

بهینه‌سازی شرایط رنگرزی الیاف پشم با مواد رنگزای روناس و دندانه آلومینیم سولفات بر اساس آزمایش‌های تاگوچی

Optimization of Dyeing Conditions of Wool Fibers with Madder Dyes and Aluminum Sulfate Mordant Based on Taguchi's Experiments

محمد دودانگه^۱، کمال الدین قرنجیگ^{۲*}

۱- کاشان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کاشان، باشگاه پژوهشگران جوان، صندوق پستی ۴۳۳-۸۷۱۳۵

تهران، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، صندوق پستی ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، ۳- قطب علمی رنگ

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۱۰

چکیده

در این پژوهش، رنگرزی الیاف پشم با مواد رنگزای موجود در گیاه روناس با استفاده از دندانه آلومینیم سولفات بررسی شده است. در این راستا برای دستیابی به روش مطلوب رنگرزی ابتدا از روش طراحی آزمایش تاگوچی و سپس از روش تک‌عاملی استفاده شد. پارامترهای دما، زمان، نسبت L:G، جنس و pH حمام و نوع مواد کمکی (تعاونی) مصرفی در رنگرزی الیاف پشم بررسی شد. در این آزمون‌ها معیار انتخاب شرایط بهینه رنگرزی دستیابی به قدرت رنگی زیاد، خواص ثباتی و یکنواختی مناسب بوده است که به‌طور چشمی و به روش طیف‌سنجی بررسی شدند. نتایج نشان داد، شرایط بهینه رنگرزی عبارت از دمای جوش، زمان ۲ h، pH برابر ۴-۵، جنس حمام سفال و نسبت L:G معادل ۳۰:۱ است.

مقدمه

مصنوعی که در فرایند تولید و مصرف آنها مقادیر بسیار زیادی مواد شیمیایی خطرناک تولید و روانه محیط زیست می‌شود، مواد رنگزای طبیعی دوست‌دار محیط زیست‌اند [۵]. به همین دلیل مطالعه و شناسایی مواد رنگزای طبیعی جزو پژوهش‌های گسترده‌ای است که امروزه در حال انجام است [۶-۸].

یکی از مهم‌ترین مواد رنگزای طبیعی که برای رنگرزی الیاف پشم، پنبه و ابریشم به کار می‌رود، مواد رنگزای موجود در ریشه گیاه روناس است. روناس در تمام زبان‌ها مترادف رنگ قرمز است. از قرن‌ها پیش روناس برای تهیه مواد رنگزای قرمز طبیعی در اروپا، آسیا و آمریکا کشت می‌شد [۹-۱۲، ۳-۶، ۱]. در ایران روناس در استان‌های آذربایجان، مازندران، یزد و بعضی

مواد رنگزای طبیعی گروه بسیار مهم و گسترده‌ای از مواد رنگرزی هستند که قابلیت رنگ کردن کالاهای طبیعی و مصنوعات بشری را به رنگ‌های مختلف دارند. از آنجا که مقدار مواد رنگزا و نیز ثبات‌های ایجاد شده روی کالا از یک منبع به منبع دیگر متفاوت است، از همه این ترکیبات نمی‌توان به عنوان مواد رنگزای نساجی استفاده کرد [۳-۱].

این نوع رنگزاها اغلب از گیاهان، گل‌سنگ‌ها، قارچ‌ها، حشرات و نرم‌تنان به‌دست آمده و بر اساس ساختار شیمیایی و روشی که روی کالا به کار می‌روند، دسته‌بندی می‌شوند [۴-۱]. برخلاف مواد رنگزای

کلمات کلیدی

الیاف پشم،
رنگرزی،
روناس،
آلومینیم سولفات،
آزمایش تاگوچی

*مستول مکاتبات، پیام نگار: gharanjig@icrc.ac.ir

در ادامه اثر متغیرهای مختلف نظیر دما، زمان، نسبت L:G، جنس حمام رنگرزی و pH محلول روی قدرت رنگی کالاهای رنگرزی شده بررسی شده است. در نهایت، با توجه به بررسی‌های انجام شده بهترین شرایط رنگرزی معرفی شد.

تجربی

مواد

مواد استفاده شده در این پژوهش شامل دندانه‌ها و اسیدها همه نوع آزمایشگاهی و صنعتی بودند. برخی از مواد مثل قره قروت، لیمو، لاکتیک اسید و استیک اسید از منابع تجاری به دست آمدند. الیاف پشمی استفاده شده نیز از الیاف محلی کرمانشاه به دست آمد. برای شست‌وشوی کالاهای نیز از شوینده غیر یونی با عنوان Lotensol Hansa Co استفاده شد.

