رنگرزی کالای پشمی با میخک و بررسی خواص ضدباکتری و محافظت در برابر امواج فرابنفش

فاطمه رجبی[۱]، وحید باباحمدی[۱]، سارا نوری[۲]

[۱] گروه مهندسی مواد و نساجی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[۲] شرکت ئه وین رنگ، ساختمان فناوری، شهرک صنعتی بیستون، کرمانشاه، ایران
v.babaahmadi@razi.ac.ir

چکیده

امروزه رنگرزی منسوجات با استفاده از مواد رنگزای طبیعی در جهت حفظ محیط‌زیست، از طریق کاهش استفاده از مواد رنگزای سنتزی و مواد کمکی شیمیایی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق، ویژگی‌ها و پارامترهای رنگرزی نخ پشمی با رنگزای طبیعی میخک از جمله نوع دندانه، غلظت دندانه و غلظت رنگزا مورد بررسی قرار گرفته است. قدرت رنگی (K/S) و توابع رنگی L*a*b* با استفاده از کالریمتر اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج نشان داد که، نمونه‌های دارای دندانه مس و آلومینیوم دارای روشنایی (L*) بیشتر و نمونه‌های رنگرزی شده با آهن تیره‌تر هستند. نتایج مربوط به اثر محافظت در برابر امواج فرابنفش نمونه‌های رنگرزی شده با میخک نشان دهنده اثر مطلوب روی کاهش تخریب نوری رنگزای متیلن بلو زیر نور خورشید است. نتایج فعالیت ضدباکتری کالای رنگرزی شده با میخک نیز نشان دهنده رفتار مناسب در برابر باکتری استافیلوکوک اورئوس (۹۵٪) است. همچنین نتایج ثبات شستشویی نمونه‌های رنگرزی شده نشان دهنده پایداری بالا میخک روی پشم در حضور دندانه است.

واژه کلیدی: رنگزاهای طبیعی، میخک، ضدباکتری، دندانه، پشم

Dyeing of wool yarns with clove and investigation of antibacterial and ultraviolet protection properties

Fatemeh Rajabi[1], Vahid Babaahmadi[1,*], Sara Nouri[2]

[1]Materials and Textile Engineering Department, Faculty of Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

[1]Evinrang Company, Bisotoon Industrial Town, Kermanshah, Iran

v.babaahmadi@razi.ac.ir

Abstract

Nowadays dyeing of textiles with natural dyes has been considered according to environmental effects based on lower using of the synthetic dyes and chemical auxiliaries. In present research, the dyeing parameters including; type of mordant, concentration of mordant and concentration of clove have been investigated. The color strength (K/S) value and the color coordinates (L*, a*, b*, C*) of samples were obtained using calorimeter in CIELab color space. The results showed the dyed samples in presence of Cu and Al as mordant have higher lightness (L*) compare with dyed samples dyed with Fe. The ultraviolet protection results showed higher blocking effect of sample in presence of clove against photodegradation of methylene blue (MB) under sunlight irradiation. The antibacterial assessment of the dyed samples showed reduction of bacteria rate against S. aureus (95%). Also washing fastness assessment of the dyed samples showed the great durability of clove on wool in presence of mordant

Keywords: Natural dyes, Clove, Antibacterial, Mordant, Wool.

۱- مقدمه

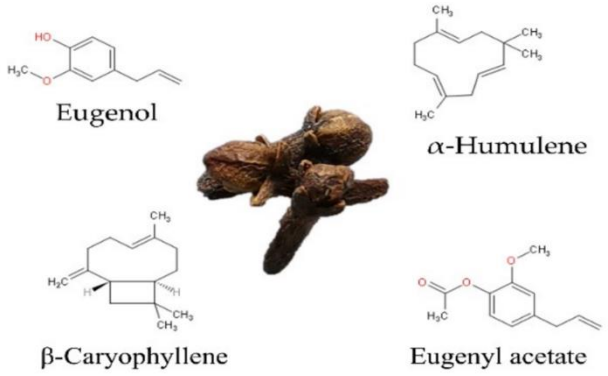
در حال حاضر، به دلیل افزایش آگاهی از خطرات زیست محیطی و بهداشتی مرتبط با سنتز و استفاده از رنگزاهای شیمیایی، تقاضای بیشتری برای استفاده از رنگزاهای طبیعی وجود دارد. همچنین رنگزاهای طبیعی فام‌های تسکین‌دهنده و منحصربه‌فردی روی منسوجات ایجاد می‌کنند که قابلیت تجزیه زیستی بهتر و سازگاری بالاتری با محیط را دارند. در میان رنگزاهای طبیعی، رنگزاهای گیاهی به دلیل در دسترس بودن و فراوانی در طبیعت، منابع بالقوه‌تری هستند [۱]. مواد رنگزای گیاهی پیوند ضعیفی با منسوج برقرار می‌نمایند و اغلب ثبات شستشویی پایینی دارند. لذا جهت افزایش ثبات شستشویی از دندانه‌ها که نمک فلزات چند ظرفیتی مانند کروم، مس، آهن، آلومینیوم، قلع و روی استفاده می‌شود. نمک‌های فلزی با گروه‌های موجود در الیاف و مواد رنگزای طبیعی، واکنش داده و کمپلکس فلزی ایجاد می‌کنند [۲]. مواد رنگزا با قدرت کم، به واسطه این نمک‌ها ارتباطی محکم تر با الیاف با تشکیل کمپلکس ماده رنگزا-دندانه-لیف برقرار کرده و همچنین فام‌های گوناگونی را تولید می‌کنند [۳]. سطح منسوجات در حضور رطوبت و حرارت، سبب رشد و تکثیر باکتری‌ها می‌شود و این موضوع سبب ایجاد مشکلاتی برای منسوجات و مصرف کننده از جمله بوی بد، لکه، رنگ پریدگی، کاهش استحکام و افزایش عفونت پوستی می‌شود [۴]. همچنین نتایج تحقیقات نشان داده است که برخی رنگزاهای طبیعی دارای خاصیت جذب اشعه فرابنفش[1] بوده و قابل مقایسه با سایر جاذب‌های مورد استفاده هستند [۵]. تابش اشعه فرابنفش روی پوست و کالاینساجی به عنوان عامل اصلی سرطان پوست و تخریب کالا شناخته شده است و محافظت در برابر این امواج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۵]. مواد رنگزای مختلفی مانند روناس، اسپرک، قرمز دانه، پوست گردو و غیره به جهت کاربرد روی منسوجات مورد استفاده قرار می‌گیرند که هرکدام دارای منشاءهای مختلف طبیعی یا ضایعات مواد هستند. گیاه میخک[2] یک جوانه گل خشک متعلق به خانواده میرتاسیا[3]است [۵, ۶]. در اوایل قرن هجدهم، درخت میخک در مناطق مختلف جهان از جمله، زنگبار، هند و ماداگاسکار معرفی شد [۷]. امروزه مهم‌ترین تولیدکننده میخک، اندونزی، تانزانیا و ماداگاسکار است که اولین صادرکننده جهان برای میخک و روغن‌های اساسی آن می‌باشند [۸]. میخک یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که به‌عنوان یک ماده نگهدارنده در غذا و دارو نیز استفاده می‌شود [۹]. عصاره معطر میخک به طور گسترده‌ای در مراقبت از دندان‌ها، به‌عنوان ضدعفونی‌کننده و تسکین‌دهنده استفاده می‌شود [۹– ۱۱]. طیف وسیعی از فعالیت‌های بیولوژیکی روغن میخک منجر به استفاده گسترده از آن در دافع حشرات، خوشبوکننده دهان، دهان‌شویه، خمیردندان،

