بررسی کیفیت نخ پشمی رنگرزی شده با رنگزای روناس و اسپرک در حضور مرکبات

سمیرا سهرابی، زهرا احمدی*

دانشگاه هنر، دانشکده هنرهای کاربردی، استان تهران،ایران

ahmadi@art.ac.ir

چکیده

الیاف پشم که برای تولید نخ پرز فرش دستباف به کار می‌روند دارای بوی نامطبوعی هستند که برای کاربر احساس ناخوشایند ایجاد می‌نمایند. دانشمندان در تحقیقات زیادی استفاده از ترکیبات شیمیایی مختلف را برای رفع بوی نامطبوع مورد توجه قرار داده‌اند. با در نظر گرفتن اثرات مخرب و نامطلوبی که رنگزاها و ترکیبات شیمیایی در محیط زیست به جا می‌گذارند، بهره گیری از منابع طبیعی جدید به خصوص منابع که زیست تخریب پذیری بهتری دارند، بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. پوست مرکبات حاوی موادی چون روغن‌های طبیعی ترکیبات لینالول، مواد معطر، رنگزاهای کاروتنوئید و آنتراکینون هستند که می‌تواند برای بهبود رنگرزی گیاهی استفاده شود. هدف از این پژوهش مطالعه‌ی تاثیر پسماند مرکبات در کیفیت رنگرزی گیاهی نخ پشمی با روناس و اسپرک بود. ویژگی رنگرزی نمونه‌ها با اندازه‌گیری پارامترهای رنگی L* a* b*، K/S و ثبات‌های شست و شویی و نوری نمونه‌ها انجام شد. همچنین زیر دست نمونه‌های رنگرزی شده و معطر بودن آن‌ها به صورت کیفی اندازه‌گیری و مطالعه شدند. نتایج نشان داد کیفیت رنگی نخ‌های پشمی رنگرزی شده در حضور پوست مرکبات تا حدودی بهبود می‌یابد. طیف سنجی فرو سرخ و فرابنفش تغییر میزان جذب ناشی از حضور پوست مرکبات را نشان داد. همچنین استفاده از پوست پرتقال و لیمو منجر به بهبود بوی نامطبوع طبیعی الیاف پشم و زیر دست آن شد.

واژه‌های کلیدی: پسماندهای صنایع غذایی، پوست لیمو، پوست پرتقال، معطر کردن، رنگرزی گیاهی

Evaluation of the Quality of Wool Yarns Dyed with Madder and Weld in the Presence of Citrus

Samira Sohrabi, Zahra Ahmadi*

Graduated student of Applied Art Faculty, Art University

ahmadi@art.ac.ir

Abstract

The wool fibers as a pile yarn in the hand-woven carpet have an unpleasant odor that makes the user feel uncomfortable. In many researches, scientists have paid attention to use of different chemical compounds to eliminate unpleasant odors. Synthetic dyes and chemical agents have destructive and adverse effects on environment thus, it is important for scientists to use new natural resources, especially those that are more biodegradable. Citrus peels contain substances such as natural oils, linalool compounds, aromatic substances, carotenoids, and anthraquinone dyes, which can be used to improve vegetable dyeing. The aim of this research was to study the efficiency of citrus waste to improve the quality of natural dyeing of wool yarn with madder and weld. The dyeing characteristics of the samples were studied by measuring the color parameters L* a* b*, K/S and the washing and light fastnesses of the samples. Also, dyed samples' hardness and their odor were qualitatively measured and studied. The results showed that the color quality of dyed wool yarns was enhanced to some extent in the presence of citrus peel. Dyeing fastnesses in the presence of citrus have been improved. Infrared and ultraviolet spectroscopy showed a change in the amount of absorption affected by the presence of citrus peel components in the dyeing bath. The use of orange and lemon peel also improved the natural unpleasant natural odor of wool fibers and their hardness.

Keywords: Food Industries Wastes, Citrus, Orange Peel, Deodorizing Effect, Natural Dyeing.

۱- مقدمه

پرتقال یکی از میوه‌های خانواده مرکبات می‌باشد که در مقادیر بالا در سراسر جهان در اشکال طبیعی، پوست کنده و نیز به عنوان آب میوه مصرف می‌شود. این مسأله با هزینه کم و محتوای بالای مواد مغذی موجود در پرتقال از جمله ویتامین‌های A، B ،C ، مواد معدنی (کلسیم، فسفر،پتاسیم)، فیبر غذایی و بسیاری از ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه از جمله فلاونوییدها، اسیدهای آمینه، تری‌ترپن‌ها، اسیدهای فلونیک و کاروتنوئید و عمده‌ترین ترکیب اسانس، لیمونن در ارتباط است. ایران با تولید چندین میلیون تن انواع مرکبات به عنوان ششمین کشور تولید کننده مرکبات جهان می‌باشد. پسماندهای مانده از کارخانجات، به علت مزه خاصی که دارند مناسب تغذیه دام نبوده و در اکثر مواقع در خاک مناطق مجاور انباشته می‌شوند، این پسماندها فاضلاب‌های بسیار آلوده به جهت اکسیژن شیمیایی و بیولوژیکی تولید می‌کنند که می‌تواند تأثیر منفی در خاک، محیط و آب‌های سطحی بگذارند. به منظور بهبود مدیریت این پسماندها اجرای فرآیندهای جدید برای بازیابی آن‌ها به عنوان مثال، از طریق تولید کود آلی، روغن‌های زیستی، ترکیبات آنتی‌اکسیدان و همینطور در جهت بهبود رنگرزی گیاهی می‌باشد [۴-۱]. مرکبات از قرون گذشته، توسط پرتقالی‌ها به ایران وارد شده و در ابتدا در منطقه جنوب که محیط مناسبی برای رویش آن به شمار می‌رود کاشته شده و از این جهت نام پرتقال بر روی یکی از گونه‌های آن گذاشته شده است [۵]. با توجه به اینکه سالانه در ایران، نیمی از تولید مرکبات به‌عنوان ضایعات که عمدتاً شامل پوست هستند از چرخه مصرف خارج می‌شوند، به وضوح نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه این ضایعات برای تولید محصولی با ارزش افزوده بالا و اشتغال زایی است که نیازمند توجه ویژه می‌باشد. مطابق گزارشی از صنعت غذا، پیش‌بینی می‌شود که امسال مجموع تولید مرکبات با افزایش[1] ۱۰ درصدی به ۲ میلیون و هفتصد هزار تن برسد که حدود یک میلیون و ششصد هزار تا یک میلیون و هفتصد هزار تن به پرتقال و مابقی آن به نارنگی اختصاص دارد. متوسط سرانه مصرف مرکبات در دنیا ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم است، در حالی که در کشور ما با احتساب لیموترش و لیموشیرین این مقدار، سه برابر مصرف دنیا است[۵]. وفور مرکبات در کشور و کارخانجات متعدد تولید آب مرکبات که انبوهی از ضایعات را به همراه دارد، یک مزیت نسبی است که باید حداکثر استفاده را از آن برد.

ترکیبات پوست مرکبات

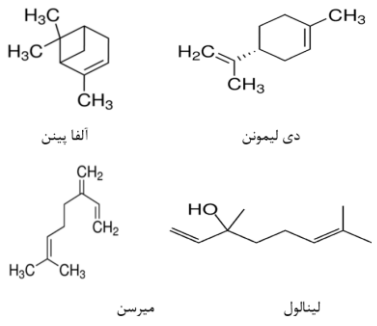
ترکیب شیمیایی پوست مرکبات با توجه به شرایط اقلیمی، شرایط رشد و زمان برداشت متفاوت است. پوست از فلاودو[2] و آلبدو[3]تشکیل شده است. فلاودو خارجی ترین لایه از میوه بوده که دربردارنده غدد چربی و رنگدانه است. فلاودو عمدتاً از مواد سلولزی تشکیل شده اما همچنین شامل اجزای دیگر مانند روغن‌های ضروری، واکس‌ها، پارافین، استروئیدها و ترپنوئیدها، اسیدهای چرب، رنگدانه‌ها (کاروتنوئیدها،

[1] Phytochemical

[2] Felavedo

[3] Albedo

کلروفیل، فلاونوئیدها)، بنیادهای تلخ (لیمونن) و آنزیم نیز می‌باشد. بعد از فلاودو، آلبدو قرار می‌گیرد که قسمت داخلی پوست بوده و سرشار از پکتین می‌باشد، بخش داخلی میوه (درون بر گوشتی) نیز اندوکارپ[1] نام دارد [۶]. پرتقال حاوی مواد مغذی با ارزشی از جمله ویتامین‌های A, B، و C، مواد معدنی (کلسیم، فسفر، پتاسیم)، فیبر غذایی و بسیاری از ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه از جمله فلاونوئیدها، اسیدهای آمینه، تری‌ترپن‌ها، اسیدهای فلونیک و کاروتنوئیدها می‌باشد [۶]. بیشتر اسانس مرکبات درپوست آن‌ها یافت می‌شود و به مقدار جزئی هم در آب میوه آن‌ها به دست می‌آید. فلاودو (پوسته خارجی) حاوی کیسه‌های اسانس می‌باشد. اسانس پوست پرتقال برای اضافه کردن آروما از پرتقال به محصولاتی مانند نوشیدنی‌های گازدار، بستنی، خوشبوکننده‌های هوا، عطرها و غیره به‌کار می‌رود. روغن پوست مرکبات ترکیب بسیار پیچیدهٔ موجود در کیسه-های روغن بیضی واقع در فلاودو میوه می‌باشند [۷]. روغن-های اساسی (روغن‌های فرار یا اتری نیز نامیده می‌شوند) مایعات روغنی معطر حاصل از بخش‌های مختلف مواد گیاهی مانند گل، جوانه، دانه، ریشه، پوست، میوه و چوب هستند. روغن‌های ضروری ترکیبات پیچیده، متشکل از چند ده تا چند صد ترکیب، از جمله هیدروکربن‌ها (ترپن‌ها و سزکویی ترپن‌ها) که حدود ۹۰٪ از اسانس را تشکیل می‌دهد و باقیمانده که حدود ۱۰٪ است شامل ترکیبات اکسیژنه (الکل‌ها، آلدئیدها، اسیدها، فنل‌ها، اکسیدها و لاکتون‌ها، اترها و استرها) می‌باشند [۸]. اسانس‌های روغنی مرکبات حاوی ۸۵ تا ۹۹٪ مواد فرار و ۱ تا ۱۵٪ اجزای غیر فرار می-باشند. لیمونن اصلی‌ترین جزء شیمیایی اسانس مرکبات بوده که بین ۳۲ تا ۹۸٪ آن را تشکیل می‌دهد [۷]. مقدار قابل توجهی از لیمونن در قسمت‌های فلاودو (بخش نارنجی پوسته) و آلبیدو (لایه سفید رنگ داخلی پوسته) موجود می-باشد که منجر به ایجاد بو در پرتقال می‌گردد. آلفا پینن ترکیب اصلی روغن تربانتین و از دسته ترپن‌های دو حلقه‌ای و ماده واسط در سنتز ترکیبات عطری می‌باشد که در آب تقریباً نامحلول است، ولی در الکل، کلروفرم و اتر محلول می‌باشد. لینالول از خانواده مونوترپنوئید است که به طور گسترده در صنعت عطرسازی کاربرد دارد. میرسن شامل دو نوع آلفا و بتا می‌باشد، در بسیاری از اسانس‌ها وجود دارد و از دسته مونوترپن‌ها بوده و جزء هیدروکربن‌های طبیعی است. ساختار مولکولی اجزاء در شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل ۱- ساختار شیمیایی اجزای تشکیل دهنده پوست مرکبات [۷]

