10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

دو فصلنامه علمی کاشان‌شناسی، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
دوره ۱۶، شماره ۲ (پیاپی ۳۱)، صفحات: ۷۹ـ۱۰۲
مقاله علمی‌پژوهشی

بررسی خاصیت ضدباکتریایی نخ پشمی رنگرزی‌شده با پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری کاشان

سعیده رفیعی*

چکیده

در این پژوهش قابلیت رنگ‌دهی و خاصیت ضد باکتریال پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری کاشان بر روی نخ پشمی ارزیابی شد. پسماند گل محمدی ماده‌ای زائد است که در حجم وسیعی در طی عملیات گلاب‌گیری تولید می‌شود و دفع آن هزینه‌های قابل توجهی را به صنعت گلاب‌گیری کاشان وارد می‌نماید. ازسویی دیگر، سطح منسوجات با الیاف طبیعی ازجمله فرش‌های دستباف در حضور رطوبت و حرارت، در معرض رشد و تکثیر باکتری‌ها قرار گرفته و منجر به ایجاد مشکلاتی در دوام، زیبایی ظاهری و بهداشت کالا می‌شود. در این تحقیق علاوه‌بر ارزیابی مشخصه‌های رنگی و ثبات نوری پشم رنگرزی‌شده با عصارهٔ آبی و الکلی پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری، مقایسهٔ اثر ضدباکتری آن‌ها بر روی دو باکتری گرم مثبت استافیلو کوکوس اورئوس و گرم منفی اشرشیا کلی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که تمام نمونه‌های رنگ‌شده میزان *a و *b مثبت داشتند که بیانگر فام قرمز و زرد آن‌هاست. برطبق یافته‌های این مطالعه، استفاده از عصاره‌های رنگی مستخرج از پسماند گل محمدی، قدرت رنگی و ثبات‌های عمومی مناسبی را بر روی نخ پشمی ایجاد می‌کند. علاوه‌بر این، نتایج ارزیابی فیتوشیمیایی و ضدباکتری اثبات کرد که این رنگ‌زا به‌علت دارا بودن ترکیبات فلاونوئیدی ازجمله سیانیدین دی‌گلوکزید می‌تواند عاملی امیدبخش در پیشگیری از بیماری‌های عفونی ناشی از باکتری‌های E.coli و S.areuse باشد. ازسویی دیگر، به نظر می‌رسد که عصارهٔ اتانولی و متانولی رنگ‌زای مذکور به‌ترتیب در بخش ثبات نوری، اثر ضد باکتریال و قدرت رنگی قوی‌تر عمل کرده است.

کلیدواژه‌ها: رنگرزی طبیعی، پشم، پسماند گل محمدی، خاصیت ضد باکتری، سیانیدین دی‌گلوکزید.

* استادیار گروه فرش، دانشگاه هنر شیراز، شیراز، ایران، s_rafiei@shirazartu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

۱. مقدمه

کاربرد مواد رنگ‌زای طبیعی از دیرباز نقش تعیین‌کننده‌ای در زندگی بشر داشته است. یکی از کاربردهای مهم این مواد، رنگرزی قالی‌های دستباف است که یکی از شاخصه‌های مهم فرش ایرانی به شمار می‌رود. ارزشمندترین دست‌بافته‌ها چنانچه با رنگ مرغوبی رنگرزی نشده باشند، در مدت‌زمان کوتاهی تحت‌تأثیر عوامل محیطی مانند نور و رطوبت و یا براثر شست‌وشو و سایش، دچار رنگ‌پریدگی و عدم یکنواختی می‌شوند (شمس ناتری و ویسیان، ۱۴۰۰: ۳۳، صوراسرافیل، ۱۳۷۸). ازطرفی دیگر، استفادهٔ بی‌رویه از رنگ‌زاهای شیمیایی در صنایع نساجی آلودگی شدید محیط‌زیست را در پی دارد. استفاده از گیاهان با قابلیت رنگ‌دهی مناسب می‌تواند در کاهش این ضایعات و خطرات مؤثر باشد. ازاین‌روگسترش تولید و استفاده از رنگ‌زاهای طبیعی بومی کشور، از یک‌سو می‌تواند از خروج ارز برای تهیهٔ رنگ‌زاهای شیمیایی بکاهد و ازسوی دیگر با ارتقای کیفیت دست‌بافته‌ها، بازار جهانی فرش ایرانی را دوباره پررونق کند (جهانشاهی افشار، ۱۳۷۵: ۲۵۵).

یکی از مهم‌ترین معضلات در مصرف رنگ‌زاهای طبیعی به‌جای رنگ‌زاهای مضر شیمیایی، محدودیت و کم بودن انواع گیاهان رنگ‌زاست. در سال‌های اخیر رنگ‌زاهای طبیعی جدیدی برای پر کردن این خلأ شناسایی و معرفی شده‌اند؛ اما کاربرد اغلب آن‌ها در حد تحقیقات آزمایشگاهی باقی مانده است؛ زیرا تولید و استخراج این رنگ‌زاها محدود و گاه هزینه‌بر است.

پسماند گل محمدی ماده‌ای زائد است که هرساله در پی عملیات گلاب‌گیری در حجم وسیعی تولید و دور ریخته می‌شود؛ بنابراین انتقال و دفع آن با مشکلات و هزینه‌های زیادی توأم است که سبب افزایش هزینه‌های تولید و عرضهٔ گلاب می‌گردد. ازسویی دیگر، در حال حاضر عمده‌ترین مصرف پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری، استفاده از آن به‌عنوان قالب‌های خشتی در سوخت اجاق است. استفاده از پسماند گل محمدی به‌عنوان رنگ‌زایی طبیعی برای ایجاد رنگ‌های طیف زرد، طلایی و نارنجی، نه‌تنها مشکلات و هزینه‌های ناشی از دفع این ضایعات را کاهش می‌دهد، بلکه قادر است منبع درآمد جدیدی برای شاغلان حوزهٔ گلاب‌گیری بوده و به حفظ محیط‌زیست نیز کمک کند (شاهپروری و بصام، ۱۳۹۰).

گل محمدی با نام علمی Rosa damascena Mill از خانوادهٔ Rosaceace و از جنس Rosa است که براساس یافته‌های تاریخی، نخستین رویشگاه آن خاورمیانه به‌ویژه ایران است. در آغاز سدهٔ هفدهم میلادی، گل سرخ ایران به هندوستان، شمال آفریقا و ترکیه و بعد به بلغارستان برده شد و

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

کاشت آن گسترش یافت (سفیدکن و همکاران، ۱۳۸۵: ۲). گل محمدی در حجم وسیعی در بسیاری از نقاط ایران اعم از کاشان، کرمان، تبریز و فارس به‌منظور تهیهٔ گلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. ازاین‌رو با نام «گل گلاب» نیز شناخته می‌شود (همان‌جا). علاوه‌بر این، گل محمدی به‌دلیل عطر و طعم خوشایند خود، در صنایع عطرسازی، اسانس‌گیری و آشپزی مورد استفاده قرار گرفته و از دیدگاه طب سنتی نیز به‌عنوان یک گیاه دارویی دارای خواص ضدالتهاب، ضدعفونی‌کننده، ضداضطراب و آرام‌بخش، ضداسپاسم، تقویت سیستم ایمنی، ضداکسیدان و تسکین درد شناخته می‌شود (غلامی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۳؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

قابلیت رنگ‌دهی گلبرگ گل محمدی بر روی الیاف طبیعی قبلاً مورد تحقیق قرار گرفته و اثبات شده است (شمس ناتری و همکاران، ۱۳۸۶ب؛ برزویی و اکبری، ۱۳۹۴: ۱)؛ اما ازآنجاکه گلبرگ گل محمدی در صنایع اسانس و عطر مصرف قابل توجهی دارد، استفاده از آن به‌عنوان رنگ‌زا توجیه اقتصادی ندارد.

مولکول رنگدانه‌های موجود در اغلب میوه‌ها و گل‌ها ازجمله گل سرخ، بر پایهٔ سیانیدین[1] است که در فرم طبیعی خود با اتصال به مولکول‌های قند به‌صورت آنتوسیانیدین[2] حضور دارند. رنگینهٔ موجود در گلبرگ‌های گل سرخ سیانیدین دی‌گلوکزید است (شکل ۱) که در گونه‌های مختلف گل، نوع گروه‌های قند متصل و مکان‌های اتصال آن‌ها متفاوت‌اند (شمس ناتری و همکاران، ۱۳۸۶: ۸۰).

عصاره‌گیری از گیاهان رنگ‌زا، گامی کلیدی در افزایش کیفیت رنگرزی و خواص تکمیلی ترکیبات مؤثر گیاه است؛ بنابراین انتخاب روش مناسب عصاره‌گیری می‌تواند کارایی استخراج مواد مؤثر موجود در گیاه را به‌طور چشمگیری افزایش دهد (Halawani, 2014: 2359; Yassa et al., 2009).