[1] Ultraviolet (UV)

[2] *Syzygium (S.) aromaticum*

[3] Myrtaceae

صابون و لوازم آرایشی استفاده می‌شود [۱۱]. میخک در برابر تعداد زیادی از باکتری‌ها از جمله، اشرشیاکلی، سالمونلا روده [۱۲] و استافیلوکوک اورئوس [۱۳,۱۲]. موثر است. مطالعات گذشته، خواص ضد قارچ [۱۴]، ضد سرطان [۱۵]، ضد آلرژی [۹] ، آنتی اکسیدان و حشره‌کش [۱۷,۱۶] را برای میخک گزارش کرده‌اند[۱۸]. اوژنول، اوژنیل استات، بتا-کاریوفیلن و آلفا- هیومیولن اجزای اصلی گل میخک هستند که در شکل۱ قابل مشاهده هستند. همچنین از روغن میخک به دلیل محتوای بالای اوژنول، در سنتز نانو ذرات نقره با روشی ساده، ارزان و سازگار با محیط زیست، به‌عنوان عامل احیاکننده و پایدارکننده استفاده شده‌است [۱۹].



شکل ۱- اجزای اصلی ساختار گل میخک [۲۲,۲۱]

محققین پژوهش‌های متعددی را به منظور معرفی منابع جدید و یا بهبود کیفیت رنگرزی گیاهی از جمله نقش دندانه‌های مختلف انجام داده‌اند [۲۴, ۲۳]. هدف این تحقیق رنگرزی نخ پشمی با استفاده از گل میخک حاوی ماده رنگزای طبیعی و همچنین بررسی خواص رنگ‌پذیری در حضور دندانه‌های مختلف و شرایط مختلف رنگرزی می‌باشد. همچنین با توجه به گزارشات مختلف و خواص مطلوب این ماده، فعالیت ضدباکتری و محافظت در برابر امواج فرابنفش نمونه‌های مختلف رنگرزی شده با این ماده رنگزا نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. در این خصوص فعالیت ضدباکتری (باکتری گرم مثبت[۴]و گرم منفی[۵] و محافظت در ابرابر امواج فرابنفش (تخریب رنگزای متیلن بلو) به جهت بررسی امکان تکمیل و رنگرزی همزمان مورد توجه قرار گرفته است.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد

نخ پشمی مرینوس با نمره۲۰ دولا، شرکت ایران مرینوس به عنوان کالای اصلی مورد استفاده قرار گرفته است. به جهت انجام فرآیند رنگرزی دندانه زاج سفید آزمایشگاهی، دندانه

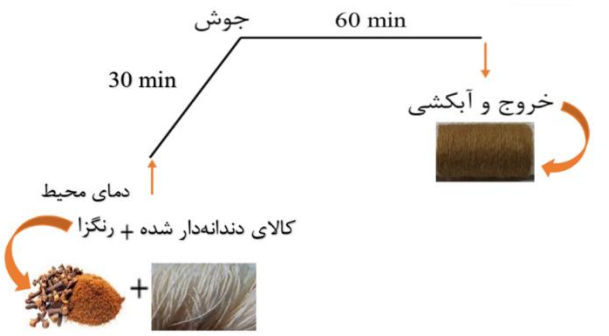
[4] Gram positive bacteria
[5] Gram negative bacteria

آهن، دندانه مس، اسیداستیک آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان و رنگزای متیلن بلو (C.I. Basic Blue 9) از شرکت NHD انگلستان مورد استفاده قرار گرفتند. گل میخک محلی به عنوان ماده اصلی رنگرزی از بازار استان کرمانشاه خریداری شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- دندانه‌دادن و رنگرزی کالای پشمی

ابتدا به جهت از بین بردن هرگونه ناخالصی، کالای پشمی با ۱ گرم بر لیتر شوینده غیریونی در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه شستشو شد. سپس با استفاده از روش پیش‌دندانه (مس، آهن و آلومینیوم) در حمام‌هایی با مواد و درصـــدهای مختلف از رنگزای میخک، عملیات رنگرزی انجام شد. عملیات دندانه دادن در حضور مقادیر مختلف نمک فلزی (۵ و ۱۰ درصد نسبت به وزن کالا)، نسبت حجم حمام به وزن کالا(40:1) L:G و طی مدت زمان ۶۰ دقیقه در دمای جوش انجام شده است. در ادامه فرآیند رنگرزی با گل میخک پودر شده و با مقادیر مختلف ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نسبت به وزن کالا و استفاده از ۴ درصد اسید استیک طی مدت زمان ۶۰ دقیقه در دمای جوش انجام شده است. شکل ۲ نمودار رنگرزی کالای پشمی با رنگزای گل میخک را نشان می‌دهد.



