تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۳/۵
تاریخ پذیرش نهایی: ۹٤/۱۱/۲۰

عصاره‌گیری و رنگرزی الیاف پشم با رنگزای پوست گردو به‌کمک امواج فراصوت

ربابه تقی‌زادهٔ بروجنی(نویسنده مسئول)
کارشناس‌ارشد مواد اولیه و رنگرزی، دانشگاه کاشان
E-mail: r.t.b.1363@gmail.com
احمد اکبری
دانشیار گروه فرش، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه کاشان
عبدالسلیم قره‌بائی
کارشناس‌ارشد مواد اولیه و رنگرزی، دانشگاه کاشان

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

چکیده

امروزه تحقیقات زیادی بر روی استفاده از روش‌های جدید در رنگرزی منسوجات انجام شده که در همهٔ آن‌ها تلاش می‌شود با انتخاب یک روش مناسب برای کاهش مصرف انرژی و مواد شیمیایی مصرفی، محصولی مقرون‌به‌صرفه با یکنواختی قابل‌قبول تولید گردد. یکی از این روش‌ها، استفاده از امواج فراصوت است. ازآنجاکه مادهٔ رنگزا شدیداً با غشای سلولی گیاه محدود شده است، استخراج با روش‌های بهتری همچون فراصوت می‌تواند به بهبود مکانیسم استخراج رنگزاهای طبیعی و خروج رنگزا از جداره‌های غشای سلولی و همچنین بهبود انتقال رنگزا بر روی الیاف در فرایند رنگرزی در جهت حفظ منابع طبیعی کمک کند. هدف از این پژوهش استفاده از امواج فراصوت در استخراج رنگزای پوست گردو و رنگرزی الیاف پشم با عصارهٔ مطلوب حاصله است که نتایج آن با روش معمول مقایسه می‌شود. با محاسبهٔ راندمان جذب در روش فراصوت نسبت‌به معمول، مشخص شد که استفاده از امواج فراصوت باعث افزایش میزان غلظت رنگزا در محلول نسبت‌به روش معمول بوده است. به‌منظور بررسی تأثیر امواج فراصوت در فرایند رنگرزی، میزان بهره‌وری روش فراصوت در رنگرزی نسبت‌به روش معمول در دو حالت UU و UC محاسبه شده است. میزان بهره‌وری UU نسبت‌به UC برابر با ۱۳/۷۷% بوده است. نتایج اندازه‌گیری ثبات نمونه‌ها نشان می‌دهد که ثبات نمونه‌ها در هر دو روش فراصوت و معمول، متوسط تا خوب بوده است. نتایج حاصل از آنالیز SEM نیز این موضوع را به‌وضوح ارائه می‌دهند. ایجاد نوعی فرسایش سطحی و تخریب فلس‌ها در سطح لیف که سبب نفوذ بیشتر رنگزا به داخل لیف شده و قدرت رنگی را افزایش می‌دهد، از اثرات پدیدهٔ کاویتاسیون شمرده می‌شود که در تصاویر SEM دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عصاره‌گیری، رنگرزی، الیاف پشم، پوست گردو، امواج فراصوت.

مقدمه

در راســتای بهبــود کیفیت و بازدهی مــواد رنگزای طبیعی، امروزه مــواردی همچون افزایــش راندمان اســتخراج رنگ از گیاه، مدنظر بسیاری از گروه‌های تحقیقاتــی قرار گرفته اســت. امروزه کــه رنگرزها علاقه‌مند هســتند تا از مواد رنگــزای طبیعی به‌طرق مشــابه رنگزاهای مصنوعی استفاده نمایند، استخراج رنگزاهای طبیعــی می‌تواند از جنبه‌های مختلفی مثل انبارداری، حمل‌ونقل، استانداردسازی رنگزاها و حتی قــدرت رنگی و جنبه‌های اقتصــادی نیز مدنظر قرار گیرد.

انتخاب روش مناسب برای استخراج ترکیبات فعال بــا حداکثر محصول و بالاترین درجهٔ خلوص، به‌طور عمده به ماهیت ترکیبات و پایداری حرارتی و ماهیت مواد خام بســتگی دارد. روش‌های استخراج معمول، اغلب به‌علت دخالت بیش از یک فاز در سیســتم، به مقاومت انتقال جرم محدود می‌شوند (Jadhav, 2009). نیاز به مدت‌زمان طولانی در انجام استخراج و مصرف بــالای انرژی نیز از معایــب قابل‌توجه در فرایندهای اســتخراج معمول اســت .(Lianfu, 2008) درمورد اســتخراج ترکیبات فعال با حساسیت حرارتی که در دماهای بالا انجام می‌شــود، ممکن اســت به کیفیت عصاره آسیب برســد. در موارد خاص، مولکول‌های فعال ممکن اســت به‌علت اســتفاده از دما و فشار در شــرایط ســخت از بین بروند. محدودیت‌های جدی در روش‌های معمول سبب جســت‌وجو برای یافتن روش‌های جدید شــده که به همان اندازه مناســب و ضمنــاً به‌لحاظ اقتصــادی ماندگار باشــند (da Porto, 2009; Khan, 2010; Kimbaris, 2006; Adje, 2010). اخیراً استفاده از تکنیک فراصوت[1] در استخراج و رنگرزی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است.

به‌نظر می‌رســد که اســتفاده از فراصــوت اجازه می‌دهد تــا ترکیبات هدف به‌دلیــل خرابی در دیوارهٔ سلولی، با بازدهی بالاتر و در زمان کوتاه‌تری در حلال حل بشوند. تشــکیل پدیدهٔ کاویتاســیون [2] در نتیجهٔ تابش امواج فراصوت و ترک در دیوارهٔ سلولی باعث بهبود افزایش نفوذپذیری بافت‌های گیاهی و تســهیل در ورود حلال به قســمت داخلی مــواد و همچنین خروج عصاره می‌شــود. جدای از اثرات فراصوت و ایجاد پدیدهٔ کاویتاسیون که سبب اختلال در بافت‌های گیاه و دیواره‌های سلولی و افزایش نفوذپذیری حلال می‌شود، تلاطم و جریان‌های صوتی ایجادشده به‌میزان قابل‌توجهی ضرایب انتقال جرم جامد-مایع را افزایش می‌دهند. سرعت افزایش انتقال جرم به این معنی است که حلال با ســرعت افزایشی به ســطح جامد آورده می‌شــود و همچنین انتقال ترکیبات محلول به حلال افزایش می‌یابد. اثرات مکانیکــی فراصوت همچنین می‌تواند ســطح تماس بین فاز جامد و مایع را به‌دلیل کوچک‌شــدن اندازهٔ ذرات افزایــش دهد (Shirsath, 2012).

کاویتاســیون، در اثر تشکیل، رشــد و فروپاشی داخلی حباب‌های گاز کوچک ناشــی از فشرده‌سازی متناوب و امواج فراصوت ایجاد می‌شــود. حباب‌های کاویتاسیون نوســان یافته و از داخل منفجر می‌شوند. درنتیجه، سبب افزایش حرکت مولکولی و اثر جنبشی در حمام رنگرزی می‌شوند. وقتی کاویتاسیون در یک ســطح جامد-مایع، مثلاً لیف و حمــام رنگرزی، رخ می‌دهد، با ایجاد یک انفجار نامتقارن سبب وقوع یک جریان کوچک به‌طرف ســطح جامد می‌شود که این جریان تا حد زیادی در لایهٔ داخلی انتشار یافته و سبب انتقال جرم در این مسیر می‌شــود (Vankar, 2008). کاویتاســیون و پیامدهای فیزیکی حاصل از آن، بدون ایجاد هرگونه آســیب به لیف، سبب افزایش سرعت رنگرزی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش زمان موردنیاز در عملیات رنگرزی می‌شود (Vankar, P.S. and R. Shanker, 2008). در چند سال گذشته تعداد

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

معینی مطالعات در اســتفاده از فراصوت در عملیات رنگرزی طبیعــی و تکمیل بــر روی الیاف طبیعی و مصنوعی در ســطح آزمایشــگاهی انجام شده است. انرژی فراصوت مســیری آســان‌تر و کارآمدتر برای استخراج رنگزا، عملیات دندانه و فرآیندهای رنگرزی در مقایســه با روش‌های سنتی ارائه داده است (Man-sour, H.F. and S. Heffernan, 2011).

پوســت ســبز گردو یکی از عمــده محصولات ضایعاتــی از تولید گردوســت که امــروزه مصارف کمــی دارد؛ اما محققان با شــناخت این ماده به‌عنوان منبعی از ترکیبات فنلی بــا فعالیت‌های ضدرادیکالی و ضدمیکروبــی، متوجــه خواص مفید آن شــده و مطالعات زیادی بر روی شناخت خواص پوست سبز گردو انجام شده است (Oliveira, 2008; Carvalho, 2010). درحالی‌که گونهٔ گردو شــامل حدود ۴۰ نوع است، رقم‌هایی که دارای بیشترین اهمیت در تولید و تجارت جهانی است، متعلق به Juglans Regia از تیرهٔ گردوییان است. گردوی ایرانی (J. Regia) یک گونه با عمر طولانی است و پیداکردن درختان ۱۰۰تا۲۰۰سالهٔ آن‌ها زیاد مشــکل نیســت. یکی از این ترکیبات مهم کینونی به‌نام ژاگلون [۳] (متعلق به خانوادهٔ Juglandaceae) در گردو وجود دارد. این ترکیب در اجزای مختلف درخت (مثل ریشه‌ها، برگ‌ها و پوستهٔ درخت) یافت می‌شــود (Vardhini, 2014). به‌طور سنتی، از ژاگلون به‌عنوان یک رنگزای طبیعی برای رنگرزی منسوجات، به‌خصوص الیاف پشم، اســتفاده می‌شود. ژاگلون در حالت محلــول یک ترکیب ناپایدار اســت که تحت واکنش‌های برگشــت‌پذیر اکسایش-کاهش با تشکیل هم‌زمان رادیکال‌هــای آزاد تغییر می‌کند (Anderson, 2001). بنابراین، انتخاب یک روش استخراج، ازجمله حلال، زمان استخراج و دمای مناسب برای استخراج کارآمد مواد از پوســت گردو اهمیت بســیاری دارد. محققان در یافته‌های قبلی تأثیر متغیرهای زیادی مانند روش استخراج، ترکیب حلال، pH، دما، فشار و زمان اســتخراج در عملکرد مواد فعال زیستی استخراجی از گیاهــان مختلف را گزارش کرده‌انــد (Popovici, 2012). نقش مثبت یا منفــی هریک از این عوامل در انتقال جرم فرایند همیشــه روشن نیست. ویژگی‌های شــیمیایی حلال و ســاختارهای متنــوع محصولات طبیعی نشان می‌دهد که هریک از سیستم مواد-حلال دارای رفتارهای مختلفی است که قابل‌پیش‌بینی نیست (Popovici, 2012).

