

## رنگرزی پارچه ابریشمی با رنگدانه‌های آنتوسیانین استخراج شده در حلال‌های مختلف

## از رنگزای کلاله چای ترش

مجید طهرانی<sup>۱\*</sup>، فاطمه شاه مرادی قهه<sup>۲</sup>، زهرا جهانبازی<sup>۱</sup><sup>۱</sup>دانشکده هنر، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران ۵۶۸۱۱۸۸۶۱۷<sup>۲</sup>دانشکده محیط زیست، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران ۵۷۵۶۱۵۱۸۱۸

mtehrani@sku.ac.ir

## چکیده

در این تحقیق رنگدانه‌های آنتوسیانین از رنگزای چای ترش با استفاده از حلال‌های آب مقطر، اسید سیتریک، اتانول و هیدروکسید سدیم استخراج شدند. آنگاه تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگدانه بر پارامترهای رنگی و ثباتی پارچه ابریشمی رنگ شده مورد بررسی قرار گرفت. برای رنگرزی از روش‌های پیش‌دندان، همزمان و پس‌دندان و برای دندان از نمک فلزی سولفات مضاعف آلومینیوم پتاسیم استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد هر چند فرآیند رنگرزی برای همه نمونه‌ها در محیط اسیدی انجام شده است اما استفاده از حلال‌های مختلف و تغییر pH محیط استخراج رنگدانه باعث تغییر فام ایجاد شده، مقدار و ناحیه  $a^*$  و  $b^*$  و قدرت رنگی در نمونه‌ها گردیده است. بیشترین مقدار قدرت رنگی در روش پیش‌دندان و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم و کمترین مقدار قدرت رنگی در روش پس‌دندان و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر ایجاد شده است. همچنین مطابق استاندارد ایزو در روش پیش‌دندان نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم و در روش پس‌دندان همه نمونه‌ها، ثبات شستشویی و نوری قابل قبول داشته‌اند.

کلمات کلیدی: رنگدانه آنتوسیانین، کلاله چای ترش، حلال استخراج رنگدانه، ثبات رنگ، خواص رنگی

## Dyeing silk fabric using anthocyanin pigments extracted in different solvents from Hibiscus sabdariffa L

Majid Tehrani<sup>1\*</sup>, Fatemeh Shahmoradi Ghaheh<sup>2</sup>, Zahra Jahanbazi<sup>1</sup><sup>1</sup> Department of Art, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, 5681188617<sup>2</sup> Faculty of Environmental Science, Urmia University of Technology, Urmia, Iran, 5756151818.

mtehrani@sku.ac.ir

## Abstract

In this research study, anthocyanin pigments were extracted from Hibiscus sabdariffa L pigment using some solvents including distilled water, citric acid, ethanol and sodium hydroxide. Then the effect of the type of solvent used in the pigment extraction stage on the dye parameters and fastness of the dyed silk fabric was investigated. Pre-mordanting, simultaneous and post-mordanting methods were used for dyeing, and potassium aluminum double sulfate metal salt was used as the mordant. The results showed that although the dyeing process for all the samples was carried out in an acidic environment, the use of different solvents and the change in the pH of the pigment extraction environment caused a change in the created hue, the amount and area of  $a^*$  and  $b^*$  and the color strength of the examples. The highest color strength was created in the pre-mordanting method by using the pigment extracted in sodium hydroxide environment, while the lowest one was obtained in the post-mordanting method by applying the pigment extracted in distilled water environment. Also, according to the ISO standard, in the pre-mordanting method, the samples dyed with pigment extracted in sodium hydroxide environment and in the post-mordanting method, all samples had acceptable washing and light fastness.

**Keywords:** Anthocyanin pigment, Hibiscus sabdariffa L, Pigment extraction solvent, Dye fastness, Dye properties

## ۱- مقدمه

رنگزاهای طبیعی، رنگ‌هایی هستند که از منابع حیوانی، معدنی و گیاهی بدون فرآوری شیمیایی به دست می‌آیند. به دلیل افزایش آگاهی از خطرات زیست محیطی و بهداشتی مرتبط با سنتز، آماده‌سازی و استفاده از رنگ‌های مصنوعی، علاقه مجدد بین المللی به رنگزاهای طبیعی ایجاد شده است. در سال‌های اخیر، رنگزاهای گیاهی به دلیل زیست تخریب-پذیری، سازگاری با محیط زیست، سمیت کمتر، ضد باکتری و ضد سرطان بودن نسبت به رنگ‌های مصنوعی مزیت اقتصادی پیدا کرده‌اند [۱-۳]. یکی از ترکیب‌های رنگی که در ساختار بسیاری از گیاهان وجود دارد آنتوسیانین‌ها هستند. آنتوسیانین‌ها با ساختار مشترک‌شان که در شکل ۱ نشان داده شده است، فلاونوئیدهایی هستند که معمولاً در گلبرگ گل‌ها، میوه‌ها و برگ‌ها یافت می‌شوند و فام‌های نارنجی، قرمز، بنفش و آبی تولید می‌کنند [۴-۶]. مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که آنتوسیانین‌ها به ویژه در بادمجان، کلم، انار، زغال اخته، توت‌فرنگی، تمشک، پوست انگور، شاه‌توت و فیکوس یوهانیس بویس فراوان هستند [۷-۱۳]. این ترکیبات، محلول در آب و قطبی هستند به طوری که می‌توان آن‌ها را در حلال‌های قطبی مانند اتانول، استون و اسید فرمیک حل کرد [۱۴]. علاقه به این رنگدانه‌ها در طول دهه گذشته به دلیل اثرات درمانی بالقوه آن‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافته است. تحقیقات نشان می‌دهد آنتوسیانین‌ها قابلیت مهار