سطح منسوجات در حضور رطوبت و حرارت، سبب رشد و تکثیر باکتری‌ها می‌شود که سبب بوی بد، لکه، رنگ‌پریدگی، کاهش استحکام و افزایش عفونت پوستی مصرف‌کننده می‌شود (Ahmadi & Gholami Houjeghan, 2022). فرش‌های بافته‌شده با الیاف یکی از منسوجات مصرفی و تزیینی پرکاربرد است که همواره در معرض آلودگی‌های گوناگون از قبیل میکروب‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و بوی نامطبوع قرار می‌گیرد. علاوه‌بر آن، مسئلهٔ شست‌وشوی فرش‌ها نیز به‌دفعات، باعث صرف هزینهٔ بالا و کاهش عمر مفید فرش خواهد شد. رشد میکروارگانیسم‌ها بر روی فرش منجر به ایجاد مشکلاتی در زیبایی ظاهری و بهداشت کالا و در مواردی لکه‌گذاری

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

می‌شود. مشکل‌سازترین میکروارگانیسم‌ها قارچ‌ها و باکتری‌ها هستند. تحت شرایط بسیار مرطوب، کپک‌ها نیز می‌توانند روی منسوجات رشد کنند که به‌عنوان منابع تغذیه برای قارچ‌ها و باکتری‌ها عمل می‌کنند (Shindler, 2010). ازاین‌رو مسئلهٔ ضدمیکروب کردن منسوجات ازجمله فرش در دههٔ اخیر مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است.

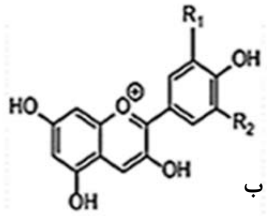
به‌طور کلی ترکیبات ضدمیکروبی مورد استفاده در صنایع مختلف، ریشهٔ شیمیایی دارند و می‌توانند به منسوج، مصرف‌کننده و محیط‌زیست آسیب وارد کنند؛ درحالی‌که رنگرزی طبیعی با برخی ترکیبات گیاهی می‌تواند خواص ضدباکتری، ضدمیکروبی و ضدقارچ را بدون آسیب به محیط‌زیست حاصل نماید (منتظر و همکاران، ۱۳۸۸).

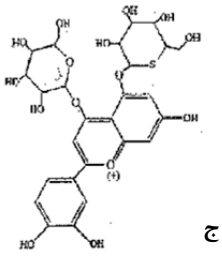
پژوهش‌های محدودی درزمینهٔ رنگرزی الیاف طبیعی با رنگ‌زای گیاهی برگ گل محمدی موجود است (شاهپروری و بصام، ۱۳۹۰؛ شمس ناتری و همکاران، ۱۳۸۶الف). ازسویی دیگر، پژوهش‌های متعددی درزمینهٔ خواص ضدباکتریال و آنتی‌اکسیدانی این گیاه در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها انجام شده (صادقیان و همکاران، ۱۳۸۶؛ Salman et al., 2023)، درحالی‌که ارزیابی خواص ضدباکتری و ضدقارچ این گیاه بر روی منسوجات رنگ‌شده مطالعه‌ای صورت نگرفته است.

در صورت اثبات امکان استخراج رنگ‌زایی با قدرت رنگی بالا و تنوع طیف رنگی قابل قبول از پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری و همچنین اثبات خواص ثانویهٔ آن ازجمله خاصیت ضدباکتریایی، رنگ‌زایی نوین و کاربردی با حداقل هزینهٔ تولید به صنعت قالی‌بافی معرفی می‌شود که استفاده از آن به‌عنوان رنگ‌زا بسیار مقرون‌به‌صرفه‌تر از گلبرگ گل محمدی است.

در پژوهش حاضر، با محوریت قرار دادن پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری به‌عنوان رنگ‌زا، مشخصه‌های رنگی و اثر ضدباکتریایی منسوج رنگرزی‌شده با این رنگ‌زا بر روی دو باکتری گرم مثبت استافیلو کوکوس اورئوس و گرم منفی اشرشیا کلی به نمایندگی از باکتری‌های بیماری‌زای انسانی مورد بررسی قرار گرفت.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094





شکل ۱: نمایش ساختاری: الف. گل محمدی (رز)؛ ب. آنتوسیانین؛ ج. سیانیدین دی‌گلوکزید (مادۀ مؤثر گلبرگ گل محمدی)

۲. روش تحقیق

رنگ‌زای مورد استفاده در این پژوهش عبارت است از پسماند گل محمدی مورد استفاده در گلاب‌گیری که در زمان گلاب‌گیری از کاشان تهیه می‌شود و به‌صورت پودر درمی‌آید (شکل ۱). علاوه‌بر این، الیاف پشمی ایرانی با نمرۀ ۴/۵ متریک و ۶۵ تاب در متر مورد استفاده قرار گرفت. شویندۀ غیریونی Triton X-100 با خلوص ۱۰۰٪، دندانۀ آلومینیوم یا زاج سفید، اگزالیک اسید با خلوص ۱۰۰٪ و حلال‌های قلیایی اتانول و متانول با خلوص ۱۰۰٪ از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. از کاغذ صافی ورقه‌ای با تخلخل ۱۱ میکرون استفاده شد و تست ضدباکتری با استفاده از دو باکتری اشرشیا کلی و استافیلو کوکوس اورئوس طبق استاندارد ۱۰۰ T CC AA ۷۰ انجام شد. تمام مواد شیمیایی و معرف‌های مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل مادۀ مؤثر سیانیدین دی‌گلوکزید و استاندارد آن از سیگما آلدریچ (دیزنهوفن، آلمان) خریداری شد. استونیتریل درجۀ HPLC، آب و اسید تری فلورواستیک از Merck (دارمشتات، آلمان) تهیه شد.

بن‌ماری ساخت فن آزماگستر ایران برای تأمین حرارت حمام رنگرزی مورد استفاده قرار گرفت. از ترازوی AND مدل DJ-V300A برای انداز گیری نمونه‌ها و رنگزاها استفاده شد. در بخش ارزیابی ثبات الیاف رنگ‌شده، دستگاه ثبات‌سنج نوری ریس‌سنج مدل RSX92 برای سنجش ثبات نوری نمونه‌های رنگ‌شده و کابینت نوری مدل ICS-TEXICON با ۴ منبع نوری متفاوت به‌منظور ارزیابی بصری نمونه‌های رنگی استفاده شد. دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی ساخت شرکت GretagMacbeth مدل Color-Eye A۷۰۰۰ برای اندازه‌گیری مشخصه‌های رنگی و روشنایی الیاف رنگ‌شده تحت منبع نوری D65 و زاویۀ مشاهده‌کنندۀ ۱۰ درجه و در فضای رنگی L* a* b* مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی-

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مدلGC-MSD ساخت شرکت Agilent Technologies و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا High Performance Liquid Chromatography (HPLC) مدل AZURA ساخت شرکت KNAUER آلمان برای اندازه‌گیری مواد مؤثر موجود در پسماند گلبرگ گل محمدی استفاده‌شده در گلاب‌گیری مورد استفاده قرار گرفت.

۳. مراحل آزمایش

در طراحی این آزمایش با توجه به محاسبات انجام‌شده L:R=1:40 در نظر گرفته شد که نسبت حجم مایع رنگرزی به وزن کالا[۳] نام دارد. در هر حمام رنگرزی با دندانه‌های فلزی مختلف، حجم کالا (الیاف مذکور) ۲ گرم در نظر گرفته و با توجه به آن مقدار اسید، دندانه و آب محاسبه شد. مابقی حجم حمام را ۳ درصد اسید اگزالیک، ۵ درصد دندانهٔ سولفات آلومینیوم، ۳۰ درصد رنگ‌زای مورد نظر و آب تشکیل داد. نخ پشمی مورد نظر برای سهولت در رنگرزی و از بین بردن آلودگی‌های آن، پیش از رنگرزی با شوینده شست‌وشو داده و آبگیری شد؛ سپس حمام‌های مورد نظر را آماده کرده، به‌مدت ۹۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای جوش (مطابق شکل ۲) قرار گرفت و به‌منظور یکنواختی در رنگرزی نیز هر ۱۵ دقیقه یک بار حمام به هم زده شد (رفیعی، ۱۴۰۱: ۱).

