Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science & Technology

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
Journal of Color Science and Technology, 17, 2(2023), 111-121
Article type: Research article
Open access

نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

The Effect of Metallic and Natural Mordants on Color Properties of Silk Fabrics Dyed with Hibiscus Sabdariffa L.

Majid Tehrani[*1], Zahra Jahanbazi[1], Fatemeh Shahmoradi Ghaheh[2]
1- Department of Art, Shahrekord University, P.O. Box: 56811-88617, Shahrekord, Iran
2- Department of Environmental Engineering, Urmia University of Technology, P.O. Box: 57561-51818, Urmia, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 26-08-2022
Accepted: 20-02-2023
Available online: 20-09-2023
Print ISSN: 1735-8779
Online ISSN: 2383-2169

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.2.2.3

Keywords:
Silk fiber
Natural colorant
Hibiscus sabdariffa L.
Natural mordants
Color properties
Colorfastness

ABSTRACT

In recent years, the dyeing of textiles, especially the fibers used in handmade carpets, with natural colorant and mordant, has attracted the attention of researchers. Hibiscus sabdariffa L. is a rich source of natural colorant from the anthocyanin class. This research has studied silk fibers' color and fastness parameters with the dye extracted from Hibiscus sabdariffa calyces in the presence of different metallic and natural mordants with pre-, meta- and post-mordanting methods. Metal salts such as iron (II) sulfate, aluminum potassium sulfate, calcium lignosulfonate, and natural materials such as tannic acid and sodium alginate were used as mordants. The results indicate that the meta-mordanting method, sodium alginate (4.01), and calcium lignosulfonate (4.49) have created the highest color strength. Also, the post-mordanting method and tannic acid and calcium lignosulfonate mordants provide the best washing fastness (grade 5 on grayscale), and the post-mordanting method and sodium alginate and calcium lignosulfonate mordants provide the best light fastness (grade 5-6 in blue scale).

***Corresponding author: mtehrani@sku.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

دسترسی آنلاین: www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی علوم و فناوری رنگ/ ۱۷، (۱۴۰۲)۲، ۱۲۱ـ۱۱۱
نوع مقاله: پژوهشی
دسترسی آزاد

تاثیر دندانه‌های فلزی و طبیعی بر خواص رنگی پارچه ابریشمی رنگ شده با چای ترش

مجید طهرانی[1*]، زهرا جهانبازی[2]، فاطمه شاه‌مرادی‌قهه[3]
۱ـ دانشیار، گروه فرش، دانشکده هنر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، صندوق پستی: ۵۶۸۱۱۸۸۶۱۷
۲ـ کارشناس، گروه فرش، دانشکده هنر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، صندوق پستی: ۵۶۸۱۱۸۸۶۱۷
۳ـ استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران، صندوق پستی ۵۷۵۶۱۵۱۸۱۸

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۲/۶/۲۹
شاپا چاپی: ۸۷۷۹-۱۷۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۱۶۹-۲۳۸۳

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.2.2.3

واژه‌های کلیدی:
الیاف ابریشم
رنگزای طبیعی
چای ترش
دندانه طبیعی
خواص رنگی
ثبات رنگ

چکیده

در سال‌های اخیر رنگرزی منسوجات به خصوص الیاف مورد استفاده در فرش‌های دست‌باف با رنگزاها و دندانه‌های طبیعی مورد توجه محققان قرار گرفته است. کاسبرگ چای ترش یک منبع غنی از رنگ طبیعی از طبقه آنتوسیانین‌ها است. در این تحقیق مشخصه‌های رنگی و ثباتی الیاف ابریشم رنگرزی شده با رنگزای حاصل از کاسبرگ چای ترش درحضور دندانه‌های فلزی و طبیعی مختلف با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه مورد مطالعه قرار گرفته است. از نمک‌های فلزی سولفات آهن، سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و لینگوسولفونات کلسیم و مواد طبیعی اسید تانیک و آلجینات سدیم به عنوان دندانه استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد استفاده از روش همزمان و دندانه‌های آلجینات سدیم (۴,۰۱) و لیگنو سولفونات کلسیم (۴,۴۹)، بالاترین مقدار قدرت رنگی را ایجاد کرده است. همچنین روش پس‌دندانه و دندانه‌های اسید تانیک و لیگنوسولفونات کلسیم بهترین ثبات شستشویی (درجه ۵ در معیار خاکستری) و روش پس‌دندانه و دندانه‌های آلجینات سدیم و لیگنوسولفونات کلسیم بهترین ثبات نوری (درجه ۶-۵ در معیار آبی) را ایجاد نموده‌اند.

***Corresponding author: mtehrani@sku.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

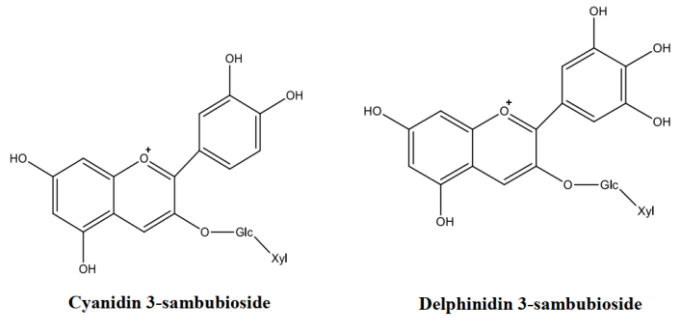
۱ــ مقدمه

فرش دستباف در ایران، منبع درآمد یک تا یک و نیم میلیون خانوار بافنده است و این رقم به روشنی بر حیات اقتصادی درصد زیادی از جمعیت ایران، سایه افکنده است. یکی از علل مرغوبیت و معروفیت قالی ایران، زیبایی و ثبات و دوام رنگ‌های آن است. رنگرزی در ایران از سال‌های بسیار دور همچون زمان هخامنشیان مورد توجه بوده است. استادان رنگرزی در فرش با استفاده از رنگزاهای سنتی از قبیل پوست گردو، روناس، پوست انار و دیگر مواد مشابه ارزان، رنگ‌های مختلف را به وجود می‌آوردند (۲، ۱).

