

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

صفحه ۲۵۰-۲۲۹

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی مشخصه‌های رنگی و خاصیت ضد باکتری نخ پشمی رنگرزی شده با برگ تعدادی از گیاهان بومی استان فارس

سعیده رفیعی (نویسنده‌ی مسئول)

استادیار دانشگاه هنر شیراز، گروه فرش، دانشکده‌ی هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر شیراز، شیراز، ایران

s_rafeei@shirazartu.ac.ir

داود شادلو

استادیار دانشگاه هنر شیراز، گروه فرش، دانشکده‌ی هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر شیراز، شیراز، ایران

چکیده

در دهه‌ی گذشته، رنگرهای طبیعی زیست‌سازگار با خواص ضد میکروبی جهت حفاظت از الیاف رنگرزی شده در فرش‌های دست‌باف در مقابل میکروارگانیسم‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، از برگ ۶ گیاه بومی استان فارس اعم از بادام کوهی (ارژن)، پسته‌ی کوهی (بنه)، انجیر کوهی، آویشن شیرازی، انگور عسکری شیرازی و گردو به‌عنوان رنگرهای طبیعی برای رنگرزی پشم در حضور هشت دندانه‌ی فلزی مختلف استفاده شده است. طیف‌های انعکاسی نمونه‌های رنگ شده به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، مشخصه‌های رنگی، روشنایی نمونه‌های رنگ شده، تنوع فام‌های رنگی در حضور دندانه‌های مختلف، ثبات نوری و شستشوی نمونه‌ها و همچنین خاصیت ضد باکتری پشم رنگرزی شده ارزیابی شد. نتایج اسپکتروسکوپی انعکاسی نشان داد که الیاف رنگ شده با برگ گیاهان بادام کوهی (ارژن)، انگور، آویشن و انجیر مقادیر a^* منفی و b^* مثبت داشتند که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد آن‌ها است. در حالی که، الیاف رنگ شده با برگ درختان بنه و گردو مقادیر a^* و b^* مثبت داشتند که ته رنگ قرمز و زرد این نمونه‌ها را اثبات می‌کند. الیاف پشم رنگ شده با برگ بادام کوهی (ارژن)، انجیر و آویشن در حضور دندانه‌های فلزی مختلف بیشترین تنوع فام را ایجاد کردند. فام‌های عاجی، کرم، سبز، قهوه‌ای، زیتونی، نارنجی، آجری و بنفش بر روی الیاف پشم در حضور برگ این گیاهان به‌همراه دندانه‌های مختلف ایجاد شد. ثبات نوری و شستشوی الیاف رنگ شده با تمام رنگرهای ذکر شده قابل قبول بودند. پشم رنگرزی شده با عصاره‌ی برگ آویشن و بنه حداکثر درصد بازداري (۹۹٪) را در مقابل دو نوع باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس آئروس نشان داد.

واژه‌های کلیدی: رنگرزی طبیعی، پشم، برگ گیاهان، ثبات رنگی، ضد باکتری

کلیم

دوفصلنامه علمی

انجمن علمی

فرش ایران

شماره ۴۰

پاییز و زمستان ۱۴۰۰

۲۲۹

فرش

Evaluation of color characteristics and antibacterial properties of wool yarn dyed with the leaves of some native plants of Fars province

Saeedeh Rafiei (Corresponding Author)

Department of Carpet, Art University of Shiraz, Shiraz, Iran

s_rafiei@shirazartu.ac.ir

Davood Shadlou

Department of Carpet, Art University of Shiraz, Shiraz, Iran

Abstract

In the last decade, biocompatible natural dyes with antimicrobial properties have been given much attention to protect dyed fibers in handwoven carpets against microorganisms. In this research, the leaves of 6 native plants of Fars province, including *Amygdalus scoparia* (Arjan), *Pistacia atlantica* (Baneh), *Carica Ficus*, Shirazi thyme, Shirazi Askari grape (*Vinifera*) and *Juglans*, were used as natural dyes for wool dyeing in the presence of eight different metal mordants. The reflective spectra of the dyed samples were analyzed by a reflective spectrophotometer. In addition, the color characteristics, the brightness of the dyed samples, the variety of color shades in the presence of different mordents, washing and light fastness as well as the antibacterial properties of the dyed wool were evaluated. The results of reflection spectroscopy showed that dyed samples with the leaves of Argan, grape, thyme and fig plants had negative a^* and positive b^* values, which confirms their green and yellow undertones, While, dyed samples with the leaves of baneh and *Juglans* trees had positive a^* and b^* values, which proves the red and yellow undertones of these samples. Wool fibers dyed with Argan leaves, figs and thyme in the presence of different metal teeth created the most variety of colors. Ivory, cream, green, brown, olive, orange, brick and purple colors were created on wool fibers in the presence of the leaves of these plants along with different mordents. The light and washing fastness of dyed samples with all the mentioned dyes were acceptable. Wool dyed with thyme and *Pistacia atlantica* leaves extract showed the maximum percentage of inhibition (99%) against two types of bacteria, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

Key words: natural dyeing, wool, tree leaves, color fastness, anti-bacterial

■ مقدمه

فرش دست‌باف یکی از زیباترین و نفیس‌ترین نوع صنایع‌دستی در جهان به‌شمار می‌رود. این صنعت آمیخته به هنر و ارزشمند نشانی از فرهنگ و هنر کهن قوم ایرانی از گذشته‌های دور است که در گذر زمان دستخوش تغییرات و تحولات زیادی شده است (ژوله، ۱۳۸۱: ۱۴۴). رنگرزی پشم و ابریشم را می‌توان یکی از مهم‌ترین مراحل تولید فرش نامید. استفاده از رنگزاهای طبیعی نوعی جذابیت و زیبایی به پشم می‌دهد که به مرور زمان و در اثر استفاده و قرار گرفتن در برابر نور خورشید و شستشو نه تنها آسیب نمی‌بیند، بلکه ثبات و درخشندگی و زیبایی آن نیز افزوده می‌شود. (منتظر، ۱۳۸۸، جهانشاهی‌افشار، ۱۳۸۰: ۲۴). به‌طور کلی، مواد رنگزای طبیعی شامل ترکیباتی هستند که منشاء گیاهی و از ریشه، گل، برگ، میوه و پوست تنه‌ی نباتات به‌دست می‌آیند (Pubalina et al. 2019:78)، یا مواد رنگزای حیوانی که موجوداتی مانند حشره‌ی قرمزخانه و صدف ارغوان مولد آن‌ها هستند (Ammayappan et al. 2016). و یا مانند خاک سرخ از معادن استخراج می‌شوند (Ahsan et al, 2020؛ شکری، ۱۳۹۵: ۲۳). این رنگزاهای ریشه در طبیعت داشته و با استفاده از منابع زیست‌بوم کشور استخراج می‌شوند، لذا تجزیه‌پذیر هستند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه هستند. بنابراین شناسایی منابع جدید رنگرزی طبیعی و بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر فرایند رنگرزی کالا مانند دما، زمان، غلظت رنگزا، pH محیط و درصد سایر مواد کمکی مورد نیاز در حمام رنگرزی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند (رفیعی، ۱۴۰۱).

شناسایی منابع طبیعی جدید برای کاربرد به‌عنوان ماده‌ی رنگزا در نساجی، نیازمند بهینه‌سازی فرایند کاربرد آن‌ها و بررسی خواص ثباتی کالای رنگرزی‌شده است (باصری، ۱۳۹۵؛ جعفری، ۱۳۹۷؛ طالب‌پور، ۱۳۹۳). با وجود مزایای بی‌شمار رنگزاهای طبیعی، برخی از محدودیت‌های این مواد رنگزا، کاربرد آن‌ها را در صنعت با محدودیت روبرو کرده است. از جمله‌ی این محدودیت‌ها عدم تنوع رنگی و همچنین قابلیت پایین بازتولید فام رنگی یکسان در حالت رنگرزی با ترکیب دو و یا چند ماده‌ی رنگزا است. عدم تنوع رنگ‌های ایجادشده توسط رنگزاهای طبیعی باعث شده است که رسیدن به اغلب فام‌های رنگی نیازمند استفاده از چندین حمام رنگ متوالی باشد. این موضوع سبب افزایش هزینه و زمان فرایند رنگرزی می‌شود (Barani, 2017; Kasiri, 2015). از طرفی، اگرچه رنگرزی سنتی در ایران دارای سابقه‌ی طولانی است، اما اداره‌ی خانوادگی این صنعت در طول تاریخ سبب‌شده که نسخه‌های کامل و قابل استناد بسیار محدودی در دسترس عموم باشد (حاجی، ۱۳۹۸). نکته‌ی دیگر این که، رنگزاهای گیاهی مستخرج از برگ گیاهان اگرچه اغلب دارای رنگدانه‌های زیادی بوده و قابلیت ایجاد رنگ‌هایی با ثبات‌های قابل قبول بر الیاف طبیعی را دارا هستند، نسبت به رنگزاهای گیاهی استخراج‌شده از سایر بخش‌های گیاه کمتر مورد پژوهش و ارزیابی قرار گرفتند (حاجی، ۱۳۹۹؛ طهرانی، ۱۳۹۹). از سویی دیگر، استفاده از رنگزاهای طبیعی با خواص ضد میکروبی در سال‌های اخیر توجه محققان را به خود جلب نموده است، چراکه حفاظت از الیاف رنگرزی‌شده توسط رنگزاهای طبیعی در فرش‌های دست‌باف در برابر باکتری‌های مخرب محیطی و نیز جلوگیری از ایجاد بوی نامطبوع حاصل از رشد باکتری‌ها بسیار حائز اهمیت است (واعظی، ۱۳۹۳). استان فارس به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی متنوع، گونه‌های گیاهی بسیار متنوعی دارد که بعضاً مصارف دارویی و یا رنگرزی دارند. اگرچه اقدامات و بررسی‌های انجام‌شده در مورد جمع‌آوری و شناسایی این گونه‌های گیاهی موفقیت‌آمیز بوده است، لیکن به دلیل تنوع بسیار بالای این گونه‌های گیاهی، بررسی کامل خواص دارویی و رنگ‌دهی تمام اندام‌های گیاهی (اعم از ریشه، ساقه، میوه، برگ و...) صورت نگرفته است. در سال ۱۳۶۷ مشفق و همکارانش مطالعه‌ی وسیعی تحت عنوان طرح مشترک جمع‌آوری و شناسایی گیاهان و رنگرزی