دستگاه‌ها

برای تعیین مقادیر رنگ (a^* ، b^* و L^*)، k/s و مشخصات انعکاسی هر یک از کالاهای رنگرزی شده از طیف‌نورسنج انعکاسی ColorEye7000A ساخت شرکت GretagMacbeth با منبع نوری D_{65} و زاویه دید ۱۰ درجه استفاده شد. به منظور بررسی خواص سطحی الیاف رنگرزی شده از میکروسکوپ الکترونی LEO 1455 VP ساخت شرکت Philips هلند استفاده شد. دستگاه اندازه‌گیری ثابت نوری Zنون Heraeus instruments Xenotest Alpha LM، دستگاه QE-OC2-2 و Atlas به ترتیب برای اندازه‌گیری ثابت نوری، سایشی و شست‌وشویی به کار گرفته شد.

روش‌ها

عملیات پیش از رنگرزی

برای رنگرزی تمام کالاهای ابتدا از روش دندانه و سپس رنگرزی استفاده شد. پیش از رنگرزی، کالاهای در حمام حاوی ۱ g/L شوینده غیر یونی در دمای 50°C به مدت ۲۰ min شست‌وشو داده شدند (L:G=۳۰:۱). سپس، کالاهای آبکشی و خشک شده و به اندازه‌های ۱۰ گرمی تقسیم شدند. بدین ترتیب، کالاهای برای دندانه‌دار شدن آماده شدند. دندانه‌دار کردن الیاف پشمی در حمام حاوی ۵٪ املاح فلزی آلومینیم سولفات (زاج سفید) مطابق منحنی نشان داده شده در شکل ۲ انجام شد. در ادامه کالاهای دندانه داده شده آبکشی شده و بلافاصله استفاده شدند.

رنگرزی الیاف پشم

برای بهینه‌سازی شرایط رنگرزی الیاف پشم با مواد رنگرزی گیاه روناس متغیرهایی نظیر دما، زمان، نسبت L:G، جنس حمام‌های رنگرزی و pH محلول رنگرزی بررسی شد. طراحی این آزمون‌ها بر اساس آزمایش‌های تاگوچی انجام شد تا با انجام کمترین آزمون نتایج مطلوب به دست آید.

از نقاط کرمان کشت می‌شود و به‌طور وحشی در تمام ایران رشد می‌کند. شایان ذکر است، بهترین نوع روناس در ایران در اطراف یزد شناسایی شده است. مواد رنگرزی که از روناس تهیه می‌شوند، در گروه مواد رنگرزی هیدروکسی آنتراکینون‌ها دسته‌بندی می‌شوند و تنها تمایل به جذب الیاف دندانه داده شده دارند [۱۰].

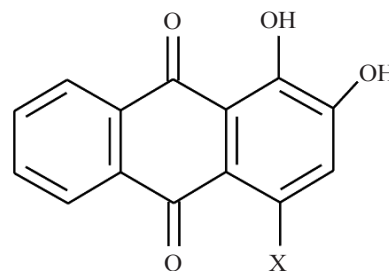
ماده رنگرزی مؤثر گیاه روناس در بین پوسته خارجی ریشه و مغز چوبی آن قرار گرفته است که نوع تهیه شده آن از بخش‌های پوسته خارجی نسبت به قسمت چوبی، دارای مشتقات آنتراکینونی بسیار زیاد است. ساختار آنتراکینون‌های موجود در روناس کشت شده در نقاط مختلف با یکدیگر متفاوت‌اند. به‌طور مثال، جزء اصلی ماده رنگرزی روناس کشت شده در اروپا آلپازین (۲،۱-دی‌هیدروکسی آنتراکینون) (شکل ۱-الف) است، در حالی که پورپورین (۴،۲،۱-تری‌هیدروکسی آنتراکینون) بخش عمده ماده رنگرزی روناس هندی را تشکیل می‌دهد (شکل ۱-ب) [۳].

روناس سابقه تاریخی طولانی دارد. به‌طوری که تمام پوشش‌های ارتش ناپلئون و پوشش قرمز سربازان انگلیسی در قرن‌های ۱۸ و ۱۹ با استفاده از این ماده رنگرزی می‌شد. هنگامی که آلپازین مصنوعی در سال ۱۸۶۸ وارد بازار شد، کاربرد روناس به عنوان مواد رنگرزی نساجی رو به زوال گذاشت. اما، مصرف آن تا به امروز متوقف نشده است.

