

تأثیر آمونیاک بر خصوصیات نخ پشمی رنگرزی شده با پوست انار

مجید منتظر

استادیار

دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مازیار پروین زاده

کارشناسی ارشد

دانشکده تحصیلات تکمیلی، واحد جنوب،

دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

در این تحقیق نخ پشمی ایرانی با آلومینیوم پتاسیم سولفات دندانه شده و سپس با پوست انار رنگرزی شده است. نخهای رنگرزی شده با محلول آمونیاک عمل شده و اثر فرایند آمونیاکی بر روی برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نخ رنگی بررسی شده است. تغییرات فام رنگی در اثر عملیات آمونیاکی بر روی پساب نخ رنگی آمونیاکی شده با استفاده از طیف اسپکترو فتومتر ماوراءبنفش مرئی و تغییرات ساختار شیمیایی نخها با استفاده از اسپکتروسکوپی FT-IR بررسی شده است. همچنین تأثیر عمل آمونیاکی بر میزان بالا رفتن آب (Wicking height)، ثباتهای شستشویی و نوری بررسی و تغییرات در سطح لیف بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز نشان داده شده است.

کلمات کلیدی

پوست انار، رنگرزی، عملیات با آمونیاک، اسپکتروفتومتر ماوراءبنفش، اسپکتروسکوپی مادون قرمز، بالا رفتن آب، ثبات نوری، ثبات شستشویی، تورم، فلس

Effect of Ammonia on the Properties of the Wool Yarn Dyed with Pomegranate Shells

M. Montazer

Assistant Professor

Amirkabir University of Technology

M. Parvinzadeh

M.Sc.

Postgraduate Department, South Unit,
Islamic Azad University

Abstract

In this research, the Iranian wool yarns were first mordanted with Aluminium potassium sulphate, and then dyed with pomegranate shells. The dyed yarns were treated with different percentages of liquid ammonia solutions and some of the physical and chemical properties of the ammonia treated yarns were investigated. The UV-visible Spectrophotometer used to measure the absorbency of the remaining ammonia solution and FT-IR spectroscopy to observed the changes in the chemical structure of the yarn. Also wicking, light and wash fastness tests were carried out on the pomegranate dyed yarns and the ammonia treated yarns. The surface characterization of the ammonia treated yarns were also investigated by the scanning electronic microscope and the changes on the wool fiber surfaces were shown.

Keywords

Pomegranate shells, Dyeing Treatment with ammonia, UV Spectrophotometer, FT-IR Spectroscopy, Wicking, Light fastness, Wash fastness, Swelling, Scale

مقدمه

پشم یکی از الیاف نساجی است که سابقه مصرف آن توسط انسان به زمانهای بسیار دور باز میگردد. ویژگیهای منحصر بفرد این الیاف شامل جذب رطوبت بالا، رنگپذیری، الاستیسیته بالا (برگشت پذیری)، حجیم و عایق بودن، راحتی در پوشش، مقاومت بالا در برابر آتش و دوام در برابر عوامل محیطی (بجز بید) سبب شده است تا بعنوان الیاف نساجی کاربردهای فراوانی داشته باشند [۱]. از جمله کاربردهای این الیاف، که بجهت بالا بودن خاصیت برگشت پذیری آنهاست، استفاده از آنها در کفپوشها و بویژه فرش دستباف است [۲].

رنگرزی الیاف پشم از گذشته دور بوسیله رنگرزان با رنگزاهای طبیعی محلی انجام می شده است. هنر و صنعت رنگرزی نسل به نسل انتقال یافته و با عجین شدن با هنر ایرانی، بصورت یک اثر ملی و فرهنگی خود را در فرش دستباف نشان داده است [۲]. استفاده از رنگزاهای طبیعی با اختراع رنگزاهای مصنوعی و گسترش آنها تحت الشعاع قرار گرفته و رفته رفته با استقبال کمتری روبرو شده است [۳-۵]. امروزه گسترش و تنوع رنگزاهای مصنوعی و راحتی دستیابی و استفاده از آنها سبب شده است تا تقریباً بطور کامل جایگزین رنگزاهای طبیعی شوند. بهر حال مشکلات زیست محیطی ناشی از تولید و کاربرد رنگزاهای مصنوعی و ناهمگونی آنها با جسم و روان آدمی، بسیاری از دوستداران طبیعت را ب فکر استفاده مجدد از رنگزاهای طبیعی انداخته است [۵ و ۲]. بر این اساس برخی از محققان در این راستا بدنبال امکان استفاده مجدد از منابع رنگزای طبیعی می باشند تا در این راه با بکارگیری روشهای علمی و استفاده از فن آوری جدید بتوانند با فرایند رنگرزی ساده تر و سهولتر امکان استفاده از رنگزاهای طبیعی را برای رنگرزان فراهم آورند [۲ و ۶].

