

بررسی قدرت و ثبات رنگی نخ پشمی رنگری شده با رنگزای استخراج شده از دانه میخک در حلال-

های الکلی، اسیدی و قلیایی

مجید طهرانی^{۱*}، طیبه اسدی فارسانی^۱^۱دانشکده هنر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

mtehrani@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴

چکیده

در سال‌های اخیر، رنگزاهای طبیعی به دلیل پتانسیل آنها برای کاهش چالش‌های زیست‌محیطی مرتبط با رنگ‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. در میان مواد گیاهی سازگار با محیط زیست، خاصیت رنگزایی دانه میخک با وجود محتوای رنگ غنی آن، در تحقیقات محدود بررسی شده است. یکی از مسائلی که در کاربرد بهینه از رنگزاهای طبیعی همچون دانه میخک اهمیت زیادی دارد استخراج ملوکول‌های رنگزا از منبع اصلی آن است. در این تحقیق تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگزا بر ویژگی‌های رنگی نخ‌های پشمی رنگری شده با دانه میخک بررسی شده است. بدین منظور ابتدا رنگزاهای موجود در دانه میخک با استفاده از حلال‌های آبی اسید سیتریک، اتانول، هیدروکسید سدیم و آب مقطر خالص استخراج شدند. سپس، نخ‌های پشمی با استفاده از عصاره‌های مختلف و با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه رنگری شدند. تفاوت نمونه‌های رنگری شده با مقایسه طیف انعکاسی، محرکه‌های سه‌گانه در فضای CIE Lab، قدرت رنگی و ثبات شستشویی و نوری آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد در بین عصاره‌های استفاده شده به ترتیب نمونه‌های رنگری شده با رنگزای استخراج شده در محیط‌های اتانول و هیدروکسید سدیم و در بین روش‌های رنگری استفاده شده، روش پس‌دندانه بالاترین قدرت رنگی را ایجاد کرده است. همچنین ثبات شستشویی همه نمونه‌های رنگری شده یکسان (۵ و ۴-۵) است اما ثبات نوری نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم (۶) بالاتر از سایر نمونه‌ها بوده است.

کلمات کلیدی: دانه میخک، روش استخراج، قدرت رنگی، ثبات شستشویی، ثبات نوری

Evaluation of the color strength and color fastness of wool yarns dyed with colorant extracted from *Syzygium aromaticum* (clove) in alcoholic, acidic and alkaline solvents

Majid Tehrani^{1*}, Tayebeh Asadi Farsani¹¹ Department of Art, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, 5681188617

mtehrani@sku.ac.ir

Abstract

Natural dyes have gained significant attention recently due to their potential to mitigate the environmental challenges associated with synthetic dyes. Among the eco-friendly plant materials, the colorimetric properties of the *Syzygium aromaticum* (clove bud) despite its rich colorant content has been investigated in limited researches. Meanwhile, one of the issues that is very important in the optimal use of natural colorants such as clove buds is the extraction of colorant molecules from its natural source. In this research, the effect of the type of solvent used in the colorant extraction step on the colorimetric characteristics of woolen yarns dyed with clove buds has been investigated. For this purpose, the colorants present in clove buds were extracted using aqueous solvents of citric acid, ethanol, sodium hydroxide and pure distilled water. Then, woolen yarns were dyed with different extracts, using pre-, meta and post-mordanting methods. The diversity of the dyed samples was studied by comparing their reflective spectroscopy, CIE Lab, color strength and washing and light fastness. The results indicate that among the used extracts, respectively, samples dyed with colorants extracted in ethanol and sodium hydroxide solvents, and among the used dyeing methods, the post-mordanting method has created the highest color strength. Also, the washing fastness of all the dyed samples is the same (4-5 and 5), but the light fastness of the samples dyed with the colorant extracted in ethanol and sodium hydroxide solvents (6) was higher than other samples.

Key words: *Syzygium aromaticum* (clove), Extraction method, Color strength, Washing fastness, Light fastness.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر با هدف بهبود استانداردهای زندگی و کاهش تأثیرهای مخرب رنگ‌های شیمیایی بر محیط زیست، تلاش‌هایی برای توسعه استفاده از رنگزاهای طبیعی انجام شده است. رنگزاهای طبیعی زیست تخریب پذیر هستند و از تجمع زباله‌های سمی در محیط زیست جلوگیری می‌کنند [۱]. این رنگزاهای دارای فام‌های آرام بخش می‌باشند و در برخی موارد برای کمک به سلامتی بدن انسان‌ها استفاده می‌شوند. رنگزاهای طبیعی را می‌توان برای اهداف تخصصی بر روی منسوجات، مانند خواص ضد آلرژی، ضد میکروبی، ضد باکتری، ضد قارچ، ضد بید و پوشش‌های محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش استفاده کرد [۲-۴].

یکی از مسائلی که در استفاده از رنگزاهای طبیعی اهمیت زیادی دارد استخراج رنگزا از منبع اصلی آن است. روش استخراج و نوع حلال مورد استفاده در فرآیند استخراج بر روی نوع و مقدار رنگزاهای استخراج شده موثر است [۵-۷]. برای استخراج رنگزا از منبع اصلی آن می‌توان از روش‌های مختلف از جمله استخراج در حلال آب، استخراج در حلال‌های الکلی، قلیایی و اسیدی، استخراج با انرژی مایکروویو یا فراصوت و استخراج آنزیمی و تخمیر استفاده کرد [۸]. استخراج رنگزا با حلال آب ساده‌ترین روش برای استخراج است. این روش نیازی به حلال و تجهیزات گران قیمت ندارد و نسبت به روش‌های دیگر ایمن‌تر است. در برخی تحقیق‌ها برای افزایش

مقدار رنگزای استخراج شده، در مرحله استخراج از حلال‌های الکلی، قلیایی و یا اسیدی استفاده شده است. قطبیت و pH حلال در مرحله استخراج، بر نوع و مقدار رنگزاهای استخراج شده موثر بوده است [۹ و ۱۰]. در حالت استخراج با حلال‌های غیر از آب، برای استخراج بهتر و جلوگیری از هدر رفتن ترکیبات فرار موجود در حلال، استخراج در سوکسله انجام می‌شود. در تحقیقات اخیر، از روش‌های مایکروویو یا فراصوت برای استخراج رنگزا استفاده شده است. نتایج این تحقیق‌ها نشان می‌دهد در برخی موارد استفاده از این روش‌ها باعث بهبود فرآیند استخراج رنگزا شده است [۷ و ۸].