به روش‌های علمی بر روی الیاف پشم و ابریشم انجام دادند که کمک زیادی به شناسایی گونه‌های گیاهی رنگزای استان فارس نمود، اما ارزیابی‌های صورت گرفته در زمینه تنوع فام‌های ایجادشده و ثبات‌های رنگی به صورت بصری و کیفی بوده و در آن از روش‌های کمی و دستگاهی استفاده نشده است (مشفق و همکاران، ۱۳۶۷). از سویی دیگر، جاویدتاش و روشندل نیز قابلیت رنگدهی و ثبات‌های عمومی رنگی ۷۲ گونه گیاهی بومی استان فارس در حضور دندانه‌های سولفات آلومینیوم، مس، آهن، نیکل و کلرید قلع ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که ۷۰ درصد گونه‌های گیاهی شناسایی‌شده قابلیت رنگدهی داشته و ثبات‌های قابل قبولی را تأمین می‌کنند. این رنگزها اغلب از ریشه، میوه، پوست میوه و گل گیاه استخراج شدند، و تمرکز کمتری بر روی قابلیت رنگدهی برگ گیاهان بومی بوده است. در تحقیقات آن‌ها تنها به بررسی قابلیت رنگدهی برگ بنه، گردو، مو، خوشک و توت پرداخته شده است. علاوه بر این، مطالعه فام‌های به‌دست آمده به صورت کیفی و بصری بوده و از روش‌های اسپکتروفوتومتری جهت شناسایی دقیق فام‌های رنگی در شرایط استاندارد، مشخصه‌های رنگی، درصد روشنایی، انعکاس و قدرت رنگی هر رنگزا استفاده نشده است. همچنین، در هیچ یک از مطالعات صورت گرفته، خواص ضدباکتری این گیاهان به‌عنوان رنگزا بر روی منسوج ارزیابی نشده است (جاویدتاش و روشندل، ۱۳۷۹).

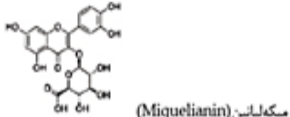
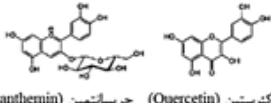
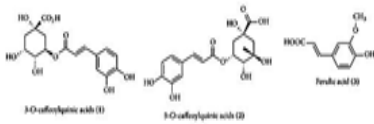
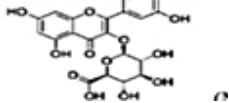
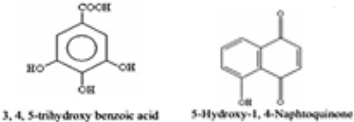
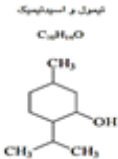
پس از آن، جاویدتاش تحقیقات وسیعی را جهت جمع‌آوری و شناسایی ۹۴ خواص دارویی و گونه گیاهی بومی استان فارس شامل پسته‌ی کوهی (بنه)، بادام کوهی (ارژن) و همین‌طور آویشن پهن (شیرازی) انجام داد. اگر چه تحقیقات آن‌ها در حیطه‌ی شناسایی گیاهان دارویی موفقیت‌آمیز بود اما قابلیت رنگدهی این گونه‌های گیاهی مورد ارزیابی قرار نگرفت. از سویی دیگر، خواص دارویی شناسایی‌شده برای گیاهان مورد مطالعه به صورت خواص درمانی و دارویی خوراکی بوده و عملکرد ضد باکتری آن‌ها بر روی سطوح منسوجات مورد مطالعه قرار نگرفته است (جاویدتاش، ۱۳۸۰). الیاف طبیعی مانند پشم و ابریشم، در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها بسیار آسیب‌پذیر هستند و به دلیل جذب رطوبت بالایی که دارند، محیط مساعدی را برای رشد و نمو باکتری ایجاد می‌کنند. رشد باکتری در الیاف نه تنها باعث بوی نامطلوب آن می‌شود، بلکه ممکن است بر روی سلامت پوستی مصرف‌کننده و عمر مفید و دوام کالا نیز تأثیر منفی بگذارد. در سال‌های اخیر رنگزهای طبیعی مورد توجه قرار گرفته که تأثیر مخربی بر محیط زیست و سلامت انسان نداشته و با داشتن خواص ضد میکروبی و ضد باکتریایی مقاومت خوبی در برابر قارچ‌ها، کپک‌ها و باکتری‌های داشته باشد و با گذشت زمان نیز تا حد زیادی این خواص را حفظ کنند (Shabbir et al, 2020). در این تحقیق به منظور ارائه ی نسخه‌ی بهینه رنگزای پشم با برگ گیاهان و مقایسه‌ی فام‌های رنگی ایجاد شده، از برگ برخی گیاهان بومی استان فارس اعم از بادام کوهی (ارژن)، انگور عسکری شیرازی، پسته ی کوهی (بنه)، انجیر کوهی، آویشن شیرازی و گردو به‌عنوان رنگزای طبیعی اغلب خودرو، فراوان و ارزان قیمت برای رنگزای پشم در حضور هشت دندانه فلزی مختلف جهت بررسی تنوع فام‌های رنگی، مشخصه‌های رنگی، ثبات نوری و شستشویی و ارزیابی خاصیت ضد باکتری پشم رنگ‌شده استفاده شده است.

■ بخش تجربی

در این پژوهش الیاف پشم با رنگزای طبیعی حاصل از عصاره‌ی آبی تهیه‌شده از برگ ۶ گیاه گردو، پسته کوهی (بنه)، بادام کوهی (ارژن)، آویشن شیرازی، انجیر کوهی زاگرس و انگور عسکری شیرازی در حضور دندانه‌های فلزی مختلف برای بررسی تنوع فام و ثبات رنگزای ایجادشده توسط این گیاهان به روش همزمان رنگزای شد. علت استفاده از روش رنگزای همزمان، صرفه‌جویی در زمان با توجه به تعدد رنگزای‌های مربوطه است. فرایند

رنگرزی در دمای 100°C و به مدت ۷۵ دقیقه صورت گرفت. جدول ۱ مواد رنگزای مورد استفاده در این تحقیق، نام لاتین، تصویر و مهم‌ترین ساختار شیمیایی رنگدانه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مواد رنگزای مورد استفاده در این تحقیق و مهم‌ترین ساختار شیمیایی رنگدانه‌ها

نام رنگزا / نام لاتین (زرگری، علی، جلد ۳ و ۴)	تصویر	ساختار شیمیایی مهم‌ترین رنگدانه‌ها (دین، جنی، ۱۳۸۵: ۷۵-۷۷، اکرمی، ۱۳۹۹: ۱۸ و ۲۱، حاجی شریفی، ۱۳۸۲)
برگ درخت بادام کوهی (ارژن) <i>Amygdalus scoparia</i> (نام محلی: ارژن، بارشین، الوک)		 میگه‌لیانین (Miquelianin)
برگ درخت انگور عسکری شیرازی <i>Vinifera</i>		 کترستین (Quercetin) چرسانتمین (Chrysanthemin)
برگ درخت انجیر کوهی <i>Carica Ficus</i>		 3-O caffeoylquinic acid (I) 3-O caffeoylquinic acid (II) Fudeic acid (II)
برگ درخت پسته کوهی (بنه) <i>Pistacia atlantica</i>		 پلارگونیدین (Pelargonidin)
برگ درخت گردو <i>Juglans</i>		 3,4,5-trihydroxy benzoic acid 5-Hydroxy-1,4-Naphthoquinone
برگ آویشن شیرازی <i>Thymus vulgaris L</i>		 تیمول و کارواکرل $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$

(نگارندگان)

● مواد و دستگاه‌ها

در این پژوهش از نخ پشمی با نمره ۵ متریک و ۱۰۰ تاب در متر مورد استفاده قرار گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم از برگ گیاهان مورد پژوهش در فصل بهار چیده و جمع‌آوری شد. برگ هر گیاه به صورت جداگانه در سایه خشک و سپس هر نمونه به‌طور جداگانه در آسیاب پودر شده و در ظرف سربسته ریخته و نام‌گذاری شد. شوینده‌ی غیریونی 100-X Triton و اگزالیک اسید نیز از شرکت مرک خریداری شد.

دندانه‌های فلزی مورد استفاده در این پژوهش جهت امکان‌سنجی ایجاد تنوع فام عبارت بودند از سولفات مس، سولفات روی، کلرید قلع، سولفات آهن ۲ ظرفیتی، سولفات آهن ۳ ظرفیتی، سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم معروف به زاج سفید، کلرید نیکل و دی کرومات پتاسیم که انتخاب دندانه، مشابه تحقیقات منتظر و همکاران بوده (منتظر، ۱۳۸۵) و از شرکت مرک خریداری شدند. توجه به این نکته ضروری است که به‌کارگیری فلزات سنگین مانند کروم، نیکل، قلع و مس به‌عنوان دندانه با مشکلات زیست محیطی همراه است. لذا در این پژوهش این دندانه‌ها صرفاً جهت ارزیابی تنوع فام دندانه‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است و جهت استفاده‌ی تجاری به‌کارگیری آن‌ها توصیه نمی‌شود. از سویی دیگر جهت به حداقل رسانیدن خطرات احتمالی اگزالیک اسید برای سلامت انسان، اسید مورد استفاده در این پژوهش در غلظت ۱٪ وزنی - حجمی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. میزان فعالیت ضد باکتری الیاف رنگرزی‌شده به روش شمارش تعداد سلول زنده و تحت شرایط تماسی مطابق با استاندارد JIS L 1902/ISO 20743 و با استفاده از دو باکتری اشرشیا کلی و استافیلو کوکوس آرئوس انجام شد.

دستگاه‌های مورد استفاده عبارت بودند از ترازو AND مدل DJ-V300A با دقت ۰/۰۰۱ گرم که جهت اندازه‌گیری نمونه‌ها و رنگرها استفاده شد. بن‌ماری ساخت فن‌آزما گستر ایران که برای تأمین حرارت حمام رنگرزی استفاده شد، دستگاه ثابت‌سنج نوری ریس‌سنج مدل RSX92 که برای سنجش ثابت نوری نمونه‌های رنگرزی‌شده به کار رفت و اسپکتروفوتومتر انعکاسی x rite color spectrophotometer Ci60 portable برای اندازه‌گیری مشخصه‌های رنگی و روشنایی الیاف رنگ‌شده تحت منبع نوری D65 و زاویه‌ی مشاهده‌کننده‌ی ۱۰ درجه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مدل-GC MSD ساخت شرکت Agilent Technologies و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا High Performance Liquid Chromatography (HPLC) مدل: AZURA ساخت شرکت KNAUER آلمان جهت شناسایی و اندازه‌گیری مواد مؤثره‌ی موجود در برگ گیاهان مورد مطالعه به‌کار رفته مورد استفاده قرار گرفت.