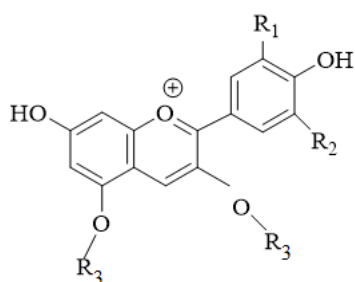
رشد سلول‌های سرطانی، مهار التهاب و اثرات ضد چاقی دارند [۱۵-۱۶]. به دلیل پتانسیل‌های کاربردی آنتوسیانین‌ها، این رنگدانه‌ها به صورت گسترده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی استفاده شده‌اند. تاکنون کاربرد آنتوسیانین‌ها در رنگرزی منسوجات محدود بوده است. این رنگدانه‌ها میل ترکیبی کمی با الیاف دارند و در فرایند شستشو از الیاف جدا می‌شوند. در فرایند رنگرزی، نوع حلال مورد استفاده در فرآیند استخراج آنتوسیانین مهم است. همچنین آنتوسیانین‌ها با تغییر pH یا تغییر دندان گستره‌ای از فام‌ها را ایجاد می‌نمایند. یکی از گیاهانی که حاوی مقدار زیادی از رنگدانه آنتوسیانین است چای ترش<sup>۱</sup> می‌باشد.

چای ترش گیاهی با گل‌های زرد رنگ و کاسبرگ‌های سبز رنگ است که بعد از رسیدن میوه، کاسبرگ‌های آن به رنگ قرمز تبدیل می‌شود. موطن اصلی این گیاه، غرب آفریقا است و امروزه در سطح وسیعی در مناطق گرمسیری همچون غرب آفریقا، آسیا، استرالیا کشت می‌شود. کشت این گیاه در ایران تنها در سیستان و بلوچستان و خوزستان گزارش شده است. چای ترش از کاسبرگ این گیاه تهیه می‌شود و در بسیاری از مناطق دنیا به صورت نوشیدنی مصرف دارد [۱۷]. در شکل ۲، تصویری از گیاه چای ترش و کلالة خشک شده آن آورده شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد چهار نوع رنگدانه آنتوسیانین از قبیل دلفینیدین-۳-سامبوبیوسید<sup>۲</sup> و

<sup>۱</sup> Hibiscus sabdariffa L<sup>۲</sup> Dp-3-sambubioside

آنتوسیانین‌ها در صنایع غذایی، بهداشتی و درمانی، در رنگرزی الیاف نساجی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق رنگدانه‌های آنتوسیانین از رنگزای چای ترش با استفاده از حلال‌های مختلف استخراج شد. آنگاه تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگدانه بر پارامترهای رنگی و ثباتی پارچه ابریشمی رنگ شده مورد بررسی قرار گرفت.

سیانیدین-۳-سامبویوسید<sup>۱</sup> به عنوان رنگدانه‌های اصلی و سیانیدین-۳-گلوکوزید و دلفینیدین-۳-گلوکوزید در غلظت-های جزئی در کاسبرگ این گیاه وجود دارند [۱۸-۲۰]. وجود این ترکیب‌ها در کاسبرگ گیاه چای ترش، امکان استفاده از این بخش را به عنوان یک رنگزای طبیعی امکان‌پذیر می‌سازد. در شکل ۳ ساختار شیمیایی رنگدانه‌های اصلی رنگزای چای ترش آورده شده است. این گیاه، علی‌رغم ویژگی‌های بالقوه



R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Anthocyanin	Aglycon
H	H	Pelargonin	Pelargonidin
OH	H	Cyanin	Cyanidin
OCH <sub>3</sub>	H	Peonin	Peonidin
OH	OH	Delphin	Delphinidin
OCH <sub>3</sub>	H	Petunin	Petunidin
OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	Malvin	Malvidin

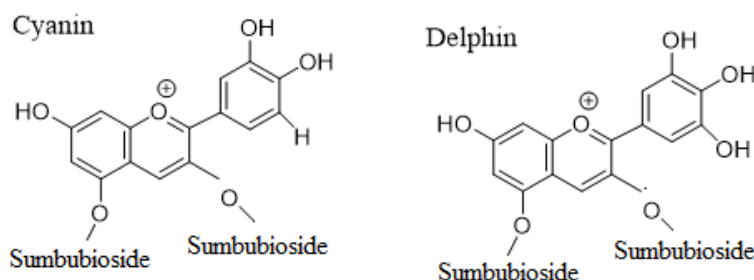
R<sub>3</sub>=Subbubioside or Glucose

شکل ۱: ساختار آنتوسیانین‌های رایج در رنگزای گیاهی [۴].