در میان طیف متنوع رنگزاهای طبیعی، دانه میخک به دلیل در دسترس بودن و محتوای رنگ غنی آن می‌تواند به عنوان یک رنگزای بالقوه برای رنگرزی منسوجات استفاده شود. میخک گل درختی از خانواده میرتاسیا^۱ است. در اوایل قرن هجدهم، درخت میخک در مناطق مختلف جهان از جمله، زنگبار، هند و ماداگاسکار معرفی شد. امروزه مهمترین تولیدکننده‌های میخک، کشورهای اندونزی، تانزانیا و ماداگاسکار هستند [۳ و ۱۱]. بخش دانه‌های این گیاه در ابتدا گل‌های قرمز کم رنگ، سپس سبز و در زمان برداشت قهوه‌ای رنگ می‌باشد [۱۱ و ۱۲]. در شکل ۱ نمایی از دانه میخک در زمان برداشت آورده شده است.

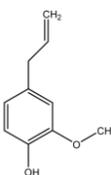
دانه میخک حاوی ۲۳ جزء مختلف از ترکیب‌های فلاونوئیدها، پلی فنول‌ها، آلکالوئیدها و مواد فعال زیستی مختلف است.

^۱ Myrtaceae

رنگی نمونه‌های پشم رنگ شده با دانه میخک در حضور دندان طبیعی بررسی نمودند. آنها دریافتند استفاده از امواج ماکروویو در مرحله استخراج، یک روش اقتصادی و دوست‌دار محیط زیست نسبت به روش‌های سنتی است. احمدی و همکارانش [۱۳]، لی^۲ و همکارانش [۱۴] و هوانگ^۴ و همکارانش [۱۵] ویژگی‌های ضد باکتری، ضد میکروبی و خوش‌بوکنندگی و پارامترهای رنگی پارچه‌های پشمی، پنبه‌ای و ابریشمی رنگریزی شده با تعدادی از رنگزاهای طبیعی از جمله دانه میخک را در حضور دندان‌های فلزی و یا در حالت بدون دندان بررسی نمودند. نتایج نشان داد میخک علاوه بر ویژگی‌های ضد باکتری و خوش‌بوکنندگی مناسب می‌تواند فام‌های زرد و یا قهوه‌ای با ثبات بالا به خصوص بر روی الیاف پشم ایجاد نماید. رجبی و همکارانش [۳] و طهرانی و همکارانش [۱۲]، تاثیر پارامترهای رنگریزی همچون نوع و غلظت دندان، دما و غلظت رنگزا بر فام به دست آمده از رنگزای دانه میخک بر روی الیاف پشم را بررسی کردند. آنها دریافتند با تغییر شرایط رنگریزی و استفاده از دندان‌های فلزی مختلف می‌توان فام‌های زرد، قهوه‌ای و خاکستری تیره با ثبات شستشویی مناسب بر روی الیاف پشم به دست آورد.

بررسی تحقیق‌های پیشین نشان می‌دهد علی‌رغم ویژگی‌های بالقوه دانه میخک برای رنگریزی منسوجات، تاثیر پارامترهای موثر بر فرآیند استخراج رنگزا از این ماده و به صورت ویژه تاثیر نوع حلال مورد استفاده در مرحله استخراج رنگزا، تاکنون

عمده‌ترین ترکیب‌های موجود در دانه میخک اوژنول (۷۱/۵۶ درصد)، اوژنول استات (۸/۹۹ درصد)، اکسید کاربوفیلین (۱/۶۷ درصد)، نوتکاتین (۱/۰۵ درصد)، تیمول (۰/۸۷ درصد)، اسید کافئیک، اسید فرولیک و اسید الازیک می‌باشند. در بین اجزای موجود در ساختار دانه میخک، تانن‌های موجود در اوژنول مولکول‌های زیستی بالقوه‌ای هستند که اصلی‌ترین مسئول رنگ دادن به الیاف هستند. در شکل ۲ ساختار شیمیایی اوژنول آورده شده است [۶ و ۱۱].



شکل ۱: نمایی از دانه میخک برداشت شده و ساختار شیمیایی

اوژنول [۷]

برخی محققان با تغییر شرایط محیط استخراج، نوع و مقدار ساختارهای استخراج شده از دانه میخک را برای کاربردهایی همچون خواص آنتی‌اکسیدانی بررسی نموده‌اند. آنها دریافتند تغییر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج، باعث تغییر مقدار ساختارهای فنولی استخراج شده از جمله مقدار اوژنول، اوژنول استات و تیمول شده است [۵ و ۶]. همچنین در تحقیق‌های محدودی امکان استفاده از دانه میخک به عنوان یک رنگزای طبیعی بررسی شده است. یامین^۲ و همکارانش [۷] تاثیر امواج ماکروویو در مرحله استخراج رنگزا و تاثیر پارامترهای زمان، دما و pH را در مرحله رنگریزی بر قدرت

⁴ Hwang

² Yameen

³ Lee

بررسی نشده است. در این تحقیق رنگزاهای موجود در دانه میخک با استفاده از حلال‌های آبی اتانول ۲۰٪، هیدروکسید سدیم ۱٪، اسید سیتریک ۱٪ و آب مقطر خالص استخراج شدند. آنگاه تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگزا بر پارامترهای رنگی و ثباتی الیاف پشم رنگری شده مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی مواد و فرآیند رنگری

در این تحقیق از سولفات مس (شرکت مرک) به عنوان دندان، اسید استیک (شرکت مرک) به عنوان اسید در مرحله دندان-دادن و رنگری و هیدروکسید سدیم (شرکت کهن تاج کیمیا)، اسید سیتریک (شرکت مرک) و اتانول (۹۹ درصد شرکت مرک) به عنوان حلال در مرحله استخراج رنگزا استفاده شد. دانه‌های میخک از فروشگاه‌های محلی تهیه و با آب مقطر شسته شد. دانه‌های خشک شده با استفاده از یک آسیاب صنعتی به پودر ریز تبدیل شد.