هدف از این پژوهش اســتفاده از امواج فراصوت در استخراج رنگزای پوســت گردوست که نتایج آن با روش معمول مقایســه می‌شــود. برای این منظور، عمل اســتخراج رنگزای پوست گردو با بررسی تأثیر حضور امواج فراصوت و عوامــل مختلف نظیر دما، زمان، مقدار رنگزا، نســبت حجم حمام به وزن کالا و pH در شرایط مختلف انجام شد. در ادامه، الیاف پشم شسته‌شــده به‌روش معمول با این عصاره‌ها رنگرزی شــده‌اند تا با تعیین میزان جذب رنگزا بر روی کالا، عصارهٔ مطلوب مشــخص گردد. سپس به سه روش مختلف، الیاف پشم با عصارهٔ مطلوب رنگرزی شده و نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفته است.

بخش تجربی

مواد و وسایل مورداستفاده

در این پروژه از پودر خشــک و آسیاب‌شدهٔ پوست گردوی خریداری‌شــده از بازار کاشــان، الیاف پشم منطقهٔ سیرجان نمرهٔ ۵ متریک دولا، صابون نانیونیک خریداری‌شــده از منطقــهٔ اصفهان معــروف به مول ۱۰، اســیدکلریدریک ۳۷% و کربنات‌سدیم محصول شرکت Merck آلمان استفاده شده است.

دســتگاه‌های به‌کاربرده‌شــده همچنیــن شــامل دســتگاه فراصوت محصول شــرکت BANDELIN مدل SONOREX DIGITEC DT 255/H، دســتگاه

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

اسپکتروفتومترانعکاسی مدل KONICA MINOL-TA CM-3600d، بنماری الکتریکی محصول شرکت ارغوان طب تجهیز، ثبات شست‌وشویی محصول شرکت JAME & HEAL، ثبات سایشی محصول شرکت JAME & HEAL مدل Crockmaster 255/2، ثبات نوری Megasol محصول شرکت JAME & HEAL، اسپکتروفتومتر جذبی محصول استرالیا مدل Cintra-101-GBC و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) محصول چین، مدل EM-3200 و pHمتر محصول سوئیس مدل Metrohm 744.

روش کار

شست‌وشوی کالای پشمی

کالای پشمی به‌همراه ۲ گرم بر لیتر صابون نان‌آنیونیک و با نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ۱:۴۰ در دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه شسته شده و آب‌کشی شدند. درنهایت، در دمای محیط در آزمایشگاه خشک شدند.

محاسبهٔ راندمان جذب محلول رنگزا

در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و به‌مدت ۲۰ دقیقه با غلظت‌های مختلفی از رنگزای پوست گردو شامل ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ درصد عملیات استخراج در حضور و عدم حضور امواج فراصوت انجام شد. سپس میزان جذب محلول‌های رنگی حاصل در طول موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/Vis)، مدل KONICA MINOLTA CM-3600d اندازه‌گیری شده است (Kale, 2013).

فرایند عصاره‌گیری به دو روش فراصوت و معمول

فرایند عصاره‌گیری با مقادیر مختلف از پوست گردو (۱۰۰-۲/۵ درصد وزنی-حجمی) در زمان‌های مختلف (۲۰ تا ۸۰ دقیقه) در محدودهٔ دمایی (۳۵ تا ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد) و همچنین در سه pH ۲، ۵ و ۸ در حضور امواج فراصوت به‌منظور استخراج مادهٔ رنگزا صورت گرفت. سپس محلول از صافی گذرانده شد و تفاله‌ها از محلول جدا و دور ریخته شدند. در ادامه، به‌منظور تعیین بهترین شرایط عصاره‌گیری، الیاف پشم شسته‌شده با این عصاره‌ها به‌روش معمول در دمای جوش به‌مدت ۹۰ دقیقه و نسبت حجم حمام به کالای ۱:۴۰ رنگرزی شدند تا ازطریق محاسبهٔ میزان K/S الیاف رنگرزی‌شده، عصارهٔ مطلوب انتخاب شود.

ارزیابی قدرت رنگی (K/S)

در ارزیابی قدرت رنگی نمونه‌ها، مقادیر K/S با استفاده از رابطهٔ کیو بلکا مانک [4] محاسبه گردید که در آن، R فاکتور انعکاس در طول موج ماکزیمم و S و K نیز به‌ترتیب ضریب جذب و انتشار می‌باشند. فاکتور انعکاسی نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر انعکاسی مدل KONICA MINOLTA CM-3600d معادله اندازه‌گیری شد.

$$K/S = (1-R)^2/2R \qquad \text{معادله}(1)$$

رنگرزی به‌روش فراصوت و معمول

تئوری رنگرزی، محدودهٔ وسیعی از موضوعات، به‌ویژه در حوزهٔ فیزیک و شیمی، را دربرمی‌گیرد. مانند تمامی تئوری‌ها، هدف فراهم‌کردن مجموعه‌ای از فرضیات است که رفتار سیستم‌های شناخته‌شدهٔ رنگرزی را توصیف کند و بتواند آنچه را در موقعیت جدید اتفاق می‌افتد، پیش‌بینی نماید. بعضی از موضوعات در تئوری رنگرزی عبارت‌اند از: حالت رنگزا در محلول و در لیف، سرعت فرایند رنگرزی، تئوری ساختار لیف (اکبری، ۱۳۹۱). دراین‌رابطه اثر pH در فرایند عصاره‌گیری در این مقاله به ساختار رنگزا و لیف بستگی دارد. رنگزای پوست گردو در

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

حالت محلول در آب، شـامل گروه کربونیل است که در شـرایط اسـیدی افینیتهٔ بالایی نسبت‌به گروه‌های آمینوپروتونه‌شدهٔ کالای پشـمی پیدا می‌کند. به‌سبب این افینیتـه، وقتی رنگزا بر روی لیف ظاهر بشـود، واکنش‌هـای یونی اتفاق می‌افتنـد و این واکنش‌های یونی تمایل رنگی لیف را افزایش می‌دهد. ازآنجایی‌که فرایند رنگرزی اساسـاً در محیط اسیدی و با تشکیل کمپلکـس بین آنیـون ژاگلون و گروه‌هـای آمینوی پروتونه‌شدهٔ پشـم اتفاق می‌افتد، لذا همچنان که در نتایـج ارائه‌شـده خواهیم دید، میـزان قدرت رنگی در محیط اسـیدی نسـبت‌به دو محیط دیگر از میزان بالاتری برخوردار است.

در ایـن مرحله از پژوهش، فرایند رنگرزی کالای پشـمی با عصاره‌های مطلوبِ تهیه‌شـده به دو روش فراصوت و معمول، در سـه حالـت عصاره‌گیری و رنگـرزی بـه‌روش فراصـوت (UU)، عصاره‌گیری بـه‌روش فراصوت–رنگرزی به‌روش معمول (UC) و عصاره‌گیـری و رنگرزی به‌روش معمول (CC) انجام شـد. ازآنجایی‌که پوسـت گردو جزء گیاهان تانن‌دار اسـت و البته هدف از این مقاله بررسـی تأثیر امواج فراصوت بر عصاره‌گیری و رنگرزی بوده اسـت، لذا رنگرزی به‌روش هم‌زمان و بدون حضور دندانه انجام پذیرفته است. در این مرحله الیاف پشم با عصاره‌های تهیه‌شده از مرحلهٔ عصاره‌گیری، رنگرزی شده‌اند. در طی این فرایند تأثیر عوامل زمان و دما نیز مورد بررسی قرار گرفت. کدگذاری نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

محاسـبهٔ راندمان میزان جـذب رنگزا بر روی کالای پشمی

میزان قدرت رنگی در نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UU و UC و CC توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی مورد بررسـی قرار گرفت. به‌منظور بررسی میزان راندمـان (K/S) به‌کمک معادلـهٔ ۳ این مقدار برآورد شـده و میزان بهـره‌وری روش فراصوت در رنگرزی نسـبت‌به روش معمول محاسـبه می‌شود. بدین‌ترتیـب، راندمان قدرت رنگی در دو روش UU و UC به‌منظور بررسی تأثیر امواج فراصوت در فرایند رنگرزی محاسبه شده است.

مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده

مشخصات رنگی (L*a*b*) نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UU و UC و CC با دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسـی اندازه‌گیری شـده و نتایج آن آورده شده است.

جدول ۱. کدگذاری نمونه‌های رنگرزی‌شده

نمونه	زمان رنگرزی (دقیقه)	دمای رنگرزی (درجهٔ سانتی‌گراد)
۱	۲۰	۷۵
۲	۴۰	۷۵
۳	۶۰	۷۵
۴	۶۰	۵۵
۵	۶۰	۳۵

(منبع: نگارندگان)

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

آنالیز SEM

ریخت‌شناسی ساختار الیاف پشم خام و رنگرزی‌شده، توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل EM-3200 مورد بررسی قرار گرفت. این آنالیز بر روی کالای پشم خام به‌عنوان نمونهٔ مرجع و بر روی نمونه‌هایی با بیشترین میزان قدرت رنگی صورت گرفت. دو نمونه کالای پشمی انتخاب‌شده در شرایطی رنگرزی شدند که عصارهٔ به‌کاربرده شده از روش فراصوت حاصل شده است؛ اما یک کالا با روش معمول حرارت‌دیدن (UC) و کالای دیگر به‌روش فراصوت (UU) رنگرزی شده است. زمان رنگرزی در هر دو روش ۶۰ دقیقه و دما نیز ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. شکل‌های ۱۸ و ۱۹ و ۲۰ تصاویر SEM به‌ترتیب مربوط به نمونهٔ کالای پشمی خام، رنگرزی‌شده به‌روش معمول و رنگرزی‌شده به‌روش فراصوت است.

