



رنگرزی کالای پشمی آماده‌سازی شده به کمک پلاسمای اکسیژن با رنگزای طبیعی گل ریواس

بابک انصاری^۱، محمد خواجه مهریزی^۲، امین‌الدین حاجی^۳*

۱- کارشناس ارشد فرش، دانشکده فرش اردکان، دانشگاه علم و هنر یزد، یزد، ایران، کد پستی: ۸۹۱۶۷۱۳۳۳۵

۲- استادیار، گروه نساجی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

۳- استادیار، گروه مهندسی نساجی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران، کد پستی: ۹۷۱۷۷۱۱۱۱۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۶ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۴/۶/۲۰

چکیده

در این مطالعه از گل ریواس به عنوان یک رنگزای طبیعی جدید برای رنگرزی الیاف پشم استفاده شده است. تاثیر آماده‌سازی الیاف با پلاسمای اکسیژن بر خواص رنگرزی الیاف پشم و امکان جایگزینی دندان‌های معدنی با عملیات پلاسما در رنگرزی الیاف پشم با این رنگزا مورد بررسی قرار گرفت. برای مطالعه تغییرات فیزیکی ایجاد شده بر سطح الیاف از تصاویر میکروسکوپ الکترونی استفاده شد. تغییرات شیمیایی اعمال شده بر الیاف پشم بعد از عملیات پلاسما با استفاده از طیف‌های FTIR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که عملیات پلاسما فلس‌های سطحی الیاف پشم را تا حدودی تخریب کرده و گروه‌های اکسیژن‌دار بر روی الیاف ایجاد نموده است. ثبات رنگ نمونه‌های رنگرزی شده در برابر شستشو و نور اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که قدرت رنگی و مشخصات ثباتی نمونه‌های آماده‌سازی شده به وسیله پلاسما نسبت به الیاف خام بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: گل ریواس، پلاسما، پشم، رنگرزی طبیعی.

Dyeing of Oxygen Plasma Treated Wool Fibers with Rhuem Ribes L. Flowers

B. Ansari¹, M. Khajeh Mehrizi², A. Haji³*

¹ Ardakan Carpet Department, Yazd Science and Art University, P.O.Box: 8916713335, Yazd, Iran

² Textile Engineering Department, Yazd University, P.O.Box: 89195-741, Yazd, Iran

³ Textile Engineering Department, Birjand Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 9717711111, Birjand, Iran

Received: 25-09-2014

Accepted: 15-02-2015

Available online: 11-09-2015

Abstract

In this study, the extract of Rhuem Ribes L. flowers was used for dyeing of wool fibers. Oxygen plasma was used as a pretreatment to enhance the dyeability of wool fibers and metal mordant was eliminated from the dyeing process. The surface morphology of the wool fibers before and after plasma treatment was investigated by SEM images. FTIR analysis was employed to study the chemical changes imparted to the wool fibers by plasma treatment. The surface of wool fibers was etched and oxygen containing groups were introduced to the surface of wool fibers. The fastness of the dyed samples to washing and light was measured. The plasma treated samples showed better dyeability as well as good fastness to washing and light. J. Color Sci. Tech. 9(2015), 135-143©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Rhuem Ribes L, Plasma, Wool, Natural dyeing.

۱- مقدمه

محدودیت‌های زیست محیطی و اقتصادی که به طور فزاینده‌ای بر صنعت نساجی اعمال شده منجر به توسعه فرآیندهای دوست‌دار محیط‌زیست برای اصلاح خواص الیاف و بهبود فرآیندهای سنتی موجود شده است. به طور کلی در صنعت نساجی روش‌های مختلفی جهت اصلاح خواص الیاف برای رسیدن به منسوجات با کارایی ویژه قابل انجام است. اغلب از روش‌های شیمیایی برای این منظور استفاده می‌شود. معمولاً این روش‌ها با مصرف مقادیر زیاد آب، مواد شیمیایی و انرژی همراه هستند. در نتیجه هزینه عملیات بالا بوده و آلودگی زیست‌محیطی نیز ایجاد می‌نماید. تلاش‌های بسیاری برای کاهش هزینه‌ها و همچنین مواد آلوده کننده دفع شده همراه پساب انجام شده که از آن جمله می‌توان به استفاده از مواد طبیعی و آنزیم‌ها اشاره کرد [۱].

یکی از روش‌هایی که اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته، استفاده از فناوری پلاسمای سرد برای اصلاح خواص منسوجات است. پلازما می‌تواند خواص سطحی الیاف را تغییر دهد بدون اینکه تأثیری بر ساختار و خواص داخلی آن داشته باشد. عمق نفوذ پلازما فقط چند نانومتر (معمولاً کمتر از ۱۰ نانومتر) است و در نتیجه فقط لایه‌های سطحی الیاف را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با تغییر در نوع و ترکیب گاز مورد استفاده و شرایط عملیات پلازما می‌توان طیف وسیعی از تغییرات را روی الیاف نساجی به وجود آورد. این عملیات در مقایسه با سایر روش‌های متداول در نساجی بسیار سریع‌تر، کم‌هزینه‌تر و پاک‌تر است. ضمن اینکه خواص با ارزش الیاف حفظ شده و خواص جدید نیز به صورت دلخواه به آن افزوده می‌شود. به کمک عملیات پلازما می‌توان زمینه را برای انجام عملیات بعدی با بازده بالاتر نیز فراهم کرد. فرآیند پلازما به وسیله گاز مورد استفاده و پارامترهای دیگر نظیر فشار، توان و فرکانس، قابل کنترل می‌باشد. بسیاری از خصوصیات که در نساجی نقش مهمی ایفا می‌کنند از قبیل: قابلیت ترشدن، خاصیت ضد آب، جذب رنگ، زبردست، چسبندگی، خاصیت عدم ایجاد الکتریسیته ساکن و ضریب اصطکاک، را با استفاده از پلازما می‌توان تغییر داد. این عملیات بدون استفاده از آب زیاد، مواد شیمیایی و سطح فعال قابل انجام است. به عبارت دیگر یک فرآیند خشک است که باعث صرفه‌جویی در انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود. برای تغییر خصوصیات سطحی الیاف به کمک فرآیند مرطوب، روش‌های گوناگونی وجود دارد و اکنون سیستم‌های خشک نظیر پلازما جایگزین آنها شده است. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که عملیات پلازما در دمای پایین می‌تواند تغییرات فیزیکی و شیمیایی بر روی سطح الیاف پشم ایجاد کرده و در بهبود ویژگی‌های الیاف پشم موثر باشد [۵-۲].