استخراج رنگزا در حلال‌های اتانول/آب مقطر، هیدروکسید سدیم/آب مقطر، اسید سیتریک/آب مقطر و آب مقطر خالص انجام شد. حلال اتانول/آب مقطر با نسبت ۲۰ درصد اتانول و ۸۰ درصد آب مقطر آماده شد. همچنین محلول‌های هیدروکسید سدیم/آب مقطر و اسید سیتریک/آب مقطر به ترتیب با غلظت ۱ گرم هیدروکسید سدیم خالص در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ گرم اسید سیتریک خالص در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر آماده شدند. پس از آماده‌سازی حلال‌ها،

مقدار ۲ گرم میخک پودر شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال به مدت ۴ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. سپس محلول فوق در یک ارلن مایر متصل به کندانسور در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸۰ دقیقه حرارت داده شد، در نهایت محلول رنگزای به دست آمده با استفاده از فیلتر واتمن شماره ۴۲ تصفیه شد. قبل از استفاده در مرحله رنگری، pH محلول‌های رنگزای تصفیه شده با استفاده از اسید استیک یکسان شدند تا اختلاف pH این محلول‌ها در مرحله رنگری اثری بر مقدار جذب رنگزا نداشته باشد.

برای رنگری ابتدا نخ دولای پشمی حاصل از الیاف مرینوس، با نمره ۲۰۰ تکس و ۱۰۰ تاب در متر در محلول ۲ درصد صابون نساجی غیر یونی در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه شسته شدند. آنگاه نخ‌های تمیز شده با سه روش پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه در حمام‌هایی با عصاره‌های مختلف رنگزا، رنگری شدند. در روش پیش‌دندانه، ابتدا الیاف در محلول دندان قرار داده شد. پس از آن، الیاف دندان داده شده در حمام رنگ، رنگری شدند. در روش همزمان، الیاف در حمام حاوی رنگ و دندان رنگری شدند. در روش پس‌دندانه، ابتدا الیاف در حمام رنگ، رنگری شدند، سپس در محلول دندان قرار گرفتند. برای دندان‌دادن و رنگری، ابتدا نخ‌های پشمی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد وارد حمام دندان/رنگ شدند، در مدت ۳۰ دقیقه، دمای حمام تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، سپس حمام دندان/رنگ به مدت ۶۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. در مرحله دندان

مطابق با مقیاس خاکستری (درجه ۱ تا ۵) و بر اساس استاندارد ISO105-A02 تعیین شد. برای ارزیابی ثبات نوری نمونه‌های رنگرزی شده از دستگاه سنجش ثبات نوری ساخت شرکت ریس سنج ایران مجهز به لامپ زنون ۱۰۰۰ وات استفاده شد. ثبات نوری نمونه‌های رنگرزی شده با استفاده از استاندارد ISO105-B02 و مقیاس آبی (درجه ۱ تا ۸) تعیین گردید.

۳- بحث و نتایج

عکس نمونه‌های نخ پشمی رنگرزی شده با عصاره‌های استخراج شده در حلال‌های مختلف و روش‌های رنگرزی متفاوت در شکل ۲ آورده شده است. عکس‌ها نشان می‌دهند تانن‌ها و سایر رنگزاهای استخراج شده از دانه میخک در کنار دندان مس، گستره‌ای از فام قهوه‌ای (قهوه‌ای روشن تا تیره، قهوه‌ای متمایل به قرمز و قهوه‌ای متمایل به سبز) را بر روی الیاف پشم ایجاد نموده‌اند. تانن‌های موجود در اوزنول اصلی-ترین ترکیب موجود در عصاره استخراج شده از دانه میخک هستند. تانن‌ها بی‌رنگ تا زرد و قهوه‌ای روشن هستند. هنگامی که این ترکیبات در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند هیدرولیز می‌گردند و فام آن‌ها قهوه‌ای تیره می‌شود [۱۶].

مقایسه عکس نمونه‌های رنگرزی شده در شکل ۲ نشان می‌دهد تغییر حلال مورد استفاده در مرحله استخراج رنگزا و روش رنگرزی بر نوع فام ایجاد شده (قهوه‌ای) تاثیر کمی داشته است، اما شدت فام به مقدار قابل ملاحظه‌ای تغییر

دادن و رنگرزی از ۵ درصد نسبت به وزن کالا، سولفات مس و ۸۰ درصد نسبت به وزن کالا، عصاره میخک استفاده شد. مراحل رنگرزی و دندان‌دادن در pH ۴/۵ و در نسبت حجم حمام به وزن کالای ۵۰:۱ انجام شد.

۲-۲- پارامترها و ثبات‌های رنگی

تفاوت میان عمق رنگی نمونه‌ها با اندازه‌گیری طیف انعکاسی آنها در ناحیه مرئی (محدوده ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) و سپس محاسبه مقدار محرکه‌های سه‌گانه در فضای CIE Lab و قدرت رنگی مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری طیف انعکاسی نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی YS6010 با نور D65 و زاویه مشاهده‌کننده استاندارد ۱۰ درجه استفاده شد. CIE Lab یک فضای رنگی سه بعدی است که در آن محور قرمز (+a*)، سبز (-a*)، محور زرد (+b*)، آبی (-b*) و روشنایی (L*) از سیاه (مقدار صفر) تا سفید (مقدار ۱۰۰) است. مقدار قدرت رنگی (K/S) نمونه‌ها با استفاده از قانون کیوبلکا-مانک (رابطه شماره ۱) محاسبه گردید.