۲-مروری بر تحقیقات پ یشین

استفاده از پسماندهای غذایی موضوع پژوهش بسیاری از محققین بوده است به دلیل اهمیت و ارزش منابع اولیه توجه به استفاده حداکثری از آن‌ها موضوع روز می‌باشد [۹-۱۰].

[1] Endocarp

به طور مثال در پژوهشی شاهپروری و همکاران استفاده از پسماند کارخانجات تولید گلاب به عنوان ماده رنگزا مورد بررسی قرار داده و استفاده از آن را برای رنگرزی پشم توصیه نموده‌اند [۱۱]. از آنجا که تخمه آفتابگردان برای تهیه روغن غذایی استفاده زیادی دارد، تفاله پوست آن به عنوان پسماند کارخانجات تهیه روغن، بی‌استفاده رها می‌شود. لذا استفاده از پوست تخمه آفتابگردان در پژوهشی برای فرایند رنگرزی مورد توجه قرار گرفته و نخ‌های پنبه، پشم و ابریشم با آن رنگرزی شد. نتایج پژوهش و کیفیت رنگرزی نخ‌های رنگ شده با پوست تخمه آفتابگردان نشان داد که می‌توان از پوست تخمه آفتابگردان به عنوان منبع جدیدی برای رنگرزی استفاده نمود [۱۲-۱۳]. همچنین در پژوهش دیگری [۱۴] از چغندر و کلم قرمز برای حصول فام قرمز در رنگرزی کالای پشمی استفاده شد. نتایج پژوهش ثبات نوری ضعیفی را برای دو رنگزای مورد آزمایش نشان داد. در گزارش پژوهشی که در سال ۲۰۱۷ چاپ شده[۱۴]، از پسماند مرکبات، پوست لیمو و پوست پرتقال، برای رنگرزی کالای نساجی استفاده شد. گزارش شده که در این آزمایش‌ها فام‌های زرد و طلایی و سبز را توانستند در رنگرزی نخ پنبه‌ای به دست بیاورند. استفاده از ۳۰ درصد دندانه، راندمان رنگرزی خوبی را حاصل نمود. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که استخراج رنگزا با ۵۰٪ متانول جذب رنگ خوبی را ایجاد می‌کند و البته جذب رنگزای پوست پرتقال نسبت به پوست لیمو بیشتر بود.

پسماند مرکبات دارای PH پایین (۴-۳) و دارای ترکیبات آلی بالایی هستند. جدول شماره ۱ خلاصه‌ای از ترکیب درصد اجزای مختلف مرکبات را نشان می‌دهد [۱۵-۱۶ و۴].

جدول ۱- ترکیب درصد اجزای مختلف انواع مرکبات

پسماند مرکبات	خاکستر	چربی	پروتئین	پکتین	لیگنین	سلولز	همی‌سلولز
لیمو	۲/۵۲	۱/۵۱	۷/۰۰	۱۳/۰۰	۷/۵۶	۳۳/۰۶	۸/۰۹
پرتقال	۲/۵۶	۴/۰۰	۹/۰۶	۲۳/۰۲	۷/۵۲	۳۷/۰۸	۱۱/۰۴
ماندارین	۳/۲۳	–	۵/۷۸	۲۲/۶	۰/۵۶	۱۰/۱۰	۴/۲۸

محققین [۱۷] برای اسانس‌گیری از پوست پرتقال به بررسی و مقایسه روش‌های تقطیر، تقطیر با بخار آب و پرس سرد پرداختند. در این پژوهش اسانس سه نوع مواد اولیه (پوست پرتقال تازه، پوست پرتقال خشک شده در سایه، پوست پرتقال خشک شده در آون) به دو روش تقطیر با آب و تقطیر با بخار آب، استخراج شد. نتایج نشان داد که هرچند بازده اسانس بدست آمده از پوست خشک بیشتر از پوست تازه بود، ولی کیفیت پوست تازه به نسبت بهتر بود. در مقایسه اسانس گیری از نمونه‌های خشک، فرق چندانی در میزان اسانس مشاهده نشد، ولی اسانس پوست پرتقال خشک شده در آون از کیفیت بهتری بهره‌مند بود. روش تقطیر با آب، برای استخراج اسانس مناسب‌تر است زیرا اسانس پوست پرتقال تازه به‌دست آمده از این روش دارای کیفیت بهتری می‌باشد. در نهایت توصیه شده بود که برای اسانس گیری از پوست پرتقال، ترجیحاً از نوع تازه آن و به روش تقطیر با آب استفاده کرد. در مقاله‌ای میزان جذب کاروتنوئید ضایعات پرتقال را از طریق حلال و ترکیبات حلال بررسی کردند. در نهایت معلوم شد که ترکیب حلال‌ها باعث افزایش بازده کل

کاروتنوئیدها در مقایسه با مقدار بدست آمده توسط هر یک حلال، می شود. میزان کاروتنوئید در مخلوط استون-هگزان-اتانول (۴٪-۴۶-۵۰) بیشتر از سایر مخلوطها بود. همچنین معلوم شد رنگ کاروتنوئیدهای جدا شده از پوست پرتقال می‌تواند برای رنگرزی پارچه های پنبه‌ای با خاصیت پایداری خوب استفاده شود، در این پژوهش اندازه‌گیری ثبات شست-وشویی و نوری نشان داد، سولفات مس بهترین ماده برای بهبود جذب رنگ (K/S) و ثبات نوری است[۱۸]. محققین [۱۹] در پژوهشی دیگر به بررسی استخراج میزان مواد رنگی از ضایعات پرتقال و لیمو بر روی پنبه، به روش استخراج سرد اتانولی پرداختند. مطالعه ای بر روی پوست پرتقال توسط هو(Hou) انجام شده است. پوست پرتقال جز قابل دسترس ترین محصولات جانبی کشاورزی هستند که هم ارزان و هم به فراوانی یافت می‌شوند. روش‌ها و شرایط رنگرزی، ازجمله مقدار pH، دما، زمان و تمرکز برروی عصارهٔ پوست پرتقال بر رنگ پارچه های پشمی رنگرزی شده مورد پژوهش قرار گرفت. در این پژوهش دندانه های سازگار با محیط زیست آلومینیوم و آهن استفاده شد. شرایط مطلوب رنگرزی که شامل دمای رنگرزی ۱۰۰درجه سانتی‌گراد در زمان ۱۲۰ دقیقه و pH= 3 برای رنگرزی مستقیم و pH = 7-8 برای رنگرزی به روش دندانه– رنگرزی همزمان گزارش شده است. ثبات رنگی مناسب برای شستشو با صابون، ثبات سایشی رنگی ثبات رنگی مورد قبول در برابر تابش نور از طریق نمونه آزمایش شدند [۲۱]. نوعی از میوه‌های پرتقال که به وفور در منطقه شمالی اتیوپی کشت می‌شود برای سنتز رنگ و سپس کاربرد آن در رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. ادعا شده که رنگزای طبیعی استخراج شده از این ماده اولیه زیست توده تجدیدپذیر، می‌تواند آلودگی محیطی را کاهش دهد، به صرفه جویی در انرژی کمک کند و علاوه بر این، معیشت کشاورزان را که این نوع پرتقال را کشت می-کنند، بهبود بخشد. در این پژوهش استخراج رنگزا با استفاده از روش استخراج سوکسله انجام شد. حداکثر بازده استخراج رنگزای طبیعی (۴۰,۱۱٪) در نسبت ۰,۰۶۶ گرم / میلی لیتر پوست پرتقال به اتانول در ۴,۹۹۵ ساعت و ۷۹,۹۷ درجه سانتیگراد با مطلوبیت ترکیبی بالا به دست آمد. شناسایی بیشتر گروه‌ها، با استفاده از طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه، حضور فنل‌ها، آلکان‌ها و آمین‌ها را نشان داد. رنگزای تولید شده با استفاده از Na_2CO_3 به عنوان تثبیت کننده روی پارچه پنبه ای انجام شد. ثبات‌های عمومی رنگرزی و نتایج کالریمتری خوب بود، بطوریکه پوست پرتقال مورد آزمایش برای سنتز رنگزای طبیعی توصیه شده است [۲۲]. در پژوهشی دیگر خواص ضد میکروبی پوست لیمو مورد توجه دانشمندان قرار گرفت [۲۳]. در این پژوهش به منظور بررسی پتانسیل استفاده از پوست لیمو ترش، در کاربردهای زیست پزشکی برای بهبود سلامت پوست انسان، پارچه پنبه-ای با عصاره مرکبات تحت شرایط مختلف از جمله دما، مدت زمان، pH و غلظت رنگ رنگرزی شد و از نظر ثبات‌های عمومی رنگرزی و فعالیت ضد میکروبی مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط بهینه بدست آمده برای رنگرزی پارچه، برای حداکثر جذب رنگ در pH =3، دمای رنگرزی ۶۰ درجه سانتیگراد، مدت زمان رنگرزی ۶۰ دقیقه و غلظت رنگزا ۸۰۰٪ براساس وزن کالا بدست آمد. نتایج ثبات مالشی،