● مراحل آزمایش

در ابتدا پشم با آب و دترجنت غیریونی به مدت ۱۵ دقیقه با حرارت کنترل‌شده 45°C در بن‌ماری شسته و آب‌کشی شد. در مرحله‌ی عصاره‌گیری، به منظور کاهش میزان خطای ناشی از میزان رنگزای موجود در برگ‌های گیاهان و افزایش بازده رنگی آن، عملیات استخراج ماده‌ی رنگزا با حلال آب انجام شد. برای تهیه‌ی عصاره‌ی آبی هر رنگزا، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۳ گرم پودر برگ آسیاب‌شده اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت. محلول مورد نظر جهت حذف ذرات بزرگ‌تر دکانته و ذرات کوچک‌تر با عبور از صافی غشائی $0.45\text{ }\mu\text{m}$ حذف شدند. عصاره‌ی حاصل در مجاورت هوا به سرعت خشک شد و پودر خشک حاصل پس از توزین در آب مقطر حل شده و به‌عنوان عصاره‌ی آبی مورد استفاده قرار گرفت (Salaududin et al. 2021). سپس، ۸ حمام رنگرزی حاوی دندانه‌های مختلف را برای هر یک از عصاره‌های گیاهی تغلیظ‌شده تهیه و سپس بشرها را به مدت ۹۰ دقیقه در

دمای 100°C در بن‌ماری قرار گرفت. در هر یک از حمام‌ها ۳٪ اگزالیک اسید و ۳٪ دندان فلزی استفاده شد. رنگ‌ریزی به صورت همزمان و در L:G ، ۱:۵۰ صورت گرفت و پس از آن نمونه‌های پشم رنگ‌شده شسته و آبکشی شد. برای آزمایش ارزیابی خاصیت ضد باکتری پشم رنگ‌شده با ۶ رنگ‌زای برگ‌ی مذکور در حضور دندان‌های سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم (زاج سفید)، ابتدا دو نوع باکتری اش‌رشیا کلی^۱ و استافیلو کوکوس آرتوس^۲ که منشأ عفونت بوده انتخاب کرده و جهت کشت باکتری، ابتدا لوله‌های آزمایش برای استریزه شدن در دمای 121°C اتوکلاو قرار گرفت تا سترون شود. جهت انجام این آزمایش حجم‌های یکسان از هر سوسپانسیون باکتریایی شامل 10^5 CFU/ml در لوله‌ی آزمایش ریخته و در شرایط انکوباتور و در دمای 37°C و به مدت ۱۶ ساعت قرار گرفت. پس از آن، با استفاده از پیت پاستور، میزان یکسانی از هر باکتری و محیط کشت نوترین آگار در داخل پلیت‌ها ریخته شد و چندین بار جهت عقربه‌های ساعت حرکت دورانی داده و سپس خلاف جهت عقربه ساعت حرکت دورانی داده تا کاملاً باکتری‌ها و محیط کشت با هم مخلوط شود. مقدار ۰/۰۳ گرم از الیاف پشم رنگ شده با انواع رنگ‌زاهای مورد بحث در ۱۵۰۰ میکرو لیتر سرم حاوی باکتری استافیلو کوکوس آرتوس و اش‌رشیا کلی به مدت ۱۶ ساعت شیک شد و سپس با روش رقت‌سازی در پلیت‌های حاوی نوترین آگار کشت داده شدند و سپس کلنی‌ها با دستگاه کلنی کانتر شمارش شد.

● اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگی

الیاف پشم رنگ‌ریزی شده با انواع رنگ‌زاهای گیاهی مدنظر، جهت بررسی مشخصه‌های رنگی ایجادشده به‌وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی مورد ارزیابی و رنگ‌سنجی قرار گرفتند. در این مرحله پارامترهای رنگی a^* ، b^* و L^* که به ترتیب عبارتند از میزان سبزی یا قرمزی، میزان زردی یا آبی بودن و درصد روشنایی الیاف رنگ‌شده بررسی شد. مؤلفه‌های رنگی و منحنی انعکاس نمونه‌ها در بازه‌ی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر با فواصل ۱۰ نانومتری اندازه‌گیری و قدرت رنگی نمونه‌ها بر اساس معادله‌ی کیوبلکا مانک^۳ با تکنیک انعکاسی Perkin Elmer در $\lambda_{\max}$ (طول موج بیشینه‌ی جذب ۴۰۰ نانومتر) بر اساس رابطه‌ی زیر به‌دست آمد.

$$K/s = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R کم‌ترین مقدار انعکاس هر نمونه (بیشترین مقدار جذب) در محدوده‌ی طول موج مرئی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. همچنین بیانگر بیشترین طول موج مختص به هر فام رنگی است که در محدوده‌ی طول موج مرئی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ظاهر می‌شود.

● اندازه‌گیری ثبات‌ها

پس از عملیات رنگ‌ریزی و خشک شدن کالاها، ثبات‌های نوری و شستشویی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. در بررسی ثبات نوری نمونه‌ها، نمونه‌ی شسته‌نشده را به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه ثبات نوری قرار داده و مطابق استاندارد ISO 105-B01: 2010 و به‌وسیله‌ی معیار آبی که به هشت درجه تقسیم می‌شود، اندازه‌گیری شد که در آن یک ضعیف‌ترین و هشت بهترین حالت است. نمونه‌ها در دستگاه طوری قرار داده شدند که قسمتی از کالا در معرض نور قرار گیرند و قسمت دیگر از نور محافظت شود. اختلاف رنگ بین قسمت‌های قرار گرفته در معرض نور با محافظت‌شده با معیار آبی مورد ارزیابی قرار گرفتند (منتظر و آهنگوب، ۱۳۸۴). نتایج این بررسی در بخش نتایج و بحث بیان شده است.



به منظور تعیین ثبات شستشویی نمونه‌ها، هر یک از نمونه‌های رنگ‌رزی شده را نصف کرده و همراه آن به همان اندازه نمونه پشم بی رنگ، درون بشر حاوی پنج درصد مواد شوینده قرار داده و به L:R معادل ۱:۵۰ انداخته می‌شود. بشر به مدت ۲۰ دقیقه در دمای 50°C تحت عملیات شستشو قرار گرفته و پس از آب‌گیری و خشک نمودن نمونه‌ها، بر اساس استاندارد ISO 105-C10: 2006 و به وسیله‌ی معیار خاکستری که به پنج درجه تقسیم می‌شود و در آن پنج بهترین و یک ضعیف‌ترین حالت است با یکدیگر مقایسه و نتایج در بخش نتایج و بحث بیان شده است.

■ نتایج و بحث

جداول ۲ تا ۷ تنوع فام‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با هر یک از رنگ‌زاهای برگ درختان بادام کوهی (ارژن)، گردو، بنه، انگور عسکری شیرازی، آویشن شیرازی و انجیر کوهی در حضور ۸ دندان‌های فلزی مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود برگ گیاهان بومی مورد پژوهش، در حضور دندان‌های فلزی متفاوت، اغلب تنوع فام قابل توجهی را نشان می‌دهند. از سویی دیگر، مقایسه‌ی الیاف پشم رنگ‌رزی شده با هر رنگ‌زا در حضور و عدم حضور دندان، ضرورت وجود دندان‌های فلزی را در ایجاد تنوع فام و ثبات‌ها مشخص می‌کند. البته برگ گیاه گردو و پسته وحشی (بنه) دارای مقادیری تانن است که سبب می‌شود الیاف پشم بدون حضور دندان رنگ قابل قبولی داشته باشند (حنفی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین الیاف پشم رنگ‌شده با این دو رنگ‌زا، بدون حضور دندان نیز رنگ نسبتاً قابل قبولی ارائه کردند (جداول ۳ و ۴).

جدول ۲- پشم رنگ‌شده با برگ درخت بادام کوهی در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندان‌های فلزی
									طیف رنگی

جدول ۳- پشم رنگ‌شده با برگ درخت گردو در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندان‌های فلزی
									طیف رنگی

جدول ۴- پشم رنگ‌شده با برگ درخت پسته‌ی کوهی در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندان‌های فلزی
									طیف رنگی

جدول ۵- پشم رنگ شده با برگ درخت انگور عسکری شیرازی در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندانه‌ی فلزی
									طیف رنگی

جدول ۶- پشم رنگ شده با برگ گیاه آویشن در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندانه‌ی فلزی
									طیف رنگی

جدول ۷- پشم رنگ شده با برگ درخت انجیر کوهی در حضور دندان‌های مختلف

بدون دندان	آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	دندانه‌ی فلزی
									طیف رنگی

مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ رنگزاهای گیاهی مورد پژوهش در حضور ۸ دندانه‌ی فلزی نامبرده مطابق با جداول ۸ تا ۱۳ است. علاوه بر این، درصد انعکاس در طول موج بیشینه‌ی جذب و قدرت رنگی نیز گزارش شده است. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت بادام کوهی (ارژن) در حضور تمام دندان‌های مورد آزمایش به جز دندانه‌ی کروم پتاسیم مقدار a^* منفی و b^* مثبت دارند، که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد مشاهده‌شده در جدول ۲ است. بر طبق داده‌های جدول ۸، نمونه‌های رنگ‌رزی‌شده در حضور دندانه‌ی قلع و نیکل بیشترین و در حضور دندانه‌ی آهن ۲ کمترین درصد روشنایی را دارا هستند (در جدول ۲ از لحاظ کیفی قابل مشاهده است). بیشترین و کمترین قدرت رنگی به ترتیب متعلق به نمونه‌های رنگ‌شده با دندانه‌ی قلع و مربوط به نمونه‌های آهن ۲ است. علاوه بر این، میزان میانگین انعکاس نمونه‌های رنگ‌شده در طول موج ۴۰۰ نانومتر برای ۱۰ نقطه از سطوح الیاف پشم رنگ‌شده جهت انتخاب درخشان‌ترین لیف گزارش شده است. با مقایسه‌ی انعکاس پشم رنگ‌شده با رنگزاهای مذکور مشاهده می‌شود که پشم رنگ‌رزی‌شده با برگ بادام کوهی در حضور دندانه‌ی قلع، انعکاس بالاتری نشان می‌دهند که نشان از جذب رنگ کمتر این نمونه دارد. از سویی پشم رنگ‌شده در حضور دندانه‌های آهن حداکثر جذب رنگ را دارا هستند. نتایج کمی (جدول ۸) با نتایج کیفی (جدول ۲) مطابقت دارد.