شایان ذکر است، روناس سابقه پزشکی نیز دارد، به‌طوری که ریشه این گیاه برای درمان سنگ کلیه و مثانه استفاده می‌شده است [۱۳]. ولی بعدها به دلیل خاصیت سمی حلقه‌های آنتراکینونی، تمام محصولات دارویی بر پایه روناس از بازارها جمع‌آوری شد که این اتفاق در اروپا در سال ۱۹۹۲ رخ داد [۱۴-۱۸].

کاربرد عمده مواد رنگرزی تهیه شده از گیاه روناس در رنگرزی الیاف پشم، پنبه، ابریشم و چاپ آنهاست [۹]. مطالعات کلاسیک اخیر نشان می‌دهد، مواد رنگرزی استخراج شده از روناس ثابت شست‌وشویی و نوری نسبتاً خوبی دارند و مقدار این ثابت‌ها برای الیاف پشم نسبت به دو لیف ابریشم و پنبه بیشتر است [۳].

اهمیت روناس در رنگرزی الیاف نساجی، به‌ویژه الیاف پشم باعث شده است که در پژوهش حاضر الیاف پشم با مواد رنگرزی موجود در گیاه روناس به روش پیش‌دندانه و با به‌کارگیری دندانه آلومینیم سولفات رنگرزی شود. برای بهینه‌سازی شرایط رنگرزی از روش طراحی آزمایش تاگوچی بهره گرفته شده است.



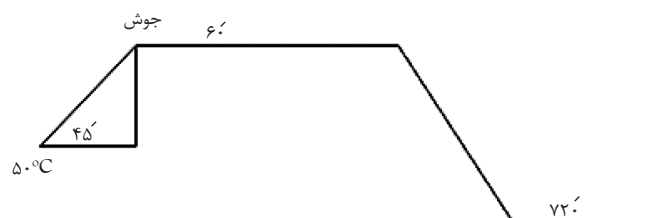
شکل ۱- ساختار شیمیایی: (الف) آلپازین ($X=H$) و (ب) پورپورین ($X=OH$).

جدول ۱- تعداد و نحوه آزمون‌های بهینه‌سازی به روش تاگوچی.

شماره آزمون	دما (°C)	زمان (h)	pH	جنس حمام	L:G
۱	۲۵	۱	۱	مس	۲۰:۱
۲	۲۵	۲	۲-۳	پیرکس	۵۰:۱
۳	۲۵	۴	۴-۵	فولاد	۷۰:۱
۴	۲۵	۸	۶-۷	سفال	۳۰:۱
۵	۵۰	۱	۲-۳	سفال	۷۰:۱
۶	۵۰	۲	۱	فولاد	۳۰:۱
۷	۵۰	۴	۶-۷	پیرکس	۲۰:۱
۸	۵۰	۸	۴-۵	مس	۵۰:۱
۹	۷۵	۱	۴-۵	پیرکس	۳۰:۱
۱۰	۷۵	۲	۶-۷	مس	۷۰:۱
۱۱	۷۵	۴	۱	سفال	۵۰:۱
۱۲	۷۵	۸	۲-۳	فولاد	۲۰:۱
۱۳	جوش	۱	۶-۷	فولاد	۵۰:۱
۱۴	جوش	۲	۴-۵	سفال	۲۰:۱
۱۵	جوش	۴	۲-۳	مس	۳۰:۱
۱۶	جوش	۸	۱	پیرکس	۷۰:۱

آزمون تعیین ثبات رنگ

ثبات رنگ کالاهای رنگ‌رزی شده در برابر شست‌وشو، نور و سایش به ترتیب مطابق استانداردهای ISO 105 B02, ISO 105 C03 و ISO 105 X12 انجام شد. ثبات رنگ کالاهای رنگ‌رزی شده در برابر مواد سفیدکننده کلردار مطابق کاربرد صنعتی شست‌وشوی فرش دستباف انجام شد.



شکل ۲- منحنی مربوط به دندان‌دادن الیاف پشم با استفاده از آلومینیم سولفات.

بدین منظور آرایه متعامد 5×4 برای انجام آزمون استفاده شد. در این آرایه تعداد عوامل ۵ و تعداد سطوح ۴ بود. بنابراین، ۱۶ نسخه رنگ‌رزی به شرح جدول ۱ طراحی و آزمایش شد. بدین ترتیب ۱۶ نمونه رنگ‌رزی شده به دست آمد. شایان ذکر است، برای تنظیم pH محلول رنگ‌رزی برابر ۱، ۳-۲ و ۵-۴ به ترتیب از سولفوریک اسید، فرمیک اسید و استیک اسید استفاده شد.