شکل۲- نمودار رنگرزی کالای پشمی با رنگزای طبیعی میخک

شرایط مختلف رنگرزی و کد نمونه‌های تولید شده با ماده رنگزای گیاهی میخک با درصدهای متفاوت از مواد رنگزا به همراه دندانه‌های مختلف به شرح جدول ۱ هستند. هر کد به ترتیب از سمت چپ به راست بیانگر، درصد رنگزا، نام مخفف دندانه و درصد دندانه می‌باشد. در این کدگذاری حرف A بیانگر دندانه آلومینیوم، حرف C بیانگر دندانه مس و حرف F بیانگر دندانه آهن می‌باشند. به عنوان مثال کد شماره ۱، 25A5 بیانگر 25 درصد رنگزای میخک و 5 درصد دندانه آلومینیوم می‌باشد.

جدول ۱- نمونه‌های مختلف رنگرزی شده با رنگزای طبیعی میخک

شماره نمونه‌ها	نسخه رنگرزی	شماره نمونه‌ها	نسخه رنگرزی	شماره نمونه‌ها	نسخه رنگرزی
1	25A5	9	25C5	17	25F5
2	25A10	10	25C10	18	25F10
3	50A5	11	50C5	19	50F5
4	50A10	12	50C10	20	50F10
5	75A5	13	75C5	21	75F5
6	75A10	14	75C10	22	75F10
7	100A5	15	100C5	23	100F5
8	100A10	16	100C10	24	100F10

۲-۲-۲- بررسی قدرت رنگی و مولفه‌های رنگی

میزان انعکاس نمونه‌های رنگرزی شده با استفاده از دستگاه طیف‌سنج انعکاسی ساخت سوییس در محدوده ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. بر این اساس، قدرت رنگی (K/S) نمونه‌ها با استفاده از رابطه کیوبلکا- مانک (رابطه ۱) محاسبه شده است. مؤلفه‌های رنگی نخ‌های رنگرزی شده نیز زیر منبع نوری D65 با زاویه مشاهده‌کننده استاندارد ۱۰ درجه در فضای رنگی L*a*b* اندازه‌گیری شده‌اند.

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

در این رابطه R انعکاس، K ضریب جذب و S ضریب انتشار می‌باشند.

۲-۲-۳- بررسی ثبات شست‌شویی

ثبات شست‌شویی نخ‌های پشمی رنگرزی شده بر اساس استاندارد ISO-105 CO6:2010 مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲-۲-۴- بررسی رفتار محافظت در برابر امواج فرابنفش

به جهت بررسی خواص محافظت در برابر امواج فرابنفش از روش مقایسه‌ای تخریب رنگزای متیلن بلو استفاده شده است. در این روش از کالای پشمی رنگرزی شده با رنگزای متیلن بلو به عنوان کالای معیار در تخریب نوری استفاده شده است. بر این اساس کالاهای مورد نظر روی کالای رنگرزی شده با متیلن بلو قرار داده شده و ثابت نگه داشته شدند. در ادامه نمونه‌ها، طی مدت یک هفته در زیر نور خورشید (تیرماه کرمانشاه، هرروز از ساعت ۹ صبح تا ۵ بعد از ظهر) قرار داده شده و سپس نمودار انعکاسی و مقادیر توابع رنگی نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. طبق بررسی‌های مختلف بیان شده، رابطه‌ای بین فاکتور محافظت در برابر امواج فرابنفش و میزان عبور اشعه ماوراءبنفش و کاهش رنگ کالای پشمی رنگرزی شده با متیلن بلو وجود دارد. در واقع میزان کاهش رنگ بیش‌تر نشان‌دهنده افزایش مقدار عبور اشعه ماوراءبنفش بوده و به معنی کوچکتر بودن فاکتور محافظت است.

۲-۲-۵- بررسی رفتار جذب در برابر امواج فرابنفش- مرئی[6] (UV- Vis)

طیف ماوراءبنفش- مرئی، معمولا به‌صورت نموداری از مقدار جذب نسبت به طول موج در ناحیه فرابنفش-مرئی ثبت می‌گردد. در این روش رفتار جذبی محلول عصاره میخک بررسی اندازه‌گیری شده است. برای این کار از دستگاه Jascon v-550 UV-Vis، استفاده شده است.