منابع تهیه رنگزاهای طبیعی به پنج دسته گیاهی، تفاله گیاهی، معدنی، حیوانی و جلبکها تقسیم میشوند [۲]. رنگزاهای گیاهی حاصل از گیاهان و تفاله های گیاهی، معدنی و حیوانی از دیرباز تاکنون برای رنگرزی پشم بکار میروند. امروزه منابع دیگری مانند جلبکها بعنوان تولیدکننده مواد رنگزا مورد توجه قرار گرفته اند [۷].

پوست میوه انار حاوی مواد رنگزا و حدود ۴۰٪ تانن است [۸]. تاننها مشتقات اسید گالیک هستند و با توجه به روش عصاره گیری به تاننهای غلیظ بصورت Catechol و تاننهای قابل هیدرولیز بصورت Pyrogallol تقسیم میشوند [۹]. دسته دوم بر اساس نوع محصول هیدرولیز به دو گروه گلوکز و گالیک اسید یا الاژیک اسید تقسیم میشوند. تانن یا اسید تانیک موجود در گیاه به عنوان دندانه در رنگرزی عمل میکند [۹ و ۱۰].

یکی از شرایطی که رنگزاهای طبیعی با آن روبرو هستند، شرایط قلیایی است که آمونیاک میتواند یکی از عوامل ایجادکننده قلیا باشد. [۷]. زمانیکه الیاف پشم در محلول آمونیاک قرار میگیرند، بخش ارتوکورتکس متورم میشود و این مسئله سبب حالت پفکی شدن الیاف پشم میشود [۱۱]. پشم رنگرزی شده با برخی از رنگزاهای طبیعی در اثر عملیات آمونیاکی تغییر فام رنگی میدهد. این تغییر فام رنگی در رنگزاهای طبیعی که تحت شرایط قلیایی ایجاد میشود در اثر تغییر آرایش الکترونی (رزونانس) مولکول رنگزای طبیعی بوجود می آید [۱۱-۱۵]. بر این اساس برخی از محققین پیشنهاد میکنند تا پس از رنگرزی با رنگزاهای طبیعی از فرایند آمونیاکی استفاده شود تا به عمق رنگی وثبات بیشتری برسیم و یا با مصرف میزان رنگزای کمتر با کمک فرایند آمونیاکی به عمق مورد نظر دست یابیم. لذا تحقیق حاضر در راستای استفاده از پوست انار و بررسی تاثیر آمونیاک بر روی برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نخ پشمی رنگرزی شده و پساب حاصل از آن انجام شده است.

مواد اولیه

خامه قالی با نمرة نخ ۴۳۲ تکس، دولا و ۱۴۴ تاب در متر، شوینده غیر یونی ساخت شرکت Merck، اسید اگزالیک ساخت شرکت Merck، سولفات آلومینیوم و پتاسیم از شرکت Merck و پوست انار بصورت پودر از منطقه یزد.

تجربیات

آماده سازی

ابتدا شستشوی نخ پشمی با استفاده از شوینده غیر یونی بمیزان ۰/۵٪ بمدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتیگراد در حمامی با ۱ : ۴۰ = L : G انجام شده است.

دندانده دادن کالا قبل از رنگری

فرایند دندانده دادن در حمامی حاوی ۳٪ اسید اگزالیک، ۲۰٪ دندانده $AlK(SO_4)_2$ با $L:G=40:1$ در درجه حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد شروع و در مدت ۲۰ دقیقه به جوش رسیده و برای مدت یک ساعت در جوش باقیمانده است. لازم به ذکر است که $pH=5$ قبل و بعد از دندانده دادن بوده است.