خواص ثباتی نمونه‌ها

خواص ثباتی نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UC، UU و CC مطابق روش‌های استاندارد ISO۱۰۵ اندازه‌گیری شده و نتایج آن آورده شده است.

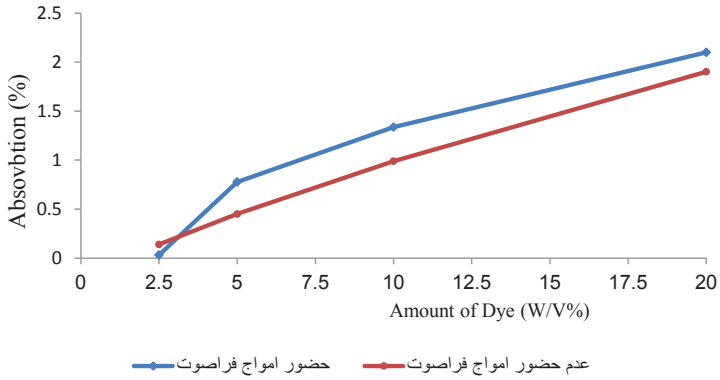
نتایج و بحث

محاسبهٔ راندمان جذب

مشاهده می‌شود با استفاده از امواج فراصوت، میزان غلظت رنگزا در محلول بیشتر از روش معمول بوده است و این میزان با افزایش غلظت رنگزا در هر دو روش، افزایش یافته است. میزان بهره‌وری روش فراصوت نسبت‌به روش معمول در فرایند استخراج برحسب غلظت رنگزا باتوجه‌به معادلهٔ زیر محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. شکل ۱ میزان جذب محلول‌های رنگی حاصل از فرایند عصاره‌گیری را برحسب مقدار پوست گردو در حضور و عدم حضور (روش معمول) تابش امواج فراصوت نشان می‌دهد.

$$\%E = \frac{A1-A0}{A0} * 100 \qquad \text{معادله(۲)}$$

در این معادله A1 میزان جذب محلول در روش فراصوت و A0 میزان جذب محلول در روش معمول است.



شکل ۱. مقایسهٔ میزان جذب محلول پوست گردو در فرایند عصاره‌گیری با دو روش فراصوت و معمول برحسب مقدار پوست گردو در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و مدت‌زمان ۲۰ دقیقه (منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹۴

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

جدول ۲. میزان بهره‌وری فرایند فراصوت نسبت‌به روش معمول در فرایند استخراج برحسب مقدار پوست گردو در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و مدت‌زمان ۲۰ دقیقه

میزان بهره‌وری (٪)	مقدار پوست گردو (٪w/v)
۷۶/۹۶	۲/۵
۷۲/۷۷	۵
۳۵/۱	۱۰
۱۰/۳۸	۲۰

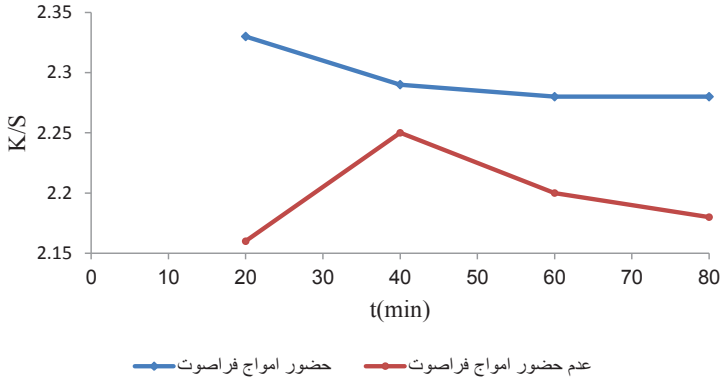
(منبع: نگارندگان)

در جدول شمارهٔ ۲ میزان بهره‌وری فرایند فراصوت نسبت‌به روش معمول در فرایند استخراج برحسب مقدار پوست گردو در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و مدت‌زمان ۲۰ دقیقه آورده شده است.

باتوجه‌به نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، مشاهده می‌شود که با بالارفتن مقدار پوست گردو در محلول، از میزان بهره‌وری فرایند فراصوت کاسته می‌شود. شاید این کاهش به‌دلیل وجود مقدار زیاد رنگزا در حجم خاصی از محلول است که فضای لازم برای نفوذ امواج به داخل محلول را کاهش داده و بدین‌ترتیب از تأثیر امواج کاسته می‌شود.

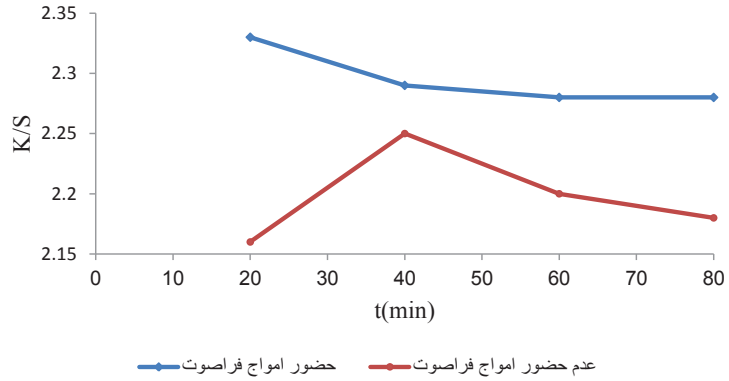
بررسی اثر زمان

فرایند عصاره‌گیری از پوست گردو در دو روش فراصوت و معمولاً در زمان‌های مختلف بین ۲۰ تا ۸۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و با میزان 5% از پوست گردو انجام گرفت. الیاف پشم با این عصاره‌ها به‌روش معمول به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای جوش و نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ۴۰:۱، رنگرزی شدند و قدرت رنگی نمونه‌ها (K/S) اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. حداکثر دمای استفاده‌شده در این پژوهش باتوجه‌به محدودیت دستگاه فراصوت ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد انتخاب شد.



شکل ۲. اثر مدت‌زمان فرایند عصاره‌گیری بر روی قدرت رنگی کالای پشمی در دو روش فراصوت و معمول در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد، (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]



شکل ۳. اثر دمای فرایند عصاره‌گیری پوست گردو بر روی قدرت رنگی کالای پشمی در دو روش فراصوت در زمان ۲۰ دقیقه و روش معمول در زمان ۴۰ دقیقه (مقدار پوست گردو ۵٪ وزن کالا، L/R: ۴۰:۱)، (منبع: نگارندگان)

نتایج نشان می‌دهد که در روش فراصوت در زمان ۲۰ دقیقه بیشترین میزان قدرت رنگی به‌دست آمده است و با گذشت زمان، میزان قدرت رنگی کاهش یافته است. این میزان در روش معمول بعد از گذشت ٤٠ دقیقه سیر کاهشی داشته است. کاهش ایجادشده در روش فراصوت احتمالاً به‌دلیل تخریب رنگزا در شرایط موجود (حرارت و افزایش زمان) است که در هنگام آزمایش نیز این اثر مشاهده شد و رنگزای استخراج‌شده ته‌رنگ متفاوتی نسبت‌به دیگر نمونه‌ها داشت.

باتوجه‌به شکل ۲ مشاهده می‌شود که با استفاده از روش فراصوت، میزان عصاره‌گیری در هر زمان، بیشتر از روش معمول بوده که درنهایت باعث افزایش میزان K/S شده است. ازآنجایی‌که فرایند استخراج رنگزا در روش فراصوت در زمان ۲۰ دقیقه و در روش معمول در زمان ٤٠ دقیقه بیشترین بهره‌وری را نشان می‌دهد، لذا این زمان‌ها به‌عنوان شرایط مطلوب در ادامه در نظر گرفته شد.

بررسی اثر دما

فرایند عصاره‌گیری پوست گردو در دو روش فراصوت و معمول در دماهای مختلف بین ۳۵ تا ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد با میزان ۵% از رنگزا انجام گرفت. باتوجه‌به نتایج حاصل از مرحلهٔ قبل، زمان تعیین‌شده در روش فراصوت مدت ۲۰ دقیقه و در روش معمول ٤٠ دقیقه بوده است. الیاف پشم با این عصاره‌ها به‌روش معمول به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای جوش و نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ٤٠:۱ رنگرزی شدند و قدرت رنگی نمونه‌ها توسط K/S اندازه‌گیری شد که در شکل ۳ ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان قدرت رنگی در زمان ۲۰ دقیقه و دمای ٦٥ درجهٔ سانتی‌گراد در روش فراصوت به‌دست آمده است. به‌علاوه، میزان قدرت رنگی در روش معمول در دمای ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مقدار ناچیزی بیشتر از روش فراصوت بوده است. بااین‌حال، با افزایش دما مشاهده می‌شود که غلظت رنگزا در محلول افزایش یافته و میزان قدرت رنگی نیز افزایش یافته است. این در حالی است که میزان قدرت رنگی در روش فراصوت بر روش معمول برتری دارد.