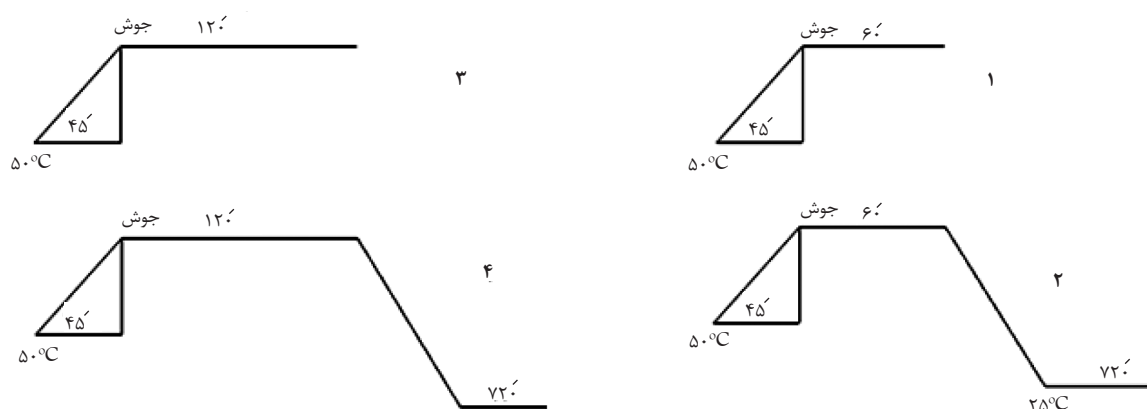
پس از رنگ‌رزی کالاهای شست‌وشو داده شده برای تعیین شرایط بهینه، آزمون‌های تعیین ثبات رنگ در برابر شست‌وشو، نور، آب کلردار و سایش، تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی و طیف‌نورسنجی انعکاسی انجام شد.

پس از اینکه شرایط مطلوب اولیه برای رنگ‌رزی‌ها به دست آمد، برخی اصلاحات برای عملی و کاربردی کردن نتایج آزمون به شرح زیر انجام شد. این اصلاحات در نهایت منجر به حصول شرایط بهینه رنگ‌رزی شد: - بررسی اثر زمان رنگ‌رزی که به ترتیب از ۲ به ۴ و ۸ افزایش یافت. - بررسی اثر نسبت L:G رنگ‌رزی که کالاهای به ترتیب در L:G برابر ۱:۱، ۲:۱، ۳:۱ و ۴:۱ رنگ‌رزی شدند.

- بررسی تغییر منحنی رنگ‌رزی که مطابق شکل ۳ منحنی‌های رنگ‌رزی تغییر داده شدند.

- بررسی اثر مواد تعاونی که رنگ‌رزی‌هایی با استیک اسید، لاکتیک اسید، لیمو، قره قروت و ماست انجام شد.

- بررسی اثر آب روان که کالاهای رنگ‌رزی شده در آب روان با pH برابر ۷/۳ و سختی ۴۴۰ ppm به مدت ۲۴، ۴۸، ۱۶۸ و ۳۳۶ h قرار گرفتند.



شکل ۳ - منحنی‌های رنگ‌رزی الیاف پشم دندان‌دار آلومینیم سولفات با روناس.

نتایج و بحث

جدول ۲- شرایط مطلوب اولیه حمام‌های رنگ‌رزی الیاف پشم با رونا س و آلومینیم سولفات.

شرایط	شماره حمام		
	۱۲	۱۴	۹
دما (°C)	۷۵	جوش	۷۵
زمان (h)	۸	۲	۱
pH	۲-۳	۴-۵	۴-۵
L:G	۲۰:۱	۲۰:۱	۳۰:۱
جنس حمام	فولاد	سفال	پیرکس

پیوند کوئوردیناسیونی بین ماده رنگزا، لیف و آلومینیم سولفات است. کالاهای رنگ‌رزی شده در هر سه حمام (۹، ۱۲ و ۱۴) نتایج ثابت رنگی تقریباً یکسانی را در برابر نور و عوامل کلردار نشان می‌دهند.

نمای طولی کالاهای رنگ‌رزی شده در حمام‌های ۹، ۱۲ و ۱۴ به وسیله SEM مشاهده شد (شکل ۵). نتایج نشان می‌دهد، عملیات انجام شده در شرایط مختلف آثار تقریباً یکسانی را روی الیاف رنگ‌رزی شده داشته‌اند.

