

بهینه‌سازی استخراج ماده مؤثره رنگزا از گیاه نیل

محمد جواد کارآمد، استادیار گروه فرش دانشگاه شهید باهنر کرمان
mjkkaramad@yahoo.com

چکیده

در سده‌های اخیر رنگزای نیل به صورت مصنوعی تولید شده و به جای ماده استخراج شده از گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر، این ماده مصنوعی به دلایل مختلف بسیار گران شده است. در این پروژه سعی بر آن است که ماده مؤثره رنگ آبی از گیاه نیل استخراج شده و روش بهینه استخراج نیز تعیین و در نهایت جایگزین رنگزای نیل مصنوعی شود. طبق آزمایش‌های صورت گرفته در این تحقیق، زمان تخمیر یک روزه، میزان pH مساوی ۹ و قلیای سود بهترین نتایج را برای استخراج نیل حاصل آورده‌اند.

واژه‌های کلیدی: رنگزای نیل مصنوعی، رنگزای طبیعی، گیاه نیل، تخمیر

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از رنگ‌ها و رنگ‌ها با منشأ طبیعی برای رنگ آمیزی غذا، دارو، محصولات آرایشی و بهداشتی و نساجی تجدید شده است. این افزایش تقاضا برای موادی با منشأ طبیعی است زیرا بسیاری از رنگ‌های مصنوعی ماهیتی سمی دارند (صدری، ۱۳۸۱). در میان رنگ‌های طبیعی که به‌طور وسیع در سرتاسر دنیا شناخته شده‌اند، نیل یکی از قدیمی‌ترین رنگ‌های طبیعی تجاری شناخته شده است (Bechtold & Mussak 2009).

نیل یک رنگ‌زا با تاریخچه طولانی است و به خاطر محبوبیت پارچه‌های جین رنگ شده با نیل، به عنوان یک محصول صنعتی مهم باقی مانده است. در تمام تاریخ، نیل از گیاهان متفاوتی به‌دست آمده است، برای مثال: وسمه (ایسائیس تینکتوریا)، بافیکاکتوس، میوه ایندیگوفر سوفریتیکوزا، پلی گونوم تینکتوریوم، ایسائیس ایندیگوتیکا و فورت لونچوکارپوس. تا زمان تجاری کردن محصول مصنوعی در اواخر قرن نوزدهم، نیل کاملاً از گیاهان تولید می‌شد. امروزه، استفاده از نیل برای رنگ‌رزی تجاری الیاف جین سابقه‌ای طولانی‌تر از منشأ طبیعی ندارد (کریمشاهی، ۱۳۸۵).

اکثر رنگ‌های استفاده شده در صنایع نساجی مصنوعی هستند، اما افزایش علاقه‌مندی به رنگ‌های طبیعی در رنگ‌رزی پارچه وجود داشته است. این علت معیارهای محیطی دقیق اعمال شده توسط بسیاری از کشورها در پاسخ به واکنش‌های آلرژی‌زا و سمی ناشی از رنگ‌های مصنوعی است (Bechtold & Mussak 2009). آبی نیلی معمولاً از برگ‌های تخمیر شده گیاه ایندیگوفر بومی هندوستان به دست می‌آید. نیل در همه مناطق گرمسیری کاشت می‌شود. گونه‌های متعددی از این گیاه وجود دارد که ایندیگوفر تینکتوریا رایج‌ترین آن‌ها است و در قرن شانزدهم، بعد از این که Vasco De Gama از مسیر دریا به هندوستان، آن را کشف کرد، به اروپا وارد شد. تا این زمان، منبع اصلی رنگ آبی، وسمه بود و در قرن نوزدهم تا زمانی که هلند و پرتغال شروع به وارد کردن مقدار فراوان نیل از هندوستان نکرده بودند، هنوز از وسمه پیشی نگرفته و در بازار پر نشده بود (اکبری، ۱۳۸۹).