۳- رنگری کالای پشمی پس از دندانده دادن:

ابتدا مقدار ۵۰٪ پوست انار نسبت به وزن کالا بمدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس محلول رنگزای خیسانده شده به حمامی با $L:G=40:1$ اضافه شده و سپس حمام رنگری شامل ماده رنگزا آماده و در درجه حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد کالای دندانده شده وارد آن شده و در مدت ۲۰ دقیقه درجه حرارت به ۸۵ درجه سانتیگراد رسیده و در این درجه حرارت برای مدت یک ساعت باقی میماند. در نهایت کالا آبکشی و خشک میشود. محلول رنگزای خیسانده شده پوست انار خود خاصیت اسیدی داشته ($pH=5$) و نیازی به افزایش اسید در حمام رنگری نیست.

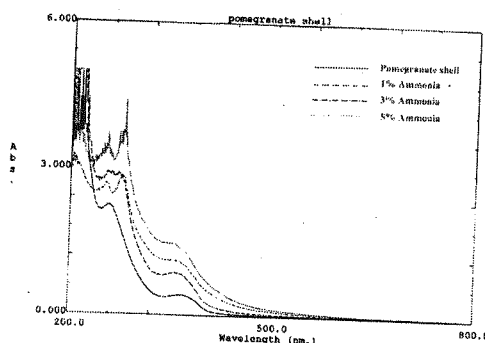
۴- آمونیاکی کردن نخ پشمی رنگری شده:

در این مرحله نخهای پشمی رنگری شده در محلولهای آمونیاکی (۱٪ و ۳٪ و ۵٪ به ترتیب با pH ۹ و ۱۰ و ۱۱) بمدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارت محیط عمل شده اند ($L:G=20:1$). سپس نخ پشمی عمل شده با آمونیاک، خشک شده بوسیله طیف سنجی مادون قرمز و میکروسکوپ الکترونی و تغییرات فام پساب رنگی نخهای عمل شده بوسیله طیف سنجی ماوراء بنفش مورد مطالعه قرار گرفته است. بعلاوه تغییرات wicking در نخهای پشمی عمل شده و ثباتهای شستشویی و نوری بررسی شده اند.

نتایج

طیف سنجی ماوراء بنفش مرئی (UV-visible spectrophotometry)

کالاهای رنگری شده در نتیجه آمونیاکی شدن با تغییر کم فام رنگی مواجه میشوند که مقداری رنگ نیز در اثر آمونیاکی کردن از کالا خارج میشود. تغییرات فام رنگی ایجاد شده بر روی نخ با پساب آمونیاکی یکسان است چرا که دندانده بکار برده شده قبل از رنگری، دندانده بیرنگ آلو مینیوم بوده است که تاثیری بر فام رنگی ندارد. لذا آزمایش طیف سنجی ماوراء بنفش مرئی بر روی پساب حاصل از حمام آمونیاکی انجام شده است. در طیف جذبی بدست آمده از پسابهای آمونیاکی دیده میشود که در ناحیه مرئی با افزایش درصد آمونیاک افزایش شدت جذب وجود دارد، ولی این افزایش شدت جذب در ناحیه طول موج ۴۴۰-۳۸۰ نانومتر با افزایش درصد آمونیاک بیشتر شده است (شکل ۱).

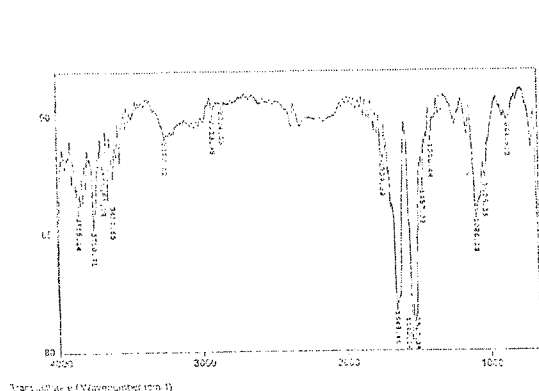


شکل (۱) طیفهای ماوراء بنفش مرئی محلول رنگزای پوست انار و محلولهای پساب باقیمانده از فرایندهای آمونیاکی.