جدول ۸- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ درخت بادام کوهی

نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	۷/۲۷	۲۹/۳۳	۳۸/۸۵	۶/۱۶	۱۴/۲۴
قلع	۱۸/۸۶	۵۰/۵۳	۴۲/۶۳	۹/۷۱	۲۱/۳۶
نیکل	۶/۵۵	۲۰/۴۰	۴۱/۴۸	۶/۸	۱۵/۵۳
روی	۸/۲۶	۲۸/۳۲	۳۶/۹۹	۵/۵۸	۱۳/۰۸
کروم پتاسیم	-۶/۸۶	۱۰/۴۸	۳۱/۰۰	۶/۱۷	۱۴/۲۶
مس	۷/۷۴	۲۱/۲۲	۲۹/۱۶	۳/۱۶	۸/۱۸
آهن ۲	۶/۷۲	۲۱/۱۵	۲۹/۳۰	۳/۰۱	۷/۹۶
آهن ۳	۵/۱۹	۱۹/۰۹	۲۹/۷۴	۲/۹۷	۷/۸۰
بدون دندانه	-۱/۲	۲۱/۰۶	۴۹/۱۲	۲/۴۰	۱۵/۱۳

جدول ۹- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ درخت گردو

نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	-۲/۴۷	۲۰/۳۳	۷۳/۱۵	۱۹/۲۴	۴۰/۴۵
قلع	۱/۱۲	۴۵/۹۲	۷۹/۰۶	۱۶/۷۳	۳۵/۴۲
نیکل	۳/۶۷	۳۰/۸۸	۷۷/۲۱	۱۳/۲۶	۲۸/۴۸
روی	۲/۹۸	۲۷/۹۲	۶۶/۷۳	۱۲/۸۵	۲۷/۶۶
کروم پتاسیم	۰/۵۸	۲۸/۰۳	۶۶/۱۷	۱۳/۲۵	۲۸/۴۵
مس	۱/۳۷	۲۶/۹۸	۵۵/۰۹	۷/۳۹	۱۶/۷۲
آهن ۲	-۰/۰۴	۷/۸۴	۴۷/۱۴	۶/۷۵	۱۵/۴۳
آهن ۳	۳/۴۵	۱۳/۳۷	۵۴/۷۴	۱۳/۴۶	۲۸/۸۸
بدون دندانه	۴/۳	۶/۲۷	۴۲/۱۲	۰/۴۵	۳۲/۱۳

جدول ۱۰- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ پسته‌ی کوهی

نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	-۲/۱۷	۴۱/۰۷	۷۳/۴۶	۲۵/۸۴	۵۳/۶۶
قلع	۳/۵۶	۷۳/۰۰	۷۴/۸۶	۲۹/۸۴	۶۱/۶۶
نیکل	-۰/۳۱	۲۲/۰۱	۷۱/۵۸	۲۰/۷۲	۴۳/۴۰
روی	۰/۱۱	۲۲/۷۳	۶۸/۲۲	۲۰/۶۳	۴۳/۲۲
کروم پتاسیم	۱/۳۲	۳۱/۵۸	۶۳/۷۰	۱۳/۹۶	۲۹/۸۸
مس	-۳/۳۵	۲۵/۶۶	۵۷/۷۰	۱۵/۹۱	۳۳/۲۸
آهن ۲	-۱/۵۲	۱۳/۰۹	۴۲/۴۷	۵/۸۷	۱۳/۶۶
آهن ۳	-۰/۷	۱۱/۵۶	۴۲/۵۸	۵/۹۲	۱۳/۷۵
بدون دندانه	-۳/۲	۱۸/۱۰	۵۲/۱۲	۰/۱۲	۶۱/۱۷

جدول ۱۱- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ انگور عسکری

نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	۰/۴۳	۵۲/۷۵	۷۵/۲۵	۲۸/۵۸	۵۹/۱۴
قلع	۱۴/۵۰	۶۰/۳۸	۷۰/۳۱	۲۸/۵۱	۵۹/۱۷
نیکل	-۱/۵۶	۲۳/۶۱	۷۱/۶۶	۲۲/۸۹	۴۷/۷۴
روی	۰/۳۰	۲۶/۴۴	۷۳/۵۸	۲۵/۰۶	۵۲/۰۹
کروم پتاسیم	۱/۹۳	۲۵/۸۴	۶۰/۶۶	۲۱/۵۷	۴۵/۱۱
مس	-۰/۹۸	۳۰/۰۵	۵۷/۶۹	۱۳/۸۷	۴۵/۱۱
آهن ۲	۰/۸۴	۱۳/۵۵	۴۹/۴۲	۸/۷۲	۱۹/۳۸
آهن ۳	۱/۰۴	۱۶/۹۳	۵۰/۴۷	۹/۳۳	۲۰/۶۰
بدون دندانه	۰/۲۷	۳۲/۰۹	۶۱/۸۳	۰/۱۱	۶۳/۱۳

جدول ۱۲- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ

آویشن

جدول ۱۳- مشخصه‌های رنگی الیاف پشم رنگ‌شده با برگ

انجیر کوهی

نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	-۰/۹۲	۴۴/۱۷	۷۵/۶۲	۲۸/۲	۵۸/۳۸
قلع	۱/۹۹	۶۲/۰۴	۷۶/۷۷	۳۱/۴	۶۴/۰۵
نیکل	-۲/۳۴	۲۹/۱۷	۷۱/۵۵	۲۳/۲۴	۴۸/۴۵
روی	-۰/۵۸	۲۸/۸۲	۷۵/۴۸	۲۷/۰۵	۵۶/۰۸
کروم پتاسیم	۱/۱۵	۲۱/۲۷	۶۷/۵۳	۱۹/۹۶	۴۱/۸۹
مس	-۲/۳۵	۲۶/۲۲	۵۴/۲۳	۱۱/۵	۲۴/۹۴
آهن ۲	-۱/۰۱	۱۴/۶۰	۴۷/۶۲	۷/۹۷	۱۷/۸۸
آهن ۳	-۲	۱۷/۱۵	۵۶/۸۴	۱۲/۳۴	۲۶/۶۳
بدون دندانه	-۱/۷	۴۹/۱۰	۷۷/۰۲	۰/۱۷	۵۶/۳۳
نوع دندانه‌ی فلزی	a*	b*	L*	K/S	R
آلومینیوم	-۲/۵۲	۹۳/۹۹	۶۷/۰۷	۸۲/۴۴	۸۵/۵۸
قلع	-۲/۴۶	۵۵/۱۳	۸۷/۶۸	۱۳/۰۲	۴۶/۸۳
نیکل	-۰/۶۴	۳۲/۷۰	۵۷/۴۹	۶۲/۳۸	۸۵/۴۶
روی	-۰/۱۳	۴۲/۳۰	۷۷/۴۳	۸۲/۶۴	۸۵/۰۹
کروم پتاسیم	-۰/۱۴	۱۲/۹۱	۵۶/۵۷	۸۱/۳۱	۸۳/۲۲
مس	-۰۳/۰۸	۹۳/۹۹	۶۶/۰۷	۵۱/۲۰	۸۴/۵۸
آهن ۲	-۲/۴۱	۳۱/۶۷	۸۴/۱۳	۷/۹۹	۷۱/۲۹
آهن ۳	-۱/۱۸	۳۱/۴۲	۲۴/۲۹	۵/۶۹	۳۱/۴۸
بدون دندانه	۰/۰۲	۸۳/۰۰	۲۸/۲۸	۰/۳۱	۰۶/۳۰

بر طبق داده‌های جدول ۹، مشخصه‌های رنگی پشم رنگ‌شده با برگ درخت گردوی بومی فارس در حضور تمام دندانه‌های مورد آزمایش به جز دندانه‌ی آلومینیوم مقادیر a^* و b^* مثبت داشتند که تأییدکننده‌ی ته رنگ قرمز و زرد آن‌ها است، منتظر و همکاران نیز نتایج مشابهی کسب کردند (منتظر و همکاران، ۱۳۸۸). این الیاف در حضور دندانه‌ی آلومینیوم بیشترین و در حضور دندانه‌ی مس کمترین درصد روشنایی را دارا هستند (در جدول ۳ از لحاظ کیفی قابل مشاهده است). بیشترین و کمترین قدرت رنگی به ترتیب متعلق به نمونه‌های رنگ‌شده با دندانه‌ی قلع و مربوط به نمونه‌های آهن ۳ است. علاوه بر این، همان‌طور که ذکر شد، میزان میانگین انعکاس نمونه‌های رنگ‌شده در طول موج ۴۰۰ نانومتر برای ۱۰ نقطه از سطوح الیاف پشم رنگ‌شده با این گیاه جهت انتخاب درخشان‌ترین لیف گزارش شده است. با مقایسه‌ی انعکاس مشاهده می‌شود که پشم رنگ‌رزی شده با برگ درخت گردو در حضور دندانه‌ی آلومینیوم حداکثر انعکاس و لذا کمترین جذب رنگ را دارد. از سویی دندانه‌های آهن باعث ایجاد حداکثر جذب رنگ شده‌اند. نتایج کمی (جدول ۹) با نتایج کیفی (جدول ۳) مطابقت دارد.

همان‌طور که در جدول ۱۰ قابل مشاهده است، مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت بنه در حضور دندانه‌های قلع، روی و کروم پتاسیم مقادیر a^* و b^* مثبت دارند که تأییدکننده‌ی ته رنگ قرمز و زرد این نمونه‌ها است. از سویی دیگر سایر دندانه‌های مورد آزمایش مقادیر a^* منفی و b^* مثبت را دارا هستند که نشان‌دهنده‌ی ته رنگ سبز و زرد نخ پشمی رنگ‌شده است. نتایج کمی جدول ۱۰ با رنگ‌های جدول ۴ تطبیق دارد. بیشترین و کمترین درصد روشنایی متعلق به نمونه‌ی دندانه‌دار شده با دندانه‌ی قلع و دندانه‌ی مس هستند. مقایسه‌ی درصد انعکاس این نمونه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین جذب را نمونه‌ی رنگ‌شده در حضور دندانه‌های آهن و کمترین جذب رنگ متعلق به پشم رنگ‌شده در حضور قلع است.