امروزه علیرغم پیشرفت‌هایی که در تولید رنگزاهای مصنوعی ایجاد شده است، استفاده از رنگزاهای طبیعی به دلیل سازگاری با محیط‌زیست، سمی نبودن و تجدیدپذیر بودن، مورد توجه محققان و صنعتگران قرارگرفته است (۳). با وجود قدمت و مزایای رنگزاهای طبیعی، استفاده از این رنگزاها دارای مشکلاتی از جمله شیدهای محدود و خصوصیات نامناسب ثبات رنگ می‌باشد (۵، ۴). برای رفع مشکل ثبات رنگزاهای طبیعی دانشمندان استفاده از نمک‌های فلزی را پیشنهاد نموده‌اند (۶). به کارگیری فلزاتی همچون آلومینیم، آهن و مس باعث شد رنگزاهای طبیعی تا صدها سال از گزند نور و آب مصون بمانند (۲، ۱). بررسی پسماندهای رنگرزی نشان می‌دهد باقی‌مانده دندانه‌های فلزی موجود در پسماندها به ویژه دندانه‌های قلع و کرم می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی زیادی ایجاد نماید (۷). لذا محققان در تحقیق-هایی مواد طبیعی همچون میوه درخت کاج (۸)، آلجینات سدیم (۸)، پوست انار (۱۱-۹)، اکالیپتوس (۹)، زردچوبه (۱۲)، ساقه موز (۱۳)، پوست لیمو (۱۰، ۸) و کیتوسان (۱۴) را به عنوان دندانه معرفی نمودند و ویژگی‌های الیاف رنگ شده با این دندانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند.

یکی دیگر از مشکلات استفاده از رنگزاهای طبیعی شیدهای محدود به دست آمده از این رنگزاها است. برای رفع این مشکلات معرفی رنگزاهای طبیعی جدید و بررسی خواص رنگی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چای ترش با نام علمی Hibiscus sabdariffa L، گیاهی یک ساله یا چند ساله با بوته‌هایی به ارتفاع ۲ تا ۳ متر و برگ‌هایی ۳ تا ۵ وجهی سبزمایل به زرد و گل‌های زرد رنگ و کاسبرگ‌های سبز رنگ است که بعد از رسیدن میوه، کاسبرگ‌های آن به رنگ قرمز تبدیل می‌شود. بیش از ۳۷۷ گونه از این گیاه در سراسر جهان در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری یافت می‌شود. موطن اصلی این گیاه، غرب آفریقا است و امروزه در سطح وسیعی در مناطق گرمسیر همچون غرب آفریقا، آسیا، استرالیا کشت می‌شود. کشت این گیاه در ایران تنها در سیستان و بلوچستان و خوزستان گزارش شده است. سطح زیر کشت این گیاه در استان خوزستان در حدود ۳۲ هکتار و مقدار برداشت محصول سالانه ۲۰ تن است. چای ترش (یا چای مالمیر یا چای مکه یا چای روزل یا چای قرمز) از کاسبرگ گیاه چای ترش تهیه می‌شود و در بسیاری از مناطق دنیا به صورت نوشیدنی گرم یا سرد مصرف دارد. در آمریکای لاتین و به ویژه در جامائیکا مصرف آن متداول است و بنام گل جامائیکا و در شمال آفریقا به نام چای سودانی و در مصر به نام کرکده مشهور است (۱۵). مواد موثر موجود در چای ترش شامل اسیدهای اگزالیک، مالئیک، سیتریک، استئاریک، تارتاریک، آسکوربیک، آراشیدیک، پروتوکاتچوئیک و اسید هیبیسکوس، آنیس آلدهید، دِلفینیدین، سیانیدین، بتاکاروتن، بتاسیتوسترول، گالاکتوز، گاسیپتین، پکتین و کوئرستین می‌باشند. در بین ترکیب‌های موجود در چای ترش، آنتوسیانین‌هایی همچون دلفینیدین-۳- سامبوبیوسید (Dp-3-sambubioside) و سیانیدین-۳-سامبوبیوسید (Cy-3-sambubioside) رنگدانه‌های اصلی موجود در کاسبرگ این گیاه هستند (۱۸-۱۶). وجود این ترکیب‌ها در کاسبرگ گیاه چای ترش، امکان استفاده از این بخش را به عنوان یک رنگزای طبیعی امکان‌پذیر می‌سازد در شکل ۱ ساختار شیمیایی این رنگدانه‌ها آورده شده است. گروه‌های هیدروکسیل موجود در دلفینیدین و سیانیدین باعث تشکیل کمپلکس بین رنگدانه و دندانه در محدوده pH مناسب می‌شوند (۲۰، ۱۹). این گیاه، علی‌رغم ویژگی‌های بالقوه آنتوسیانین‌ها در مواد غذایی و صنایع بهداشتی و درمانی، به دلیل ثبات رنگ پایین در برابر شست‌وشو و میل جذبی پایین آن به لیف در رنگرزی الیاف نساجی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۱۶). در بین محدود تحقیق‌های انجام شده در این زمینه حایات[1] و همکارانش (۲۱) و تاوییاه[2] و همکارانش (۱۹) به ترتیب ویژگی‌های رنگی الیاف پشم شتر و پشم گوسفند رنگ شده با رنگزای چای ترش را در حضور دندانه‌های فلزی بررسی نموده‌اند. پرجو[3] و همکارانش (۲۲) و شاهمرادی و همکارانش (۸) پارامترهای رنگی و ثباتی نمونه‌های پنبه رنگ شده با چای ترش را در حضور دندانه‌های فلزی و طبیعی بررسی و مقایسه نموده‌اند. اوزوگوو[4] و همکارانش (۲۳)، زرکانی[5] و همکارانش (۶) و ونکار[6] و همکارانش (۲۴) پارامترهای رنگی نمونه‌های پارچه پنبه رنگ شده با چای ترش را در حضور دندانه‌های فلزی بررسی نموده‌اند. ونکار و همکارانش (۲۴) و چوو[7] و همکارانش (۲۵) خصوصیات رنگی و ثباتی الیاف ابریشم رنگ شده با چای ترش را در حضور دندانه‌های فلزی مورد بررسی قرار داده‌اند. منصور و همکارانش (۲۶) تاثیر اصلاح سطحی الیاف پنبه با کیتوسان را بر روی رنگ‌پذیری این الیاف از رنگزای چای ترش بررسی کردند.

1- Hayat
2- Tawiah
3- Perju
4- Ozougwu
5-Zarkani
6- Vankar
7- Cho



شکل ۱: ساختار شیمیایی رنگدانه‌های آنتوسیانین موجود در چای ترش [۱۹].

Figure 1: Chemical structure of anthocyanin pigments in Hibiscus sabdariffa L. [19].