شکل ۲: گیاه چای ترش و کلاله خشک شده آن

<sup>۱</sup> Cy-3-sambubioside



شکل ۳: ساختار شیمیایی رنگدانه‌های آنتوسیانین موجود در چای ترش [۲۱]

## ۲- تجربیات

### ۲-۱- مواد شیمیایی استفاده شده

در این تحقیق از سولفات مضاعف آلومینیوم پتاسیم (شرکت مرک) به عنوان دندان، اسید استیک (شرکت مرک) به عنوان اسید در مرحله دندان‌دادن و رنگرزی و هیدروکسید سدیم (شرکت کهن تاج کیمیا)، اسید سیتریک (شرکت مرک) و اتانول (۹۹ درصد شرکت مرک) به عنوان حلال در مرحله استخراج رنگدانه استفاده شد.

### ۲-۲- آماده‌سازی رنگزا

برای تهیه رنگزا، کاسبرگ چای ترش از مناطق محلی خوزستان چیده، خشک و آسیاب شد. کلاله چیده شده ابتدا با آب سرد کاملاً شسته شد، سپس در دمای ۴۰ درجه سانتی-گراد در آون حرارتی به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. کلاله خشک شده توسط یک آسیاب صنعتی به پودر ریز تبدیل شد. برای تهیه پودر ریز با ذرات تقریباً یکسان، از مش نایلونی شماره ۴۰ استفاده شد.

## ۲-۳- استخراج رنگدانه

برای استخراج، رنگزا در حلال‌های اتانول، هیدروکسید سدیم، اسید سیتریک و آب مقطر، به ترتیب مقدار ۴۰ گرم پودر رنگزا در ۲۰۰۰ میلی‌لیتر حلال اتانول/آب مقطر (به نسبت ۸۰/۲۰)، مقدار ۱۰۰ گرم پودر رنگزا در ۵۰۰۰ میلی‌لیتر حلال هیدروکسید سدیم-آب مقطر (با غلظت ۱ گرم هیدروکسید سدیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، مقدار ۱۰۰ گرم پودر رنگزا در ۵۰۰۰ میلی‌لیتر حلال اسید سیتریک-آب مقطر (با غلظت ۱ گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و مقدار ۱۰۰ گرم پودر رنگزا در ۵۰۰۰ میلی‌لیتر حلال آب مقطر به مدت دو روز در جای تاریک نگهداری شدند. سپس هر یک از محلول فوق در یک ارلن مایر متصل به کندانسور در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه عمل شد، در نهایت محلول به دست آمده از فیلتر واتمن<sup>۱</sup> شماره ۴۲ عبور داده شد تا یک محلول رنگی تصفیه شده حاصل شود. لازم به ذکر است بر طبق تحقیقات منتشر شده، عصاره

<sup>۱</sup> Whatman

دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد شروع شد، آنگاه دما طی ۳۰ دقیقه تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و عملیات رنگرزی به مدت ۶۰ دقیقه در این دما ادامه یافت. در همه حمام‌ها نسبت حجم حمام به وزن کالا ۱:۴۰ انتخاب شد.

#### ۲-۶- اندازه‌گیری پارامترهای رنگی

برای سنجش محرک‌های سه‌گانه \*CIE L\*a\*b\* از دستگاه اسپکتروفوتومتر انعکاسی تکس فلش<sup>۱</sup> ساخت شرکت دیتا کالر<sup>۲</sup> کره جنوبی با منبع نوری D65 و زاویه دید ۱۰ درجه استفاده شد. قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های پارچه ابریشمی رنگ شده با استفاده از قانون کیوبلکا-مانک (رابطه ۱) [۲۳] محاسبه شد.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (1)$$

در این رابطه، K ضریب جذب، S ضریب انتشار و R مقدار انعکاس پارچه در بیشینه طول موج جذب است.

#### ۲-۷- اندازه‌گیری ثبات شستشویی و نوری

ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های مختلف به ترتیب بر اساس استانداردهای ISO 105-C06 و ISO 105-B02 انجام شد. برای اندازه‌گیری ثبات شستشویی از دستگاه لندرومیترا<sup>۳</sup> و معیار خاکستری استفاده شد. ثبات نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سنجش ثبات نوری ساخت شرکت ریس‌سنج ایران و بر اساس مقیاس آبی ارزیابی شد.

آنتوسیانین در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، بالاترین پایداری حرارتی را دارد و در دمای بین ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد سرعت تخریب آن افزایش می‌یابد [۲۲]. لذا در مرحله استخراج رنگدانه و رنگرزی بالاترین درجه حرارت، ۸۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد.

#### ۲-۴- آماده‌سازی پارچه برای رنگرزی

برای رنگرزی از پارچه تار-پودی بافته شده از نخ ابریشم یک‌لا (نمره ۳۰ انگلیسی) با وزن ۲۲۰ گرم در مترمربع (تهیه شده از شرکت صنایع ابریشم گیلان، ایران) استفاده شد. برای حذف ناخالصی‌ها و روغن‌های ریسندگی از پارچه، کالای ابریشمی در محلول یک گرم در لیتر شوینده آنیونی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه شسته شد.

