تاریخ دریافت مقالـه: ۱۳۹۶/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش نهایـی: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹

مطالعهٔ سازگاری مواد رنگزای طبیعی در رنگرزی نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌شده با سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم

محمدرضا شاه‌پروری (نویسنده مسئول)
دانشجوی دکتری پژوهش هنر، دانشگاه شاهد
Email: mrshahparvari@yahoo.com

دکتر سیامک صفاپور
استادیار دانشکده فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

دکتر کمال‌الدین قرنجیگ
استاد، گروه پژوهشی مواد رنگزای آلی، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش
قطب علمی رنگ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶
۱۴۵

■ **چکیده:**

برای افزایش گسترهٔ فام رنگی منسوجات، نیاز است رنگرزی با ترکیب دو یا چند مادهٔ رنگزا انجام شود. اما پیش از رنگرزی به صورت مخلوط باید قابلیت یا عدم امکان ترکیب مواد رنگزا، که با معیار درجهٔ سازگاری مطرح می‌شود، مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به لزوم تولید فام رنگی متنوع در فرش دستباف و اهمیت سازگاری مواد رنگزا، این پژوهش به بررسی و مطالعهٔ سازگاری مواد رنگزای طبیعی روناس، اسپرک، جاشیر و پوست گردو روی نخ پشمی می‌پردازد. بدین منظور ابتدا قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا روی نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌شده با سولفات آلومینیوم به عنوان یکی از شیوه‌های رایج تخمین سازگاری اندازه‌گیری شد. نتایج محاسبه بدین شیوه نشان داد منحنی قابلیت رنگرزی سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر مشابه یکدیگر است. در حالی که قابلیت رنگرزی نخ پشمی با مادهٔ رنگزای پوست گردو در مقایسه با سه مادهٔ رنگزای دیگر متفاوت است. بدین ترتیب تشابه قابلیت رنگرزی سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر نشان از سازگاری نسبی این مواد رنگزا دارد. در حالی که تفاوت میان منحنی قابلیت رنگرزی پوست گردو بیانگر سازگاری پایین این ماده در ترکیب با روناس، اسپرک و جاشیر است.

پس از محاسبهٔ قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا، نخ پشمی با ترکیب دوتایی چهار مادهٔ رنگزا با سه نسبت متفاوت رنگرزی شد. سپس درجهٔ سازگاری مواد رنگزا از طریق روابط محاسباتی رایج اندازه‌گیری شد. نتایج محاسبات نشان داد که رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر در ترکیب با یکدیگر درجهٔ سازگاری خوب تا عالی دارند. در حالی که ترکیب پوست گردو با هر یک از سه مادهٔ رنگزای دیگر موجب بروز سازگاری پایین با درجهٔ خیلی ضعیف تا ضعیف می‌شود. علاوه بر آن، نتایج تحقیقات نشان داد دو عامل غلظت هر یک از مواد رنگزا در حمام مخلوط و استفاده از دندانه بر سازگاری تأثیر داشته و موجب تغییر درجهٔ سازگاری مواد رنگزا می‌شود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که مواد رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر سازگاری بالایی در مقایسه با یکدیگر دارند و از قابلیت ترکیب در یک حمام برای رنگرزی نخ پشمی برخوردارند. در حالی که امکان ترکیب سه مادهٔ رنگزای مذکور با پوست گردو به دلیل وجود درجهٔ سازگاری ضعیف وجود ندارد. روش تحقیق این مقاله کاربردی است و شیوهٔ جمع‌آوری اطلاعات آن کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است.

واژه‌های کلیدی: سازگاری مواد رنگزا، رنگرزی طبیعی، مواد رنگزای طبیعی، قابلیت رنگرزی، الیاف پشم.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

■ مقدمه

در دوره‌های زمانی متفاوت همانند عصر نوسنگی، ساسانیان و پس از اسلام از مواد رنگزای طبیعی در رنگرزی الیاف پشمی و پنبه استفاده می‌شده است (Mansour, et al, 2013: 789). این مواد رنگزا افزون بر سازگاری با محیط زیست، مزایای بسیاری همچون عدم ایجاد آلرژی‌های پوستی، زیست تخریب‌پذیری، تولید فام‌های رنگی منحصربه‌فرد، خواص بوزدایی، محافظ فرابنفش و برخی از آن‌ها خواص ویژه‌ای همانند ضد باکتری بودن دارند(Mirjalili et al, 2011: 1045). بدین دلیل این گروه از مواد رنگزا پس از دوره‌ای رکود مجدداً به عنوان جایگزین مواد رنگزای شیمیایی در رنگرزی الیاف مصرفی فرش مورد توجه قرار گرفته‌اند. اما محدودیت‌هایی همانند بازده پایین، فقدان وجود اطلاعات کافی رنگرزی در شرایط بهینه و هزینه‌های بالای تهیهٔ مواد رنگزا مشکلاتی بر کاربرد تجاری و صنعتی این گروه از مواد رنگزا پدید آورده است (Islam et al, 2013: 6).

امکان پایین بازتولید فام رنگی یکسان از دیگر محدودیت‌هایی است که کاربرد مواد رنگزای طبیعی در چرخهٔ صنعت را با مشکل و محدودیت روبه‌رو می‌کند. این در حالی است که به دست آوردن فام رنگی یکسان در برخی از صنایع همانند فرش دستباف به‌شدت حائز اهمیت است و عدم امکان بازتولید فام رنگی خسارات جبران‌ناپذیری برای تولیدکنندگان فرش ایجاد می‌کند.

این محدودیت برای ایجاد تنوع فام رنگی با ترکیب چندین مادهٔ رنگزا به شیوهٔ رنگرزی دو یا چند حمامه تشدید می‌شود. رنگرزی بدین شیوه افزون بر کاهش قابلیت بازتولید فام رنگی از معایب دیگری همانند افزایش زمان فرایند رنگرزی، اتلاف انرژی و مواد اولیه، افزایش هزینه‌های عملیات رنگرزی و تشدید تخریب الیاف بر اثر افزایش مدت حرارت دادن در حمام رنگرزی برخوردار است؛ لذا تنها راهکاری که در آن می‌توان معایب مذکور را کاهش داد و زمینهٔ افزایش بازده رنگرزی و قابلیت رنگ همانندی فام رنگی را فراهم کرد، استفاده از ترکیب مواد رنگزا در یک حمام رنگرزی است. این شیوه مزایایی نظیر امکان ایجاد فام رنگی جدید، افزایش ثبات عمومی مواد رنگزای طبیعی بر اثر ایجاد واکنش مواد رنگزا در داخل الیاف، کاهش زمان انجام فرایند رنگرزی در مقایسه با شیوهٔ چند حمامه، کاهش مقادیر مواد مصرفی، افزایش منفعت اقتصادی و رنگ همانندی را در پی دارد(Samanta et al., 2009: 566) . اما پیش از ترکیب مواد رنگزا لازم است قابلیت ترکیب مواد رنگزا با یکدیگر در حمام رنگرزی مشترک سنجیده شود. برای امکان سنجی ترکیب مواد رنگزا از اصطلاح درجهٔ سازگاری مواد رنگزا استفاده می‌شود. سازگاری مواد رنگزا به ترکیب دو یا چندین مادهٔ رنگزا در یک حمام رنگرزی اطلاق می‌شود که سرعت نفوذ و جذب برابر روی الیاف داشته باشند و در اثر ترکیب مواد رنگزا در حمام مخلوط هیچ تغییری حتی به صورت جزئی بر فام رنگی پیش نیاید. بدین ترتیب درجهٔ سازگاری مواد رنگزا نشان‌دهندهٔ افزایش یا کاهش رنگ همانندی الیاف رنگرزی‌شده به روش مخلوط مواد رنگزاست (خلیلی، ۱۳۸۸: ۴). سازگاری مواد رنگزا به عوامل متعددی نظیر سرعت نفوذ مادهٔ رنگزا، نقطهٔ اشباع الیاف، ساختار و وزن مولکولی مادهٔ رنگزا بستگی دارد. افزون بر این شرایط انجام فرایند رنگرزی نظیر غلظت هر یک از مواد رنگزای موجود در حمام ترکیبی، مواد تعاونی و افزودنی‌ها، تغییرات PH و دما در قابلیت بازتولید فام رنگی و مقدار سازگاری مواد رنگزا نقش مؤثری بر عهده دارد (همان: ۵).

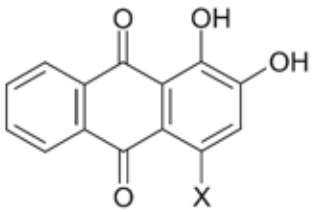
برای محاسبهٔ درجهٔ سازگاری مواد رنگزا شیوه‌های متنوعی همانند بررسی قابلیت رنگرزی، سرعت رنگرزی، تغییرات غلظت مادهٔ رنگزا بر روی الیاف و خواص رنگی نمونه‌ها ارائه شده که عموم آن‌ها برای شناسایی درجهٔ سازگاری مواد رنگزای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است (Khalili & Amirshahi, 2010; Beckmann et al, 1972). در حالی که تاکنون تحقیقات کمی به قابلیت ترکیب و سازگاری مواد رنگزای طبیعی پرداخته است؛ لذا با توجه به اهمیت سازگاری مواد رنگزا برای تولید فام‌های رنگی متنوع، در این پژوهش سازگاری چهار مادهٔ رنگزای روناس، جاشیر، اسپرک و پوست گردو در مقایسه با یکدیگر محاسبه می‌شود.