بررسی تحقیق‌های انجام شده در زمینه استفاده از چای ترش به عنوان یک رنگزای طبیعی نشان می‌دهد تاکنون ویژگی‌های رنگی و ثباتی این رنگزا بر روی الیاف ابریشم در حضور دندانه‌های طبیعی بررسی نشده است. با توجه به اهمیت الیاف ابریشم در فرش‌های دستباف و حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از آلایندگی رنگزاهای مصنوعی و دندانه‌های فلزی، در این تحقیق رنگرزی الیاف ابریشم با رنگزای حاصل از کاسبرگ چای ترش درحضور دندانه‌های طبیعی و فلزی بررسی و مقایسه شده است. به منظور بررسی اثر دندانه بر جذب رنگ و خواص رنگی کالای رنگرزی شده از دندانه‌های فلزی نظیر سولفات آهن، سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و لیگنوسولفونات کلسیم و دندانه‌های طبیعی همچون اسید تانیک و آلجینات سدیم استفاده شد. با استفاده از دستگاه طیف‌سنج انعکاسی، محرک‌های سه‌گانه CIE Lab و قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های پارچه ابریشمی رنگ شده اندازه‌گیری و تعیین شد. همچنین ثبات رنگ حاصل در برابر شست‌وشو و نور مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲ـ تجربی

۲ـ۱ـ آماده‌سازی مواد و فرآیند رنگرزی

برای تهیه رنگزا، کاسبرگ چای ترش از مناطق محلی خوزستان چیده، خشک و آسیاب شد. کلاله چیده شده ابتدا با آب سرد کاملا شسته شد، سپس در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در آون حرارتی به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. کلاله خشک شده توسط یک آسیاب صنعتی به پودر ریز تبدیل شد. برای تهیه پودر ریز با ذرات تقریباً یکسان، از مش نایلونی شماره ۴۰ استفاده شد. برای استخراج محلول رنگزا، پودر کاسبرگ چای ترش در آب مقطر در یک ارلن مایر متصل به کندانسور در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه عمل شد، آنگاه محلول به دست آمده از فیلتر Whatman شماره ۴۲ عبور داده شد تا یک محلول رنگی تصفیه شده با غلظت ۲۰ گرم در لیتر حاصل شود (۲۷).

به منظور بررسی اثر دندانه بر جذب رنگ از دندانه‌های فلزی متداول نظیر سولفات آهن و سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) و لیگنو سولفونات کلسیم به عنوان دندانه فلزی جدید و دندانه‌های طبیعی همچون اسید تانیک و آلجینات سدیم (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) استفاده شد.

برای رنگرزی از پارچه تاری-پودی بافته شده از نخ ابریشم یک‌لا (Ne= ۳۰) با وزن ۲۲۰ گرم در مترمربع (تهیه شده از شرکت صنایع ابریشم گیلان، ایران) استفاده شد. برای حذف ناخالصی‌ها و روغن‌های ریسندگی از پارچه، کالای ابریشمی در محلول یک گرم در لیتر شوینده آنیونی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۴۵ دقیقه شسته شد. رنگرزی با سه روش پیش‌دندانه، هم‌زمان و پس‌دندانه در حمام‌هایی با دندانه‌های مختلف فلزی و طبیعی انجام شد. برای دندانه دادن، ابتدا پارچه ابریشمی در محلول دندانه با غلظت ۵ درصد نسبت به وزن پارچه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، آنگاه دما طی ۳۰ دقیقه تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۴۵ دقیقه در این دما عملیات دندانه‌دادن انجام شد. رنگرزی به روش رمق‌کشی در محلول استخراج شده از کاسبرگ چای ترش با غلظت ۲۰ درصد وزنی پارچه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد شروع شد، آنگاه دما طی ۳۰ دقیقه تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و عملیات رنگرزی به مدت ۶۰ دقیقه در این دما ادامه یافت. در همه حمام‌ها نسبت حجم حمام به وزن کالا ۴۰:۱ انتخاب شد. پارامترهای رنگرزی با توجه به آزمایش‌ها و مقالات منتشر شده قبلی انتخاب شدند (۲۸، ۸).

۲ـ۲ـ مشخصه‌ها و ثبات‌های رنگی

برای سنجش محرک‌های سه‌گانه CIE Lab از دستگاه طیف‌سنج انعکاسی Texflash ساخت شرکت Data-color کره جنوبی با منبع نوری D65 و زاویه دید ۱۰ درجه استفاده شد. قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های پارچه ابریشمی رنگ شده با استفاده از قانون کیوبلکا-مانک (رابطه ۱) محاسبه شد.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (۱)$$

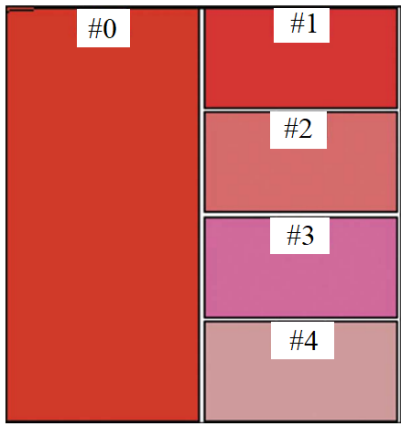
در این رابطه، K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R مقدار انعکاس پارچه در طول موج بیشینه جذب است.

ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های مختلف به ترتیب بر اساس استانداردهای ISO 105-C06 و ISO 105-B02 انجام شد (۲۹، ۳۰). برای بررسی ثبات شستشویی، ابتدا نمونه‌ها در دستگاه Launder-O-meter مدل Hi-D421235 در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب شسته شدند. آنگاه تغییر رنگ پارچه مطابق با مقیاس خاکستری تعیین شد. دستگاه Launder-O-meter استفاده شده مجهز به ۴ عدد لیوان استیل مخصوص با ظرفیت ۵۵۰ میلی‌لیتر و سرعت چرخش شستشو ۴۰ دور بر دقیقه می‌باشد. برای بررسی ثبات نوری نمونه‌ها از دستگاه سنجش ثبات نوری ساخت شرکت ریس‌سنج ایران و مقیاس آبی استفاده شد. دستگاه استفاده شده مجهز به لامپ زنون ۱۰۰۰ وات می‌باشد و قابلیت چرخش نمونه دور لامپ و دور خودش و قابلیت هوشمند کنترل دما و رطوبت را دارد.