شستشویی، تعریق و نور خوب بود. از نظر اثر ضد میکروبی، پارچه رنگرزی شده با غلظت بالا، نرخ کاهش باکتریایی عالی را در برابر استافیلوکوکوس اورئوس تا پنج بار تکرار نشان داد، که نشان‌دهنده نیاز به بهبود دوام ضد میکروبی بود. نتایج پژوهش کیهون و همکاران [۲۴] سودمندی و کارآیی عصاره پوست مرکبات را به عنوان یک رنگزای طبیعی تایید کرد. آن‌ها پارچه های پنبه، ابریشم و الیاف پنبه / توت را با استفاده از عصاره پوست مرکبات رنگرزی نموده و رنگ پذیری و سایر خواص آن‌ها را اندازه گیری کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰ دقیقه برای رنگرزی پارچه های پنبه‌ای و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۶۰ دقیقه برای پارچه های ابریشمی و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و ۶۰ دقیقه برای پارچه های ترکیبی با الیاف پنبه/توت، شرایط بهینه بود. علاوه بر این، نتایج اندازه‌گیری ثبات رنگزا نشان داد که ثبات رنگ برای شستشو، سایشی، عرق و آب عالی بود. با این حال، ثبات رنگ در برابر نور کمی ضعیف بود. علاوه بر این، مشخص شد که پارچه رنگرزی شده با عصاره پوست مرکبات خواص ضد میکروبی جزئی را نیز نشان داد. در پژوهشی دیگر، رنگرزی کالای ابریشمی با عصاره نارس مرکبات ثبات‌های عمومی و خواص ضد میکروبی قابل قبولی را حاصل نمود. درصد رنگزای استفاده شده در این مطالعه ۶۰۰ و ۳۰۰ درصد نسبت به وزن کالا انتخاب شده بود [۲۵]. حاجی و همکارانش از برگ مرکبات به عنوان منبع جدیدی برای رنگرزی سازگار با محیط زیست پشم استفاده کردند [۹]. نتایج نشان داد که بیشترین استحکام رنگ در رنگرزی با استفاده از ۱۵۰ درصد پودر مادۀ رنگزای طبیعی و ۵/۵ درصد سولفات آلومینیوم در pH=8 و دمای ۷۶ درجه سانتی گراد به دست آمد. ثبات‌های عمومی نمونۀ رنگرزی شده در شرایط بهینه مورد آزمایش قرار گرفت و مقادیر قابل قبولی در برابر شستشو، نور و مالش نشان داد. بررسی منابع در دسترس نشان داده به رغم گستردگی مطالعات در زمینه استخراج و شناسایی ترکیبات مرکبات، نتایج تحقیقات دانشمندان در خصوص استفاده از پسماندهای مرکبات در رنگرزی گیاهی بوده و نه برای بهبود رنگرزی با سایر رنگزاهای گیاهی. بنابراین با توجه به اهمیت حرکت درجهت پایداری سبز و بهبود رنگرزی با ضایعات مرکبات و اقتصادی کردن فرآیند تولید آب میوه، سه هدف اساسی در این پژوهش مد نظر است:

۱. استفاده از پسماند مرکبات به منظور بهبود کیفیت رنگرزی کلاف پشمی رنگرزی شده با گیاهان (روناس و اسپرک)

۲. تعیین مواد کمکی مورد نیاز در رنگرزی کلاف پشمی با سایر رنگزاها در حضور پسماند مرکبات

۳. بررسی فام ایجاد شده در استفاده از پسماند مرکبات در فرایند رنگرزی کالای پشمی

۳- تجربیات

۳-۱. مواد و وسایل مورد نیاز

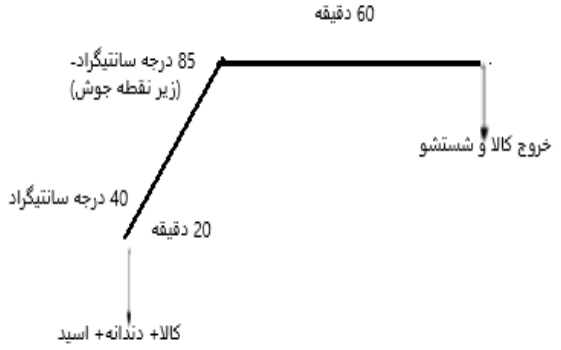
مواد اولیه، وسایل و دستگاه‌هایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۲- مواد و وسایل موردنظر

نوع و نام مواد	ابزار و تجهیزات
گیاه روناس تهیه شده از استان یزد	دستگاه سنجش ثبات نوری (کابینت نوری) ساخت شرکت ریس سنج کشور ایران لامپ UV از نوع B
گیاه اسپرک تهیه شده از استان یزد	دستگاه سنجش اسپکتروفتومتر فرابنفش، LAMBDA35 ساخت شرکت Perkin elmer کشور آمریکا
پوست لیمو ترش و پوست پرتقال تامسون شمال	دستگاه سنجش FTIR مدل TENSOR27 ساخت شرکت BRUKER کشور آلمان
پشم مرینوس دولا تاب نمره ۵ متریک، مورد استفاده در فرش دستباف	دستگاه سنجش کیفیت رنگ (کالریمتری)، ساخت کشور آلمان Color-Eye 3100A from Gretag Macbeth
دندانه زاج سفید، آزمایشگاهی از شرکت مرک	
اسید استیک ، آزمایشگاهی از شرکت مرک	

۲-۳. روش انجام آزمایش

با توجه به مطالعات انجام گرفته در ابتدا پوست تازه مرکبات مشابه آب‌میوه گیری کارخانجات تهیه و سپس مرحله پخت آنها به همراه مادۀ رنگزای روناس و اسپرک به روش جوشاندن انجام شد. بعد از سرد شدن محلول و رسیدن به دمای ۴۰ درجه سانتیگراد، اسید و دندانه و همچنین پشم آبخور شده اضافه و رنگرزی به روش دندانه-رنگ همزمان در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد (زیر نقطه جوش) به مدت یک ساعت انجام گرفت. نسبت حجم حمام به کالا برابر با ۴۰ و در pHحدود ۵ بود. نخ‌های پشمی مطابق نسخه‌های مندرج در جدول شماره۲ با پوست پرتقال و لیمو و همچننی در ترکیب با، با رنگزاهای روناس و اسپرک و با غلظت‌های مختلف از دندانه و اسید مطابق نمودار رنگرزی نشان داده شده در شکل۲ ، رنگرزی شدند. در این پژوهش، به دلیل اینکه فقط تاثیر پوست مرکبات در رنگرزی روناس و اسپرک مد نظر بود و نه سایر متغیرها به همین دلیل از روش دندانه-رنگ همزمان برای رنگرزی استفاده شد.



شکل ۲- نمودار رنگرزی کالای پشمی به روش همزمان

جزییات آزمایش‌های انجام شده، در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- محتویات حمام‌های رنگرزی

کد کالا	رنگزا /روناس و اسپرک	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه
1-1	10%	-	-	4%	4%
1-2	10%	30%	-	4%	4%
1-3	10%	-	30%	4%	4%
2-1	10%	-	-	4%	4%
2-2	10%	50%	-	4%	4%
3-3	10%	-	50%	4%	4%
3-1	30%	-	-	4%	4%
3-2	30%	50%	-	4%	4%
3-3	30%	-	50%	4%	4%
4-1	10%	-	-	-	4%
4-2	10%	50%	-	-	4%
4-3	10%	-	50%	-	4%
5-1	10%	-	-	4%	-
5-2	10%	50%	-	4%	-
5-3	10%	-	50%	4%	-
6-1	30%	-	-	-	4%
6-2	30%	50%	-	-	4%
6-3	30%	-	50%	-	4%
7-1	30%	-	-	4%	-
7-2	30%	50%	-	4%	-

7-3	30%	-	50%	4%	-
8-1	-	50%	-	4%	4%
8-2	-	50%	-	4%	4%
8-3	-	100%	-	4%	4%
8-4	-	-	100%	4%	4%

۳-۳- اندازه گیری ثبات شستشویی، لکه گذاری و ثبات نوری

ثبات شستشویی الیاف پشمی رنگرزی شده طبق روش استاندارد ISO 105-CO4-2010 اندازه‌گیری شد. در اندازه گیری ثبات نوری، جهت تعیین ثبات رنگ نخ در برابر نور، نمونه‌ها در کابینت نوری (ساخت شرکت ریس سنج) با لامپ UV در ۳ بازهٔ زمانی ۸،۱۶ و۲۴ ساعت نوردیدند، و بر اساس استاندارد ISO:105– BO_6 و معیار خاکستری اندازه-گیری‌ها انجام شد.[۲۶].

۳-۴. اندازه گیری پارامترهای رنگی (کالریمتری)

اندازه گیری جذب کالای پشمی رنگرزی شده در این روش بر مبنای طول موج مرئی یعنی محدوده ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر می‌باشد. در این روش میزان جذب مواد رنگزا روی کالا و پارامترهای رنگی اندازه گیری می‌شود. پارامترهای رنگی (L*,a*,b*) و انعکاس(R) نمونه‌های رنگی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی با استاندارد ASTM, D 1925در زیر منبع نوری D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه در سیستم رنگیCIEL*a*b* اندازه گیری شدند. در این سیستم L* بیانگر روشنایی، a* نشان‌دهنده میزان قرمزی یا سبزی و b* نشانه میزان زردی و آبی بودن نمونه است. میزان جذب یا قدرت رنگی (K/S) با استفاده از رابطه کیوبلکا-مانک (رابطه ۱) محاسبه شد که در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R کم‌ترین مقدار انعکاس (بیشترین مقدار جذب) هر نمونه در محدوده طول موج مرئی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر می‌باشد [۲۶].

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

خلوص یا اشباع رنگی که مقدار ناخالصی‌های موجود در رنگزا را نشان می‌دهد با استفاده از رابطه شماره ۲ بدست می‌آید [۲۷].