با توجه به نتایج حاصل از ۱۶ نمونه رنگ‌رزی شده، می‌توان گفت، حمام ۱۴ دارای شرایط بهینه رنگ‌رزی است. ولی برای رسیدن به شرایط مطلوب‌تر نیاز به بهینه‌سازی شرایط دیگری از این آزمون‌هاست. در این راستا اثر عواملی چون دما، زمان، نسبت L:G، مواد تعاونی، جنس حمام رنگ‌رزی و pH محلول رنگ‌رزی بررسی شده است. برای ارزیابی عامل زمان در این رنگ‌رزی نتیجه مربوط به تغییر زمان رنگ‌رزی حمام ۱۴ از ۲ به ۴ و ۸ h، بر مقدار جذب رنگ بررسی شد. نتایج نشان داد، با افزایش زمان رنگ‌رزی از ۲ به ۴ h مقدار جذب رنگ نیز افزایش یافته است، ولی مقدار افزایش جذب رنگ از ۴ به ۸ h تغییر چشم‌گیری نداشته است. دومین عامل بررسی شده برای تعیین شرایط بهینه رنگ‌رزی تغییر L:G رنگ‌رزی است. بدین منظور چهار کالا به ترتیب با L:G برابر ۱:۱، ۲:۱، ۳:۱ و ۴:۱ رنگ‌رزی شدند. بررسی نتایج حاصل از این آزمایش که با ارزیابی عمق رنگی و یکنواختی (مشاهده بصری) انجام شد، نشان داد با کاهش L:G یکنواختی رنگ‌رزی کاهش می‌یابد. اما می‌توان برای حصول یکنواختی قابل قبول، رنگ‌رزی را با L:G برابر ۳:۱ انجام داد. بدین ترتیب مصرف آب نیز کاهش می‌یابد. سومین عامل بررسی شده تغییر منحنی

جدول ۳- نتایج مربوط به اندازه‌گیری ثابت‌های رنگی کالاهای رنگ‌رزی شده.

شماره حمام	ثبات شست‌وشویی	ثبات در برابر عوامل کلردار	ثبات نوری
۱۲	۳-۴	۴	۵
۱۴	۴-۵	۴-۵	۴-۵
۹	۳-۴	۴	۴-۵

تعیین شرایط بهینه رنگ‌رزی

برای تعیین شرایط بهینه رنگ‌رزی، ۱۶ نمونه به‌دست آمده به طور چشمی با یکدیگر مقایسه شدند. چهار کالای رنگ‌رزی شده در حمام‌های ۶، ۹، ۱۲ و ۱۴ به ترتیب دارای عمق رنگی بیشتری نسبت به سایر کالاهای بودند. شرایط رنگ‌رزی این حمام‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. کالای رنگ‌رزی شده در حمام ۶ با وجود داشتن عمق رنگی زیاد، نایکنواختی زیادی داشت. بنابراین، در انتخاب شرایط بهینه حذف شد. برای یافتن شرایط بهینه نهایی، ویژگی‌های طیف‌نورسنجی هر سه کالای رنگ‌رزی شده در حمام‌های ۹، ۱۲ و ۱۴ به‌دست آمد (شکل ۴). مقادیر k/s نشان داد، کالای رنگ‌رزی شده در حمام ۱۴ دارای جذب رنگ بیشتری نسبت به دو حمام دیگر است. همچنین، نکات دیگری که درباره رنگ‌رزی پشم با مواد رنگزای موجود در گیاه رونا س مشاهده شد عبارت‌اند از:

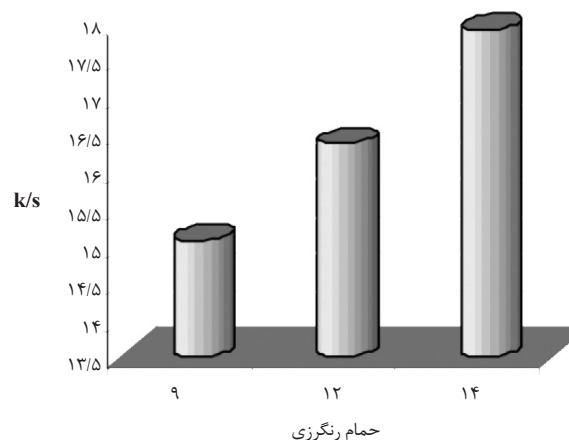
- رنگ‌رزی در دمای جوش و ۷۵°C موجب رنگ‌رزی یکنواخت‌تر می‌شود. یکنواختی در کالاهای رنگ‌رزی شده در دمای جوش به مراتب بیشتر از کالاهای رنگ‌رزی شده در دمای ۷۵°C است. ترتیب یکنواختی رنگ کالاهای در حمام‌های مختلف عبارت‌اند از $6 > 9 > 12 > 14$.