در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود که مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت انگور در حضور تمام



دندانه‌ها به جز دندانه‌ی نیکل و مس، مقادیر a^* منفی و b^* مثبت دارند که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد این نمونه‌ها در جدول ۵ است. بیشترین و کمترین درصد روشنایی را به ترتیب نمونه‌های رنگی دندانه‌دار شده با دندانه‌ی آلومینیوم و دندانه‌ی آهن ۳ دارند. با مقایسه‌ی انعکاس مشاهده می‌شود که پشم رنگریزی شده با این گیاه در حضور دندانه‌ی آلومینیوم و بدون حضور دندانه حداکثر انعکاس و لذا کمترین جذب رنگ را داراست. مجدداً دندانه‌های آهن موفق به ایجاد حداکثر جذب رنگ شده‌اند که این نتایج مجدداً با نتایج تحقیقات منتظر و همکاران مطابقت دارد (منتظر و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج کمی (جدول ۱۱) با نتایج کیفی (جدول ۵) مطابق است. ارزیابی مشخصه‌های رنگی پشم رنگریزی شده با برگ آویشن در جدول ۱۲ نشان می‌دهد که این رنگزا در حضور تمامی دندانه‌های به‌کار رفته به جز دندانه‌ی قلع و کروم پتاسیم مقادیر a^* منفی و b^* مثبت دارد که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد مشاهده شده در جدول ۶ است. در این جدول نیز بیشترین و کمترین درصد روشنایی را نمونه‌های رنگ‌شده در حضور دندانه‌ی قلع و دندانه‌ی آهن ۲ دارند. مقایسه‌ی درصد انعکاس این نمونه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین جذب را نمونه‌ی رنگ‌شده در حضور دندانه‌های آهن و کمترین جذب رنگ متعلق به پشم رنگ‌شده در حضور دندانه‌های آلومینیوم و قلع است. همان‌طور که در جدول ۶ قابل مشاهده است، تنوع فام نمونه‌های رنگ‌شده با برگ گیاه آویشن قابل قبول است. با توجه به مشخصه‌های رنگی پشم رنگریزی شده بدون دندانه و ویژگی‌های رنگی دندانه‌های فلزی مورد استفاده در جدول ۱۴، نتیجه گرفته می‌شود که تنوع فام ایجادشده در مورد دندانه‌های کروم، مس، آهن ۲ و ۳ به دلیل تشکیل ترکیب رنگزا با دندانه (لاک) است. سایر دندانه‌های بیشتر در ایجاد ثبات‌های عمومی و شفافیت مؤثر هستند و تغییرات فام اندکی ایجاد می‌کنند.

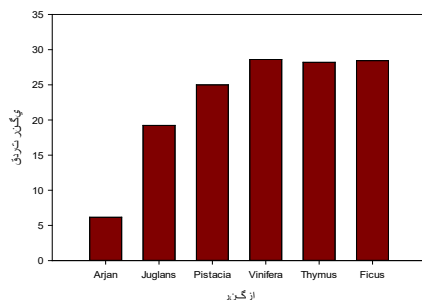
در جدول ۱۳، مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت انجیر کوهی مقادیر a^* منفی و b^* مثبت دارند که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد مشاهده شده در جدول ۷ است. در این جدول، بیشترین درصد روشنایی متعلق به نمونه‌های رنگ‌شده در حضور دندانه‌ی قلع است. الیاف پشم رنگ‌شده با برگ انجیر کوهی بدون حضور دندانه و یا در حضور دندانه‌های آلومینیوم، قلع، نیکل و روی جذب رنگ بالایی ندارند. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، تنوع فام نمونه‌های رنگ‌شده با این رنگزا قابل توجه است. علاوه بر این نتایج این تحقیق ثابت می‌کند که برگ انجیر کوهی در حضور دندانه‌های فلزی متفاوت، فام‌های رنگی متنوع‌تری نسبت به برگ انجیر معمولی ایجاد می‌کند (منتظر و همکاران، ۱۳۸۸).

جهت ارزیابی تأثیر رنگ دندانه‌های فلزی مورد استفاده، میانگین مشخصه‌های رنگی آن‌ها (میانگین ۳ تکرار) اندازه‌گیری و در جدول ۱۴ گزارش شده است. دندانه‌های آلومینیوم، روی، قلع و نیکل به‌صورت پودر مایل به سفید رنگ هستند که مشخصه‌های رنگی آن‌ها نیز در جدول ۱۴ این موضوع را تأیید می‌کند. این ۴ دندانه همگی از درصد روشنایی بالایی برخوردارند. همان‌طور که تحقیقات گذشته نیز نشان می‌دهد (حسین‌نژاد و قرنجیگ، ۱۳۹۹)، این دندانه‌ها تغییر چندانی در فام رنگزا ایجاد نمی‌کنند و اغلب جهت افزایش درخشندگی، شفافیت و ثبات‌های رنگریزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دندانه‌های کروم، مس، آهن ۲ و ۳ دندانه‌های رنگی هستند و به ترتیب به صورت پودر یا بلورهای نارنجی، آبی، کرم تیره و سبز قهوه‌ای موجود هستند (منتظر و زرینه، ۱۳۸۵). داده‌های اندازه‌گیری شده در جدول ۱۴ مؤید این موضوع است. لذا انتظار می‌رود که در فرایند رنگریزی، علاوه بر افزایش ثبات‌های عمومی، تغییرات فام نیز ایجاد کنند. مشخصه‌های رنگی کیفی و کمی پشم رنگریزی شده با رنگزاهای مورد بحث در جداول ۲ تا ۷ و ۸ تا ۱۳ این مهم را تأیید می‌کند.

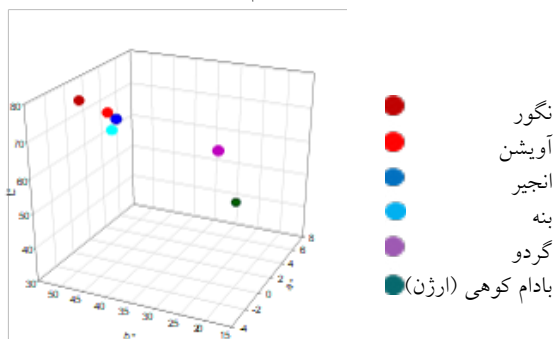
جدول ۱۴- مشخصه‌های رنگی دندان‌های فلزی مورد استفاده

نوع دندان‌های فلزی	a*	b*	L*	R
آلومینیوم	-۰/۶۸	-۱/۰۳	۸۸/۶۸	۶۱/۲۵
قلع	-۱/۳۵	۲/۴۰	۷۹/۷۳	۱۶/۷۷
نیکل	-۲/۰۲	۲/۷۳	۸۴/۷۱	۳۲/۰۷
روی	۰/۱۶	۱/۰۴	۹۳/۲۴	۸۱/۵
کروم پتاسیم	۶۳/۹۵	۸۶/۰۲	۵۲/۵۳	۳/۲۱
مس	-۲۸/۰۸	-۲۳/۵۶	۶۹/۲۲	۶۴/۲۰
آهن ۲	-۳/۸۶	۸/۳۸	۶۱/۵۷	۴۲/۰۹
آهن ۳	-۸/۴۵	۱۴/۱۳	۴۸/۶۳	۴۱/۱۱

شکل ۱ مشخصات رنگی و درصد روشنایی نخ پشمی رنگ‌شده با ۶ رنگزای گیاهی مورد بحث را در حضور زاج سفید مقایسه می‌کند. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی نمودار، رنگزاهای حاصل از برگ انگور، آویشن، انجیر و بنه روشن‌تر از نمونه‌های رنگ‌شده با گردو و بادام کوهی (ارژن) هستند. از طرفی دیگر به جز رنگزای برگ انگور مابقی ته رنگ سبز دارند. تمام نمونه‌های رنگ‌شده ته رنگ زرد را نشان می‌دهند. شکل ۲ قدرت رنگی ۶ رنگزا را در شرایط یکسان رنگرزی و در حضور دندان‌های زاج سفید مقایسه می‌کند. همان‌طور که مشهود است برگ انگور، انجیر و آویشن حداکثر و برگ بادام کوهی (ارژن) حداقل میزان قدرت رنگی را نشان می‌دهد (Gupta et al. 2020).



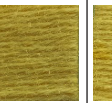
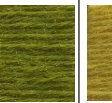
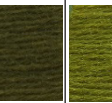
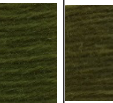
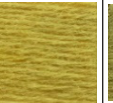
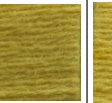
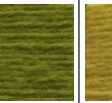
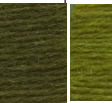
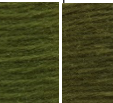
شکل ۲- مقایسه قدرت رنگی ۶ رنگزای گیاهی مورد بحث در حضور دندان‌های زاج سفید



شکل ۱- مشخصات رنگی و درصد روشنایی نخ پشمی رنگ‌شده با ۶ رنگزای گیاهی مورد بحث در حضور دندان‌های زاج سفید

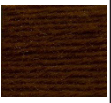
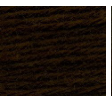
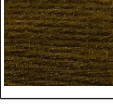
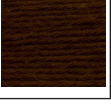
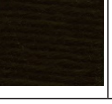
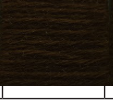
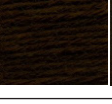
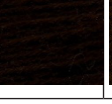
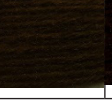
نتایج ارزیابی ثبات نوری و تغییرات رنگ و روشنایی این نمونه‌های رنگ‌شده قبل و بعد از نوردهی و در جداول ۱۵ تا ۲۰ قابل مشاهده است.

جدول ۱۵- تغییرات رنگ پشم رنگ شده با برگ بادام کوهی (ارژن) قبل و بعد از فرایند نوردهی

آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	ثبات نوری
۴	۴	۶	۷	۷	۶	۶	۶	ثبات نوری
								اولیه
								بعد از فرایند نوردهی

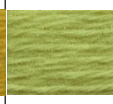
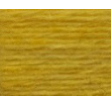
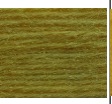
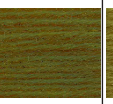
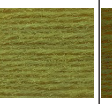
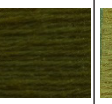
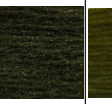
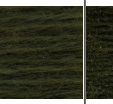
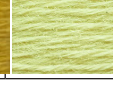
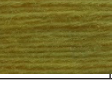
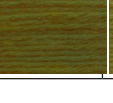
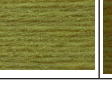
بررسی جدول ۱۵ نشان می دهد که الیاف پشم رنگ شده با رنگزای برگ بادام کوهی (ارژن) در حضور تمامی دندانه های مورد آزمایش به جز قلع و آلومینیوم، ثبات نوری الیاف حداکثری (۶-۷) را دارا هستند. ارزیابی بصری و کیفی نشان می دهد که تنوع رنگ ایجاد شده متوسط است.