این رفتار به‌دلیل اثر افزایشی مربوط به نیروی فراصوت است که بدون نیاز به جوش‌آوردن آب

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

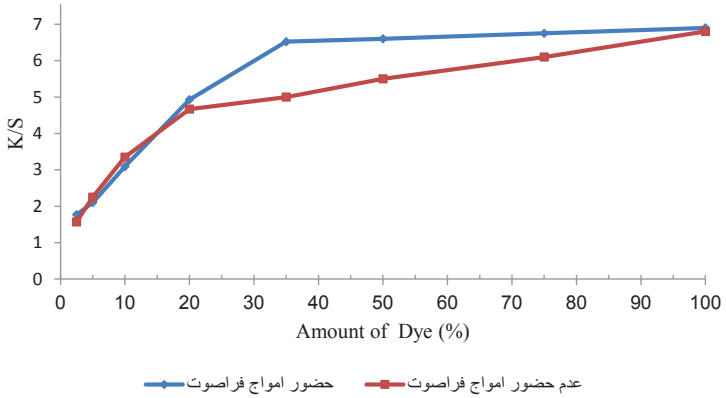
[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

مسیری آسان و مؤثر را برای عصاره‌گیری پوست گردو و استخراج رنگزا فراهم می‌کند. وجود امواج فراصوت در حمام استخراج بر روی دیسپرس‌کردن، گاززدایی و نفوذ مادهٔ رنگزا به محلول تأثیر قابل‌توجهی داشته است. به همین دلیل، در روش فراصوت میزان جذب بالا در دمای پایین‌تری نسبت‌به روش معمول به‌دست می‌آید. در روش معمول، در اثر افزایش دما، میزان استخراج افزایش یافته است. بدین‌ترتیب، در روش معمول نسبت‌به روش فراصوت به دما و زمان بیشتری برای رسیدن به میزان استخراج بیشتر نیاز است که این میزان در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و زمان ٤٠ دقیقه به‌دست آمده است.

بررسی تأثیر مقدار پوست گردو

فرایند عصاره‌گیری پوست گردو در دو روش فراصوت (زمان: ۲۰ دقیقه، دما: ٦٥ درجهٔ سانتی‌گراد) و معمول (زمان: ٤٠ دقیقه، دما: ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد) در مقادیر مختلف از پوست گردو (۱۰۰–۲/۵ وزنی/حجمی) انجام گرفت. الیاف پشم با این عصاره‌ها به‌روش معمول به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای جوش و نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ۱:٤٠ رنگرزی شدند و قدرت رنگی نمونه‌ها توسط K/S اندازه‌گیری شد که در شکل ٤ ارائه شده است.

مشاهده می‌شود که در مقادیر کمتر از ۲۰%، قدرت رنگی در هر دو روش به یک نسبت در حال افزایش است. این در حالی است که در مقدار ۳۵% رنگزا، در روش فراصوت، قدرت رنگی بیشتر از معمول بوده و با افزایش مقدار پوست گردو روند افزایشی قدرت رنگی در روش فراصوت کند می‌شود؛ اما در روش معمول با افزایش مقدار پوست گردو، میزان قدرت رنگی در حال افزایش است. می‌توان گفت با افزایش مقدار پوست گردو در مرحلهٔ عصاره‌گیری، مسلماً میزان قدرت رنگی نیز افزایش یافته است. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، در مقدار بالای ۲۰% قدرت رنگی در روش فراصوت نسبت‌به معمول از مقدار بیشتری برخوردار است. ازآنجایی‌که در مقدار بالای ۳۵% این میزان تا حدودی ثابت بوده و تغییر قابل‌توجهی نداشته، لذا مقدار ۳۵% برای روش فراصوت به‌عنوان غلظت مطلوب معرفی شده است (Kamel, 2005). در روش معمول با افزایش مقدار پوست گردو قدرت رنگی در حال افزایش است. بدین‌ترتیب، میزان مقدار پوست گردو مطلوب در روش معمول مقدار ۱۰۰% در نظر گرفته می‌شود.

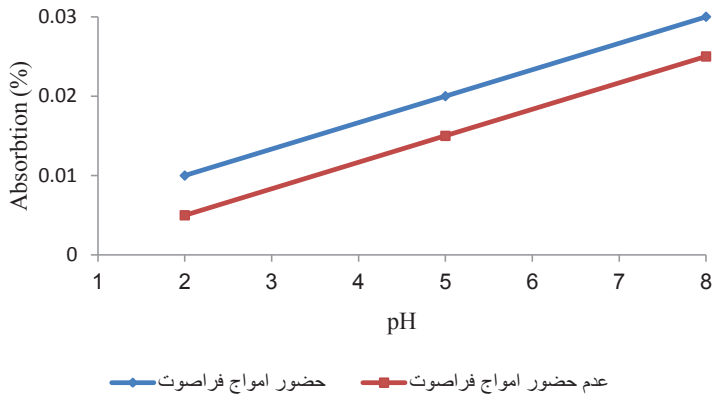


شکل ۴. اثر مقدار پوست گردو در فرایند عصاره‌گیری بر میزان جذب توسط کالای پشمی در دو روش فراصوت و معمول در شرایط مطلوب تعریف‌شده به‌تفکیک برای هر دو روش، (منبع: نگارندگان)

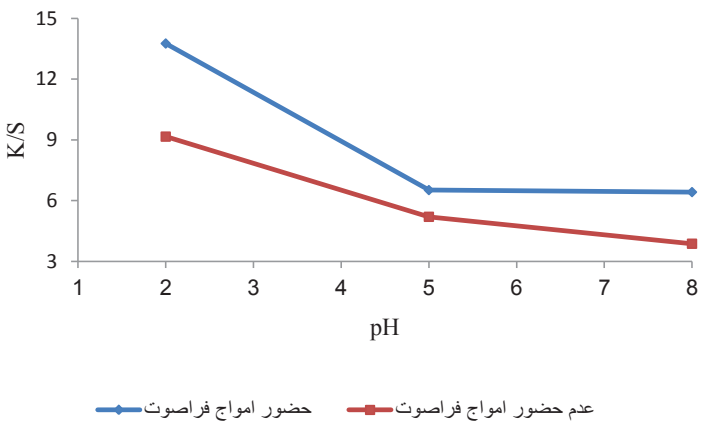
گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

مکانیسم کنترل استخراج به‌کمک فراصوت به‌طور کلی به اثرات مکانیکی، کاویتاسیون و حرارتی نسبت داده می‌شود که می‌تواند منجر به اختلال در دیواره‌های سلولی، کاهش اندازهٔ ذرات و افزایش انتقال جرم در سراسر غشای سلولی بشود. به‌دلیل پدیدهٔ کاویتاسیون، ترک در دیوارهٔ سلولی باعث پیشرفت در افزایش نفوذپذیری بافت‌های گیاهی و تسهیل در ورود حلال به قسمت داخلی مواد و همچنین خروج عصاره شده است (Shirsath, 2012). اثرات مکانیکی حاصله سبب کوچک‌شدن ذرات رنگزا شده و بدین‌ترتیب سطح تماس بین ذرات و رنگزا را افزایش می‌دهد و درنتیجه انتقال ترکیبات محلول به حلال افزایش می‌یابد و از این طریق میزان مقدار پوست گردو در حمام فراصوت افزایش یافته، درنتیجه نسبت‌به‌روش معمول در فرایند رنگرزی، قدرت رنگی بیشتری حاصل می‌شود. در شکل ٤ مقدار جذب بر اساس مقدار پوست گردو در هر دو روش نمایش داده شده است.



شکل ۵. میزان جذب محلول پوست گردوی عصاره‌گیری‌شده به دو روش فراصوت و معمول برحسب pH
(منبع: نگارندگان)



شکل ۶. قدرت رنگی پوست گردوی عصاره‌گیری‌شده روی کالای پشمی به دو روش فراصوت و معمول برحسب pH
(منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

بررسی اثر pH

فرایند عصاره‌گیری پوست گردو به دو روش فراصوت (۲۰ دقیقه، ٦٥ درجهٔ سانتی‌گراد) و معمول (٤٠ دقیقه، ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد) با ۳۵% رنگزا و L:R ۱:٤٠ به‌منظور بررسی تأثیر pH انجام گرفت. برای ایجاد محیط اسیدی از اسیدکلریدریک و برای محیط قلیایی از کربنات‌سدیم استفاده شده است. طیف جذبی ماورای‌بنفش-مرئی (UV/Vis) در آب، در طول موج ٤٢٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی جذبی اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از آنالیز کمی عصارهٔ موردنظر در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب محلول در محیط قلیایی نسبت‌به دو محیط دیگر بیشتر است. بدین‌ترتیب، غلظت رنگزا در این محیط نیز بیشتر است. به‌منظور بررسی pH بر روی میزان قدرت رنگی، الیاف پشم با این عصاره‌ها به‌روش معمول به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای جوش و نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ۱:٤٠ رنگرزی شدند و میزان قدرت رنگی (K/S) اندازه‌گیری شد که نتایج حاصله در شکل ٦ ارائه شده است.

همان‌طور که در شکل ٦ مشاهده می‌گردد، برخلاف آنچه انتظار می‌رفت، میزان قدرت رنگی در محیط اسیدی با pH برابر با ۲، در هر دو روش نسبت‌به دو محیط دیگر از مقدار بیشتری برخوردار است. در محیط اسیدی در هر دو روش این میزان بالا بوده؛ اما با افزایش pH، این روند به‌سرعت کاهش یافته است. ژاگلون با pKa برابر با ٦/٩٦، یک ترکیب اسیدی ضعیف است (Ratasuk, 2004) که در آب انحلال‌پذیری کمی دارد، اما در محیط قلیایی، برعکس محیط اسیدی، کاملاً حل می‌شود. محلول اسیدی ژاگلون زرد خیلی کم‌رنگی است که با افزایش pH، پررنگ‌تر می‌شود. اگرچه ژاگلون در محیط قلیایی کاملاً حل می‌شود و فرایند استخراج آن بهتر صورت می‌گیرد، ولی به‌دلیل دافعهٔ یونی با گروه‌های کربوکسیل لیف پشم در محیط قلیایی میزان برهم‌کنش آن با لیف پشم کمتر بوده و از رمق‌کشی کمتری برخوردار است. در محیط اسیدی دافعهٔ یونی وجود نداشته و رنگزایی ژاگلون به‌دلیل نامحلول‌بودن باتوجه‌به تمایل به لیف پشم بیشتر جذب می‌گردد و همان‌طور که شکل ٦ نشان می‌دهد، نمونه در شرایط اسیدی از قدرت بالاتر برخوردارند.