$C^*: \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ رابطه (۲)

همچنین مقدار زاویه فام در نمونه‌های ابریشمی از رابطه ۳ محاسبه شده است[۲۷] :

$$h^\circ = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$ رابطه (۳)

h°(زاویه فام) ، a^* (میزان قرمزی) ، b^* (میزان زردی)

۳-۵. اندازه گیری میزان جذب با روش طیف سنجی اشعه فرابنفش

در این آزمایش از دستگاه UV Spectrophotometer مدل LAMBDA35 ساخت شرکت Perkinelmer کشور آمریکا استفاده شد. این آزمون برای تعیین غلظت مواد با توجه به طیف نوری قابل جذب توسط آن ماده و شدت جذب آن و امکان مقایسه نمونه‌های محلول قابل بهره‌برداری است. شرایط آنالیز و بررسی مطابق شرایط محیطی آزمایشگاه صورت گرفت، همچنین طیف جذبی با استفاده از محلول نمونه‌ها در داخل سل کوارتز با محدوده طیف گیری ۲۵۰

الی ۷۰۰ نانومتر طبق رابطه (۲) صورت گرفت[۲۰].

رابطه (۲) $A= C\varepsilon L$

که در آن C غلظت محلول رنگزا، ε ضریب خاموشی و A میزان جذب است.

۶-۳. اندازه گیری طیف جذبی مادون قرمز FTIR

در این روش میزان جذب گروه‌های عاملی در ناحیهٔ مادون قرمز، و نیز پیدایش پیک‌های جدید، جهت شناسایی گروه-های وارد شده از مواد رنگزای مختلف در حمام رنگرزی بررسی و اندازه‌گیری شدند. در این آزمایش از دستگاه FTIR مدل TENSOR27 ساخت شرکت Bruker کشور آلمان استفاده و آزمایشات در شرایط محیطی آزمایشگاه انجام شد. طیف‌جذبی نمونه‌ها با استفاده از یک قطره از محلول نمونه‌ها درمحدوده عدد موجی ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ cm^{-1} حاصل شد.

۴-نتایج

رنگرزی نخ‌های پشمی براساس نسخه‌های گزارش شده در جدول ۲، با درصدهای مختلفی از رنگزای روناس و اسپرک و پوست مرکبات نشان داد، استفاده از ۳۰٪ پوست مرکبات تاثیر چندانی در فام رنگی نمونه‌ها ندارد. بنابراین برای اندازه-گیری مقادیر رنگی، آزمایشات انجام شده با ۵۰٪ پوست مرکبات مد نظر قرار گرفت. نمونه‌های گزارش شده در جدول ۳ برگرفته از نسخه‌های انتخابی جدول ۲ می‌باشند که کد اختصاصی به آنها داده شد.

همانطور که نتایج جدول شماره۳ نشان می‌دهد، در نمونه-های حاصل از رنگرزی، حضور۵۰٪ پوست مرکبات در حمام اسپرک و روناس سبب افزایش مقادیر روشنایی شد. به نظر می‌رسد که افزایش پوست مرکبات مانع از جذب مادهٔ رنگزا شده و میزان روشنایی فام را بالا برده است. با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش می‌توان گفت رنگرزی با مرکبات با درصد رنگزای بیشتر، تاثیر در فام را بهتر نشان می‌دهد. با توجه به ارزیابی بصری نمونه‌های رنگرزی شده با ۱۰٪ و ۳۰٪ اسپرک ، مشاهده شدکه درنسخه‌های بدون اسید، نایکنواختی به چشم می‌خورد که به ترتیب میزان نایکنواختی در نمونه شاهد بیش از نمونه رنگرزی شده با پوست پرتقال و در نمونه رنگرزی شده با پوست لیمو از دو نمونهٔ قبلی کمتر بود، به عبارتی لیمو تا حدودی توانسته است نقش اسید را ایفا کند و موجب ایجاد فام روشن‌تر و یکنواختی بر الیاف شده است. اندازه‌گیری مقدار pHحمام-های رنگرزی موید این مطلب بود و مقدار آن برای حمام محتوی پوست لیمو ترش حدود ۰/۵ واحد کاهش را نشان داد.

۱-۴. نتایج کالریمتری

پارامترهای رنگی و نمودارهای جذبی و انعکاسیِ نمونه‌هایی که از نظر بصری تغییرات رنگی قابل ملاحظه‌ای نشان دادند، اندازه‌گیری شد. جهت راحتی کار، نمونه‌ها کدگذاری شده و به همراه مواد و درصد تشکیل دهندهٔ آن‌ها در جدول ۴ ذکر شده‌اند.

جدول ۴- پارامترهای جذب رنگی نمونه‌های انتخابی

کد کالا	رنگزا*	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه	CIEL*a*b*System					K/S
						h°	C*	b*	a*	L*	
W^*_1	30%	-	-	4%	4%	-89	63.9	63.87	-0.72	70.93	20.49
W_2	30%	50%	-	4%	4%	-87	57.9	57.80	-2.75	74.34	20.23
W_3	30%	-	50%	4%	4%	-88	62.2	62.16	-1.99	72.77	20.51
W_4	10%	50%	-	-	4%	-85	57.2	56.97	-4.99	78.90	12.24
M^*_1	30%	-	-	4%	4%	51	41.4	32.03	26.23	43.23	14.40
M_2	30%	50%	-	4%	4%	42	49.96	33.40	37.15	45.81	13.09
M_3	30%	-	50%	4%	4%	40	48.4	31.29	36.93	42.49	14.94
M_4	10%	50%	-	-	4%	38	40.17	24.78	31.61	54.82	5.56
L^*_1	-	50%	-	4%	4%	-82	13.56	13.44	-1.82	81.96	1.07
O^*_1	-	-	50%	4%	4%	-83	11.97	11.87	-1.52	82.12	0.79

*: درصد روناس، اسپرک پوست لیمو ترش و پرتقال بر حسب وزن کالا است.

W: Weld, اسپرک M: Madder, روناس L: Lemon, پوست لیمو O: Orange, پوست پرتقال

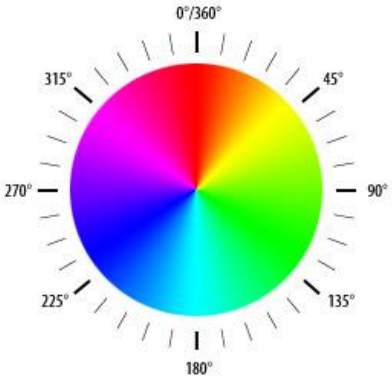
مطابق داده‌ها و نمودارهای بدست آمده می‌توان گفت: پوست لیمو و پرتقال محتوی مقدار ماده رنگزای ناچیزی هستند که بر خلاف تصور، مقدار جذب در پوست لیمو از پوست پرتقال بیشتر است. اما در حضور روناس و اسپرک، پوست پرتقال افزایش بیشتری در میزان K/S یا جذب را نشان می‌دهد و برعکسِ پوست پرتقال ، پوست لیمو به میزان کمی موجب کاهش K/S یا جذب شده است. در بررسی نسخه‌های W_4 و M_4 نیز اینطور می‌توان دریافت کرد که میزان جذب دو رنگزای اسپرک و روناس یک اندازه نبوده و در شرایط یکسان میزان جذب روناس بیشتر بوده است. پارامترهای رنگی نمونه‌ها شامل L*,a*,b* از دیگر نتایج دستگاه اسپکتروفتومتری انعکاسی می‌باشد که L* نشان‌دهنده روشنایی (در محدوده صفر تا صد به ترتیب معرف سیاه تا سفید)، a* در محدوده منفی به مثبت به ترتیب بیانگر تغییر رنگ از فام سبز به قرمز و b* در محدوده منفی به مثبت به ترتیب معرف تغییر رنگ از فام آبی به زرد است. نتایج اندازه-گیری‌ها در جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که، بیشترین میزان روشنایی (L*) مربوط به نسخه‌هایی است که با پوست لیمو همراه هستند و همین‌طور کم‌ترین میزان روشنایی مربوط به پوست پرتقال می‌باشند. لذا این مقادیر همخوانی خوبی با مقادیر K/S دارند که نشان می‌دهد مقدار رنگزای موجود در پشم و عمق رنگی در نمونه‌هایی که رنگزا به همراه پوست لیمو (M_2,W_2) ترکیب شده‌اند به ترتیب کم-تر از نمونه پوست پرتقال (M_3,W_3) و نمونه شاهد (M_1,W_1) می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نمونه‌های اسپرک، پوست لیمو و پرتقال به مقدار کمی موجب کاهش a* و b* شده ولی در روناس، بیشترین میزان a* و b* مربوط به پوست لیمو می‌باشد.

در بررسی نسخه‌های اسپرک، بیشترین میزان روشنایی در نمونه پوست لیمو به همراه اسپرک و کم‌ترین در نمونه شاهد حاصل شد. از آنجا که پوست لیمو ترش میزان سبزی را افزایش می‌دهد در نمونه W_2 برهم کنش میزان سبزی و زردی منجر به کاهش روشنایی نمونه شده است. همچنین بیشترین میزان قرمزی در نمونه شاهد و کم‌ترین در نمونه

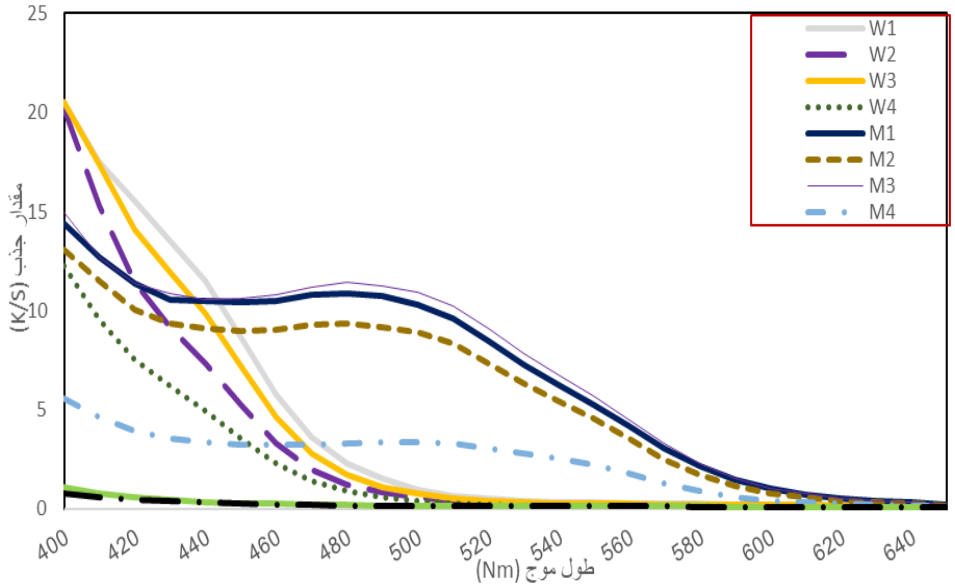
ترکیب با پوست لیمو مشاهده شد. فام سبز پوست لیمو ترش مقدار منفی *a سبب کاهش مقدار کلی قرمزی نمونهٔ رنگرزی شده (W_2) شده است. در بررسی نسخه‌های رنگرزی با روناس، بیشترین میزان روشنایی و قرمزی و زردی مربوط به نمونه ترکیب با پوست لیمو، و کم‌ترین نیز مربوط به نمونهٔ پوست پرتقال می‌باشد. پوست پرتقال به میزان کمی موجب جذب درصد قرمزی بیشتری نسبت به نمونه شاهد شده است.