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

رونـاس یکـی از مـواد رنگـزای پرکاربـرد در صنعـت فـرش دسـتباف اسـت کـه بـرای تولیـد انـواع فـام رنگـی قرمـز و نارنجـی بـر روی الیـاف پشـمی و پنبـه‌ای مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. ایـن مـادۀ رنگـزا از ریشـه‌های گیـاه رونـاس کـه بـه انگلیسـی مـدر[1] نامیـده می‌شـود و نـام علمـی آن روبیـا تینکتـروم[2] اسـت، بـه دسـت می‌آیـد (منتظـر و همـکاران، ۱۳۸۸: ۹۲). طبـق تحقیقـات انجام‌شـده، در ریشـۀ ایـن گیـاه ۲۳ مـادۀ آلـی بـر پایـۀ آنتراکینـون وجـود دارد کـه اغلـب آن‌هـا دارای گروه‌هـای هیدروکسـیل و تعـدادی حـاوی گروه‌هـای کربوکسـیل هسـتند. امـا علی‌رغـم وجـود ایـن تنـوع، آلیزاریـن[3] و پورپوریـن[4] دو مـادۀ رنگـزای مهـم بـا بیشـترین مقـدار در ریشـۀ رونـاس هسـتند(Sadeghi-Kiakhani, 2015: 2362). آلیزاریـن یکـی از ایـن دو مـادۀ رنگـزا بـا فرمـول بسـته $C_{14}H_8O_4$ و وزن مولکولـی ۲۴۰ گـرم بـر مـول اسـت. همچنیـن مـادۀ رنگـزای پورپوریـن بـا فرمـول $C_{14}H_8O_5$ با وزن مولکولـی ۲۵۶ گـرم بـر مـول اسـت. از ایـن رو، عمومـاً وزن مولکولـی مـادۀ رنگـزای رونـاس از مجمـوع وزن مولکولـی دو مـادۀ رنگـزای آلیزاریـن و پورپوریـن تخمیـن زده می‌شـود (Zhang et al., 2008: 1099).

جاشـیر از گیاهـان علفـی و چندسـاله اسـت کـه



تصویر ۱: ساختار شیمیایی آلیزارین (X=H) و پورپورین (X=OH) (مأخذ: Sadeghi-Kiakhani, 2015)

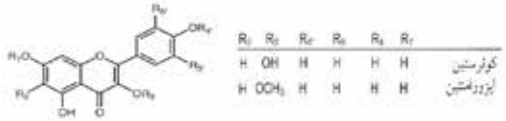
بـرای تولیـد فـام رنگـی زرد در رنگـرزی انـواع الیـاف کاربـردی در صنعـت فـرش دسـتباف مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. محـل رویـش عمـدۀ ایـن گیـاه، کـه

1.Madder
2.Rubia tinctroum
3.Alizarin
4.Porpurine

بـا نـام علمـی پرانگـوس فرولاسـه[5] شـناخته می‌شـود، مناطـق مرکـزی و جنوبـی ایـران هماننـد فـارس، اصفهـان، کرمانشـاه، همـدان و اهـواز اسـت. ایـن گیـاه در مناطـق مرکـزی ایـران بـرای رنگـرزی الیـاف پشـم و ابریشـم مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. جاشـیر حـاوی تعـداد متنوعـی مـواد رنگـزای فلاونوئیـدی کوئرسـتین[6]، ایزورامنتیـن[7] و پـران فریـن[8] اسـت کـه تمامـی سـاختارهای مذکـور غالبـاً رنـگ زرد تولیـد می‌کننـد (قرنجیـگ، ۱۳۸۷: ۷۲).

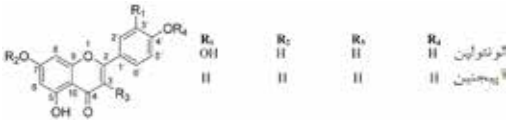
اصلی‌تریـن مـواد رنگـزای موجـود در جاشـیر کوئرسـتین بـا فرمـول کلـی $C_{15}H_{10}O_7$ و ایزورامنتیـن بـا فرمـول کلـی $C_{16}H_{12}O_7$ اسـت کـه سـاختار شـیمیایی آن در تصویـر ۲ نشـان داده شـده اسـت. وزن مولکولـی مـادۀ رنگـزای موجـود در جاشـیر ۴۷۸ گـرم بـر مـول اسـت.(Mouri et al., 2014: 137)

اسـپرک از دیگـر مـواد رنگـزای پرکاربـرد در رنگـرزی الیـاف پشـم اسـت کـه عـلاوه بـر فـام رنگـی زرد، بـرای تولیـد انـواع فـام رنگـی هماننـد نارنجـی و



تصویر ۲: ساختار شیمیایی کوئرستین و ایزورامنتین (مأخذ: Mouri et al, 2014)

سـبز بـا سـایر مـواد رنگـزا در رنگـرزی خامـۀ فـرش دسـتباف مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. ایـن مـادۀ رنگزا از گیاهـی بـا نـام انگلیسـی ولـد[9] و نـام گیاه‌شناسـی رزدا لوتئـولا[10] بـه دسـت می‌آیَـد. ایـن مـادۀ رنگـزا در رَاهنمـای رنگـی بـا عنـوان رنگـزای طبیعـی زرد ۲ و شـمارۀ ۷۵۵۹۰ و ۷۵۵۸۰ شـناخته می‌شـود (منتظـر و همـکاران، ۱۳۸۸: ۱۰۴).



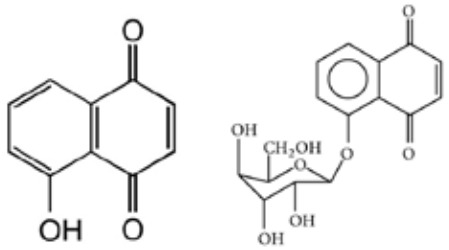
تصویر ۳: ساختار شیمیایی لوتئولین و آپیجنین (مأخذ: Moiteiro, 2008)

5.prangos ferulaceae
6.Quercetin
7.Isorhamnetin
8.Pranfrin
9.Weld
10.Reseda Luteola

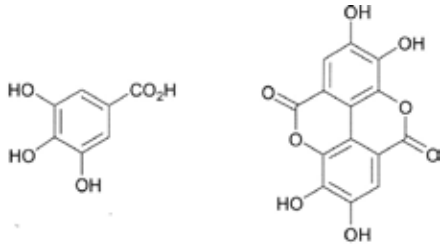
[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

اصلی‌ترین مادهٔ رنگزای موجود در اسپرک لوتئولین[1] با فرمول بسته $C_{15}H_{10}O_6$ و آپیجنین[2] با فرمول بسته $C_{15}H_{10}O_5$ است (Cerrato et al., ۲۰۰۲: ۱۱۸۹)) که مجموع وزن مولکولی مواد رنگزای موجود در اسپرک ۴۴۸ گرم بر مول است (Zhang & Laursen, 2009: 113). تصویر ۳ ساختار شیمیایی دو مادهٔ رنگزای لوتئولین و آپیجنین را نشان می‌دهد.

از دیگر مواد رنگزای مصرفی در رنگرزی خامهٔ فرش دستباف پوست گردو است که از میوهٔ درخت این گیاه به دست می‌آید و با نام انگلیسی والنات[3] و نام گیاهی جوگلان داسه[4] شناخته می‌شود. پوست میوهٔ این گیاه حاوی مقادیر بسیاری مادهٔ رنگزای جاگلون[5] است (قرنجیگ، ۱۳۸۷: ۴۷). از این مادهٔ رنگزا در رنگرزی خامهٔ فرش دستباف برای تولید انواع فام رنگی قهوه‌ای تا مشکی و همچنین کاهش جلای فام رنگی برخی از مواد رنگزا همانند اسپرک یا روناس استفاده می‌شود. جاگلون دارای وزن مولکولی ۱۷۴/۱۵ گرم بر مول با فرمول بسته $C_{10}H_6O_3$ است. اما اتصال



تصویر ۴: مادهٔ رنگزای جاگلون و ترکیبات متصل به آن (مأخذ: Mirjalili & kermani, 2013)



تصویر ۵ :گالیک اسید (راست) و اِلاژیک اسید (چپ) موجود در پوست گردو (مأخذ: Ferreira et al., 2004)

1.Luteolin
2.Apigenin
3.Walnut
4.Jugondacea
5.Juglone

مواد قندی به مادهٔ رنگزا و همچنین وجود درشت مولکول‌های تانینی در پوست گردو، موجب افزایش وزن مولکولی در حدود ۶۶۴ گرم بر مول این مادهٔ رنگزا می‌شود. به طوری که سرعت رنگرزی این مادهٔ رنگزا پایین است (زنگنه، ۱۳۸۵: ۷۳). تصویر ۴ و ۵ به ترتیب ساختار شیمیایی رنگزای جاگلون و مهم‌ترین مواد تانینی موجود در پوست گردو یعنی الاژیک اسید و گالیک اسید را نشان می‌دهد.

جدول ۱ ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر یک از مواد رنگزا همانند متوسط وزن مولکولی مادهٔ رنگزا، زمان ایجاد تعادل مادهٔ رنگزا در رنگرزی نخ پشمی و ضریب نفوذ را نشان می‌دهد. نیاز به توضیح است که منظور از زمان تعادل مدت زمانی است که رنگرزی نخ پشمی با مادهٔ رنگزا به طور پیوسته ادامه یابد تا سرانجام جذب مادهٔ رنگزا بر روی الیاف متوقف شود و ادامهٔ رنگرزی پس از مدت زمان معینی تأثیری بر جذب مادهٔ رنگزا بر روی الیاف پشمی نداشته باشد. جدول ۱ نشان می‌دهد سه مادهٔ رنگزای روناس، جاشیر و اسپرک به سبب برخورداری از وزن مولکولی مشابه زمان تعادل یکسانی دارند. اما مادهٔ رنگزای پوست گردو به سبب برخورداری از وزن مولکولی بالا در مقایسه با سه رنگزای پیشین، برای ایجاد زمان تعادل به انجام رنگرزی طی مدت زمان بیشتری نیاز دارد.