استفاده از عملیات پلازما به عنوان آماده‌سازی قبل از رنگرزی بر روی الیاف طبیعی و مصنوعی مورد مطالعه قرار گرفته است. به عنوان

مثال استفاده از پلاسمای اکسیژن، به عنوان یک روش زیست سازگار، جذب رنگ کاتیونیک به الیاف نایلون ۶ را افزایش و همچنین در کنار رنگزای کاتیونی استخراج شده از ریشه درخت زرشک خواص ضد میکروبی به الیاف داده است [۶].

در مطالعه دیگری اثر عملیات پلاسمای اکسیژن بر رنگرزی الیاف پشم با رنگزای اسیدی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان داده که علاوه بر اینکه جذب رنگ و خواص ثباتی نمونه‌های پلازما شده بهبود یافته، نمونه‌های اصلاح شده به کمک پلازما نیاز به دما و زمان بسیار کمتری برای رسیدن به عمق رنگی یکسان با نمونه‌های خام دارند که می‌تواند منجر به صرفه جویی در انرژی، زمان و هزینه تمام شده رنگرزی شود [۷].

در مجموع می‌توان برخی از مزایای فرآیند پلازما را به صورت زیر خلاصه نمود [۸، ۹]:

- گستره وسیع خواص فیزیکی و شیمیایی قابل حصول
- انجام عملیات در دمای پایین (عدم تخریب لایه‌های داخلی لیف)
- انجام عملیات در شرایط خشک
- دوست‌دار محیط زیست.

رنگرزی یکی از فرآیندهای رایج در صنعت نساجی است که معمولاً پسایی با حجم بالا و آلودگی زیاد تولید می‌کند. امروزه عمده مواد رنگزای مورد استفاده در صنعت نساجی از نوع شیمیایی و سنتزی است. این مواد علاوه بر ایجاد آلودگی زیست‌محیطی، گاهی موجب ایجاد حساسیت و ناراحتی پوستی برای مصرف‌کننده نیز می‌شوند. گیاهان یکی از مهم‌ترین منابع تهیه مواد رنگزا در طبیعت هستند. کاشت و تکثیر گیاهان رنگده برای تولید مواد رنگزا می‌تواند بخشی از صنایع مرتبط با نساجی را شامل شود. در حال حاضر، استفاده از مواد رنگزای مصنوعی آلودگی شدید محیط زیست را در پی داشته است، در حالی که می‌توان جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه رنگزاهای سنتزی، از گیاهان جهت رنگرزی استفاده نمود، هر چند که تهیه رنگزاهای طبیعی دشوارتر از گونه‌های سنتزی است [۱۰]. برخی از صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران بر این باورند که رنگزاهای سنتزی موجود در ایران، دارای ثبات خوبی در برابر نور، شست‌وشو و سایش نیستند؛ در صورتی که رنگزاهای طبیعی و بومی از ثبات مطلوب‌تری برخوردارند. استفاده از مواد سنتزی و سمی، اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده می‌گذارد که در صورت استفاده از مواد طبیعی معمولاً این اثرات مشاهده نمی‌شود [۱۱].

افزایش آگاهی از مسائل زیست‌محیطی و تأثیر مخرب رنگزاهای سنتزی میل به استفاده از رنگزاهای طبیعی را افزایش داده است. با این حال هنوز تولید منسوجات سازگار با محیط‌زیست، برای تولیدکنندگان دارای محدودیت‌هایی است. استفاده وسیع تجاری از رنگزاهای طبیعی تنها زمانی به وقوع می‌پیوندد که از ویژگی‌های بهتر

رنگرزی و ثباتی آنها اطمینان حاصل شود [۱۲].

معمولا در رنگرزی الیاف پشم با رنگزای طبیعی برای افزایش جذب رنگزا و بهبود خواص ثباتی کالای رنگرزی شده، از دندانه‌های فلزی استفاده می‌شود که غالبا سمی و آلوده کننده محیطزیست هستند. به طور کلی روش دندانه‌دهی معمولی با استفاده زیاد از آب و تولید پساب سمی همراه است. از سوی دیگر، پلاسما یک فناوری خشک و سازگار با محیطزیست ارائه می‌دهد و یک جایگزین خوب برای اضافه کردن ویژگی‌های مورد نظر همچون جذب رنگ بیشتر و ثبات بهتر رنگ بر لیف است [۱۷]. در این مقاله، ضمن معرفی گل ریواس به عنوان یک رنگزای گیاهی جدید و بررسی عوامل موثر در فرآیند رنگرزی الیاف پشم با این رنگزا، به منظور کاهش آلاینده‌گی فرآیند رنگرزی و رسیدن به یک فرآیند دوست‌دار محیطزیست، امکان حذف دندانه‌های معدنی از فرآیند رنگرزی پشم با رنگزای طبیعی گل ریواس به وسیله آماده‌سازی پارچه‌های خام با فناوری پلاسما قبل از رنگرزی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

در این تحقیق پارچه پشمی با بافت ساده (۲۵۰ گرم بر متر مربع)، عرضه شده توسط شرکت نساجی ایران مرینوس مورد استفاده قرار گرفت. برای جدا کردن آلودگی‌های سطحی، پارچه پشمی در محلولی حاوی ۱ گرم بر لیتر شوینده غیریونی (Triton X-100, Merck, Germany) در آب مقطر در دمای ۵۰ °C برای ۳۰ دقیقه شسته شد. [۷]. سپس پارچه شسته شده در دمای اتاق به طور کامل خشک شد. گل ریواس خشک شده نیز از شرکت دارویی شفای کردستان تهیه شد.