۲-۳-۶- اندازه‌گیری میزان فعالیت ضد باکتری

میزان فعالیت ضدباکتری نخ‌های پشمی رنگرزی شده با میخک به روش شمارش تعداد سلول زنده و تحت شرایط تماسی مطابق با استاندارد JIS L 1902 / ISO 20743 اندازه-گیری شد. میکروارگانیسم‌های استافیلوکوک اورئوس[7] با مشخصه ATCC 6538 و اشرشیا کلی[8] با مشخصه 25922

[6] Ultraviolet-visible (UV- Vis)
[7] *Staphylococcus aureus*
[8] *Escherichia coli*

ATCC به ترتیب به عنوان میکروب‌های گرم‌مثبت و گرم منفی در نظر گرفته شدند. میزان درصد کاهش باکتری‌ها در نتیجه مجاورت با نخ‌های مورد مطالعه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه (۳) $$R\% = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

در رابطه بالا، C_iو C_f به ترتیب تعداد کلونی باکتری‌ها روی نخ پشمی اولیه و نخ‌های رنگرزی شده بعد از گذشت ۲۴ ساعت می‌باشند که در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی مؤلفه‌ها و قدرت رنگی

پس از اینکه نمونه‌ها با نسخه‌های پیشنهادی رنگرزی شدند سنجش پارامترهای رنگی و نیز اندازه‌گیری ثبات‌های عمومی روی آن‌ها انجام شد. تصاویر مربوط به فام‌های رنگی نمونه‌های نخ پشمی رنگرزی شده با میخک درحضور دندانه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در رنگرزی با رنگزای میخک در حضور دندانه‌های مختلف، فام‌های مختلفی به دست آمده است. این رنگزا در حضور دندانه زاج‌سفید (آلومینیوم) رنگ زرد کدر، در حضور دندانه مس، قهوه‌ای و در حضور دندانه آهن، نزدیک به مشکی، ایجاد نموده است. اثرات مربوط به تغییرات رنگی در حضور فلزات مختلف قبلا نیز توسط محققین گزارش شده است [۲۵].

دندانه به عنوان یک واسط با تشکیل پیوندهای مختلف یونی، کوالانسی و کئوردینانس بین ماده رنگزا و لیف سبب می‌شود که اتصال مناسبی ایجاد شود [۲۶]. یون‌های فلزی می‌توانند کمپلکس‌های مختلفی را با گروه‌های آمینه الیاف پشم و گروه‌های عاملی ماده رنگزا تشکیل دهند [۴]. ایجاد چنین کمپلکس‌های فلزی سبب افزایش ثبات رنگزا و تغییرات فام با توجه به فلزات مختلف می‌شود. مقادیر مربوط به مؤلفه‌های رنگی و اختلاف رنگی نخ‌های پشمی رنگرزی‌شده با رنگزای میخک در شرایط بیان شده، در جدول ۲ نشان داده شده است.

مقادیر a* و b* به ترتیب بیانگر میزان قرمزی-سبزی و زردی-آبی هستند که هرچه مقدار a* بیش‌تر باشد یعنی میزان قرمزی بیش‌تر شده و هرچه مقدار b* بیش‌تر باشد یعنی زردی بیش‌تر شده است. L* میزان روشنایی نمونه را بیان می‌کند که هرچه مقدار L* بیش‌تر باشد به معنای روشن بودن نمونه‌ها می‌باشد. همانطور که از تصاویر و نتایج داده‌ها مشخص شده است در حضور دندانه آهن، میزان روشنایی L^* برای همه نمونه‌ها بسیار پایین‌تر از دندانه‌های مس و آلومینیوم است. همچنین با افزایش میزان نمک آهن، مقادیر روشنایی نمونه‌های رنگرزی شده از ۲۹/۹ به ۲۰/۰۴ کاهش یافته است. کاهش در روشنایی نمونه‌ها می‌تواند بیان‌کننده انعکاس کمتر آن‌ها در محدوده امواج مرئی باشد. نمونه‌های دارای دندانه مس و آلومینیوم دارای مقادیر b* و L* بزرگ-تری نسبت به نمونه‌هایی با دندانه آهن می‌باشد. این نتایج به

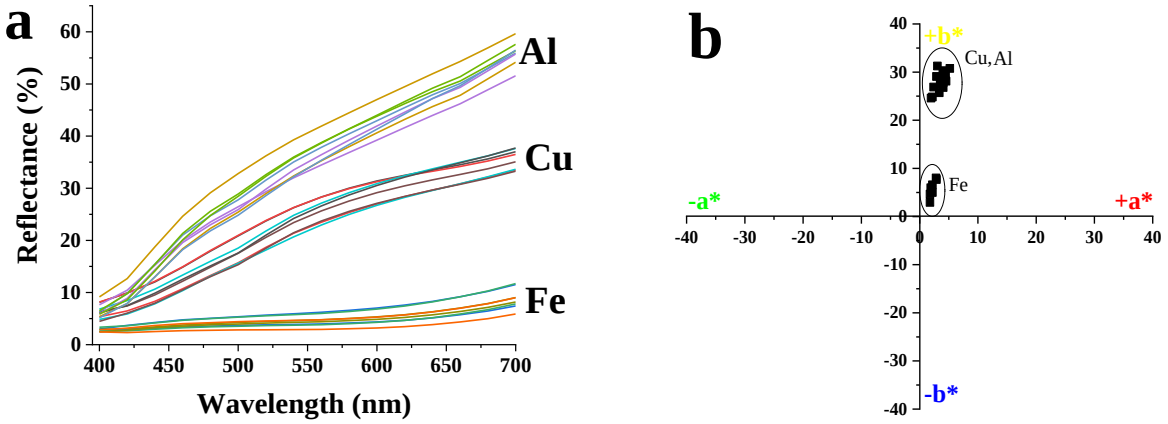
این معنی است که نمونه‌هایی با دندانه مس و آلومینیوم روشن تر و دارای زردی بیش‌تری نسبت به نمونه‌های آهن می‌باشد

شکل ۳- تصاویر مربوط به فام‌های رنگی نمونه‌های رنگرزی شده با میخک درحضور دندانه‌های مختلف آهن، مس و آلومینیوم