همچنین در این جدول ضرایب نفوذ مواد رنگزای مورد مطالعه بر روی نخ پشمی در رنگرزی با دمای ۹۵°C نشان داده شده است. منظور از ضریب نفوذ تخمین نسبی سرعت نفوذ مادهٔ رنگزا از حمام رنگرزی به درون لیف است. این معیار بیانگر سرعت نفوذ مولکولی، ناشی از انتقال جرم از فازی به فاز دیگر است (جعفری، ۱۳۹۱ :۳۶ و ۳۷). بدین ترتیب ضریب نفوذ مواد رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر به سبب نزدیکی وزن مولکولی مشابه یکدیگر است. در حالی که ضریب نفوذ پوست گردو بر روی الیاف پشم پایین‌تر از سه مادهٔ رنگزای روناس، جاشیر و اسپرک است که به دلیل وزن مولکولی بالای این مادهٔ رنگزاست.

در این پژوهش با توجه به اهمیت بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی در فرایند رنگرزی، میزان سازگاری چهار مادهٔ رنگزای روناس، جاشیر،

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

جدول ۱: خواص شیمیایی و رنگرزی مواد رنگزای مورد مطالعه

مادهٔ رنگزا ویژگی	ساختار مواد رنگزا	متوسط وزن مولکولی مادهٔ رنگزا[1] (گرم بر مول)	زمان ایجاد تعادل در رنگرزی نخ پشمی[2] در دمای جوش (دقیقه)	ضرایب نفوذ مادهٔ رنگزا بر روی الیاف پشم بدون دندانه[3] (در دمای ۹۵°C)	منابع
روناس	آلیزارین، پورپورین	۴۹۶	۹۰	۱۱/۴۱×۱۰−۱۱	[3,2,1]شاه‌پروری، ۱۳۹۴
جاشیر	کوئرستین، ایزورامنتین	۴۷۸	۹۰	۱۴/۷×۱۰−۱۱	[3,1]شاه‌پروری، ۱۳۹۴ [2]Mouri et al., 2014
اسپرک	لوتئولین، آپیجنین	۴۴۸	۹۰	۱۶/۷۲×۱۰−۱۱	[1],Farizadeh et al, 2009 [3,2]شاه‌پروری، ۱۳۹۴
پوست گردو	جاگلون	۶۶۴	۱۲۰	۲۵/۱۲×۱۰−۱۲	[3,2,1]شاه‌پروری، ۱۳۹۴

اسپرک و پوست گردو روی نخ پشمی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور نخست قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزای طبیعی که از معیارهای بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی به شمار می‌آید، مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس نخ پشمی با چهار مادهٔ رنگزای مذکور به روش مخلوط دوتایی در مقادیر متفاوت رنگرزی می‌شود و با استفاده از روابط محاسباتی درجهٔ سازگاری مواد رنگزا در مقایسه با یکدیگر اندازه‌گیری و تعیین می‌شود.

■ تجربیات

• موادمصرفی

در این مطالعه از نخ پشمی مرینوس دو لا ۱۵۰ تکس برای آزمایش‌های رنگرزی استفاده شد. سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم (زاج سفید) برای دندانه دادن نخ پشمی مورد کاربرد قرار گرفت. همچنین پودر روناس، جاشیر، اسپرک و پوست گردو از منابع تجاری، شویندهٔ غیریونی ساخت شرکت نیک‌فام‌شیمی برای شستشوی نخ پشمی، اتانول و متانول با خلوص ۹۶٪ برای استخراج مواد رنگزا و اسید استیک برای تنظیم pH حمام رنگرزی ساخت شرکت مرک آلمان تهیه شد.

• روش‌آزمایش‌ها

استخراج مواد رنگزا

به منظور کاهش میزان خطای ناشی از تغییر میزان رنگزای موجود در مواد گیاهی نخست عملیات استخراج مادهٔ رنگزا انجام شد. برای استخراج مواد رنگزای موجود در ریشهٔ گیاه روناس از تحقیق قرنجیگ و همکاران (۱۳۹۰) استفاده شد. برای انجام دادن این کار، یک گرم از پودر گیاهی روناس در 50ml آب و اتانول به نسبت ۱: ۱ قرار گرفت. فرایند استخراج در دمای ۲۵°C به مدت ۲۴ ساعت با همزن مغناطیسی انجام گرفت. در پایان، عصارهٔ مادهٔ رنگزا برای جداسازی از پسماند گیاهی با کاغذ صافی فیلتر شد. سپس عصارهٔ حاصل در دستگاه تبخیرساز چرخشی تحت خلأ تغلیظ شد. مادهٔ غلیظ‌شده در آون با دمای ۶۰°C به طور کامل خشک شد. وزن پودر به‌دست‌آمده برابر ۰/g۵۲ به ازای هر گرم پودر گیاهی ریشهٔ روناس بوده است.

برای استخراج مادهٔ رنگزای اسپرک از تحقیق سراتو و همکاران (۲۰۰۲: ۱۱۸۹– ۱۱۹۹) استفاده شد. بر مبنای این تحقیق از متانول خالص به عنوان حلال مادهٔ رنگزا استفاده شد. فرایند استخراج در دمای ۳۰°C به مدت ۱۶ ساعت با نسبت ۴۰: ۱ به کمک همزن مغناطیسی انجام گرفت. در پایان، عصارهٔ به‌دست‌آمده با کاغذ صافی فیلتر شد. سپس عصارهٔ حاصل در دستگاه تبخیرساز چرخشی

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

تحت خلأ تغلیظ شد. سپس مادهٔ رنگزای غلیظ‌شده در آون با دمای ۶۰°C قرار گرفت. وزن پودر به‌دست‌آمده برابر ۰/g۲۸ به ازای هر گرم پودر گیاهی اسپرک بوده است.

برای استخراج مادهٔ رنگزای جاشیر از نسخهٔ ارائه‌شدهٔ اسپرک استفاده شد. دلیل کاربرد این نسخه در استخراج مادهٔ رنگزای موجود در جاشیر وجود عامل رنگزای مشابه بر پایهٔ مواد فلاونوئیدی موجود در این گیاه است. از این رو، در پژوهش حاضر تنها از متانول به عنوان حلال با نسبت ۴۰: ۱ (به ازای هر گرم پودر گیاهی جاشیر، چهل میلی لیتر حلال متانول) استفاده شد و فرایند استخراج در دمای ۳۰°C به مدت ۲۴ ساعت به کمک دستگاه همزن مغناطیسی انجام گرفت. در پایان عصارهٔ به‌دست‌آمده با کاغذ صافی فیلتر شد. عصارهٔ مادهٔ رنگزا در دستگاه تبخیرساز چرخشی تحت خلأ قرار گرفت تا حلال از آن جدا شود. به منظور تبخیر کامل حلال و پودرسازی مادهٔ رنگزا، مادهٔ به‌دست‌آمده در آون با دمای ۶۰°C قرار گرفت. وزن پودر به‌دست‌آمده برابر ۰/g۲۲ به ازای هر گرم پودر گیاهی جاشیر بوده است.

همچنین برای استخراج مادهٔ رنگزای موجود در پوست گردو از مطالعهٔ ارائه‌شدهٔ زنگنه (۱۳۸۵) استفاده شد. بر مبنای این مطالعه، از آب با نسبت ۳۰: ۱ استفاده شد و فرایند استخراج به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۰°C به کمک همزن مغناطیسی انجام گرفت. سپس عصارهٔ به‌دست‌آمده با کاغذ صافی فیلتر شده و به منظور جداسازی حلال از مادهٔ رنگزا، عصارهٔ مادهٔ رنگزا در دستگاه تبخیرساز چرخشی تحت خلأ قرار گرفت. در پایان برای پودرسازی کامل، مادهٔ تغلیظ‌شدهٔ رنگزا در دستگاه آون با دمای ۶۰°C قرار گرفت. وزن پودر به‌دست‌آمده از این روش برابر ۰/g۳۶ به ازای هر گرم پودر گیاهی ریشهٔ پوست گردو بوده است.

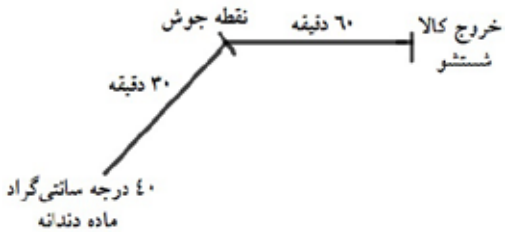
• آماده‌سازی نخ پشمی

برای رنگرزی نخ پشمی نیاز است تا واکس، مواد چربی و زائد از سطح الیاف پشم زدوده شود. بدین منظور نخ پشمی مصرفی در این پروژه با صابون غیریونی شستشو داده شد. برای انجام این عملیات حمامی با L:R ۱:۴۰ حاوی صابون غیریونی با غلظت ۵ گرم بر لیتر تهیه شد. شستشوی کلاف‌های پشمی در دمای ۶۰°C و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس، کلاف‌های پشمی از حمام خارج، آبکشی و در دمای محیط خشک شد.

• دندانه دادن نخ پشمی

از محدودیت‌های استفاده از مواد رنگزای طبیعی، ثبات پایین، عدم تنوع در فام رنگی و تمایل پایین به نفوذ در الیاف است. بدین منظور از مواد کمکی موسوم به دندانه، که عمدتاً از نمک‌های فلزی هستند، برای استحکام پیوند بین رنگزا و لیف، افزایش تمایل ذاتی مادهٔ رنگزا و ایجاد تنوع فام رنگی استفاده می‌شود (Bulut et al., 2014, 560).

در این پروژه از سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم برای دندانه دادن نخ پشمی استفاده می‌شود و تأثیر آن بر سازگاری نخ پشمی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. غلظت سولفات آلومینیوم در این مطالعه میزان ۵٪ نسبت به وزن نخ پشمی (گرم) است. عملیات دندانه‌دهی به شیوهٔ پیش‌دندانه و طبق



تصویر ۶: گراف دندانه دادن کالای پشمی (مأخذ: نگارندگان)

تصویر ۶ انجام گرفت. بر مبنای این شکل نخست حمامی با L:R ۱:۴۰ (به ازای یک گرم نخ پشمی، چهل میلی لیتر آب) فراهم شد. پس از انحلال کامل مادهٔ دندانه در حمامی با دمای ۴۰°C، نخ پشمی داخل حمام قرار گرفت و با اعمال حرارت طی مدت زمان ۳۰ دقیقه دمای حمام به نقطه جوش رسانده شد. سپس با ثابت نگاه داشتن شرایط، فرایند دندانه دادن به مدت ۶۰ دقیقه ادامه داده شد. پس از گذشت مدت زمان مذکور، نخ پشمی از حمام خارج، برای خروج مواد سطحی جذب‌شده آبکشی و در دمای محیط خشک شد.

