

## بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی جاشیر، روناس و پوست انار در رنگرزی نخ پشمی

محمد رضا شاه پروری<sup>۱</sup>، سیامک صفاپور<sup>۲</sup>، کمال الدین قرنجیگ<sup>۳</sup> و<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترا، دانشکده هنر، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۸۶۵۱۳۳۱۹۱

۲- کارشناسی ارشد فرش، دانشکده فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق پستی: ۵۱۳۸۵-۴۵۶۷

۳- دانشیار، دانشکده فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران، صندوق پستی: ۵۱۳۸۵-۴۵۶۷

۴- استاد، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

۵- قطب علمی رنگ، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۲ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۸/۳/۱۲

### چکیده

در این پژوهش سازگاری مواد رنگزای طبیعی جاشیر، روناس و پوست انار بر روی نخ پشمی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، نخست قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزای مذکور بر روی نخ پشمی بدون دندان و دندان شده با سولفات آلومینیم به عنوان یکی از شیوه‌های رایج تخمین سازگاری، اندازه‌گیری شد. نتایج محاسبه این شیوه نشان داد، منحنی قابلیت رنگرزی دو ماده رنگزای جاشیر و روناس مشابه یکدیگر می‌باشد. در حالی که قابلیت رنگرزی نخ پشمی با ماده رنگزای پوست انار در مقایسه با دو ماده رنگزای دیگر متفاوت است. بدین ترتیب تشابه قابلیت رنگرزی جاشیر و روناس نشان از سازگاری این مواد رنگزا دارد. در حالی که وجود تفاوت میان منحنی قابلیت رنگرزی پوست انار بیان‌گر سازگاری پایین این ماده در ترکیب با جاشیر و روناس می‌باشد. پس از محاسبه قابلیت رنگرزی، نخ پشمی با ترکیب دو تایی مواد رنگزا در سه نسبت متفاوت رنگرزی و درجه سازگاری مواد رنگزا از طریق روابط محاسباتی رایج اندازه‌گیری شد. نتایج نهایی نشان داد، ماده رنگزای روناس و جاشیر در ترکیب با یکدیگر از درجه سازگاری خوب تا عالی برخوردار می‌باشند. بدین ترتیب امکان ترکیب دو ماده رنگزای روناس و جاشیر در یک حمام رنگرزی وجود دارد. در حالی که ترکیب پوست انار با هر یک از دو ماده رنگزای روناس و جاشیر موجب بروز سازگاری پایین با درجه خیلی ضعیف تا ضعیف می‌شود. بدین دلیل می‌توان اذعان داشت ترکیب دو ماده رنگزای روناس و جاشیر با پوست انار وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد، غلظت مواد رنگزا در حمام مخلوط و نوع دندان کاربندی، بر میزان سازگاری تأثیر دارد. واژه‌های کلیدی: سازگاری مواد رنگزا، رنگرزی طبیعی، مواد رنگزای طبیعی، قابلیت رنگرزی، ایاف پشم

## Investigation of Compatibility of Natural Dyes Prangos Ferulacea, Madder and Punica Grantum Shell in Dyeing of Woolen Yarn

M. R. Shahparvari<sup>1,2</sup>, S. Safapour<sup>2</sup>, K. Gharanjig<sup>3,4</sup>

1- Faculty of Art, Shahed University, P.O. Box: 1865133191, Tehran, Iran.

2- Faculty of Carpet, Tabriz Art University, P.O. Box: 51385-4567, Tabriz, Iran.

3- Department of Organic Colorants, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

4- Center of Excellence for Color science and Technology, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

Received: 29-01-2018

Accepted: 14-10-2018

Available online: 02-06-2019

### Abstract

In this study the natural colorants of Jasir, Madder and Pomegranate skin are considered to be compatible with wool yarns. To this end, the ability to dye each of the dyes of aluminum doped and dentinite sulfates was used as one of the most commonly used methods. The calculation results of this method showed that the dyeing curve of the three colors of dessert and reno are similar to each other. While the ability to dye wool yarn varies with dye of the skin of the pomegranate, it differs from that of the other two dyes. In this way, the similarity of the dyeing ability of the two gestures and the rhine reflects the relative adaptability of these colored materials. While the difference between the dyeing curve of pomegranate skin is low compatibility with jersey and rhinos. After calculating the ability to dye, dyeing of woolen yarn was done by combining two colors in three different dimensions. Then the degree of color matching was measured through common computational relationships. The computational results show that the colors of Madder and Jashir are in good harmony with each other. While the combination of pomegranate peel with any of the two dyes of Madder and Jashir results in low compatibility with weak to weak grades. In addition, the results of this study showed that the two concentrations of dye in the mixed bath and the use of the tooth affect the degree of compatibility and change the degree of color compatibility. Overall, the results of this study showed that the dye of Madder and Jashir are very consistent with each other and can be considered in the bathroom for the coloring of wool. While it is not possible to combine two colorful materials with pomegranate peel due to poor compatibility grade. *J. Color Sci. Tech.* 13(2019), 25-37©. Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Compatibility of Dyes, Natural dyeing, Natural dyes, Build-up of dyeing, Woolen yarn.

## ۱- مقدمه

مواد رنگزای طبیعی در ادوار گوناگون برای رنگرزی منسوجات پشمی و پنبه‌ای کاربرد داشته است [۱، ۲]. این گروه از مواد رنگزا افزون بر سازگاری با محیط‌زیست، از مزایای بسیاری همانند عدم ایجاد حساسیت‌های پوستی، زیست تخریب‌پذیری، تولید فام‌های رنگی منحصر به فرد، خواص بوزدایی و حفاظت در مقابل پرتو فرابنفش برخوردار هستند. بدین جهت در سال‌های اخیر مواد رنگزای طبیعی به عنوان مناسب‌ترین جایگزین مواد رنگزای شیمیایی در رنگرزی الیاف مصرفی در فرش مورد توجه قرار گرفته‌اند. اما وجود برخی از محدودیت‌های مواد رنگزای طبیعی، کاربرد این گروه را در صنعت با محدودیت روبرو کرده است. از جمله این محدودیت‌ها عدم تنوع رنگی و همچنین قابلیت پایین بازتولید فام رنگی یکسان در حالت رنگرزی با ترکیب دو و یا چند ماده رنگزا می‌باشد [۳-۴].

بدین دلیل برای ایجاد فام‌های رنگی گوناگون با این گروه از مواد رنگزا، رنگرزی به صورت چند حمامه انجام می‌شود. انجام رنگرزی بدین شیوه افزون بر کاهش قابلیت باز تولید فام رنگی، از معایب دیگری همانند افزایش زمان فرآیند رنگرزی، اتلاف انرژی و مواد اولیه، افزایش هزینه‌های عملیات رنگرزی و تشدید تخریب الیاف بر اثر افزایش مدت حرارت دادن در حمام رنگرزی برخوردار است. بنابراین تنها راهکاری که در آن می‌توان معایب مذکور را کاهش داد و زمینه افزایش بازده رنگرزی و قابلیت رنگ همانندی فام رنگی را فراهم کرد، استفاده از ترکیب مواد رنگزا در یک حمام رنگرزی است. این شیوه مزایایی نظیر امکان ایجاد فام نوین، افزایش ثبات عمومی مواد رنگزای طبیعی بر اثر ایجاد واکنش مواد رنگزا در داخل الیاف، کاهش زمان انجام فرآیند رنگرزی در مقایسه با شیوه چند حمامه، کاهش مقادیر مواد مصرفی، افزایش منفعت اقتصادی و رنگ همانندی را در پی دارد [۵]. اما پیش از ترکیب مواد رنگزا، باید به معیاری با عنوان سازگاری توجه داشت که قابلیت ترکیب مواد رنگزا با یکدیگر در حمام رنگرزی مشترک را نشان می‌دهد. در تعاریف علمی سازگاری مواد رنگزا عبارت از امکان ترکیب دو و یا چند ماده رنگزا در یک حمام رنگرزی، به شرطی که این مواد رنگزا دارای سرعت نفوذ و جذب برابر بر روی الیاف باشد و طی دفعات رنگرزی تغییری حتی به صورت جزئی بر فام رنگی بوجود نیاید. به عبارتی دیگر درجه سازگاری بیانگر میزان تولید رنگ همانندی الیاف رنگرزی شده در حالت مخلوط چندین ماده رنگزا می‌باشد [۶، ۷]. این معیار تحت تأثیر نقطه اشباع الیاف، سرعت نفوذ ماده رنگزا، ساختار و وزن مولکولی ماده رنگزا، مواد تعاونی، تغییرات pH، غلظت هر یک از مواد رنگزای در حالت مخلوط و دما بر میزان این معیار تأثیر دارد [۸، ۹]. برای محاسبه درجه سازگاری مواد رنگزا از شیوه‌های متنوعی همانند قابلیت رنگرزی، سرعت رنگرزی، تغییرات غلظت ماده رنگزا بر روی الیاف و خواص رنگی الیاف پس از رنگرزی، استفاده

شده است [۱۱، ۱۰].