جدول ۱۶- تغییرات رنگ پشم رنگ شده با برگ گردو قبل و بعد از فرایند نوردهی

آلومینیوم	قلع	نیکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	ثبات نوری
۵	۶	۷	۷	۶	۷	۷	۷	ثبات نوری
								اولیه
								بعد از فرایند نوردهی

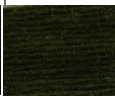
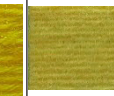
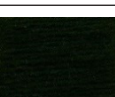
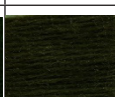
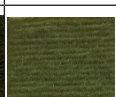
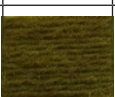
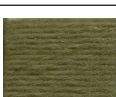
نتایج کمی و بصری جدول ۱۶ نشان می دهد که الیاف پشم رنگ شده با رنگزای برگ گردو در حضور تمامی دندانه ها به جز زاج سفید، ثبات نوری الیاف حداکثری (۶-۷) ایجاد می کنند. تنوع رنگی زیادی توسط رنگزای برگ درخت گردو ایجاد نمی شود.

جدول ۱۷- تغییرات رنگ پشم رنگ شده با برگ بنه قبل و بعد از فرایند نوردهی

آلومینیوم	قلع	یکل	روی	کروم پتاسیم	مس	آهن ۲	آهن ۳	ثبات نوری
۲	۵	۵	۶	۶	۷	۶	۶	ثبات نوری
								اولیه
								بعد از فرایند نوردهی

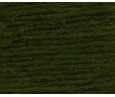
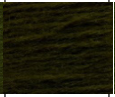
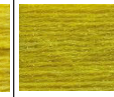
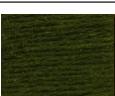
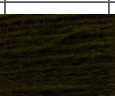
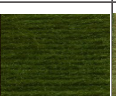
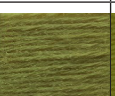
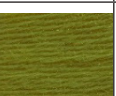
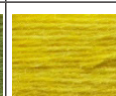
در جدول ۱۷ نیز مشاهده می‌شود که الیاف پشم رنگ‌رزی شده با رنگزای برگ بنه در حضور دندان‌های آلومینیوم، قلع و نیکل ثبات نوری کمتری نسبت به بقیه‌ی نمونه‌ها دارند. همچنین ارزیابی بصری نشان می‌دهد که رنگزای مستخرج از برگ بنه قادر به ایجاد تنوع رنگی در حضور دندان‌های فلزی مختلف بوده است.

جدول ۱۸- تغییرات رنگ پشم رنگ‌شده با برگ انگور عسکری قبل و بعد از فرایند نوردهی

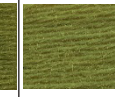
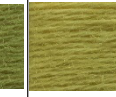
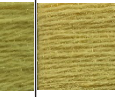
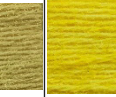
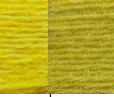
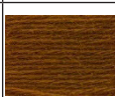
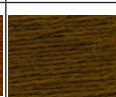
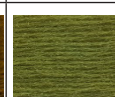
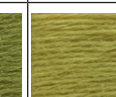
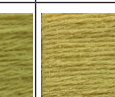
	آهن ۳	آهن ۲	مس	کروم پتاسیم	روی	نیکل	قلع	آلومینیوم
ثبات نوری	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۶	۶
اولیه								
بعد از فرایند نوردهی								

بررسی جدول ۱۸ نشان می‌دهد که الیاف پشم رنگ‌رزی شده با رنگزای برگ انگور در حضور تمام دندان‌ها ثبات نوری حداکثری (۶-۷) داشته و فام‌های رنگی متنوعی ایجاد کرده است. نتایج جدول ۱۹ نشان می‌دهد که الیاف پشم رنگ‌رزی شده با رنگزای برگ آویشن در حضور تمام دندان‌ها ثبات نوری حداکثری (۶-۷) دارد. در این جدول الیاف پشم رنگ‌رزی شده با این گیاه فام‌های متنوعی دارد.

جدول ۱۹- تغییرات رنگ پشم رنگ‌شده با برگ آویشن قبل و بعد از فرایند نوردهی

	آهن ۳	آهن ۲	مس	کروم پتاسیم	روی	نیکل	قلع	آلومینیوم
ثبات نوری	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۷	۶
اولیه								
بعد از فرایند نوردهی								

جدول ۲۰- تغییرات رنگ پشم رنگ‌شده با برگ انجیر کوهی قبل و بعد از فرایند نوردهی

	آهن ۳	آهن ۲	مس	کروم پتاسیم	روی	نیکل	قلع	آلومینیوم
ثبات نوری	۳	۳	۶	۶	۶	۶	۶	۴
اولیه								
بعد از فرایند نوردهی								

و در نهایت، در جدول ۲۰ مشاهده می‌شود که الیاف پشم رنگ‌رزی شده با رنگزای برگ انجیر کوهی از ثبات نوری ۳-۶ برخوردار هستند که ثبات پایینی محسوب می‌شود.

جدول ۲۱- ثبات شستشویی تغییر رنگ و لکه‌گذاری روی الیاف پشمی رنگ‌شده با برگ گیاهان بومی فارس در حضور ۸ دندانه‌ی فلزی متفاوت

	سولفات آهن ۳	سولفات آهن ۲	سولفات مس	بیکرومات پتاسیم	سولفات روی	کلرید نیکل	کلرید قلع	سولفات آلومینیوم	دندانه
شستشوی تغییر رنگ	۴	۴	۵	۴	۵	۵	۴	۴	برگ درخت بادام کوهی (ارژن)
	۴	۴	۵	۴-۵	۴-۵	۵	۴	۴	برگ درخت گردو
	۴	۴	۵	۴	۵	۵	۳-۴	۳-۴	برگ درخت بنه
	۳-۴	۳-۴	۵	۴-۵	۵	۴-۵	۵	۵	برگ درخت انگور عسکری
	۴	۴	۵	۴-۵	۵	۴	۴-۵	۴-۵	برگ آویشن
	۵	۵	۵	۴-۵	۵	۵	۵	۵	برگ درخت انجیر کوهی
لکه‌گذاری روی نخ پشمی	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	برگ درخت بادام کوهی (ارژن)
	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	برگ درخت گردو
	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۴	۴	برگ درخت بنه
	۴	۴	۵	۴	۵	۵	۵	۵	برگ درخت انگور عسکری
	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵-۴	۵	برگ آویشن
	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	برگ درخت انجیر کوهی

همان‌طور که در جدول ۲۱ مشاهده می‌شود، هر ۶ گونه رنگزای گیاهی بومی استان فارس که در این پژوهش مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفتند، از ثبات شستشویی مناسبی (۴-۵) بر روی الیاف پشم برخوردار هستند. در این میان، برگ گیاه انجیر کوهی و آویشن شیرازی بهترین و برگ درختان بنه و انگور عسکری شیرازی کمترین ثبات شستشویی را بر روی الیاف پشم نشان دادند.

برای تست خاصیت ضد باکتری الیاف رنگ‌شده، ابتدا دو نوع باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آئروس که منشأ رایج‌ترین عفونت‌ها بوده انتخاب‌شده و بر روی تمام الیاف رنگ‌رزی شده در حضور دندانه‌ی سولفات آلومینیوم و همچنین نمونه‌ی کنترل (الیاف پشم بدون رنگ)، مورد کشت قرار گرفتند. از سویی دیگر، جهت ارزیابی اثر احتمالی یون آلومینیوم در دندانه و احتمال خاصیت ضد باکتری آن (Shahmoradi et al. 2021)، نمونه‌ی پشم رنگ‌رزی‌شده با رنگزاهای مذکور بدون حضور دندانه نیز در بررسی خاصیت ضد باکتری مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاصل از کشت انواع باکتری‌ها روی تمام نمونه‌ها به‌صورت درصد بازداري و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است.

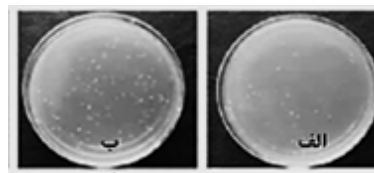
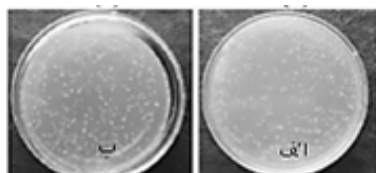
$$\text{Reduction rate \%} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

رابطه‌ی (۲)

A = تعداد کلنی باکتری اولیه

B = تعداد کلنی باکتری بعد از ۱۶ ساعت

بررسی اثر نوع رنگزای برگي مورد استفاده بر روي درصد بازداري رشد باكتري براي دو باكتري مورد آزمون قرار گرفته در جداول ۲۲ و ۲۳ آمده است. شكل هاي ۳ و ۴ رشد دو نوع باكتري *S. areuse* و *E. coli* در نمونه هاي پشم رنگزي شده با برگ آويشن شيرازي و پسته ي كوهي را باكتري مدنظر نشان مي دهد.



شكل ۳- رشد باكتري در نمونه هاي پشم رنگزي شده با عصاره ي آبي
 شكل ۴- رشد باكتري در نمونه هاي پشم رنگزي شده با عصاره ي آبي
 برگ بنه: الف) باكتري *S. areuse*، ب) باكتري *E. coli* گياه آويشن: الف) باكتري *S. areuse*، ب) باكتري *E. coli*

جدول ۲۲- درصد بازداري رشد باكتري *E. coli* در نمونه هاي پشم رنگ شده با انواع رنگزاي برگي در حضور دندانه ي سولفات آلومينيوم

نمونه ها	درصد بازداري %	
	بدون دندانه	در حضور دندانه آلومينيوم
پشم رنگ شده با برگ انگور عسكري	۵۷/۰۱	۵۷/۱۱
پشم رنگ شده با برگ گردو	۶۲/۱۷	۶۲/۲۰
پشم رنگ شده با برگ بادام كوهي (ارژن)	۸۲/۱۴	۸۳/۵۰
پشم رنگ شده با برگ انجبر كوهي	۶۰/۵۰	۶۱/۱۷
پشم رنگ شده با برگ بنه	۹۹/۰۲	۹۹/۵۲
پشم رنگ شده با برگ آويشن	۹۹/۱۲	۹۹/۶۷
پشم بي رنگ (نمونه ي شاهد يا كنترل)	۱۱/۰۸	۱۱/۱۲

جدول ۲۳- درصد بازداري رشد باكتري *S. areuse* نمونه هاي پشم رنگ شده با انواع رنگزاي برگي در حضور دندانه ي سولفات آلومينيوم

نمونه ها	درصد بازداري %	
	بدون دندانه	در حضور دندانه آلومينيوم
پشم رنگ شده با برگ انگور عسكري	۷۱/۰۹	۷۱/۳۵
پشم رنگ شده با برگ گردو	۶۳/۱۱	۶۳/۱۵
پشم رنگ شده با برگ بادام كوهي (ارژن)	۷۵/۲۱	۷۸/۱۰
پشم رنگ شده با برگ انجبر كوهي	۵۵/۳۲	۵۵/۶۰
پشم رنگ شده با برگ بنه	۹۹/۵۸	۹۹/۷۲
پشم رنگ شده با برگ آويشن	۹۹/۰۶	۹۹/۸۰
پشم بي رنگ (نمونه ي شاهد يا كنترل)	۱۸/۰۰	۱۸/۰۸

همان‌طور که نتایج جداول ۲۲ و ۲۳ نشان می‌دهد، پشم رنگ‌رزی شده با انواع رنگ‌رهای برگی مورد استفاده، درصد بازدارندگی قابل توجهی را برای هر دو نوع باکتری نشان می‌دهند. از میان تمام نمونه‌ها، پشم رنگ‌شده با عصاره‌ی برگ آویشن و بنه حداکثر خاصیت ضد باکتریایی را دارا هستند.