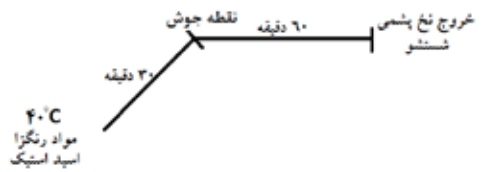
گلجام
دوفصلنامه علمی - پژوهشی انجمن علمی فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

• رنگرزی نخ پشمی با مواد رنگزا

به منظور بررسی و محاسبهٔ درجهٔ سازگاری، رنگرزی نخ پشمی به دو شیوه در حمام رنگرزی منفرد و مخلوط دوتایی مواد رنگزا انجام شد تا بدین طریق بتوان درجهٔ سازگاری مواد رنگزای طبیعی را در مقایسه با یکدیگر محاسبه و تعیین کرد.

ابتدا قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا، که از معیارهای تخمین سازگاری به شمار می‌آید، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور رنگرزی با هر یک از مواد رنگزا در غلظت‌های متفاوت ۲٪، ۵٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ (نسبت به وزن کالا) انجام شد. حمام رنگرزی با L:R ۱:۴۰ (تناسب وزن کالا به حجم حمام رنگرزی) فراهم و از اسید استیک برای تنظیم pH=۵ استفاده شد.



تصویر ۷: گراف رنگرزی با مواد رنگزا (مأخذ: نگارندگان)

سپس عملیات رنگرزی طبق شکل ۷ و بدین شرح انجام شد که با رسیدن دمای حمام رنگرزی به ۴۰°C نخ پشمی داخل حمام قرار گرفت. سپس دمای حمام رنگرزی افزایش یافت تا طی مدت زمان ۳۰ دقیقه به نقطه جوش رسد. با رسیدن دمای حمام به این نقطه، رنگرزی با ثابت نگاه داشتن شرایط به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. پس از گذشت مدت زمان مذکور، نخ پشمی از حمام رنگرزی خارج و به منظور خروج مواد رنگزای سطحی و جذب‌نشده به طور کامل شستشو داده و در دمای محیط خشک شد.

پس از انجام رنگرزی، برای اطمینان از نتایج شیوهٔ فوق و بررسی تغییر غلظت مواد رنگزا در حمام بر درجه سازگاری، رنگرزی نخ پشمی با ترکیب دو مادهٔ رنگزا با سه نسبت متفاوت ۲۵٪: ۷۵٪، ۵۰٪: ۵۰٪ و ۷۵٪: ۲۵٪ انجام شد. همچنین مواد رنگزا به صورت روناس: اسپرک، روناس: جاشیر، اسپرک: جاشیر، پوست گردو: روناس، پوست گردو: اسپرک و پوست گردو: جاشیر ترکیب شدند. نیاز به توضیح است که برای انجام رنگرزی با مقادیر برابر (۱:۱) از ۴۰٪ مادهٔ رنگزا بر حسب وزن نخ پشمی استفاده شد. بدین ترتیب در مجموع ۰/۴ گرم (به ازای ۱ گرم نخ پشمی) از دو مادهٔ رنگزا استفاده شد که با تغییر نسبت‌های مواد رنگزا، مقادیر مصرفی هر یک از مواد رنگزا کاهش یا افزایش می‌یابد. برای انجام رنگرزی حمامی با L:R ۱:۴۰ فراهم و از اسید استیک برای تنظیم pH=۵ استفاده شد. رنگرزی کالای پشمی مطابق تصویر ۷ و به شرح شیوهٔ فوق انجام شد.

• محاسبهٔ قابلیت رنگرزی نخ پشمی با مواد رنگزا

پس از انجام رنگرزی با هر یک از مواد رنگزا در حمام رنگرزی منفرد، قابلیت رنگرزی مواد رنگزا محاسبه و تعیین شد. برای بررسی قابلیت رنگرزی، قدرت رنگی[1] نخ‌های پشمی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی MiniScan Ez ساخت شرکت Hunter Lab و از طریق رابطه کیوبلکا-مانک طبق رابطه ۱ محاسبه شد. در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R کمترین مقدار انعکاس هر نمونه (بیشترین مقدار جذب) در محدودهٔ طول موج مرئی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر است. همچنین بیانگر بیشترین طول موج مختص به هر فام رنگی است که در محدودهٔ طول موج مرئی ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر ظاهر می‌شود.

رابطهٔ ۱
$$\left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda} = \frac{(1-R_{\lambda})^2}{2R_{\lambda}}$$

• محاسبهٔ درجهٔ سازگاری مواد رنگزا

پس از محاسبهٔ قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا، درجهٔ سازگاری آن‌ها با رنگرزی به شیوهٔ حمام رنگرزی مخلوط دوتایی از طریق رابطه پیشنهادی آترتون و همکاران۱۷ (۱۹۵۸) مطابق رابطهٔ ۲ تعیین شد.

رابطهٔ ۲
$$\log\frac{C_{1,S}(t)}{C_{1,S}(0)} = K\log\frac{C_{2,S}(t)}{C_{2,S}(0)}$$

1.Color strength

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

جدول ۲: مقادیر و میزان درجهٔ سازگاری مواد رنگزا (مأخذ: Atherton et al, ۱۹۵۸)

مقادیر سازگاری (K)	۰	زیر ۰/۵	۰/۵–۰/۶	۰/۶–۰/۷	۰/۷–۰/۸	۰/۸–۰/۹	۰/۹–۱
درجهٔ سازگاری	ناسازگار	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی

در این رابطه Ci (t) و Ci (0) به ترتیب بیانگر غلظت مادهٔ رنگزای موجود در حمام پیش و پس از رنگرزی برای هر یک از مواد است. همچنین مقادیر K، که مقادیری مابین یک و صفر است، بیان‌کنندهٔ درجهٔ سازگاری مواد رنگزا خواهد بود. بنابراین طبق جدول ۲، عدد یک بیانگر سازگاری کامل مواد رنگزا و عدد صفر برابر ناسازگاری مواد رنگزا خواهد بود. بدین ترتیب مواد رنگزایی که درجهٔ سازگاری مخلوط آن‌ها برابر خوب تا عالی باشد، از قابلیت ترکیب برخوردار است و با یکدیگر سازگارند. در حالی که مواد رنگزایی که درجهٔ سازگاری آن‌ها ناسازگار تا ضعیف است، قابلیت ترکیب و رنگرزی در حمام مخلوط را ندارند. همچنین انجام رنگرزی یک حمامه برای ترکیب مواد رنگزا با درجهٔ سازگاری متوسط به دلیل احتمال تغییر فام رنگی بر اثر تکرار دفعات رنگرزی توصیه نمی‌شود.

از آن‌جا که پس از رنگرزی غلظت مادهٔ رنگزای باقیمانده در پساب، محلول و نامشخص است، برای تخمین غلظت مادهٔ رنگزا پس از رنگرزی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انتقالی درصد رمق‌کشی مطابق رابطهٔ ۳ تعیین شد. سپس نتیجهٔ نهایی از غلظت اولیهٔ مادهٔ رنگزا کسر و به عنوان غلظت مادهٔ رنگزای موجود در پساب در نظر گرفته شد. در رابطهٔ ۳، E بیانگر میزان رمق‌کشی نهایی (درصد)، A۱ نشان‌دهندهٔ میزان جذب حمام رنگرزی اولیه (بدون انجام رنگرزی)، A۲ مقادیر جذب پساب رنگرزی و A۳ میزان جذب مواد رنگزای موجود در حمام شستشو نخ پشمی پس از رنگرزی است. نیاز به توضیح است که در فرایند رنگرزی پدیدهٔ جذب سطحی رخ می‌دهد که پس از خروج نخ پشمی از حمام رنگرزی با شستشو از سطح لیف خارج می‌شود. برای تعیین مقدار صحیح رمق‌کشی، نخ‌های رنگرزی‌شده با آب مقطر شستشو داده و پس از خروج کامل مواد رنگزای سطحی تعیین شد. سپس مقادیر آن بر جذب موجود پساب رنگرزی افزوده و از حمام اولیه کسر شد.

رابطهٔ ۳
$$\%E = \frac{A_1 - (A_2 + A_3)}{A_1} \times 100$$

■ نتایج و بحث

• بررسی قابلیت رنگرزی

پس از انجام رنگرزی نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌دار با مواد رنگزای حاصل از استخراج روناس، منحنی قابلیت رنگرزی محاسبه و در شکل ۷ ترسیم شد. همان‌گونه که شکل نشان می‌دهد، با افزایش غلظت مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی، مقادیر قدرت رنگی نیز افزایش یافته است. اما با افزایش تدریجی غلظت مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی به مرور از شدت جذب مادهٔ رنگزا کاسته شده و به صورت بسیار جزئی ادامه یافته است که نشان از ایجاد حالت اشباع نخ پشمی دارد. بروز این حالت در رنگرزی به سبب اشغال مکان‌ها و نقاط جاذب الیاف پشم است که در اثر آن پس از گذشت غلظت مشخصی از مادهٔ رنگزا، جذب کاملاً متوقف یا به صورت جزئی ادامه می‌یابد (Bishop, 1955: 170). این رفتار برای رنگرزی نخ پشمی با مادهٔ رنگزای روناس در غلظت ۶۰٪ مادهٔ رنگزا نسبت به وزن نخ پشمی ایجاد شده است.