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

در این رابطه، K/S نسبت ضریب جذب به انتشار منسوج رنگ شده و R مقدار بازتاب آن در طول موج مینیمم انعکاس است. ثبات شستشویی نمونه‌های رنگرزی شده بر اساس روش تغییر رنگ تعیین گردید. در آزمون ثبات شستشویی، پارچه رنگرزی شده با استفاده از دستگاه لندرومتر^۵ مدل Hi-D421235 و استاندارد ISO 105-C06 شسته شد. سپس تغییر رنگ پارچه

⁵ Launder-O-meter

کرده است. این نتایج در داده‌های رنگی آورده شده در جدول ۱ و شکل ۳ نیز قابل مشاهده است. نتایج پارامترهای رنگی در شکل ۳ نشان می‌دهند استفاده از حلال‌های مختلف در مرحله استخراج رنگزا و روش رنگرزی بر مقدار پارامترهای a^* و b^* نمونه‌های رنگرزی شده موثر بوده است، اما تغییری در ناحیه a^*-b^* نداشته است. فام همه نمونه‌های رنگرزی شده با عصاره‌های مختلف از رنگزای میخک در ناحیه قرمز-زرد نمودار a^*-b^* قرار دارد.

عکس‌های شکل ۲ نشان می‌دهند در همه روش‌های رنگرزی، نمونه‌های رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در حلال اسید سیتریک، فام قهوه‌ای روشن متمایل به قرمز و نمونه‌های رنگرزی شده با عصاره استخراج شده از سایر حلال‌ها، فام قهوه‌ای تیره کمی متمایل به سبز دارند. این نتایج توسط محرکه‌های رنگی محاسبه شده در جدول ۱ نیز تایید شده است. داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد مقدار قرمزی (a^*) نمونه رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اسید سیتریک در روش پیش‌دندان ۶/۱۰، در روش همزمان ۷/۵۰ و در روش پس‌دندان ۵/۲۶ است. این مقادیر در روش پیش-دندان تا ۲/۷، در روش همزمان تا ۹/۶ و در روش پس‌دندان تا ۱/۵ برابر بیشتر از مقدار قرمزی سایر نمونه‌ها می‌باشد. مقدار زردی نمونه رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اسید سیتریک، در روش پیش‌دندان برابر و در روش‌های همزمان و پس‌دندان بیشتر از سایر نمونه‌ها است.

همچنین مقادیر روشنایی (L^*) نمونه رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اسید سیتریک، در روش پیش‌دندان ۵۳/۷۲، در روش همزمان ۵۶/۰۳ و در روش پس‌دندان ۴۲/۶۹ می‌باشد. مقدار روشنایی این نمونه در روش پیش‌دندان ۱۸ تا ۲۱ درصد، در روش همزمان ۸ تا ۲۲ درصد و در روش پس‌دندان ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از سایر نمونه‌ها است. این نتیجه ممکن است به دلیل خاصیت سفیدکنندگی اسید سیتریک باشد [۱۷].

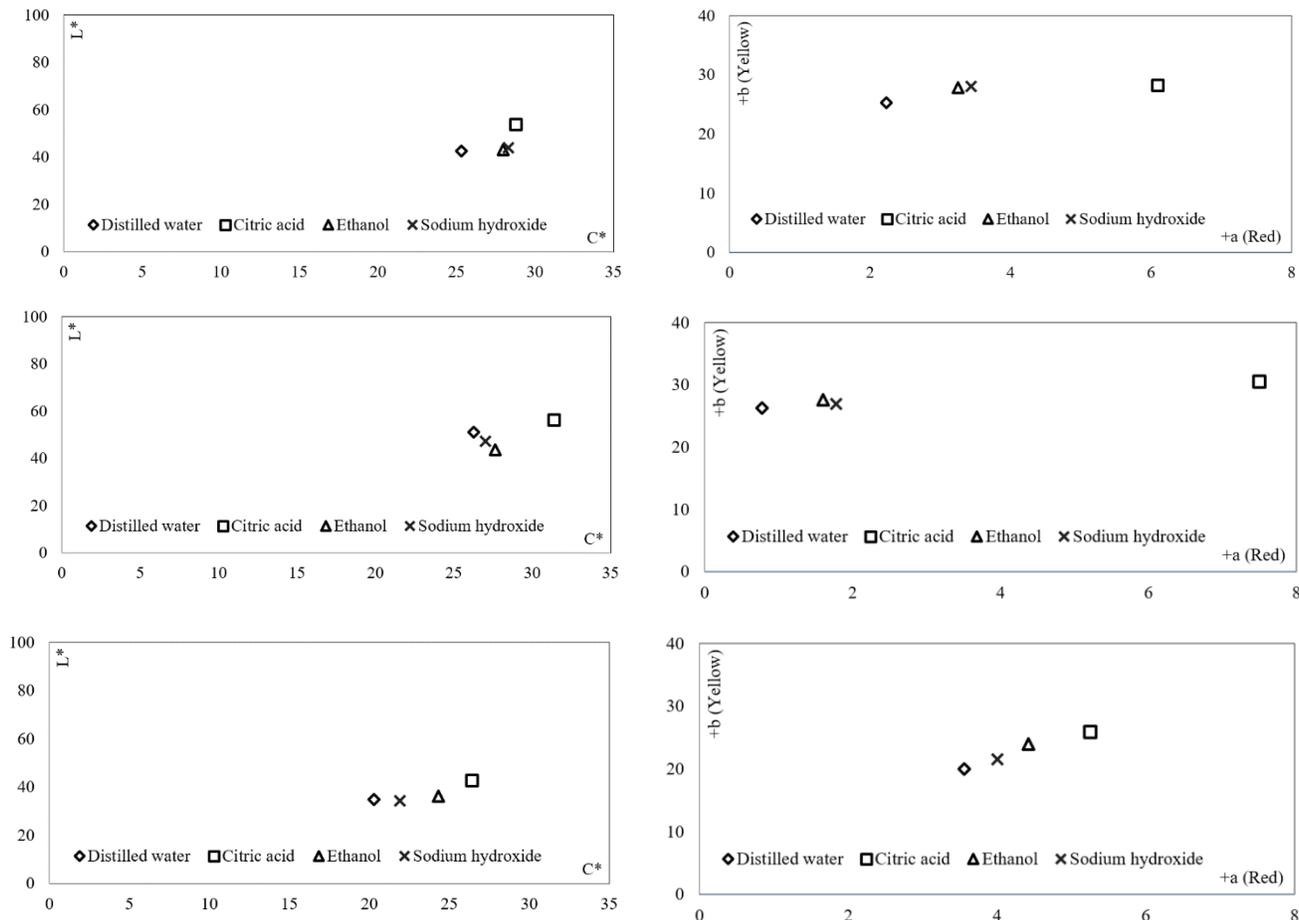
بررسی پارامترهای رنگی سایر نمونه‌های رنگرزی شده نشان می‌دهد در همه روش‌ها، نمونه رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در حلال آب مقطر کمترین مقدار قرمزی، زردی و خلوص رنگ (C^*) را دارد. مقدار خلوص رنگ این نمونه در روش پیش‌دندان تا ۱۱، در روش همزمان تا ۵ و در روش پس‌دندان تا ۲۴ درصد کمتر از نمونه‌های رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم است. مقدار روشنایی نمونه رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در حلال آب مقطر در روش پیش‌دندان و پس‌دندان با مقدار روشنایی نمونه‌های رنگرزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم یکسان است، اما در روش همزمان روشنایی بالاتری نسبت به این نمونه‌ها دارد.