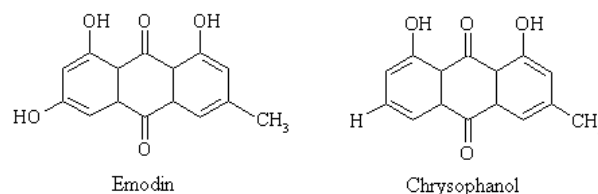
۲-۲- روش کار

۲-۲-۱- استخراج رنگزا

یکی از مشکلاتی که معمولا در انجام تحقیقات آزمایشگاهی با رنگزاهای طبیعی مشاهده می‌شود عدم تکرارپذیری آزمایشات به دلیل نایکنواختی در کیفیت و عدم خلوص بالای ماده رنگزای مورد مصرف است، که البته خاصیت ذاتی مواد طبیعی می‌باشد. در این تحقیق برای پیشگیری از این مسأله، ابتدا گل ریواس به صورت پودر درآورده شده و سپس ماده رنگزا از آن استخراج شده و پودری با کیفیت و خلوص بالا برای تمام نمونه‌ها تهیه شد. جهت استخراج رنگزا، ۲۰ گرم پودر گل ریواس در ۸۰۰ میلی‌لیتر آب با خاصیت اسیدی خنثی ریخته شده و استخراج به مدت ۲ ساعت در ۸۰ °C همراه با هم‌زدن انجام شد. سپس محلول حاصل توسط کاغذ صافی، صاف شده و در ۷۰ °C آب آن تبخیر شده و رنگزای استخراج شده به صورت پودر خشک تهیه گردید. پودر حاصل برای رنگرزی نمونه‌ها استفاده شد.

در این راستا، انجام تحقیقات برای یافتن منابع جدید رنگزاهای طبیعی و بهینه‌سازی روش‌های فراوری و کاربرد آنها یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. بسیاری از گیاهان حاوی مواد رنگزا به طور سنتی برای رنگرزی الیاف مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند و تحقیقات بر روی آنها بیشتر به بهینه‌سازی فرآیند رنگرزی مربوط می‌شوند. علاوه بر آن برخی گیاهان از گذشته تا کنون برای مصارفی غیر از رنگرزی مانند کاربردهای دارویی مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. تحقیقات بر روی امکان استفاده از این گیاهان در رنگرزی الیاف و بهینه‌سازی فرآیند رنگرزی با آنها در کنار بررسی خواص نهایی کالای رنگرزی شده زمینه جدیدی از تحقیقات را پیش روی محققین قرار داده است. گل ریواس از جمله مواد گیاهی است که در طب سنتی از دیرباز مورد مصرف بوده است اما تحقیقی در مورد کاربرد آن به عنوان رنگزای طبیعی تا کنون مشاهده نشده است. هدف این تحقیق بررسی امکان استفاده از گل ریواس به عنوان منبعی طبیعی برای رنگرزی الیاف پشم و بهینه‌سازی فرآیند رنگرزی به کمک عملیات پلاسما به منظور حذف و کاهش مصرف دندانه‌های معدنی آلوده کننده است.

ریواس^۱ گیاهی است از تیره هفت‌بندان^۲ با نام علمی *Rhuem Ribes L.* که دارای ۷۰ گونه مختلف است و بومی کشورهای آسیایی از جمله ایران، پاکستان، هند و چین است [۱۳]. ریواس دارای تاننوئیدهایی^۳ با ترکیب شیمیایی درهم از گلوکزیدها و مواد دیگر است. تاننوئیدهای ریواس، عبارت از کاتچین^۴، گلوکوگالین^۵، تترارین^۶، اسید گالیک آزاد و غیره است. گل ریواس به تعداد زیاد و به صورت خوشه‌ای در انتهای ساقه اصلی ایجاد می‌گردد. گل‌های ریواس به رنگ قرمز هستند و در اثر تلقیح بذر گیاه را تشکیل می‌دهند [۳]. در گل ریواس، مشتقات آنتراکینونی متعددی یافت می‌شود که مهم‌ترین آنها عبارت از کریزوفانول^۷ و امودین^۸ است [۱۴، ۳، ۱۰]. این مواد قابلیت جذب و رنگرزی الیاف پشم را دارند (شکل ۱).



شکل ۱: ترکیبات آنتراکینونی گل ریواس [۱۵، ۱۶].

- 1- Rhubarb
- 2- Polygonaceae
- 3- Tannoides
- 4- Catechine
- 5- Glucogalline
- 6- Tetrarine
- 7- Chrysophanol
- 8- Emodin

۲-۲-۵- اندازه گیری قدرت رنگی نمونه‌ها

مقادیر انعکاس نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنج انعکاسی Color Eye 7000A (X-rite, USA) اندازه‌گیری شد. قدرت رنگی (K/S) نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ (طول موج بیشینه جذب ۳۸۰ نانومتر) محاسبه گردید. در این رابطه K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R حداقل انعکاس در طول موج بیشینه جذب می‌باشد.

$$K/S = (1-R)^2/2R \quad (1)$$

۲-۲-۶- مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM)

سطح الیاف به منظور بررسی اثر عملیات پلازما بر ریخت سطح لیف پشم با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (AIS2100, Seron Technology, Korea) مورد مطالعه قرار گرفت.

۲-۲-۲- طیف‌سنجی UV-Vis

محلولی با غلظت ۱٪ وزنی- حجمی از پودر رنگزای استخراج شده در آب مقطر تهیه و طیف جذبی آن در محدوده مرئی توسط طیف‌سنج مدل DR5000 (Hach, USA) ثبت گردید.

۲-۲-۳- عملیات پلازما

سه قطعه ۸ گرمی پارچه پشمی مطابق جدول ۱ تحت عملیات پلازمای اکسیژن قرار گرفتند (مدل دستگاه پلازما: Junior plasma, Europlasma, Belgium). در دو نمونه زمان یکسان و توان دستگاه متفاوت در نظر گرفته شد و در دو نمونه دیگر توان مساوی و مدت زمان عمل‌آوری متفاوت در نظر گرفته شد.

جدول ۱: شرایط آماده‌سازی نمونه‌ها بوسیله عملیات پلازما.

کد نمونه	توان (وات)	زمان (ثانیه)	میزان خروجی گاز (میلی‌لیتر بر دقیقه)	فشار (میلی‌تور)
A	۱۵۰	۳۰۰	۳۰	۱۵۰
B	۱۵۰	۱۲۰	۳۰	۱۵۰
C	۵۰	۳۰۰	۳۰	۱۵۰

جدول ۲: شرایط رنگرزی نمونه‌های آماده‌سازی شده با پلازما.