اما همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استفاده از دندانه موجب افزایش قدرت رنگی نمونه‌ها شده است. دلیل بروز چنین نتیجه‌ای افزایش تمایل ذاتی مادهٔ رنگزا در الیاف بر اثر کاربرد دندانه است (Feiz & Norouzi, 2014: 2508). سولفات آلومینیوم قابلیت ایجاد پیوند کوئوردینانسی با مواد رنگزای روناس در محیط اسیدی (pH=4-5) دارد که در نتیجه موجب افزایش انتقال مواد رنگزا از حمام رنگرزی بر روی لیف خواهد شد (دودانگه و قرنجیگ، ۱۳۹۱: ۱۶۵). اما، چنان‌که در شکل مشاهده می‌شود، رفتار جذب دو نمونه نخ پشمی بدون دندانه و دندانه‌دار مشابه است و اختلاف موجود تنها در مقادیر جذب است.

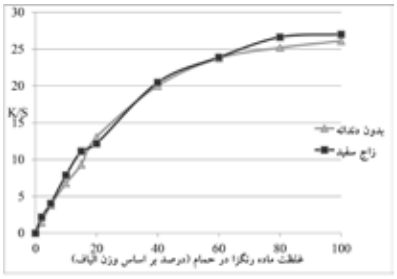
همچنین نتایج بررسی قابلیت رنگرزی مادهٔ رنگزای اسپرک، که در شکل ۸ درج شده، نشان

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

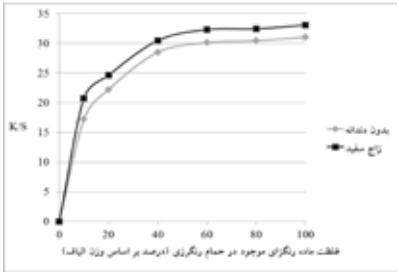
می‌دهد افزایش غلظت مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی تا میزان ۶۰٪ نسبت به وزن کالا با افزایش مقادیر رمق‌کشی و قدرت رنگی همراه است. اما پس از آن، منحنی رمق‌کشی روندی تقریباً یکنواخت داشته است. از این رو غلظت ۶۰٪ مادهٔ رنگزای اسپرک در حمام رنگرزی را می‌توان نقطهٔ اشباع نخ پشمی با مادهٔ رنگزای اسپرک به شمار آورد. همچنین کاربرد دندانه به سبب افزایش تمایل ذاتی مادهٔ رنگزا با افزایش مقادیر جذب مادهٔ رنگزا در الیاف و در پی آن مقادیر قدرت رنگی همراه است (Farizadeh et al., 2009: 408).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری قابلیت رنگرزی نخ پشمی با مادهٔ رنگزای جاشیر در شکل ۹ آورده شد. نتایج نشان می‌دهد افزایش غلظت مادهٔ رنگزا تا محدودهٔ مشخصی با مقادیر افزایش میزان برداشت رنگ و در پی آن قدرت رنگی در الیاف همراه است. اما با افزایش غلظت مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی پس از محدودهٔ مشخصی به سبب اشغال گروه‌های فعال الیاف پشم، جذب توسط الیاف متوقف شده است. شکل ۹ نشان می‌دهد جذب مادهٔ رنگزا تا غلظت ۶۰٪ (نسبت به وزن کالا) در حمام با جذب توسط الیاف همراه است. اما پس از گذشت از این نقطه جذب مادهٔ رنگزا توسط الیاف کاهش می‌یابد. چنان‌که شکل ۹ نشان می‌دهد، رفتار جذب دو نمونهٔ بدون دندانه و دندانه‌دار مشابه است و نقاط اشباع مشترکی دارند. اما استفاده از سولفات آلومینیوم به عنوان دندانه به سبب افزایش تمایل مادهٔ رنگزا موجب افزایش جذب مادهٔ رنگزا در مقایسه با نمونهٔ بدون دندانه شده است (Ahmed, 2009: 34).

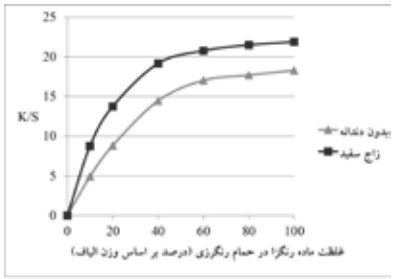
نتایج محاسبهٔ قابلیت رنگرزی نخ پشمی با مادهٔ رنگزای پوست گردو در شکل ۱۰ نشان می‌دهد با افزایش غلظت مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی، مقادیر قدرت رنگی افزایش یافته است. ولی پس از افزایش غلظت مادهٔ رنگزا تا میزان ۴۰٪ نسبت به وزن کالا جذب به صورت بسیار جزئی ادامه داشته است. مقایسهٔ نتایج این نمودار با منحنی قابلیت رنگرزی روناس، اسپرک و جاشیر نشان می‌دهد کاربرد پوست گردو در رنگرزی با نقطهٔ اشباع پایین‌تری در مقایسه با سه رنگزای



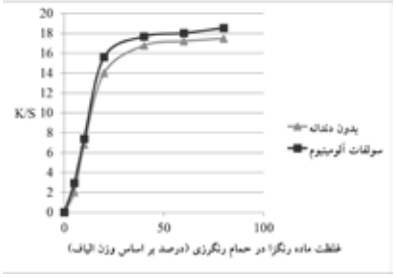
شکل ۸: قابلیت رنگرزی نخ پشمی رنگرزی‌شده با مادهٔ رنگزای روناس (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۹: قابلیت رنگرزی نخ پشمی رنگرزی‌شده با مادهٔ رنگزای اسپرک (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۰: قابلیت رنگرزی نخ پشمی رنگرزی‌شده با مادهٔ رنگزای جاشیر (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۱۱: قابلیت رنگرزی نخ پشمی رنگرزی‌شده با مادهٔ رنگزای پوست گردو (مأخذ: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

دیگـر همـراه اسـت. ایـن نتیجـه را می‌تـوان بـه وزن مولکولـی بـالای ناشـی از وجـود مـواد گلوکزیـدی و تاننـی متصـل بـه ایـن رنگـزا نسـبت داد کـه باعـث اشـغال سـریع مکان‌هـای جـاذب الیـاف می‌شـود. در نتیجـه نقطـهٔ اشـباع پوسـت گـردو در مقایسـه بـا دو مـادهٔ رنگـزای رونـاس و اسـپرک پایین‌تـر اسـت (زنگنـه، ۱۳۸۵: ۱۹ و Julkunen- tutto & Haggman, 2009: 211).

همچنیـن مقایسـهٔ مقـدار برداشـت مـادهٔ رنگـزا در دو نمونـهٔ نـخ پشـمی بـدون دندانـه و دندانه‌شـده نشـان می‌دهـد کاربـرد سـولفات آلومینیـوم تأثیـر چشـمگیری بـر میـزان جـذب مـادهٔ رنگـزا بـر روی نـخ پشـمی نداشـته اسـت. بـه نظـر می‌رسـد ایـن نتیجـه بـه دلیـل حضـور تانن‌هـا در ایـن مـادهٔ رنگزاسـت. زیـرا گروه‌هـای هیدروکسـیل و کربوکسـیل موجـود در تانن‌هـا، عـلاوه بـر آن‌کـه موجـب افزایـش تمایـل ذاتـی مـادهٔ رنگـزا بـرای نفـوذ در نـخ پشـمی می‌شـود، قابلیـت ایجـاد واکنـش و برقـراری پیوندهـای مسـتحکم بـا پشـم بـدون دندانـه را هموار می‌کنـد. ایـن عامـل باعـث می‌شـود تـا بتـوان از پوسـت گـردو و مـواد رنگـزای حـاوی تانـن بـه عنـوان دندانـه در رنگـرزی نـخ پشـمی اسـتفاده کـرد (Shahmoradi ghaheh et al., 2012: 3).

نتایـج بررسـی قابلیـت رنگـرزی نشـان می‌دهـد سـه مـادهٔ رنگـزای رونـاس، اسـپرک و جاشـیر رفتـار مشـابهی در میـزان جـذب و قابلیـت رنگـرزی نـخ پشـمی دارنـد. ایـن عامـل را می‌تـوان بـه وزن مولکولـی و سـاختار شـیمیایی مشـابه سـه مـادهٔ رنگـزا نسـبت داد کـه باعـث می‌شـود نقـاط اشـباع برابـری بـر روی الیـاف پشـمی داشـته باشـند. در حالـی کـه منحنـی قابلیـت رنگـرزی پوسـت گـردو بـه سـبب وزن مولکولـی بـالا، بزرگـی سـاختارهای مولکولـی مـواد تاننـی و اشـباع سـریع مکان‌هـای جـاذب نـخ پشـمی، متفاوت‌انـد. حـال بـا توجـه بـه آن‌کـه وجـود تشـابه در نقطـهٔ ایجـاد حالـت اشـباع و قابلیـت رنگـرزی مـواد رنگـزا از شـیوه‌های تخمیـن و اصـول اولیـه سـازگاری دو مـاده رنگـزا در مقایسـه بـا یکدیگـر بـه شـمار می‌آیـد، انتظـار مـی‌رود ترکیـب دوتایـی هـر یـک از مـواد رنگـزای رونـاس، اسـپرک و جاشـیر بـه سـبب برخـورداری از وزن مولکولـی و قابلیـت رنگرزی مشـابه از سـازگاری نسـبی بـا یکدیگـر برخـوردار باشـند. در حالـی کـه مخلـوط هـر یـک از مـواد رنگـزای رونـاس، اسـپرک و جاشـیر در حمـام ترکیبـی بـا پوسـت گـردو موجـب بـروز سـازگاری پاییـن و یـا ناسـازگاری کامـل می‌شـود.

بـا ایـن حـال اظهـار نظـر در مـورد سـازگاری مـواد رنگـزا از طریـق قابلیـت رنگـرزی بـا حـدس همـراه اسـت و پیـش از محاسـبهٔ دقیـق از طریـق روابـط اثبات‌شـده نمی‌تـوان بـه درجـه و میـزان دقیـق سـازگاری مـواد رنگـزا پـی بـرد. بـه ایـن دلیـل در ادامـه سـازگاری مـواد رنگـزا از طریـق روابـط محاسـباتی ارزیابـی می‌شـود.