شکل ۲: عکس نمونه‌های نخ پشمی رنگ‌رزی شده با عصاره‌های استخراج شده در حلال‌های مختلف

جدول ۱: خواص رنگی و ثباتی نخ‌های پشمی رنگ‌رزی شده با عصاره‌های استخراج شده در حلال‌های مختلف

| محیط استخراج | آب مقطر | اسید سیتریک | اتانول | هیدروکسید سدیم | |
|--------------|---------|-------------|--------|----------------|------------|
| L* | 42.48 | 53.72 | 42.9 | 43.93 | پیش دندانه |
| a* | 2.24 | 6.10 | 3.26 | 3.44 | |
| b* | 25.23 | 28.17 | 27.79 | 28.10 | |
| C* | 25.33 | 28.82 | 27.98 | 28.31 | |
| K/S | 17.67 | 12.72 | 19.26 | 18.02 | |
| ثبات شستشویی | 4 | 5 | 4-5 | 5 | |
| ثبات نوری | 5-6 | 5 | 6 | 6 | |
| L* | 51.02 | 56.03 | 43.56 | 47.42 | همزمان |
| a* | 0.78 | 7.50 | 1.61 | 1.78 | |
| b* | 26.29 | 30.53 | 27.61 | 26.98 | |
| C* | 26.30 | 31.44 | 27.66 | 27.04 | |
| K/S | 12.35 | 13.47 | 18.47 | 16.14 | |
| ثبات شستشویی | 4-5 | 4-5 | 5 | 4-5 | |
| ثبات نوری | 5 | 5 | 6 | 6 | |
| L* | 34.62 | 42.69 | 36.13 | 34.22 | پس دندانه |
| a* | 3.56 | 5.26 | 4.43 | 4.00 | |
| b* | 19.99 | 25.91 | 23.92 | 21.55 | |
| C* | 20.30 | 26.44 | 24.33 | 21.92 | |
| K/S | 19.59 | 18.93 | 23.05 | 23.16 | |
| ثبات شستشویی | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | |
| ثبات نوری | 6 | 5-6 | 6 | 6 | |



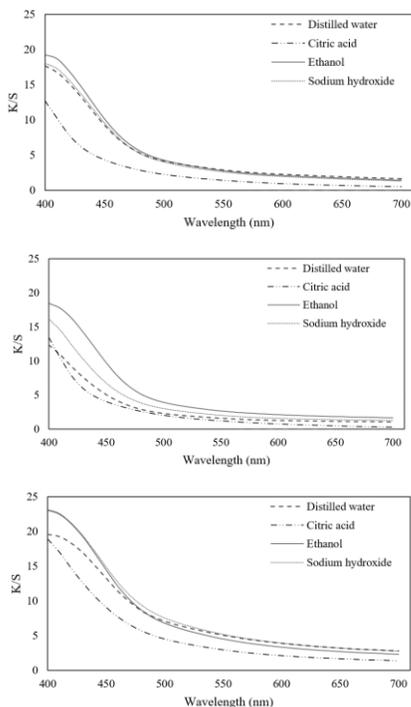
شکل ۳: نمودار a^*-b^* و C^*-L^* نمونه‌های پشم رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های متفاوت. (ردیف بالا) روش پیش‌دندان،

(ردیف میانی): روش همزمان و (ردیف پایین): روش پس‌دندان

همه نمونه‌ها، بیشترین مقدار قدرت رنگی (مقدار جذب) در طول موج ۴۰۰ نانومتر (محدوده فام زرد) و کمترین مقدار قدرت رنگی در طول موج ۷۰۰ نانومتر (محدوده فام قرمز) به دست آمده است. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط یامین [۷]، رجبی [۳] و احمدی [۱۳] در رنگری الیاف پشم و پنبه با رنگزای دانه میخک و دندان‌های مختلف فلزی همخوانی دارد [۱۲].

برای مقایسه عمق رنگی نمونه‌های مختلف، قدرت رنگی آنها در محدوده نور مرئی با استفاده از معادله کیوبلکا-مانک محاسبه شد. در شکل ۴، قدرت رنگی محاسبه شده برای نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های مختلف و با روش‌های پیش‌دندان، همزمان و پس‌دندان در محدوده ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد در همه روش‌های رنگری، مقدار قدرت رنگی هر نمونه در محدوده ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر روند کاهشی دارد. در

هیدروکسید سدیم، بیشترین قدرت رنگی را در همه طول موجها نسبت به سایر نمونهها دارند. نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای اسید سیتریک و آب مقطر در محدوده ۴۰۰ تا ۴۳۰ نانومتر، قدرت رنگی یکسان دارند اما از ۴۳۰ تا ۷۰۰ نانومتر، قدرت رنگی نمونه رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال اسید سیتریک کمتر از نمونه رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال آب مقطر است.