- عمق رنگی کالاهای رنگ‌رزی شده در دمای جوش با زمان کمتر تقریباً معادل عمق رنگی کالاهای رنگ‌رزی شده در دماهای کمتر با زمان بیشتر است.

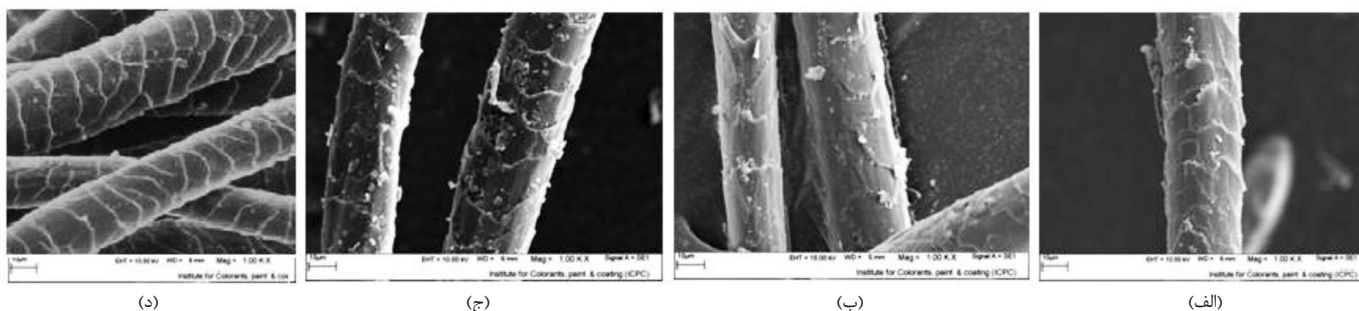
- بهترین عمق رنگی برای کالاهایی به‌دست آمد که محدوده pH آنها بین ۲ تا ۵ بود. ولی با توجه به حساسیت الیاف پشمی به pHهای کم، توصیه می‌شود رنگ‌رزی در محدوده pH برابر ۴ تا ۵ انجام شود.

- بهترین L:G برای رنگ‌رزی الیاف پشمی در محدوده ۲۰:۱ تا ۳۰:۱ به‌دست آمد.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری ثابت‌های رنگی کالاهای رنگ‌رزی شده که در جدول ۳ آمده است، نشان می‌دهد، کالای رنگ‌رزی شده در حمام ۱۴ ثبات شست‌وشویی بیشتری نسبت به دو کالای دیگر دارد. این مطلب حاکی از نفوذ بیشتر مواد رنگزا به داخل الیاف پشم و برقراری مناسب



شکل ۴- مقادیر k/s کالاهای پشمی رنگ‌رزی شده با رونا س و آلومینیم سولفات.



شکل ۵- تصاویر SEM کالاهای رنگریزی شده در شرایط بهینه اولیه در حمام های مختلف و کالای رنگریزی نشده: (الف) حمام ۱۲، (ب) حمام ۱۴، (ج) حمام ۹ و (د) نمونه رنگریزی نشده.

همه کالاهای رنگریزی شده درجه ثبات شست و شویی یکسان ۵ دارند. این موضوع نشان می دهد، مواد رنگزای موجود در رونس با قابلیت برقراری پیوند کوئوردیناسیونی را با آلومینیم سولفات در محیط های اسیدی مختلف (۵-۴ pH) که به وسیله مواد مختلف به وجود می آیند، دارند بنابراین، برای به دست آوردن سایه رنگ های قرمز با رونس و آلومینیم سولفات می توان از لاکتیک اسید، استیک اسید و لیمو به عنوان مواد تنظیم کننده pH و افزایش دهنده جذب مواد رنگزا استفاده کرد، هر چند که استفاده از لاکتیک اسید مقدار جذب را به مقدار بیشتری افزایش می دهد. بنابراین، می توان حمام های حاوی لاکتیک اسید، استیک اسید و لیمو را به عنوان حمام های بهینه به شمار آورد.

در ادامه اثر آب روان نیز بر رنگ نهایی حاصل شده بررسی شد. کالاهای پس از رنگریزی و شست و شوی اولیه به ترتیب به مدت ۲۴، ۴۸، ۱۶۸ و ۳۳۶ h در آب روان قرار داده شدند که pH آن در حدود ۷/۳ و مقدار سختی آن ۴۴۰ ppm بود. مشاهده ظاهر کالاهای نشان داد، رنگ کالاهای در معرض آب جاری تغییر می یابد و به سمت آبی متمایل می شود. تغییر رنگ کالاهای مشابه اکثر مواد رنگزای دندان های است که متناسب با ساختار شیمیایی در pH های مختلف تغییر رنگ می دهند.