شکل ۲: منحنی رنگرزی نخ پشمی با رنگ‌زای حاصل از پسماند گل محمدی

در مرحلهٔ عصاره‌گیری رنگرزی، برای کاهش میزان خطای ناشی از میزان رنگ‌زای موجود در پسماند گلبرگ گل محمدی و افزایش بازده رنگی آن، عملیات استخراج مادهٔ رنگ‌زا با سه حلال آب، اتانول و متانول به‌منظور ارزیابی و انتخاب بهترین حلال (هم ازجهت قدرت و ثبات رنگی و هم خاصیت ضدباکتری) انجام شد؛ به این صورت که پسماند خشک و پودرشده از الک با مش ۴ عبور داده شد و سپس به‌منظور استخراج عصاره، از روش پرکولاسیون (خیساندن) استفاده شد. برای تهیهٔ عصارهٔ آبی گل محمدی برای رنگرزی ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۳ گرم پودر رنگ‌زا اضافه

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

گردید و به‌مدت ۲۴ ساعت بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. محلول مورد نظر برای حذف ذرات بزرگ‌تر دکانته و ذرات کوچک‌تر با عبور از صافی غشائی ۰/۴۵ µm حذف شدند. عصارهٔ حاصل تغلیظ گردید. عصاره‌های الکلی (اتانولی و متانولی) به روش برگشتی در دستگاه سوکسله تهیه شد. در این روش، اتانول و متانول به‌شیوهٔ برگشتی و به‌عنوان حلال تحت فشار کم در یک دستگاه چرخشی تبخیر گردید تا عصاره حاصل گردد. بخش اعظم حلال‌ها با استفاده از دستگاه تبخیرگردان چرخنده (روتاری) حذف شد. عصارهٔ تغلیظ‌شده در سطح پلیت‌های شیشه‌ای به‌صورت ورقهٔ نازک پخش و آن‌گاه به آون تحت خلأ با دمای ۲۵°C منتقل شدند تا باقی‌ماندهٔ حلال هم حذف گردد. به‌این‌ترتیب اثر کشندگی و ضدباکتریایی ذاتی حلال‌های اتانول و متانول در نتیجهٔ نهایی بی‌تأثیر می‌شود. پس از خشک شدن، عصاره‌ها به‌وسیلهٔ تیغهٔ فلزی از روی سطح پلیت‌های شیشه‌ای خراش داده و تا رسیدن به وزن ثابت خشک، در دسیکاتور قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری میزان مادهٔ استخراجی بازده استخراج، ابتدا وزن پلیت خالی محاسبه و سپس ۱ میلی‌لیتر از عصارهٔ آبی یا الکلی به پلیت اضافه گردید و در دمای اتاق خشک شد. بعد از خشک شدن، وزن پلیت حاوی عصارهٔ اندازه‌گیری و اختلاف وزن آن‌ها محاسبه شد. میانگین حاصل از ۳ تکرار به‌عنوان وزن خشک عصاره گزارش گردید (جدول ۱).

جدول ۱: تأثیر حلال‌های مختلف بر بازده استخراج رنگ‌زای گلبرگ گل محمدی

نوع حلال	درصد استخراج
آب	۴۸
اتانول	۶۴
متانول	۵۹

رنگرزی در L:R ذکرشده در حمام رنگرزی حاوی اگزالیک اسید، دندانهٔ آلومینیوم، عصاره‌های پسماند گل محمدی و در دمای ۱۰۰ °C در بن ماری به‌مدت ۹۰ دقیقه صورت گرفت (شکل ۲). در مرحلهٔ آزمایش خاصیت ضدباکتریال رنگ‌زای مذکور، ابتدا دو نوع میکروب اشرشیا کلی[۴] و استافیلو کوکوس اورئوس[۵] که منشأ عفونت بوده، انتخاب و سپس کشت میکروب انجام شد. برای این منظور ابتدا ظروف آزمایش در دمای ۱۲۱ °C اتوکلاو سترون شد؛ سپس حجم‌های یکسان از هر سوسپانسیون باکتریایی شامل 10^5 CFU/ml در لولهٔ آزمایش روی نمونه‌ها ریخته و در شرایط انکوباتور و در دمای ۳۷ °C و به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. پس از آن، با استفاده از پیپت پاستور، میزان یکسانی از هر باکتری و محیط کشت نوتیرنت آگار در داخل پلیت‌ها ریخته و با حرکت

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

دورانی کاملاً مخلوط شد. مقدار ۰/۰۳ گرم از نخ پشمی رنگرزی‌شده با رنگ‌زای مورد بحث در ۱۵۰۰ میکرولیتر سرم حاوی باکتری استافیلو کوکوس اورئوس و اشرشیا کلی به‌مدت ۲۴ ساعت شیک گردید و سپس با روش رقت‌سازی در پلیت‌های حاوی نوترینت آگار کشت داده شدند و سپس با دستگاه کلنی کانتر کلونی‌های شمارش گردید.

به‌منظور بررسی اثرات ضدباکتریایی عصاره‌های آبی و الکلی تهیه‌شده از گل محمدی از روش انتشار در آگار استفاده شد.در این روش مقدار ۲۰ µl از عصاره‌ها به دیسک‌های بلانک اضافه گردید. بعد از فروبردن سواپ استریل در محلول باکتری مد نظر، باکتری در تمام سطح پلیت حاوی محیط مولر هینتون آگار کشت داده شد. سپس با استفاده از پنس استریل دیسک‌های آغشته به عصاره‌های گل محمدی در سطح محیط کشت قرار گرفته و پلیت‌ها در دمای ۳۷ ºC به‌مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شد؛ پس از آن با استفاده از خط‌کش دقیق قطر هاله‌های عدم رشد برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. این روش آنالیز آنتی‌باکتریال تعیین قطر هالهٔ عدم رشد یا دیسک دیفیوژن[۶] نام دارد.

به‌منظور سنجش مواد سازندهٔ عصاره‌های رنگ‌زا فرایند استخراج و جداسازی برای استفاده در کروماتوگرافی به شرح زیر انجام شد: ۰/۵ گرم از رنگ‌زای خشک و پودرشده به‌مدت یک شب در ۲۵ میلی‌لیتر اتانول، متانول و آب (1:50, w/v) خیسانده و سپس عصاره‌ها فیلتر شدند. این روش دو بار دیگر با حلال تازه تا به دست آوردن فیلتر کافی تکرار شد؛ سپس عصاره‌ها با استفاده از اواپراتور چرخشی در دمای ۴۰ ºC تغلیظ شدند تا بقایای جامد به دست آید. درنهایت عصاره‌های خام به‌دست‌آمده با روش‌های HPLC و GC-Mass آنالیز شدند.

کمی‌سازی مادهٔ مؤثر گلبرگ محمدی (سیانیدین دی‌گلوکزید) در عصاره‌ها با استفاده از سیستم HPLC Infinity Agilent 1260 (ایالات متحدهٔ آمریکا) مجهز به پمپ انتقال حلال، گاززدا، نمونه‌گیری خودکار و Photo Diode Array detector انجام شد. برای ثبت کروماتوگرام از نرم‌افزار Chemstation استفاده شد. ستون zorbax C18 برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. فاز متحرک شامل حلال A (آب + ۰/۱٪ تری فلوئورواستیک اسید) و حلال B (استونیتریل + ۰/۱٪ TFA) استفاده شد.

۴. نتایج

در ابتدا، نخ پشمی رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی پسماند گل محمدی، برای بررسی مشخصه‌های رنگی ایجادشده به‌وسیلهٔ دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی مورد ارزیابی و

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

رنگ‌سنجی قرار گرفتند. در این مرحله پارامترهای رنگی a* و b* و L* که به‌ترتیب عبارت‌اند از میزان سبزیت یا قرمزی، میزان زردیت یا آبیت و درصد روشنایی الیاف رنگ‌شده، به‌وسیل. این دستگاه بررسی شد. نتایج در شکل ۳ قابل مشاهده است.

شکل ۳: تنالیته‌های رنگی ایجادشده بر روی پشم با: الف. عصارهٔ آبی، ب. عصارهٔ اتانولی و پ. عصارهٔ متانولی پسماند گل محمدی در حضور دندانهٔ آلومینیوم

مؤلفه‌های رنگی و منحنی انعکاس نمونه‌ها در بازهٔ ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر با فواصل ۱۰ نانومتری اندازه‌گیری و قدرت رنگی نمونه‌ها براساس معادلهٔ کیوبلکا مانک[۷] با تکنیک انعکاسی Perkin Elmer در λ_{max} (طول موج بیشینهٔ جذب ۴۰۰ نانومتر) براساس رابطهٔ زیر به دست آمد:

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

در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R کمترین مقدار انعکاس هر نمونه (بیشترین مقدار جذب) در محدودهٔ طول موج مرئی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. همچنین بیانگر بیشترین طول موج مختص به هر فام رنگی است که در محدودهٔ طول موج مرئی ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ظاهر می‌شود. قدرت رنگی پشم رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی رنگ‌زای مورد نظر به هر دو حالت گلبرگ و پسماند گلبرگ گل محمدی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: مقایسهٔ قدرت رنگی عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ و پسماندگل محمدی در طول موج ۴۰۰ نانومتر

نمونه	(K / S) پسماند گلبرگ محمدی	(K / S) گلبرگ محمدی	رنگ
پشم	۴/۳۶	۵/۲۶	عصارهٔ آبی
پشم	۱۱/۶۲	۱۱/۱۳	عصارهٔ اتانولی
پشم	۱۵/۴۶	۱۶/۰۲	عصارهٔ متانولی