اما برخلاف این تحقیقات، پژوهش‌های اندکی در حوزه ترکیب و سازگاری مواد رنگزای طبیعی انجام گرفته است. در پژوهشی بررسی سازگاری مواد رنگزای روناس، اسپرک و پوست انار از طریق مشخصات رنگی، قدرت رنگی، میزان جذب ماده رنگزا و خواص انعکاسی نمونه‌های رنگرزی شده محاسبه و با یکدیگر مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. نتیجه این مطالعه نشان داد که ترکیب دوتایی روناس و اسپرک دارای سازگاری مطلوبی می‌باشند. در حالی که کاربرد هر یک از مواد رنگزای روناس و اسپرک در ترکیب با مواد رنگزای پوست انار موجب به دست آوردن سازگاری بسیاری پایینی می‌شود [۱۲]. در پژوهش دیگری سازگاری مواد رنگزای بازی در رنگرزی الیاف آکرلیک مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته است که در آن خواص رنگی، انعکاسی و جذب ماده رنگزا، ملاک درجه سازگاری قرار گرفته است. نتایج دو پژوهش پیشین نشان می‌دهد استفاده از شیوه محاسباتی فیزیک رنگ، روشی کاربردی در تخمین درجه سازگاری مواد رنگزا به شمار می‌آید [۱۳]. در مطالعه دیگری میزان سازگاری ماده رنگزای چوب صندل قرمز در ترکیب دوتایی با هر یک از مواد رنگزای روناس، چوب درخت افاقیا و گل جعفری در رنگرزی الیاف کف مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه سازگاری بر پایه اختلاف فام و ویژگی‌های رنگی ارزیابی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد چوب صندل قرمز به دلیل تشابه ایزوترم و خواص رنگی با روناس، از بیش‌ترین میزان سازگاری برخوردار می‌باشند. همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان سازگاری ماده رنگزای چوب صندل قرمز در حمام دو تایی با ترکیب گل جعفری و چوب درخت افاقیا به ترتیب کاهش یافته است که این عامل ریشه در اختلاف وزن مولکولی دارد [۱۴]. در پژوهش دیگری سازگاری مواد رنگزای طبیعی قرمزخانه، پوست گردو و اسپرک بر روی نخ پشمی دندانده شده با سولفات آلومینیوم مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش از ضریب نفوذ به عنوان معیاری در تخمین ضریب نفوذ استفاده شده است. براساس نتایج این مطالعه ترکیب دو تایی مواد رنگزای اسپرک و قرمزخانه دارای درجه سازگاری بالا می‌باشد. در حالی که ترکیب هر یک از مواد رنگزای مذکور با پوست گردو موجب استحصال درجه سازگاری پایینی می‌شود [۱۵].

با توجه به اهمیت بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی، درجه سازگاری مواد رنگزای طبیعی جاشیر، روناس و پوست انار محاسبه می‌شود. برای افزایش دقت در آزمایشات، مواد رنگزا به کمک حلال‌های مناسب استخراج شد. سپس قابلیت قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزای طبیعی، از معیارهای بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی به شمار می‌آید، بررسی شد. سپس نخ پشمی با سه ماده رنگزای مورد مطالعه، به صورت مخلوط دو تایی با سه غلظت متفاوت رنگرزی شد و با استفاده از روابط محاسباتی درجه سازگاری مواد

رنگزا در مقایسه با یکدیگر اندازه‌گیری و تعیین گردید.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

در این مطالعه از نخ پشمی مرینوس دو لا ۱۵۰ تکس برای انجام آزمایشات رنگرزی استفاده شد. سولفات مضاعف آلومینیم و پتاسیم (زاج سفید) برای دندانه دادن نخ پشمی مورد کاربرد قرار گرفت. شوینده غیریونی ساخت شرکت نیک فام شیمی برای شستشوی نخ پشمی، اتانل و متانل با خلوص ۹۶٪ برای استخراج مواد رنگزا و اسید استیک برای تنظیم pH حمام رنگرزی، ساخت شرکت مرک آلمان تهیه شد. همچنین مواد رنگزای جاشیر، روناس و پوست انار، از منابع تجاری تهیه شد (شکل ۱).

برای استخراج مواد رنگزا از دستگاه هم‌زن مغناطیسی شرکت Alpha silver مدل BL210S و برای جداسازی مواد رنگزای استخراج شده از حلال، دستگاه تبخیرساز چرخشی<sup>۱</sup> شرکت IKA مدل RV06 استفاده شد. همچنین آون MesDan LAB مدل 230 V برای تبخیر کامل حلال و خشک کردن عصاره تغلیظ شده ماده رنگزا استفاده شد. رنگرزی با استفاده از ماشین رنگرزی تحت فشار HSD-II انجام شد. برای محاسبه طول موج بیشینه محلول رنگی و غلظت ماده رنگزا موجود در پساب رنگرزی از طیف‌سنج عبوری دو پرتوی Spectronic Helios Alpha استفاده شد. قدرت رنگی و مشخصات رنگی نخ پشمی رنگرزی شده تحت سیستم CIE L\*a\*b\* و توسط دستگاه طیف‌سنج انعکاسی Color Eye XTH، X-Rite Inc. ساخت آمریکا تحت نور D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه اندازه‌گیری شد.

### ۲-۲- استخراج مواد رنگزا

از متانل با نسبت یک گرم پودر جاشیر، چهل میلی‌لیتر متانل استفاده و فرآیند استخراج در دمای ۴۰ °C به مدت ۲۴ ساعت به کمک دستگاه هم‌زن مغناطیسی انجام گرفت. پس از گذشت مدت زمان مذکور، عصاره به دست آمده توسط کاغذ صافی، صاف شد. عصاره ماده رنگزا، در دستگاه تبخیرساز چرخشی تحت خلا قرار گرفت تا

حلال از آن جدا شود. سپس به منظور تبخیر کامل حلال و پودرسازی ماده رنگزا، ماده بدست آمده در گرم‌خانه با دمای ۶۰ °C قرار گرفت [۱۷]. وزن پودر به دست آمده برابر ۰٫۲۸ گرم به ازای هر گرم پودر گیاهی ریشه جاشیر بود.

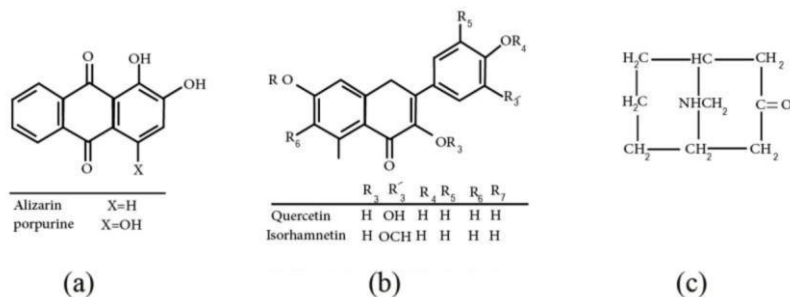
برای استخراج ماده رنگزای روناس، یک گرم از پودر ماده رنگزا به پنجاه میلی‌لیتر حلال آب و اتانل به نسبت ۱:۱ افزوده شد. استخراج ماده رنگزا در دمای ۲۵ °C به مدت ۲۴ ساعت با هم زدن محلول (هم‌زن مغناطیسی) با دور ملایم انجام شد. سپس، عصاره ماده رنگزا به وسیله کاغذ صافی، صاف شد. عصاره حاصل توسط تبخیر ساز چرخشی تحت خلا تغلیظ گردید. ماده تغلیظ شده در آون با دمای ۶۰ °C به طور کامل خشک گردید [۱]. وزن پودر به دست آمده برابر ۰٫۵۰ گرم به ازای هر گرم پودر گیاهی ریشه روناس بود.

برای استخراج ماده رنگزا موجود در پوست انار، یک گرم پودر ماده رنگزا در ۳۰ میلی‌لیتر افزوده شد و استخراج در مدت ۲۴ ساعت و دمای ۴۰ °C به کمک هم‌زن مغناطیسی انجام گرفت. سپس عصاره بدست آمده توسط کاغذ صافی صاف و عصاره ماده رنگزا در دستگاه تبخیرساز چرخشی تحت خلا قرار گرفت. در پایان، ماده رنگزای تغلیظ شده در آون با دمای ۶۰ °C قرار گرفت [۱۸]. وزن پودر به دست آمده از این روش برابر ۰٫۳۲ گرم به ازای هر گرم پودر گیاهی پوست انار بوده است.

### ۲-۳- آماده‌سازی نخ پشمی

پیش از انجام رنگرزی نخ پشمی، باید واکس، مواد چربی و زائد از سطح الیاف زدوده شود. بدین منظور نخ پشمی مصرفی در این پروژه با صابون غیریونی شستشو داده شد. برای انجام این عملیات حمامی با L:R: ۱:۴۰ حاوی صابون غیریونی با غلظت ۵ گرم بر لیتر تهیه شد. شستشوی کلاف‌های پشمی در دمای ۶۰ °C و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس، کلاف‌های پشمی از حمام خارج، آبکشی و در دمای محیط خشک شد.

1- Rotary evaporator



شکل ۱: ساختار شیمیایی مواد رنگزای طبیعی (a) روناس [۱۶]، (b) جاشیر [۱۵] و (c) پوست انار [۱۲].

S ضریب انتشار و R کمترین میزان انعکاس هر نمونه (بیشترین مقدار جذب) در محدوده طول موج مرئی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر است.

$$\left(\frac{K}{S}\right)_\lambda = \frac{(1-R_\lambda)^2}{2R_\lambda} \quad (1)$$

#### ۲-۶- رنگرزی مخلوط دوتایی

به منظور تعیین درجه سازگاری، رنگرزی نخ پشمی با ترکیب دو تایی روناس: جاشیر، روناس: پوست انار و جاشیر: پوست انار در سه نسبت متفاوت ۱:۳، ۱:۱ و ۳:۱ انجام شد. برای انجام رنگرزی با مقادیر برابر (۱:۱) از ۴۰٪ ماده رنگزا نسبت به وزن نخ پشمی استفاده شد که با تغییر نسبت‌های مواد رنگزا، غلظت هر یک از مواد رنگزا کاهش و یا افزایش می‌یابد. برای انجام رنگرزی حمامی با L:R:۱:۴۰ فراهم و از اسید استیک برای تنظیم pH=۵ استفاده شد. رنگرزی کالای پشمی مطابق شکل ۲ و به شرح روش بالا انجام شد. پس از انجام رنگرزی، مقادیر درجه سازگاری مواد رنگزا از رابطه پیشنهادی آرتون<sup>۲</sup> و همکارانش [۲۰] (رابطه ۲) تعیین شد.

$$\log \frac{C_{1,S}(t)}{C_{1,S}(0)} = K \log \frac{C_{2,S}(t)}{C_{2,S}(0)} \quad (2)$$

در این رابطه  $C_i(t)$  و  $C_i(0)$  به ترتیب بیانگر غلظت ماده رنگزا موجود در حمام، پیش و پس از رنگرزی برای هر یک از مواد است. همچنین K که مقادیری مابین صفر و یک می‌باشد، به ترتیب بیانگر ناسازگاری و سازگاری کامل مواد رنگزا خواهد بود. براساس این رابطه، ترکیب مواد رنگزایی که دارای درجه سازگاری برابر خوب تا عالی باشد، از قابلیت ترکیب برخوردار می‌باشند. در حالی که مواد رنگزایی که درجه سازگاری آنها ناسازگار تا ضعیف است، قابلیت ترکیب و رنگرزی در حمام مخلوط را ندارند. همچنین انجام رنگرزی یک حمامه برای ترکیب مواد رنگزا با درجه سازگاری متوسط به دلیل احتمال تغییر فام رنگی بر اثر تکرار دفعات رنگرزی توصیه نمی‌شود [۷].