همین‌طور با توجه به داده‌های مربوط به K/S معلوم می‌شود در هر دو رنگزا میزان جذب بیشتر به‌ترتیب مربوط به نمونه پرتقال، نمونه شاهد و نمونه لیمو است. داده‌های کالریمتری با پوست مرکبات بدون حضور رنگزا به منظور بررس قدرت رنگ‌دهی و جذب پوست مرکبات در جدول شماره ۳ نشان می‌دهد میزان K/S در نمونه پوست لیمو(L_1) بیشتر است، همچنین موجب کاهش *a، *L و افزایش *b به مقدار کم شده است. داده‌های کالریمتری مربوط به دو نمونه کالای رنگرزی شده با پوست لیمو با دو رنگزای اسپرک و روناس بدون حضور اسید در جدول شماره ۳ نشان می‌دهد K/S در نمونه اسپرک بسیار بیشتر از نمونه روناس می‌باشد، همین-طور میزان *L و *b نیز بیشتر می‌باشد. همانطور که شکل شماره ۳ نشان می‌دهد، تغییرات زاویه فام از ۰ تا ۹۰ درجه مربوط به تغییرات فام رنگی قرمز تا زرد است. و تغییرات زاویه فام از ۰ تا ۹۰- (۹۰ تا ۱۸۰ درجه) درجه مربوط به تغییرات فام رنگی زرد تا سبز است. فام رنگی پوست لیمو و پوست پرتقال در ناحیه سبز است، فام سبز این دو رنگزا سبب کاهش میزان قرمزی و زردی رنگزاهای اسپرک و روناس شده است.

نمودارهای جذب رنگ که در شکل ۴ نشان داده شده ، برای هر دو رنگزای اسپرک و روناس، پوست پرتقال سبب افزایش میزان K/S شده است.



شکل ۶- تغییرات زاویه فام [۲۷]



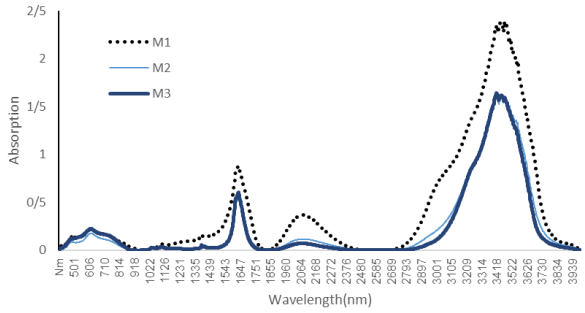
شکل ۴- مقدار جذب رنگ در نمونه نخ‌های پشمی رنگرزی شده با روناس و اسپرک در شرایط مختلف

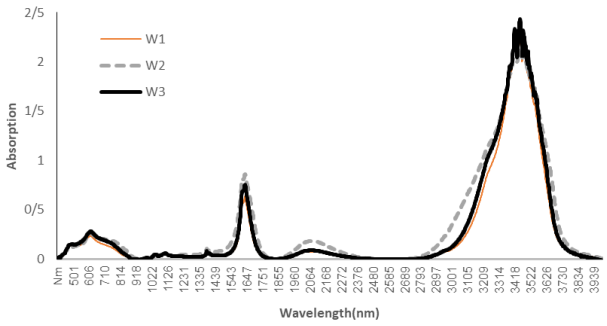
۲-۴. آزمون FTIR برای نمونه‌های منتخب

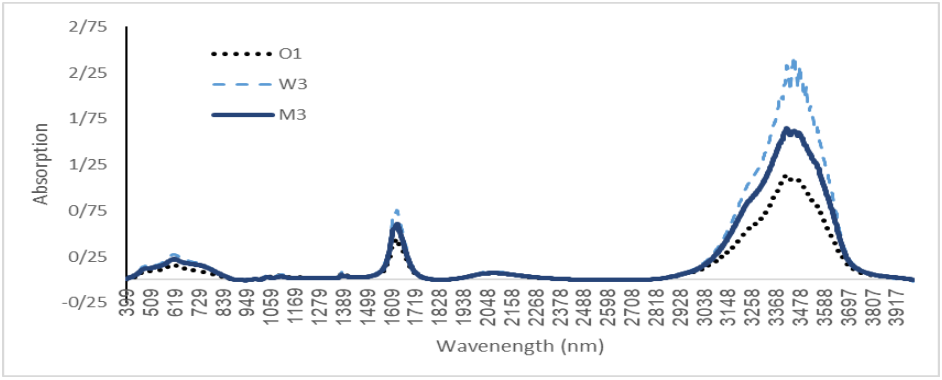
برای آنالیز تغییرات شیمیایی نمونه‌ها ابتدا محلول‌های نمونه-ها مطابق نسخه آزمایش شده آماده شد، سپس طیف آن‌ها با استفاده از یک قطره از محلول نمونه‌ها بین دو پلیت برمید پتاسیم[۱] حاصل شد. نتایج حاصل از طیف مادون قرمز در نمونه شاهد رنگزای اسپرک(W_1) نشان داد که در محدوده ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ که مربوط به گروه‌های OH می‌باشد با اضافه شدن پوست پرتقال و لیمو میزان جذب نیز افزایش یافته است. افزایش ارتفاع پیک در W_2 نشان‌دهنده افزایش نسبی پیوندهای کربوکسیل می‌باشد.

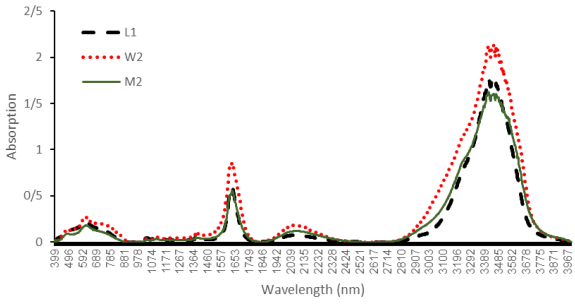
با توجه به نمودارهای نشان داده شده در شکل شماره ۵، استفاده از پوست لیمو و پرتقال تاثیر زیادی در جذب اشعه مادون قرمز نشان نمی‌دهد. حضور پوست پرتقال و لیمو در حمام رنگرزیِ روناس سبب کاهش جذب مادون قرمز در ناحیه عدد موجی Cm^{-1} ۳۰۰۰-۳۵۰۰ نسبت به نمونه شاهد شده، در صورتیکه برای رنگزای اسپرک تغییری مشاهده نشد. کاهش میزان رنگزای اسپرک به مقدار ۱۰٪، سبب کاهش جذب در ناحیه عدد موجی Cm^{-1} ۳۰۰۰-۳۵۰۰ نسبت به روناس شده است، در صورتیکه در غلظت رنگزای ۳۰٪ روند عکس مشاهده شد. در همین ناحیه عدد موجی، میزان جذب محلول حاوی روناس و پوست لیمو با محلول پوست لیمو به تنهایی، تقریبا یکسان بود.

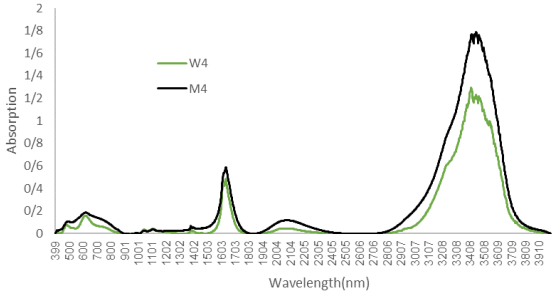
[۱] KBr











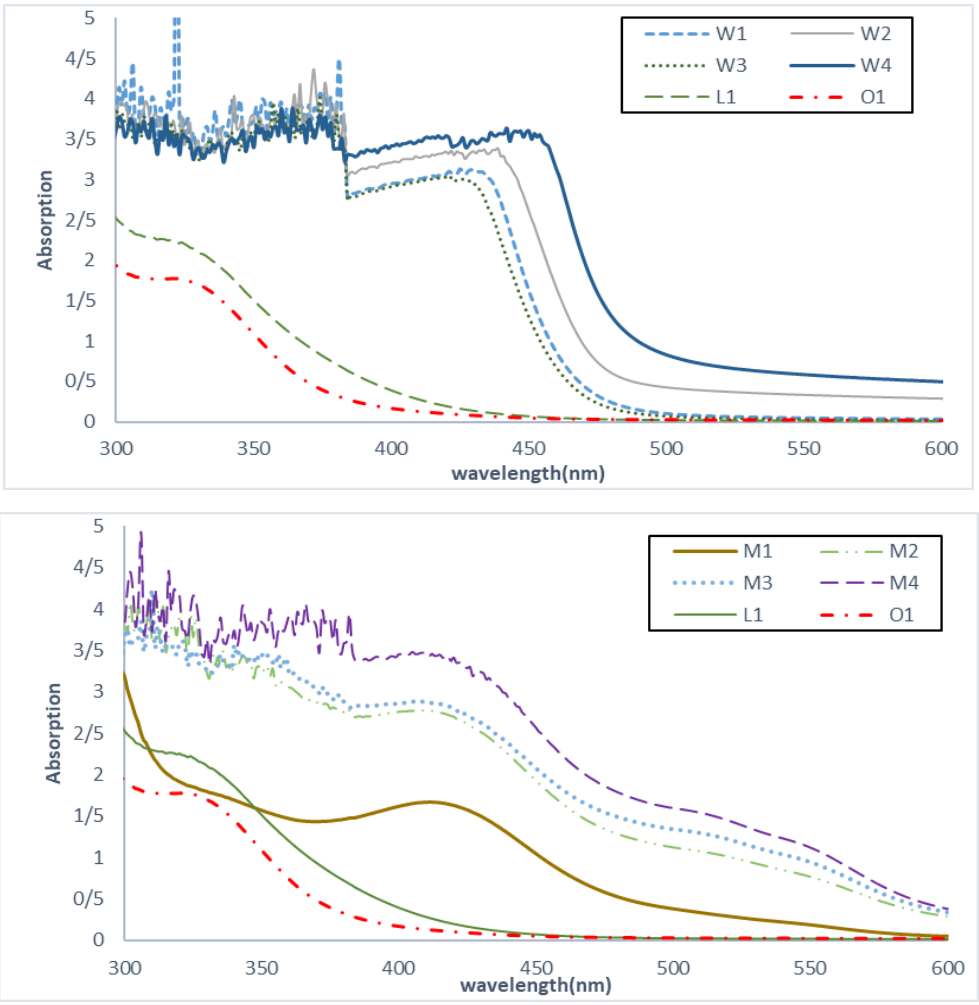
شکل ۵- طیف جذب مادون قرمز نمونه های اسپرک و روناس