میزان مشخصه‌های رنگی نخ پشمی رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی رنگ‌زای مذکور در جدول ۳ گزارش شده است. برای این منظور، ۱۰ نقطهٔ متفاوت از سطح رنگ‌شدهٔ هریک از نمونه‌ها به‌وسیلهٔ اسپکتروفوتومتر انعکاسی ارزیابی شدند و میانگین مشخصه‌های رنگی a*، b* و L* برای نمونه‌های ذکرشده در جدول ۳ قابل مشاهده است.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

جدول ۳: مقایسهٔ پارامترهای رنگی (L* b* a*) نخ پشمی رنگ‌شده با عصاره‌های پسماند گل محمدی

نمونه	رنگ	a* (میانگین)	b* (میانگین)	L* (میانگین)
پشم	عصارهٔ آبی	۰/۰۹	۵۳/۰۸	۸۱/۲۳
پشم	عصارهٔ اتانولی	۱/۴۰	۶۰/۲۹	۷۸/۵۱
پشم	عصارهٔ متانولی	۲/۶۰	۳۹/۰۲	۷۳/۳۳

برای اندازه‌گیری ثبات نوری، نخ پشمی رنگرزی‌شده با رنگ‌زای مستخرج از پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری، پس از شست‌وشو به‌مدت ۷۲ ساعت در دستگاه ثبات نوری قرار گرفته و ثبات نوری آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس اختلاف درصد روشنایی و رنگ نمونه‌های قرارگرفته در معرض نور با قسمت‌های پوشیده‌شده در برابر نور (نمونهٔ شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. پس از آن رنگ نمونه‌ها را مجدد به‌وسیلهٔ دستگاه سنجش رنگ مورد بررسی قرار داده و تغییرات درصد روشنایی آن‌ها بررسی و ثبات نوری به‌صورت کمی برطبق استاندارد ISO 105-B01: 2010 و به‌وسیلهٔ معیار آبی اندازه‌گیری و در جدول ۳ گزارش شد.

جدول ۳: مقایسهٔ روشنایی (L*) نمونه‌ها قبل و بعد از تابش نور برای تشخیص ثبات نوری

نمونه	رنگ	ثبات نوری	L^* قبل از تابش نور	L^* بعد از تابش نور
پشم	عصارهٔ آبی	۵-۴	۸۱/۲۳	۶۴/۳۲
پشم	عصارهٔ اتانولی	۵	۷۸/۵۱	۷۰/۱۳
پشم	عصارهٔ متانولی	۵-۴	۷۳/۳۳	۶۷/۷۳

برای تست خاصیت ضدباکتریایی الیاف رنگ‌شده، ابتدا دو نوع باکتری اشرشیا کلی و استافیلو کوکوس اورئوس که منشأ عفونت بوده، انتخاب شدند و مورد کشت قرار گرفتند. نتایج حاصل از کشت انواع میکروب‌ها روی تمام نمونه‌ها به‌صورت درصد بازداری و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است:

$$\text{Reduction rate } \% = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \qquad (۲)$$

A = تعداد کلنی باکتری اولیه؛

B = تعداد کلنی باکتری بعد از ۲۴ ساعت.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

بررسی تأثیر رنگ‌زای حاصل از پسماند گل محمدی بر روی درصد بازداری رشد باکتری برای دو باکتری مورد آزمایش قرار گرفته است. جدول ۴ خاصیت ضدباکتریایی عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی پسماند گل محمدی را به روش اندازه‌گیری میانگین قطر هالهٔ عدم رشد باکتری برای هر دو باکتری مد نظر نشان می‌دهد.

جدول ۵ درصد بازداری رشد محاسبه‌شده برای نخ پشمی رنگ‌شده با عصاره‌های مختلف رنگ‌زا و همچنین نمونهٔ شاهد (پشم بی‌رنگ عمل‌شده با دندانهٔ سولفات مضاعف آلومینیوم) گزارش می‌کند.

جدول ۴: میانگین قطر هالهٔ عدم رشد باکتری عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ گل محمدی

نوع باکتری	میانگین قطر هاله‌های عدم رشد عصارهٔ گلبرگ گل محمدی		
	عصارهٔ آبی	عصارهٔ متانولی	عصارهٔ اتانولی
S.areuse	۵ ± ۰/۱	۱۹ ± ۰/۱	۲۱ ± ۰/۱
E.coli	۴ ± ۰/۱	۱۷ ± ۰/۱	۲۰ ± ۰/۱

جدول ۵: درصد بازداری رشد میکروب S.areuse و E.coli برای نخ پشمی رنگ‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ گل محمدی

نوع باکتری	درصد بازداری از رشد باکتری در پشم رنگرزی‌شده با عصاره‌های مختلف گلبرگ گل محمدی			درصد بازداری نمونهٔ شاهد
	عصارهٔ آبی	عصارهٔ متانولی	عصارهٔ اتانولی	(پشم عمل‌شده با دندانه)
S.areuse	۷۲	۹۰	۸۴	۱۲
E.coli	۷۱	۸۵	۷۸	۱۱

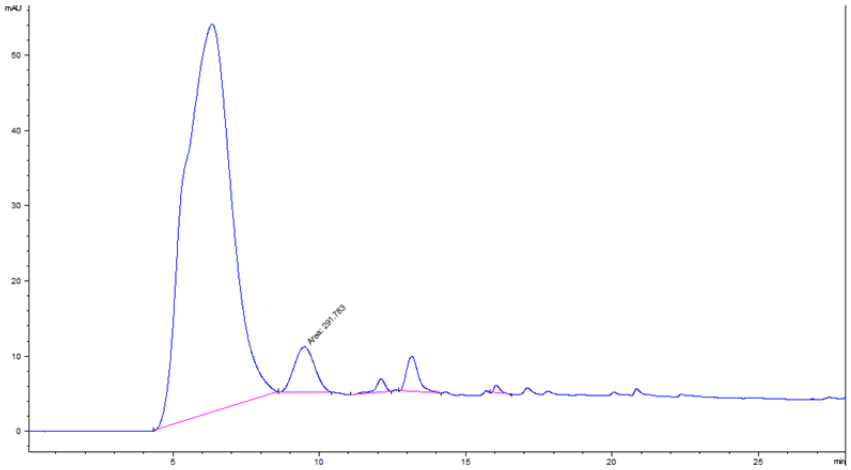
روش آنالیز GC-Mass تنها قادر به آنالیز موادی است که نسبتاً فرار بوده و در محدودهٔ ۳۵۰ـ۴۰۰°C از فشار بخار قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشد؛ و یا اینکه با افزایش سریع دما اجزای نمونه بدون آنکه تخریب و یا تجزیه شوند، تبخیر گردند. بنابراین بخش عمدهٔ مواد معدنی و بسیاری از مواد آلی دیرجوش را نمی‌توان توسط کروماتوگرافی گازی آنالیز نمود. برخی از مواد شناسایی‌شده به روش آنالیز GC-Mass در ساختار عصاره‌های مورد پژوهش در جدول ۵ قابل مشاهده هستند.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

جدول ۶: نتایج آنالیز GC عصارهٔ گل محمدی شامل نوع و درصد ترکیبات عمدهٔ آن

شماره	RT(min)	ترکیبات	درصد ٪	
			عصارهٔ اتانولی	عصارهٔ متانولی
۱	3 /716	phenylethyl alcohol	0/223	0/170
۲	17/816	Citronellol	13/601	12/879
۳	18/813	geraniol	33/07	30/90
۴	20/509	citronellol/geraniol	0/420	0/543
5	26/028	neral	14/450	15/307
6	26/949	cis rose oxide	0/980	0/976
7	27/059	citronellyl acetate	1/670	2/087
8	28/109	nonadecane	16/029	14/228
9	28/115	n-tricosane	1/133	1/163
10	31/041	n-heneicosane	5/585	5/123
11	34/334	tetradecanol	2/462	2/38
12	34/439	Octadecenoic acid	14/962	15/624

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، مادهٔ مؤثر سیانیدین دی‌گلوکزید (diglucoside cyanidin) به‌علت عدم فراریت (دمای جوش بالای ۵۵/۳۴۹ °C) به‌وسیلهٔ آنالیز GC-Mass شناسایی نشده؛ درحالی‌که این ماده و درصد آن در کروماتوگرافی HPLC شناسایی شده است. شکل ۴ کروماتوگرام حاصل از آنالیز HPLC عصارهٔ مستخرج از پسماند گلبرگ گل محمدی مورد استفاده برای رنگرزی الیاف طبیعی را نشان می‌دهد.



شکل ۴: کروماتوگرام HPLC آنتوسیانین‌های استخراج‌شده از عصارهٔ گلبرگ گل محمدی

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

آنالیز HPLC درمجموع تعداد ۴ آنتوسیانین، سیانیدین ۲- گلوکوزید، آنتوسیانین دلفینیدین۳- گلوکوزید، پلارگوئیدین و مالوینیدین در گلبرگ گل محمدی را نشان می‌دهد که پدیدآورندهٔ فام قرمز و خاصیت ضدباکتریال گلبرگ گل محمدی است که با گزارش‌های علمی مطابقت مطلوبی نشان می‌دهند (غلامی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱؛ Awale et al. 2011). جدول ۷ میزان آنتوسیانین‌های موجود در عصارهٔ آبی و الکلی پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری را نشان می‌دهد.

