد. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند گالیک اسید، ویتامین C و کافئیک اسید باعث جذب رادیکال‌های اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه نوری می‌شود. ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن آسکوربیک اسید (ویتامین C)(۱۲/۵) بیشتر از گالیک اسید (۱۱/۷) و کافئیک اسید (۹/۵) است که دلیل نتایج بهتر آن نیز همین مورد است.

اثر جاذب‌های UV روی ثبات نوری

اثرات ۲- هیدروکسی بنزوفنون بیشتر از سایر جاذب‌های UV مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۲.a دیده می‌شود، ساختار I با جذب نور به سرعت به فوتوانول (ساختار II) تبدیل می‌شود و عکس این واکنش نیز با آزاد شدن حرارت انجام می‌شود که بازده نزدیک ۱۰۰٪ را نشان می‌دهد. وجود پیوند هیدروژنی بین مولکولی در هر دو ساختار، دلیلی بر سریع و موثر بودن این ایزومرشدن خودبخودی است.

بنزوفنون تنها برای رنگ‌هایی که در برابر نو مرئی حساس نیستند کاربرد دارد و حتی در این موارد هم بهبود حاصل‌شده به اندازه یک درجه افزایش در ثبات است. بررسی‌های ما نشان داد که ۲- هیدروکسی بنزوفنون جاذب موثری برای پارچه‌های پنبه‌ای رنگ‌شده با سه رنگ راکتیو انتخاب‌شده نیست. با این حال، به نظر می‌رسد ۲،۲- دی هیدروکسی-۴،۴ ایمتوکسی بنزوفنون در مورد نخ پنبه‌ای رنگ‌شده با رنگ راکتیو آبی موثرتر باشد. تفاوت بین فعالیت این دو را شاید بتوان با تفاوت در جذب توضیح داد. ۲،۲- دی هیدروکسی-۴،۴ ایمتوکسی بنزوفنون جذب بالایی را در محدوده نزدیک ماوراءبنفش نشان می‌دهد که کانژوگیت شدن بین گروه ارتوهیدروکسی و کربونیل است. فنیل سالیسیلات جذب بسیار پایینی را در محدوده ماوراءبنفش نشان می‌دهد. با این حال، بعد از مدتی نوردهی مقابل نور خورشید، افزایش جذب در محدوده ۲۹۰-۴۰۰ نانومتر مشاهده شده و بعد از نوردهی کافی طیفی مشابه ۲- هیدروکسی بنزوفنون را نشان می‌دهد. فنیل سالیسیلات تاثیر خود را از طریق یک بازآرایی در حضور نور که آن را تبدیل به ۲- هیدروکسی بنزوفنون می‌کند نشان می‌دهد (شکل ۲.b). متأسفانه، محصولات دیگری نیز تولید می‌شود و این تبدیل تنها ۵۰-۷۰٪ بازده دارد. بررسی‌های ما نشان داد که فنیل سالیسیلات در تمامی موارد ناکارآمد بود. ثبات نوری پایین سه رنگ راکتیو نیز ثابت شد. با این وجود، استفاده از بعضی مواد افزودنی می‌تواند باعث بهبود ثبات شود. نور UV عامل مهمی در محوشدگی تقریبا تمام رنگ‌ها، ضعیف شدن الیاف و پارچه‌ها و تجزیه نوری بسیاری از مواد است. جاذب‌های UV و آنتی‌اکسیدان‌ها روی مواد زیادی به‌کار برده شده‌اند و در بسیاری از موارد نیز در خنثی کردن حملات تخریب‌کننده نور UV موفق بوده‌اند. با این حال، تحقیقات بیشتری در مورد کاربرد آن‌ها روی الیاف، قبل از رسیدن به بیشترین اثربخشی مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

منحنی‌های نرخ محوشدگی برای محاسبه تغییر رنگ در مورد نمونه‌های رنگ‌شده با سه رنگ C.I. Reac- ، C.I. Reactive Yellow 84 tive Red 22 و C.I Reactive Blue 19، نشان داد که محوشدگی با افزایش مدت زمان پرتودهی افزایش می‌یابد. کاربرد جاذب‌های UV و آنتی‌اکسیدان‌ها تغییر رنگ نمونه‌ها را به سمت روشن‌تر و آبی‌تر شدن هدایت می‌کند. موثرترین ماده افزودنی برای نمونه‌های رنگ‌شده با دو رنگ C.I. Reactive Yellow 84 و C.I. Reactive Red 22، ویتامین C بود. برای نمونه‌های رنگ‌شده با رنگ C.I Reactive Blue 19، تمامی مواد بهبود مناسبی را در ثبات نشان دادند. بهبود حاصل‌شده در ثبات برای نمونه-های رنگ‌شده با دو رنگ C.I. Reactive Yellow 84 و C.I Re- active Blue 19 در مقایسه با رنگ C.I. Reactive Red 22 بیشتر بود. تاثیر استفاده همزمان از جاذب‌های UV و آنتی‌اکسیدان‌ها در تحقیقات بعدی بررسی خواهد شد.

منابع در دفتر مجله موجود است.