برای تخمین غلظت ماده رنگزا پس از رنگرزی، از دستگاه طیف‌سنج انتقالی استفاده و میزان رمق‌کشی رنگرزی براساس رابطه ۳ محاسبه شد. براساس این رابطه، E بیان‌گر میزان رمق‌کشی نهایی (درصد)، A<sub>1</sub> میزان جذب حمام رنگرزی اولیه (بدون انجام رنگرزی)، A<sub>2</sub> مقادیر جذب پساب رنگرزی و A<sub>3</sub> میزان جذب مواد رنگزای موجود در حمام شستشو نخ پشمی پس از رنگرزی است. از آنجایی که در فرآیند رنگرزی، پدیده جذب سطحی رخ می‌دهد و پس از شستشوی اولیه از سطح لیف خارج می‌شود. برای تعیین مقدار صحیح رمق‌کشی، نخ‌های رنگرزی شده به وسیله آب مقطر شستشو داده و پس از خروج کامل مواد رنگزای سطحی تعیین شد. سپس

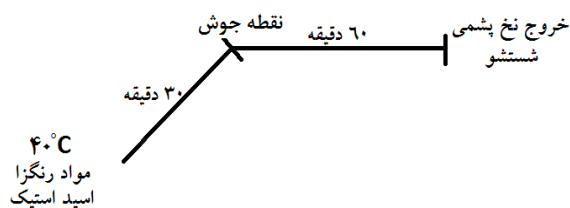
#### ۲-۴- دندانان دادن نخ پشمی

عموماً برای بهبود ثبات پایین، عدم تنوع در فام رنگی و تمایل پایین به نفوذ مواد رنگزای طبیعی در لیاف، از نمک‌های فلزی که با نام دندانان شناخته می‌شود، استفاده می‌شود. این مواد باعث استحکام پیوند ماده رنگزا و لیف، افزایش تمایل ذاتی ماده رنگزا و ایجاد تنوع فام رنگی استفاده می‌شود [۱۹].

در این مطالعه دنداناندهی به شیوه پیش‌دندانان و با غلظت ۵٪ سولفات آلومینیم نسبت به وزن نخ پشمی (گرم) انجام گرفت. برای دندانان دادن حمامی با L:R:۱:۴۰ و دمای ۴۰°C فراهم شد. پس از انحلال کامل دندانان، نخ پشمی داخل حمام قرار گرفت و با اعمال حرارت طی مدت زمان ۳۰ دقیقه دمای حمام به نقطه جوش رسانده شد. سپس با ثابت نگاه داشتن شرایط، فرآیند دندانان دادن به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. پس از گذشت مدت زمان مذکور، نخ پشمی از حمام خارج، جهت خروج مواد سطحی جذب شده آب‌کشی و در دمای محیط خشک شد.

#### ۲-۵- بررسی قابلیت رنگرزی

به منظور بررسی قابلیت رنگرزی نخ پشمی، رنگرزی با هر یک از مواد رنگزا در غلظت‌های متفاوت ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد (نسبت به وزن کالا) انجام شد. حمام رنگرزی با L:R:۱:۴۰ و pH=۵ فراهم شد. با رسیدن دمای حمام رنگرزی به ۴۰°C، نخ پشمی داخل حمام قرار گرفت و دمای حمام رنگرزی افزایش یافت تا طی مدت زمان ۳۰ دقیقه به نقطه جوش رسید. با رسیدن دمای حمام به نقطه جوش، رنگرزی با ثابت نگاه داشتن شرایط به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. پس از گذشت مدت زمان مذکور، نخ پشمی از حمام رنگرزی خارج و به منظور خروج مواد رنگزای سطحی و جذب نشده به طور کامل شستشو داده و در دمای محیط خشک شد. به منظور محاسبه قابلیت رنگرزی، قدرت رنگی<sup>۱</sup> نخ‌های پشمی با استفاده از دستگاه طیف‌سنج انعکاسی MiniScan Ez ساخت شرکت Hunter Lab و رابطه ۱ محاسبه شد. در این رابطه K ضریب جذب،



شکل ۲: گراف رنگرزی با مواد رنگزا.

می‌دهد [۲۱]. این رفتار در جذب دو نمونه نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌دار مشابه بوده و رنگرزی در غلظت ۰.۶٪ باعث ایجاد نقطه اشباع شده است. اما استفاده از سولفات آلومینیم به عنوان دندانه به سبب افزایش تمایل ماده رنگزا موجب افزایش جذب ماده رنگزا در مقایسه با نمونه بدون دندانه شده است [۲۲]. نتایج شکل ۳ (b) که میزان روشنایی را نشان می‌دهد. از آنجایی که مشخصه  $L^*$  نشان دهنده درجه روشنایی نمونه‌ها (در محدوده ۰-۱۰۰، صفر معرف مشکی و صد معرف سفید می‌باشد) است، با افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی و به دنبال آن بر روی نخ پشمی، میزان روشنایی نمونه‌ها کاهش یافته است. اما میزان روشنایی نمونه‌ها تنها تا غلظت ۰.۶٪ (نسبت به وزن کالا) کاهش یافته و سیری یکسان داشته و افزایش جذب ماده رنگزا در حمام رنگرزی تغییری در میزان روشنایی نمونه‌ها به وجود نیاورده است. از این رو می‌توان اذعان داشت روند جذب ماده رنگزا در دو شکل ۳ (a) و (b) مشابه بوده و نشان می‌دهد افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی تا ۰.۶٪ باعث جذب شده و پس از آن جذب متوقف شده است. افزون بر این دو، شکل ۳ (c) مشخصات رنگی نخ‌های رنگرزی شده را نشان می‌دهد.  $a^*$  در محدوده منفی به مثبت به ترتیب بیانگر تغییر رنگ از فام سبز به قرمز و  $b^*$  در محدوده منفی به مثبت به ترتیب معرف تغییر رنگ از فام آبی به زرد است. نتایج نشان می‌دهد کاربرد دندانه باعث تغییر در فام رنگی نخ‌های پشمی می‌شود. بدین دلیل میزان نمونه‌های دندانه شده گرایش بیش‌تری به فام رنگی زرد و قرمز در مقایسه با نمونه بدون دندانه دارد. افزون بر این، افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی، باعث افزایش تدریجی جذب ماده رنگزا بر روی الیاف و به تبع آن تغییراتی در فام رنگی نخ‌های پشمی ظاهر می‌شود. اما همان‌طور که در شکل مشخص است این تغییرات در غلظت ۰.۶٪ ماده رنگزا متوقف شده و افزایش غلظت ماده رنگزا بیش از میزان مذکور تأثیری بر تغییرات فام رنگی ندارد. بنابراین همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است می‌توان نتیجه جذب ماده رنگزا توسط الیاف در غلظت ۰.۶٪ متوقف شده و تأثیری بر فرآیند رنگرزی ندارد.

قابلیت رنگرزی نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌دار با مواد رنگزای حاصل از استخراج روناس، تعیین و نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی، مقادیر قدرت رنگی نیز افزایش یافته است. اما با افزایش تدریجی غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی به مرور از شدت جذب ماده رنگزا کاسته و به صورت بسیار جزئی ادامه یافته است که نشان از ایجاد حالت اشباع نخ پشمی دارد. بروز این حالت در رنگرزی به سبب اشغال مکان‌ها و نقاط جاذب الیاف پشم است که در اثر آن پس از گذشت غلظت مشخصی از ماده رنگزا، جذب کاملاً متوقف و یا به صورت جزئی ادامه می‌یابد [۲۳].