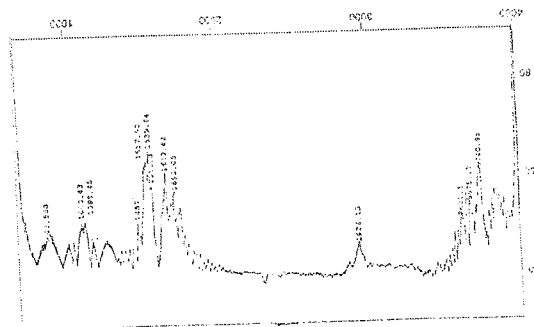
طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR Spectroscopy)

جهت مطالعه تغییرات شیمیایی حاصل در ساختار پشم به بررسی طیف FT-IR در نمونه‌ها پرداخته شده است. الف - در مقایسه طیف مادون قرمز پشم خام (شکل ۲) با پشم عمل شده بوسیله نمک آلومینیوم (کالای دنداندار) (شکل ۳)، پیکهای جدیدی ایجاد شده، از جمله پیک در ناحیه 3249cm^{-1} که میتواند مربوط به گروههای NH stretching باشد. این پیک احتمالا به جهت تشکیل گروههای NH_3^+ در نتیجه وجود اسید در حمام دنداندار، بر روی زنجیر اصلی پشم ایجاد شده است. همچنین یک پیک قوی در ناحیه 1086cm^{-1} ایجاد شده است که میتواند نشانگر گروه SO_4^{2-} باشد. ب - در مقایسه طیف مادون قرمز کالای دنداندار و کالای رنگریزی شده با پوست انار (شکل ۴) پیک با عدد موجی 1699.54cm^{-1} نشانگر گروه کربونیل در اسید گالیک (ماده رنگزای پوست انار) میتواند باشد که پس از رنگریزی این پیک بخوبی مشخص شده است.

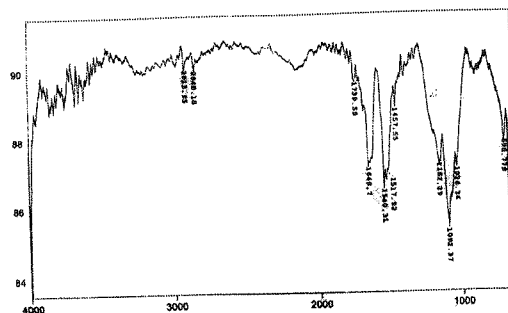
ج - در مقایسه طیف مادون قرمز کالای رنگریزی شده با پوست انار و آمونیاکی شده پس از رنگریزی (شکل ۵) تغییر در رزونانس حلقه مولکول رنگزا، سبب تغییرات جزئی در پیکها شده و میتوان به کاهش شدت پیک 1699.54cm^{-1} اشاره کرد.



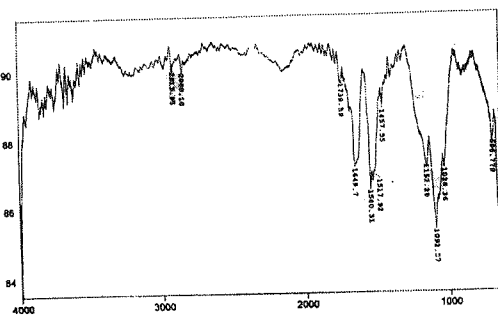
شکل (۳) طیف مادون قرمز از کالای پشمی دنداندار شده با پتاسیم آلومینیوم سولفات.



شکل (۲) طیف مادون قرمز از کالای پشمی خام.



شکل (۴) طیف مادون قرمز از کالای رنگریزی شده با رنگزای پوست انار.