شکل ۴: قدرت رنگی نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای مختلف، (ردیف بالا) روش پیش‌دندان، (ردیف میانی) روش همزمان و (ردیف پایین) روش پس‌دندان

نتایج شکل ۴ نشان می‌دهد استفاده از عصاره‌های استخراج شده در حلالهای مختلف و روشهای رنگری متفاوت، باعث ایجاد قدرت رنگی مختلف در الیاف پشم رنگری شده گردیده است. در روشهای پیش‌دندان و پس‌دندان، نمونه رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال اسید سیتریک، در همه طول موجها به مقدار قابل ملاحظه‌ای قدرت رنگی کمتر نسبت به سایر نمونهها دارد. در روش پیش‌دندان، نمونه رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال اتانول در محدوده طول موج ۴۰۰ تا ۴۵۰ نانومتر، قدرت رنگی بیشتری از نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای آب مقطر و هیدروکسید سدیم دارد. همچنین در روش پس‌دندان نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای اتانول و هیدروکسید سدیم در محدوده طول موج ۴۰۰ تا ۴۵۰ نانومتر، قدرت رنگی بیشتری از نمونه رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال آب قطر دارند. در این روشها در محدوده طول موج ۴۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر، اختلاف معناداری در قدرت رنگی نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای آب خالص، اتانول و هیدروکسید سدیم مشاهده نشد.

در روش همزمان، در همه طول موجها (به ویژه در محدوده ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر)، قدرت رنگی نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای مختلف با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. در این روش، به ترتیب نمونههای رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلالهای اتانول و

نتایج شکل ۵، نشان می‌دهند در روش پیش‌دندان، نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اسید سیتریک و در روش‌های همزمان و پس‌دندان، نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اسید سیتریک و آب مقطر کمترین مقدار قدرت رنگی را دارند. مقدار قدرت رنگی این نمونه‌ها در روش پیش‌دندان ۳۴، در روش همزمان، ۳۳ و در روش پس‌دندان ۱۸ درصد کمتر از نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اتانول است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد هر چند افزودن اسید سیتریک به محیط استخراج رنگزا تا حدودی می‌تواند به تثبیت رنگزاهای استخراج شده به ویژه ترکیب‌های آنتوسیانین به شکل کاتیون فلاویلیوم^۶ رنگی کمک کند، اما پایین بودن pH محیط استخراج باعث کاهش مقدار رنگزای استخراج شده و کاهش قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در این محیط شده است [۱۰، ۱۹ و ۲۰].

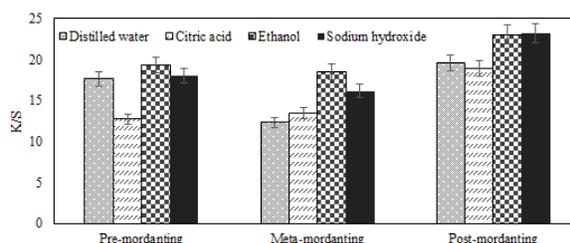
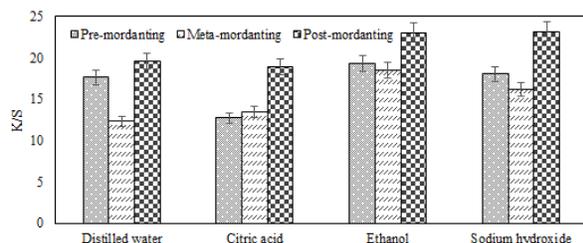
بررسی قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده با روش‌های مختلف در طول موج ماکزیمم جذب در شکل ۵ (سمت چپ) نشان می‌دهد استفاده از روش پس‌دندان بالاترین و روش همزمان کمترین قدرت رنگی را در همه نمونه‌های رنگریزی شده (به جز نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال اسید سیتریک) ایجاد کرده است. در نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال اسید سیتریک، روش‌های پیش‌دندان و همزمان کمترین قدرت رنگی را ایجاد کرده‌اند.

قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های مختلف و به روش‌های رنگریزی متفاوت در طول موج حداکثر جذب (۴۰۰ نانومتر) در جدول ۱ و شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد در روش‌های پیش‌دندان و همزمان، نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال اتانول بالاترین قدرت رنگی را دارد. مقدار قدرت رنگی این نمونه در روش پیش‌دندان، ۷ تا ۳۴ درصد و در روش همزمان، ۱۳ تا ۳۳ درصد بیشتر از سایر نمونه‌ها است. در روش پس‌دندان، مقدار قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم، ۱۵ تا ۱۸ درصد بیشتر از نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اسید سیتریک و آب مقطر می‌باشد. در این روش قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم تفاوت معناداری ندارند. بررسی تحقیق‌های انجام شده نشان می‌دهد قطبیت حلال استفاده شده در محیط استخراج و pH محیط استخراج، پارامترهای موثری بر مقدار و نوع رنگزاهای استخراج شده از منبع اصلی آن می‌باشند [۱۰ و ۱۸]. نتایج بررسی FTIR انجام شده بر روی عصاره‌های استخراج شده از دانه میخک نشان می‌دهد استفاده از حلال‌هایی همچون اتانول در مرحله استخراج، باعث قطبی شدن حلال و استخراج بیشتر مواد رنگزا همچون اوژنول و یا ترکیبات آنتوسیانین شده است [۵ و ۶].

^۶ Flavylium

سدیم در روش پس‌دندان به ترتیب، ۳۷، ۲۹، ۲۰ و ۳۰ درصد بیشتر از نمونه مشابه رنگری شده در روش همزمان است.