مقادیر آن بر جذب موجود پساب رنگرزی افزوده و از حمام اولیه کسر گردید. نیاز به توضیح است بیش‌ترین طول موج جذب نمونه‌های رنگرزی شده با ماده رنگزای جاشیر، روناس و پوست انار به ترتیب در طول موج‌های ۳۹۰، ۴۱۰ و ۳۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

$$\%E = \frac{A_1 - (A_2 + A_3)}{A_1} \times 100 \quad (۳)$$

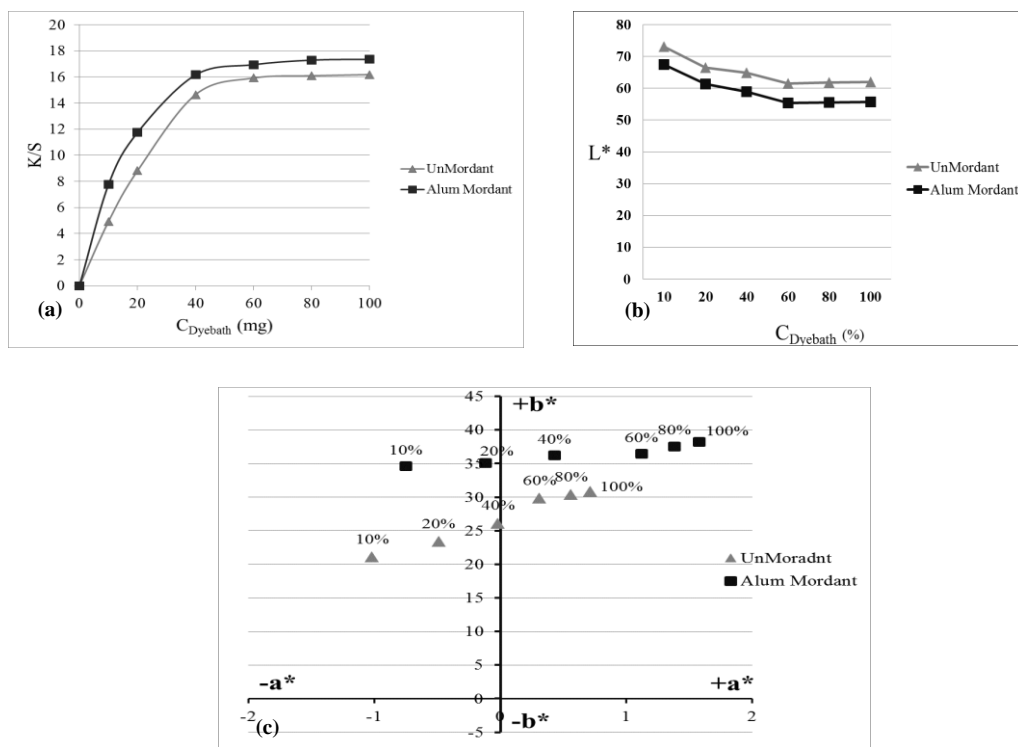
نیاز به توضیح است برای محاسبه غلظت مواد رنگزا در حمام رنگرزی مخلوط دوتایی از قانون بیرلامبرت (رابطه ۴) استفاده شد. در این رابطه A نشان‌دهنده میزان جذب است که توسط دستگاه طیف‌سنج انتقالی اندازه‌گیری می‌شود.  $\epsilon$  ضریب جذب (ضریب خاموشی)، L طول قسمتی از محلول است که در مسیر نور قرار گرفته (طول نمونه) و در این مطالعه برابر ۱ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین c مبین غلظت ماده رنگزا در محلول می‌باشد. برای محاسبه غلظت دوتایی مواد رنگزا، نخست ضریب جذب هر یک از مواد رنگزای روناس، جاشیر و پوست انار به صورت منفرد محاسبه می‌شود. برای این کار حمامی با غلظت مشخص آماده شده و میزان جذب به کمک دستگاه طیف‌سنج انتقالی اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از این اطلاعات ضریب جذب هر ماده رنگزا محاسبه شد. با دریافت ضریب جذب هر یک از مواد رنگزا، غلظت مواد رنگزای مخلوط دوتایی تعیین می‌شود. بدین ترتیب که حمام رنگرزی حاوی مخلوط دوتایی مواد رنگزا در دستگاه طیف‌سنج انتقالی قرار گرفته و میزان جذب به کمک دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. سپس با استفاده از قانون بیرلامبرت و معلوم بودن معیارهای میزان جذب، ضریب جذب هر یک از مواد رنگزا و طول محلول، غلظت هر یک از مواد رنگزا در حالت مخلوط به عنوان مجهول محاسبه می‌شود. که از طریق حل یک دستگاه دو معادله دو مجهولی به دست می‌آید.

$$A = \epsilon lc \quad (۴)$$

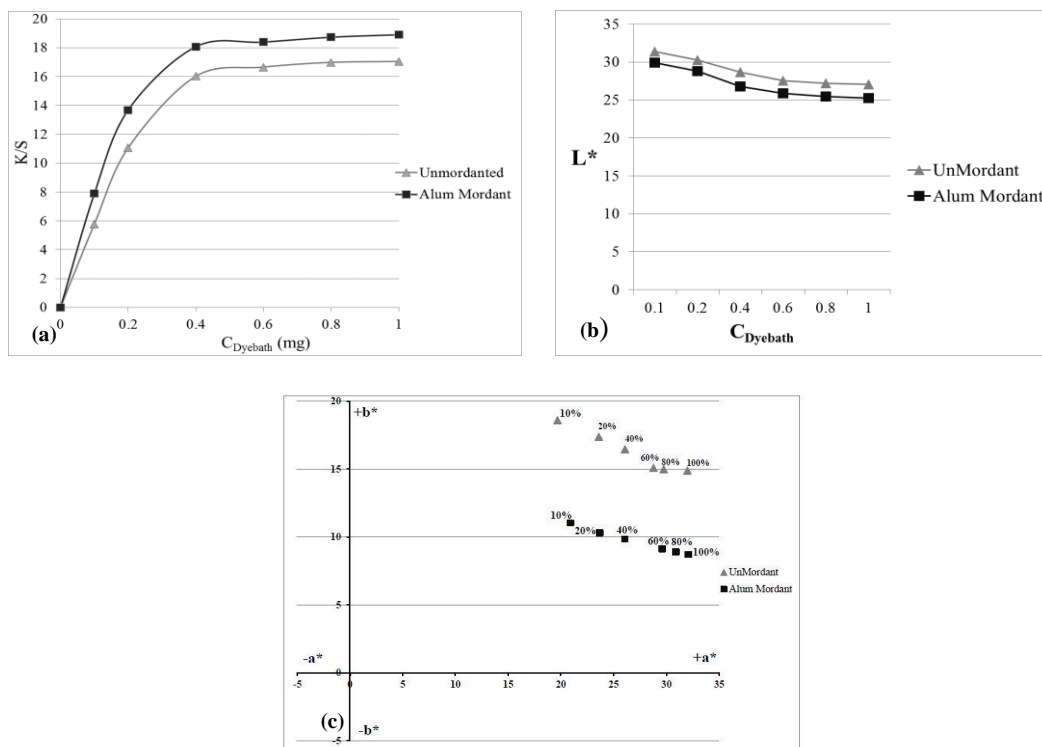
### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- بررسی قابلیت رنگرزی

نخ پشمی بدون دندانه و دندانه با ماده رنگزای جاشیر در غلظت‌های مختلف رنگرزی و نتایج حاصل از محاسبه قابلیت رنگرزی و میزان روشنایی در شکل ۳ آورده شد. براساس نتایج نمودار قابلیت رنگرزی که در شکل ۳ (a)، جذب ماده رنگزا تا غلظت ۰.۶٪ (نسبت به وزن کالا) در حمام باعث افزایش جذب ماده رنگزا و در نتیجه شدت رنگی نخ پشمی همراه است. اما افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی، بیش از میزان مذکور تأثیری بر رفتار جذبی نداشته و این رفتار به صورتی ثابت ادامه یافته است. این پدیده در اثر اشغال گروه‌های فعال الیاف پشم و در نتیجه توقف جذب ماده رنگزا توسط الیاف رخ



شکل ۳: نخ پشمی رنگریزی شده با ماده رنگزای جاشیر: (a) قابلیت رنگریزی، (b) روشنایی و (c) نمودار رنگی  $a^*$  و  $b^*$ .



شکل ۴: نخ پشمی رنگریزی شده با ماده رنگزای روناس: (a) قابلیت رنگریزی، (b) روشنایی و (c) نمودار رنگی  $a^*$  و  $b^*$ .

وجود دارد که بیشترین مقدار آن‌ها به آلizarin<sup>۳</sup> و پورپورین<sup>۴</sup> تعلق دارد [۲۷-۲۹] و متوسط وزن مولکولی این ماده رنگزا ۴۹۶ گرم بر مول است [۳۰]. این عامل سبب می‌شود تا نخ پشمی دارای شرایط مشابهی در میزان جذب ماده رنگزا باشد.

شکل ۵ نتایج حاصل از محاسبه قابلیت رنگرزی، میزان روشنایی و مشخصات رنگی نخ پشمی با ماده رنگزای پوست انار را نشان می‌دهد. افزایش غلظت ماده رنگزا تا میزان ۴۰٪ نسبت به وزن کالا جذب به صورت بسیار جزئی ادامه داشته است. مقایسه نتایج این نمودار با منحنی قابلیت رنگرزی روناس و جاشیر نشان می‌دهد، کاربرد پوست انار در رنگرزی با نقطه اشباع پایین‌تری در مقایسه با دو ماده رنگزای دیگر همراه است. این نتیجه را می‌توان به مواد گلوکزیدی و تانی متصل به مولکول ماده رنگزای پوست انار نسبت داد. زیرا در پوست انار افزودن بر عامل ماده رنگزای آن متیل گراناتونین<sup>۵</sup> که از وزن تقریبی ۱۵۳ گرم بر مول برخوردار است، مقادیر زیادی مواد گلوکزیدی متصل به ماده رنگزا و تانن از نوع اسید تانیک و الایژیک اسید وجود دارد (شکل ۶). این عامل سبب افزایش وزن ماده رنگزا موجود در پوست انار شده، ایجاد یک بزرگ مولکول و در نتیجه باعث کاهش سرعت رنگرزی آن می‌شود. این عامل باعث اشغال سریع مکان‌های جاذب الیاف شده و در نتیجه در نتیجه نقطه اشباع پوست انار در مقایسه با دو ماده رنگزای روناس و اسپرک پایین‌تر می‌باشد [۳۳-۳۵، ۱۸].

افزون بر موارد فوق، مقایسه مقادیر شدت رنگی نخ پشمی بدون دندان و دندان شده نشان می‌دهد، کاربرد سولفات آلومینیم به عنوان دندان تأثیری بر میزان جذب ماده رنگزا بر روی نخ پشمی نداشته است. این ادعا با بررسی نتایج مندرج در شکل ۳ قابل مشاهده است که علاوه بر عدم تغییر در میزان جذب ماده رنگزا بر روی الیاف، تغییر محسوسی در میزان روشنایی و فام رنگی نمونه‌های بدون دندان و دندان‌دار مشاهده نمی‌شود. این نتیجه در اثر حضور گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل موجود در تانن‌های اسید تانیک و اسید الایژیک رخ می‌دهد. این عامل باعث افزایش تمایل ذاتی ماده رنگزا برای نفوذ در نخ پشمی می‌شود و قابلیت ایجاد واکنش و برقراری پیوندهای مستحکم با پشم بدون دندان را هموار می‌کند [۳۵].