آب های جاری که در رنگریزی های سنتی برای شست و شوی استفاده می شوند، pH نسبتاً قلیایی ضعیف دارند. کالاهای رنگریزی شده با رونس نیز به دلیل داشتن ساختارهای شیمیایی آنتراکینونی و وجود گروه های هیدروکسی متعدد، در محیط هایی با pH های مختلف تغییر رنگ

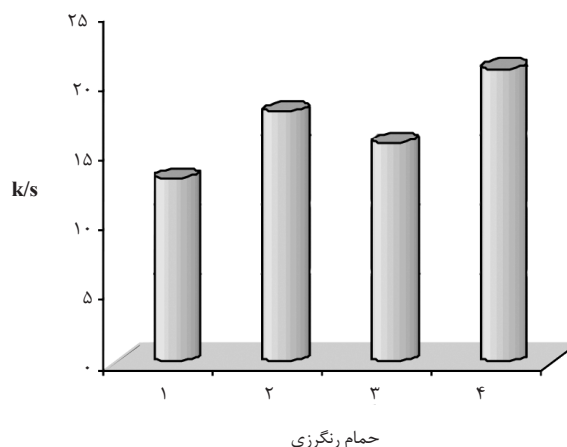
جدول ۴- اثر مواد تعاونی استفاده شده در رنگریزی پشم با رونس و آلومینیم سولفات.

مواد (%)	۱	۲	۳	۴	۵
لاکتیک اسید	۵	-	-	-	-
استیک اسید	-	۵	-	-	-
لیمو	-	-	۱۰	-	-
قره قروت	-	-	-	۳۰	-
ماست	-	-	-	-	۳۰
روناس	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰

رنگریزی است. بدین منظور چهار کالای پشمی مطابق منحنی های نشان داده شده در شکل ۳ رنگریزی شده و نتایج مربوط به آنها در شکل ۶ نشان داده شده است. k/s های محاسبه شده نشان می دهد، جذب مواد رنگزا با افزایش زمان جوش از ۶۰ به ۱۲۰ min افزایش یافته است. همچنین، زمان استراحت کالا در حمام رنگریزی به مدت ۷۲۰ min نیز حاکی از ارتباط مستقیم عمق رنگی با این پارامتر است.

برای بررسی اثر مواد تعاونی سعی شد، اثر موادی که به طور معمول در رنگریزی الیاف پشمی با رونس استفاده می شوند، از قبیل استیک اسید، لاکتیک اسید، لیمو، قره قروت و ماست ارزیابی شوند. بدین منظور حمام هایی با مشخصات ارائه شده در جدول ۴ تهیه شده و کالاهای ۱۰ گرمی دندان داده شده با آلومینیم سولفات در pH برابر ۵-۴ و نسبت L:G برابر ۱:۳۰ مطابق منحنی سوم شکل ۳ در حمام های سفالی رنگریزی شدند.

نتایج حاصل از رنگریزی ها نشان داد، عمق رنگی کالاهای رنگریزی شده در حمام های حاوی لاکتیک اسید، استیک اسید و لیمو بسیار نزدیک به هم است. ضمن اینکه کالاهای رنگریزی شده در حمام های حاوی قره قروت و ماست اختلاف رنگی کمی دارند که این اثر را می توان به لاکتیک اسید موجود در ساختار آنها نسبت داد. اندازه گیری ثبات شست و شویی کالاهای رنگریزی شده در مواد تعاونی مختلف نیز نشان داد،



شکل ۶- اثر زمان در رنگریزی پشم با رونس و آلومینیم سولفات به ترتیب مطابق منحنی های شکل ۳.

آزمایش‌های تاگوچی بررسی شد. پس از اجرای آزمایش‌های تاگوچی ۱۶ کالای رنگرزی شده به دست آمد که ویژگی‌های رنگی و ثباتی آنها با یکدیگر متفاوت بود. در ابتدا ۱۲ نمونه از ۱۶ نمونه که رمق‌کشی کاملی نداشتند، به‌طور چشمی تشخیص داده شده و از سایر نمونه‌ها متمایز شدند. در ادامه برای درک شرایط مطلوب رنگرزی، خواص رنگی و ثباتی ۴ نمونه باقی‌مانده یعنی نمونه‌های حاصل از حمام‌های ۶، ۹، ۱۲ و ۱۴ به روش دستگاهی اندازه‌گیری و بررسی شد. نتایج مربوط به بررسی‌ها نشان داد، شرایط مربوط به حمام ۱۴ (جدول ۱) شرایط بهینه برای رنگرزی است

قدردانی

از حمایت‌های مادی و معنوی مرکز ملی فرش ایران برای انجام این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