۳ـ نتایج و بحث

۳ـ۱ـ بررسی تاثیر نوع دندانه و روش رنگرزی بر مشخصه‌های رنگی

تصاویر نمونه‌های ابریشمی رنگ شده و مشخصه‌های رنگی اندازه‌گیری شده از نمونه‌های رنگ شده در حضور دندانه‌های فلزی (سولفات آهن، سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و لیگنوسولفونات کلسیم) و طبیعی (اسید تانیک و آلجینات سدیم) با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه به ترتیب در جدول‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. تصاویر نمونه‌های ابریشم رنگ شده نشان می‌دهد استفاده از رنگزای کاسبرگ چای ترش می‌تواند فام‌های بنفش متمایل به قرمز و بنفش متمایل به آبی را ایجاد نماید. یکی از مزایای رنگزاهای طبیعی، ایجاد گستره‌ای از فام‌های مختلف از یک رنگزا بر روی الیاف نساجی است. ماهیت رنگ طبیعی، نحوه دندانه دادن، نوع دندانه و استفاده از شرایط مختلف pH می‌تواند فام‌های گوناگون را بر روی الیاف ایجاد نماید (۳۱). رنگزای کاسبرگ چای ترش، یک رنگزای طبیعی در طبقه آنتوسیانین است که دارای فام قرمز کم رنگ، بنفش تا آبی است (۱۶). فام ایجاد شده از طبقه آنتوسیانین‌ها به pH محیط وابسته است. مطابق شکل ۲ آنتوسیانین‌ها در pH، ۲ تا ۳ قابلیت ایجاد فام قرمز، در pH، کمتر از ۷ قابلیت ایجاد فام بنفش و در pH، کمتر از ۸ قابلیت ایجاد فام آبی را دارند (۲۴). استفاده از دندانه‌های مختلف فلزی و طبیعی علاوه بر تاثیراتی که برروی پایداری کروموفورهای موجود در رنگزای کاسبرگ چای ترش دارند می‌تواند بر روی pH حمام رنگرزی نیز موثر باشند (۳۲، ۳۳).



شکل ۲: رنگ حاصل از عصاره آنتوسیانین در pH های مختلف (۲۴).

Figure 2: Color of anthocyanin extract at different pH (24).

مقایسه محرک‌های سه‌گانه CIE Lab نمونه‌های دندانه داده شده با نمک‌های فلزی و مواد طبیعی در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان می‌دهد از نظر فام و روشنایی، مواد طبیعی و دندانه فلزی جدید استفاده شده می‌توانند جایگزین مناسبی برای دندانه‌های فلزی متداول باشند. میزان قرمزی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی در روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس دندانه متفاوت است، اما در همه این روش‌ها مقدار قرمزی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی در محدوده نمک‌های فلزی و گاهی بیشتر از آن می‌باشد. در روش پیش‌دندانه پس از سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم، اسید تانیک و آلجینات سدیم بیشترین مقدار رنگ قرمز را ایجاد نموده‌اند. در این حالت دندانه‌های اسید تانیک و آلجینات سدیم باعث انتقال فام حاصل به بخش آبی (b-) شده‌اند. در روش پیش‌دندانه، لیگنوسولفونات کلسیم دارای بیشترین مقدار روشنایی در بین همه دندانه‌ها است و استفاده از این دندانه باعث افزایش مشخصه زردی در نمونه‌های رنگ شده، گردیده است. در روش همزمان نتایج با روش پیش‌دندانه متفاوت است. در این روش پس از دندانه‌های فلزی متداول، آلجینات سدیم و لیگنوسولفونات کلسیم بیشترین مقدار رنگ قرمز را ایجاد نموده‌اند. همچنین این دندانه‌ها به مقدار کمی فام حاصل را به بخش آبی (b-) منتقل نموده‌اند. در روش همزمان، اسید تانیک دارای بیشترین مقدار روشنایی در بین همه دندانه‌ها است و استفاده از این دندانه طبیعی باعث افزایش مشخصه زردی در نمونه‌های رنگ شده، گردیده است. در روش پس‌دندانه بیشترین مقدار قرمزی مربوط به نمونه دندانه داده شده با اسید تانیک است. مقدار قرمزی نمونه دندانه داده شده با اسید تانیک به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از نمونه‌های دندانه داده شده با نمک‌های فلزی و سایر دندانه‌های طبیعی می‌باشد. در حالت پس دندانه پس از نمونه دندانه داده شده با سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم، دندانه‌های آلجینات سدیم و اسید تانیک بالاترین درجه روشنایی را دارند. در

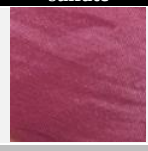
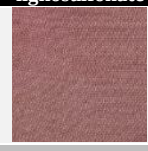
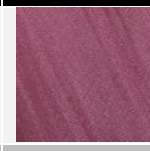
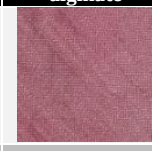
این حالت بالاترین درجه زردی با استفاده از دندانه سولفات آهن ایجاد شده است.

بررسی نتایج فوق نشان می‌دهد تغییر روش رنگرزی باعث تغییر نتایج مشخصه‌های رنگی در نمونه‌های رنگ شده با یک دندانه یکسان شده است. نتایج مشخصه b برای دندانه طبیعی آلجینات سدیم در روش پیش‌دندانه و هم‌زمان در محدوده آبی و در روش پس دندانه در محدوده زرد است. پارامتر b برای دندانه طبیعی اسید تانیک در روش پیش‌دندانه در محدوده آبی و در روش هم‌زمان و پس‌دندانه در محدوده زرد است. همچنین پارامتر b برای دندانه لیگنو سولفونات سدیم در روش هم‌زمان به مقدار کم در محدوده آبی و در روش پیش‌دندانه و پس‌دندانه در محدوده زرد است. اختلاف این نتایج می‌تواند ناشی از تاثیر دندانه‌های استفاده شده بر pH حمام‌های رنگ و دندانه و جذب متفاوت مقدار رنگ و دندانه در روش‌های مختلف رنگرزی باشد.

نتایج خلوص رنگ (c*) در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان می‌دهد بالاترین مقدار خلوص در روش‌های پیش‌دندانه و هم‌زمان ایجاد شده است. سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و اسید تانیک در روش پیش‌دندانه و سولفات آهن، آلجینات سدیم و لیگنو سولفونات کلسیم در روش هم‌زمان، درجه خلوص رنگ بالاتری داشته‌اند. در بین کل نمونه‌های رنگ شده، نمونه دندانه داده شده با سولفات آهن در روش هم‌زمان و نمونه دندانه داده شده با سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم در روش پیش‌دندانه، بالاترین مقدار خلوص رنگ را دارا هستند.

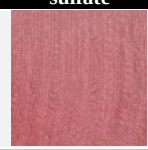
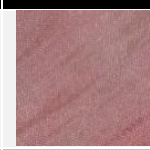
جدول ۱: خواص رنگی پارچه‌های ابریشم رنگ شده به روش پیش‌دندانه در حضور دندانه‌های مختلف.