قدرت رنگی نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های آب مقطر، اسیدسیتریک، اتانول و هیدروکسید



شکل ۵: قدرت رنگی نمونه‌های رنگری شده با (سمت راست) عصاره استخراج شده در حلال‌ها و (سمت چپ) روش‌های مختلف

با دانه میخک می‌تواند ناشی از ترکیب‌های فنولی موجود در این ماده همچون اوژنول، اسید کافئیک، اسید فرولیک و اسید الاژیک باشد [۶ و ۱۱]. این ترکیب‌ها می‌توانند اشعه UV را به مقدار قابل توجهی جذب کنند [۲ و ۲۱].

مقایسه نتایج ثبات نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های مختلف نشان می‌دهد ثبات شستشویی همه نمونه‌ها تقریباً یکسان است، اما ثبات نوری نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم بالاتر از سایر نمونه‌ها بوده است. در ساختار اوژنول و آنتوسیانین‌های استخراج شده از دانه میخک، گروه‌های هیدروکسیل به تعداد زیاد وجود دارند. هراف^۷ و همکارانش عنوان کردند استفاده از اسید استیک در فرآیند رنگری باعث هیدرولیز شدن ساختارهای هیدروکسیل در اوژنول و آنتوسیانین‌های موجود می‌شود [۵]. در این حالت تمایل این گروه‌ها برای اتصال از نوع کئوردینانس با دندان‌های

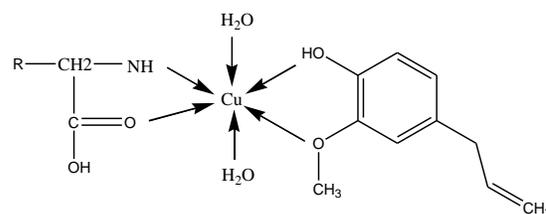
در بررسی کیفیت نخ پشمی رنگری شده با عصاره استخراج شده از حلال‌های مختلف، علاوه بر قدرت رنگی، ثبات عمومی آنها نیز مهم است. ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های مختلف و به روش‌های پیش‌دندان، همزمان و پس‌دندان در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند در همه روش‌ها، نمونه‌های رنگری شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های مختلف، ثبات شستشویی و نوری قابل قبول داشته‌اند. ثبات شستشویی همه نمونه‌های رنگری شده بالاتر از ۴ و ثبات نوری آنها بالاتر از ۵ بوده است. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط یامین [۷]، رجبی [۳] و احمدی [۱۳] در رنگری الیاف پشم با رنگزای دانه میخک و دندان‌های مختلف فلزی همخوانی دارد. نتایج این تحقیق‌ها نشان می‌دهند ثبات رنگ در برابر شستشو و نور در الیاف پشم که با دانه میخک رنگری شده‌اند از نظر استاندارد مناسب هستند. ثبات نوری الیاف پشم رنگری شده

⁷ Herath

حلال اتانول و در روش پس‌دندانه، نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال اتانول و هیدروکسید سدیم، بالاترین قدرت رنگی را دارند. در همه محیط‌های استخراج رنگزا و در همه روش‌ها، بیشترین مقدار قدرت رنگی در روش پس‌دندانه و با استفاده از رنگزای استخراج شده در حلال اتانول و هیدروکسید سدیم ایجاد شده است. همچنین در روش پیش‌دندانه، نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در محیط اسید سیتریک و در روش‌های همزمان و پس‌دندانه، نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اسید سیتریک و آب مقطر کمترین مقدار قدرت رنگی را دارند. در بین روش‌های استفاده شده، استفاده از روش پس‌دندانه بالاترین و روش همزمان کمترین قدرت رنگی را در همه نمونه‌های رنگریزی شده ایجاد کرده است.

نتایج ثبات رنگ نشان می‌دهند در همه روش‌های رنگریزی، نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره‌های استخراج شده در حلال‌های مختلف، ثبات شستشویی و نوری قابل قبول داشته‌اند. ثبات شستشویی همه نمونه‌های رنگریزی شده بالاتر از ۴ و ثبات نوری آنها بالاتر از ۵ بوده است. همچنین ثبات شستشویی همه نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره‌ها و روش‌های رنگریزی مختلف، تقریباً یکسان (۵ و ۴-۵) است اما در همه روش‌های رنگریزی، ثبات نوری نمونه‌های رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در حلال‌های اتانول و هیدروکسید سدیم (۶) بالاتر از سایر نمونه‌ها بوده است.

فلزی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، محیط اسیدی باعث تسهیل در انتقال موثر الکترون‌ها از گروه‌های کربوکسیل و آمینو در ساختار پشم به دندانه‌های فلزی و تشکیل پیوندهای کئوردینانس بین این گروه‌ها می‌شود [۲۲]. مطابق ساختار شیمیایی آورده شده در شکل ۶، اتصال‌های کئوردینانس ایجاد شده بین رنگزا و دندانه فلزی و لیف پشم و دندانه فلزی باعث بهبود رنگ‌پذیری الیاف پشم و بالا رفتن درجه ثبات رنگزا می‌شوند.



شکل ۶: ساختار شیمیایی اتصال رنگزا، دندانه مس و لیف پشم [۷]

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگزا از دانه میخک بر پارامترهای رنگی و ثباتی الیاف پشم رنگریزی شده با روش‌های مختلف دندانه‌دادن بررسی شد. نتایج نشان می‌دهند در همه نمونه‌ها، بیشترین مقدار قدرت رنگی در طول موج ۴۰۰ نانومتر (محدوده فام زرد) و کمترین مقدار قدرت رنگی در طول موج ۷۰۰ نانومتر (محدوده فام قرمز) به دست آمده است.

نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگزا و روش رنگریزی، پارامترهای موثری بر مقدار قدرت رنگی ایجاد شده در الیاف پشم رنگریزی شده بوده‌اند. در روش‌های پیش‌دندانه و همزمان، نمونه رنگریزی شده با عصاره استخراج شده در

۵- منابع

- [1] Desai, J., Chauhan, J., Mankad, A., Maitreya, B., Natural colourants: a review, *Int Assoc Biolog Comput Dig*, 2(1), 261–270, 2023.
- [2] Shahidi, S., Khoshechin, E., Dalal Sharifi, S., Mongkholrattanasit, R., Investigation of the effect of various natural dyes on UV protection properties and antibacterial activity of cotton fabrics, *J Nat Fibers*, 19(13), 7213-7228, 2022.
- [3] Rajabi, F., Babaahmadi, V., Nouri, S., Dyeing of wool yarns with clove and investigation of antibacterial and ultraviolet protection properties, *Journal of Textile Science and Technology*, 11(4), 1-14, 2023.
- [4] Yameen, M., Adeel, S., Nasreen, H., Rehman, F. U., Ghaffar, A., Ahmad, T., Inayat, A., Sustainable eco-friendly extraction of yellow natural dye from haar singhar (*Nyctanthes arbor-tritis*) for bio coloration of cotton fabric, *Environ Sci Pollut Res*, 29, 83810–83823, 2022.
- [5] Herath, D. T. B., Wickramasinghe, G. C., Aponsu, G. M. L. P., Perera, V. P. S., Effects of acidification of clove fruit dye extracted in water and ethanol for performance enhancement of DSSCs, *J Physic.*, 22, 110-119, 2021.
- [6] Nassar, M. I., Gaara, A. H., El-Ghorab, A. H., Farrag, A., Shen, H., Huq, E., & Mabry, T. J., Chemical constituents of clove (*Syzygium aromaticum*, Fam. Myrtaceae) and their antioxidant activity, *Revista Latinoamericana de Química*, 35(3), 47, 2007.
- [7] Yameen, M., Asghar, F., Adeel, S., Haider, M. Z., Özomay, M., Aftab, M., Mia, R., Enhancing wool dyeing with clove bud (*Syzygium aromaticum*) based natural dye via microwave treatment using a central composite design, *Sci Prog*, 106(4), 1-22, 2023.
- [8] Sk, S., Mia, R., Haque, M. A., Shamim, A. M., Review on extraction and application of natural dyes. *Text. Leather Rev.*, 4(4), 218-233, 2021.
- [9] Al-Alwani, M. A. M., Ludin, N. A., Mohamad, A. B., Kadhum, A. A. H., Sopian, K., Extraction, preparation and application of pigments from *Cordyline Fruticosa* and *Hylocereus polyrhizus* as sensitizers for dye-sensitized solar cells, *Spectro. Acta. Part A. Mol. Biomol. Spectro.*, 179, 23-31, 2017.
- [10] Tehrani, M., Shahmoradi Ghaheh, F., Jahanbazi, Z., Dyeing silk fabric using anthocyanin pigments extracted in different solvents from *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Textile Science and Technology*, 12(1), 27-39, 2023.
- [11] Alanazi, A. K., Alqasmi, M. H., Alrouji, M., Kuriri, F. A., Almuhan, Y., Joseph, B., Asad, M., Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) bud oil and its interaction with imipenem in controlling wound infections in rats caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 27, 8551, 2022.
- [12] Tehrani, M., Mohammadi, H., Ahmadi Shaporabadi, M., Introducing the clove (*Syzygium aromaticum*) as a natural dyestuff for dyeing the wool yarns, *Rajshomar J.*, 1, 97–103, 2020.
- [13] Ahmadi, Z., Gholami Houjehgan, F., Assessment of antibacterial, antimicrobial, and colorimetric properties of cotton and woolen yarns dyed with some plants extracts, *Text Leather Rev.*, 5, 463-483, 2022.
- [14] Lee, Y. H., Hwang, E. K., Kim, H. D., Colorimetric assay and antibacterial activity of cotton, silk, and wool fabrics dyed with Peony, Pomegranate, Clove, *Coptis chinensis* and Gallnut extracts, *Mater.*, 2, 10-21, 2009.
- [15] Hwang, E. K., Lee, Y. H., Kim, H. D., Dyeing and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics

dyed with various natural colorants, *J Korean Soc Dyers Finish.*, 19(6), 12-20, 2007.

[16] Luftinor, Herlina, N., Kurniati, A. S., Coffee bean skin waste extraction for silk dyeing, *Mater. Sci. Eng.*, 801, 1-9, 2020.

[17] Janani, L., Winifred, D., Suitability of dyes from mulberry and coffee leaves on silk fabrics using eco-friendly mordants, *Inter. J. Sci. Res. Pub.*, 3(11), 1-4, 2013.

[18] Wizi, j., Wang, L., Hou, X., Tao, Y., Ma, B., Yang, Y., Ultrasound-microwave assisted extraction of natural colorants from sorghum husk with different solvents, *Ind. Crops. Prod.*, 120, 203–213, 2018.

[19] Oancea, S., Perju, M., Coman, D., Olosutean, H., Optimization of conventional and ultrasound-assisted extraction of *Paeonia officinalis* anthocyanins, as natural alternative for a green technology of cotton dyeing, *Biotechnol. Lett.*, 26(2), 2527-2534, 2021.

[20] Wang, H., Li, P., Zhou, W., Dyeing of silk with anthocyanins dyes extract from *Liriope platyphylla* fruits, *J. Text.*, 3, 1-9, 2014.

[21] Gong, K., Rather, L. J., Zhou, Q., Wang, W., Li, Q., Natural dyeing of merino wool fibers with *Cinnamomumcamphora* leaves extract with mordants of biological origin: a greener approach of textile coloration, *J. Text. Inst.*, 111(7), 1038-1046, 2020.

[22] Vajpeyee, P., Singh, S., Maity, S., et al., Aspects of mordants and metal complex dyes. In Pandit, P., Singha, K., Maity, S., Ahmed S., (eds.). *Textile dyes and pigments. Suite*, Beverly, Scrivener Publishing LLC, 2022.