جدول ۷: محتوای آنتوسیانین‌های شناخته‌شده در عصاره‌های اتانولی، متانولی و آبی گلبرگ گل محمدی با آنالیز HPLC

	محتوای آنتوسیانینی عصاره‌های آبی و الکلی پسماند گل محمدی (**mg/L**)			
شماره	آنتوسیانین	عصارهٔ اتانولی	عصارهٔ متانولی	عصارهٔ آبی
۱	cyanidin 2-glucoside	۲۵/۹۱	۲۲/۴۹	۱۳/۳۵
۲	anthocyanin delphinidin 3-glucoside	۱/۳۱	۱/۴۷	۰/۲۱
۳	pelargoidin	۰/۸۷	۰/۳۳	۰/۱۱
۴	malvinidin	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۱۶

۵. بحث

قدرت رنگی پشم رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ اولیه و پسماند گلبرگ گل محمدی (جدول ۲) نشان می‌دهد که عصارهٔ متانولی رنگ‌زا قادر به ایجاد بیشترین قدرت رنگی بر روی الیاف پشم است که بیان‌کنندهٔ درصد بالای مادهٔ رنگ‌زا در این عصاره است که با نتایج سایر پژوهش‌های مشابه همخوانی دارد. علاوه‌بر این، مقایسهٔ قدرت رنگی گلبرگ اولیه و پسماند گلبرگ گل محمدی نشان می‌دهد که پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری نیز به‌اندازهٔ گلبرگ اولیه قدرت رنگی دارد؛ لذا استفاده از آن به‌عنوان رنگ‌زا به‌صرفه‌تر از گلبرگ اولیهٔ گل است. ازسویی دیگر، مقایسهٔ داده‌های جداول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که هرچه درصد روشنایی نمونهٔ رنگ‌شده بیشتر باشد، جذب رنگ آن کمتر بوده و از قدرت رنگی کمتری برخوردار است. این نتایج با تحقیقات قبلی مطابقت دارد (رفیعی، ۱۴۰۱: ۱).

ارزیابی‌های اسپکتروفوتومتری انعکاسی نمونه‌های رنگ‌شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که نخ پشمی رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و الکلی پسماند گلبرگ گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری میزان a* و b* مثبت داشتند که بیانگر ته‌رنگ قرمز و زرد نمونه‌های رنگ‌شده است که بیشترین ته‌رنگ قرمز متعلق به نمونهٔ رنگرزی‌شده با عصارهٔ متانولی رنگ‌زای مذکور است. نتایج عددی با

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

ارزیابی‌های کیفی بصری در کابینت نوری مطابقت دارد. ازسویی دیگر، برطبق ارزیابی‌های اسپکتروسکوپی انعکاسی، در هر دسته از الیاف رنگرزی‌شده، نمونه‌های رنگرزی‌شده با عصارهٔ آبی و متانولی رنگ‌زا به نسبت سایر رنگ‌زاها انعکاس بالاتری نشان می‌دهند که نشان از جذب رنگ کمتر این نمونه‌ها دارد. این نتیجه با یافته‌های سایر محققان همخوانی دارد (رفیعی، ۱۴۰۲؛ شاهپروری و بصام، ۱۳۹۰: ۶۱). مطابق داده‌های جدول ۵ نمونه‌های رنگرزی‌شده با عصارهٔ اتانولی رنگ‌زای مذکور نسبت به عصاره‌های آبی و متانولی پس از تابش نور رنگ پریدگی کمتر و ثبات نوری بیشتری داشته‌اند؛ ولی به‌طور کلی هر چهار نمونه از ثبات نوری قابل قبولی برخوردار بودند.

جدول ۴ مقایسهٔ خاصیت ضدباکتریایی عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی عصارهٔ گلبرگ گل محمدی را به روش اندازه‌گیری قطر هالهٔ عدم رشد باکتری‌های S.areuse و E.coli نشان می‌دهد که در این روش قطر هالهٔ اندازه‌گیری‌شده ارتباط مستقیمی با رفتار میکروب‌کشی مادهٔ مذکور دارد. بدین صورت که هرچه این مقدار بیشتر باشد، عصاره در حذف باکتری و ممانعت برای رشد آن موفق‌تر عمل کرده است. براساس داده‌های گزارش‌شده در جدول ۴، عصاره‌های الکلی گلبرگ گل محمدی، به‌ویژه عصارهٔ اتانولی آن، قدرت ضدباکتریایی بیشتری از خود نشان می‌دهند. این نتیجه با تحقیقات غلامی و همکاران مطابقت دارد و نشان‌دهندهٔ وجود مقادیر بالاتر ترکیبات مؤثر فنولی و فنالوئیدی در این عصاره است (غلامی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱).

جدول ۵ درصد بازداری رشد باکتری‌های S.areuse و E.coli در نخ پشمی رنگرزی‌شده با عصاره‌های مختلف رنگ‌زای مذکور را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه تمام عصاره‌های مورد استفاده خاصیت ضدباکتری مناسبی به نخ پشمی بخشیده‌اند، پشم رنگرزی‌شده با عصارهٔ اتانولی درصد بازداری قابل توجهی را برای هر دو نوع باکتری نشان می‌دهند که یکی از دلایل این امر محتوای آنتوسیانینی بیشتر این عصاره است (جدول ۷). علاوه‌بر این، تحقیقات نشان داده است که ترکیبات سیترونلال، سیترونلول، جرانیال، جرانیول، نرال و نرول موجود در عصاره این گیاه نیز در ایجاد و ثبات خاصیت ضدباکتری مؤثر هستند (Halawani, 2014: 2359). نتایج حاصل از آنالیز GC-Mass صورت‌گرفته در این پژوهش (جدول ۵) وجود این ترکیبات را در عصاره‌های رنگی گلبرگ گل محمدی اثبات می‌کند؛ لذا مقادیر بالاتر این ترکیبات در عصارهٔ اتانولی گلبرگ گل محمدی مؤید بالاتر بودن قابلیت حذف باکتری در این عصاره است.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

همان‌گونه که نتایج حاصل از آنالیزهای HPLC و GC-Mass نشان می‌دهد، تحت شرایط در نظر گرفته‌شده در این پژوهش، عصاره‌های رنگی مستخرج از پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری، علاوه‌بر دارا بودن مادهٔ مؤثر آنتوسیانینی ازجمله سیانیدین دی‌گلوکزید، دارای متابولیت‌های ثانویه‌ای چون ترکیبات فنلی، فلانوئیدی و تانن‌هاست. این ترکیبات به‌دلیل برخورداری از گروه‌های فنلی در ساختار خود می‌توانند اثرات ضدمیکروبی قابل ملاحظه‌ای را روی طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها به وجود آورند.

اثر ضدمیکروبی عصاره‌های گیاهی را می‌توان به ترکیبات زیست‌فعال موجود در آن‌ها نسبت داد. این ترکیبات قادر به اتصال به سطح سلولی و نفوذ به لایه‌های فسفولیپیدی غشای سلولی هستند. ازدیاد و انباشته شدن این ترکیبات در سلول منجر به اختلال در یکپارچگی سلول و به‌دنبال آن تأثیر بر متابولیسم و درنهایت مرگ سلول باکتری می‌شود. در مطالعات مختلف اثر ضدمیکروبی عصاره‌های مختلف گل محمدی با حلال‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است؛ برای مثال، غلامی و همکاران خاصیت ضدمیکروبی عصاره‌های این گیاه را به روش MIC بر روی باکتری گرم منفی اشرشیا کلی ارزیابی کرده‌اند که نتایج مناسبی را ارائه دادند. هالوانی نیز در تحقیقات خود در مورد حذف باکتری‌های اشرشیا کلی و پسودوموناس آئرژینوزا، نتایج مشابهی را با این پژوهش به دست آوردند و نشان دادند که عصاره‌های اتانولی، آبی و متانولی گل محمدی دارای خاصیت ضدمیکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی است و بیشترین خاصیت ضدمیکروبی متعلق به عصارهٔ اتانولی این گیاه است (Halawani, 2014). شهیب و همکاران در پژوهشی روی اثرات ضدمیکروبی و ضدقارچی گیاه گل محمدی کار کردند که نتایج پژوهش، همانند پژوهش جاری، نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر باکتری‌های گرم مثبت در مقایسه با باکتری‌های گرم منفی نسبت به عصارهٔ گل محمدی بود (شهیب و همکاران، ۲۰۱۴). مانکر در تحقیقی دیگر اثرهای ضدمیکروبی گونه‌های مختلف گل رز را بررسی و اثبات کرد (مانکر و همکاران، ۲۰۱۵)؛ اما همان‌گونه که قبلاً نیز به آن اشاره شد، اغلب این پژوهش‌ها خواص ضدمیکروبی عصارهٔ گلبرگ گل محمدی را ارزیابی کردند و تحقیقات بسیار محدودی به مطالعهٔ خواص ضدباکتریایی پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری پرداخته است؛ برای مثال، خراسانی و همکاران خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدکپکی اسانس پسماند حاصل از گلاب‌گیری را با روش رقت سریالی اندازه‌گیری و درصد رشد بازداری آن را برای دو باکتری استافیلو کوکوس اورئوس و باسیلیوس سوبتیلیس گزارش کرده‌اند

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

که نتایج با تحقیقات این پژوهش مطابقت دارد (خراسانی و شهدادی، ۱۴۰۱).