Table 1: Color properties of silk fabrics dyed with pre-mordanting method in the presence of different mordants.

	Iron (II) sulfate	Aluminum potassium sulfate	Calcium lignosulfonate	Tannic acid	Sodium alginate
Dyed Samples					
K/S	2.77	3.93	2.73	2.44	2.25
L*	55.36	49.67	61.18	54.89	56.32
a*	3.24	23.60	11.15	18.03	15.06
b*	0.81	1.82	7.90	-3.38	-2.03
C*	3.34	23.67	13.67	18.35	15.19
h*	14.05	4.40	35.30	349.37	352.34

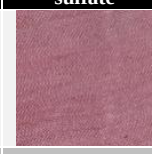
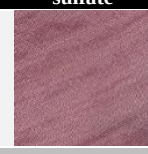
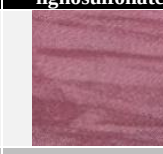
جدول ۲: خواص رنگی پارچه‌های ابریشم رنگ شده به روش هم‌زمان در حضور دندانه‌های مختلف.

Table 2: Color properties of silk fabrics dyed with meta-mordanting method in the presence of different mordants.

	Iron (II) sulfate	Aluminum potassium sulfate	Calcium lignosulfonate	Tannic acid	Sodium alginate
Dyed Samples					
K/S	3.89	3.58	4.49	3.23	4.01
L*	49.90	55.24	47.92	59.12	48.59
a*	24.58	19.02	18.17	9.70	18.21
b*	2.25	4.87	-0.04	9.87	-1.44
C*	24.68	19.63	18.17	13.84	18.26
h*	5.23	14.38	359.88	45.50	355.49

جدول ۳: خواص رنگی پارچه‌های ابریشم رنگ شده به روش پس‌دندانه در حضور دندانه‌های مختلف.

Table 3: Color properties of silk fabrics dyed with post-mordanting method in the presence of different mordants.

	Iron (II) sulfate	Aluminum potassium sulfate	Calcium lignosulfonate	Tannic acid	Sodium alginate
Dyed Samples					
K/S	3.86	2.48	2.62	2.77	3.05
L*	56.26	61.13	57.73	58.97	59.48
a*	13.76	11.32	13.46	16.60	8.36
b*	6.69	5.87	2.30	2.97	5.40
C*	15.29	12.76	13.66	16.87	9.96
h*	25.92	27.42	9.71	10.14	32.86

قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های رنگ شده در طول موج بیشینه جذب برای دندانه‌های مختلف با روش‌های پیش‌دندانه، هم‌زمان و پس‌دندانه در شکل ۳ آورده شده است. نتایج قدرت رنگی نمونه‌ها نشان می‌دهد استفاده از دندانه‌ها و روش‌های رنگرزی متفاوت، منجر به قدرت رنگی مختلف می‌شود. در روش پیش‌دندانه و پس‌دندانه به ترتیب دندانه‌های سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم (۳,۹۳) و سولفات آهن (۳,۸۶) بیشترین قدرت رنگی را دارند. در این روش‌ها، قدرت رنگی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی در حد قابل قبول (۲,۲۵ تا ۳,۰۵) می‌باشند. در روش پیش‌دندانه قدرت رنگی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی نزدیک به قدرت رنگی نمونه دندانه داده شده با سولفات آهن (۲,۷۷) است. در روش پس‌دندانه قدرت رنگی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی (۲,۷۷ تا ۳,۰۵) از قدرت رنگی نمونه دندانه داده شده با سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم (۲,۴۸) بیشتر است. در این روش در بین دندانه‌های طبیعی، دندانه آلجینات سدیم بالاترین قدرت رنگی (۳,۰۵) را ایجاد کرده است. در روش هم‌زمان قدرت رنگی نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی (۳,۲۳ تا ۴,۰۱) از قدرت رنگی نمونه‌های دندانه داده شده با دندانه‌های فلزی سولفات آهن و سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم (۳,۵۸ و ۳,۸۹) بیشتر یا برابر است. در این روش نمونه دندانه داده شده با لیگنو سولفونات سدیم بالاترین قدرت رنگی (۴,۴۹) را دارا است.

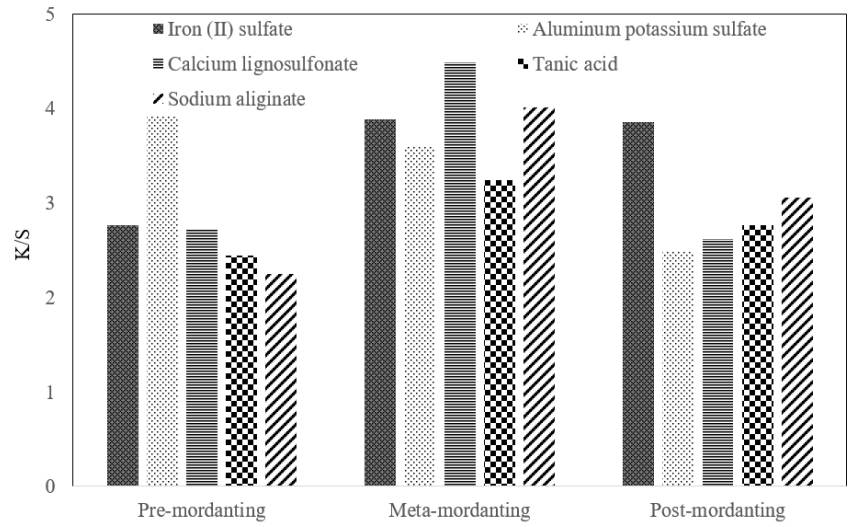
مقایسه نتایج قدرت رنگی نمونه‌های مختلف (و به طور ویژه نمونه‌های دندانه داده شده با مواد طبیعی) نشان می‌دهد مقدار قدرت رنگی نمونه پارچه‌های رنگ شده در روش هم‌زمان نسبت به دو روش دیگر بیشتر است. در بین همه روش‌ها و دندانه‌های به کار برده شده، استفاده از روش هم‌زمان و دندانه‌های آلجینات سدیم (۴,۰۱) و لیگنو سولفونات کلسیم (۴,۴۹)، بالاترین مقدار قدرت رنگی را ایجاد کرده است. بررسی تحقیق‌های انجام شده پیشین نشان می‌دهد رنگدانه آنتوسیانین در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، بالاترین پایداری حرارتی را دارد و در دماهای بالاتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت بالا تخریب می‌شود. بر این اساس، این احتمال وجود دارد که در روش پیش‌دندانه و پس‌دندانه، رنگرزی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد باعث تخریب رنگ و کاهش قدرت رنگ شده باشد. در روش هم‌زمان، در فرآیند رنگرزی، برهم‌کنش ایجاد شده بین گروه‌های عاملی لیف و کمپلکس آنتوسیانین- دندانه، امکان رنگرزی در دمای حدود ۸۵ درجه سانتی‌گراد را بدون تخریب رنگ فراهم نموده است (۲۴، ۳۴).