۳-۴. نتایج جذب طیف سنجی فرابنفش

برای آنالیز میزان جذب نمونه‌های منتخب، محلول هر نمونـه مطابق نسخه‌های موجود آماده شده و طیف جـذب فـرابنفش آن‌ها اندازه‌گیری شد. در این بررسی نسخه‌های رنگرزی شده با رنگزای اسپرک و روناس با بررسی اثر پوست لیمو و پرتقال و همچنین در نمونه W_4 رنگرزی در عدم حضور اسید صورت

گرفت. با توجه به مقایسه نمودارهای جذبی در شکل ۶، می توان گفت بین طول موج ۲۵۰ تا ۳۰۰ نانومتر، تا حدودی در نسخه W_2 جذب بیشتر بوده است. از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر نیز به نظر می‌رسد کمترین جذب مربوط به نسخه W_4 با مقدار رنگزای اسپرک کمتر می‌باشد، در حالی‌که بیشترین جذب مربوط به W_3 می‌باشد.

در رنگرزی با روناس نیز بیشترین میزان جذب مربوط به M_1 و بعد از آن به ترتیب مربوط به M_2 و M_3 که تقریبا مساوی هستند و کمترین مربوط به M_4 می‌باشد. بیشترین میزان جذب مربوط به نمونه شاهد می‌باشد یعنی جذب در ناحیه فرابنفش در حضور پوست لیمو و پوست پرتقال کاهش یافته است. احتمالا به دلیل خاصیت محافظت کنندگی در برابر تابش اشعه فرابنفشِ پوست لیمو و پوست پرتقال این کاهش مشاهده شد [۲۰].



شکل ۶- طیف جذب فرابنفش محلول رنگی از گیاه روناس، اسپرک، پوست لیمو و پرتقال

۴-۴. ثبات‌های عمومی رنگرزی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ثبات‌های عمومی کالاهای رنگرزی شده، با توجه به شماره هر آزمایش، در جداول ۵ و ۶ آورده شده است.

جدول ۵- ثبات شستشویی، لکه گذاری و نوری نخ‌های پشمی رنگرزی شده با اسپرک در حضور پوست مرکبات

کد کالا	رنگزای اسپرک	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه	ثبات شستشویی	لکه گذاری روی پشم	لکه گذاری روی پنبه	ثبات نوری
1-1	10%	-	-	4%	4%	4-5	4-5	5	6
1-2	10%	30%	-	4%	4%	4	4-5	5	6-7
1-3	10%	-	30%	4%	4%	4-5	4-5	5	6
2-1	10%	-	-	4%	4%	3	3	4-5	6
2-2	10%	50%	-	4%	4%	4-5	4-5	4-5	6
3-3	10%	-	50%	4%	4%	4-5	4-5	4-5	6
3-1	30%	-	-	4%	4%	3-4	4	4-5	6
3-2	30%	50%	-	4%	4%	3-4	4	4-5	6-7
3-3	30%	-	50%	4%	4%	4	4	4-5	6-7
4-1	10%	-	-	-	4%	4-5	4-5	4-5	6-7
4-2	10%	50%	-	-	4%	4	4-5	4-5	6
4-3	10%	-	50%	-	4%	4-5	4-5	4-5	6
5-1	10%	-	-	4%	-	3-4	3-4	4-5	6
5-2	10%	50%	-	4%	-	4	4	4-5	5
5-3	10%	-	50%	4%	-	3-4	3-4	4-5	6
6-1	30%	-	-	-	4%	3-4	3-4	4-5	6
6-2	30%	50%	-	-	4%	3	3	4-5	6
6-3	30%	-	50%	-	4%	4	3-4	4-5	5
7-1	30%	-	-	4%	-	4	3-4	4-5	6
7-2	30%	50%	-	4%	-	4	4	4-5	5
7-3	30%	-	50%	4%	-	4-5	3	4-5	6

جدول ۶- ثبات شستشویی، لکه گذاری و نوری نخ‌های پشمی رنگرزی شده با روناس در حضور پوست مرکبات

کد کالا	رنگزای روناس	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه	ثبات شستشویی	لکه گذاری روی پشم	لکه گذاری روی پنبه	ثبات نوری
1-1	10%	-	-	4%	4%	4-5	3-4	4-5	7
1-2	10%	30%	-	4%	4%	3-4	3-4	4-5	6-7
1-3	10%	-	30%	4%	4%	4	4	4-5	6
2-1	10%	-	-	4%	4%	4-5	4-5	5	7
2-2	10%	50%	-	4%	4%	4	4-5	5	7
3-3	10%	-	50%	4%	4%	3-4	4-5	5	6
3-1	30%	-	-	4%	4%	4	4	3-4	7
3-2	30%	50%	-	4%	4%	4-5	4	4	7
3-3	30%	-	50%	4%	4%	4	4-5	4-5	7
4-1	10%	-	-	-	4%	4-5	4-5	5	7
4-2	10%	50%	-	-	4%	3	4-5	5	6
4-3	10%	-	50%	-	4%	3-4	4-5	5	6
5-1	10%	-	-	4%	-	3	3	4	6
5-2	10%	50%	-	4%	-	4	3	4	5
5-3	10%	-	50%	4%	-	3-4	3	4	6
6-1	30%	-	-	-	4%	4	4-5	4-5	6
6-2	30%	50%	-	-	4%	3-4	4-5	4-5	6
6-3	30%	-	50%	-	4%	4-5	4-5	4-5	5
7-1	30%	-	-	4%	-	3	1	2-3	6
7-2	30%	50%	-	4%	-	3	1-2	2-3	5
7-3	30%	-	50%	4%	-	3-4	1	2-3	6

با توجه به نتایج مندرج در جداول ۵ و ۶ که ثبات نمونه‌های رنگرزی شده هر آزمایش را نشان داده، می‌توان نتیجه گرفت

پوست پرتقال تا حدودی ثبات شستشوی و لکه‌گذاری را نسبت به نمونه‌های شاهد بالا برده است. در بررسی ثبات نوری نیز مشاهده شد، قسمت‌های نور دیده با اصل نمونه‌ها تفاوت چندانی نداشتند، ولی به‌صورت کلی به نظر می‌رسد در کالاهای رنگرزی شده با روناس همراه پوست پرتقال، لیمو و نمونه شاهد به ترتیب ثبات نوری کم‌تری ازخود نشان داده‌اند، در رنگرزی با اسپرک این تفاوت‌ها کم‌تر به چشم خورد. به طور کلی می‌توان گفت استفاده از پوست مرکبات تا حدود کمی ثبات نوری را کاهش می‌دهند. ترکیبات فلاونوئیدی که پوست لیمو و پرتقال وجود دارد، می‌تواند عامل کاهش ثبات نوری شده باشد.

۵-۴. بررسی خاصیت معطرنمودن و بهبود زیر دست با پوست مرکبات

محققین زیادی روی خاصیت خوش‌بوکنندگی ترکیبات گیاهی روی منسوجات کار کرده و نتایج قابل قبولی را گزارش نموده اند[۲۸-۳۰]. همانطور که پیشتر اشاره شد، مرکبات حاوی روغن و اسانس‌های متنوعی هستند که سبب ایجاد بوی معطر می‌شود. یکی از اهدافی که در این تحقیق دنبال شد، بررسی خاصیت معطر نمودن و بهبود زیر دست کالای پشمی رنگرزی شده در حضور مرکبات بود. برای بررسی این خاصیت گرچه در روش‌های پیشرفته بوسیله اندازه‌گیری میزان بخارهای ساطع شده از نمونه‌ها مطابق رابطه شماره ۵ و یا از بویایی سنجی دیجیتال (بینی مجازی) استفاده می‌شود. (خاصیت معطر کنندگی: Deodorization performance)

$$\text{Deodorization performance (\%)} = C_b - C_s / C_b \times 100$$

که در آن C_b میزان گاز درون لوله بدون نمونه رنگرزی شده و Cs میزان گاز درون لوله با نمونه نخ یا پارچه رنگرزی شده[۲۹]

در تحقیق حاضر، به دلیل محدودیت‌های دستگاهی، سنجش خاصیت معطر کردن و بهبود زیر دست به صورت کیفی بررسی شد. از یک جامعه آماری متشکل از بانوان و آقایان در سنین مختلف و بی‌اطلاع از شرایط نمونه ها بهره گرفته شد. نمونهٔ۳۰ نفره در ۲ گروه ۱۵ نفره آقا و خانم که آن‌ها هم به ۳ گروه ۵ نفره از سنین ۲۰ تا ۵۰ سال تقسیم شدند، مورد پرسش قرار گرفتند. نمونه نخ‌های رنگرزی شده پس از گذشت یک ماه از فرایند رنگرزی مرطوب شده و بویی که از آن استشمام می‌شد مورد پرسش قرار گرفت. همچنین پرسش شوندگان احساس خود را از میزان نرمی نمونه نخ-های خشک درجه گذاری و اعلام کردند. نتایج حاصله مطابق جدول شماره ۷ و ۸، با ذکر محتویات هر نمونه بر اساس میزان خوش‌بویی و نداشتن بوی نامطبوع پشم به ترتیب از شماره ۱تا ۳ ارزش‌گذاری و بررسی شد. با توجه به مقایسه‌ی نتایج اعلام شده، در خصوص بررسی اثر بویایی و زیردستی(نرمی) نخ‌های رنگرزی شده در حضور پوست لیمو و پرتقال و نسخه شاهد (بدون حضور مرکبات) صورت گرفت، با در نظر گرفتن اکثریت پاسخ‌های دریافتی می‌توان نتیجه گرفت که به ترتیب بهترین زیردستی (نرمی) مربوط به نخ-های رنگرزی شده با پوست پرتقال می‌باشد و پس از آن نسخه‌های شاهد، در آخر نیز نمونه رنگرزی شده با پوست لیمو قرار می‌گیرد، به عبارتی پوست لیمو نمی‌تواند زبری پشم را از بین ببرد و تا حدود کمی موجب زبری الیاف نسبت