نتایج فوق نشان می‌دهد دو ماده رنگزای روناس و جاشیر دارای رفتار مشابهی در میزان جذب و قابلیت رنگرزی نخ پشمی می‌باشد. این عامل را می‌توان به وزن مولکولی و ساختار شیمیایی مشابه دو ماده رنگزا نسبت داد که باعث می‌شود تا دارای نقاط اشباع برابری بر روی الیاف پشمی باشند.

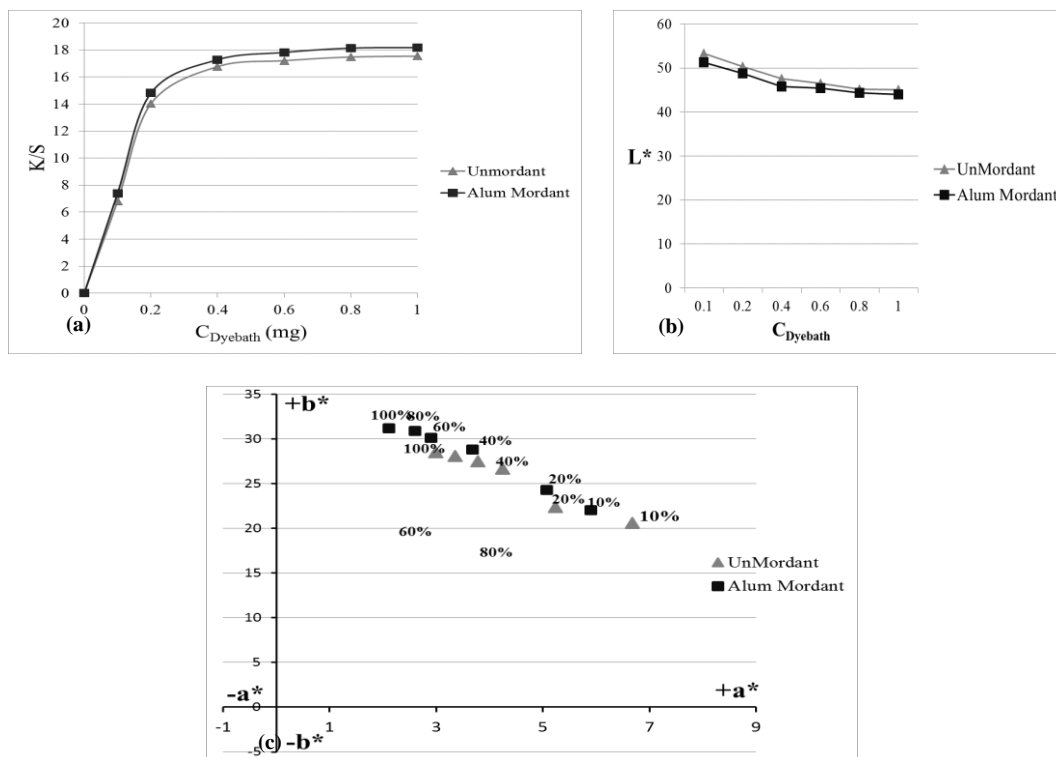
این رفتار برای رنگرزی نخ پشمی با ماده رنگزای روناس در غلظت ۶۰٪ ماده رنگزا نسبت به وزن نخ پشمی ایجاد شده است. افزون بر موارد بالا، در اثر کاربرد دندان در رنگرزی تمایل ذاتی ماده رنگزا در الیاف افزایش و در پی آن مقادیر قدرت رنگ نمونه‌ها افزایش یافته است [۱۸]. اما به طور کلی رفتار جذب دو نمونه نخ پشمی بدون دندان و دندان‌دار مشابه بوده و نقطه اشباع یکسان است. چنین نتیجه‌ای در شکل ۴ (b) نیز قابل مشاهده است. به طور که میزان روشنایی نمونه‌ها با جذب ماده رنگزا توسط نخ پشمی کاهش یافته است. اما سیر کاهشی روشنایی نمونه‌ها در نقطه ۶۰٪ غلظت ماده رنگزا متوقف شده و میزان روشنایی نمونه‌ها تغییر چشمگیری نداشته است. لذا این معیار نشان می‌دهد افزایش غلظت ماده رنگزا بیش از میزان مذکور تأثیری بر میزان روشنایی نمونه‌ها نداشته و به عبارتی جذب متوقف شده است. شکل ۴ (c) مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی شده با ماده رنگزای روناس را نشان می‌دهد. نتایج این نمونه نشان می‌دهد در اثر کاربرد سولفات آلومینیم به عنوان دندان، میزان زردی نمونه‌های رنگی کاسته و به رنگ قرمز تمایل پیدا کرده‌اند. در حالی که فام رنگی نخ‌های پشمی بدون دندان تمایل بیش‌تری به رنگ زرد داشته و به طور کلی نمونه‌ها دارای فام نارنجی می‌باشند. همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است، فام رنگی نمونه پس از غلظت ۶۰٪ تغییر محسوسی نداشته و بسیار مشابه یکدیگر می‌باشد. این شکل نتایج شکل‌های ۴ (a) و (b) را تأیید می‌کند. زیرا افزایش غلظت ماده رنگزا در حمام رنگرزی، نتوانسته تغییر چشمگیری در فام نمونه‌ها به وجود آورد.

نتایج نمودارهای بالا نشان می‌دهد افزایش غلظت مواد رنگزا در حمام رنگرزی، باعث افزایش جذب ماده رنگزا بر روی نخ پشمی شده است. اما افزایش جذب مواد رنگزا بر روی الیاف تا محدوده مشخصی ادامه داشته و پس از آن جذب به طور کامل متوقف و یا با میزان کمی ادامه می‌یابد. مقایسه شکل‌های مربوط به مقادیر قابلیت رنگرزی، میزان روشنایی و تغییرات فام رنگی نشان می‌دهد نخ‌های پشمی رنگرزی شده با دو ماده رنگزای جاشیر و روناس، پس از غلظت ۶۰٪ (نسبت به یک گرم نخ) قادر به جذب ماده رنگزا نمی‌باشند. وجود تشابه در مقادیر قابلیت رنگرزی، ریشه در وزن مولکولی دو ماده رنگزای جاشیر و روناس دارد.

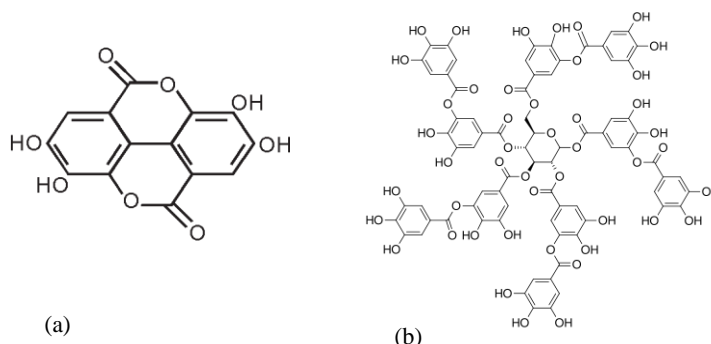
بنابر یافته محققان جاشیر حاوی تعداد بسیاری مواد فلاونوئیدی از جمله کوئرستین<sup>۱</sup> و ایزورامنتین<sup>۲</sup> است [۲۵، ۲۴، ۱۷] و متوسط وزن مولکولی این ماده رنگزا ۴۷۸ گرم بر مول است [۲۶]. این وزن مولکولی تشابه بسیاری به ماده رنگزای روناس دارد. زیرا که این متوسط وزن مولکولی این ماده رنگزا ۴۹۶ گرم بر مول می‌باشد. به طور کلی در ریشه روناس ۲۳ ماده رنگزای آلی برپایه آنتراکینون

3- Alizarin  
4- Porpurine  
5- N-methyl Granatonein

1- Quercetin  
2- Isorhamnetin



شکل ۵: نخ پشمی رنگریزی شده با ماده رنگزای پوست انار: (a) قابلیت رنگریزی، (b) روشنایی و (c) نمودار رنگی  $a^*$  و  $b^*$ .



شکل ۶: ساختار شیمیایی (a) الایژیک اسید [۳۱] و (b) تانیک اسید [۳۲].

در حالی که مخلوط هر یک از مواد رنگزای روناس و جاشیر در حمام ترکیبی با پوست انار موجب بروز سازگاری پایین و یا ناسازگاری کامل می‌شود.

با این حال اظهار نظر در مورد سازگاری مواد رنگزا از طریق قابلیت رنگریزی، تخمینی بوده و نمی‌توان به طور کمی، به درجه و میزان سازگاری مواد رنگزا دست یافت. به این دلیل در ادامه این نوشتار، سازگاری مواد رنگزا از طریق روابط محاسباتی ارزیابی می‌شود.

در حالی که منحنی قابلیت رنگریزی پوست انار به سبب وزن مولکولی بالا، بزرگی ساختارهای مولکولی مواد تاننی و اشباع سریع مکان‌های جاذب نخ پشمی، متفاوت است. حال با توجه به آن که وجود تشابه در نقطه ایجاد حالت اشباع و قابلیت رنگریزی مواد رنگزا از شیوه‌های تخمین و اصول اولیه سازگاری دو ماده رنگزا در مقایسه با یکدیگر به شمار می‌آید، انتظار می‌رود ترکیب دوتایی هر یک از مواد رنگزای روناس و جاشیر به سبب برخورداری از وزن مولکولی و قابلیت رنگریزی مشابه از سازگاری نسبی با یکدیگر برخوردار باشند.