جدول ۲- مقادیر مؤلفه‌های رنگی نخ‌های پشمی رنگرزی شده با رنگزای میخک

آلومینیوم (Al)					مس (Cu)					آهن (Fe)				
No.	L*	a*	b*	C*	No.	L*	a*	b*	C*	No.	L*	a*	b*	C*
1	64.19	3.38	25.71	25.93	9	58.58	2.20	24.84	24.94	17	29.90	2.81	8.01	8.49
2	69.59	2.40	26.90	27	10	58.57	1.96	24.61	24.69	18	29.50	2.88	7.68	8.20
3	66.46	3.53	28.44	28.65	11	57.39	4.05	26.81	27.12	19	26.14	2.20	6.58	6.94
4	67.14	2.89	29.08	29.22	12	55.96	3.61	27.42	27.66	20	26.24	2.02	5.43	5.80
5	65.37	4.45	29.34	29.68	13	56.82	4.55	28.12	28.48	21	23.74	1.78	4.65	4.97
6	64.50	3.99	30.29	30.55	14	53.88	4.08	27.84	28.14	22	23.33	2.19	5	5.46
7	64.59	5.19	30.77	31.20	15	53.45	4.38	28.32	28.66	23	25.01	1.91	5.96	6.26
8	67.03	3.06	31.25	31.40	16	53.90	4.13	28.83	29.13	24	20.04	1.77	2.94	3.43

نتایج مربوط به رفتار انعکاسی نمونه‌های رنگرزی شده در محدوده ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر در شکل ۴(a) نمایش داده شده است. مقادیر مختلف انعکاس برای نمونه های رنگرزی شده با دندانه‌های آهن، مس و آلومینیوم در ناحیه مرئی اختلاف مشخصی را نشان می‌دهد. نمونه‌هایی که با آلومینیوم عمل شده‌اند، بیشترین انعکاس نور یا به عبارتی کمترین جذب را دارند و رنگ‌های روشن‌تری نشان می‌دهند که در بالاترین ناحیه نمودار قرار دارند. نمونه‌هایی که با دندانه مس عمل شده‌اند، در مرتبه دوم قرار گرفته و نمونه‌هایی که با دندانه آهن عمل شده‌اند، رنگ تیره‌تر همچنین انعکاس نور کمتری دارند و در پایین‌ترین ناحیه نمودار قرار می‌گیرند. این تغییرات فام در حضور دندانه‌های مختلف به عنوان خاصیت پلی‌ژنتیک در رنگرزی دندانه‌ایی بیان می‌شود. شکل ۴(b) نشان دهنده موقعیت مکانی نمونه‌های رنگرزی شده در فضا رنگ CIE L*a*b* می‌باشد.



شکل ۴- a) منحنی انعکاسی نمونه نخ‌های پشمی رنگرزی‌شده با گل میخک درحضور دندانه‌های مختلف، b) موقعیت نمونه‌های مختلف رنگرزی شده در فضا رنگ CIE L*a*b*

۳-۲- بررسی ثبات شستشویی

نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقادیر ثبات شست‌وشویی در جدول ۳ نشان داده شده است.

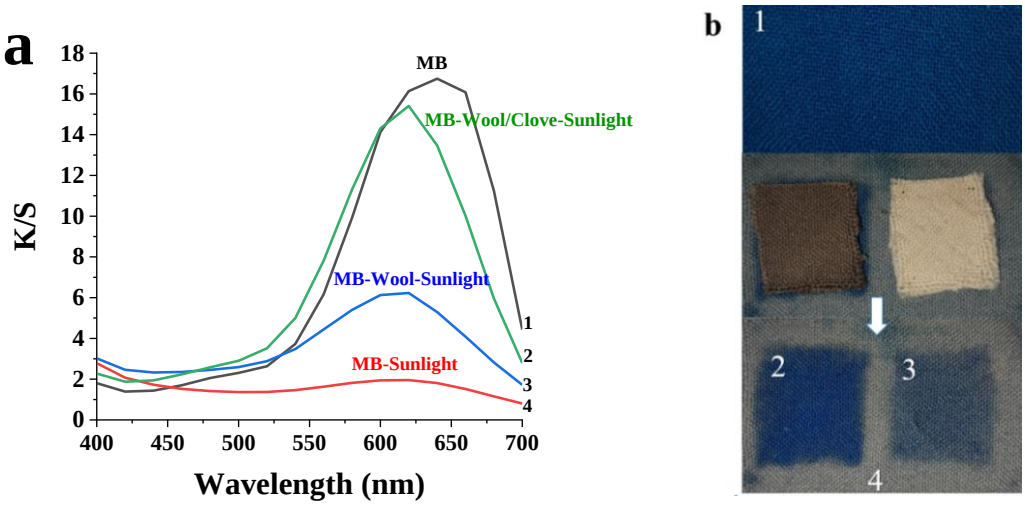
جدول ۳- نتایج ثبات شست‌شویی (مقیاس خاکستری) نخ پشمی رنگرزی شده با میخک در حضور دندانه‌های مختلف

آهن (Fe)		مس (Cu)		آلومینیوم (Al)	
No.	ثبات شستشویی	No.	ثبات شستشویی	No.	ثبات شستشویی
17	4-5	9	4-5	1	5
18	4-5	10	4-5	2	5
19	4-5	11	4-5	3	4-5
20	4-5	12	4-5	4	4-5
21	4-5	13	4-5	5	4-5
22	4-5	14	4-5	6	4-5
23	4-5	15	5	7	4-5
24	4-5	16	4-5	8	5

همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود نتایج ثبات شستشویی نمونه‌ها بین ۴ تا ۵ بود که نشان‌دهنده اتصال قوی رنگزا میخک و کالای پشمی است. این در حالی است که نمونه‌های بدون دندانه دارای ثبات شستشویی پایین‌تری هستند. در حالت کلی ثبات شستشویی رنگ بستگی به میزان نفوذ مولکول‌های رنگ و حالت رنگزا درون لیف دارد [۲۷]. در این نمونه‌ها با توجه به افزایش ثبات شستشویی نمونه‌های دندانه دار شده می‌تواند چنین بیان کرد که واکنش میان ساختار پلی‌فنلی ماده رنگزای میخک و فلز منجر به تولید ترکیب کمپلکس فلزی شده که نسبت به ترکیب اولیه از حلالیت کمتری برخوردار بوده و لذا مهاجرت و خروج رنگزا از کالا کاهش می‌یابد. افزایش اندازه مولکول رنگ کمپلکس داده شده در مقابل رنگ اولیه این امکان را ایجاد کرده که ثبات شستشویی بالایی را بعد از رنگرزی شاهد باشیم. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، نخ های پشمی رنگرزی شده ثبات شستشویی عمومی خوب و عالی را نشان می‌دهند. همچنین وجود مواد فلزی و تعدد گروه‌های هیدروکسیل روی میخک و ساختار حلقوی آن ممکن است منجر به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بیشتر و همچنین پیوندهای کووالانسی و واندروالسی با نخ‌های پشمی شود [۴].