به نسخه شاهد خود (بدون پوست لیمو) شده است. همانطور که قبلا مشاهده شد در رنگرزی با پوست لیمو امکان حذف اسید وجود داشت. شاید به این دلیل سبب زبری زیر دست کالای پشمی شده باشد. همچنین با بررسی اثر بویایی به‌جا مانده در الیاف رنگرزی شده، به طور تقریبی اکثر الیاف رنگرزی شده با پوست لیمو، دارای بوی مطبوع‌تر و همچنین بوی نامطبوع پشم تقریبا از بین رفته بود. بعد از آن در مواردی الیاف رنگرزی شده با پوست پرتقال در رتبه دوم و الیاف شاهد در رتبه سوم قرار دارد، به‌صورت کلی می‌توان این‌طور برداشت کرد که پوست لیمو و پرتقال می‌توانند در از بین بردن بوی نامطبوع پشم مؤثر واقع شوند.

جدول ۷- بررسی مؤلفه بو و زیردستی پشم: الف) نمونه‌های رنگرزی شده با اسپرک در حضور مرکبات

کد کالا	اسپرک	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه	نتیجه ارزیابی اثر بو			سنجش زیردستی پشم		
						۱	۲	۳	۱	۲	۳
1-1	10%	-	-	4%	4%		*				*
1-2	10%	30%	-	4%	4%			*	*		
1-3	10%	-	30%	4%	4%	*			*		
2-1	10%	-	-	4%	4%		*			*	
2-2	10%	50%	-	4%	4%			*			*
3-3	10%	-	50%	4%	4%	*			*		
3-1	30%	-	-	4%	4%		*			*	
3-2	30%	50%	-	4%	4%						*
3-3	30%	-	50%	4%	4%	*		*	*		
4-1	10%	-	-	-	4%			*		*	
4-2	10%	50%	-	-	4%	*					*
4-3	10%	-	50%	-	4%		*		*		
5-1	10%	-	-	4%	-			*		*	
5-2	10%	50%	-	4%	-	*					*
5-3	10%	-	50%	4%	-		*		*		
6-1	30%	-	-	-	4%			*		*	
6-2	30%	50%	-	-	4%	*					*
6-3	30%	-	50%	-	4%		*		*		
7-1	30%	-	-	4%	-			*	*		
7-2	30%	50%	-	4%	-	*					*
7-3	30%	-	50%	4%	-		*			*	

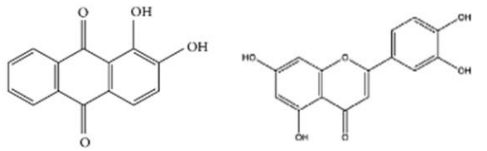
جدول ۸- بررسی مؤلفه بو و زیردستی پشم: ب) نمونه‌های رنگرزی شده با روناس در حضور مرکبات

کد کالا	روناس	پوست لیمو	پوست پرتقال	اسید	دندانه	نتیجه ارزیابی اثر بو			سنجش زیردستی پشم		
						۱	۲	۳	۱	۲	۳
1-1	10%	-	-	4%	4%		*			*	
1-2	10%	30%	-	4%	4%			*			*
1-3	10%	-	30%	4%	4%	*			*		
2-1	10%	-	-	4%	4%		*			*	
2-2	10%	50%	-	4%	4%			*			*
3-3	10%	-	50%	4%	4%	*			*		
3-1	30%	-	-	4%	4%			*			*
3-2	30%	50%	-	4%	4%	*				*	
3-3	30%	-	50%	4%	4%		*		*		
4-1	10%	-	-	-	4%			*			*
4-2	10%	50%	-	-	4%	*			*		
4-3	10%	-	50%	-	4%		*		*		
5-1	10%	-	-	4%	-			*		*	
5-2	10%	50%	-	4%	-	*					*
5-3	10%	-	50%	4%	-		*		*		
6-1	30%	-	-	-	4%			*		*	
6-2	30%	50%	-	-	4%		*				*
6-3	30%	-	50%	-	4%	*			*		
7-1	30%	-	-	4%	-			*	*		
7-2	30%	50%	-	4%	-		*				*
7-3	30%	-	50%	4%	-	*				*	

۵-بحث

در این بررسی نمونه رنگرزی شده با رنگزای روناس، با بررسی اثر پوست لیمو و پرتقال مقایسه شد، نتایج حاصل از طیف مادون قرمز در نمونه‌ها با توجه به نمودار شکل ۴ نشان داد که در بیشتر پیک‌های بدست آمده به ترتیب مقدار جذب در لیمو و پرتقال کاهش یافته است. همچنین محدوده ۱۰۰ تا ۱۱۵۰ نانومتر مربوط به اتصالات C-O-C می‌باشد که در طیف نمونه M_3 مشاهده می‌شود. در طیف مادون قرمز نمونه‌های رنگرزی شده با پوست لیمو و بدون اسید با دو رنگزای اسپرک(W_4) و روناس(M_4) همان‌طور که مشاهده می‌شود پیک مربوط به کربوکسیل در محدوده ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ در نمونه رنگرزی شده با روناس افزایش داشته است. به طور کلی با توجه به اینکه تغییر در سایر پیک‌ها چندان نبوده، رفتار پوست لیمو در هر دو رنگزا مشابه عمل کرده است و تنها به میزان بسیار کمی میزان جذب در نمونه روناس بیشتر بوده است. L_1 نمونه نخ پشمی رنگرزی شده با پوست لیمو بدون رنگزا، و دو نمونه بعدی W_2 و M_2 به ترتیب همراه با رنگزای اسپرک و روناس می‌باشد. همان‌طور که در طیف‌ها مشاهده می‌شود تنها تفاوت چشم‌گیر مربوط به گروه‌های کربوکسیل و گروه‌های هیدروکسی در محدوده ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ می‌باشد که با توجه به پیک‌های بدست آمده به ترتیب در دو نسخه رنگرزی شده، مربوط به گروه‌های عاملی موجود در ساختار رنگزای گیاه اسپرک و روناس است. همان‌طور که در شکل ۶، ساختار مواد رنگزای اسپرک و روناس نشان می‌دهد، تعداد گروه‌های هیدروکسی که در محدوده ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ بر نانومتر جذب دارند، در اسپرک بیشتر از روناس می‌باشد. در اجزای شیمیایی موجود در پوست مرکبات فقط لینالول حاوی گروه هیدروکسی است. و شاید به این جهت فقط مقدار ناچیزی سبب افزایش جذب در این ناحیه برای رنگزای اسپرک شده است. اما مساله مهم

این است که حضور پوست مرکبات در حمام رنگرزی روناس، به ترتیب سبب کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسی و جذب در ناحیه ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ بر سانتیمتر و گروه‌های کربونیل در محدوده ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ بر نانومتر شده است. یک نوار جذب قوی در مرکز ۳۳۷۵,۳۷ نانومتر وجود گروه OH در کربوکسیلیک اسید و یک نوار با مرکز ۱۷۱۸,۵۲ نانومتر مربوط به وجود ارتعاش کششی C-O اسیدهای کربوکسیلیک در اسیدهای سیتریک نشان می دهد. عمیق ترین پیک مربوط به C=O در یک گروه کربونیل، که یک ترکیب رایج در فلاونوئیدها در ۱۶۳۷,۵۱ نانومتر است، مشاهده شد. این نتایج نشان می دهد که پوست مرکبات مورد استفاده در این مطالعه به نظر می رسد حاوی فلاونوئیدهایی است که روی جذب رنگزای اسپرک و روناس تاثیر گذاشته و علاوه‌براین برخی از عملکردهای زیست فعال را نشان می دهد. احتمالا افزایش این نوع از گروه‌های فلاونوئید سبب کاهش بوی نامطبوع شده باشد. البته در جذب فرابنفش، گروه‌هایی در محلول رنگی روناس و اسپرک در حضور پوست مرکبات بوجود آمده که سبب افزایش جذب در این ناحیه شده است. پوست لیمو و پرتقال می‌توانند در از بین بردن بوی نامطبوع پشم مؤثر واقع شوند. لیمونن که اصلی‌ترین جزء شیمیایی اسانس مرکبات بوده همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شد، دارای ساختار حلقوی و هیدروکربنی است که قادر به تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌باشد. از آنجا که مقدار قابل توجهی از لیمونن در قسمت‌های فلاودو (بخش نارنجی پوسته) و آلبیدو (لایه سفید رنگ داخلی پوسته) موجود بوده و منجر به ایجاد بو در پرتقال می‌گردد، وارد فرایند رنگرزی شده و بخش غیر فرار آن با تشکیل پیوندهای هیدروژنی به کالای پشمی و رنگزای روناس یا اسپرک (شکل ۷) متصل شده است. تشکیل کمپلکس بین دو رنگزا و کالا نه تنها سبب افزایش ثبات‌های عمومی رنگرزی شده، بوی نامطبوع را ازبین برده بلکه زیر دست کالا را نیز بهبود بخشیده است. افزایش جذب در ناحیه ۱۷۱۸,۵۲ نانومتر می‌تواند به وجود ارتعاش کششی C-O اسیدهای کربوکسیلیک در اسیدهای سیتریک نسبت داده شود. همچنین روغن پوست مرکبات موجود در کیسه‌های روغن بیضی و در بخش فلاودو در دمای بالای حمام رنگرزی وارد فرایند شده و توسط بخش هیدروفوب پشم جذب شده و منجر به بهبود زیر دست کالا شده است. مقایسه پارامترهای رنگی در نمونه نخ‌های رنگرزی شده با روناس و اسپرک، نشان می‌دهد که پوست لیمو سبب کاهش میزان زردی و جذب رنگزا در نمونه نخ رنگرزی شده با اسپرک شده در صورتیکه در مورد روناس، پوست لیمو میزان زردی و آبی افزایش یافته اما در نهایت مقدارجذب کاهش یافته است. برهم‌کنش میزان سبزی در پوست لیمو با میزان قرمزی در روناس، سبب کاهش نهایی میزان قرمزی شده است. احتمالا برهم‌کنش بین ساختارهای هیدروکربنی اجزای پوست مرکبات سبب کاهش جذب رنگ شده است. به دلیل خاصیت اسیدی پسماندهای مرکبات، براساس داده‌های جدول ۱، مقدار اسید مورد نیاز در فرایند رنگرزی را می‌توان کاهش داد.