رنگرزی به‌روش فراصوت و معمول
بررسی تأثیر زمان

فرایند رنگرزی کالای پشمی با عصارهٔ پوست گردو در دو روش فراصوت و معمول در زمان‌های مختلف بین ۲۰ تا ٦٠ دقیقه در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد با نسبت حجم حمام به وزن کالای (L:R) ۱:٤٠ صورت گرفت. در این مرحله به سه حالت، فرایند رنگرزی انجام گرفته است. دو نمونه کالای پشمی با عصارهٔ تهیه‌شده از روش فراصوت با میزان ۳۵% رنگزا به دو روش مختلف فراصوت (UU) و معمول (UC) رنگرزی شده و یک نمونه کالای پشمی با عصارهٔ تهیه‌شده به‌روش معمول با میزان ۱۰۰% رنگزا به‌روش معمول (CC) رنگرزی شده است. نتایج حاصله در شکل ۷ ارائه شده است. ازآنجایی‌که میزان دما در دستگاه فراصوت مورداستفاده در این پژوهش از ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد فراتر نمی‌رود، لذا حداکثر دما در این مرحله انتخاب و بررسی شده است.

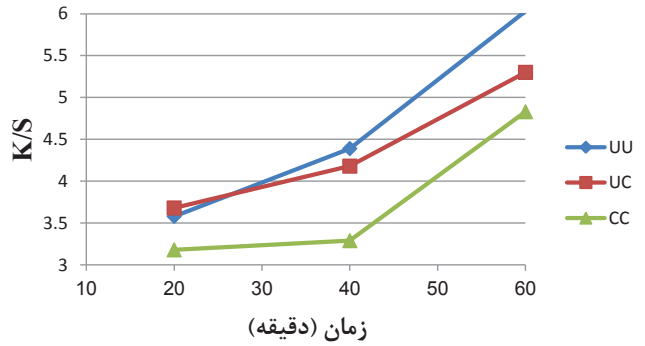
نتایج نشان می‌دهد که در زمان ۲۰ دقیقه میزان قدرت رنگی در روش UC به‌مقدار کمی از روش UU بیشتر بوده است. بااین‌حال، پس از گذشت زمان در ٤٠ و ٦٠ دقیقه، روش UU برتری داشته و در زمان ٦٠ دقیقه، میزان قدرت رنگی در روش UU به ٦/٠٣ رسیده است. این نشان می‌دهد که با گذشت زمان میزان جذب افزایش می‌یابد. عموماً افزایش در قدرت رنگی

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

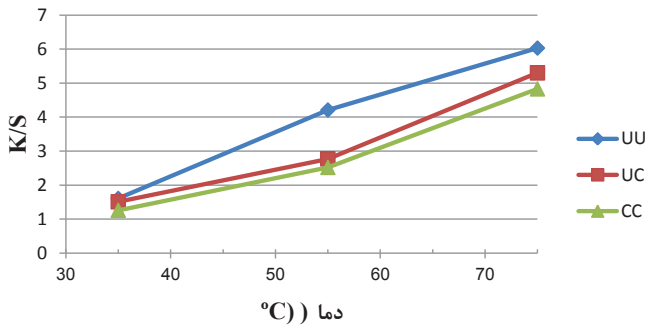
با تورم لیف و یا بـــا افزایش نفوذ رنگزا توضیح داده می‌شود. در روش فراصوت امواج سبب شکسته‌شدن تجمع مولکول‌های رنگزا می‌شود که نفوذ رنگزا را به داخل لیف بیشـــتر می‌کند. ازآنجایی‌که بیشترین میزان قدرت رنگی در زمان ٦٠ دقیقه صورت گرفته است، لـــذا از این زمان به‌عنوان زمـــان مطلوب رنگرزی نام برده می‌شـــود و در آزمایشات بعدی این زمان در هر سه حالت مذکور به‌عنوان زمان مطلوب در نظر گرفته شده است.

بررسی اثر دما

فراینـــد رنگـــرزی کالای پشـــمی بـــا محلـــول عصاره‌گیری‌شدهٔ پوست گردو در دو روش فراصوت و معمـــول در دماهای مختلـــف ۳۵، ۵۵ و ۷۵ درجهٔ ســـانتی‌گراد در مدت‌زمان ٦٠ دقیقه با نســـبت حجم حمـــام بـــه وزن کالای (L:R) ۱:٤٠ صورت گرفت. در این مرحله به ســـه حالـــت، فرایند رنگرزی انجام گرفته اســـت. در دو حالت، کالای پشـــمی با عصارهٔ مطلوب تهیه‌شـــده از روش فراصوت با میزان ۳۵% رنگزا به دو روش مختلف فراصوت (UU) و معمول (UC) رنگرزی شـــده و در حالت سوم، کالای پشمی با عصارهٔ مطلوب تهیه‌شـــده به‌روش معمول با میزان ۱۰۰% رنگـــزا با روش معمول (CC) رنگرزی شـــده اســـت. باتوجه‌به نتایج حاصـــل از مرحلهٔ قبل، زمان تعیین‌شـــده در فرایند رنگرزی مـــدت ٦٠ دقیقه بوده است. نتایج در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۷. اثر زمان در میزان قدرت رنگی برحسب نوع روش در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد، (منبع: نگارندگان)



شکل ۸. اثر دما بر میزان قدرت رنگی برحسب نوع روش در زمان ۶۰ دقیقه رنگرزی، (منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹٤

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

مشاهده می‌شـــود که با افزایش دما میزان قدرت رنگی در هر سه حالت افزایش یافته است. ازآنجایی‌که مولکول‌های رنگزا در آب به‌صورت تجمع هستند، با بالارفتن دمای رنگرزی، حجم رادیکال‌های تجمع کم می‌شـــود و این یکی از دلایل مؤثر برای رنگرزی بهتر در دمای بالاست. همچنین با نفوذ آب به داخل الیاف و شکستن پیوندهای هیدروژنی، منافذ الیاف باز شده و حرکت مولکول‌های رنگزا را به داخل مناطق بی‌شکل الیاف ممکن ســـاخته و ســـبب پخـــش و پراکندگی مولکول رنگزا در داخل الیاف می‌شود. تورم الیاف در آب با بالارفتن دما بیشـــتر می‌شـــود و این دلیل عمدهٔ تأثیر دما در بالارفتن میزان قدرت رنگی است. این در حالی اســـت که در روش UU شیبِ نمودار تا رسیدن به دمای ۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت‌به دو روش دیگر تندتر است؛ اما با افزایش دما به ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد، نمودارْ شـــیب کمتری دارد. بااین‌وجود، روش UU بر ســـه حالت برتری داشته و از بیشـــترین میزان قدرت رنگی برخوردار اســـت. این برتری مربوط می‌شود به تأثیر امـــواج فراصوت بر روی ســـطح لیف، تخریب فلس‌ها و درنتیجه افزایش نفوذپذیری کالا نســـبت‌به رنگزا که سبب پخش و افزایش انتقال مولکول رنگزا از این طریق به داخل لیف می‌شود. درنتیجه، با افزایش دما، میزان قدرت رنگی افزایش یافته است. باتوجه‌به نتایـــج حاصل از این بخش از پـــروژه، دمای مطلوب رنگرزی در هر سه حالت مذکور ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد است.

محاســـبهٔ راندمان میزان جـــذب رنگزا بر روی کالای پشمی

میزان قدرت رنگی در نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UU و UC و CC توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی مورد بررســـی قرار گرفت. به‌منظور بررسی میزان راندمـــان (K/S) به‌کمک معادلـــهٔ ۳ این مقدار برآورد شـــده و میزان بهـــره‌وری روش فراصوت در رنگرزی نســـبت‌به روش معمول محاســـبه می‌شود. بدین‌ترتیـــب، راندمان قدرت رنگی در دو روش UU و UC به‌منظور بررسی تأثیر امواج فراصوت در فرایند رنگرزی محاسبه شده است.

$$\%E = \frac{(K/S)c-(K/S)u}{(K/S)c} * 100 \qquad \text{معادله(۳)}$$

در این معادلـــه (K/S)u میزان قـــدرت رنگی در روش فراصـــوت و (K/S)c میزان قـــدرت رنگی در روش معمول اســـت. جدول ۳ نتایج بهره‌وری روش فراصوت نسبت‌به روش معمول در فرایند رنگرزی که توسط دستگاه اسپکتروسکوپی انعکاسی و طبق معادلهٔ کیو بلکا مانک محاسبه شـــده است را نشان می‌دهد. باتوجه‌به نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، مشاهده می‌شود کـــه در نمونه‌های ۱ تا ۳ که متغیر آزمایش عامل زمان بوده اســـت با افزایش زمان در نمونهٔ شمارهٔ ۳، میزان بهره‌وری افزایش یافته اســـت. همچنین در نمونه‌های ۳ تا ۵ که متغیر آزمایش دمای رنگرزی بوده اســـت، با افزایش دما در نمونهٔ شمارهٔ ۳ میزان بهره‌وری افزایش یافته است.

جدول ۳. میزان بهره‌وری روش فراصوت نسبت‌به معمول در فرایند رنگرزی در دو حالت UU و UC برحسب زمان و دمای رنگرزی

نمونه	زمان رنگرزی (دقیقه)	دمای رنگرزی (درجهٔ سانتی‌گراد)	میزان بهره‌وری (٪)
۱	۲۰	۷۵	۲/۷۱
۲	۴۰	۷۵	۵/۰۲
۳	۶۰	۷۵	۱۳/۷۷
۴	۶۰	۵۵	۱۱/۹۸
۵	۶۰	۳۵	۶/۶۲

(منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹۴

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده

مشخصات رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UU، UC و CC با دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی اندازه‌گیری شده و نتایج آن در زیر آورده شده است.