## ۲-۲- بررسی سازگاری مواد رنگزا

به منظور محاسبه کمی درجه سازگاری مواد رنگزا، رنگرزی نخ پشمی در حمام مخلوط دوتایی با سه نسبت متفاوت انجام شد. سپس میزان رمق کشی و غلظت باقی مانده هر یک از مواد رنگزا در پساب اندازه‌گیری و سازگاری ترکیب دو ماده رنگزا از طریق رابطه پیشنهادی آرتون و همکارانش [۲۰] محاسبه شد. در رابطه مذکور با محاسبه لگاریتم از کسر غلظت هر یک مواد رنگزا در زمان معین (پس از انجام رنگرزی) بر روی مقادیر غلظت اولیه ماده رنگزا (پیش از انجام رنگرزی) در حمام رنگرزی مقادیر سازگاری قابل اندازه‌گیری خواهد بود. پس از انجام رنگرزی در حمام مخلوط، درجه سازگاری نمونه‌ها تعیین و در جدول ۱ درج گردید.

براساس نتایج مندرج در جدول ۲، ترکیب دوتایی مواد رنگزای روناس و جاشیر منجر به ایجاد درجه سازگاری خیلی خوب تا عالی می‌شود. این نتیجه در اثر وزن مولکولی، قابلیت رنگرزی و در نتیجه جذب مشابه دو ماده رنگزا رخ می‌دهد که هر یک از سنججه‌های سازگاری به شمار می‌آید. همچنین نتایج تغییر غلظت هر یک از دو ماده رنگزای روناس و جاشیر باعث تغییر جزئی در درجه سازگاری شده است. این تغییر در اثر تغییر در سرعت رنگرزی و جذب ناشی از تغییر نسبت هر یک از مواد رنگزا در حالت مخلوط رخ داده است. زیرا در ترکیب دوتایی مواد رنگزا در حمام مخلوط، اصولاً ماده رنگزا با بالاترین نسبت غلظت به سبب سطح تماس بیشتر با الیاف، از سرعت رنگرزی بالاتری در مقایسه با مواد رنگزای دیگر برخوردار است [۳۶]. اما به طور کلی این تغییرات جزئی بوده و تغییر قابل

توجهی در درجه سازگاری را نشان نمی‌دهد. بدین ترتیب نتایج درجه سازگاری در نسبت‌های مختلف، یکسان است. بدین ترتیب مخلوط دو ماده رنگزای روناس و جاشیر با نسبت سه به یک (۷۵٪ : ۲۵٪) ماده رنگزا نسبت به وزن کالا، موجب استحصال بالاترین درجه سازگاری مخلوط با میزان ۰,۹۳۱ و ۰,۹۹۰ به ترتیب برای نمونه بدون دندانه و دندانه‌دار شده است. اما کاربرد تناسب برابر و یا یک به سه (روناس: جاشیر) باعث کاهش مقادیر سازگاری مواد رنگزا شده است. این تغییر بسیار جزئی بوده و چنان که نتایج مندرج در جدول نشان می‌دهد تأثیری بر درجه سازگاری و در نتیجه قابلیت ترکیب مواد رنگزا در یک حمام رنگرزی ندارد. بروز این تغییر به دلیل وجود اختلاف جزئی در وزن مولکولی دو رنگزا است که باعث اختلاف در سرعت جذب هر یک از مواد رنگزا در مقایسه با دیگری می‌شود. زیرا کوئوراستین و ایزورامنتین که عمده‌ترین مواد رنگزای موجود در جاشیر به شمار می‌آید، به سبب وزن مولکولی پایین (۴۷۸ گرم بر مول) در مقایسه با وزن مولکولی مواد رنگزای موجود در روناس که بیش‌ترین آنها آلزارین و پورپورین می‌باشد و وزنی برابر ۴۹۶ گرم بر مول دارد، از سرعت جذب بالاتری برخوردار است. بدین ترتیب استفاده از غلظت مساوی و یا سه برابری ماده رنگزای جاشیر در حمام مخلوط، موجب ثابت نگاه داشتن و یا افزایش سرعت نفوذ این ماده در مقایسه با روناس شده و در نتیجه سبب کاهش مقادیر سازگاری می‌شود. در حالی که کاربرد سه برابری روناس نسبت به جاشیر در حمام رنگرزی موجب تقویت سرعت نفوذ روناس شده و در نتیجه باعث افزایش جزئی مقادیر سازگاری شده است.

جدول ۱: مقادیر و میزان درجه سازگاری مواد رنگزا [۲۰].

مقادیر سازگاری (K)	۰,۹-۱	۰,۸-۰,۹	۰,۷-۰,۸	۰,۶-۰,۷	۰,۵-۰,۶	زیر ۰,۵	۰
درجه سازگاری	عالی	خیلی خوب	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف	ناسازگار

جدول ۲: ترکیب مواد رنگزا، نوع نخ پشمی و مقادیر سازگاری در غلظت‌های متفاوت ترکیب مواد رنگزا.

درجه سازگاری	مقادیر سازگاری			نمونه	ترکیب مواد رنگزا
	۲۵:۷۵	۵۰:۵۰	۷۵:۲۵		
خیلی خوب- عالی	۰,۹۲۱	۰,۹۴۰	۰,۷۳۲	بدون دندانه	روناس: جاشیر
عالی	۰,۹۸۵	۰,۹۲۰	۰,۹۶۱	دندانه‌دار (زاج سفید)	
خیلی ضعیف- ضعیف	۰,۵۷۸	۰,۵۳۹	۰,۴۸۶	بدون دندانه	پوست انار: جاشیر
خیلی ضعیف- ضعیف	۰,۵۱۲	۰,۴۹۶	۰,۴۵۳	دندانه‌دار (زاج سفید)	
خیلی ضعیف- ضعیف	۰,۶۷۸	۰,۵۹۸	۰,۵۱۲	بدون دندانه	پوست انار: روناس
ضعیف- متوسط	۰,۶۴۳	۰,۵۲۳	۰,۵۰۱	دندانه‌دار (زاج سفید)	

وزن مولکولی هر یک از مواد رنگزا در ترکیب با پوست انار، موجب افزایش ناسازگاری می‌شود. بنابراین درجه سازگاری پوست انار در ترکیب با مواد رنگزای روناس، جاشیر و اسپرک به ترتیب کاهش می‌یابد.

علاوه بر موارد مذکور، کاربرد سولفات آلومینیم به عنوان دندانه در ترکیب مواد رنگزای روناس و جاشیر باعث بهبود نسبی درجه سازگاری شده است که در اثر افزایش تمایل ماده رنگزا به نفوذ در الیاف بازمی‌گردد. افزایش تمایل دو ماده رنگزا باعث ایجاد واکنش هم‌زمان سولفات آلومینیم با گروه‌های فعال مواد رنگزا شده و در نتیجه باعث جذب هم‌زمان دو ماده رنگزا در الیاف می‌شود. اما کاربرد دندانه در رنگرزی با ترکیب ماده رنگزای پوست انار نتیجه منفی بر سازگاری دو ماده رنگزا دارد. این پدیده در اثر اشغال نقاط جذب الیاف ایجاد و حال آن که حضور تانن‌ها در پوست انار، مانع نفوذ ماده رنگزا بر روی نخ پشمی دندانه‌دار موجب کاهش و نقص فرآیند نفوذ ماده رنگزا در الیاف می‌شود [۳۷].

بنابراین نتایج محاسبات فوق نشان می‌دهد به طور کلی سه ماده رنگزا روناس و جاشیر به دلیل وجود سازگاری مناسب، از قابلیت ترکیب در یک حمام رنگرزی برخوردار می‌باشند. در حالی که امکان ترکیب ماده رنگزای پوست انار به سبب ساختار شیمیایی و وزن مولکولی متفاوت با روناس و جاشیر وجود ندارد. بدین دلیل می‌توان برای تولید فام رنگی نوین، در رنگرزی این سه ماده رنگزای سازگار از شیوه یک حمام استفاده کرد. در حالی که برای تولید فام‌های رنگی که نیاز به ترکیب با پوست انار دارد، ناگزیر باید از شیوه رنگرزی دو حمام استفاده کرد تا بدین ترتیب مشکلاتی همانند کاهش باز تولید فام رنگی با یکدیگر به وجود نیاید. مقادیر روشنایی نمونه‌های رنگرزی شده به صورت ترکیب روناس: جاشیر، پوست انار: جاشیر و پوست انار: روناس در شکل ۷ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد میزان روشنایی نمونه‌های رنگرزی شده در اثر تغییر غلظت ماده رنگزا، تغییر یافته است که این عامل با تغییر فام رنگی نمونه‌ها ارتباط دارد. همچنین نتایج اندازه‌گیری مقادیر روشنایی نمونه‌ها نشان می‌دهد، کاربرد دندانه موجب تغییر روشنایی در نمونه‌ها شده است.

همچنین مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی شده در حمام ترکیبی دوتایی مواد رنگزا در شکل ۸ آورده شده است. شکل ۸ (a) نخ‌های پشمی رنگرزی شده با ترکیب روناس و جاشیر در سه نسبت مختلف را نشان می‌دهد. نتایج این نمودار نشان می‌دهد با افزایش غلظت ماده رنگزای روناس در حمام رنگرزی، فام رنگی نمونه‌ها به قرمز تمایل و با افزایش غلظت ماده رنگزای جاشیر در حمام رنگرزی، فام رنگی نمونه‌ها به زرد گرایش یافته است. چنین نتیجه‌ای در نمونه‌های رنگرزی شده با پوست انار: جاشیر (شکل ۸ (b)) و پوست انار: روناس (شکل ۸ (c)) نیز مشاهده می‌شود. بدین ترتیب که با افزایش غلظت یک ماده رنگزا در حمام ترکیبی، فام رنگی نمونه تغییر یافته و به سمت

اما به طور کلی نتایج این جدول نشان می‌دهد تغییرات مقادیر سازگاری روناس و جاشیر در اثر تغییر غلظت هر یک از مواد رنگزا در حمام مخلوط بسیار جزئی است. بدین ترتیب دو ماده رنگزا در سه غلظت متفاوت از درجه سازگاری خیلی خوب تا عالی برخوردار می‌باشد. نیاز به توضیح است که کاربرد دندانه زاج سفید در مخلوط مذکور باعث بروز اختلافاتی در رفتار سازگاری در مقایسه با نمونه بدون دندانه شده است. بدین ترتیب در نمونه دندانه‌دار مشاهده می‌شود رنگرزی با نسبت سه به یک (روناس: جاشیر) در مقایسه با نسبت برابر از مقادیر سازگاری بیش‌تری برخوردار است که این نتیجه در مقایسه با نمونه بدون دندانه ترکیب روناس و جاشیر و همچنین مخلوط‌های دوتایی روناس و اسپرک در تناقض است. اما با این حال تغییر مقادیر سازگاری نمونه دندانه شده همانند نمونه بدون دندانه جزئی بوده و از درجه سازگاری عالی برخوردار است.