شکل ۷- ساختار شیمیایی ماده رنگزای روناس (آلیزارین) اسپرک (رسدالوتئولا) [۲۶]

۶-نتیجه‌گیری

در این تحقیق از پوست پرتقال و لیموترش برای بهبود کیفیت رنگرزی کالای پشمی در حضور روناس و اسپرک استفاده شد. هدف از کاربرد پوست مرکبات به دلیل امکان سنجی بهبود استفاده از انبوه پسماند مرکبات در صنایع غذایی بوده است. نتایج رنگرزی نشان داد که امکان کاهش مقدار اسید مصرفی فرایند رنگرزی گیاهی مخصوصا در حضور پوست لیمو ترش وجود دارد. نتایج طیف سنجی و کالریمتری نشان داد که هر دو ماده روی نتایج جذب مادون قرمز و جذب در ناحیه فرابنفش تاثیر گذاشته و یا سبب تغییر میزان جذب شده و یا پیک‌های جدیدی حاصل شد.

در این پژوهش به دلیل استفادهٔ مستقیم از پوست مرکبات در فرایند رنگرزی مقدار آن‌ها ۵۰٪ وزن کالا در نظر گرفته شد، در صورتیکه محققین قبلی مقدار آن‌ها را به عنوان مادهٔ رنگزا تا ۹۰۰٪ وزن کالا و حتی مقدار دندانه را تا ۳۰٪ به‌کار برده بودند. در حمام آبی (روش بکار رفته) مقداری ماده‌ی رنگزا از پوست لیمو ترش و پرتقال استخراج و وارد حمام رنگزا شده زیرا نتایج کالریمتری و مقادیر رنگی نمونه نخ‌های رنگرزی شده را تغییر داده است. تغییر میزان قرمزی در حضور پوست پرتقال و جذب در ناحیه فرابنفش در حضور پوست مرکبات بیشتر شد. ایجاد بوی معطر و تغییر زیر دست کالای رنگرزی شده با روناس و اسپرک در حضور پوست مرکبات در مقایسه با نمونه‌های شاهد، حاکی از حضور اسانس‌های معطر و روغن طبیعی موجود در پوست پرتقال در کالای رنگرزی شده است. این نتیجه می‌تواند با بکارگیری سایر روش‌های استخراج، مواد موثر از پوست لیمو و پرتقال را به‌طور کامل خارج و بر روی کالای نساجی هدایت نماید. براساس نتایج کلی حاصل شده، پسماند مرکبات می‌تواند به عنوان بهبود دهندهٔ فرایند رنگرزی طبیعی پیشنهاد شود.

۶-مراجع

۱- هندی‌نژاد ر. ، مقایسه روش‌های مختلف استخراج عصاره و اسانس روغنی پوست پرتقال و تأثیر آن‌ها در پایدار سازی روغن آفتابگردان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۳۹۴.

۲-رهنما ف. ، استخراج ترکیبات فلاونوئیدی از گزنه به روش آب زیر بحرانی و بررسی خواص آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی (گرایش بیوتکنولوژی)، دانشگاه نوشیروانی بابل، ۱۳۹۵.

۳-ک. جایمند، م. رضایی، تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، شماره انتشار(۹)، ۲۶۹، ۱۳۸۰.

4-**https://fa.tr2tr.wiki/wiki/Citrus** مشاهده شده در اردیبهشت ۱۴۰۱

5-(**http://sanatghaza.com**/، مشاهده شده در آذر ۱۴۰۰)

6-Guimarães, R., Barros, L., Barreira, J. C. M., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2010). Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: Grapefruit, lemon, lime and orange. Journal of Food and Chemical Toxicology, 48: 99-106.

7-Berka-Zougali, B., Besombes, C., Allaf, T., & Allaf, K. (2014). Extraction of Essential Oils and Volatile Molecules. In Instant Controlled Pressure Drop (DIC) in Food Processing (pp. 97-126). Springer New York.

8-Carlos A. Ledesma-Escobar, María Dolores Luque de Castro, Towards a comprehensive exploitation of citrus, Trends in Food Science & Technology, Vol. 39(1), September 2014.

9-Haji A. , Arefi N. , Application of Response Surface Methodology in Optimization of Dyeing of Wool with Citrus Aurantium Leaves as Natural Dye, Vol. 8, Pages 5-13, 2019.

10-Li K. , Ding Q., Zhang H., Eco-friendly dyeing of cotton fabric using natural dye from orange peel, Journal of the Textile Institute, Volume 113, - Issue 3, 2022

۱۱-شاهپوری.م، بصام.ج،(۱۳۹۰)، رنگرزی نخ پشمی با پسماند گل محمدی حاصل از گلاب گیری و مقایسه آن با رنگزای پوست انار، نشریه گلجام، دوره ۷، شماره ۱۹، تابستان ۱۳۹۰، صفحه ۶۱-۷۴

12-Ahmadi Z., Gholami Houjeghan F., Evaluation of color sensitivity to dyeing parameters in natural dyeing with anthocyanin, j. of Textile and Polymer, June 2017, Vol. 5, No.2

13-Gholami Houjeghan F., Ahmadi Z., Fastness and Dyeing Properties of woolen yarn dyed by sunflower seed huls, 13th ATC, Deakin University Australia, 3-6 Nov. 2015

۱۴-مجد آبادی.ا، طالبیان.ا، (۱۳۹۷)، رنگرزی نخ پشمی با رنگزای استخراج شده از کلم قرمز، کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران

15-Sentthil Kumar C.S., Dhinakaran M., Extraction and Application of Natural Dyes from Orange Peel and Lemon Peel on Cotton Fabrics, IRJET., Vol.4 Issue: 05, 237-238, 2017.

۱۶-حجی خراسانی م. ، باقری نجف آباد م. و رحیمی کشکولی ی.، ،اسانس گیری از پوست پرتقال با استفاده از روش تقطیر با آب و بخار آب، 20th International Congress on Food Technology، Tehran، ۱۳۹۰.

17-Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Brahim, N. B., & Sebei, H. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. Journal of Food Chemistry, Vol.123, 1098-1104, 2010.

18-Kusumawati N., Santoso A., Wijiastuti A., Muslim S., Extraction, Optimization, and Dyeing Standardization using Fresh Orange Citrus Peel on Cotton Fabrics, International J. on Advanced Science Engineering and Information Technology, Vol. 10(3), 1278, 2020.

19-Baaka N., Mahfoudhi A., Mhenni M.F., Orange peels waste as a low cost cotton natural dye, Mor. J. Chem., Vol.5, No.2, 259-265, (2017).

20-Hou X, Chen X, Cheng Y, Xu H, Chen L, Yang Y. Dyeing and UV-protection properties of water extracts from orange peel. Journal of Cleaner Production. Vol.52, 410-419, 2013.

21-Ebuy Werede, S. Anuradha Jabasingh, Hundessa D. Demsash, N. Jaya & Gebreyohannes GebrehiwotEco-friendly cotton fabric dyeing using a green, sustainable natural dye from Gunda Gundo (Citrus sinensis) orange peels, Biomass Conversion and Biorefinery, Vol.10, 45-52, 2021.

22-Yi E. , Sook Yoo E. ,A novel bioactive fabric dyed with unripe Citrus grandis Osbeck extract part 1: dyeing properties and antimicrobial activity on cotton knit fabrics, Textile Research Journal, vol. 80, 20: pp. 2117-2123., 2010.

23-Lee A. R. , Hong J., Yang Y. A. , Yi E., Dyeing Properties and Antimicrobial Activity of Silk Fabric with Extract of Unripe Citrus Unshiu Fruits, Fibers and Polymers, Vol. 11(7), 982-988, 2010,

24-Kihoon K., Haegong K. , Hyuna L., Research on the dyeability and functional property of citrus peel extract as a natural dye, The Research Journal of the Costume Culture, Vol. 22 Issue 3, 431-439, 2014

25-Tayyab N. Ashraf A., Rashidi J., Sayed Abbas Y., Rehman M., Ahmad F. , Awais W., Dyeing and colour fastness of natural dye from Citrus aurantium on Lyocell fabric, industria textile, vol. 71, No., 4350-356, 2020.

۲۶-زهرا احمدی، تاثیر دندانه های گیاهی در رنگرزی نخ پشمی با روناس و اسپرک، علوم و فناوری رنگ، شماره ۲، ۴۱-۵۸، ۱۳۹۹.

۲۷-احمدی ز.، صفی م. ، دهش ن. ، تحلیل رنگ سنجی قالی عمواوغلی با هدف شناسایی اجزای رنگی فرمولاسیون، علوم و فناوری نساجی، دوره جدید، شماره ۹ ،شماره پیاپی ۲۹، صفحه ۵۸-۴۹ ،(۱۳۹۹)

۲۸-خانی گوآبادی م. ، مزروعی سبدانی ز.، خدامی ا.، بررسی روش های مختلف تکمیل کالای خواب با عصاره طبیعی آرامش بخش گل یاسمن، علوم و فناوری نساجی، دوره ۶، شماره ۲، ۲۷-۳۶، ۱۳۹۶.

29-Lee Y. H., Lee S. G., Hwang E. K., Dyeing properties and deodorizing/antibacterial performance

of cotton/silk/wool fabrics dyed with myrrh (Commiphora myrrha) extract, textile research journal, Vol.5, 2016.

30-Hwang E. K., Lee Y. H., Kim H. D., Dyeing, fastness, and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics dyed with gardenia, coffee sludge, Cassia tora. L., and pomegranate extracts, Fibers and Polymers, Vol. 9(3), 334-340, January 2008.