جدول ۴. مشخصات رنگی نمونه‌های عصاره‌گیری‌شده و رنگرزی‌شده به‌روش فراصوت

	L*	a*	b*	C*	h°
۱UU	۵۵/۹۸	۱۰/۰۶	۲۳/۰۶	۲۵/۱۶	۶۶/۴۲
۲UU	۵۲/۴۱	۱۰/۱۳	۲۲/۴۱	۲۴/۵۹	۶۵/۶۷
۳UU	۴۸/۴۵	۱۰/۴۰	۲۳/۵۱	۲۵/۷۱	۶۶/۱۳
۴UU	۵۳/۷۵	۹/۹۲	۲۳/۳۶	۲۵/۳۸	۶۶/۹۷
۵UU	۶۶/۸۸	۶/۸۶	۲۰/۳۹	۲۱/۵۱	۷۱/۴

(منبع: نگارندگان)

جدول ۵. مشخصات رنگی نمونه‌های عصاره‌گیری شده و رنگرزی‌شده به‌روش معمول

	L*	a*	b*	C*	h°
۱CC	۵۶/۵۴	۹/۱۱	۲۰/۸۴	۲۲/۷۵	۳۸/۶۶
۲CC	۵۴/۴۰	۸/۵۲	۱۸/۷۲	۲۰/۵۷	۶۵/۵۳
۳CC	۴۹/۷	۹/۰۸	۲۰/۱۱	۲۲/۰۷	۶۵/۷
۴CC	۵۹/۵۶	۸/۲۸	۱۹/۹۲	۲۱/۵۷	۶۷/۴۳
۵CC	۷۰/۳۰	۶/۴	۱۹/۲۳	۲۰/۲۷	۷۱/۵۸

(منبع: نگارندگان)

جدول ۶. مشخصات رنگی نمونه‌های عصاره‌گیری‌شده به‌روش فراصوت و رنگرزی به‌روش معمول

	L*	a*	b*	C*	h°
۱UC	۵۴/۹۹	۹/۲۸	۲۲/۲۳	۲۴/۰۹	۶۷/۳۴
۲UC	۵۳/۲۲	۹/۴۶	۲۲/۳۵	۲۴/۲۷	۶۷/۰۶
۳UC	۴۹/۷۹	۱۰	۲۲/۵۸	۲۴/۷	۶۶/۱
۴UC	۵۹/۲۴	۹/۳۳	۲۱/۹۷	۲۳/۸۷	۶۶/۹۸
۵UC	۶۷/۸۰	۶/۹۷	۱۹/۹۱	۲۱/۱	۷۰/۷

(منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹۴

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

روشنایی (L*)

باتوجه‌به نتایج ارائه‌شـــده در جداول ٤ تا ٦، مشاهده می‌شود که نمونه‌های رنگرزی‌شده به‌روش فراصوت دارای کمترین میزان روشـــنایی هستند که نشان‌دهندهٔ بیشـــترین عمق رنگی در این نمونه‌هاســـت. مشاهده می‌شود که با گذشت زمان، میزان روشنایی در تمامی نمونه‌ها کاهش یافته است و بیشترین میزان روشنایی نمونه‌ها در هر سه حالت از رنگرزی در کمترین زمان (٢٠ دقیقه) بوده است. مقایسهٔ میزان روشنایی نمونه‌ها در زمان ٦٠ دقیقه در دماهای مختلف نشـــان می‌دهد که عامل روشـــنایی با افزایش دمای رنگرزی، کاهش می‌یابد. کاهش میزان روشـــنایی نشان‌دهندهٔ افزایش عمق رنگی در نمونه‌هاست.

قرمزی – سبزی (a*) و زردی – آبی‌بودن (b*)

نتایج نشـــان می‌دهد که میزان (a*) و (b*) در تمامی نمونه‌ها از مقادیر مثبتی برخوردار اســـت. مشـــاهده می‌شود که میزان قرمزی و زردی نمونه‌ها در دو حالت UU و UC با افزایش زمان افزایش یافته اســـت و در حالت CC این عامل کاهش یافته است. بدین‌ترتیب، نتیجه می‌شـــود که عصاره‌گیری به‌روش فراصوت، با هـــر دو روش رنگرزی (فراصوت و معمول) ســـبب افزایش میزان قرمزی و زردی در نمونه‌ها شده است. همچنین اینکه بیشـــترین میزان قرمـــزی و زردی در نمونه‌های رنگرزی‌شـــده، در روش UU بوده است. نتایج حاصل از افزایش دمای رنگرزی نشـــان می‌دهد که بیشـــترین میـــزان قرمـــزی و زردی در نمونه‌های رنگرزی‌شده به‌روش UU بوده و این میزان با افزایش دما، در هر ســـه حالت رنگرزی، افزایش یافته است. بدین‌ترتیب، تأثیر امواج فراصوت در افزایش شـــدت رنگی نمونه‌ها باتوجه‌به افزایش میزان قرمزی و زردی نمونه‌های رنگرزی‌شـــده به‌کمک امـــواج فراصوت مشاهده می‌شود.

خلوص رنگی (C*) و زاویهٔ فام (h^o)

میزان خلوص رنگی (C*) در نمونه‌های رنگرزی‌شده توسط دستگاه اســـپکتروفتومتر انعکاسی اندازه‌گیری شـــد. باتوجه‌به جدول ٤ تا ٦ مشـــاهده می‌شـــود که بیشـــترین میزان خلوص رنگی در زمان‌ها و دماهای مختلف مربـــوط به نمونه‌های UU اســـت. همچنین نمونه‌های UC نیز نســـبت‌به نمونه‌های CC از میزان خلوص رنگی بیشـــتری برخوردار هستند. این نتایج نشـــان می‌دهند که امواج فراصوت در میزان خلوص رنگی نمونه‌ها تأثیر داشـــته و ســـبب افزایش آن شده است. این در حالی است که در نمونه‌هایی که علاوه بر فرایند رنگرزی، در فرایند عصاره‌گیری نیز از روش فراصوت اســـتفاده شده اســـت، میزان خلوص رنگی بیشتر است.

آنالیز SEM

ریخت‌شناسی ساختار الیاف پشم خام و رنگرزی‌شده، توســـط میکروســـکوپ الکترونی روبشی مدل EM-3200 مورد بررســـی قرار گرفت. ایـــن آنالیز بر روی کالای پشم خام به‌عنوان نمونهٔ مرجع (شکل ٩، تصویر الیـــاف خام) و بر روی نمونه‌هایی با بیشـــترین میزان قدرت رنگی صورت گرفت. دو نمونه کالای پشـــمی رنگرزی‌شـــده به‌ترتیب نمونه کالای رنگرزی‌شـــده به‌روش معمول با عصارهٔ تهیه‌شده به‌روش فراصوت UC در زمان ٦٠ دقیقه و دمای ٧٥ درجهٔ ســـانتی‌گراد و کالای رنگرزی‌شـــده بـــه‌روش فراصوت با عصارهٔ تهیه‌شـــده به‌روش فراصوت UU در زمان ٦٠ دقیقه و دمای ٧٥ درجهٔ سانتی‌گراد انتخاب شده‌اند. شکل‌های ٩ و١٠ و ١١ تصاویر SEM به‌ترتیب مربوط به نمونهٔ کالای پشـــمی خام، رنگرزی‌شـــده به‌روش معمول و رنگرزی‌شده به‌روش فراصوت است.

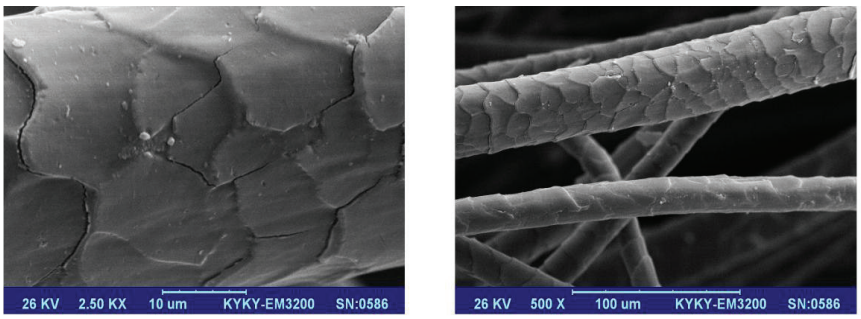
مقایســـهٔ تصاویر به‌وضوح تخریب فلس‌ها را در ســـطح لیف رنگرزی‌شـــده به‌روش فراصوت نشـــان

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ٢٨
پاییز و زمستان ١٣٩٤

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

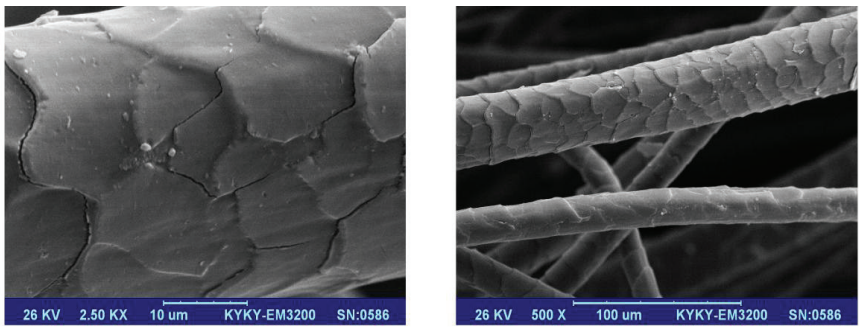
می‌دهد؛ درحالی‌که فلس‌ها در تصاویر ۱۰ و ۹ سالم هستند. همچنین سطح لیف در شکل ۱۱ خشن و ناصاف است؛ درحالی‌که در شکل ۱۰ صاف و متمایز است که ناشی از اثرات تابش امواج فراصوت است. این نتایج ممکن است به‌دلیل ایجاد حفره در ساختار الیاف باشد که منجر به شل‌شدن فیزیکی ساختار الیاف شده و امکان بیشتری برای نفوذ مولکول‌های رنگزا به داخل الیاف ایجاد می‌کند. همچنین مشاهده می‌شود که حضور امواج فراصوت بر زیردست الیاف تأثیر محسوسی نداشته است.