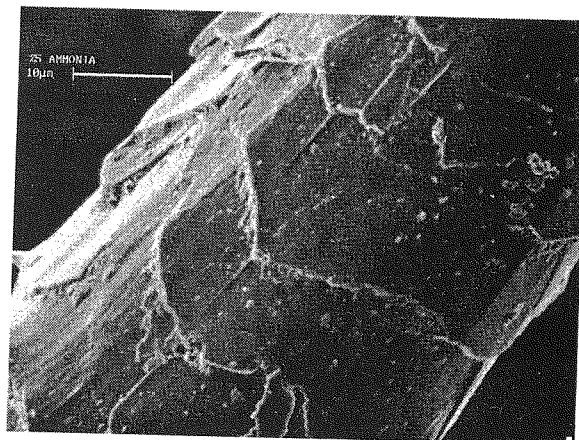
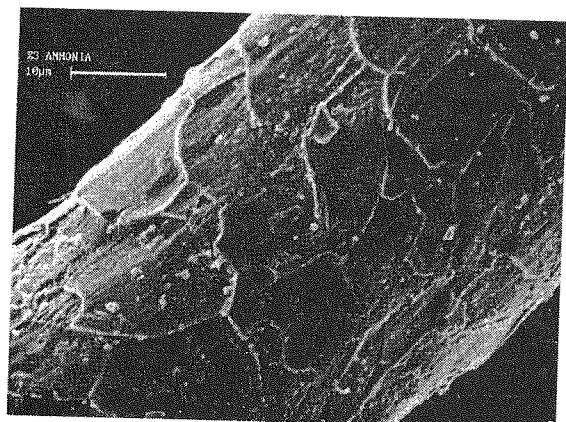
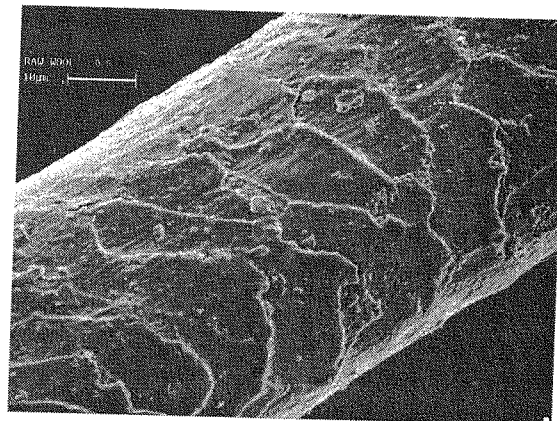
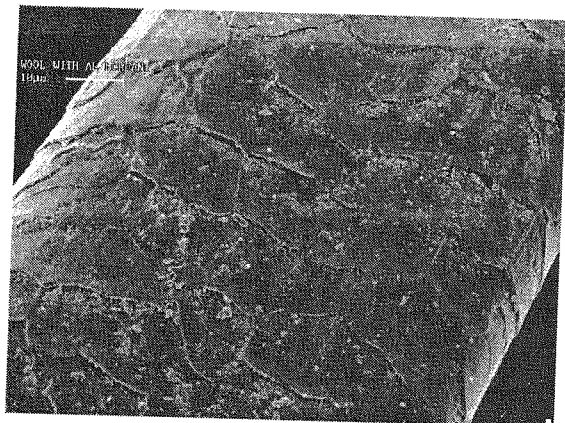


شکل (۵) طیف مادون قرمز از کالای رنگریزی شده با رنگزای پوست انار.

میکروسکوپ الکترونی (Scanning Electronic Microscope)

برای بررسی تغییرات سطحی ایجاد شده بر روی نمونه‌های پشم عمل شده با دنداندار و آمونیاکی شده با درصدهای مختلف، نمونه‌های مذکور بوسیله میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل در شکل‌های ۶a، ۶b، ۶c و ۶d نشان داده شده‌اند. بر اساس تصاویر بدست آمده، دیده میشود که نمونه لیف پشم عمل شده با ۲۰ درصد دنداندار نمک آلومینیوم حاوی رسوبی از ذرات نمک آلومینیوم است (شکل ۶b). در تصاویر میکروسکوپی بدست آمده از نمونه‌های عمل شده با

آمونیاک تغییرات سطحی حاصل از عمل با آمونیاک بر سطح لیف بخوبی نشان داده شده است. همانطوریکه در شکل ۶a دیده میشود، نمونه لیف پشم خام دارای فلسهایی بر روی سطح لیف است که این فلسها در کنار یکدیگر قرار گرفته و در شکل مشخص هستند. در نتیجه در اثر آمونیاک بر روی لیف پشم، بنظر میرسد که لیف پشم متورم شده و در شکلهای ۶c و ۶d بخوبی نشان داده شده که افزایش میزان درصد آمونیاک سبب وضوح بیشتر فلسها شده است.