#### ۲-۵- دندان‌دادن و رنگرزی

دندان‌دادن و رنگرزی با سه روش پیش‌دندان، همزمان و پس-دندان در حمام‌هایی با دندان سولفات مضاعف آلومینیوم پتاسیم انجام شد. برای دندان‌دادن، ابتدا پارچه ابریشمی در محلول دندان با غلظت ۱۰ درصد نسبت به وزن پارچه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، آنگاه دما در مدت ۳۰ دقیقه تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۴۵ دقیقه در این دما عملیات دندان‌دادن انجام شد. رنگرزی به روش رمق‌کشی در محلول‌های استخراج شده از کاسبرگ چای ترش با مقدار ۲۰ درصد رنگ نسبت به وزن پارچه در

<sup>3</sup> Launder-O-meter

<sup>1</sup> Texflash

<sup>2</sup> Data-color

### ۳- بحث و نتایج

#### ۳-۱- نتایج بصری

نتایج بصری نمونه‌های ابریشم رنگ شده با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف از رنگزای چای ترش در شکل ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد با تغییر حلال‌های استفاده شده در مرحله استخراج رنگدانه و تغییر روش رنگرزی، فام به دست آمده تغییر یافته است. رنگزای کاسبرگ چای ترش، یک رنگزای طبیعی در طبقه آنتوسیانین است که دارای فام قرمز کم رنگ تا آبی می‌باشد [۱۸]. فام ایجاد شده از طبقه آنتوسیانین‌ها به pH محیط وابسته است [۲۴]. هر

چند فرآیند رنگرزی برای همه نمونه‌ها در محیط اسیدی انجام شده است اما استفاده از حلال‌های مختلف و تغییر pH محیط استخراج رنگدانه باعث تغییر فام ایجاد شده در نمونه‌ها گردیده است. رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر فام‌های قرمز و صورتی، در محیط اسید سیتریک فام‌های بنفش و بنفش متمایل به قرمز، در محیط اتانول فام‌های بنفش متمایل به آبی، صورتی و خاکستری متمایل به آبی و در محیط هیدروکسید سدیم فام‌های بنفش و آبی متمایل به خاکستری ایجاد نموده است



شکل ۴: نتایج بصری نمونه‌های ابریشم رنگ شده به روش‌های مختلف در محیط‌های مختلف استخراج رنگدانه

نتایج محرک‌های سه‌گانه  $CIE L^*a^*b^*$  نمونه‌های ابریشمی

رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف از

۳-۲- پارامترهای سه‌گانه  $CIE L^*a^*b^*$

رنگزای چای ترش در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد تغییر حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگدانه و تغییر روش رنگرزی بر مقدار روشنایی ( $L^*$ ) نمونه‌های رنگ شده موثر بوده است. در روش پیش‌دندان نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر و اسید سیتریک بیشترین و نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم کمترین مقدار روشنایی را دارند. در روش

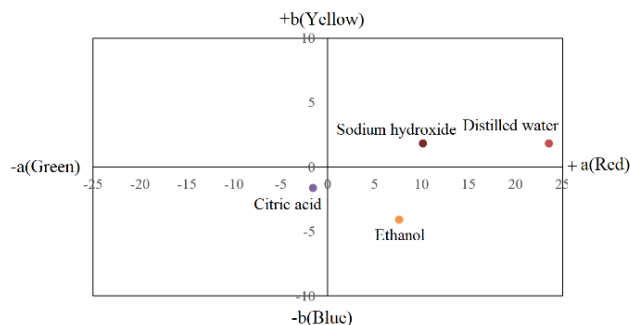
همزمان و پس‌دندان، نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر به مقدار قابل ملاحظه‌ای (۱۰ تا ۳۱ درصد) روشنایی بالاتر نسبت به سایر نمونه‌ها دارند. در روش همزمان نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک و اتانول و در روش پس‌دندان نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک کمترین مقدار روشنایی را دارا هستند.

جدول ۱: خواص رنگی و ثباتی پارچه‌های ابریشم رنگ شده به روش‌های مختلف در محیط‌های مختلف استخراج رنگدانه

محیط استخراج	آب مقطر	اسید سیتریک	اتانول	هیدروکسید سدیم	
$L^*$	49.67	50.45	47.32	42.67	پیش‌دندان
$a^*$	23.60	-1.57	7.60	10.12	
$b^*$	1.82	-1.63	-4.09	1.83	
$L^*$	55.24	44.11	43.46	48.86	همزمان
$a^*$	19.02	15.71	18.45	14.09	
$b^*$	4.87	-8.30	-0.45	3.17	
$L^*$	61.13	42.14	54.50	46.06	پس‌دندان
$a^*$	11.32	10.52	2.23	1.83	
$b^*$	5.87	-5.19	3.26	2.11	

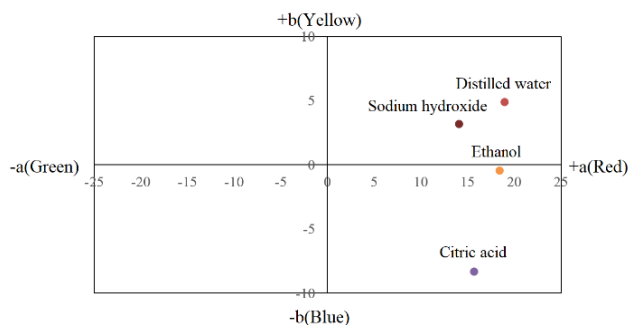
در شکل‌های ۵ تا ۷ نمودارهای  $a^*-b^*$  نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف و با روش‌های پیش‌دندان، همزمان و پس‌دندان آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد تغییر محیط استخراج رنگدانه بر مقدار و ناحیه  $a^*$  و  $b^*$  موثر است. در روش پیش‌دندان نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر و هیدروکسید سدیم در ناحیه قرمز-زرد، نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اتانول در ناحیه قرمز-آبی و نمونه رنگ شده با

رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک در ناحیه سبز-آبی قرار دارند. در این روش نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر و اتانول به ترتیب بیشترین مقدار قرمزی ( $23/60$ ) و آبی بودن ( $4/09$ ) را دارا هستند. در روش همزمان، نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر و هیدروکسید سدیم در ناحیه قرمز-زرد و نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اتانول و اسید سیتریک در ناحیه قرمز-آبی قرار



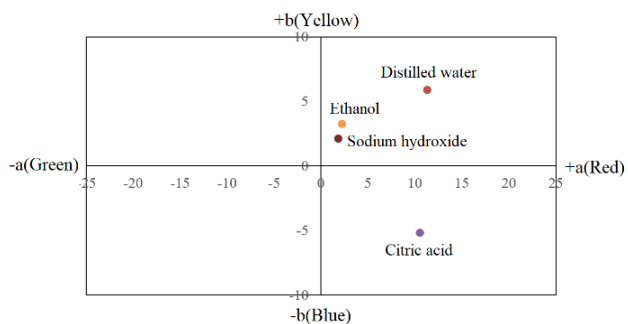
شکل ۵: نمودار  $a^*-b^*$  نمونه‌های رنگ شده در محیط‌های

مختلف استخراج رنگدانه به روش پیش‌دندانه



شکل ۶: نمودار  $a^*-b^*$  نمونه‌های رنگ شده در محیط‌های

مختلف استخراج رنگدانه به روش همزمان



شکل ۷: نمودار  $a^*-b^*$  نمونه‌های رنگ شده در محیط‌های

مختلف استخراج رنگدانه به روش پس‌دندانه

دارند. در روش پس‌دندانه، نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر، اتانول و هیدروکسید سدیم در ناحیه قرمز-زرد و نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک در ناحیه قرمز-آبی قرار دارند. در روش‌های همزمان و پس‌دندانه نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر بیشترین مقدار قرمزی و زردی را دارد. همچنین در این روش‌ها نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک بیشترین مقدار آبی بودن را دارا است.

نتایج شکل‌های ۵ تا ۷ نشان می‌دهد پارامترهای رنگی نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک با سایر نمونه‌ها تفاوت قابل توجهی دارد. اسید سیتریک به عنوان یک اسید ضعیف، اثر مضر کمتری برای ترکیبات حساس به اسید در محیط استخراج دارد. همچنین این اسید از تجمع رنگدانه-فلز در محیط استخراج رنگدانه جلوگیری می‌کند و باعث بهبود استخراج برخی ترکیب‌های رنگی می‌شود [۲۵].

بررسی مقدار  $a^*$  و  $b^*$  در همه محیط‌های استخراج رنگدانه و در همه روش‌ها نشان می‌دهد بیشترین مقدار قرمزی و زردی به ترتیب با استفاده از روش‌های پیش‌دندانه و پس‌دندانه و در محیط استخراج آب مقطر ایجاد شده است. همچنین بیشترین مقدار سبز و آبی بودن به ترتیب با استفاده از روش‌های پیش‌دندانه و همزمان و در محیط استخراج اسید سیتریک به وجود آمده است.