نیل به عنوان سرگروه دسته رنگ‌های خمی معرفی می‌شود. در این دسته از رنگ‌ها یک سیستم کینوئیدی وجود دارد که به گروه‌های کربونیل متصل بوده و بر اثر احیا تبدیل به گروه انولی می‌شود. این رنگ‌ها در فرم اکسیدی در آب حل نمی‌شوند و باید به فرم احیا شده (لوکو) درآیند. رنگ‌های خمی در حالت لوکو قابل حل در آب بوده و در این فرم به الیاف وارد شده و سپس در اثر اکسایش، الیاف رنگین می‌شوند (حمیدیان و محمدی، ۱۳۹۰).

با توجه به قیمت گزاف نیل مصنوعی در بازار ایران، لازم است که ماده مؤثره رنگ آبی را از گیاه نیل استخراج کرده و از آن به‌جای نیل مصنوعی استفاده کنیم. با انجام این کار می‌توان با استفاده از نیل گیاهی به شیدهای آبی عمیق نیز دست یافت.

روش آزمایش

در این تحقیق از برگ‌های خشک گیاه ایندیگوفرآ تینکتوریا حاصل از مزارع جنوب برای استخراج ایندیگو (ماده مؤثره نیل) استفاده شد.



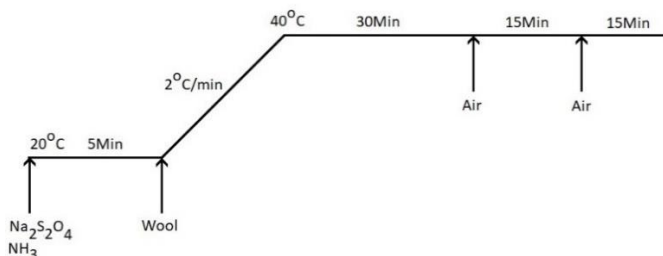
تصویر ۱- گیاه اسپندیگوفرآ تینکتوریا

برای انجام دادن عمل تخمیر، برگ‌های نیل خشک‌شده را وزن کرده و در هر بشر ۵ گرم نیل می‌ریزیم. حجم هر بشر را به ۱۰۰ سی‌سی رسانده و سپس به هرکدام قلیا اضافه کرده تا عمل تخمیر سریع‌تر و بهتر صورت پذیرد. در این مرحله، سه سطح pH با دو نوع قلیای متفاوت و چهار سطح زمانی داریم. سه سطح pH شامل: pH خنثی یا همان 7، 9، 11، دو نوع قلیا نیز شامل: سود سوزآور و کربنات سدیم و همچنین چهار سطح زمان بندی شامل: ۱ روزه، ۲ روزه، ۳ روزه و ۵ روزه است. در بشر اول، قلیایی وجود نداشت (pH 7) اما در بشر دوم، سود با pH 9 که معادل ۰/۱ گرم سود، در بشر سوم، کربنات سدیم با pH 9 که معادل ۰/۲۵ گرم کربنات سدیم، در بشر چهارم، سود با pH 11 که معادل ۰/۲۵ گرم سود و در بشر آخر، کربنات سدیم با pH 11 که معادل ۰/۵۰ گرم کربنات سدیم است، وجود داشت. تخمیر در روزهای متفاوت انجام گرفت، به این صورت که از ۱ روز شروع شده و تا ۵ روز ادامه یافت (تخمیر ۴ روزه نداریم). برای صحت‌سنجی این آزمایش‌ها ۵ بار تکرار شدند. پس از آماده‌سازی بشرهای تخمیر ۱ روزه، آن‌ها را در گوشه‌ای ثابت قرار داده تا ۲۴ ساعت بگذرد، پس از گذشت ۲۴ ساعت ابتدا با یک پارچه نخی تمیز، محلول را صاف کرده و از آن بشر به ظرف دیگری منتقل کرده و حجم حمام‌ها به ۲۰۰ سی‌سی رسانده شد. (L:R=40). پس از صاف کردن تمامی بشرهای مربوط به تخمیر ۱ روزه، آن‌ها را برای هوادهی با پمپ آکواریوم آماده می‌نماییم. در این مرحله ایندوکسیل‌ها باید با اکسیژن‌دهی به ایندیگوئید تبدیل شوند. بنابراین شلنگ پمپ آکواریوم به مدت ۱ ساعت در بشرها قرار داده شد.