۳-۳- بررسی رفتار محافظت در برابر امواج فرابنفش

نتایج مربوط به بررسی رفتار محافظت در برابر امواج فرابنفش در شکل شماره ۵ بیان شده است.



شکل ۵- a) مقادیر قدرت رنگی محاسبه شده در طول موج‌های مختلف برای نمونه‌های مختلف قبل و بعد از نوردهی، b) تصاویر مربوط به نمونه‌های مختلف قبل و بعد از نوردهی (۱) پشم رنگرزی شده با متیلن بلو-نوردهی نشده، (۲) پشم رنگرزی شده با متیلن بلو و محافظت شده با پارچه پشمی رنگرزی شده با میخک-نوردهی شده، (۳) پشم رنگرزی شده با متیلن بلو و محافظت شده با پارچه پشمی خام-نور دهی شده، (۴) پشم رنگرزی شده با متیلن بلو-نور دهی شده

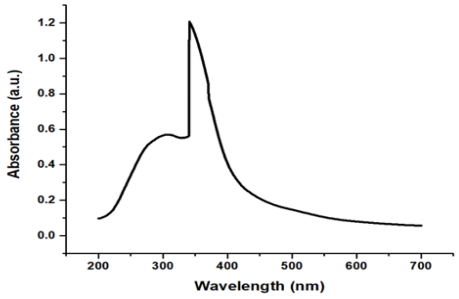
همانطور که در شکل۵ قابل مشاهده است، نمونه پارچه پشمی رنگرزی شده با متیلن بلو به عنوان معیار به جهت بررسی تخریب نوری و محافظت در برابر امواج فرابنفش استفاده شده است. جدول ۴ مقادیر مؤلفه‌های رنگی نمونه‌های مختلف کالای پشمی رنگرزی شده با متیلن بلو در طی نوردهی زیر نور خورشید را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج مربوط به قدرت رنگی (شکل ۵a) و تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از نور دهی (شکل ۵b) نشان می‌دهد در حضور میخک رفتار محافظت‌کنندگی بهتری را شاهد هستیم به نحوی که اختلاف رنگی بین نمونه نوردهی نشده و نمونه محافظت شده در حضور میخک کمتر از ۵ به دست آمده است. این در حالی است که این میزان برای کالای محافظت شده با پشم خام و محافظت نشده به ترتیب ۱۴/۸۴ و ۳۱/۲۶ به دست آمده است (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر اختلاف رنگی (ΔE^*) نمونه‌های مختلف کالای پشمی رنگرزی شده با متیلن بلو در طی شرایط نوردهی با نور خورشید

Sample	نمونه	ΔE^*
MB	پشم رنگرزی شده با متیلن بلو	-
MB-Sunlight	پشم رنگرزی شده با متیلن بلو-نور دهی شده	31.26
MB-Wool-Sunlight	پشم رنگرزی شده با متیلن بلو و محافظت شده با پارچه پشمی خام-نور دهی شده	14.84
MB-Wool/Clove-Sunlight	پشم رنگرزی شده با متیلن بلو و محافظت شده با پارچه پشمی رنگرزی شده با میخک-نوردهی شده	4.82

۳-۴- بررسی رفتار جذب در برابر امواج فرابنفش- مرئی (UV- Vis)

شکل ۶ طیف فرابنفش- مرئی محلول عصاره میخک را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است عصاره میخک دارای جذب مناسبی در ناحیه فرابنفش بوده و به همین دلیل می‌تواند در فرآیند حفاظت در برابر امواج فرابنفش به عنوان یک جاذب طبیعی رفتار کند. با توجه به شکل، پیک جذبی که در ناحیه ۳۰۰-۲۹۰ نانومتر وجود دارد مربوط به انتقال الکترونی n-π* گروه‌های کربونیل موجود در حلقه‌های آروماتیک است [۲۸]. همچنین پیک جذبی در طول موج ۳۴۸ نانومتر مربوط به انتقال الکترونی π-π* گروه‌های کتون موجود در ساختار حلقه آروماتیک است [۲۸]. باتوجه به اینکه محلول میخک دارای جذب بالایی بوده و در دو ناحیه پیک داده است پس نتایج مربوط به رفتار محافظت در برابر امواج فرابنفش رنگزای میخک روی کالای پشمی این موضوع را تایید می‌کند.