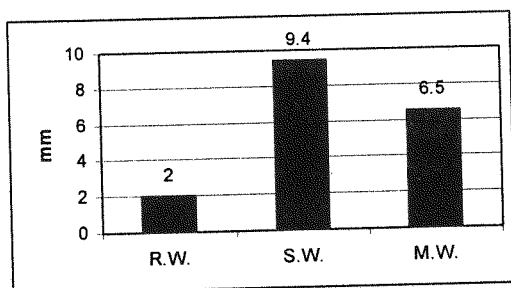
شکل (۶) تصاویر میکروسکوپ الکترونی از الیاف پشم
 (a) لیف خام (b) لیف دنداندار (c) لیف عمل شده با محلول ۳٪ آمونیاک (d) لیف عمل شده با محلول ۵٪ آمونیاک

آزمایش Wicking

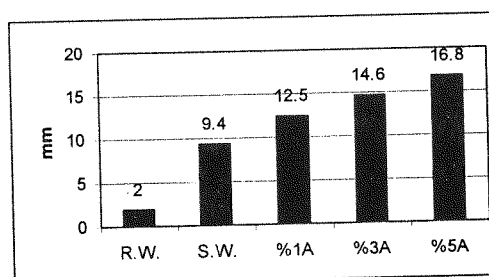
در این آزمایش نمونه‌ها به طور عمودی از نقطه‌ای آویزان شده و قسمت پایین نمونه‌ها در داخل ظرف آب قرار گرفته و آب شروع به بالا رفتن از نخ میکند. در یک زمان ثابت (یک دقیقه) طول ده نمونه نخ خیس شده برای هر کالا اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه و نتایج در شکلهای ۹-۷ آمده است.

با توجه به طول خیس اندازه‌گیری شده حاصل از آزمایش بالا رفتن آب بر روی کالاهای خام شسته شده، شسته و عمل شده در محلولهای ۱٪، ۳٪ و ۵٪ آمونیاک دیده می‌شود (شکل ۷) که در اثر شستشو و آمونیاکی کردن کالا، انتقال آب بیشتر شده و طول بیشتری از نخ خیس شده است. مقدار این افزایش به ترتیب با عمل شستشو بیشتر و با افزایش غلظت آمونیاک کم میشود. این امر را میتوان در نتیجه از بین رفتن برخی ناخالصیهای آبریز از سطح الیاف و احتمالاً حجیم شدن ساختمان لیف

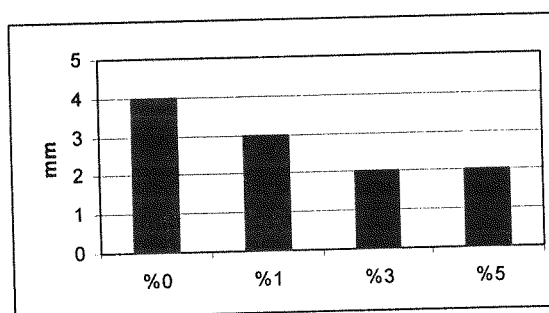
پشم دانست که با افزایش غلظت آمونیاک آبدوستی بیشتر شده و انتقال آب بیشتر شده است.



شکل (۸) نمودار هیستوگرامهای میزان بالا رفتن آب از نمونه های خام، شسته شده و دندانه شده..



شکل (۷) نمودار هیستوگرامهای میزان بالا رفتن آب از نمونه های خام، شسته شده، شسته و سپس عمل شده در محلولهای ۱٪، ۳٪ و ۵٪ آمونیاک



شکل (۹) نمودار هیستوگرامهای میزان بالا رفتن آب از نمونه های عمل شده در محلولهای ۱٪، ۳٪ و ۵٪ آمونیاک بعد از رنگرزی با رنگزای پوست انار در دمای ۸۵°C