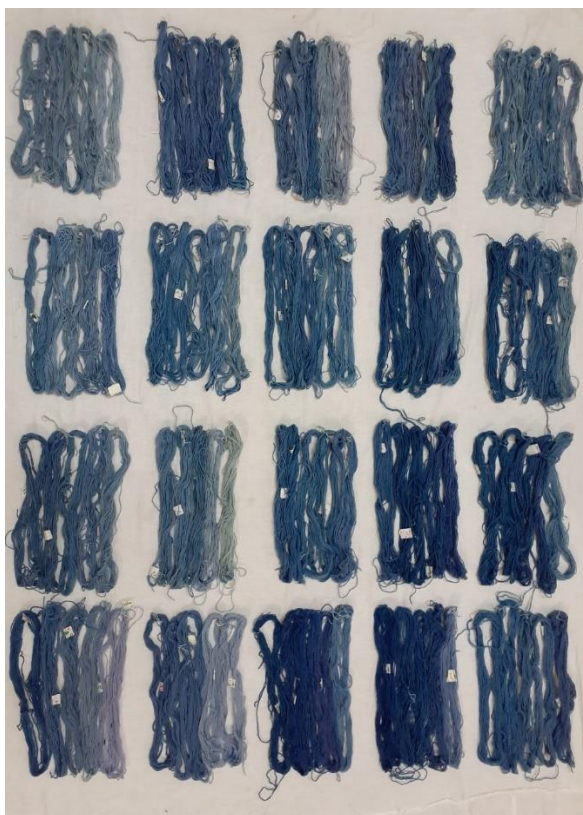
تصویر ۲- مرحله هوادهی محلول رنگزای نیل طبیعی

پس از گذشت ۱ ساعت هوادهی، به هر حمام ۰/۲ گرم هیدرو سولفیت سدیم و ۰/۳ سی سی آمونیاک اضافه کرده و به آرامی حمامها به هم زده شدند. (اکسیژن نباید وارد حمامها شود). پس از گذشت ۵ دقیقه، کالا به وزن ۵ گرم را به هر حمام اضافه کرده و حمامها درون بن ماری گذاشته شدند و دما طوری تنظیم شد که هر ۱ دقیقه، ۲ درجه سانتی گراد افزایش دما داشته باشیم و زمانی که دما به ۴۰ درجه سانتی گراد رسید، دما ثابت شد. مدت زمان رنگزایی در مرحله اول، ۳۰ دقیقه بوده و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، کالا از حمامها خارج شده و به خوبی هوادهی شده و دوباره کالا را به حمامها برگردانده و ۱۵ دقیقه دیگر رنگزایی ادامه یافت. پس از گذشت ۱۵ دقیقه، کالا را خارج و دوباره هوادهی می‌نماییم و مرحله سوم مانند دو مرحله قبل و به مدت زمان ۱۵ دقیقه تکرار شد. پس از انجام رنگزایی و هوادهی، کالا با آب به خوبی شستشو داده و خشک شد.



نمودار ۱- گراف رنگزایی با محلول نیل

مراحل دیگر تخمیر نیز به همین صورت هستند اما در تعداد روزها متفاوتند. مرحله بعدی ۲ روزه، پس از آن تخمیر ۳ روزه و در آخر تخمیر ۵ روزه. پس از اتمام مدت زمان تخمیر (برای هر مرحله تخمیر) مانند توضیحات بالا عمل شد. این آزمایشها برای اطمینان و صحت‌سنجی ۵ بار تکرار شد.



تصویر ۳- نمونه‌های رنگ شده در تمامی روزهای تخمیر با قلیاها و pHهای متفاوت.