- Surowiec I., Szostek B., and Trojanowicz M., HPLC-MS of anthraquinoids, flavonoids, and their degradation products in analysis of natural dyes in archeological objects, *J. Sep. Sci.*, 30, 2070-2079, 2007.
- Ferreira E.S.B., Hulme A.N., McNab H., and Quye A., The natural constituents of historical textile dyes, *Chem. Soc. Rev.*, 33, 329-336, 2004.
- Clementi C., Nowik W., Romani A., Cibin F., and Favaro G., A spectrometric and chromatographic approach to the study of ageing of madder (*Rubia tinctorum* L.) dyestuff on wool, *Anal. Chim. Acta*, 596, 46-54, 2007.
- Shams-Nateri A., Reusing wastewater of madder natural dye for wool dyeing, *J. Cleaner Product*, 19, 775-781, 2011.
- Dutta P.K., Hazards of dyes, *Indian Text. J.*, 68-69, 1996.
- Handbook of Natural Colorants*, Bechtold T. and Mussak R. (Eds.), John Wiley and Sons, West Sussex, UK, 2009.
- Petroviciu I., Albu F., and Medvedovici A., LC/MS and LC/MS/MS based protocol for identification of dyes in historic textiles, *Microchem. J.*, 95, 247-254, 2010.
- Rosenberg E., Characterisation of historical organic dyestuffs by liquid chromatography-mass spectrometry, *Anal. Bioanal. Chem.*, 391, 33-57, 2008.
- Cuoco G., Mathe C., Archier P., Chemat F., and Vieillescazes C., A multivariate study of the performance of an ultrasound-assisted madder dyes extraction and characterization by liquid chromatography-photodiode array detection, *Ultrason. Sonochem.* 16, 75-82, 2009.
- Cardon D., *Le monde Des Teintures Naturelles*, Editions Ber-

می‌دهند. این ترکیبات به‌طور کلی در pHهای اسیدی دارای رنگ مایل به نارنجی و در pHهای قلیایی دارای رنگ قرمز مایل به آبی هستند. تغییر رنگ کالاهای پشمی در محیط قلیایی به تبدیل گروه‌های هیدروکسی به حالت کوئینونوئید نسبت داده می‌شود که نتیجه آن ایجاد یک اثر باتوکرومیک خواهد بود [۱۹].

نتیجه‌گیری

الیاف پشم با مواد رنگزای گیاه روناس و دندانه آلومینیم سولفات به روش پیش‌دندانه رنگرزی شد. با توجه به اثرپذیری نتایج رنگرزی از پارامترهایی نظیر دما، زمان، نسبت L:G، جنس حمام‌های رنگرزی و pH محلول رنگرزی، اثر این پارامترها به عنوان عوامل متغیر در ۴ سطح طبق

- lin, Paris, 2003.
- Hofenk J.H. and de Graaff W.G., *The Colourful Past*, Abegg-Stiftung, Riggisberg and Archetype, London, 12-18, 2004.
- De Santis D. and Moresi M., Production of alizarin extracts from *Rubia tinctorum* and assessment of their dyeing properties, *Ind. Crop. Prod.*, 26, 151-162, 2007.
- Jager I., Hafner C., Welsch C., Schneider K., Iznaguen H., and Westendorf J., The mutagenic potential of madder root in dyeing processes in the textile industry, *Mutat. Res.*, 605, 22-29, 2006.
- Yasui Y. and Takeda N., Identification of a mutagenic substance, in *Rubia tinctorum* L. (madder) root, as lucidin, *Mutat. Res.*, 121, 185-190, 1983.
- Westendorf J., Poginsky B., Marquardt H., Groth G., and Marquardt H., The genotoxicity of lucidin, a natural component of *Rubia tinctorum* L., and lucidinediethylether, a component of ethanolic *Rubia* extracts, *Cell Biol. Toxicol.*, 4, 225-239, 1988.
- Marec F., Kollarova I., and Jegorov A., Mutagenicity of natural anthraquinones from *Rubia tinctorum* in the *Drosophila* wing spot test, *Planta Med.*, 67, 127-131, 2001.
- Tikkanen L., Matsushima T., Natori S., and Yoshihira K., Mutagenicity of natural naphthoquinones and benzoquinones in the *Salmonella*/microsome test, *Mutat. Res.*, 124, 25-34, 1983.
- Tikkanen L., Matsushima T., and Natori S., Mutagenicity of anthraquinones in the *Salmonella* preincubation test, *Mutat. Res.*, 116, 297-304, 1983.
- The Handbook of Natural Plant Dyes*, Timber, Incorporated, 2010.