محققان بسیاری وجود ترکیبات زیست‌فعال مختلف ازجمله فلاونوئیدها را عامل فعالیت ضدمیکروبی این عصاره بیان کرده‌اند. برخی از تحقیقات نیز اثبات کرده‌اند که گل محمدی به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از تیمول و کارواکرول، قدرت زیادی در مهار پاتوژن‌های گیاهی از قارچ‌ها و باکتری‌های مولد بیماری‌ها از خود نشان می‌دهند (Ozkan et al. 2004).

ازطرفی تحقیقات نشان داده است که ترکیبات فنلی قادر به کراسلینک، انعقاد و تجمع یاخته‌های باکتری هستند. علاوه‌بر این، آن‌ها می‌توانند با گروه‌های سولفیدریل پروتئین‌ها واکنش داده، با ترشحات پروتئین باکتری تداخل کرده، درنهایت منجر به غیرقابل دسترس شدن بسترها برای میکروارگانیسم‌ها شوند. ازطرف دیگر پیوند میان تانن‌ها با پروتئین‌های موجود در باکتری‌ها منجر به تشکیل کمپلکس‌های پایداری می‌گردد که صورت‌بندی ساختار باکتری‌ها را تغییر داده، از تکثیر باکتری‌ها جلوگیری می‌کند. ازسویی دیگر، وجود گروه‌های کربوکسیل در اسیدهای آمینهٔ آسپارتیک و گلوتامین موجود در ماکرومولکول‌های پروتئینی سازندهٔ الیاف پشم و ابریشم، امکان اتصال مواد ضدمیکروبی، ضدقارچ و ضدبید را در این منسوجات افزایش می‌دهد (Freddi et al., 2001; HeeYeon et al., 2007).

همچنین نتایج نشان می‌دهند که تحت شرایط در نظر گرفته‌شده در این پژوهش، فعالیت ضدباکتری عصاره‌های گلبرگ گل محمدی در مقابل باکتری گرم مثبت استافیلو کوکوس اورئوس بیشتر از باکتری گرم منفی اشرشیا کلی است. علت این موضوع را می‌توان به تفاوت‌های موجود در ساختار سلول باکتری‌های گرم مثبت و منفی مربوط دانست. دیوارهٔ سلولی در باکتری‌های گرم مثبت به‌طور کامل از پلیگلایکوژن پپتیدی تشکیل شده است که این لایه به مولکول‌های خارجی اجازه می‌دهد تا به‌راحتی وارد سلول شوند. این درحالی است که دیوارهٔ سلولی باکتری‌های گرم منفی دولایه بوده و دارای یک غشای بیرونی متشکل از لیپوپلیساکارید، لیپوپروتئین و فسفولیپیدها هستند که به‌عنوان یک سد در برابر مولکول‌های خارجی عمل می‌کند.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله به مقایسهٔ مشخصه‌های رنگی و خاصیت ضدباکتریایی نخ پشمی رنگرزی‌شده با عصاره‌های آبی و پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری پرداخته شد. در این پژوهش، از انحلال این رنگزا در حلال‌های ذکرشده، عصاره‌هایی با قابلیت رنگ‌دهی متفاوتی از این گیاه

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

ایجاد شد. عصارهٔ متانولی گلبرگ اولیه و پسماند گل محمدی بیشترین قدرت رنگی را ایجاد کرد؛ ازسویی دیگر نتایج نشان داد که قدرت رنگی پسماند گل محمدی تفاوت چندانی با گلبرگ اولیه ندارد و استفاده از آن به‌عنوان رنگ‌زای طبیعی مقرون‌به‌صرفه‌تر است.

علاوه‌بر این، بررسی‌های اسپکتروفوتومتری نمونه‌های رنگ‌شده نشان داد که تمام رنگ‌زاهای مورد استفاده مقادیر *a و *b را در بازهٔ مثبت نشان می‌دهد که نشان از وجود ته‌رنگ قرمز و زرد نمونه‌های رنگ‌شده دارد. نتایج حاصل از ارزیابی ثبات نوری نشان داد که با توجه به اینکه رنگ‌زاهای آنتوسیانینی عموماً ثبات‌های بالایی از خود نشان نمی‌دهند، الیاف رنگ‌شده با هر نوع عصارهٔ رنگ‌زا، از ثبات نوری متوسطی برخوردارند. یافته‌های این مطالعه استفاده از رنگ‌زای مستخرج از پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری را به‌عنوان یک مادهٔ رنگ‌زای ضدباکتری مناسب بر روی الیاف طبیعی پیشنهاد می‌کند و همچنین به نظر می‌رسد که این رنگ‌زای طبیعی می‌تواند عامل امیدبخش در پیشگیری و درمان بیماری‌های عفونی ناشی از باکترهای مورد آزمایش E.coli و S.areuse باشد. دلیل این امر این است که عصارهٔ گل محمدی علاوه‌بر دارا بودن مادهٔ مؤثر سیانیدین دی‌گلوکزید دارای متابولیت‌های ثانویه‌ای چون ترکیبات فنلی، فلانوئیدی و تانن‌هاست که توسط آنالیزهای فیتوشیمیایی انجام‌گرفته در این پژوهش، وجود آن‌ها اثبات گردید. نکتهٔ دیگر اینکه رنگ‌زای مورد نظر در حذف باکتری گرم مثبت S.areuse نسبت به باکتری گرم منفی E.coli قوی‌تر عمل کرده که دلیل آن تفاوت‌های موجود در ساختار سلول باکتری‌های گرم مثبت و منفی مربوط و آسان‌تر بودن نفوذ به غشای سلولی آن است. ازسویی دیگر، به نظر می‌رسد حلال اتانول در عصاره‌گیری پسماند گل محمدی در ایجاد درخشندگی، ثبات نوری و اثر ضدباکتری، از بقیهٔ حلال‌های مورد آزمایش قوی‌تر عمل کرده است.

با توجه به اینکه آزمایش‌های انجام‌شده در حضور یک دندانهٔ ثابت (دندانهٔ آلومینیوم یا زاج سفید) و با غلظت‌های مساوی از عصاره‌های آبی و الکلی رنگ‌زای مذکور انجام شده است، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثر دندانه‌های مختلف معدنی و گیاهی، تغییرات غلظت رنگ‌زا و اثر حلال‌های دیگر نیز بر مشخصه‌های رنگی و خاصیت ضدباکتری الیاف طبیعی بررسی شود. با توجه به خاصیت ضدباکتری قابل توجه ایجادشده در الیاف طبیعی رنگ‌شده با پسماند گل محمدی در این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد که اثر مهارکنندگی عصاره‌های آن روی سایر باکتری‌های مضر نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

سپاسگزاری

نویسنده از همکاری و حمایت مادی و معنوی دانشگاه هنر شیراز که امکان انجام این پژوهش را فراهم کردند، سپاسگزاری می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

1. Cyanidin
2. Anthocyanin
3. Liquor Ratio
4. Escherichia coli
5. Staphylococcus aureus
6. Disk diffusion
7. Kublka-Munk

منابع

برزوئی، ناهید، و اکبری، احمد. (۱۳۹۴). «بهینه‌سازی رنگ زرد حاصل از رنگ‌زای گلبرگ گل محمدی و بررسی ثبات شست‌وشویی کالای پشمی»، *دهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران*، اصفهان.

جهانشاهی افشار، ویکتوریا. (۱۳۷۵). *فرایند و روش‌های رنگرزی الیاف با مواد طبیعی*، تهران: انتشارات دانشگاه هنر.

خراسانی، سپیده، و شهدادی، فاطمه. (۱۴۰۱). «بررسی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدکپکی اسانس تفالهٔ حاصل از گلاب‌گیری گل محمدی علیه برخی باکتری‌ها و کپک‌ها». *علوم غذایی و تغذیه*، شمارهٔ ۱۹، ۳۱ـ۳۸.

رفیعی، سعیده. (۱۴۰۱). «رنگرزی الیاف طبیعی ابریشم با رنگ طبیعی استخراج‌شده از بخش های مختلف گیاه فیکوس یوهانیس بویس». *علوم و فناوری نساجی و پوشاک*، ۱۱(۲)، ۱ـ۱۷.