شکل ۶- طیف UV-Vis عصاره میخک

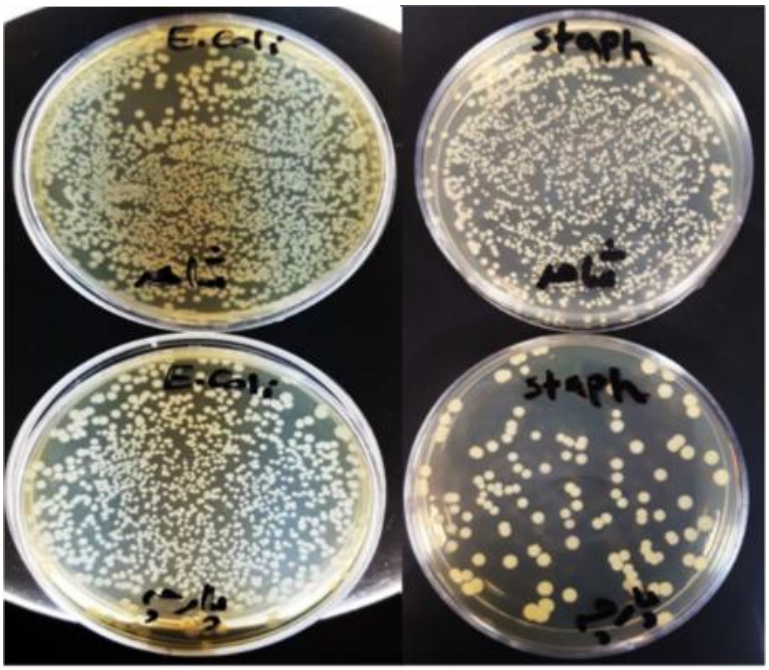
۳-۵- بررسی فعالیت ضدباکتری

میکروارگانیسم‌ها برای سکونت، رشد و تکثیر خود نیاز به شرایط تغذیه‌ای ویژه‌ای دارند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به وجود نمک‌ها، منابع نیتروژن و کربن و همچنین آب اشاره کرد. پشم یک لیف طبیعی آبدوست می‌باشد و رطوبت محیط را به آسانی جذب کرده و در خود نگه می‌دارد، لذا شرایط مناسبی را برای سکونت و رشد انواع میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. فعالیت میکروارگانیسم‌ها روی پشم منجر به هیدرولیز پیوندهای پپتیدی و در نهایت تخریب لیف می‌گردد. با در نظر گرفتن این نکته که برخی از رنگ‌های طبیعی از خاصیت ضدباکتری مناسبی برخوردار می‌باشند، لذا ایجاد خاصیت ضدباکتری در پشم توسط این رنگزاها بسیار حائز اهمیت می‌باشد [۲۶]. در این راستا خواص ضد باکتری نخ-های رنگرزی‌شده با رنگزای میخک در مقابل دو باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس و گرم منفی اشرشیا کلی به نمایندگی از باکتری‌های بیماری‌زای انسانی، مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۵ و شکل ۷ نشان داده شده است.

تصاویر مربوط به بررسی فعالیت ضدباکتری نمونه‌ها در برابر میکرواورگانیسم‌های مورد آزمایش در شکل ۷ آورده شده است.

جدول ۵- نتایج تست ضدباکتری نمونه‌های رنگرزی شده با میخک

نمونه رنگرزی شده با میخک	استافیلوکوک اورئوس		اشرشیاکلی	
	کاهش لگاریتمی	درصد کاهش	کاهش لگاریتمی	درصد کاهش
	1.301	95%	0.046	10%



شکل ۷ - تصاویر نتایج ضدباکتری در نمونه‌های پشمی رنگرزی شده با رنگزای میخک (سمت راست: باکتری S.aureus و سمت چپ: باکتری E.coli)

همانطور که ملاحظه می‌گردد فعالیت ضدباکتری میخک در مقابل باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس بیش‌تر از باکتری گرم نتایج به خوبی نشان می‌دهند که تحت شرایط در نظر گرفته شده در این پژوهش، فعالیت ضدباکتری میخک در مقابل باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس بیش‌تر از باکتری گرم منفی اشرشیا کلی می‌باشد. علت این موضوع را می‌توان به تفاوت‌های موجود در ساختار سلول باکتری‌های گرم مثبت و منفی مربوط دانست [۶, ۲۶]. دیواره سلولی در باکتری‌های گرم مثبت بیشتراز ۹۰ درصد از پپتیدوگلایکان تشکیل شده است که این لایه به مولکول‌های خارجی اجازه می‌دهد تا به راحتی وارد سلول شوند. این در حالی است که دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی دو لایه بوده و علاوه بر لایه فوق، دارای یک غشای بیرونی متشکل از لیپوپلی‌ساکارید، لیپوپروتئین و فسفولیپیدها می‌باشند که به عنوان یک سد در برابر مولکول‌های خارجی عمل می‌کند [۲۷].

۴- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش از گل میخک به عنوان ماده رنگزای طبیعی با خاصیت ضدباکتری و محافظت در برابر امواج فرابنفش مورد استفاده قرار گرفته است. اثر پارامترهای رنگرزی مانند نوع دندانه، غلظت دندانه و رنگزا روی خواص رنگرزی نخ‌های پشمی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میخک دارای خواص رنگ‌پذیری بسیار مناسب است که در حضور دندانه‌های مختلف می‌تواند فام‌های مختلف رنگی و با ثبات‌های بسیار خوب را تامین نماید. نمونه رنگرزی شده با میخک در مقایسه با نمونه پشمی خام محافظت بسیار خوبی در مقابل اشعه ماورا بنفش از خود نشان می‌دهد و کم‌ترین اختلاف رنگی و رنگ‌پریدگی را نسبت به نمونه نوردهی نشده دارد. استفاده از رنگزای میخک در رنگرزی پشم، خاصیت ضدباکتری مناسبی را در مقابل میکروارگانیسم‌های گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس نشان داده است. در نهایت با توجه به ویژگی‌های به دست آمده می‌توان میخک را به عنوان ماده رنگزای معطر با عملکرد بسیار خوب در رنگرزی کالای پشم معرفی نمود.

۵- منابع:

1. Uddin, M. G., Effects of different mordants on silk fabric dyed with onion outer skin extracts, J. Text., 405626, 1–8, 2014.

۲. احمدی ز.، غلامی هوجقان ف.، مروری بر خواص ضدباکتری، ضدمیکروب و ضدقارچ ترکیبات ترکیبات گیاهی و کاربرد آن‌ها در منسوجات.، مطالعات دردنیای رنگ.، ۵۸- ۴۱، ۱۳۹۸.