شماره نمونه	کد شرایط پلازما	pH	دندان	زمان
۱	A	۵	----	۶۰
۲	A	۷	----	۶۰
۳	A	۹	----	۶۰
۴	B	۵	----	۶۰
۵	B	۷	----	۶۰
۶	B	۹	----	۶۰
۷	C	۵	----	۶۰
۸	C	۷	----	۶۰
۹	C	۹	----	۶۰
۱۰	A	۷	سولفات آلومینیم	۶۰
۱۱	B	۷	سولفات آلومینیم	۶۰
۱۲	C	۷	سولفات آلومینیم	۶۰
۱۳	A	۷	----	۸۰
۱۴	B	۷	----	۸۰
۱۵	C	۷	----	۸۰

۲-۲-۴- رنگرزی

هر کدام از پارچه‌ها به ۵ تکه ۱,۵ گرمی تقسیم گردید. رنگرزی نمونه‌ها در شرایط مختلف با تاکید بر سه متغیر pH، زمان و دندان با کمک امواج فراصوت با توان ۸۰ وات و فرکانس ۳۷ KHz (Elmasonic S30/H, Elma, Germany) انجام شد. رنگرزی نمونه‌ها در سه محیط اسیدی (pH=۵) به کمک اسید استیک (۱۰٪) خنثی (pH=۷) به کمک سولفات آمونیم (۱۰٪) و قلیایی (pH=۹) به کمک کربنات سدیم (۱۰٪) انجام شد. در نمونه‌های دیگری (شماره‌های ۱۰ تا ۱۵) از آب مقطر با pH خنثی بدون افزودن اسید یا قلیا استفاده شد. برای هر حمام ۴۰٪ نسبت به وزن الیاف پودر رنگزا و ۱,۵ گرم پارچه پشمی با L:R معادل ۵۰:۱ استفاده شد. جهت مشاهده تاثیرات زمان بر خصوصیات رنگی، نمونه‌ها در دو زمان ۶۰ و ۸۰ دقیقه رنگرزی شدند. جهت مشاهده تغییرات در مشخصات رنگی نمونه‌ها با اعمال دندان (حمام ۱۰، ۱۱، ۱۲)، ۱,۵ گرم از هر یک از پارچه‌های پلازما شده در شرایط مختلف (A, B, C) به شیوه پیش‌دندان در حمام‌هایی با pH خنثی، بوسیله دندان زاج سفید (سولفات آلومینیم) در L:R ۱:۵۰ و به مدت ۴۵ دقیقه دندان داده شدند. تمام فرآیندهای رنگرزی و دندان‌دادن نمونه‌ها در دمای ۸۰ °C انجام شد. شرایط مختلف رنگرزی پارچه پلازما شده در جدول ۲ ارائه شده است.

۲-۲-۷- طیف‌سنجی FTIR

ساختار شیمیایی رنگزای مورد استفاده و تغییرات در گروه‌های شیمیایی نمونه‌های پلازما شده با استفاده از دستگاه FTIR مدل IRAffinity-1 (Shimadzu, Japan) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور میانگین ۴۰ اسکن (۴ cm⁻¹) ثبت شد.

۲-۸- تعیین ثبات های رنگی

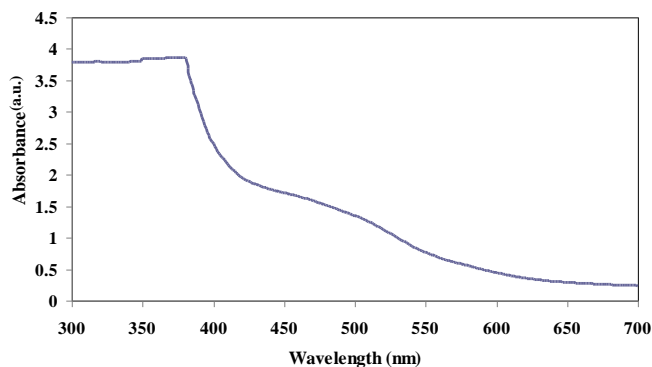
ثبات شستشویی نمونه‌های رنگرزی شده براساس استاندارد ISO 105-C10 و ثبات نوری نمونه‌ها بر اساس استاندارد ISO 105-B02 ارزیابی گردید.

۳- نتایج و بحث

مطالعه بر روی خواص رنگ‌پذیری پشم عمل شده با پلاسمای اکسیژن حاکی از این است که رنگ در این الیاف بسیار راحت‌تر و یکنواخت‌تر از الیاف عمل‌آوری نشده نفوذ می‌کند که دلیل آن را می‌توان حذف چربی‌ها از سطح و اکسیداسیون سیستین در لایه A اگزو کوتیکول و تخریب موانع طبیعی موجود در سطح لیف عنوان کرد که نتیجه آن نفوذ هر چه آسان‌تر مولکول‌های رنگ به غشای میان سلولی می‌باشد. مهم‌ترین و پرکاربردترین پیوند شیمیایی بین رنگزا و لیف در رنگرزی‌های معمولی پیوند کوالانسی است که رنگزا با گروه‌های هیدروکسیل پشم برقرار می‌کند. با عمل‌آوری پشم به‌وسیله پلاسمای حذف چربی‌ها از سطح لیف، هیدروکربن‌های شاخه‌دار در موقیت پیوند با رنگزا قرار گرفته و تشکیل پیوند بسیار قوی و مستحکم کئوردینانسی را می‌دهند.