۳ـ۲ـ ثبات شستشویی و نوری رنگ

مقدار جذب رنگ در رنگزاهای طبیعی و پایداری آن به ساختار شیمیایی اجزای سازنده رنگزا طبیعی و استحکام کمپلکس ایجاد شده توسط دندانه در طی فرآیند رنگرزی وابسته است (۳۱). از آنجا که آنتوسیانین (رنگدانه موجود در کاسبرگ چای ترش) یک رنگینه اسیدی است در نتیجه می‌تواند در یک شرایط اسیدی ملایم با یون مثبت دندانه‌ها برهم‌کنش یونی ایجاد کند (۳۵). کمپلکس تشکیل شده بین آنتوسیانین- دندانه و گروه‌های عاملی در لیف به دلیل خاصیت مهار رادیکال‌های آزاد، عمر مفید محصول رنگ شده را افزایش می‌دهد (۳۶). در شکل ۴ ساختار شیمیایی دندانه‌های طبیعی به کار برده شده، دندانه فلزی لیگنوسولفونات کلسیم و نمای ترسیمی از اتصال دندانه به گروه‌های آنتوسیانین و لیف ابریشم آورده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود وجود گروه‌های هیدروکسیل (–OH) و کربونیل (C=O) در ساختار آلجینات سدیم، اسید تانیک و لیگنو سولفونات کلسیم باعث اتصال این دندانه‌ها با

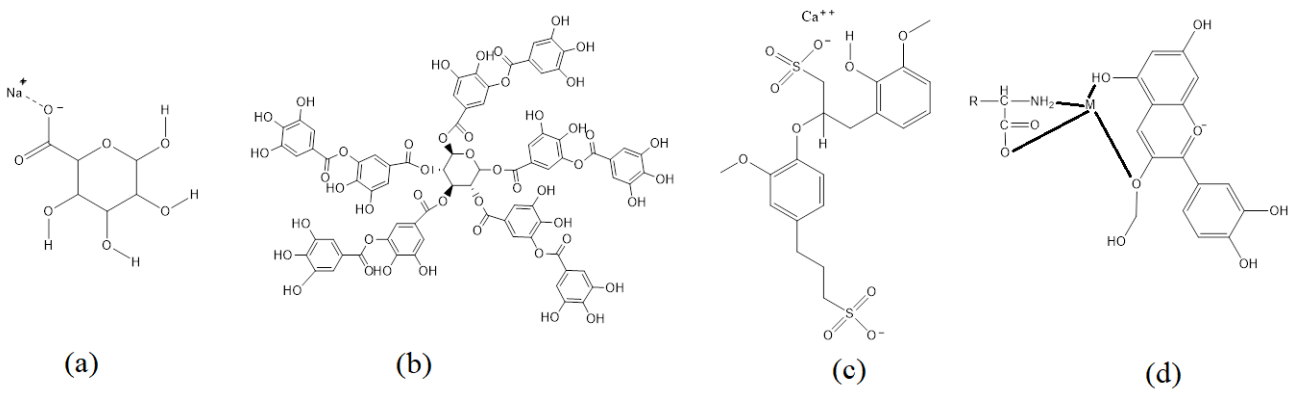
گروه‌های عاملی از جمله گروه‌های آمینو ($-NH_2$) و کربوکسیل (COOH) در لیف ابریشم و گروه‌های عاملی در آنتوسیانین موجود در رنگزای کاسبرگ چای ترش می‌شوند و این اتصال‌ها باعث بهبود رنگ‌پذیری الیاف ابریشم و بالا رفتن درجه ثبات رنگ می‌شود.

نتایج ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های ابریشمی رنگ شده در حضور دندانه‌های مختلف با روش‌های پیش‌دندانه، هم‌زمان و پس‌دندانه در جدول ۴ آورده شده است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های رنگ شده با رنگزای کاسبرگ چای ترش در حضور دندانه‌های فلزی و طبیعی ثبات بسیار خوبی در برابر شستشو و نور داشته‌اند. لذا استفاده از کاسبرگ چای ترش به عنوان یک رنگزا و مواد طبیعی (آلجینات سدیم و اسید تانیک) به عنوان دندانه برای مصرف کننده قابل قبول است. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد در بین دندانه‌های استفاده شده دندانه‌های اسید تانیک و لیگنو سولفونات کلسیم بهترین ثبات شستشویی را ایجاد نموده‌اند. ثبات شستشویی این دندانه‌ها در همه روش‌ها از ثبات شستشویی دندانه سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم بالاتر و از ثبات شستشویی دندانه سولفات آهن بالاتر یا برابر است. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد در همه روش‌ها، نمونه‌های رنگ شده در حضور دندانه‌های طبیعی، ثبات نوری بیشتر یا برابر با دندانه‌های فلزی متداول دارا هستند. در روش پیش‌دندانه نمونه دندانه داده شده با آلجینات سدیم (درجه ۵ در معیار آبی) و در روش هم‌زمان نمونه‌های دندانه داده شده با آلجینات سدیم و اسید تانیک (درجه ۵-۴ در معیار آبی) بالاترین درجه ثبات نوری را دارند. در روش پس‌دندانه همه نمونه‌ها (به جز اسید تانیک)، ثبات نوری یکسان (درجه ۶-۵ در معیار آبی) دارند.



شکل ۳: قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های پارچه ابریشمی رنگ شده با دندانه و روش‌های مختلف در طول موج بیشینه جذب.

Figure 3: K/S of dyed silk fabric with different mordants and mordanting procedures at maximum absorbance.



شکل ۴: ساختار شیمیایی دندانه‌های به کار برده شده (a) آلجینات سدیم، (b) اسید تانیک و (c) لیگنو سولفونات کلسیم و (d) رنگزا-دندانه و لیف ابریشم.

Figure 4: Chemical structure of the used mordants a) sodium alginate, b) tannic acid and c) calcium ligno sulfonate and d) silk fiber/mordant/dye relation.

جدول ۴: ثبات رنگی نمونه‌های ابریشم رنگرزی شده به روش‌های مختلف در حضور دندانه‌های فلزی و طبیعی.