■ بررسی سازگاری مواد رنگزا

پـس از محاسـبهٔ قابلیـت رنگـرزی، سـازگاری مـواد رنگـزا در حمـام مخلـوط دوتایـی بررسـی می‌شـود. از آن‌جـا کـه سـازگاری مـواد رنگـزا بـه غلظـت هـر یـک از مـواد رنگـزا در حالـت ترکیـب، وزن مولکولـی و رفتـار جـذب مـواد رنگـزا بـر روی الیـاف بسـتگی دارد، بدیـن منظـور بـرای بررسـی درجـهٔ سـازگاری، الیـاف پشـم بـا ترکیـب دوتایـی مـواد رنگـزا در سـه نسـبت متفـاوت رنگـرزی شـد. سـپس میـزان رمق‌کشـی و غلظـت باقیمانـدهٔ هـر یـک از مـواد رنگـزا در پسـاب اندازه‌گیـری و سـازگاری ترکیـب دو رنگـزا از طریـق روابـط آترتـون و همـکاران (۱۹۵۸) محاسـبه شـد. در رابطـهٔ مذکـور بـا محاسـبه لگاریتـم از کسـر غلظـت هـر یـک مـواد رنگـزا در زمـان معیـن (پـس از انجـام رنگـرزی) بـر روی مقادیـر غلظـت اولیـه مـادهٔ رنگـزا (پیـش از انجـام رنگـرزی) در حمـام رنگـرزی مقادیـر سـازگاری قابـل اندازه‌گیـری خواهـد بـود. پـس از رنگـرزی در حمـام مخلـوط، درجـهٔ سـازگاری هـر سـه نسـبت متفـاوت بـا رابطـهٔ فـوق اندازه‌گیـری و نتایـج آن در جـدول ۳ درج شـد.

بـه طـور کلـی نتایـج ایـن جـدول نشـان می‌دهـد کـه ترکیـب دوتایـی مـواد رنگـزای رونـاس، اسـپرک و جاشـیر درجـهٔ سـازگاری خـوب تـا عالـی دارد. بـروز ایـن علـت ریشـه در وزن مولکولـی، قابلیـت رنگـرزی و رفتـار و در نتیجـه جـذب مـادهٔ رنگـزا بـر روی الیـاف دارد کـه از معیارهـای اصولـی سـازگاری مـواد رنگـزا بـه شـمار می‌آیـد. افـزون بـر ایـن، نتایـج در جـدول ۳ نشـان می‌دهـد تغییـر نسـبت ترکیـب هـر یـک از مـواد رنگـزا موجـب تغییـر در مقادیـر

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

جدول ۳: ترکیب مواد رنگزا، نوع نخ پشمی و مقادیر سازگاری در غلظت‌های متفاوت ترکیب مواد رنگزا (مأخذ: نگارندگان)

ترکیب مواد رنگزا	نمونه	مقادیر سازگاری			درجهٔ سازگاری
		۲۵: ۷۵	۵۰:۵۰	۷۵: ۲۵	
روناس: جاشیر	بدون دندانه	۰/۸۸۹	۰/۹۰۵	۰/۹۳۱	خیلی خوب- عالی
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۹۵۲	۰/۹۳۳	۰/۹۹۰	عالی
روناس: اسپرک	بدون دندانه	۰/۸۱۸	۰/۸۳۳	۰/۹۱۸	خیلی خوب- عالی
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۸۹۲	۰/۸۲۵	۰/۹۳۹	خیلی خوب- عالی
اسپرک: جاشیر	بدون دندانه	۰/۷۹۸	۰/۹۸۵	۰/۸۴۴	خوب- عالی
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۹۳۰	۰/۹۴۹	۰/۹۲۲	عالی
پوست گردو: اسپرک	بدون دندانه	۰/۴۲۶	۰/۴۴۷	۰/۵۹۱	خیلی ضعیف- ضعیف
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۴۴۲	۰/۴۷۰	۰/۵۲۵	خیلی ضعیف- ضعیف
پوست گردو: جاشیر	بدون دندانه	۰/۴۹۸	۰/۵۱۹	۰/۵۴۸	خیلی ضعیف- ضعیف
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۴۷	۰/۵۱۱	۰/۵۳۳	خیلی ضعیف- ضعیف
پوست گردو: روناس	بدون دندانه	۰/۵۳۳	۰/۵۶۳	۰/۶۶۵	خیلی ضعیف- ضعیف
	دندانه‌دار (زاج سفید)	۰/۵۱۷	۰/۵۴۹	۰/۶۴۲	ضعیف- متوسط

درجهٔ سازگاری می‌شود. دلیل بروز این نتیجه را می‌توان تغییر سرعت رنگرزی و جذب در الیاف بر اثر تغییر نسبت هر یک از دو مادهٔ رنگزای کاربردی در حمام رنگرزی اظهار داشت. زیرا در ترکیب دوتایی مواد رنگزا در حمام مخلوط، اصولاً مادهٔ رنگزا با بالاترین نسبت غلظت به سبب سطح تماس بیشتر با الیاف، از سرعت رنگرزی بالاتری در مقایسه با رنگزای دیگر برخوردار است (شاه‌پروری، ۱۳۹۴: ۸۶). اگرچه نتایج این مطالعه نشان می‌دهد با تغییر نسبت هر یک از مواد رنگزا در حالت مخلوط، مقادیر سازگاری افزایش یا کاهش می‌یابد، این تغییر جزئی است و تغییر چشمگیری در درجهٔ سازگاری نشان نمی‌دهد. بدین ترتیب نتایج درجهٔ سازگاری در نسبت‌های مختلف ثابت و مشترک است.

نتایج رنگرزی مخلوط با روناس و جاشیر نشان می‌دهد، مخلوط دو مادهٔ رنگزا با نسبت سه به یک (۷۵٪ :۲۵٪ مادهٔ رنگزا نسبت به وزن کالا) با بالاترین مقدار سازگاری مواد رنگزا یعنی ۰/۹۳۱ برای نمونهٔ بدون دندانه و ۰/۹۹۰ برای نمونهٔ دندانه‌دار همراه است که نشان‌دهندهٔ سازگاری عالی این دو رنگزا با غلظت مذکور است. اما، همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد، استفاده از تناسب برابر یا یک به سه (روناس: جاشیر) برای نمونه بدون دندانه موجب کاهش مقادیر سازگاری مواد رنگزا شده است. اما تغییر مقادیر بسیار جزئی است و چنان‌که نتایج مندرج در جدول نشان می‌دهد تأثیری بر درجهٔ سازگاری و در نتیجه قابلیت ترکیب مواد رنگزا در یک حمام رنگرزی ندارد. بروز تغییرات جزئی در مقادیر سازگاری به دلیل وجود اختلاف جزئی در وزن مولکولی دو رنگزاست که باعث اختلاف در سرعت جذب هر یک از مواد رنگزا در مقایسه با دیگری می‌شود، زیرا جاشیر به سبب وزن مولکولی پایین (۴۷۸ گرم بر مول) در مقایسه با وزن مولکولی روناس (۴۹۶ گرم بر مول) سرعت جذب بالاتری دارد. بدین ترتیب استفاده از غلظت مساوی یا سه برابری مادهٔ رنگزای جاشیر در حمام مخلوط، موجب ثابت نگاه داشتن یا افزایش سرعت نفوذ این ماده در مقایسه با روناس شده و در نتیجه سبب کاهش مقادیر سازگاری می‌شود. در حالی که کاربرد سه برابری روناس نسبت به جاشیر در حمام رنگرزی موجب تقویت سرعت نفوذ روناس می‌شود و در نتیجه باعث افزایش جزئی مقادیر سازگاری شده است. اما به طور کلی نتایج این جدول نشان می‌دهد تغییرات مقادیر سازگاری روناس و جاشیر در اثر تغییر غلظت هر یک از مواد رنگزا در حمام مخلوط بسیار جزئی است. بدین ترتیب دو مادهٔ رنگزا در سه غلظت متفاوت از درجهٔ سازگاری خیلی خوب تا عالی برخوردارند. نیاز به توضیح

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

است که کاربرد دندانهٔ زاج سفید در مخلوط مذکور باعث بروز اختلافاتی در رفتار سازگاری در مقایسه با نمونهٔ بدون دندانه شده است. بدین ترتیب در نمونهٔ دندانه‌دار مشاهده می‌شود که رنگرزی با نسبت سه به یک (روناس: جاشیر) در مقایسه با نسبت برابر از مقادیر سازگاری بیشتری برخوردار است که این نتیجه در مقایسه با نمونهٔ بدون دندانهٔ ترکیب روناس و جاشیر و همچنین مخلوط‌های دوتایی روناس و اسپرک در تناقض است. اما با این حال تغییر مقادیر سازگاری نمونهٔ دندانه‌شده همانند نمونهٔ بدون دندانه جزئی و از درجهٔ سازگاری عالی برخوردار است.

شرایط مشابهی بر سازگاری ترکیب دوتایی روناس و اسپرک حاکم است. این دو مادهٔ رنگزا اختلاف پایینی در مقادیر وزن مولکولی و ضرایب نفوذ دارند. بدین سبب دو مادهٔ رنگزا در غلظت‌های متفاوت از درجهٔ سازگاری خیلی خوب تا عالی برخوردارند. اما از آن‌جا که اسپرک سرعت نفوذ بالاتری دارد، افزایش غلظت این مادهٔ رنگزا در حمام رنگرزی مخلوط در مقایسه با مادهٔ رنگزای روناس باعث کاهش جزئی مقادیر درجهٔ سازگاری می‌شود، اما تأثیر چشمگیری بر درجهٔ سازگاری مواد رنگزا ندارد.