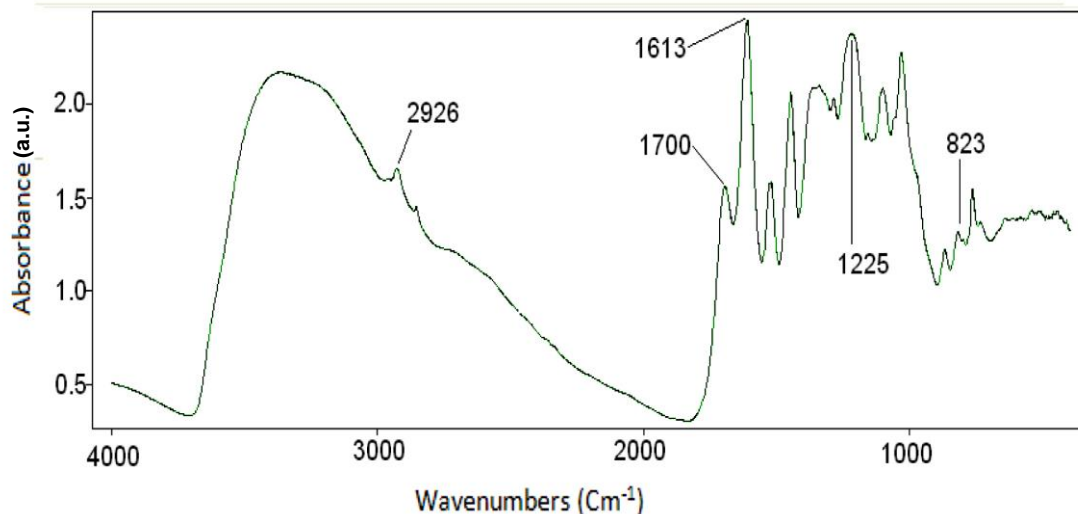
۳-۱- آنالیز ماده رنگزا

برای مشاهده میزان جذب ماده رنگزای مورد استفاده در طول موج‌های مختلف نور مرئی، آنالیز UV-Vis بر روی محلول تهیه شده از پودر استخراج شده رنگزا انجام شد. شکل ۲ طیف حاصل از محلول رنگزا



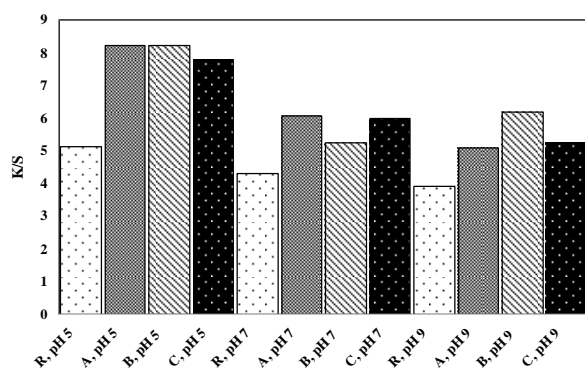
شکل ۲: طیف حاصل از محلول رنگزا در محدوده نور مرئی (در pH طبیعی محلول رنگزا).

در محدوده نور مرئی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است طول موج حداکثر جذب این رنگزا در ۳۸۰ nm واقع شده است. شکل ۳ طیف FTIR رنگزای مورد مصرف را نشان می‌دهد. پیک واقع در cm^{-1} مربوط به گروه کربونیل (C=O) است. پیک واقع در cm^{-1} و 1225 مربوط به گروه C-C=C آروماتیک است که تاییدکننده وجود ساختار حلقوی آنتراکینونی در مولکول رنگزا است. پیک واقع در cm^{-1} مربوط به گروه C-H و پیک واقع در cm^{-1} مربوط به گروه متیل (CH_3) است. پیک پهن در محدوده cm^{-1} تا 3200 به گروه‌های OH تعلق دارد [۱۸]. مجموع پیک‌های مشاهده شده فوق می‌تواند تاییدکننده وجود رنگزاهای نشان داده شده در شکل ۱ در رنگزای گیاهی استخراج شده باشد.

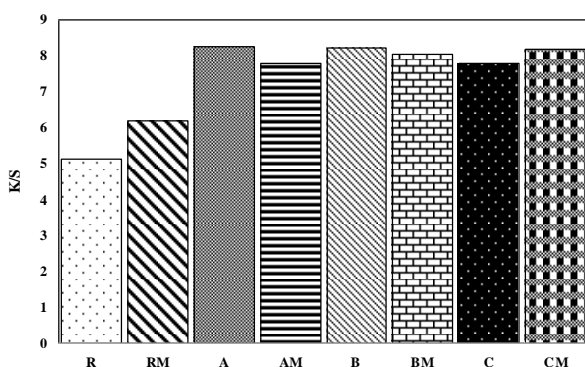


شکل ۳: طیف FTIR رنگزای استخراج شده.

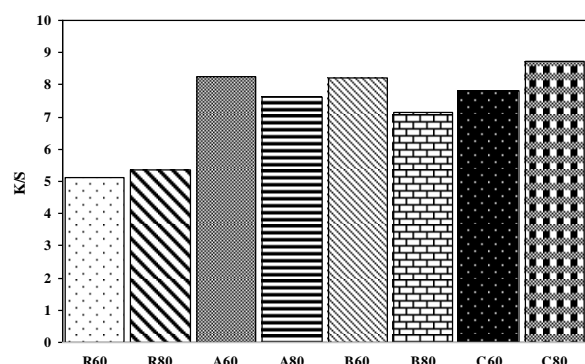
۲-۳- تاثیر pH در قدرت رنگی



شکل ۴: نمودار تاثیر عملیات پلازما بر قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده در pH مختلف در ۸۰ °C و زمان ۶۰ دقیقه، (پارچه خام رنگریزی شده (R) و A,B,C کد نمونه‌های پلازما شده).



شکل ۵: تاثیر دندانده بر قدرت رنگی نمونه‌های خام (R) و پلازما شده (A,B,C) در pH=۵، دمای ۸۰ °C و زمان ۶۰ دقیقه، (نمونه دندانده شده با (M) مشخص شده‌اند).



شکل ۶: تاثیر مدت زمان رنگریزی (در دمای ۸۰ °C) بر قدرت رنگی نمونه‌های خام (R) و پلازما شده (حرف سمت چپ نشان‌دهنده کد نمونه و عدد سمت راست نشان‌دهنده زمان رنگریزی بر حسب دقیقه است).

در شکل ۴ تاثیر pH حمام رنگریزی بر قدرت رنگی نمونه‌ها مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه خام نسبت به همه نمونه‌های پلازما شده در همه pHها، از قدرت رنگی پایین‌تری برخوردار است که نشان‌دهنده تاثیر مثبت عملیات پلازما در جذب رنگریزی شده در pH=۵ نظر به الیاف پشم است. به طور کلی نمونه‌های رنگریزی شده در pH=۵ قدرت رنگی بالاتری نسبت به نمونه‌های دیگر دارند که می‌تواند مربوط به تعداد بیشتر گروه‌های مثبت در نتیجه کاتیونی شدن گروه‌های آمینی پشم در محیط اسیدی در مقایسه با محیط خنثی و بازی باشد. یکی از ویژگی‌های مهم الیاف پشم، وجود پیوندهای عرضی گلوگردی حاصل از آمینواسید سیستین است. پشم به دلیل مقاومت کم پیوندهای سیستینی در محیط قلیایی پایدار نیست، در حالی که این گروه‌ها در محیط اسیدی پایدار هستند. در نقطه ایزوالکتریک پشم، گروه‌های اسیدی و بازی در کراتین در حال تعادل هستند [۱۹]. همچنین رنگریزی مصرفی نیز در محیط‌های با pH پایین‌تر از ۵ دچار تغییراتی شده و رنگ آن روشن‌تر می‌شود که به نظر می‌رسد به دلیل آبکافت رنگزا در محیط اسیدی قوی باشد. لذا برای جلوگیری از آبکافت ماده رنگزا و کاهش صدمه وارده به الیاف، ادامه بررسی‌ها در pH=۵ که نزدیک نقطه ایزوالکتریک پشم است انجام شد.