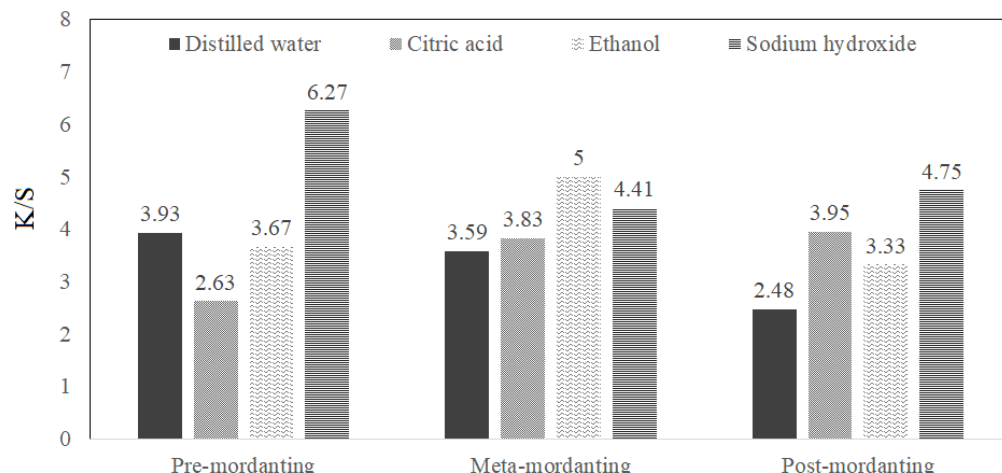


## ۳-۳- قدرت رنگی

قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف و با روش‌های پیش‌دندانه، همزمان و پس‌دندانه در طول موج حداکثر جذب (۵۴۰ نانومتر در محیط اسید سیتریک و ۴۰۰ نانومتر در سایر محیط‌های استخراج) در شکل ۸ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد در روش پیش‌دندانه قدرت رنگی نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف حلال، اختلاف بسیار زیادی دارند. در این روش قدرت رنگی نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم، ۱/۶ تا ۲/۴ برابر قدرت رنگی سایر نمونه‌ها است. در روش پیش‌دندانه کمترین مقدار قدرت رنگی را نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اسید سیتریک (۲/۶۳) دارا است. افزودن اسید سیتریک به محیط استخراج تا حدودی می‌تواند به تثبیت آنتوسیانین‌ها به شکل کاتیون فلاویلیوم<sup>۱</sup> رنگی کمک کند [۲۶]. در روش همزمان، اختلاف قدرت رنگی نمونه‌های مختلف کمتر است. در این روش نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های اتانول و آب مقطر به ترتیب بیشترین و کمترین قدرت رنگی را دارند. در روش پس‌دندانه نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم بیشترین و نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر کمترین قدرت رنگی را دارند.

بررسی مقدار قدرت رنگی در همه محیط‌های استخراج رنگدانه و در همه روش‌ها نشان می‌دهد بیشترین مقدار قدرت رنگی در روش پیش‌دندانه و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم و کمترین مقدار قدرت رنگی در روش پس‌دندانه و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر ایجاد شده است. مقدار آنتوسیانین استخراج شده از رنگزاهای طبیعی به مقدار قطبیت حلال استفاده شده وابسته است. با افزایش قطبیت حلال استفاده شده مقدار آنتوسیانین آزاد شده در مرحله استخراج افزایش می‌یابد [۲۷]. در بین حلال‌های استفاده شده در این تحقیق، حلال حاوی هیدروکسید سدیم بالاترین میزان قطبیت، بالاترین مقدار استخراج آنتوسیانین و بالاترین قدرت رنگی را داشته است. لازم به ذکر است قدرت رنگی کمتر نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اتانول نسبت به نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم می‌تواند به دلیل واکنش اتانول موجود در رنگدانه استخراج شده و اسید استیک استفاده شده در مرحله رنگرزی باشد. با واکنش اتانول و اسید استیک، اتیل استات ایجاد می‌شود. اتیل استات قطبیت کمتری نسبت به آب یونیزه شده و اتانول دارد و این مساله باعث کاهش pH حمام رنگرزی و کاهش مقدار جذب رنگدانه خواهد شد [۲۸].

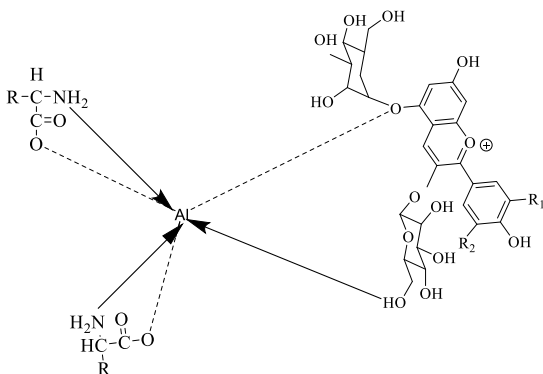
<sup>1</sup> Flavylium



شکل ۸: قدرت رنگی نمونه‌های رنگ شده در محیط‌های مختلف استخراج رنگدانه به روش‌های مختلف

#### ۳-۴- ثبات رنگ

یک شرایط اسیدی ملایم با یون مثبت دندانه آلومینیوم برهم-کنش یونی ایجاد کند. همچنین یونهای مثبت موجود در دندانه آلومینیوم باعث اتصال آنها با گروه‌های عاملی از جمله گروه‌های آمینو و کربوکسیل در لیف ابریشم می‌شوند (شکل ۹). این اتصال‌ها باعث بهبود رنگ‌پذیری الیاف ابریشم و بالا رفتن درجه ثبات رنگ می‌شوند [۲۹].



شکل ۹: ساختار شیمیایی اتصال رنگدانه آنتوسیانین، دندانه

آلومینیوم و لیف ابریشم

ثبات شستشویی و نوری نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های مختلف و با روش‌های پیش-دندانه، همزمان و پس‌دندانه در جدول ۲ آورده شده است. در سیستم استاندارد ایزو ثبات شستشویی (روش تغییر رنگ)<sup>۱</sup> بالاتر از ۴ در معیار خاکستری و ثبات نوری بالاتر از ۵ در معیار آبی قابل قبول هستند. نتایج نشان می‌دهد مطابق استاندارد ایزو در روش پیش‌دندانه نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط اتانول و هیدروکسید سدیم و در روش پس‌دندانه همه نمونه‌ها ثبات شستشویی قابل قبول (بالاتر از ۴) داشته‌اند. همچنین بر اساس استاندارد ایزو در روش پیش‌دندانه نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم و در روش پس‌دندانه همه نمونه‌ها ثبات نوری قابل قبول (بالاتر از ۵) داشته‌اند. رنگدانه‌های آنتوسیانین یک رنگینه اسیدی است در نتیجه می‌توانند در

<sup>۱</sup> Color change method

روش همزمان ضعیف‌ترین ثبات نوری (۳-۴ در معیار آبی) را دارا هستند.