از پایین به بالا: ردیف اول؛ تخمیر ۱ روزه، ردیف دوم؛ تخمیر ۲ روزه، ردیف سوم؛ تخمیر ۳ روزه و ردیف بالا؛ تخمیر ۵ روزه. از سمت راست به چپ: ستون اول؛ نمونه‌های رنگ شده بدون قلیا، ستون دوم؛ نمونه‌های رنگ شده با قلیای سود با pH 9، ستون سوم؛ نمونه‌های رنگ شده با قلیای کربنات سدیم با pH 9، ستون چهارم؛ نمونه‌های رنگ شده با قلیای سود با pH 11 و ستون آخر؛ نمونه‌های رنگ شده با قلیای کربنات سدیم با pH 11

تعیین خلوص نیل طبیعی

برای تعیین خلوص نیل طبیعی استخراج شده، از اسکیلی شامل ۳۰ رنگ آبی با شیدهای مختلف که با نیل مصنوعی رنگ‌رزی شده بود استفاده شد. در این اسکیل فاصله هر کدام از پله‌ها با دیگری یک دهم درصد بود، به این ترتیب در روشن‌ترین پله (شماره ۱) یک دهم درصد و در تیره‌ترین پله (شماره ۳۰) سه درصد نیل برای رنگ‌رزی استفاده شده بود. هر نمونه رنگ‌رزی شده با نیل طبیعی، با نمونه‌های اسکیل مقایسه شده



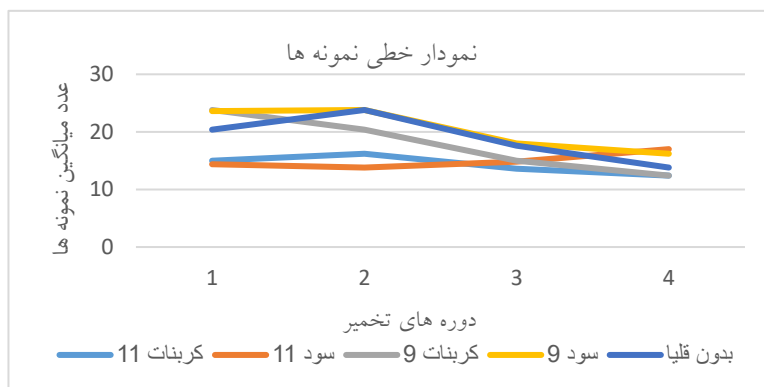
و در نهایت با یکی از آن‌ها مطابقت داده می‌شد. هر چه رنگ مطابقت داده شده تیره‌تر می‌بود، به معنای بالاتر بودن خلوص نیل استخراج شده بود، و بالعکس.

در این مرحله ۳۰ نمونه رنگ‌رزی شده با نیل مصنوعی (اسکیل) را با نمونه‌های رنگ‌رزی شده با نیل طبیعی مقایسه کرده و نتایج در جدول زیر ثبت شد. اعداد جدول از ۱ تا ۳۰ هستند، کمترین خلوص نیل مربوط به عدد ۱ و بیشترین آن مربوط به عدد ۳۰ است.

جدول ۱- تطبیق نمونه‌های رنگ شده با گیاه نیل و نمونه‌های رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی

روزه ۵					روزه ۳					روزه ۲					روزه ۱					تعداد روز نخمیر
نمونه					نمونه					نمونه					نمونه					نمونه
۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	۲۲
۱۴	۱۳	۱۴	۱۵	۱۳	۲۱	۱۹	۱۷	۱۸	۱۳	۲۵	۲۵	۲۴	۲۵	۲۰	۲۱	۲۰	۲۰	۱۹	۲۲	بدون قلیا
۱۶	۱۴	۱۴	۱۶	۲۱	۲۱	۱۹	۱۸	۱۷	۱۵	۲۳	۲۴	۲۴	۲۴	۲۷	۲۵	۲۶	۲۵	۲۵	۱۵	سود با PH9
۱۴	۱۳	۱۵	۹	۱۱	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۱۳	۲۱	۲۱	۲۰	۲۰	۲۷	۲۶	۲۶	۲۵	۲۵	۱۵	کربنات سدیم با PH9
۱۷	۱۶	۱۸	۱۶	۱۸	۱۶	۱۵	۱۶	۱۳	۱۴	۱۵	۱۴	۱۵	۱۳	۱۲	۱۷	۱۶	۱۷	۱۰	۱۲	سود با PH11
۱۴	۱۳	۱۳	۱۲	۱۰	۱۵	۱۲	۱۳	۱۳	۱۵	۱۹	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۸	۱۵	۱۵	۱۴	۱۳	کربنات سدیم با PH11