۳-۳- تاثیر دندانده بر قدرت رنگی

شکل ۵ تاثیر دندانده آلومینیم بر قدرت رنگی نمونه‌های خام و پلازما شده که در محیط اسیدی رنگریزی شده‌اند را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است دندانده دادن باعث افزایش قدرت رنگی نمونه‌ها می‌شود. با این حال نمونه A بدون استفاده از دندانده قدرت رنگی بیشتری نسبت به نمونه خام و دندانده شده را نشان داده است که تایید کننده تاثیر بالای عملیات پلازما بر جذب رنگزا است. لذا می‌توان گفت که عملیات پلازما به مدت ۵ دقیقه و توان ۱۵۰ وات، می‌تواند جایگزین دندانده‌های سمی معمول در رنگریزی سنتی شده و قدرت رنگی بالاتری نیز عاید نماید.

۴-۳- تاثیر مدت زمان رنگریزی بر قدرت رنگی

شکل ۶ بررسی تاثیر مدت زمان رنگریزی در ۶۰ و ۸۰ دقیقه در میزان قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده در محیط اسیدی را نشان می‌دهد. افزایش مدت زمان رنگریزی، باعث جذب بیشتر رنگزا بر سطح لیف و در نتیجه افزایش قدرت رنگی نمونه‌ها شده است. روند تغییرات قدرت رنگی همان‌طور که مشاهده می‌شود برتری نمونه‌ها در محیط اسیدی و ۶۰ دقیقه را نشان می‌دهد. در نمونه‌های ۸۰ دقیقه تنها نمونه C که شرایط نسبتاً مشابهی در پلازما شدن با نمونه A دارد، افزایش بیشتری در میزان قدرت رنگی از خود نشان می‌دهد.

۳-۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی

میکروسکوپ الکترونی یکی از بهترین روش‌های مطالعه ریخت‌شناسی سطح الیاف است (برای این آزمون نیز نمونه حمام ۱۵ در نظر گرفته شد). در شکل ۸، نمونه (a) پشم رنگرزی شده عمل نشده است و نمونه (b) پشم عمل شده با پلازما در ۵ دقیقه است که بیشترین قدرت رنگی را در نمونه‌های رنگرزی شده داراست. تصویر a نشان می‌دهد که الیاف پشم خام دارای فلس‌های کاملاً مشخص با لبه‌های کاملاً واضح هستند. همان‌طور که در تصویر b مشاهده می‌شود در اثر عملیات پلازما این لبه‌های تخریب‌شده و تا حدودی سطح الیاف کنده‌کاری شده است. این پدیده می‌تواند منجر به نفوذ بهتر رنگزا به داخل الیاف عمل شده با پلاسمای اکسیژن شود [۱۱، ۱۰، ۵].

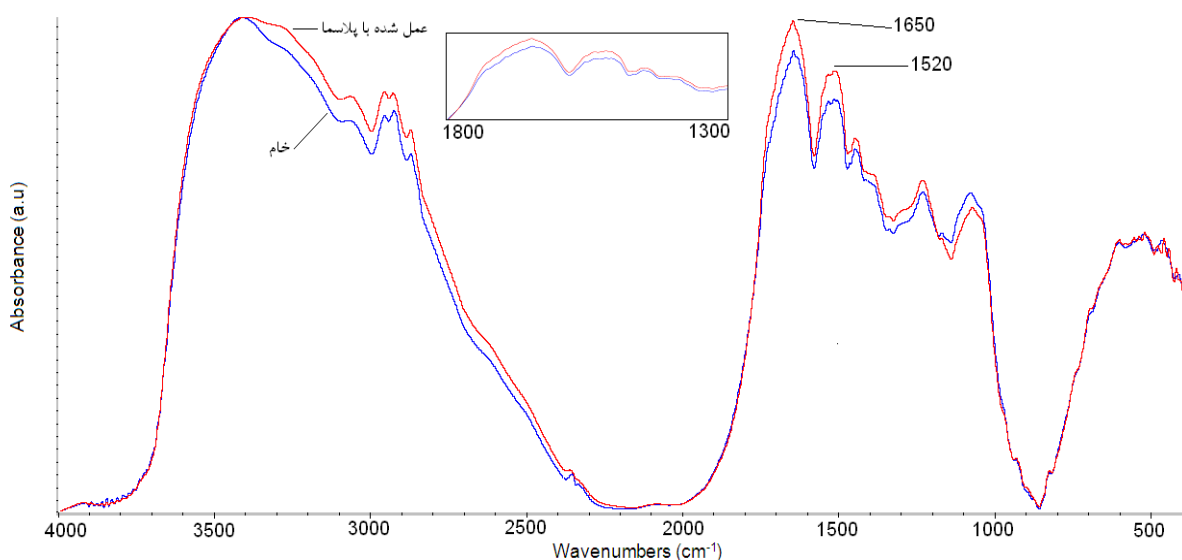
۳-۷- ارزیابی خصوصیات ثباتی

نتایج به دست آمده از ثبات شستشویی و نوری در جدول ۳ ارائه شده است. در هنگام قرار گرفتن الیاف رنگرزی شده در معرض نور، هر چه پراکندگی رنگ بر روی لیف بیشتر و غلظت رنگ کمتر باشد، رنگ پدیدگی زودتر اتفاق می‌افتد و با افزایش غلظت رنگزا بر روی لیف ثبات نوری افزایش می‌یابد، زیرا اندازه و شکل کمپلکس‌ها و توده‌های رنگی تشکیل شده در لیف، به دلیل تعیین میزان و نوع تماس رنگ با هوا، به نوبه خود در تعیین میزان ثبات نوری تأثیر گذارند [۲۱]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های پلازما شده و دندانه‌دار به دلیل جذب بیشتر رنگزا و افزایش غلظت در لیف دارای بیشترین ثبات نوری هستند و در نمونه خام شرایط برای جذب رنگ کمتر و در نتیجه ثبات نوری نیز کمتر است.