رفیعی، سعیده. (۱۴۰۲). «ارزیابی مشخصه های رنگی و خصوصیات ضدباکتریایی الیاف پشم و ابریشم رنگ‌شده با رنگ‌زای حنا و عصاره‌های آن». *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۹(۴)، ۶۵۵ـ۶۷۲.

سفیدکن، فاطمه، اکبری، زهرا، عصاره، محمدحسن، و بخشی خانیکی، غلامرضا. (۱۳۸۵). «مقایسهٔ کمیت و کیفیت ترکیب‌های معطر Rosa damascena Mill. حاصل از روش‌های مختلف استخراج». *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۲(۴)، ۳۵۱ـ۳۶۵.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

صوراسرافیل، شیرین. (۱۳۷۸). *رنگ‌های ایرانی*. تهران: مؤسسهٔ تحقیقات فرش دست‌باف.

شاهپروری، محمدرضا، و بصام، سید جلال‌الدین. (۱۳۹۰). «رنگرزی نخ پشمی با پسماند گل محمدی حاصل از گلاب‌گیری و مقایسهٔ آن با رنگ‌زای پوست انار». نشریهٔ علمی *گلجام*، ۷(۱۹)، ۶۱ـ۷۴.

شمس ناتری، علی، صابری مطلق، محمود، و اکرامی، احسان. (۱۳۸۶الف). «رنگرزی کالای پشمی با رنگ‌زای گل محمدی (گل سرخ)»، *دومین سمینار تحقیقات ملی فرش دست‌باف*.

شمس ناتری، علی، و ویسیان، سید محمد. (۱۴۰۰). «گذشته، حال و آیندهٔ کاربرد مواد رنگ‌زای طبیعی در فرش دست‌باف». *مطالعات در دنیای رنگ*، نشریه ویژهٔ فرش و رنگ، ۱۱(۲)، ۳۳ـ۴۲.

شمس ناتری، علی، اکرامی، احسان، امیرعلیان، نسیم، و رئیسی، فاطمه. (۱۳۸۶ب). «نگاهی به روند تحولات در کاربرد و خواص مواد رنگ‌زای طبیعی»، *دومین سمینار ملی تحقیقات فرش دست‌باف*.

صادقیان، علی، رخشنده، حسن، و صادقیان، حمید. (۱۳۸۶). «اثرات ضد باکتریایی عصارهٔ گل محمدی». *کنگرهٔ فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران*. SID. https://sid.ir/paper/807535/fa

غلامی، سپیده، رحیم‌پور جهانی، هدیه، بخش‌آبادی، ندا، و بشارتی، رضا. (۱۳۹۸). «بررسی اثر ضدمیکروبی عصاره‌های مختلف گل محمدی (Rosa damascena) بر باکتری اشرشیا کلی». *مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی*، ۱۱(۳)، ۱ـ۴.

کافی، محسن، و ریاضی، یحیی. (۱۳۸۰). *پرورش گل محمدی و تولید گلاب*. تهران: نشر پرچین.

محمدی، شادیه، حسینی، پریا، و فیضی، شادی. (۱۳۹۸). «بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌بیوتیکی اسانس گل محمدی». *دومین کنگرهٔ سالیانهٔ کشوری دانشجویی طبری و بیست‌ودومین کنگرهٔ سالیانهٔ کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ساری.

منتظر، مجید، ویسیان، محمد، و حیدری گلفزانی، محمدابراهیم. (۱۳۸۸). *طبیعت‌گرایی در رنگرزی الیاف پروتئینی (پشم و ابریشم)*، مرکز ملی فرش ایران.

Ahmadi, Z., & Gholami Houjeghan, F. (2022). Assessment of antibacterial, antimicrobial, and colorimetric properties of cotton and woolen yarns dyed with some plants extracts. *Textile & Leather Review*, 5, 463-483.

Awale S, Tohda C, Tezuka Y, Miyazaki M, Kadota S. (2011), Protective Effects of Rosa damascena and Its Active Constituent on Abeta (25-35)-Induced Neuritic Atrophy. Evid Based Complement Alternat.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

Halawani, E. M. (2014). Antimicrobial activity of Rosa damascena petals extracts and chemical composition by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) analysis. *African Journal of Microbiology Research*, *24*, 2359–2367.

Hee Yeon, K., Jong Hoon, K., Soon Chul, K., & Sung Hoon, J., A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver. *Journal of Materials Science*, *42*, 8020–8024.

Freddi, G., Arai, T., Colonna, G. M., Boschi, A., & Tsukada, M. (2001). "Binding of Metal Cations to Chemically Modified Wool and Antimicrobial Properties of the Wool-Metal Complexes", *Applied Polymer Science*, *82*, 3513-3519.

Ozkan, G., Sagdiç, O., Baydar, N.G. & Baydar, H. (2004). Antioxidant and Antibacterial Activities of Rosa Damascena Flower Extracts. *Food Science and Technology International*, *10*(4), 24-32.

Salman, M., Fazal-ur-Rehman, Adeel S., Habib, N., Batool, F., Usama, M., Iqbal, F., Fatima, A. (2023). Extraction of Anthocyanin from Rose Petals for Coloration of Biomordanted Wool Fabric. *Coatings*. *13*(3), 623.

Shindler, WD., (2004). *Chemical finishing of textiles*. Kamali Moghadam. S., Arkan Danesh publication, Tehran.

Shohayeb, M., Abdel-Hameed, E-SS., Bazaid, S.A., Maghrabi, I. (2014). Antibacterial and antifungal activity of Rosa damascena MILL. essential oil, different extracts of rose petals. *Global J Pharmacol*., *8*(1), 1-7.

Mankar, S. (2015). Screening of Antibacterial Activity of Rose Varieties against Bacterial Pathogens. *Int J Life Sci*., *3*(1), 99-104.

Yassa, N., Masoomi, F., RohaniRankouhi, S. E. & Hadjiakhoondi, A. (2009). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Extract and Essential oil of Rosa damascena from Iran, *Population of Guilan. DARU*, *17*(3), 175-161.

References

Ahmadi, Z., G. & Houjeghan, F. (2022). Assessment of antibacterial, antimicrobial, and colorimetric properties of cotton and woolen yarns dyed with some plants extracts, Textile & Leather Review., 463-483.

Awale, S., Tohda, C., Tezuka, Y., Miyazaki, M., & Kadota, S. (2011). Protective Effects of Rosa damascena and Its Active Constituent on Abeta (25-35)-Induced Neuritic Atrophy. Evid Based Complement Alternat.

Barzoui, N., & Akbari, A., (2014). Optimization of yellow color obtained from the dye of rose petals and checking the washing fastness of woolen goods. *10th National Conference of Textile Engineering of Iran*, Isfahan. [In Persian].

Freddi, G., Arai, T. Colonna, G. M., Boschi, A., & Tsukada, M. (2001). Binding of Metal Cations to Chemically Modified Wool and Antimicrobial Properties of the Wool-Metal Complexes. *Applied Polymer Science*. 82, 3513-3519.

Gholami, S., Rahimpour Jahani, H., Bakhshabadi, N., & Besharati, R. (2019) Antimicrobial Effect of different Extracts of Rosa damascena on E. coli. *North Khorasan University of Medical Science*s, 11 (3) :1-4.[In Persian].

Halawani, E. M. (2014). Antimicrobial activity of Rosa damascene petals extracts and chemical composition by gas chromatography-mass spectrometry

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

(GC/MS) analysis. *African Journal of Microbiology Research*, 24: 2359–2367.

Hee Yeon. K., Jong Hoon. K., Soon Chul. K., & Sung Hoon. J., A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver. *Journal of Materials Science*, 42, 8020–8024.

Jahanshahi Afshar, V., (1996). *The process and methods of dyeing fibers with natural materials*. Tehran: University of Art Publications.

Kafi, M., & Raami, Y. (2001). *Cultivation of roses and production of roses*. Tehran: Parchin Publishing.

Khorasani, S., & Shahdadi, F., (1401). Investigation of the antioxidant, antibacterial and antifungal compounds of the essential oil obtained from the extract of rosehip against some bacteria and molds. *Food Sciences and Nutrition*, No. 19: 31-38.

Montazer, M., Visian, M., & Heydari Golfzani, M., (2009). Naturalism in the dyeing of protein fibers (wool and silk), National Carpet Center of Iran.[In Persian].

Ozkan, G., Sagdiç, O., Baydar, N.G. & Baydar, H. (2004). Antioxidant and Antibacterial Activities of Rosa Damascena Flower Extracts. *Food Science and Technology International*, 10(4): 24-32.

Rafiei, S. (2022). Dyeing of silk fibers with natural dye extracted from different parts of Ficus Johannis Boiss plant. *Journal of Textile Science and Technology*, *11*(2), 1-17.[In Persian].