Table 4: Color fastness of dyed silk fabrics using different mordanting procedure in the presence of metal and natural mordants.

	mordanting procedure	Iron (II) sulfate	Aluminum potassium sulfate	Calcium lignosulfonate	Tannic acid	Sodium alginate
Wash fastness	Pre-mordanting	4-5	3-4	4-5	4-5	4
	Meta-mordanting	3-4	3	4	4	3
	Post-mordanting	5	4-5	5	5	4-5
Light fastness	Pre-mordanting	4	4-5	4-5	4-5	5
	Meta-mordanting	4	3-4	4	4-5	4-5
	Post-mordanting	5-6	5-6	5-6	5	5-6

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های رنگ شده با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه متفاوت است. نمونه‌های رنگرزی شده به روش پس‌دندانه در حضور همه دندانه‌ها در مقایسه با دو روش دیگر از خواص ثبات شستشویی و نوری بالاتری برخوردار هستند. همچنین نمونه‌های رنگ شده به روش همزمان تقریبا در حضور همه دندانه‌ها ثبات شست‌شویی و نوری کمتری نسبت به روش پیش‌دندانه دارا می‌باشند. این نتیجه می‌تواند ناشی از عدم اتصال مناسب رنگ و دندانه به ساختار پارچه ابریشمی باشد. در روش رنگرزی همزمان، دندانه و رنگزا در رقابت با هم برای اتصال به گروه‌های عاملی در لیف ابریشم هستند و چون فرآیند رنگرزی و دندانه‌دادن در یک مرحله اتفاق می‌افتد، مدت زمان رنگرزی و دندانه دادن نسبت به دو روش دیگر کمتر است.

۴ـ نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مشخصه‌های رنگی و ثباتی پارچه‌های ابریشم رنگ شده با رنگزای حاصل از کاسبرگ چای ترش درحضور دندانه‌های فلزی (سولفات آهن، سولفات مضاعف آلومینیوم پتاسیم و لیگنو سولفونات سدیم) و دندانه‌های طبیعی (اسید تانیک و آلجینات سدیم) با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه بررسی و مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد:

- تغییر نوع دندانه و روش رنگرزی باعث تغییر محدوده مشخصه‌های رنگی در نمونه‌های رنگ شده، گردیده است. با استفاده از دندانه‌های فلزی سولفات آهن، سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و لیگنو سولفونات سدیم و دندانه‌های طبیعی اسید تانیک و آلجینات سدیم می‌توان فام‌های بنفش متمایل به قرمز و بنفش متمایل به آبی ایجاد نمود.
- در رنگرزی الیاف ابریشم با رنگزای کاسبرگ چای ترش دندانه‌های طبیعی همچون اسید تانیک و آلجینات سدیم از نظر پارامترهای رنگی و ثباتی می‌توانند جایگزین مناسبی برای دندانه‌های فلزی متداول همچون سولفات آهن و سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم باشند.
- مقدار قدرت رنگی نمونه پارچه‌های رنگ شده در روش همزمان نسبت به دو روش دیگر بیشتر است. در بین همه روش‌ها و دندانه-های به کار برده شده، استفاده از روش همزمان و دندانه‌های آلجینات سدیم و لیگنو سولفونات کلسیم، بالاترین مقدار قدرت رنگی را ایجاد کرده است.
- نمونه‌های رنگ شده با رنگزای کاسبرگ چای ترش در حضور دندانه‌های فلزی و طبیعی ثبات خوبی در برابر شستشو و نور داشته‌اند. در بین دندانه‌های استفاده شده دندانه‌های اسید تانیک و لیگنو سولفونات کلسیم بهترین ثبات شستشویی را ایجاد نموده‌اند. همچنین در همه روش‌ها، نمونه‌های رنگ شده در حضور دندانه‌های طبیعی، ثبات نوری بیشتر یا برابر با دندانه‌های فلزی متداول دارا هستند.
- نمونه‌های رنگرزی شده به روش پس‌دندانه در حضور همه دندانه‌ها در مقایسه با دو روش دیگر از خواص ثبات شستشویی و نوری بالاتری برخوردار هستند. همچنین نمونه‌های رنگ شده به روش همزمان تقریبا در حضور همه دندانه‌ها ثبات شست‌شویی و نوری کمتری نسبت به روش پیش‌دندانه دارا می‌باشند.

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه خانم زهرا جهانبازی به راهنمایی دکتر مجید طهرانی و دکتر فاطمه شاه مرادی قهه می باشد. نگارندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از دانشگاه شهرکرد که با حمایت‌های مادی و معنوی خود زمینه را برای انجام این مطالعه هموار کردند، اعلام می‌دارند.