ازسوی دیگر، در رنگرزی به‌روش فراصوت، پدیدهٔ کاویتاسیون منجر به پراکندگی، گاززدایی و انتشار شده و با شکافتن لایهٔ محافظ لیف سبب شتاب‌دادن به میزان نفوذ رنگزا به داخل لیف و افزایش سرعت واکنش شیمیایی بین رنگزا و لیف می‌شود. درنتیجه، می‌توان گفت این امواج با ایجاد پدیدهٔ کاویتاسیون، سبب ایجاد نوعی فرسایش سطحی و تخریب فلس در سطح لیف شده و بدین‌ترتیب سبب افزایش نفوذ بیشتر رنگزا به داخل لیف شده و درنتیجه میزان قدرت رنگی نسبت‌به نمونهٔ رنگرزی‌شده به‌روش معمول، افزایش می‌یابد و احتمالاً بر خاصیت کششی الیاف تأثیر منفی می‌گذارد (Kamel, 2009). بااین‌وجود، فرسایش و آسیب وارده به لیف فقط سطحی بوده و درون لیف آسیبی نمی‌بیند. تصاویر SEM الیاف خام و نمونه‌هایی با بیشترین میزان قدرت رنگی در زیر آورده شده است.



الف ب

شکل ۹. تصویر الیاف پشم خام، (منبع: نگارندگان)

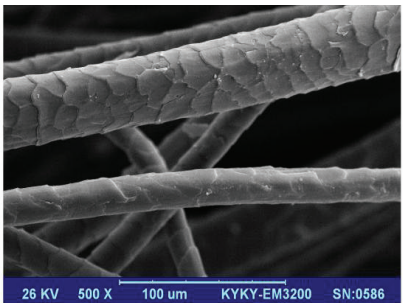


الف ب

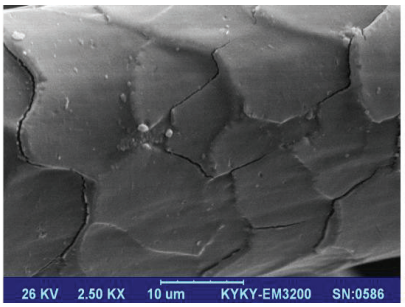
شکل ۱۰. تصویر الیاف پشم رنگرزی‌شده به‌روش UC، (منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹۴

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]



الف



ب

شکل ۱۱. تصویر الیاف پشم رنگرزی‌شده به‌روش فراصوت UU، (منبع: نگارندگان)

خواص ثباتی نمونه‌ها

خواص ثباتی نمونه‌های رنگرزی‌شده به سه حالت UC، UU و CC مطابق روش‌های استاندارد ISO-105 اندازه‌گیری شده است. این نتایج در زیر آورده شده است.

ثبات مالشی رنگ

ثبات مالشی نمونه‌ها مطابق روش استاندارد ISO105 - C01:1989(E) در شرایطی که هر رفت‌وبرگشت ۱ ثانیه طول بکشد، این عمل برای هر نمونه ۱۰ بار تکرار شده است و با استفاده از دستگاه ثبات مالشی رنگ اندازه‌گیری شده است. ارزیابی نمونه‌ها با معیار خاکستری و به‌شیوهٔ بصری انجام گرفته است. نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول ۷ آمده است. مشاهده می‌شود که بیشترین میزان ثبات مالشی رنگ به‌ترتیب متعلق به نمونه‌های UU، CC و UC بوده است. نتایج نشان می‌دهد که ثبات نمونه‌ها در هر دو روش معمول و فراصوت متوسط تا خوب بوده است. در بین نمونه‌های CC نیز بیشترین میزان ثبات در زمان ۶۰ دقیقه و دماهای کمتر از ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دست آمده است.

ثبات شست‌وشویی

ثبات شست‌وشویی نمونه‌ها مطابق روش استاندارد ISO105 - C01:1989(E) با شرایط دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مدت‌زمان ۳۰ دقیقه و L:R ۴۰:۱ با محلول صابون ۵ گرم بر لیتر (با دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و با استفاده از دستگاه ثبات شست‌وشویی GYROWASH 815 QUICK START انجام شد. همچنین ارزیابی نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی به‌روش دستگاهی صورت گرفته است. میزان لکه‌گذاری نمونه‌ها بر روی پارچهٔ همراه چندجنسی به‌شیوهٔ بصری با معیار خاکستری انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که ثبات نمونه‌ها در هر دو روش، متوسط تا خوب بوده است. مشاهده می‌شود که به‌طور کلی میزان لکه‌گذاری نمونه‌ها در حد خوبی بوده است و بدین‌ترتیب بهترین ثبات مربوط به نمونه‌های UU است. همچنین مشاهده می‌شود که میزان لکه‌گذاری بر روی پشم و پنبه بسیار ناچیز بوده است. نتایج لکه‌گذاری‌ها در جدول ۸ آورده شده است.

می‌توان گفت امواج فراصوت در نفوذ بهتر رنگزا و تثبیت آن در لیف نقش مؤثری داشته است. نتایج

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

حاصل از انجام تســت‌های ثبات شست‌وشــویی در جدول ۹ آورده شده است. بیشترین ثبات شست‌وشویی در نمونه‌های عصاره‌گیری‌شده و رنگرزی‌شده به‌روش معمــول CC بوده اســت و نمونه‌هایی که در معرض امواج فراصوت قرار داشــته‌اند، با تفاوت کمتری در رتبهٔ بعدی قرار دارند. در این میان تفاوت قابل‌توجهی بین نمونه‌های روش UU و UC نیز مشاهده نمی‌شود. قابل‌ذکر اســت که باتوجه‌به نوع صابون مورداستفاده در تست‌های شست‌وشویی، در تمامی نمونه‌ها تغییر رنگی ایجاد شده است.

جدول ۷. درجهٔ ثبات مالشی رنگ نمونه‌های رنگرزی‌شده با پوست گردو به سه روش مختلف

نمونه		۱	۲	۳	۴	۵
ثبات مالشی رنگ	UU	۴	۳-۴	۴	۳-۴	۴-۵
	UC	۴	۳-۴	۴	۴	۴-۵
	CC	۳-۴	۴	۳-۴	۴-۵	۴-۵

(منبع: نگارندگان)

جدول ۸. میزان لکه‌گذاری نمونه‌های رنگرزی‌شده با پوست گردو به سه روش مختلف

نمونه	UU					UC					CC				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
پارچهٔ همراه	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
پشم	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵
پنبه	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴	۴-۵	۴-۵	۴-۵	۴-۵

(منبع: نگارندگان)

جدول ۹. درجهٔ ثبات شست‌وشویی نمونه‌های رنگرزی‌شده با پوست گردو به سه روش مختلف

نمونه	UU					UC					CC				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
درجهٔ ثبات	۲/۵	۳	۲/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۳	۳	۲/۵	۳	۳/۵	۳	۳/۵	۳/۵	۳

(منبع: نگارندگان)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۲۸
پاییز و زمستان ۱۳۹۴

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

جدول ۱۰. میزان ثبات نوری نمونه‌های رنگرزی‌شده در سه روش مختلف

نمونه	UU	UC	CC
درجهٔ ثبات	۵	۴/۵	۴

(منبع: نگارندگان)

جدول ۱۱. شرایط مطلوب عصاره‌گیری

شرایط / روش استخراج	دما (درجهٔ سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	غلظت رنگزا (٪)	L:R	pH
معمول	۷۵	۴۰	۱۰۰	۱۰۰:۱	۲
فراصوت	۶۵	۲۰	۳۵	۴۰:۱	۲

(منبع: نگارندگان)

ثبات نوری

ثبات نوری نمونه‌ها مطابق استاندارد ISO105 – B02:1994(E) به‌روش دوم و با دستگاه اندازه‌گیری ثبات نوری Megasol در دمای دستگاه ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد، دمای صفحه‌سیاه استاندارد ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵ با فاصله‌های زمانی ٤ساعته طی ۷۲ ساعت انجام شد. ارزیابی تغییر رنگ نمونه‌ها با معیار خاکستری و به‌شیوهٔ بصری انجام گرفته است. معیار مقایسه، شاخص آبی (Blue Scale) است. باتوجه‌به جدول ۱۰، مشاهده می‌شود که ثبات نوری نمونه‌هایی که تحت تأثیر امواج فراصوت بوده‌اند، بیشتر از نمونه‌های رنگرزی‌شده به‌روش معمول بوده است. این‌گونه می‌توان ارزیابی کرد که به‌دلیل رمق‌کشی و جذب بالای رنگزا بر روی لیف با روش فراصوت و وجود میزان بیشتری از مقدار رنگزا داخل لیف، لذا با روش فراصوت، نمونه‌ها از میزان ثبات نوری بیشتری در مقایسه با روش معمول برخوردار هستند. نتایج این ارزیابی در جدول ۱۰ آورده شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر امواج فراصوت بر فرایندهای عصاره‌گیری و رنگرزی الیاف پشم با پوست گردو، عمل استخراج رنگزای پوست گردو با بررسی تأثیر حضور امواج فراصوت و عوامل مختلف نظیر دما، زمان، مقدار رنگزا، نسبت حجم حمام به وزن کالا و pH در شرایط مختلف انجام شد. در ادامه، الیاف پشم شسته‌شده به‌روش معمول با این عصاره‌ها رنگرزی شده‌اند تا با تعیین میزان جذب رنگزا بر روی کالا، عصارهٔ مطلوب مشخص گردد. سپس به سه روش مختلف الیاف پشم با عصارهٔ مطلوب رنگرزی شده و نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفته است.