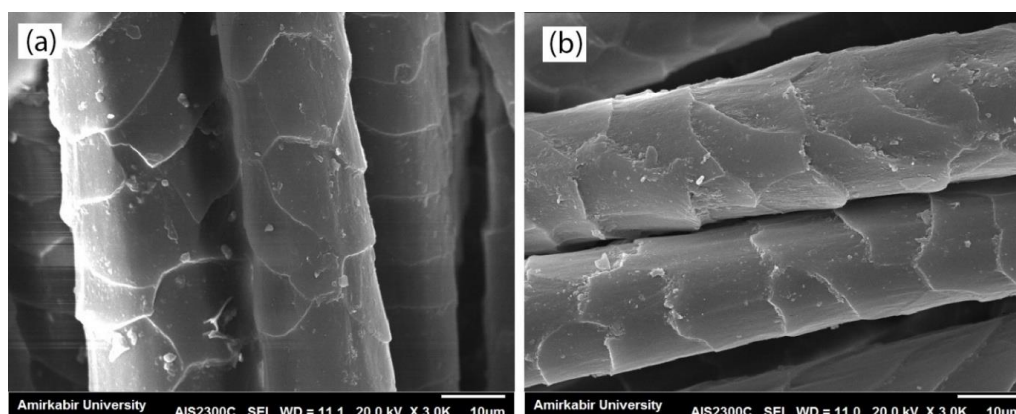
به نظر می‌رسد افزایش زمان رنگرزی بیش از ۶۰ دقیقه برای نمونه‌های A و B، با توجه به تخریب فلس‌های سطحی الیاف عمل شده با پلازما و سهولت ورود و خروج ماده رنگزا به الیافی که لایه محافظ سطحی خود را از دست داده اند و همچنین تورم بیشتر الیاف در زمان طولانی، منجر به خروج برخی مولکول‌های رنگی در زمان‌های بیش از ۶۰ دقیقه از درون لیف خارج شده و در نتیجه کاهش قدرت رنگی نمونه رنگرزی شده مشاهده می‌شود [۵].

۳-۵- آزمون FTIR

شکل ۷ طیف‌های FTIR نمونه‌های پشم خام و عمل شده با پلازما (۵۰ وات، ۳۰۰ ثانیه) را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در این طیف‌ها خط مبنا یکسان‌سازی شده و کلیه طیف‌ها نسبت به پیک مشخصه الیاف پشم نرمالایز شده‌اند لذا تأثیر مقدار الیاف استفاده شده هنگام آنالیز از بین رفته و تفاوت در ارتفاع پیک‌ها می‌تواند نمایشگر تفاوت در میزان گروه‌های مربوطه در نمونه‌های تحت آزمایش باشد. پیک‌هایی که در ۱۶۵۰ و ۱۵۲۰ cm^{-1} مشاهده می‌شوند به ترتیب مربوط به پیوندهای آمید نوع اول (CONH_2) و دوم (CONH) هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ارتفاع پیک‌های فوق برای نمونه عمل شده با پلازما بیشتر است که نشان‌دهنده افزایش مقدار گروه‌های مذکور در اثر عملیات پلازما است. به طور کلی عملیات پلازما می‌تواند برخی پیوندهای سطحی را بشکند و در نهایت منجر به تشکیل پیوندهای جدید بر روی سطح شود. در اینجا گروه‌های اکسیژن‌دار ایجاد شده مسئول افزایش آب‌دوستی الیاف و در نتیجه افزایش میزان نفوذ آب و رنگزا به الیاف است [۲۰].



شکل ۷: طیف FTIR نمونه‌های پشم خام و عمل شده با پلازما (۵۰ وات، ۳۰۰ ثانیه).



شکل ۸: تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های پشمی (خام (a)، پلاسما شده با توان ۱۵۰ وات در زمان ۱۲۰ ثانیه (b)).

جدول ۳: ثبات شستشویی و نوری پارچه‌های عمل شده با پلاسما و رنگریزی شده در دمای ۸۰ °C و زمان ۶۰ دقیقه.

نمونه	کد	تغییر رنگ	لکه‌گذاری روی پشم	لکه‌گذاری روی پنبه	ثبات نوری
نمونه خام رنگریزی شده	R	۳-۴	۳-۴	۳-۴	۵-۶
نمونه خام دنداندار رنگریزی شده	RM	۴	۴	۴	۶-۷
نمونه پلاسما شده	A	۵	۴-۵	۴-۵	۷-۸
نمونه پلاسما شده دنداندار	AM	۵	۴-۵	۴-۵	۷-۸

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، از گل ریواس به عنوان رنگزای طبیعی برای رنگریزی پارچه پشمی استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که این رنگزای طبیعی علاوه بر کم هزینه بودن و سازگاری با محیط زیست، توانایی رنگ‌دهی خوبی نیز دارد. همچنین به دلیل وجود تانن‌ها در ساختار این گیاه، الیاف رنگریزی شده با این رنگزا عموماً ثبات‌های خوبی را ارائه دادند. همچنین جهت حذف دندان‌های معدنی از فرآیند رنگریزی، نمونه پارچه‌ها به وسیله پلاسما عمل‌آوری شدند. نتایج به دست آمده نشان داد پارچه‌های عمل‌آوری شده به وسیله پلاسما نه تنها بدون استفاده از دندان‌های معدنی توانایی جذب رنگ خوبی دارند که در بعضی شرایط استفاده از این فناوری جدید موجب بهبود ثبات‌ها و ارائه مولفه‌های رنگی بهتر نسبت به نمونه‌های رنگریزی شده در شرایط متداول است. نتایج مطالعات میکروسکوپی و طیف‌سنجی FTIR سطح لیف پشم نیز نشان داد که فناوری پلاسما باعث افزایش میزان جذب رنگ در این الیاف می‌شود.