از این جدول می‌توان دریافت که هر نمونه رنگ شده با رنگزای استخراج شده از گیاه نیل با کدام نمونه رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی مطابقت دارد. شماره حمام‌های مربوط به اسکیل نیل مصنوعی از ۱ تا ۳۰ را شامل می‌شود که به ترتیب از روشن‌ترین شید رنگ آبی به سمت تیره‌ترین شید حرکت کرده است. هرچه شماره مربوط به هر نمونه بیشتر باشد به این معناست که به روش بهینه نزدیک‌تر و رنگزای بیشتری از آن حمام استخراج شده است، برای مثال: حمام‌های ۱ روزه با سود PH9 و ۱ روزه با کربنات سدیم pH 9 و پس از آن‌ها حمام ۲ روزه با سود pH 9 بالاترین شماره‌ها را به خود اختصاص داده‌اند که این نشان‌دهنده نزدیک بودن آن‌ها به روش بهینه است. در واقع حمام‌های ۱ روزه با سود pH 9 و ۱ روزه با کربنات سدیم PH9، روش‌های بهینه هستند زیرا با نمونه ۲۷ از اسکیل مصنوعی مطابقت دارند. همچنین نمودار تغییرات میانگین خلوص نمونه‌ها به پارامترهای مختلف که از جدول ۱ به دست آمده است در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲- نمودار خطی نمونه‌های رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی و مقایسه آن‌ها با نمونه‌های رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی

نتیجه‌گیری

با توجه به پارامترها و شاخص‌های متفاوت آزمایش شده، نتایج زیر حاصل شده است:

- تأثیر عامل زمان: با توجه به نمونه‌های رنگ شده با ماده رنگزای استخراج شده از گیاه نیل و مقایسه آن با نمونه‌های رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی می‌توان دریافت که هرچه مدت زمان تخمیر از ۲۴ ساعت (تخمیر ۱ روزه) به سمت ۱۲۰ ساعت (تخمیر ۵ روزه) می‌رود، میزان استخراج ماده رنگزا کمتر شده و رنگ‌ها روشن‌تر می‌شوند. به این ترتیب نمونه‌های رنگ شده در روزهای اول تیره‌تر ولی در روزهای اخیر فام‌ها روشن‌تر هستند. همچنین مدت زمان در عامل یکنواختی نیز تأثیر به‌سزایی دارد و تخمیر طولانی‌تر باعث نایکنواختی بیشتر نمونه‌ها می‌شود، به این صورت که نمونه‌های رنگ شده در تخمیر ۵ روزه نایکنواختی زیادی دارند.

- تأثیر عامل pH: از مقایسه نمونه‌های رنگ شده می‌توان دریافت که هرچه از pH خنثی (بدون قلیا) به سمت 9 pH حرکت می‌کنیم، میزان استخراج ماده رنگزای مؤثره از گیاه نیل بیشتر شده و رنگ‌های عمیق‌تری به دست می‌آید اما اگر pH از ۹ تجاوز شود، میزان استخراج ماده رنگزا کمتر و رنگ‌ها روشن‌تر می‌شوند. در واقع 9 pH مناسب‌ترین pH برای عمل تخمیر و استخراج ماده مؤثره از گیاه نیل است. با توجه به نمونه‌ها، می‌توان حمام‌ها با 9 pH و هر دو قلیا سود سوزآور و کربنات سدیم به عنوان روش‌های بهینه در نظر گرفت، زیرا عمیق‌ترین رنگ‌ها مربوط به این دو حمام هستند. در مقایسه این حمام‌ها با نمونه‌های رنگ شده با رنگزای نیل مصنوعی می‌توان دید که بالاترین شماره‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. شماره مربوط به این دو حمام در مقایسه با نیل مصنوعی، ۲۷ است.