با محاسبهٔ راندمان جذب در روش فراصوت نسبت‌به معمول مشخص شد که استفاده از امواج فراصوت باعث افزایش میزان غلظت رنگزا در محلول نسبت‌به روش معمول بوده است. باتوجه‌به این نتیجه، فرایند استخراج رنگزای پوست گردو با استفاده از امواج فراصوت انجام گرفته و نتایج آن با روش معمول

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

مقایسه شـــد. از نتایج حاصل از بررسی میزان قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شـــده، عصاره‌های مطلوب در هر دو روش انتخاب شد. خصوصیات عصاره‌های انتخاب‌شده در جدول ۱۱ آورده شده است.

عملیات رنگرزی الیاف پشـــم با این عصاره‌ها به دو روش فراصوت و معمول در سه حالت UU، UC و CC انجام شـــد. در این فراینـــد تأثیر عوامل زمان و دما نیز مورد بررســـی قرار گرفت. دما و زمان مطلوب رنگـــرزی حاصـــل از انجام این مرحلـــه از پروژه در جدول ۱۲ آورده شده است.

میزان قدرت رنگی، میـــزان راندمان قدرت رنگی در روش فراصوت نســـبت‌به معمـــول، آنالیز SEM، مشخصات رنگی و خواص ثباتی نمونه‌ها اندازه‌گیری و نتایج ارائه شـــد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در حالـــت UU، میزان جذب رنگزا بـــر روی کالا از دو حالت دیگر بیشـــتر بـــوده اســـت. ازآنجایی‌که امواج فراصوت سبب شکسته‌شدن تجمع مولکول‌های رنگزا می‌شود، نفوذ رنگزا به داخل لیف بیشتر شده، درنتیجه، جذب توسط کالا افزایش می‌یابد.

بررسی خصوصیات رنگی نمونه‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌های رنگرزی‌شـــده به‌روش فراصوت دارای کمترین میزان روشنایی هستند که نشان‌دهندهٔ بیشترین عمق رنگی در این نمونه‌هاســـت. میزان روشنایی در نمونه‌های UU، بـــا افزایش زمـــان و دمای رنگرزی کاهش یافته که نشـــان می‌دهد بیشـــترین عمق رنگی در ایـــن شـــرایط (زمان ۶۰ دقیقه و دمـــای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد) به‌دســـت آمده است. همچنین نمونه‌های UU دارای بیشـــترین میزان قرمزی، زردی و خلوص رنگی هستند که بیشترین مقادیر در شرایط (زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد) مشاهده می‌شود. بدین‌ترتیب، تأثیر امواج فراصوت در افزایش شـــدت رنگی نمونه‌ها باتوجه‌به خصوصیات رنگی نمونه‌های رنگرزی‌شده به‌کمک امواج فراصوت مشاهده می‌شود.

به‌منظور بررســـی تأثیر امواج فراصوت در فرایند رنگرزی، میزان بهره‌وری روش فراصوت در رنگرزی نســـبت‌به روش معمـــول در دو حالـــت UU و UC محاسبه شده است. میزان بهره‌وری UU نسبت‌به UC در شـــرایط مطلوبِ آورده‌شـــده در جدول ۲ برابر با ۱۳/۷۷% بوده است.

بدین‌ترتیب، اثرات مفید استفاده از امواج فراصوت در فرایند رنگرزی شـــامل جنبه‌های مختلف مکانیکی مثـــل گاززدایی از لیف، تحریـــک و به‌تلاطم‌درآوردن محلول رنگزا، پخش سریع رنگ درون لیف و شکستن تجمع مولکول‌های رنگزاســـت که ســـبب نفوذ بیشتر رنگزا به داخل لیف و شدت‌یافتن عمق رنگی حاصله می‌شود. نتایج اندازه‌گیری ثبات نمونه‌ها نشان می‌دهد کـــه ثبات نمونه‌ها در هر دو روش متوســـط تا خوب بوده است.

نتایج حاصل از آنالیـــز SEM نیز این موضوع را به‌وضوح ارائه می‌دهند. ایجاد نوعی فرسایش سطحی و تخریب فلس‌ها در ســـطح لیف که سبب نفوذ بیشتر رنگزا به داخل لیف شـــده و قدرت رنگی را افزایش می‌دهد، از اثرات پدیدهٔ کاویتاسیون شمرده می‌شود که در تصاویر SEM دیده می‌شود.

در نگاهی کلی به نتایـــج حاصل از این پژوهش، بایســـتی به برتری انجام فرایندهـــای عصاره‌گیری و رنگـــرزی با امواج فراصوت نســـبت‌به روش معمول ازنظـــر بهره‌وری از منابـــع و صرفه‌جویی در مصرف انـــرژی، کاهش غلظـــت رنگزای مصرفـــی در حمام رنگرزی و پســـاب همراه با افزایـــش قابل‌توجهی در بازدهی رنگرزی و مشخصات رنگی، کاهش آلودگی پساب‌ها، بهبود بهره‌وری و کیفیت محصول تولیدی، به‌حداقل‌رساندن آســـیب به الیاف در فرایند رنگرزی، جایگزینی بی‌خطر و سازگار با محیط‌زیست در مقابل روش‌های سنتی اشاره داشت که موجب ایجاد رقابت در صنعت نیز می‌شود.

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

[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

جدول۱۲. شرایط مطلوب حاصله در فرایند رنگرزی

شرایط حالت رنگرزی	دما (درجهٔ سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)
UU	۷۵	۶۰
UC	۷۵	۶۰
CC	۷۵	۶۰

(منبع: نگارندگان)

منبع مالی
این مقاله در قالب پایان‌نامه و تحت حمایت دانشگاه کاشان انجام پذیرفته است.

پیشنهادات
ازآنجایی‌که پوســـت گردو از دســـتهٔ گیاهان تانن‌دار اســـت، لذا در این پروژه عملیـــات رنگرزی بر روی الیاف پشم بدون دندانه انجام شده است. بدین‌ترتیب، پیشنهاد می‌شود تأثیر حضور دندانه در رنگرزی الیاف پشم با رنگزای پوســـت گردو تحت امواج فراصوت مورد بررسی قرار بگیرد.

پی‌نوشت‌ها
1. Ultrasound
2. Cavitation
3. Juglone
4. Kubelka – Munk equation

فهرست منابع

- اکبری، احمد (۱۳۹۱)، *رنگرزی الیاف پروتئینی با رنگینه های شیمیایی*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه کاشان، کاشان.
- D. Jadhav, P.R. Gogate, V.K. Rathod, Extraction of vanillin from vanilla pods: A comparison study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction, *Journal of food engineering*, 93 (2009) 421-426.
- Z. Lianfu, L. Zelong, Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes, *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (2008) 731-737.
- C. Da Porto, D. Decorti, Ultrasound-assisted extraction coupled with under vacuum distillation of flavour compounds from spearmint (carvone-rich) plants: Comparison with conventional hydrodistillation, *Ultrasonics sonochemistry*, 16 (2009) 795-799.
- M.K. Khan, M. Abert-Vian, A.S. Fabiano-Tixier, O. Dangles, F. Chemat, Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (Citrus sinensis L.) peel, *Food Chemistry*, 119 (2010) 851-858.
- A.C. Kimbaris, N.G. Siatis, D.J. Daferera, P.A. Tarantilis, C.S. Pappas, M.G. Polissiou, Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]

(Allium sativum), *Ultrasonics sonochemistry*, 13 (2006) 54-60.
- F. Adjé, Y.F. Lozano, P. Lozano, A. Adima, F. Chemat, E.M. Gaydou, Optimization of anthocyanin, flavonol and phenolic acid extractions from Delonix regia tree flowers using ultrasound-assisted water extraction, *Industrial crops and products*, 32 (2010) 439-444.
- S. Shirsath, S. Sonawane, P. Gogate, Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations—a review of current status, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 53 (2012) 10-23.
- Vankar, P.S. et al. *Sonicator dyeing of natural polymers with Symplocos spicata by metal chelation*. Fibers and Polymers, 2008. 9(2): p. 121-127.
[10] Vankar, P.S. and R. Shanker, *Ecofriendly ultrasonic natural dyeing of cotton fabric with enzyme pretreatments*. Desalination, 2008. 230(1): p. 62-69.
- Mansour, H.F. and S. Heffernan, *Environmental aspects on dyeing silk fabric with sticta coronata lichen using ultrasonic energy and mild mordant*s. Clean Technologies and Environmental Policy, 2011. 13(1): p. 207-213.
- I. Oliveira, A. Sousa, I.C. Ferreira, A. Bento, L. Estevinho, J.A. Pereira, Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (Juglans regia L.) green husks, *Food and chemical toxicology*, 46 (2008) 2326-2331.
- M. Carvalho, P.J. Ferreira, V.S. Mendes, R. Silva, J.A. Pereira, C. Jerónimo, B.M. Silva, Human cancer cell antiproliferative and antioxidant activities of Juglans regia L, *Food and chemical toxicology*, 48 (2010) 441-447.
- S.R. Vardhini, Evaluating the Binding Affinity of Juglone on 1kms- An In SilicoApproach, *Bioinformatics and Comparative Genomics*, 1 (2014) 1-2.
- K.J. Anderson, S.S. Teuber, A. Gobeille, P. Cremin, A.L. Waterhouse, F.M. Steinberg, Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation, *The Journal of nutrition*, 131 (2001) 2837-2842.
- C. Popovici, L. Gîtin, P. Alexe, Characterization of walnut (Juglans regia L.) green husk extract obtained by supercritical carbon dioxide fluid extraction. *Journal of Food and Packaging Science*, Technique and Technologies 1 (2012): 5-9.
- A. kale, S. gaikwad, V. adsu, N. deshpande, J. salvekar, Quantification of a phytotoxin from walnut species by hptlc method, *International Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 5 (2013).
- M. Kamel, R.M. El-Shishtawy, B. Yussef, H. Mashaly, Ultrasonic assisted dyeing: III. Dyeing of wool with lac as a natural dye, *Dyes and Pigments*, 65 (2005) 103-110.
- N. Ratasuk, Redox functional groups of humic substances, University of Oklahoma, 2004.
- Kamel, M. et al. *Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with natural dye*. Part 1: Cationization of cotton using Solfix E. Ultrasonics sonochemistry, 2009. 16(2): p. 243-249

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1394.11.28.6.4]