با توجه به طول خیس اندازه گیری شده حاصل از آزمایش بالا رفتن آب بر روی کالاهای خام، شسته شده، شسته و دندانه شده، دیده میشود (شکل ۸) که در اثر دندانه دادن، رسوبی از نمکهای فلزی بر روی سطح ایجاد میشود که سبب کاهش مقدار انتقال آب شده است. همچنین نتایج آزمایش بالا رفتن آب در کالاهای آمونیاکی شده پس از رنگرزی با پوست انار نشان میدهند (شکل ۹) که در نتیجه فرایند آمونیاکی در محلول ۱٪ میزان بالا رفتن آب کاهش یافته است. با افزایش میزان درصد آمونیاک تا ۳٪، میزان بالا رفتن آب همچنان کاهش را نشان میدهد. با افزایش بیشتر میزان آمونیاک، تغییر بیشتری در میزان کاهش انتقال آب دیده نمیشود. این کاهش انتقال آب میتواند در نتیجه بلوکه شدن گروههای آبدوست باشد بطوریکه در اثر آمونیاکی کردن کالای رنگرزی شده با پوست انار، گروههای هیدروکسیل ملکول رنگزا به اکسیژن منفی تبدیل شده و سپس با گروه هیدروکسیل مجاور پیوند هیدروژنی ایجاد کرده که از جذب و سپس انتقال آب کاسته است.

آزمایش ثبات رنگ در برابر شستشو

برای تعیین ثبات شستشویی نمونه ها از استاندارد ISO-R-105 استفاده شده است. پس از شستشوی نمونه ها، تغییر رنگ و لکه گذاری بر روی کالای همجنس و غیر همجنس با معیار خاکستری مقایسه و نتایج در جدول ۱ آمده است. با توجه به جدول ۱ مشاهده میشود که با افزایش درصد آمونیاک میزان لکه گذاری بر روی کالاهای پنبه ای و پشمی تغییری نکرده است و ثبات خوبی را نشان داده است. بعلاوه در اثر شستشوی کالا با صابون استاندارد (pH=9) تغییری در فام رنگی دیده شده که در جدول بصورت ستون جداگانه ای آمده است. همچنین در اثر عملیات آمونیاکی تغییر کمی در فام صورت گرفته که در نتیجه تغییر فام رنگی در اثر شستشو بر روی نمونه های آمونیاکی شده، مشاهده نمیشود.

جدول (۱) بررسی ثبات شستشویی کالای رنگرزی شده با پوست انار و سپس آمونیاکی شده.

تغییر فام رنگ (عوض شدن رنگ)	ثبات شستشویی (رنگدهی در مقایسه با نمونه شسته نشده)	لکه گذاری بر روی کالای پشم سفید	لکه گذاری بر روی کالای پنبه سفید	درصد آمونیاک	رنگزا
۳/۵	۴/۵	۴/۵	۵	٪۰	پوست انار
۴/۵	۴/۵	۴/۵	۵	٪۱	
۴/۵	۴/۵	۴/۵	۵	٪۳	
۴/۵	۴/۵	۴/۵	۵	٪۵	

آزمایش ثبات نوری در برابر نور روز

این آزمایش مطابق با استاندارد ISO-R-105 انجام شده و نمونه ها در معرض نور روز قرار گرفته است. نمونه های نور دیده بعد از گذشت دو و هفت روز قرار گیری در معرض نور روز با معیار آبی مقایسه شده و نتایج در جدول ۲ گزارش شده است. در اثر تابش نور خورشید به نمونه های رنگرزی شده با پوست انار، بجای رنگ پریدگی با افزایش عمق رنگی مواجه بودیم بطوریکه فام رنگی در این نمونه ها تیره تر شده اند.

جدول (۲) بررسی ثبات نوری کالای رنگرزی شده با پوست انار و سپس آمونیاکی شده.