جهت سنجش مواد موثره سازنده‌ی عصاره‌های آبی گیاهان مد نظر فرایند استخراج به شرح زیر انجام شد: ۰/۵ گرم از برگ آویشن و بنه خشک و پودر شده به مدت یک شب در ۲۵ میلی لیتر آب (w/v, 1:50) خیسانده و سپس فیلتر شد. این روش دو بار دیگر با آب مقطر تا به دست آوردن فیلتر کافی تکرار شد. سپس عصاره‌ها با استفاده از اواپراتور چرخشی در دمای ۴۰°C تغلیظ شدند تا بقایای جامد به دست آید. در نهایت عصاره‌های خام به دست آمده با روش‌های HPLC و GC-Mass آنالیز شدند. برخی از مواد شناسایی شده در ساختار عصاره‌های مورد پژوهش در جدول ۲۴ قابل مشاهده هستند.

جدول ۲۴- درصد برخی از ترکیبات مؤثره‌ی شناسایی شده در برگ آویشن شیرازی و بنه به وسیله کروماتوگرافی گازی و مایع

ترکیبات مؤثره شناسایی شده در برگ آویشن شیرازی و بنه بوسیله کروماتوگرافی گازی و مایع (%)											
Caryo- phyl- lene	Myrcene	γ - Cadinene	Limo- nene	B- Bisabolene	Myrte- nol	Pino- car- veol	Ter- pinene	β - Pinene	α - Pinene	Pistacia atlantica	برگ بنه کوهی
۱/۵۴	۴/۶۷	۰/۵۳	۵/۶۳	۳/۸	۶/۴۳	۲/۶۷	۱/۳۸	۴/۸۹	۶۸/۱۱		
Caryo- phyl- lene	Myrcene	Gallic acid	Limo- nene	Para- Cy- mene	Ros- marin- ic acid	Car- vac- rol	Ter- pinene	Thy- mol	α - Pinene	Zataria multiflora	برگ آویشن شیرازی
۱/۱۳	۱/۷۴	۱۲/۶۳	۰/۸۳	۷/۳۴	۱۸/۱۹	۲۲/۱۸	۱/۱۳	۳۰/۶۱	۳/۳۲		

آویشن شیرازی از خانواده‌ی نعنائیان است که برگ‌های آن حاوی ترکیبات فنولی از قبیل: تیمول، کارواکرول و اسید رزمارینیک است که جزو مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی این گیاه محسوب می‌شوند و اثرات ضد باکتریایی، ضد ویروسی، آنتی اکسیدانی و ضد التهابی آن‌ها به اثبات رسیده است (بندیان و همکاران، ۱۴۰۰). تحقیقات صفاری و همکاران نیز نشان می‌دهد که خصوصیات ضد باکتریایی برگ آویشن شیرازی به دلیل داشتن ترکیبات فنلی، تیمول و کارواکرول است (Saffari et al. 2020)، که بر اساس جدول ۲۴ با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. از سویی دیگر، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ماده‌ی ضد میکروبی بسیار مهم آلفا-پینن^۴ (به میزان تقریبی 70%) در اسانس برگ گیاه پسته‌ی کوهی است (حنفی و همکاران، ۱۳۹۱؛ دوستی ۱۳۹۸)، که سبب ارزش پزشکی عصاره و روغن مستخرج از میوه‌ی این گیاه شده است (Elyasi, et al., 2022). (Ellahi, et al. 2022).

همان‌طور که داده‌های جدول ۲۴ نشان می‌دهند، در این تحقیق نیز نتایج مشابهی کسب شده که مؤید خاصیت ضد باکتری قابل توجه این رنگ‌رزی گیاهی است.

همچنین نتایج نشان می‌دهند که تحت شرایط در نظر گرفته‌شده در این پژوهش، فعالیت ضد باکتری عصاره‌های گیاهی مورد آزمایش در مقابل باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس بیشتر از باکتری گرم منفی اشریشیا کلای است. علت این موضوع را می‌توان به تفاوت‌های موجود در ساختار سلول باکتری‌های گرم مثبت و منفی مربوط دانست. دیواره‌ی سلولی در باکتری‌های گرم مثبت به طور کامل از پلیگلایکوژن پتیدی تشکیل شده است که این لایه به مولکول‌های خارجی اجازه می‌دهد تا به راحتی وارد سلول شوند. این در حالی است که دیواره‌ی سلولی باکتری‌های گرم منفی دو لایه بوده و دارای یک غشای بیرونی متشکل از لیپوپلیساکارید، لیپوپروتئین و فسفولیپیدها هستند که به‌عنوان یک سد در برابر مولکول‌های خارجی عمل می‌کند (Saffari et al. 2020). از سویی دیگر، نتایج جداول ۲۲ و ۲۳ نشان می‌دهد که دندان‌های سولفات آلومینیوم به‌کار رفته در ایجاد خاصیت ضد باکتریال الیاف رنگرزی‌شده تأثیر قابل توجهی نداشته است.

■ نتیجه‌گیری

در این پژوهش از برگ شش گیاه بومی استان فارس اعم از بادام کوهی (ارژن)، گردو، پسته کوهی (بنه)، انگور عسکری شیرازی، آویشن شیرازی و انجیر کوهی به‌عنوان رنگزای دوستدار محیط زیست و سلامت انسان برای رنگرزی پشم استفاده شد. این درختان در سراسر استان فارس به وفور و اغلب خودرو یافت می‌شوند، در نتیجه استخراج رنگزا از برگ آن‌ها در صورت دارا بودن ثبات‌های قابل قبول، بسیار مقرون به صرفه است. علاوه بر این خاصیت ضد باکتری ایجادشده توسط این رنگزها بر روی الیاف رنگ‌شده می‌تواند فاکتور مؤثری در ارتقاء سلامت انسان باشد. رنگرزی به روش همزمان و در حضور هشت دندان‌های فلزی انجام شد و میزان قدرت نمونه‌های رنگرزی‌شده، تنوع فام، مشخصه‌های رنگی، ثبات نوری و شستشویی و خصوصیات ضد باکتری آن‌ها در حضور دو نوع باکتری اشریشیا کلی و استافیلوکوکوس اورئوس مورد ارزیابی قرار گرفت.

الیاف پشمی رنگ‌شده با برگ درخت بادام کوهی (ارژن) به علت دارا بودن مقدار a^* منفی و b^* مثبت، دارای ته رنگ سبز و زرد بوده، ثبات‌های نوری و شستشویی قابل قبولی داشته و تنوع فام زیادی در حضور دندان‌های مختلف ایجاد کردند. الیاف رنگ‌شده با برگ درخت گردو بومی فارس در حضور تمام دندان‌های مورد آزمایش به جز دندان‌های آلومینیوم مقادیر a^* و b^* مثبت داشتند که تأییدکننده‌ی ته رنگ قرمز و زرد نمونه‌ها بوده و تنوع رنگ چشمگیری در این رنگرزی مشاهده نشد. ثبات‌های نوری و شستشویی ایجادشده توسط این رنگزا بر روی پشم بالا بود. مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت انگور عسکری شیرازی شامل مقادیر a^* منفی و b^* مثبت بودند که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد آن‌ها بود. این رنگزا بر روی الیاف پشم تنوع رنگ، ثبات نوری و شستشویی متوسطی را نشان داد. از طرفی دیگر، مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ درخت بنه در حضور دندان‌های قلع، روی و کروم پتاسیم مقادیر a^* و b^* مثبت دارند که تأییدکننده‌ی ته رنگ قرمز و زرد این نمونه‌ها است. سایر دندان‌های مورد آزمایش مقادیر a^* منفی و b^* مثبت داشتند و ته رنگ سبز و زرد بر روی نخ پشمی ایجاد نمودند. لذا این برگ درخت بنه فام‌های رنگی متنوعی را در حضور انواع دندان‌های فلزی به‌کار رفته ایجاد کرد. ثبات نوری و شستشویی این رنگزا بر روی پشم متوسط ارزیابی شد. مشخصه‌های رنگی الیاف رنگ‌شده با برگ گیاهان آویشن، به جز دندان‌های قلع و کروم پتاسیم، مقدار a^* منفی و b^* مثبت دارند که تأییدکننده‌ی ته رنگ سبز و زرد آن‌ها است. تنوع فام این نمونه‌ها قابل قبول بود و ثبات‌های نوری و شستشویی حداکثری نشان دادند. در نهایت، الیاف رنگ‌شده با برگ درخت انجیر کوهی با مقادیر a^* منفی و

b* مثبت، ته رنگ سبز و زرد داشتند. و از تنوع فام، ثبات نوری و ثبات شستشویی خوبی برخوردار بودند. در تمامی نمونه‌های پشمی رنگ‌شده کمترین درصد انعکاس در طول موج بیشینه جذب و بیشترین میزان جذب رنگ متعلق به نمونه‌های رنگ شده با دندان‌های آهن بودند. از سویی دیگر الیاف پشمی رنگ‌شده با همه‌ی رنگ‌ها به جز برگ درخت گردو و پسته کوهی، به علت عدم وجود تانن، جذب رنگ قابل توجهی نشان ندادند. همچنین نتایج ارزیابی کشت باکتری نشان داد که رنگ‌های مورد پژوهش قادر هستند بر روی نخ پشی رنگ‌ریخته خاصیت ضد باکتریایی قابل قبولی ایجاد کنند. از بین گیاهان بومی مورد استفاده برگ آویشن و بنه بیشترین خاصیت ضد باکتری را در حضور دو نوع باکتری اشرفیا کلی و استافیلوکوکوس آرتوس نشان دادند. بررسی‌های فیتوشیمیایی نشان داد که وجود ترکیبات مؤثره و متابولیت‌های ثانویه‌ی موجود در ساختار این رنگ‌های گیاهی مسبب خاصیت ضد باکتریال آن‌ها است.