۵ـ مراجع

1. Bennett, Oriental rugs, volume one: caucasian. Oriental Textile Press, London. 1981.
2. Sakhai E. The story of carpets. Random House UK Ltd, London. 1991.
3. Hwang E, Lee Y, Kim H. Dyeing, fastness, and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics dyed with Gardenia, Coffee sludge, Cassia tora. L., and Pomegranate extracts. Fibers Polym. 2008;9:334-40. https://doi.org/10.1007/s12221-008-0054-9
4. Kamali-Moghaddam M, Ghanbari-Adivi M, Tehrani M. Effect of acids and different mordanting procedures on color characteristics of dyed wool fibers using Eggplant Peel (Solanum melongena L.). Prog. Color Colorants Coat. 2019;12:219-30. https://doi.org/10.30509/PCCC.2019.81557
5. Siva R, Status of natural dyes and dye-yielding plants in India. *Curr. Sci*. 92(2007), 916-925.
6. Zarkani AA, Hashim FJ, Al-Azzawi OT, Shawkat MS. Fabrics dying with Hibiscus sabdariffa and Curcuma longa extracts using different mordants and mordanting methods. Tikrit J. Pure Sci. 2018;23:61-69. http://dx.doi.org/10.25130/tjps.23.2018.010
7. Kaur A, Sharma S. Removal of heavy metals from waste water by using various adsorbents- a review. Ind. J. Sci. Techno. 2017;10:1-14. https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i34/117269
8. Shahmoradi Ghaheh F, Kamali-Moghaddam M, Tehrani M. Comparison of the effect of metal mordants and bio-mordants on the colorimetric and antibacterial properties of natural dyes on cotton fabric. Color Technol. 2021;137:689–98.
9. Ahmadi Z, Effect of herbal mordants on dyeing of woolen yarn with madder & weld. J. Color Sci Tech. 2021;15:87-101. dor:20.1001.1.17358779.1400.15.2.2.9[In Persian].
10. Rani N, Jaipura L, Butola BS. Ecological dyeing of protein fabrics with Carica papaya L. leaf natural extract in the presence of bio-mordants as an alternative copartner to metal mordants. J. Inst. Eng. India Ser. E. 2020;101:19-31. https://doi.org/10.1007/s40034-020-00158-1
11. Mansour R, Mighri Z, Mhenni F. Exploring the potential uses of vitis vinifera L. leaves as raw material for textiles dyeing without metal mordants. Fibers Polym. 2016;17:1621-26. https://doi.org/10.1007/s12221-016-5033-y
12. Raza A, Iqbal N, Mahmood S, Parveen S, Azeem M, Nawaz M, et al. A. Noman, Harnessing natural colorants for sustainable textile dyeing an eco-friendly approach using sweet cane (Saccharum bengalense Retz.) inflorescence. Braz. Arch. Biol. Technol. 2018;61:1-10. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2018170802
13. Barahapurkar S, Purwar R, Baldua RK. Banana pesudostem sap as a biomordant for dyeing of silk with celosia flower. Fibers Polym. 2020;21:2010-17. https://doi.org/10.1007/s12221-020-9045-2
14. Sadeghi Kiakhani M, Safapour S, Golpazir Sorkheh Y. Impact of chitosan-poly (amidoamine) dendreimer hybrid treatment on dyeing and color fastness properties of wool yarn with madder natural dye. Prog. Color Colorants Coat. 2019;12: 241-50. https://doi.org/10.30509/PCCC.2019.81595
15. Shruthi VH, Ramachandra CT, Nidoni U, Hiregoudar S. Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) as a source of natural colour: A review. Plant Arch. 2016;16:515-22.
16. Wong PK, Yusof S, Ghazali HM, Chen Man YB, Physico-chemical characteristics of roselle (Hibiscus sabdariffa L.), Nut. Food Sci. 2002;32:68-73. https://doi.org/10.1108/00346650210416994
17. Da-Costa-Rocha, Bonnlaender B, Sievers H, Pischel I, Heinrich M, Hibiscus sabdariffa L.–A phytochemical and pharmacological review. Food Chem. 2014;165:424-43. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002
18. Cissé M, Bohuon P, Sambe F, Kane C, Sakho C, Dornier M. Aqueous extraction of anthocyanins from Hibiscus sabdariffa: Experimental kinetics and modeling. J. Food Eng. 2012;109:16-21. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.012
19. Tawiah B, Frimpong C, Asinyo BK, Badoe W, Roselle calyces (Hibiscus subdariffa) anthocyanins extracted by aqueous macroporous resin adsorption method for dyeing of wool fabrics. Inter. J. Sci. Technol. 2016;6:1-13.
20. Bueno JM, P. Saez-Plaza, Ramos-Escudero F, Jimenez AM, Fett R. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: chemical structure, color, and intake of anthocyanins. Cri. Rev. Anal. Chem. 2012;42:126-151. https://doi.org/10.1080/10408347.2011.632314
21. Hayat L, Jacob DA. Dyeing wool and cotton fibres with acidic extract of Hibiscus rosa sinensis flower. Nat Prod Res. 2019;33:980-986. https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1180598
22. Perju M. Development of multifunctional extracts from Hibiscus petal and peony for use in food and textile technologies, PhD Thesis, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, 2020.
23. Ozougwu S, Anyakoha U. Analysis of colour fastness of fabrics treated with dyes extracted from Roselle calyces. Afr J. Agr Res. 2017;12:133-144. https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9107
24. Vankar PS, Shukla D. Natural dyeing with anthocyanins from Hibiscus rosa sinensis flowers. J. Appl. Polym. Sci. 2011;122:1-8. https://doi.org/10.1002/app.34415
25. Cho IS, Lee JS. Combination dyeing of silk fabrics with Hibiscus flowers and Persimmon juice extract. Fashion Text. Res. J. 2015;17:476-485. https://doi.org/10.5805/SFTI.2015.17.3.476
26. Mansour R, Ben Ali H. Investigating the use of chitosan: toward improving the dyeability of cotton fabrics dyed with Roselle (Hibiscus sabdariffa L.). J nat fibers. 2019;18:1-10. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1675217
27. Shahmoradi Ghaheh F, Kamali-Moghaddam M, Tehrani M. Eco-friendly dyeing of viscose rayon fabrics using anthocyanin from hibiscus sabdariffa linn. J Nat Fibers. 2022;1-11. https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2084659
28. Phan K, Van Den Broeck E, Van Speybroeck V, De Clerck K, Raes K, De Meester S. The potential of anthocyanins from blueberries as a natural dye for cotton: A combined experimental and theoretical study. Dyes Pigm. 2020;176:108180. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2019.108180
29. International Organization for Standardization. Tests for colour fastness, Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering, ISO 105-C06- 2010.
30. International Organization for Standardization. Tests for colour fastness, Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test, ISO 105-B02-2013.
31. Wanyama PAG, Kiremire BT, Ogwok P, Murumu JS. The effect of different mordants on strength and stability of colour

produced from selected dye-yielding plants in Uganda. Int Arc Appl Sci Technol. 2010;1:81-92.
32. Shahid A., Bahatti IA, Kausar A., Osman E. Influence of UV radiation on extraction and dying of cotton fabric with curcuma longa. Indian J Fibre Text Res. 2012;37:270- 278. https://doi.org/10.1108/RJTA-16-02-2012-B007
33. Samanta AK, Konar A. Natural dyes, Edited by Dr. Emriye Akcakoca Kumbasar, India, 2011, 1- 29.
34. Maciel LG, Vieira do Carmo MA, Azevedo L, Daguer H, Molognoni L, de Almeida MM, Granato D, Rosso ND, Hibiscus sabdariffa anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities. Food Chem. Toxicol. 2018;113:187-197. https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.053
35. Mansour R, Ben Ali H. Investigating the use of chitosan : toward improving the dyeability of cotton fabrics dyed with Roselle (Hibiscus sabdariffa L.). J Nat Fiber. 2021;18:1007-1016. https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1675217
36. Abdel Ghaffar FR, Elaimy IA. In vitro antioxidant and scavenging activities of Hibiscus rosa sinensis crude extract. J Appl Pharm Sci. 2012;2:51-58.

How to cite this article:

Tehrani M, Jahanbazi Z, Shahmoradi Ghaheh F. The Effect of Metallic and Natural Mordants on Color Properties of Silk Fabrics Dyed with Hibiscus Sabdariffa L. J Color Sci Tech. 2023;17(2):111-121. DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.2.2.3. [In Persian].