Rafiei, S. (2023). Evaluation of color characteristics and antibacterial properties of wool and silk fibers dyed with henna (Lawsonia inermis L.) dye and its extracts. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *39*(4), 655-672. [In Persian]

Sadeghian, A., Rakhshhandeh, H., & Sadeghian, H. (2007). Antibacterial effects of rosehip extract. *Congress of Physiology and Pharmacology of Iran*. [In Persian].

Salman, M., Fazal-ur-Rehman, Adeel S., Habib, N., Batool, F., Usama, M., Iqbal, F., & Fatima, A. (2023). Extraction of Anthocyanin from Rose Petals for Coloration of Biomordanted Wool Fabric. *Coatings*. 13(3): 623.

Sefidkon, F., Akbari, Z., Assareh, M., & Bakhshi Khaniki, G. (2007). Comparison of Quantity and Quality of Aromatic Compounds from Rosa damascena Mill. by Different Extraction Methods. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *22*(4), 351-365. [In Persian].

Shahparvari M. R, & Bassam S. J. (2011). Dying of Wool Fiber Using Damask Rose Residue Obtained from Process of Rose Water Extraction and Comparing It with Pomegranate Colorant. *Goljaam*, *7*(19) :61-74. [In Persian].

Shams Natri, A., & Visian, M., (2021). The past, present and future of the use of natural dyes in handwoven carpets. *Studies in the world of color, Farsh and Rang special publication*, 11 (2): 42-33. [In Persian].

Shams Natri, A., Akrami, E., Amiralian, N., & Raisi, F.. (2007). Looking at the trend of developments in the use and properties of natural dyes. *the second national seminar on handwoven carpet research*. [In Persian].

Shams Natri, A., Saberi Mutlaq, M., & Ekrami, E.. (2007). Dyeing of woolen goods with rose flower dye. *the second national handwoven carpet research seminar*. [In Persian].

Shindler, WD., (2004). *Chemical finishing of textiles*. Kamali Moghadam. S., Arkan Danesh publication, Tehran.

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

Shohayeb, M., Abdel-Hameed, E-SS., Bazaid, S.A., & Maghrabi, I. (2014). Antibacterial and antifungal activity of Rosa damascena MILL. essential oil, different extracts of rose petals. *Global J Pharmacol*., 8(1): 1-7.

Surasrafil Shirin (1999). *Iranian colors*. Tehran: Handwoven Carpet Research Institute.[In Persian].

Mankar, S. (2015). Screening of Antibacterial Activity of Rose Varieties against Bacterial Pathogens. *Int J Life Sci*., 3(1): 99-104.

Mohammadi, Sh., Hosseini, P., & Faizi, Sh. (2018). Investigation of antioxidant and antibiotic properties of rose essential oil. *The 2nd Annual Tabari National Student Congress and the 22nd Annual Congress of the Student Research Committee of Mazandaran University of Medical Sciences*, Sari. [In Persian].

Yassa, N., Masoomi, F., RohaniRankouhi, S. E. & Hadjiakhoondi, A. (2009). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Extract and Essential oil of Rosa damascena from Iran. *Population of Guilan. DARU*, 17(3): 175-161.

Investigating the Antibacterial Properties of Woolen Yarn Dyed with Rosa Damascene Mill Residue Obtained from Kashan Rose Extract

Saeedeh Rafiei
Assistant Professor of Carpet Department, Faculty of Applied Arts, Shiraz University of Arts, Shiraz, Iran; s_rafiei@shirazartu.ac.ir

Received: 23/09/2023
Accepted: 08/01/2024

Introduction

Natural dyes are a group of dyes with high fastness with plant and animal sources which play effective roles in traditional dyeing. Eco-friendly nature, beautiful and attractive colors, and economic issues have resulted in the significance of using natural dyes, in spite of the production of various chemical dyes. One of the most important problems in using natural dyes instead of harmful chemical dyes is the huelimitation and sometimes the high cost of dyeing plants. Rosa damascene mill residue is a waste material that is produced and disposed of in a large volume during rose gleaning operations, which costs significantly for the rose gleaning industry of Kashan. Furthermore, the surface of textiles with natural fibers, including hand-woven carpets, in the presence of moisture and heat, is exposed to the growth and proliferation of bacteria, and this leads to problems in the durability, appearance and hygiene of the goods. In this research, in addition to evaluating the color characteristics and light fastness of wool dyed with aqueous and alcoholic extract of

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

the rose water residue, the comparison of their antibacterial effects on two *Gram-positive Staphylococcus aureus* and *Gram-negative Escherichia coli* bacteria has also been investigated.

Materials and Methods

Rosa damascene mill residue, obtained from Kashan damask rose essential water extraction, was used as a dye. In addition, Iranian woolen yarn with a 4.5 metric number and 65 twists per meter were applied. Considering that the extraction of the effective substance in plants depends on the type of solvent used, three different solvents--water, ethanol, and methanol--were used to prepare rose petal extract; the aforementioned fibers were dyed with the extracted dyes using the simultaneous mordant method with the Aluminum and potassium double sulfate. Aqueous and alcoholic extracts were prepared by percolation and return methods in Soxhlet apparatus, respectively. For this purpose, dyeing bath with L: R=1:50 containing natural fibers, 3% oxalic acid, 5% dentate and 30% dye was used. The dyeing processes for both baths continued for 90 minutes in Bain Marie device. Color parameters (a*, b*, L*), color strength (K/S), the reflectance spectrum (R) were performed by spectro-photometric method, and the antibacterial property of each dyed fiber was evaluated with aqueous, ethanolic, and methanolic dye extracts. On the other hand, the lightingfastness of the dyed fibers was measured according to the 2010 ISO 105-B01 standard by the blue standard. To measure the antibacterial property, 0.03 grams of each of fibers dyed with the desired dyes were soaked in 1500 microliters of serum containing Staphylococcus aureus and Escherichia coli bacteria for 24 hours. Then, by dilution method in plates, Nutrient agar was cultured and colonies were counted. Quantification of the active substance of rosa damascene mill residue (cyaniding diglucoside) in the extracts was done using HPLC analysis.

Results and Findings

The reflective spectro-photometric evaluations of the samples showed that the woolen yarn dyed with the aqueous and alcoholic extracts of the rose petals, obtained from rose extract, had positive a* and b* levels, which indicated the red and yellow undertones of the dyed samples. Among these, the reddest tone belonged to the sample dyed with the methanolic extract of the mentioned dye. The numerical results agree with the visual qualitative evaluations in the optical cabinet. The evaluation of the color strength of wool dyed with aqueous and alcoholic extracts of primary petals and the rose petals residue showed that the methanol extract of the dye could create the highest color strength on the wool fibers, which indicated the high percentage of the dye in this extract. In addition, the comparison of the color strength of the primary petal and the residue of the rose flower showed that the rose flower residue obtained from rose essential water extraction had the same color strength as the primary petal. Therefore, using it as a dye was more economical than the first flower petal. The evaluation of lighting fastness showed that the samples dyed with the ethanolic extract of the mentioned dyes had less paleness and more lighting fastness after light irradiation than the aqueous and methanolic extracts. However, in general, all four samples had acceptable lighting fastness. Antibacterial properties of aqueous, ethanolic and methanolic extracts of rose flower residue were measured by

10.22052/KASHAN.2024.253621.1094

measuring the average diameter of the no-growth halo for two types of bacteria, Escherichia coli and Staphylococcus aureus. The results showed that the alcoholic extracts of rose petals, especially its ethanolic extract, showed more antibacterial power, which indicated the presence of higher amounts of effective phenolic and phenolic compounds in this extract. In addition, the calculation of the inhibition percentage of the growth of bacteria on the dyed fibers showed that although all the extracts used provided good antibacterial properties to the woolen yarn, the wool dyed with the ethanolic extract showed a significant inhibition percentage for both types of bacteria, because of the higher anthocyanin content of this extract. HPLC analysis showed a total number of four different anthocyanins: cyanidin 2-glucoside, anthocyanin delphinidin 3-glucoside, pelargoidin and malvinidin in rose petals, which were responsible for the red color and antibacterial properties of rose petals, which are in good agreement with scientific reports.

Conclusion

In this article, the comparison of the color characteristics and antibacterial properties of woolen yarn dyed with aqueous and alcoholic extracts of rosehip waste, obtained from rose water, was discussed. Spectro-photometric evaluations of the samples dyed with the waste extracts of the rose flower and the primary petal confirmed the red and yellow tones created. Also, the color strength of these two dyes did not show significant difference. Although anthocyanin dyes generally do not show high fastness, the light fastness of dyed samples with dye extracts was acceptable. The findings of this study suggest the use of the dye extracted from the waste of rose water as a suitable antibacterial dye on natural fibers, which can be effective in preventing and treating infectious diseases caused by Escherichia coli and Staphylococcus aureus bacteria. The reason for this is the presence of significant amounts of cyanidin diglucoside and phenolic compounds, flavonoids and tannins, which were proven by the phytochemical analyses carried out in this research.

Keywords: natural dyeing, wool, rosa damascene residue, antibacterial properties, cyanidin diglucoside.