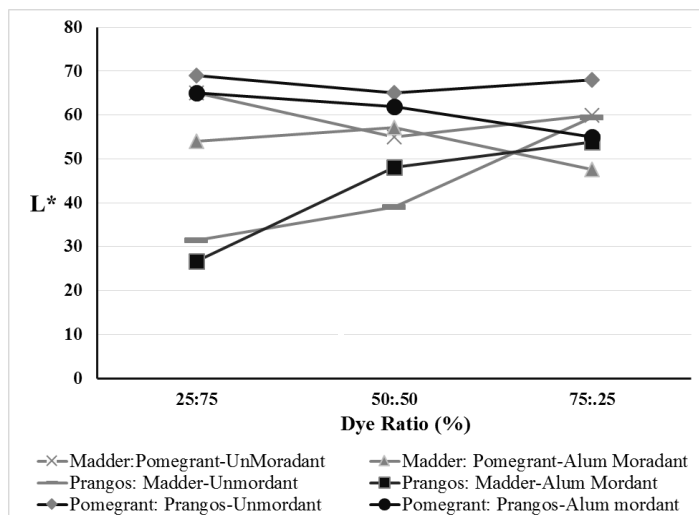
اما برخلاف دو ماده روناس و جاشیر، ترکیب پوست انار با هر یک از دو ماده رنگزا دیگر موجب بروز درجه سازگاری ضعیف و خیلی ضعیف می‌شود. کاهش درجه سازگاری این مخلوط به دلیل وجود وجود مواد تاننی در پوست انار است که باعث تبدیل آن به یک درشت مولکول شده و در نتیجه باعث افزایش وزن، کاهش سرعت رنگرزی و نفوذ درون نخ پشم می‌شود؛ لذا ترکیب پوست انار با هر یک از دو ماده رنگزای دیگر به سبب اختلاف بالا در سرعت جذب و نفوذ در الیاف موجب بروز ناسازگاری می‌شود.

نتایج ترکیب ماده رنگزای روناس با پوست انار نشان می‌دهد، مقادیر سازگاری این مخلوط در مقایسه با دو ترکیب پیشین به طور نسبی افزایش یافته است. درجه سازگاری مخلوط این دو ماده رنگزا در سه نسبت متفاوت، ضعیف تا متوسط بوده و تغییر مقادیر سازگاری مواد رنگزا بسیار جزئی می‌باشد. همچنین مقایسه درجه سازگاری سه نسبت متفاوت ترکیب این مخلوط رفتاری مشابه با دو ترکیب پیشین را نشان می‌دهد. مقادیر سازگاری این دو ماده رنگزا با کاهش نسبت پوست انار کاهش یافته است. در حالی که کاربرد نسبت سه به یک (پوست انار: روناس) در حمام ترکیبی موجب افزایش جزئی مقادیر سازگاری می‌شود. اما با این وجود نتایج نشان می‌دهد تغییر مقادیر سازگاری در اثر تغییر نسبت مخلوط دو ماده رنگزا جزئی بوده و باعث بروز تغییر قابل توجهی در درجه سازگاری نمی‌شود. بدین ترتیب مخلوط دو ماده رنگزای روناس و پوست انار موجب استحصال درجه سازگاری ضعیف تا متوسط می‌شود.

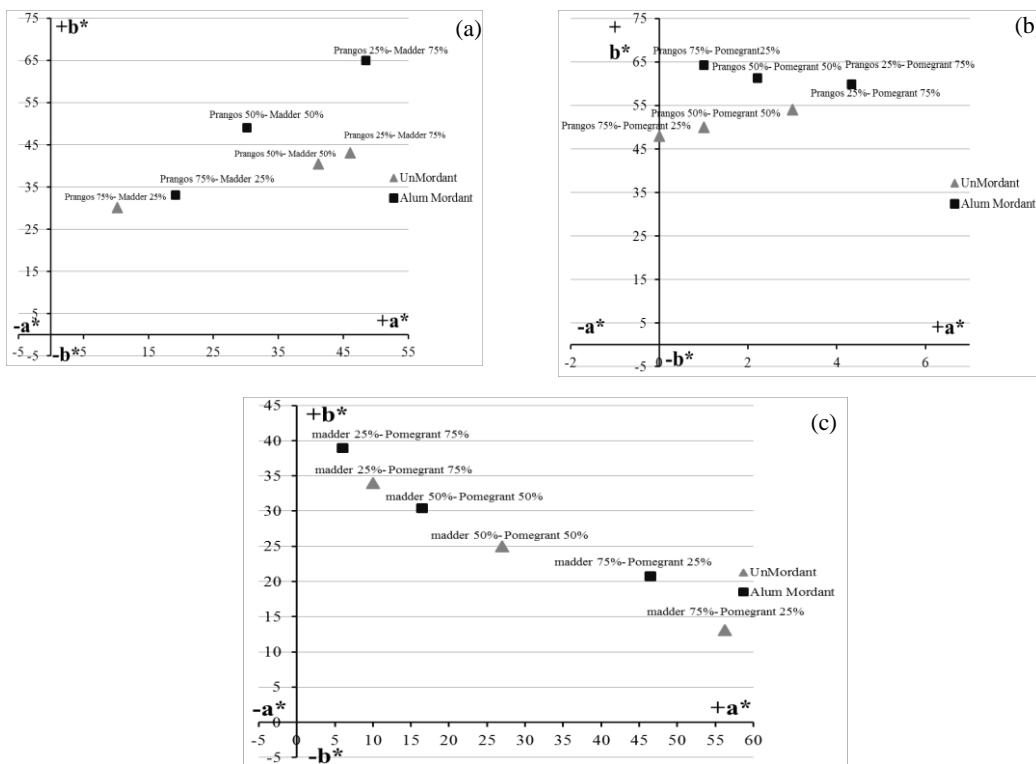
نتایج فوق نشان می‌دهد، ترکیب پوست انار با هر یک از مواد رنگزای روناس و جاشیر در حمام رنگرزی مخلوط با درجه خیلی ضعیف-متوسط همراه است که این عامل باعث عدم امکان باز تولید فام رنگی و کاهش بازده رنگرزی می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش اختلاف در وزن مولکولی درجه ناسازگاری میان مخلوط مواد رنگزا افزایش می‌یابد. بدین دلیل نتایج فوق نشان می‌دهد، افزایش اختلاف

عموماً مواد دندان کاربرد بالایی در رنگرزی با مواد رنگزا طبیعی دارد. زیرا از محدودیت‌های کاربرد مواد رنگزای طبیعی، ثبات پایین، عدم تنوع در فام رنگی و تمایل پایین به نفوذ در الیاف است. بدین منظور از مواد کمکی موسوم به دندان که عمدتاً از نمک‌های فلزی می‌باشند، برای استحکام پیوند بین ماده رنگزا و لیف، افزایش تمایل ذاتی ماده رنگزا و ایجاد تنوع فام رنگی استفاده می‌شود [۱۹].

رنگ زرد و یا قرمز تمایل می‌یابد. این عمل عموماً در رنگرزی‌های صنعتی و سنتی با هدف ایجاد تنوع در تولید فام رنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین نتایج نشان می‌دهد کاربرد سولفات آلومینیم باعث ایجاد تغییراتی در فام رنگی نمونه‌ها شده است. بدین دلیل می‌توان ادعان داشت کاربرد سولفات آلومینیم به عنوان دندان افزون بر افزایش جذب ماده رنگزا، باعث ایجاد تغییراتی در فام رنگی می‌شود.



شکل ۷: مقادیر روشنایی نخ‌های پشمی رنگرزی شده در حمام مخلوط مواد رنگزا.



شکل ۸: مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی شده در نمودار a\* و b\*: (a) ترکیب دو تایی روناس: جاشیر، (b) پوست انار: جاشیر، و (c) پوست انار: روناس.

#### ۴- نتیجه‌گیری

می‌باشند. در حالی که ترکیب پوست انار با سه ماده رنگزای دیگر موجب استحصال سازگاری پایین با درجه خیلی ضعیف تا ضعیف می‌شود. علاوه بر این نتایج نشان داد، تغییر غلظت هر یک از مواد رنگزا در حالت مخلوط دوتایی بر میزان سازگاری مواد رنگزا موثر بوده و موجب کاهش و یا افزایش درجه سازگاری مواد رنگزا می‌شود. همچنین استفاده از سولفات آلومینیم به عنوان دندانه تأثیر مثبتی بر درجه سازگاری مواد رنگزای بدون تانن (روناس و جاشیر) و اثری منفی در صورت وجود مواد رنگزای حاوی تانن (پوست انار) در ترکیب مواد رنگزا دارد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، سه ماده رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر به سبب برخورداری از سازگاری مناسب از قابلیت ترکیب در یک حمام رنگرزی برخوردار می‌باشند. در حالی که امکان ترکیب هر یک از ماده رنگزای مذکور با پوست انار به سبب وجود سازگاری ضعیف وجود ندارد.

#### تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد مجیدرضا شاه‌پروری به راهنمایی دکتر سیامک صفاپور و دکتر کمال‌الدین قرنجیگ می‌باشد. نگارندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از دانشگاه هنر اسلامی تبریز، پژوهشگاه رنگ و مرکز ملی فرش ایران که با حمایت‌های مادی و معنوی خود زمینه را برای انجام این مطالعه هموار کردند، اعلام می‌دارند.