استفاده از حلال‌های مختلف در محیط استخراج بر نوع و مقدار ترکیب‌های رنگدانه‌ی استخراج شده از رنگزای چای ترش موثر بوده است. از جمله ترکیب‌های رنگی استخراج شده از این رنگزا، ترکیب‌های سیانیدین-۳- گلوکوزید و دلفینیدین-۳- گلوکوزید می‌باشند [۲۰-۱۸]. این ترکیب‌ها به عنوان رنگدانه قادر به تشکیل کمپلکس با دندان فلزی آلومینیوم هستند. تشکیل این نوع کمپلکس به طور قابل توجهی باعث بهبود ثبات نوری در نمونه‌های رنگ شده می‌شود [۳۰].

بررسی ثبات شستشویی و نوری در همه محیط‌های استخراج رنگدانه و در همه روش‌ها نشان می‌دهد استفاده از روش پس-دندان و رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم بهترین ثبات شستشویی (۵ در معیار خاکستری) را ایجاد نموده است. همچنین بهترین ثبات نوری (۵-۶ در معیار آبی) با استفاده از روش پس‌دندان و رنگدانه استخراج شده در محیط‌های آب مقطر و اتانول ایجاد شده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد نمونه‌های رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط‌های آب مقطر و اسید سیتریک در روش همزمان ضعیف‌ترین ثبات شستشویی (۳ در معیار خاکستری) و نمونه رنگ شده با رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر در

جدول ۲: ثبات شستشویی و نوری پارچه‌های ابریشم رنگ شده به روش‌های مختلف در محیط‌های مختلف استخراج رنگدانه

محیط استخراج	آب مقطر	اسید سیتریک	اتانول	هیدروکسید سدیم	
ثبات شستشویی	3-4	3-4	4	4	پیش‌دندان
ثبات نوری	4-5	4	4-5	5	
ثبات شستشویی	3	3	3-4	3-4	همزمان
ثبات نوری	3-4	4	4	4	
ثبات شستشویی	4-5	4	4-5	5	پس‌دندان
ثبات نوری	5-6	5	5-6	5	

#### ۴- نتیجه‌گیری

پارچه ابریشمی رنگ شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد:

استفاده از حلال‌های مختلف و تغییر pH محیط استخراج رنگدانه باعث تغییر فام ایجاد شده در نمونه‌ها شده است. رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر فام‌های قرمز و

در این تحقیق رنگدانه‌های آنتوسیانین از رنگزای چای ترش با استفاده از حلال‌های آب مقطر، اسید سیتریک، اتانول و هیدروکسید سدیم استخراج شد. آنگاه تاثیر نوع حلال استفاده شده در مرحله استخراج رنگدانه بر پارامترهای رنگی و ثباتی

بیشترین مقدار قدرت رنگی در روش پیش‌دندانه و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم و کمترین مقدار قدرت رنگی در روش پس‌دندانه و با استفاده از رنگدانه استخراج شده در محیط آب مقطر ایجاد شده است. استفاده از روش پس‌دندانه و رنگدانه استخراج شده در محیط هیدروکسید سدیم بهترین ثبات شستشویی را ایجاد نموده است. همچنین بهترین ثبات نوری با استفاده از روش پس-دندانه و رنگدانه استخراج شده در محیط‌های آب مقطر و اتانول ایجاد شده است.

صورتی، در محیط اسید سیتریک فام‌های بنفش و بنفش متمایل به قرمز، در محیط اتانول فام‌های بنفش متمایل به آبی، صورتی و خاکستری متمایل به آبی و در محیط هیدروکسید سدیم، فام‌های بنفش و آبی متمایل به خاکستری ایجاد نموده است. بیشترین مقدار قرمزی و زردی به ترتیب با استفاده از روش-های پیش‌دندانه و پس‌دندانه و در محیط استخراج آب مقطر ایجاد شده است. همچنین بیشترین مقدار سبز و آبی بودن به ترتیب با استفاده از روش‌های پیش‌دندانه و همزمان و در محیط استخراج اسید سیتریک به وجود آمده است.

Vegetable-based Dye-Sensitized Solar Cells, *Chem. Soc. Rev.*, 44, 3244–3294, 2015.

[8] Kirca, A., Ozkan, M., Cemeroglu, B., Storage stability of strawberry jam color enhanced with black carrot juice concentrate, *J. Food. Process. Preserv.*, 31(5), 531–545, 2007.

[9] Tian, Q., Aziz, R. M., Stoner, G. D., Schwartz, S. J., Anthocyanin determination in black raspberry (*Rubus occidentalis*) and biological specimens using liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry, *J. Food Sci.*, 70(1), 43–47, 2005.

[10] Wang, X., Tong, H., Chen, F., Gangemi, J. D., Chemical characterization and antioxidant evaluation of muscadine grape pomace extract, *Food Chem.*, 123(4), 1156–1162, 2010.

[11] Murapa, P., Dai, J., Chung, M., Mumper, R. J., Orazio, J. D., Anthocyanin-rich fractions of blackberry extracts reduce UV-induced free radicals and oxidative damage in keratinocytes, *Phytotherapy Res.*, 26(1), 106–112, 2012.

[12] Richhariya, G., Kumar, A., Tekasakul, P., Gupta, B., Natural dyes for dye sensitized solar cell: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 705–718, 2017.