همچنین مطابق نتایج جدول ۳، ترکیب دو مادهٔ رنگزای اسپرک و جاشیر در غلظت‌های مختلف از درجهٔ سازگاری خوب تا عالی برخوردار است. اما رنگرزی در تناسب برابر، موجب استحصال بیشترین مقادیر سازگاری در مقایسه با دو تناسب دیگر می‌شود. دلیل بروز این نتیجه وزن مولکولی دو مادهٔ رنگزای اسپرک و جاشیر است که موجب جذب و نفوذ همزمان دو مادهٔ رنگزا بر روی الیاف می‌شود. اما بررسی سه نسبت مخلوط مورد بررسی نشان می‌دهد تغییر نسبت هر یک از مواد رنگزا نسبت به غلظت کل تأثیر بسزایی در درجهٔ سازگاری ندارد و تغییرات مقادیر سازگاری بسیار جزئی و کم‌اهمیت است. لذا ترکیب دو مادهٔ رنگزای اسپرک و جاشیر با یکدیگر درجهٔ سازگاری مناسبی دارد و قابل ترکیب در یک حمام رنگرزی است.

اما علی‌رغم مواد رنگزای پیشین، نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد ترکیب پوست گردو با هر یک از مواد رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر موجب بروز درجهٔ سازگاری ضعیف و خیلی ضعیف می‌شود. بروز این نتیجه در اثر وجود مواد تانینی در پوست گردوست که باعث تبدیل آن به یک درشت مولکول و در نتیجه باعث افزایش وزن، کاهش سرعت رنگرزی و ضریب نفوذ بر روی الیاف پشم می‌شود؛ لذا ترکیب پوست گردو با هر یک از سه مادهٔ رنگزای دیگر به سبب اختلاف بالا در سرعت جذب و نفوذ در الیاف موجب بروز ناسازگاری می‌شود.

بدین ترتیب در نمونه اسپرک و پوست گردو درجهٔ سازگاری مواد رنگزا در غلظت‌های مختلف در محدودهٔ خیلی ضعیف تا ضعیف قرار دارد. سازگاری پایین مخلوط این دو مادهٔ رنگزا در اثر اختلاف بالای وزن مولکولی، سرعت رنگرزی و ضریب نفوذ دو مادهٔ رنگزا در مقایسه با یکدیگر است. مادهٔ رنگزای اسپرک به سبب دارا بودن وزن مولکولی پایین از سرعت رنگرزی و ضریب نفوذ بالاتری در مقایسه با مادهٔ رنگزای پوست گردو برخوردار است. وجود اختلافات مذکور باعث کاهش درجهٔ سازگاری به درجهٔ ضعیف و خیلی ضعیف می‌شود. نتایج تأثیر غلظت بر میزان سازگاری نشان داد، استفاده از نسبت سه به یک مواد رنگزا (پوست گردو: اسپرک) موجب افزایش مقادیر درجهٔ سازگاری می‌شود. در حالی که با افزایش نسبت مادهٔ رنگزای اسپرک به پوست گردو مقادیر درجهٔ سازگاری مخلوط دوتایی کاهش یافته است. این عامل را می‌توان به افزایش سرعت رنگرزی مادهٔ رنگزای اسپرک و کاهش سرعت رنگرزی پوست گردو نسبت داد که موجب افزایش اختلاف جزئی مقادیر سازگاری مخلوط در مقایسه با دو نسبت دیگر می‌شود. اما به طور کلی تغییر نسبت دو مادهٔ رنگزا تأثیری بر بهبود درجهٔ سازگاری ندارد و اسپرک و پوست گردو قابلیت رنگرزی به صورت مخلوط را ندارند.

با تغییر مادهٔ رنگزای اسپرک به جاشیر در ترکیب با پوست گردو مقادیر سازگاری افزایش جزئی یافته است. تغییر مقادیر سازگاری مخلوط، در اثر افزایش وزن مولکولی جاشیر در مقایسه با اسپرک و کاهش اختلاف میان وزن مولکولی جاشیر با پوست گردو نسبت داد. اما مطابق نتایج مندرج

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۶

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

در جدول ۳ رنگرزی با مخلوط دوتایی پوست گردو و جاشیر همانند ترکیب پیشین رفتار مشابهی نشان می‌دهد. افزایش نسبت پوست گردو تا سه برابر در ترکیب با جاشیر (۷۵٪ :۲۵٪ مادهٔ رنگزا نسبت به وزن کالا) به سبب افزایش سرعت رنگرزی پوست گردو و کاهش اختلاف نفوذ دو مادهٔ رنگزا، موجب افزایش مقادیر سازگاری در مقایسه با سایر نسبت‌ها می‌شود. اما طبق نتایج، تغییر مقادیر سازگاری در نسبت‌های مختلف جزئی است و به طور کلی درجهٔ سازگاری این دو مادهٔ رنگزا خیلی ضعیف- ضعیف است.

نتایج ترکیب مادهٔ رنگزای روناس با پوست گردو نشان می‌دهد، مقادیر سازگاری این مخلوط در مقایسه با دو ترکیب پیشین به طور نسبی افزایش یافته است. درجهٔ سازگاری مخلوط این دو مادهٔ رنگزا در سه نسبت متفاوت، ضعیف تا متوسط و تغییر مقادیر سازگاری مواد رنگزا بسیار جزئی است. همچنین مقایسهٔ درجهٔ سازگاری سه نسبت متفاوت ترکیب این مخلوط رفتاری مشابه با دو ترکیب پیشین را نشان می‌دهد. مقادیر سازگاری این دو رنگزا با کاهش نسبت پوست گردو کاهش یافته است. در حالی که کاربرد نسبت سه به یک (پوست گردو: روناس) در حمام ترکیبی موجب افزایش جزئی مقادیر سازگاری می‌شود. اما با وجود این، نتایج نشان می‌دهد تغییر مقادیر سازگاری بر اثر تغییر نسبت مخلوط دو رنگزا جزئی است و باعث بروز تغییر چشمگیری در درجهٔ سازگاری نمی‌شود. بدین ترتیب مخلوط دو مادهٔ رنگزای روناس و پوست گردو موجب استحصال درجهٔ سازگاری ضعیف تا متوسط می‌شود.

نتایج فوق نشان می‌دهد، ترکیب پوست گردو با هر یک از مواد رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر در حمام رنگرزی مخلوط با درجهٔ خیلی ضعیف- متوسط همراه است که این عامل باعث عدم امکان بازتولید فام رنگی و کاهش بازده رنگرزی می‌شود. به عبارت دیگر، با افزایش اختلاف در وزن مولکولی درجهٔ ناسازگاری میان مخلوط مواد رنگزا افزایش می‌یابد. بدین دلیل نتایج فوق نشان می‌دهد که افزایش اختلاف وزن مولکولی هر یک از مواد رنگزا در ترکیب با پوست گردو موجب افزایش ناسازگاری می‌شود. بنابراین درجهٔ سازگاری پوست گردو در ترکیب با مواد رنگزای روناس، جاشیر و اسپرک به ترتیب کاهش می‌یابد.

افزون بر نتایج فوق مشاهده می‌شود کاربرد نخ پشمی دندانه‌شده با سولفات آلومینیوم در ترکیب دوتایی مواد رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر باعث بهبود نسبی سازگاری مواد رنگزا شده است. دلیل بروز این رفتار به افزایش تمایل مادهٔ رنگزا به نفوذ در الیاف بازمی‌گردد. افزایش تمایل دو مادهٔ رنگزا باعث ایجاد واکنش همزمان سولفات آلومینیوم با گروه‌های فعال مواد رنگزا و در نتیجه باعث جذب همزمان دو مادهٔ رنگزا در الیاف می‌شود. اما علی‌رغم این نتایج کاربرد نخ پشمی دندانه‌دار در رنگرزی با ترکیب مادهٔ رنگزای پوست گردو نتیجهٔ منفی بر سازگاری دو مادهٔ رنگزا دارد. دلیل بروز این نتیجه را می‌توان چنین توضیح داد که کاربرد دندانهٔ سولفات آلومینیوم موجب اِشغال برخی از نقاط جاذب الیاف می‌شود. حال حضور تانن‌های مختلف در پوست گردو (گالیک اسید و الاژیک اسید)، که خود وزن مولکولی بالایی دارند، بر روی نخ پشمی دندانه‌دار موجب کاهش و نقص فرایند نفوذ مادهٔ رنگزا در الیاف می‌شود و این عامل تشدید ناسازگاری میان دو مادهٔ رنگزا را به همراه دارد (Moiz et al, 2010: 76).

بنابراین نتایج محاسبات فوق نشان می‌دهد به طور کلی سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر به دلیل وجود سازگاری مناسب از قابلیت ترکیب در یک حمام رنگرزی برخوردارند. در حالی که امکان ترکیب رنگزای پوست گردو به سبب ساختار شیمیایی و وزن مولکولی متفاوت با روناس، اسپرک و جاشیر وجود ندارد. بدین دلیل می‌توان برای تولید فام رنگی جدید در رنگرزی این سه رنگزای سازگار از شیوهٔ یک حمام استفاده کرد. در حالی که برای تولید فام‌های رنگی که نیاز به ترکیب با پوست گردو دارد، ناگریز باید از شیوهٔ رنگرزی دو حمام استفاده کرد تا بدین ترتیب مشکلاتی همانند کاهش بازتولید فام رنگی با یکدیگر به وجود نیاید.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

■ نتیجه‌گیری

برای تولید برخی از فام‌های رنگی بر روی الیاف لازم است تا دو یا چند مادهٔ رنگزای طبیعی در رنگرزی ترکیب شوند. اما مشکلی که وجود دارد این است که نمی‌توان هر مادهٔ رنگزای طبیعی را با یکدیگر مخلوط کرد و در یک حمام رنگرزی به کار برد. بدین سبب نیاز است امکان ترکیب مواد رنگزا با یکدیگر سنجیده شود. برای بررسی میزان قابلیت ترکیب مواد رنگزا از معیار درجهٔ سازگاری استفاده می‌شود. اهمیت و لزوم تولید فام‌های رنگی متنوع در صنعت فرش دستباف، زمینهٔ شناسایی و معرفی درجهٔ سازگاری مواد رنگزای طبیعی را فراهم می‌کند. بدین منظور در این پژوهش، نخست سازگاری مواد رنگزای طبیعی روناس، اسپرک، جاشیر و پوست گردو از طریق مطالعه قابلیت رنگرزی هر یک از مواد رنگزا به تفکیک بر روی نخ پشمی بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد، سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر از منحنی قابلیت رنگرزی مشابهی در مقایسه با یکدیگر برخوردارند و نقاط اشباع مشترکی دارند. در حالی که منحنی قابلیت رنگرزی و نقطهٔ اشباع متفاوتی رنگرزی پوست گردو در مقایسه با سه مادهٔ رنگزای دیگر متفاوت است. بدین دلیل تشابه قابلیت رنگرزی سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر نشان از سازگاری نسبی این مواد رنگزا در مقایسه با یکدیگر دارد. در حالی که وجود تفاوت میان منحنی قابلیت رنگرزی پوست گردو بر روی نخ پشمی بیانگر سازگاری پایین میان ترکیب این مادهٔ رنگزا با روناس، اسپرک و جاشیر است.