برای تنوع فام رنگی در فرآیند رنگرزی از ترکیب دو و یا چند ماده رنگزا استفاده می‌شود. در مطالعات علمی این ترکیب باید در صورتی انجام گیرد که سرعت جذب تمامی مواد رنگزا که با یکدیگر مخلوط می‌شوند، برابر و یکسان باشد. بدین سبب باید پیش از انجام رنگرزی به روش مخلوط به معیاری با عنوان درجه سازگاری مواد رنگزا توجه داشت؛ لذا با توجه به این معیار سازگاری مواد رنگزای جاشیر، روناس و پوست انار از طریق مطالعه قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا به تفکیک بر روی نخ پشمی بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد، دو ماده رنگزای روناس و جاشیر از منحنی قابلیت رنگرزی مشابهی در مقایسه با یکدیگر برخوردار بوده و دارای نقاط اشباع مشترکی می‌باشند. در حالی که منحنی قابلیت رنگرزی و نقطه اشباع متفاوتی رنگرزی پوست انار در مقایسه با دو ماده رنگزای دیگر متفاوت است. بدین دلیل تشابه قابلیت رنگرزی میان دو ماده روناس و جاشیر نشان از سازگاری نسبی دارد. در صورتی که وجود تفاوت میان منحنی قابلیت رنگرزی پوست انار بر روی نخ پشمی بیانگر سازگاری پایین میان ترکیب این ماده رنگزا با روناس و جاشیر می‌باشد. با توجه به نتیجه فوق، برای دستیابی به درجه سازگاری سه ماده رنگزای موردی، رنگرزی نخ پشمی با ترکیب دو تایی مواد رنگزا در سه نسبت متفاوت انجام شد. سپس درجه سازگاری مواد رنگزا از طریق روابط محاسباتی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد سه ماده رنگزای روناس و جاشیر از درجه سازگاری خیلی خوب تا عالی برخوردار

#### ۵- مراجع

۱. م. ر. شاه‌پروری، س. صفاپور، ک. قرنجیگ، مطالعه رفتار سینتیکی و قابلیت رنگرزی نخ پشمی با مواد رنگزای طبیعی روناس و قرمزخانه. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ. ۱۰ (۱۳۹۵)، ۲۰۶-۱۹۵.
2. M. Shahid, I. Shahid, F. Mohammad, Perspectives for natural product based agents derived from industrial plants in textile applications – a review. *J. Cleaner Prod.* 57 (2013), 2-18.
3. M. B. Kasiri, S. Safapour, Exploring and exploiting plants extracts as the natural dyes/antimicrobials in textiles processing. *Prog. Color Colorants Coat.* 8 (2015), 87-114.
4. S. M. Mortazavi, M. Kamali moghadam, S. Safi, R. Salehi, Saffron Petals, a by-product for dyeing of wool fibers. *Prog. Color Colorants Coat.* 5 (2012), 75- 84.
5. S. Kumar, A. P. Agarwal, S. Datta, Studies on color-strength-related parameters and compatibility for dyeing of cotton fabric with binary mixtures of jackfruit wood and other natural dyes. *J. Nat. Fibers.* 6 (2009), 27-45.
6. H. Khalili, S. H. Amirshahi, A novel method for determination of compatibility of dyes by means of principal component analysis. *Color Res. Appl.* 35(4) (2010), 313-318.
۷. ه. خلیلی، ارائه معیاری برای سازگاری مواد رنگزا با استفاده از داده‌های طیفی و رنگی نمونه رنگ شده. پایان نامه دکتری، ایران، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی. ۱۳۸۸.
8. K. V. Datye, S. Mishra, Compatibility of dye mixtures. *Color Technol.* 100 (1984), 334-339.
9. A. K. Samanta, P. Agarwal, D. Singhee, S. Datta, Application of single and mixtures of red sandalwood and other natural dyes for dyeing of jute fabric: studies on colour parameters/colour fastness and compatibility. *J. Text. Inst.* 100 (2009), 565-587.
10. W. Beckmann, F. Hoffmann, H. Otten, Practical significance, theory and determination of compatibility of dyes on synthetic-polymer fibres. *Color Technol.* 88(1972), 354-360.
11. C. Babu, Study on compatibility of acid dyes: assessment using a computer colour matching system. *J. Soc. Leather Technol. Chem.* 81 (1977), 98-102.
12. E. Dehnavi, A. Shams-Nateri, H. Khalili, Wool dyeing with binary mixture of natural dyes. *Pigm. Resin Technol.* 45 (2016), 52-61.
13. S. Salimian, H. Khalili, H. Izadan, S. Shahamatjoo, Feasibility of using digital color imaging devices for the determination of cationic dyes compatibility. *Color Res. Appl.* 42 (2017), 337-345.
14. A. K. Samanta, P. Agarwal, D. Singhee, S. Datta, Application

- 26.C. Mouri, V. Mozaffarian, X. Zhang, R. Laursen, Characterization of flavonols in plants used for textile dyeing and the significance of flavonol conjugates. *Dyes Pigm.* 100 (2014), 135-141.
- 27.M. Feiz, H. Norouzi, Dyeing studies of wool fibers with madder (*Rubia tinctorum*) and effect of different mordants and mordanting procedures on color characteristics of dyed samples. *Fiber Polym.* 15 (2014), 2504-2514.
- 28.K. Farizadeh, M. E. Yazdanshenas, M. Montazer, R. M.A. Malek, A. Rashidi, Kinetic studies of adsorption of madder on wool using various models. *Text. Res. J.* 80 (2010), 847-855.
- 29.K. Farizadeh, M. Montazer, M. E. Yazdanshenas, A. Rashidi, R. M. A. Malek, Extraction, identification and sorption studies of dyes from madder on wool. *J. Appl. Polym. Sci.* 113 (2009), 3799-3808.
- 30.C. Mouri, A. Ali, X. Zhang, R. Laursen, Analysis of dyes in textiles from the Chehrabad salt mine in Iran. *Heritage Sci.* 2 (2014), 2-20.
- 31.S. Adeel, S. Ali, I. Bhatti, F., Zsila, Dyeing of cotton fabric using pomegranate (*Punica granatum*) aqueous extract. *Asian J. Chem.* 21 (2000), 3493-3499.
- 32.P. S. Vankar, R. Shanker, A. Verma, Enzymatic natural dyeing of cotton and silk fabrics without metal mordants. *J. Cleaner Prod.* 15 (2007), 1441-1450.
- 33.H. Bhajan Singh, K.A. Bharati, *Handbook of Natural Dyes and Pigments*. Woodhead Publishing India, India, 2014.
- 34.E. Lichtfouse, J. Schwarzbauer, D. Robert, *Green Materials for Energy, Products and Depollution*. Springer, New York, 2013.
- ۳۵.ف. شاهمرادی، رنگرزی و ضد میکروب همزمان کالای پشمی با استفاده از مواد رنگزای طبیعی، پایان نامه کارشناسی ارشد، ایران، گیلان: دانشگاه گیلان، دانشکده فنی و مهندسی. ۱۳۸۹.
- ۳۶.ع. خسروی، ک. قرنچیک، م. حسین نژاد، رنگرزی الیاف سنتری و استات سلولز، جهاد دانشگاهی، تهران. ۱۳۸۹.
- 37.R. Julkunen-Tiitto, H. Haggman, Tannins and tannin agents. *Handbook of Natural Colorants*, John Wiley & Sons, United Kingdom, 2009, 201-219.
- of single and mixture of red sandalwood and other natural dyes for dyeing of jute fabric. *J. Text. Inst.* 100 (2009), 567-587.
- 15.M. R. Shahparvari, M. Safi, S. Safapour, K. Gharanjig, Compatibility of natural dyes on Aluminum pre-mordanted woolen yarns by determination of diffusion coefficient. *Fibers Polym.* 9 (2018), 1663-1669.
- 16.M. Sadeghi-Kiakhani, Eco-friendly dyeing of wool and nylon using madder as a natural dye: kinetic and adsorption isotherm studies. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 12 (2015), 2363-2370.
- ۱۷.ک. قرنچیک، بررسی و مقایسه روش‌های رنگرزی طبیعی خامه قالی به وسیله دستگاه‌های سنتی و موجود به منظور ارائه روش بهینه. طرح پژوهشی؛ ایران، تهران، مرکز ملی فرش ایران. ۱۳۸۷.
- ۱۸.م. ر. شاه‌پروری، بررسی ضریب نفوذ رنگزاهای طبیعی به منظور شناسایی روش صحیح رنگرزی رنگ‌های ترکیبی در فرش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ایران، تبریز، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، دانشکده فرش، ۱۳۹۴.
- 19.M. O. Bulut, H. Baydar, E. Akar, Ecofriendly natural dyeing of woollen yarn using mordants with enzymatic pretreatments. *J. Text. Inst.* 105 (2014), 559-568.
- 20.E. Atherton, D. Downey, R. Peters, Some observations on the dyeing of nylon with mixtures of acid dyes. *Color. Technol.* 74 (1958), 242-251.
- 21.D. M. Lewis, J. A. Rippon, *Color. wool Keratin Fibres*, John Wiley & Sons, United Kingdom, 2014.
- 22.T. Bechtold, R. Mussak, *Handbook of natural colorants*. John Wiley & Sons, United Kingdom, 2009.
- 23.D. Bishop, Physical and chemical effects of domestic laundering processes. Blackie Academic & Professional, London, 1995.
- 24.H. Barani, S. Rahimpour, The dyeing procedures evaluation of wool fibers with prangos ferulacea and fastness characteristics. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2014 (2014), 12-18.
- 25.A. Shams Nateri, The Study of Prangos Ferulacea Absorption behavior on wool fibers by using the derivative spectrophotometric method. *Res. J. Text. Apparel.* 17 (2013), 98-104.