حضور دندان‌ها و اعمال پلاسما سبب افزایش ثبات شستشویی نمونه‌ها شده است. دندان‌ها از طریق ایجاد کمپلکس با مولکول‌های رنگزا باعث افزایش اندازه مولکولی و همچنین اتصال آن به لیف شده و مهاجرت رنگزا را از کالا کم کرده است. عملیات پلاسما نیز به دلیل ایجاد گروه‌های فعال بر روی لیف باعث افزایش پیوندهای بین مولکولی مابین الیاف و رنگزا شده و منجر به بهبود خواص ثباتی رنگریزی حاصله شده است. بهترین نتایج مربوط به روش پلاسما شده (A) و روش دندان‌شده همراه با پلاسما (AM) می‌باشد. گل ریواس حاوی مقادیری از ترکیبات تاننی مانند اسید گالیک است که خود این ترکیبات در افزایش ثبات شستشویی تاثیر گذارند [۲۲، ۲۳]. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به ثبات بالای کالای رنگریزی شده بدون حضور دندان‌ها (به دلیل وجود تانن در گل ریواس) نیازی به استفاده از دندان‌ها فلزی همراه این رنگزا وجود ندارد و عملیات پلاسما به تنهایی می‌تواند منجر به افزایش رمق‌کشی رنگزا به الیاف پشم شود. برای مشاهده فام رنگی حاصل از رنگزای مورد استفاده و درک بهتر میزان تاثیر عملیات پلاسما بر روی قدرت رنگی نمونه‌های رنگریزی شده، در شکل ۹، تصویر نمونه‌های خام و عمل شده با دندان‌ها و پلاسما در شرایط یکسان رنگریزی، نشان داده شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اثر عملیات پلاسما بر افزایش قدرت رنگی نمونه‌ها بدون استفاده از دندان‌ها کاملاً مشهود است.



شکل ۹: تصویر نمونه‌های خام و عمل شده با دندان‌ها و پلاسما، پس از رنگریزی در pH = ۷.

۵- مراجع

1. A. Haji, Z. Amiri, S. Qavamnia, Natural dyeing of wool with *Arnebia euchroma* optimized by plasma treatment and response surface methodology. *J. Biodiversity Environ. Sci.* 5(2014), 493-498.
2. A. Haji, A. M. Shoushtari. Natural antibacterial finishing of wool fiber using plasma technology. *Ind. Text.* 62(2011), 244-247.
3. J. Y. Kang, M. Sarmadi, Textile plasma treatment review – natural polymer-based textiles. *AATCC Rev.* 4(2004), 28-32.
4. Z. Persin, U. Maver, T. Pivec, T. Maver, A. Vesel, M. Mozetic, K.S. Kleinschek, Novel cellulose based materials for safe and efficient wound treatment. *Carbohydr. Polym.* 100(2014), 55-64.
5. Z. Motaghi, Sh. Shahidi, J. Wiener, Application of low temperature plasma on dye ability of wool with madder. *Iran. Phys. J.* 2(2009), 17-23.
6. A. Haji, A. Mousavi Shoushtari, M. Mirafshar, Natural dyeing and antibacterial activity of atmospheric plasma treated nylon 6 fabric. *Color. Technol.* 130(2014), 37-42.
7. A. Haji, S. S. Qavamnia, F. K Bizhaem, Oxygen plasma as a pretreatment for environmentally friendly low temperature dyeing of wool natural fiber. *J. Biodiversity Environ. Sci.* 5(2014), 602-607.
8. W. Kan, C. W. M. Yuen, Effect of low temperature plasma treatment on wool fabric properties. *Fibers Polym.* 6(2005), 169-173.
9. R. Shishoo, Plasma technologies for textiles. Woodhead Publishing, Cambridge. 2007, XV-XXI.
10. A. Shams Nateri, A. Jafari, Dyeing wool with tea as a natural dye. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 2(2007), 29-33
11. V. Jahanshahi Afshar, Process and methods of dyeing fibers with natural materials. Art University Press, Tehran. 2001, 5-11.
12. A. Zargari, Medicinal Plants, Tehran University Press, Tehran. 2012, 1-20.
13. P. K. Mishra, P Singh, K. Gupta, H Tiwari, P. Srivastava, Extraction of natural dye from *Dahlia variabilis* using ultrasound. *Indian J. Fiber Text. Res.* 37(2012), 83-86.
14. O. Turkmen, M. Crka, E. Suat, Initial evaluation of a new edible wild rhubarb species (*Rheum ribes* L.) with a modified weighted scaling index method. *Pak. J. Biol. Sci.* 8(2005), 763-765.
15. K. Gupta, B. Bajracharya, N. Jha, Antibacterial activity, cytotoxicity, antioxidant capacity and phytochemicals of *Rheum australe* rhizomes of Nepal. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2(2014), 125-128.
16. W. Li, L. Zhao, Q. Wang, Research about the dyeing process design of the natural rhubarb on wool fabric. *Adv. Mater. Res.* 332(2011), 17-22.
17. S. Agrawal, S. Singh, S. Verma, S. Kumar, Antifungal activity of anthraquinone derivatives from *Rheum emodi*. *J. Ethnopharmacol.* 72(2000), 43-46.
18. M. S. Masoud, S. S. Hagagg, A. E. Ali, N. M. Nasr, Synthesis and spectroscopic characterization of gallic acid and some of its azo complexes. *J. Mol. Struct.* 1014(2012), 17-25.
19. T. K. Chumbalov, I. S. Chanyshva, R. A. Muzychkina, UV and IR spectra of anthraquinone and chrysophanol derivatives. *J. Appl. Spectrosc.* 6(1967), 570-574.
20. H. Barani, A. Haji, Analysis of structural transformation in wool fiber resulting from oxygen plasma treatment using vibrational spectroscopy. *J. Mol. Struct.* 1079(2015), 35-40.
21. M. Montazer, M. Veysian, M. Heydari, Naturalism in dyeing of protein fibers (wool and silk). Iranian National Carpet Center, Tehran. 2009, 1-10.
22. C. G. Vilarem, Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. *Dyes Pigm.* 70(2006), 238-245.
23. M. Shahid, A. Ahmad, M. Yusuf, M. I. Khan, Sh .A. Khan, N. Manzoor, F. Mohammad, Dyeing, fastness and antimicrobial properties of woolen yarns dyed with gallnut (*Quercus infectoria* Oliv.) extract. *Dyes Pigm.* 95(2012), 53-61.