۳. احمدی ز.، تأثیر دندانه‌های گیاهی در رنگرزی نخ پشمی با روناس و اسپرک.، علوم و فناوری رنگ.، ۱۰۱-۸۷،۱۴۰۰.

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

۵. منتظر م.، رحیم‌پور ح.، بررسی حفاظت پشم دندانه‌شده با دندانه‌های مختلف و رنگرزی‌شده با روناس در برابر امواج فرا بنفش. علمی-پژوهشی گلجام. ۹، ۱۲۰-۱۰۷، ۱۳۸۷.

6. Cortés-Rojas, D. F., et al., Clove (syzygium aromaticum): a precious spice, Asian Pac J. Trop Biomed., 4(2), 90-96, 2014.

7. Batiha, G. E., Magdy, A. D., Stuart, inhibitory effects of syzygium aromaticum and camellia sinensis methanolic extracts on the growth of babesia and theileria parasites, Ticks Tick. Borne. Dis., 10, 949–958, 2019.

8. Gaylor, R., et al., Bud, leaf and stem essential oil composition of syzygium aromaticum from madagascar, indonesia and zanzibar. Int. J. Basic Appl. Sci., 3, 224–233, 2014.

9. Kim, H. M., et al., Effect of syzygium aromaticum extract on immediate hypersensitivity in rats, J. Ethnopharmacology., 60, 125–131, 1998.

10. Razafimamonjison, et al., Effects of phenological stages on yield and composition of essential oil of syzygium aromaticum buds from madagascar, Int. J. Basic Appl. Sci., 2, 312–318, 2013.

11. Tekin, K. , Kuddusi, M., Mine Gül, S., Ultrasound bath-assisted extraction of essential oils from clove using central composite design, Int, Crops and Products., 77, 954–960, 2015.

12. Friedman, M., Henika, P. R., Mandrell, R. E., Bactericidal activities of Plant essential oils and some of their isolated constituents against campylobacter jejuni , escherichia coli , listeria monocytogenes , and salmonella enterica, J. Food Protection, 65, 1545–1560, 2002.

13. Cressy, H. K., et al., A novel method for the reduction of numbers of listeria monocytogenes cells by freezing in combination with an essential oil in bacteriological media, J. Food Protection, 66, 390–395, 2003.

14. Cerevisiae, A. O. F. S. et al., Oregano and clove essential oils induce surface alteration of saccharomyces cerevisiae, J. International Journal of Basic and Applied Sciences, 408, 405–408, 2005.

15. Kenney, P. M., Luke, K. T., Sesquiterpenes from clove(eugenia caryophyllata) as potential anticarcarcinogenic agents, J. Natural Proa'urts. 55, 999–1003, 2010.

16. Miyazawa, M., Hisama, M., Suppression of chemical mutagen-induced sos response by alkylphenols from clove (syzygium aromaticum) in the salmonella typhimurium ta1535 / psk1002 umu test, J. Agric. Food Chem, 49, 4019−4025, 2001.

17. Park, ll.K., Shin, S.Chul., Fumigant activity of plant essential oils and components from garlic (allium sativum) and clove bud (eugenia caryophyllata) oils against the japanese termite (reticulitermes speratus kolbe), J. Agric. Food Chem. 53, 4388−4392, 2005.

18. Grodner, B., A non-aqueous capillary electrophoresis for determination of eugenol in cloves and dental preparations, Chromatographia, vol. 85, no. 10–11, pp. 997–1005, 2022

19. Vinicius, M., et al., Syzygium aromaticum l . (clove) essential oil as a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles, J.Aplied Sciences, 9, 45–54, 2019.

20. Mohammad-taghi, G., Mahdieh, Z., Saeedeh, R., Eugenol enrichment of clove bud essential oil using different microwave- assisted distillation methods, j.Food Science and Technology Department, School of Agriculture, 23, 385–394, 2017.

21. Batiha, G. E. S. L., et al., Syzygium aromaticum l. (myrtaceae): traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities, Biomolecules, vol. 10, no. 2, pp. 1–17, 2020.

22. H.gonz, N., et al., Clove essential oil (syzygium aromaticum l. myrtaceae): extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health, molecules, 26, 6387, 2021.

23. Sangeetha, K., Dyeing of silk fabric using lemon leaves extract with the effect of different mordants. Int. J. Innov. Res. Sci.4, 4692–4697, 2015.

24. Yusuf, M., et al., Dyeing studies with henna and madder: a research on effect of tin (II) chloride mordant, J. Saudi Chem. Soc. 19, 64–72, 2015.

۲۵. طهرانی دهکردی، م.، احمدی، ح.، احمدی شاپورآبادی، م.، مطالعه پارامترهای موثر بر رنگرزی نخ پشمی با رنگزای طبیعی میخک، همایش ملی فرش دستباف خراسان جنوبی، ۳۶۰-۳۵۴، ۱۳۹۴.

۲۶. گاراژیان، م.، ق. عدیوی، م.، اکبری، ا.، بررسی خاصیت پلی ژنتیک دندانه و اسید بر رنگرزی پشم با زرشک زینتی، همایش ملی فرش دستباف خراسان جنوبی: دانشگاه بیرجند، آذر ماه ۱۳۹۴.

۲۷. باصری، س.، احمدزاده، س.، رنگرزی ضدمیکروبی و سازگار با محیط زیست پشم توسط گال سیچکا، علوم و فناوری رنگ، ۲۱-۱،۱۴۰۰.

28. Ajitha, B., et al., Biomimetic synthesis of silver nanoparticles using syzygium aromaticum (clove) extract: catalytic and antimicrobial effects, Appl. Organomet. Chem. vol. 33, no. 5, pp. 1–13, 2019.