● تقدیر و تشکر

از همکاری و حمایت مادی و معنوی دانشگاه هنر شیراز که امکان انجام این پژوهش را فراهم کردند قدردانی می‌نماید.

■ پی‌نوشت

- 1- *Escherichia coli*
- 2- *Staphylococcus aureus*
- 3- *Kublka-Munk*
- 4- α -pinene

■ فهرست منابع

- اکرمی، محمد. (۱۳۹۹). گیاهان دارویی و مواد مؤثره. تهران: نشر کاروان جهانگردان (ایرانگردان).
- باصری، سمیه. (۱۳۹۵). مروری بر رنگ‌ریزی الیاف طبیعی (پشم و ابریشم) در حلال سازگار با محیط‌زیست. *مطالعات در دنیای رنگ*، ۶(۳)، ۳-۱۶.
- بندیان، لیلا. محمد مقدم و معصومه بحرینی. (۱۴۰۰). بررسی اثر ضد باکتریایی و خاصیت سینرژیستی عصاره‌ی اتانولی آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*)، مریم گلی بنفش (*Salvia verticillata*) و اناریچه (*Froriepia subpin-* nata) بر باکتری‌های عامل پوسیدگی سبزیجات. *میکروپوشناسی مواد غذایی*، ۸(۱): ۴۵-۵۷.
- جاویدتاش، ایرج. (۱۳۸۰). گیاهان دارویی استان فارس. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۱۱(۱)، ۱۰۳-۱۴۸.
- جاویدتاش، ایرج، و لیلا روشندل. (۱۳۷۹). جمع‌آوری و شناسایی گیاهان رنگده استان فارس و رنگ‌ریزی الیاف پشم و ابریشم طبیعی به روش‌های علمی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۶(۶)، ۶۷-۹۶.
- جعفری، راضیه. کمال‌الدین قرنجیگ. (۱۳۹۷). مطالعه‌ی مشخصه‌های رنگی الیاف طبیعی رنگ‌ریخته شده با مواد رنگ‌زای طبیعی. *مطالعات در دنیای رنگ*، ۸(۱)، ۶۳.
- جهان‌شاهی‌افشار، ویکتوریا. (۱۳۸۰). فرایند و روش‌های رنگ‌ریزی الیاف با مواد طبیعی. تهران: دانشگاه هنر.

- حاجی، امین‌الدین. (۱۳۹۸). رنگرزی پارچه‌ی پشمی با ماده‌ی رنگزای طبیعی اسپنددانه: بررسی عوامل مؤثر بر قدرت رنگی به کمک روش رویه پاسخ. علوم و فناوری رنگ، ۱۳، ۱۴۰.
- امین‌الدین و نجمه عارفی. (۱۳۹۹). کاربرد روش رویه پاسخ در بهینه‌سازی رنگرزی الیاف پشم با برگ درخت نارنج به‌عنوان رنگزای طبیعی. علوم و فناوری نساجی، ۸ (۳)، ۵.
- حاجی شریفی، احمد. (۱۳۸۲). اسرار گیاهان دارویی. تهران: انتشارات حافظ نوین.
- حسین‌نژاد، مژگان، کمال‌الدین قرنجیگ. (۱۳۹۹)، مروری بر دندانه‌های طبیعی و فلزی برای کاربرد در رنگرزی الیاف. مطالعات در دنیای رنگ، ۱۰ (۴)، ۲۱.
- حنفی، قربان محمد. شعله درویشی، نازیلا درویشی، سید مهدی سیدین اردبیلی و فردین میر احمدی. (۱۳۹۱). بررسی خواص ضد باکتریایی اسانس شیره‌ی درخت بنه بر روی باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس، اشیریشیاکلی و کلوسترییدیوم اسپرووژنس. مجله‌ی علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۱۷، ۱-۱۱.
- جین، دینی. (۱۳۸۵). رنگ وحشی (ترجمه‌ی کوروش کریم‌شاهی). مرکز ملی فرش ایران، وزارت بازرگانی.
- دوستی، بهروز. (۱۳۹۸). مقایسه‌ی اثرات ضد باکتریایی و ضد قارچی صمغ درخت بنه (*atlantica Pistacia*) با برخی آنتی‌بیوتیک‌های رایج درمانی. مجله‌ی پژوهش‌های گیاهی (مجله‌ی زیست‌شناسی ایران)، ۳۲ (۱)، ۳۲-۴۳.
- رفیعی، سعیده. (۱۴۰۱)، رنگرزی الیاف ابریشم با رنگ طبیعی استخراج‌شده از قسمت‌های مختلف گیاه فیکوس یوهانیس بويس، مجله‌ی علوم و فناوری پوشاک و نساجی. ۱۱، ۱-۱۷.
- زرگری، علی. (۱۳۶۸). گیاهان دارویی. تهران: موسسه‌ی چاپ و نشریات امیر کبیر.
- ژوله، تورج. (۱۳۸۱). پژوهشی در فرش ایران. تهران: یساولی.
- شکری، لطف الله. (۱۳۹۵). رنگزاهای طبیعی. تهران: شمال پایدار.
- طالب‌پور، فریده و سید محمد ویسیان. (۱۳۹۳). رنگرزی نخ خامه پشمی با گل زعفران، بررسی تأثیر دندانه و اسید. نشریه علمی-پژوهشی گلجام، ۱۰ (۲۵)، ۲۹.
- طهرانی، مجید. یحیی بایگان و فاطمه شاهمرادی قهه. (۱۳۹۹). بررسی پارامترهای مؤثر بر رنگرزی نخ پشمی مریئوس با برگ گیاه کاسنی. علوم و فناوری نساجی و پوشاک، ۹ (۴)، ۱۷.
- مشفق، علی اکبر، ایرج جاویدتاش، حمید حبیبیان. (۱۳۶۷). گزارش نهایی طرح مشترک جمع‌آوری و شناسایی گیاهان و رنگرزی به روش‌های علمی بر روی الیاف پشم و ابریشم طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- منتظر مجید، آهنگوب سعید. (۱۳۸۴). تأثیر آمونیاک قبل از رنگرزی بر رنگ‌پذیری و تغییر رنگ پشم رنگرزی‌شده با رنگزاهای طبیعی ایرانی. نشریه‌ی علمی گلجام، ۱، ۸-۱۵.
- منتظر، مجید، و سعید زرینه. (۱۳۸۵). بررسی تأثیر اوره در رنگرزی نخ پشمی با روناس. نشریه‌ی علمی گلجام، ۳، ۶۷-۸۴.
- منتظر، مجید، محمد ابراهیم حیدری، محمد ویسیان. (۱۳۸۸). طبیعت‌گرایی در رنگرزی الیاف پروتئینی (پشم و ابریشم). تهران: مرکز ملی فرش ایران.
- واعظی، محمدرضا. ملکه افشاری، سمیه اکبری و امیر حسنجانی روشن. (۱۳۹۲). حفاظت الیاف پشم فرش‌های دست‌باف رنگرزی‌شده با رنگزای طبیعی روناس در برابر باکتری‌های مخرب محیطی توسط نانو ذرات نقره‌ی کلوئیدی. مواد و فناوری‌های پیشرفته، ۲ (۲)، ۵۳-۵۷.
- Ahsan, R., Masood, A., Sherwani, R., & Khushbakhat, H. (2020). Extraction and Application of

Natural Dyes on Natural Fibers: An Eco-Friendly Perspective. *Review of Education, Administration & Law*, 3(1), 63-75.

- Ammayappan, L., Shakyawar, D. B. B. (2016). Dyeing of Carpet Woolen Yarn using Natural Dye from Cochineal. *Journal of Natural Fibers*, 13(1), 42-53.

- Barani, H., Boroumand, M. N., & Rafiei, S. (2017). Application of silver nanoparticles as an antibacterial mordant in wool natural dyeing: synthesis, antibacterial activity, and color characteristics. *Fibers and Polymers*, 18(4), 658.

- Ellahi, H., Khalili, Sadrabad, E., Hekmatimoghaddam, S., Jebali, A., Sadeghizadeh-yazdi, J., Rastiani, F., Akrami, M, F. (2019). Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Pistachia Atlantica Gum Sub Sp. Kurdica. Essential Oil. *journal of nutrition and food security*, 4 (3), 186-190.

- Elyasi, G. A., Saeedi, M., Khanavi, M., Mojtavavi, S., Kobarfard, F., Faramarzi, M. (2022). Chemical Composition and Biological Effects of Pistacia atlantica Desf. Oleoresin Essential Oil. *Research Journal of Pharmacognosy (RJP)*. 9(3), 2022: 25–33

- Gupta, V. K. (2020). Fundamentals Of Natural Dyes and Its Application On Textile Substrates. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. <https://doi.org/10.5772/intechopen.pages:304>.

- Kasiri, M. B & Safapour, S. (2015). Exploring and exploiting plants extracts as the natural dyes/antimicrobials in textiles processing. Progress in Color. *Colorants and Coatings*, 8, 87.

- Pubalina, S. (2020). A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy, In book: Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments, IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen. Pages: 304.

- Saffari S. E., Jooyandeh, H., Alizadeh, B. B. (2020). Evaluation of reciprocal pharmaceutical effect and antimicrobial activity of Shirazi thyme essential oil against some Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Journal of food science and technology*, 17, 1-11.

- Salauddin Sk, M., Mia, R., Haque, M.A. i Shamim, A.M. (2021). Review on Extraction and Application of Natural Dyes. *Textile & Leather Review*, 4 (4), 218-233.

- Shabbir, M., Luqman Rather, J., Azam, M., Qazi, M., Haque, R., Ali Khan, M., Mohammad, F. (2020). Antibacterial Functionalization and Simultaneous Coloration of Wool Fiber with the Application of Plant-Based Dyes. *Journal of Natural Fibers* 437-449 : (3)17 , .

- Shahmoradi, Gh. F., Kamali Moghaddam, M., Tehrani, M. (2021). Comparison of the effect of metal mordants and bio-mordants on the colorimetric and antibacterial properties of natural dyes on cotton fabric. *coloration technology*, 137(6), 689-698.