با توجه به نتیجهٔ فوق، برای دستیابی به درجهٔ سازگاری چهار مادهٔ رنگزای موردی، رنگرزی نخ پشمی با ترکیب دوتایی مواد رنگزا در سه نسبت متفاوت انجام شد. سپس درجهٔ سازگاری مواد رنگزا از طریق روابط محاسباتی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر از درجهٔ سازگاری خیلی خوب تا عالی برخوردارند. در حالی که ترکیب پوست گردو با سه مادهٔ رنگزای دیگر موجب استحصال سازگاری پایین با درجهٔ خیلی ضعیف تا ضعیف می‌شود. علاوه بر این نتایج نشان داد، تغییر غلظت هر یک از مواد رنگزا در حالت مخلوط دوتایی بر میزان سازگاری مواد رنگزا مؤثر است و موجب کاهش یا افزایش درجهٔ سازگاری مواد رنگزا می‌شود. همچنین استفاده از سولفات آلومینیوم به عنوان دندانه تأثیر مثبتی بر درجهٔ سازگاری مواد رنگزای بدون تانن (روناس، اسپرک و جاشیر) و اثری منفی در صورت وجود مواد رنگزای حاوی تانن (پوست گردو) در ترکیب مواد رنگزا دارد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، سه مادهٔ رنگزای روناس، اسپرک و جاشیر به سبب برخورداری از سازگاری مناسب از قابلیت ترکیب در یک حمام رنگرزی برخوردارند. در حالی که امکان ترکیب هر یک از مواد رنگزای مذکور با پوست گردو به سبب وجود سازگاری ضعیف وجود ندارد.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

■ منابع

- جعفری، مهدی (۱۳۹۱). «تعیین تابع ضریب نفوذ مواد رنگزای دیسپرس بر پایه نفتالیمیدها بر روی الیاف پلی اتیلن ترفتالات»، پایان‌نامهٔ دکتری، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکدهٔ مهندسی پلیمر و رنگ.
- خلیلی، هاله (۱۳۸۸). «ارائهٔ معیاری برای سازگاری مواد رنگزا با استفاده از داده‌های طیفی و رنگی نمونهٔ رنگشده»، پایان‌نامهٔ دکتری، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکدهٔ مهندسی نساجی.
- دودانگه، محمد و کمال‌الدین قرنجیگ (۱۳۹۱). «بهینه‌سازی شرایط رنگرزی الیاف پشم با مواد رنگزای روناس و دندانهٔ سولفات آلومینیم بر اساس آزمایش‌های تاگوچی»، نشریه علوم و فناوری نساجی، دوره سوم شماره۴، ۱۶۶-۱۶۱.
- زنگنه، مریم (۱۳۸۵). «بررسی ایزوترم جذب رنگزاهای طبیعی حنا و پوست گردو بر روی کالای پشمی»، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری، دانشکدهٔ فنی و مهندسی.
- شاه‌پروری، محمدرضا (۱۳۹۴). «بررسی ضریب نفوذ رنگزاهای طبیعی به منظور شناسایی روش صحیح رنگرزی رنگ‌های ترکیبی در فرش»، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، تبریز، دانشکدهٔ فرش، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- قرنجیگ، کمال‌الدین (۱۳۸۷). «بررسی و مقایسه روش‌های رنگرزی طبیعی خامهٔ قالی به وسیله دستگاه‌های سنتی و موجود به منظور ارائهٔ روش بهینه»، طرح پژوهشی، تهران، مرکز ملی فرش ایران.
- _____ (۱۳۹۰). «شناسایی و ارائهٔ بهترین شیوهٔ استخراج مواد رنگزای موجود در گیاه روناس به منظور رنگرزی خامهٔ قالی با تأکید بر آلیزارین و پورپورین»، طرح پژوهشی، تهران، مرکز ملی فرش ایران.
- منتظر، مجید، محمد ویسیان، و محمدابراهیم حیدری (۱۳۸۸). طبیعتگرایی در رنگرزی الیاف پروتئینی، تهران: مرکز ملی فرش ایران.

- Ahmed, H. E (2009). "History of Natural Dyes in North Africa 'Egypt'", In Handbook of Natural Colorants, Bechtold, T., Mussak, R., United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 27- 36.
- Beckmann, W., F. Hoffman, H. G. Otten, (1972). „Practical Significance, Theory and Determination of Compatibility of Dyes on Synthetic-Polymer Fibers", Journal of Society of Dyers and Colourists, 88 (10), 354-360.
- Bishop, D. P. (1955). "Physical and Chemical Effects of Domestic Laundering Processes, in Chemistry of the Textiles Industry, Carr, C. M., London: Blackie Academic & Professional, 125- 172.
- Bulut, M. O., H. Baydar, E. Akar, (2014). „Ecofriendly Natural Dyeing of Woollen Yarn Using Mordants with Enzymatic Pretreatments", The Journal of the Textile Institute, 105(5), 559-568.
- Cerrato, A., D. De santis, M. Moresi., (2002). "Production of Luteolin Extracts from Reseda Luteola and Assessment of their Dyeing Properties", Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(10) 1189- 1199.
- Farizadeh, K., M. E. Yazdanshenas, M. Montazer, A. Rashidi, R. M. A. Malek, (2009). „Thermodynamics of Adsorption of Iranian Weld Dye on Wool Fabric", Asian Journal of Chemistry, 21(1), 403-410.
- Feiz, M., H. Norouzi, (2014). "Dyeing Studies of Wool Fibers with Madder (Rubia Tinctorum) and Effect of Different Mordants and Mordanting Procedures on Color Characteristics of Dyed Samples", in Fibers and Polymers, 15(12), 2504-2514
- Ferreira, E. S. B., A. N. Hulme, H. Mcnab, A. Quye, (2004). "The Natural Constituents of Historical Textile Dyes", The Royal Society of Chemistry, 33, 329- 336.
- Hoffmann, F. (1988). "Compatibility of Dyes, Review of Progress", in Coloration and Related Topics, 18, 56-64.
- Islam, Shahid., M. Shahid, F. Mohammad, (2013). "Perspectives for Natural Product Based Agents Derived from Industrial Plants in Textile Applications", Journal of Cleaner Production, 57, 2-18.
- Julkunen- Tutto, R., H. Haggman, (2009). „Tannins and Tannin agents", In Handbook of Natural Colorant, Bechtold, T., Mussak, R., United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 201-219.
- Khalili, H., S. H. Amirshahi, (2010). "A Novel Method for Determination of Compatibility of Dyes by Means of Principal Component Analysis", in Color Research and Application, 35 (4). 313- 318.
- Mirjalili, M., L. Karimi, (2013). "Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties", in Journal of Chemistry, 2013, 1-9.
- Mirjalili, M., K. Nazarpoor, L. Karimi, (2011). „Eco-friendly Dyeing of Wool using Natural Dye from Weld as Co-partner with Synthetic Dye", in Journal of Cleaner Production, 19, 1045-1051.
- Moiteiro, C., H. Gaspar, A. I. Rodrigues, J. F. Lopes, V. Carnide, (2008). "HPLC Quantification of Dye Fla-

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]

vonoids in Reseda Luteola L. from Portugal", Journal of Separation Science, 31, 3683- 3687.
- Mouri, C., V. Mozaffarian, X. Zhang, R. Laursen, (2014). "Characterization of Flavonols in Plants Used for Textile Dyeing and the Significance of Flavonol Conjugates, Dyes and Pigments, 100, 135-141.
- Sadeghi-Kiakhani, M. (2015). "Eco-friendly Dyeing of Wool and Nylon using Madder as a Natural Dye: Kinetic and Adsorption Isotherm Studies", International Journal of Environmental Science and Technology, 12(7), 2363-2370.
- Samanta, A. K., P. Agarwal, S. Datta, (2009). "Studies on Color-Strength-Related Parameters and Compatibility for Dyeing of Cotton Fabric with Binary Mixtures of Jackfruit Wood and Other Natural Dyes", Journal of Natural Fibers, 6, 27-45.
- Samanta, A. K., P. Agarwal, D. Singhee, S. Datta, (2009). "Application of Single and Mixture of Red Sandalwood and Other Natural Dyes for Dyeing of Jute Fabric: Studies on Colour Parameters/ Colour Fastness and Compatibility", The Journal of the Textile Institute, 100 (7), 567-587.
- Shahmoradi Ghaheh, F., A. Shams Nateri, S. J. Mortazavi, D. Abedi, J. Mokhtari, (2012). "The Effect of Mordant Salts on Antibacterial Activity of Wool Fabric Dyed with Pomegranate and Walnut shell Extracts, Coloration Technology, 128, 1–6
- Zhang, X., I. Good, R. Laursen, (2008). "Characterization of Dyestuffs in Ancient Textiles from Xinjiang", Journal of Archaeological Science, 35, 1095-1103.
- Zhang, X., R. Laursen, (2009). "Application of LC–MS to the Analysis of Dyes in Objects of Historical Interest", International Journal of Mass Spectrometry, 284, 108–114.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1396.13.32.5.5]