#### ۵- مراجع

[1] Barani, H., Helal Bahr, S., Investigation on color and antibacterial properties of woolen yarn dyed with the fruit of *Ailanthus altissima* tree, *J. Text. Sci. Technol.*, 9(4), 25-33, 2021.

[2] Sujata, S., Raja, A. S. M., Textile science and clothing technology, Natural dyes: sources, chemistry, application and sustainability issues, Springer Science +Business Media, Singapore, 2014

[3] Samanta, A.K., Agarwal, P., Application of natural dyes on textiles, *Ind. J. Fibre Text. Res.*, 34, 384–399, 2009.

[4] Wang, H., Li, P., Zhou, W., Dyeing of silk with anthocyanins dyes extract from *Liriope platyphylla* fruits, *J. Text.*, 3, 1-9, 2014.

[5] Jackman, R. L., Yada, R. Y., Tung, M. A., Speers, R. A., Anthocyanins as food colorants—a review, *J. Food Biochem.*, 11(3), 201–247, 1987.

[6] Andersen, O. M., Jordheim, M., Anthocyanins, In: encyclopedia of life sciences (ELS), John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2010.

[7] Calogero, G., Bartolotta, A., Di Marco, G., Di Carlo, A., Bonaccorso, F., Vegetable-based Dye-Sensitized Solar Cells Chemical Society Reviews

- [13] Rafiei, S., Dyeing of silk fibers with natural dye extracted from different parts of *Ficus Johannis Boiss* plant, *J. Text. Sci. Technol.*, 11(2), 1-17, 2022.
- [14] Pervaiz, T., Songtao, J., Faghihi, F., Muhammad Salman, H., Naturally occurring anthocyanin, structure, functions and biosynthetic pathway in fruit plants, *J. Plant Biochem. Physiol.*, 5(2), 2017.
- [15] Ghosh, D., Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts in biology and medicine: biochemical, cellular, and medicinal properties, *Current Topics in Nutraceutical Research*, 3(2), 113-124, 2005.
- [16] McGhie, T. K., Walton, M. C., The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding, *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(6), 702-713, 2007.
- [17] Shruthi, V. H., Ramachandra, C. T., Nidoni, U., Hiregoudar, S., Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a source of natural colour: A review. *Plant Arch.*, 16, 515-522, 2016.
- [18] Wong, P. K., Yusof, S., Ghazali, H. M., Chen Man Y. B., Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Nut. Food Sci.*, 32, 68-73, 2002.
- [19] Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., Heinrich, M., *Hibiscus sabdariffa* L.-A phytochemical and pharmacological review, *Food Chem.*, 165, 424-443, 2014.
- [20] Cissé, M., Bohuon, P., Sambe, F., Kane, C., Sakho, C., Dornier, M., Aqueous extraction of anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa*: Experimental kinetics and modeling, *J. Food Eng.*, 109, 16-21, 2012.
- [21] Shahmoradi Ghahfeh, F., Kamali-Moghaddam, M., Tehrani, M., Eco-friendly dyeing of viscose rayon fabrics using anthocyanin from *hibiscus sabdariffa* linn, *J. Nat. Fibers.*, 1-11, 2002.
- [22] Maciel, L.G., Camero, M.A.V., Azevedo, L., Daguier, H., Molognoni, L., Almeida, M.M., Granato, D., Rosso, N.D., *Hibiscus sabdariffa* anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities, *Food Chem. Toxicol.*, 113, 187-197, 2018.
- [23] Kamel, M. M., Ultrasonic assisted dyeing. IV. Dyeing of cationised cotton with lac natural dye, *Dyes Pigm.*, 73(3), 279-284, 2007.
- [24] Vankar, P. S., Shukla, D., Natural dyeing with anthocyanins from *Hibiscus rosa sinensis* flowers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 122, 1-8, 2011.
- [25] Balakina, G., Vasiliev, V., Karpova, E., Mamatyuk, V., HPLC and molecular spectroscopic investigations of the red dye obtained from an ancient Pazyryk textile, *Dyes Pigm.*, 71, 54-60, 2006.
- [26] Oancea, S., Perju, M., Coman, D., Olosutean H., Optimization of conventional and ultrasound-assisted extraction of *Paeonia officinalis* anthocyanins, as natural alternative for a green technology of cotton dyeing, *Rom. Biotechnol. Lett.*, 26(2), 2527-2534, 2021.
- [27] Farahmandazad, H., Recovery and purification of anthocyanins from purple-blue potato, Chemical and Process Engineering, Lappeenranta University of Technology, Finlandia, 2015.
- [28] Aldhi, S., Adlan, M., Nofrijon, S., Herman, Y. A., Investigating the effect of various extracting solvents on the potential use of red-apple skin (*Malus domestica*) as natural sensitizer for dye-sensitized solar cell, Proceedings of the International Tropical Renewable Energy Conference, 2017.
- [29] Mansour, R., Ben Ali, H., Investigating the use of chitosan :toward improving the dyeability of cotton fabrics dyed with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), *J. Nat. Fiber.*, 18, 1007-1016, 2021.
- [30] Duff, D. G., Sinclair, R. S., Stirling, D., Light-induced colour changes of natural dyes, *Studies Conserv.*, 22, 161-164, 1977.