رنگزا	درصد آمونیاک	بعد از دو روز	بعد از هفت روز
پوست انار	٪۰	۴	۴
	٪۱	۵	۵
	٪۳	۵	۵
	٪۵	۵	۵

نتیجه کلی

کالاهای رنگرزی شده با پوست انار در نتیجه آمونیاکی شدن با تغییر کم فام رنگی مواجه میشوند. در طیف جذبی بدست آمده از پسابهای آمونیاکی با افزایش درصد آمونیاک افزایش شدت جذب در ناحیه مرئی دیده میشود. در مقایسه طیف مادون قرمز حاصل از کالای رنگرزی شده با پوست انار و کالای آمونیاکی شده پس از رنگرزی تغییر در رزونانس حلقه های مولکول رنگزا سبب کاهش شدت جذب پیکهای مربوط به ملکول رنگزا شده است. تصاویر میکروسکوپی حاصل از نمونه های عمل شده با آمونیاک نشان میدهد که در نتیجه اثر آمونیاک لیف پشم متورم شده و با افزایش میزان درصد آمونیاک وضوح فلسها بیشتر شده است. نتایج آزمایش بالا رفتن آب در نخهای آمونیاکی شده پس از رنگرزی با پوست انار نشان میدهند که در نتیجه فرایند آمونیاکی تا ۳٪، میزان بالا رفتن آب کاهش می یابد. با افزایش بیشتر میزان آمونیاک، تغییر بیشتری در میزان کاهش انتقال آب دیده نمیشود. این کاهش انتقال آب میتواند در نتیجه کاهش گروههای آبدوست باشد. با توجه به نتایج آزمایش ثبات شستشویی دیده میشود که با افزایش درصد آمونیاک میزان لکه گذاری بر روی کالای پنبه ای و پشمی تغییری نکرده است. همچنین در اثر عملیات آمونیاکی تغییر کمی در فام رنگی مشاهده میشود که این تغییر فام رنگی در اثر شستشو بر روی نمونه های آمونیاکی مشاهده نمیشود. نتایج آزمایشات ثبات نوری نشان میدهند که در نمونه های رنگرزی شده با پوست انار در اثر تابش نور خورشید، بجای رنگ پریدگی، عمق رنگی افزایش یافته است بطوریکه عمق رنگی در نمونه های نور دیده پس از گذشت دو تا هفت روز تیره تر شده اند. این تغییر میتواند بجهت از بین رفتن برخی از رنگهای زرد در ترکیب باشد که به دلیل ثبات نوری پایین آنها، از مجموعه رنگزاهای جذب شده به الیاف پشم حذف شده و نهایتاً سبب پررنگتر شدن رنگ الیاف پشمی شده اند.

- [1] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 8, 1998, p. 784-805.
- [2] م. منتظر، اولین همایش علمی - کاربردی برای توسعه کیفی فرش استان یزد، پاییز ۱۳۷۹
- [3] U. Sewecow, Present day significance of natural dyestuffs in textile dyeing, Melliland Textile Brichte, English section, 5/1995, p. 89-92.
- [4] K.Nishiba, K.Kobayashi, Dyeing properties of natural dyes from natural sources: part 1, American Dyestuff Reporter, July 1992, p. 44-45.
- [5] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 25,1998,p. 664-678.
- [6] I. Holme, Unrevealing nature's mysteries, International Dyer and Textile Printer, February 1988 , p. 8 and 25.
- [7] <http://www.mtsu.edu.com>.
- [8] و. ج. افشار، فرایند و روشهای رنگرزی الیاف با مواد طبیعی، دانشگاه هنر، ۱۳۷۵، ص ۱۰۳
- [9] G. G. Hawley, The Condensed Chemical Dictionary, Van Nostrand Reinhold Co. Inc, 1981.
- [10] <http://www.Natural dyeing tips.com>.
- [11] M. Lewin, S. Sello, Handbook of Fiber Science and Technology: Chemical Processing of Fiber and Fabrics(part A), 1983, p. 168-169.
- [12] A. T. Balazsy, D. Eastop, Chemical Principles of Textile Conservation, John Wiley ltd, 1998, p.36-41.
- [13] K. Venkataraman, The Chemistry of Synthetic Dyes, Volume 1, Academic press (London Ltd), 1972, p. 356-358 .
- [14] M. Gulrajani, D. B. Gupta, V. Agarwal and M. Jain, Some studies on natural yellow dyes, part 1: CI Natural yellow 3: Turmeric, The indian textile journal, 1992, 102(4), p. 50-56.
- [15] E. R. Trotman, Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibers, Hodder and Stoughton Ltd., London, Fifth Ed., 1975, p. 321-324.