در تخمیر ۲ روزه، حمام‌ها با pH 9 سود و کربنات سدیم نیز رنگ‌های عمیق‌تر را به خود اختصاص داده‌اند اما در این سطح زمانی، حمام حاوی قلیای سود با pH 9 فام رنگی عمیق‌تری نسبت به حمام کربنات سدیم با pH 9 دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که pH مناسب ۹ است.

- تأثیر عامل نوع قلیا: نوع قلیا نیز تأثیر محسوسی در میزان استخراج ماده رنگزا و درجه تیرگی و روشنی نمونه‌های رنگ‌شده دارد. به این صورت که فام رنگی نمونه‌های رنگ‌شده با سود pH 9 در تخمیر ۲ روزه، دو الی سه درجه پررنگ‌تر از نمونه‌های رنگ‌شده با کربنات سدیم pH 9 است. در تخمیر ۱ روزه عامل قلیا تقریباً تأثیر یکسانی در هر دو نمونه با pH 9 داشته است. اما در کل، در تخمیر ۲ روزه نمونه‌های رنگ‌شده بدون قلیا یا همان pH خشی رنگ‌های پررنگ‌تری نسبت به سایر حمام‌ها و نمونه‌های رنگ‌شده ارائه کرده‌اند. در تخمیر ۳ روزه نیز نمونه‌های رنگ‌شده بدون قلیا تقریباً تأثیر مشابهی با نمونه‌های رنگ‌شده با قلیای سود با pH 9 را نشان می‌دهند. در نهایت، میزان قلیا هرچه بیشتر شود فام‌های روشن‌تری را حاصل می‌کند.

در انتها می‌توان گفت که بهترین روش یا روش بهینه دو قلیای سود و کربنات سدیم با pH 9 در تخمیر ۱ روزه هستند که شماره ۲۷ اسکیل مصنوعی را به خود اختصاص داده و عمیق‌ترین رنگ‌ها را دارند. پس از آن‌ها نمونه‌های بدون قلیا در تخمیر ۲ روزه قرار دارند که شماره ۲۵ اسکیل مصنوعی را دارا هستند و نمونه‌های رنگ‌شده با سود pH 9 در تخمیر ۲ روزه در سومین جایگاه قرار دارند که شماره ۲۳-۲۴ اسکیل مصنوعی به آن‌ها تعلق می‌گیرد. سطح pH، نوع قلیا و همچنین مدت زمان در استخراج ماده رنگزای مؤثره از گیاه نیل تأثیر چشمگیری دارد، به این صورت که هرکدام از این فاکتورها اگر افزایش یا کاهش یابند در فام‌های رنگی تغییراتی ایجاد کرده و آن‌ها را روشن‌تر و حتی نایک‌نواخت‌تر می‌نمایند که به معنای استخراج کمتر و ناقص ماده رنگزا از گیاه است.

فهرست منابع

- صدری، نسرین (۱۳۸۱)، رنگرزی الیاف و نخ پشم، ابریشم و پنبه مورد مصرف در زیرانداز و سایر دست‌بافته‌ها، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

- Bechtold, Thomas, Mussak, Rita (2009), Handbook of natural colorants, Austria, Leopold-Franzens University

- دین، جنی (۱۳۸۵)، رنگ وحشی، ترجمه مهندس کوروش کریمشاهی، تهران، مرکز ملی فرش ایران

- اکبری، احمد (۱۳۸۹)، اصول رنگرزی با مواد رنگزای طبیعی، کاشان، دانشکده هنر و معماری کاشان

- حمیدیان، هوشنگ، محمدی، سید ضیاء (۱۳۹۰)، شیمی و تکنولوژی رنگ، تهران، دانشگاه پیام نور