



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بهینه سازی استخراج آنتوسیانین از گل گاوزبان ایرانی با استفاده از مایکروویو و ارزیابی پایداری آن تحت شرایط

مختلف نگهداری

فاطمه کامران کسمایی^۱، امیر صحرارو^۲، علیرضا مهرگان نیکو^{۳*}، محمود قاسم نژاد^۲

۱- کارشناسی ارشد ناپیوسته گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۳

تاریخ داوری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

کلمات کلیدی:

آنتوسیانین،

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*)، استخراج به کمک مایکروویو،

پایداری آنتوسیانین،

افزودنی های مجاز غذایی،

شرایط نگهداری (نور و دما)

DOI: 10.48311/fsct.2026.118542.83046

* مسئول مکاتبات:

a.mehregan@guilan.ac.ir

گیاه گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) یکی از گیاهان دارویی خانواده گاوزبان است که به دلیل خواص ضدالتهابی، آرامش بخش و ضداضطرابی شناخته شده و در ساختار شیمیایی خود حاوی آنتوسیانین می باشد. آنتوسیانین ها ترکیباتی غیرسمی و محلول در آب هستند و به دلیل داشتن رنگ های متنوع، جایگزین مناسبی برای رنگ های شیمیایی محسوب می شوند. برای استخراج عصاره آنتوسیانینی از گل گاوزبان ایرانی به روش مایکروویو، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. شرایط استخراج شامل توان مایکروویو (۳۶۰، ۱۸۰، ۹۰ وات) و زمان استخراج (۹۰، ۶۰، ۳۰ ثانیه) اعمال شد و محتوی آنتوسیانین کل اندازه گیری گردید. پایداری آنتوسیانین در حضور افزودنی های مجاز در طی ۱۴ روز و در برابر شرایط نوری و دمایی مختلف در طی ۲۸ روز اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که بیش ترین میزان آنتوسیانین ۴/۸۹ میلی- گرم در لیتر در تیمار ۹۰ وات (توان مایکروویو) و زمان ۹۰ ثانیه (زمان استخراج) است، همچنین نتایج نشان داد افزودنی های مجاز به خصوص سوربیتول نقش مهمی در پایداری آنتوسیانین دارد. همچنین نگهداری عصاره آنتوسیانینی در تاریکی و دمای یخچال به پایداری آن کمک می کند. مزایای استخراج آنتوسیانین از گل گاوزبان ایرانی به روش مایکروویو شامل افزایش بازده استخراج، کاهش زمان فرایند و حفظ خواص ترکیبات می باشد. علاوه بر این، با اندازه گیری پایداری آنتوسیانین در برابر نور، دما و افزودنی های مجاز، می توان به بهبود عملکرد این ترکیب در کاربردهای علمی و صنعتی دست یافت.

۱-مقدمه

گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) یکی از گیاهان دارویی متعلق به خانواده گاوزبانیان است. این گیاه به صورت علفی و چندساله رشد می‌کند و اندام‌های آن با کرک‌های نرم پوشیده شده‌اند. گل‌های آن که دارای رنگ آبی متمایل به بنفش هستند، به شکل یک‌طرفه بر روی گل‌آذین گرزن ساده و کشیده قرار می‌گیرند. این گونه گیاهی عمدتاً در شرایط اقلیمی معتدل کوهستانی و همچنین اقلیم معتدل خزری رشد بهتری دارد. به طور کلی، مناطق کوهستانی سرد و نیمه‌مرطوب با خاک مناسب و بارندگی‌های نسبتاً منظم در فصول بهار و تابستان، محیط مطلوبی برای کشت این گیاه فراهم می‌کنند. گل‌گاوزبان ایرانی در ارتفاعات حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، از رشد و گل‌دهی مناسبی برخوردار است. [۱]. گل‌گاوزبان به عنوان یکی از گیاهان دارویی با ارزش در ایران شناخته می‌شود و سطح زیر کشت آن عمدتاً در مناطق شمالی کشور شامل استان‌های گیلان و مازندران، نواحی کندوان و گرگان، و نیز ارتفاعات حیران و قزوین متمرکز است. برآوردها نشان می‌دهد که میزان تولید سالانه این گیاه در ایران در حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ تن می‌باشد [۲]. گلبرگ‌های گیاه گاوزبان دارای حدود ۱۳ درصد آنتوسیانین، نزدیک به ۱۵/۰ درصد فلاونوئیدهای آگلیکونی بوده و همچنین مقادیر کمی از ترکیبات آلکالوئیدی در آن‌ها گزارش شده است [۳]. آنتوسیانین‌ها پس از کلروفیل، به عنوان یکی از اصلی‌ترین گروه‌های رنگدانه‌های طبیعی شناخته می‌شوند که ویژگی‌هایی نظیر غیرسمی بودن و قابلیت انحلال در آب را دارا هستند و به طور گسترده در سیتوپلاسم سلول‌های گیاهی حضور دارند. این ترکیبات رنگی نقش اساسی در ایجاد طیف رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش در بسیاری از میوه‌ها، سبزیجات و گل‌ها ایفا

می‌کنند [۴]. با وجود تنوع بالای ترکیبات آنتوسیانینی، این رنگدانه‌ها معمولاً الگوهای جذب نوری مشخصی از خود نشان می‌دهند. ویژگی‌های رنگی آنتوسیانین‌ها به شدت تحت تأثیر pH محیط قرار دارد، به طوری که در مقادیر مختلف pH، فام‌های گوناگونی ایجاد می‌کنند و پایداری آن‌ها نیز به عواملی مانند دما، شدت نور و شرایط نگهداری وابسته است. از دیدگاه شیمیایی، آنتوسیانین‌ها در رده ترکیبات پلی‌فنلی قرار گرفته و به عنوان زیرگروهی از فلاونوئیدها طبقه‌بندی می‌شوند. این ترکیبات از اجزای اصلی سیستم‌های رنگ‌زا محسوب شده و به دلیل ایمنی مصرف، امکان استفاده از آن‌ها به عنوان رنگ‌های خوراکی وجود دارد [۵]. افزایش pH محلول‌ها منجر به کاهش شدت رنگ، غلظت و پایداری رنگدانه‌ها می‌شود. در مقابل، نتایج برخی مطالعات نشان داده‌اند که وقوع واکنش‌های پلیمریزاسیون می‌تواند به بهبود ثبات رنگ آنتوسیانین‌ها کمک کند. در شرایط pH نزدیک به خنثی، آنیون‌های کینوئیدی پایدار با رنگ بنفش تشکیل می‌شوند. آنتوسیانین‌ها در گیاهان سنتز شده و عمدتاً درون واکوئل‌های سلولی ذخیره می‌گردند [۶]. به طور معمول، برای استخراج این ترکیبات از محیط‌های اسیدی و حلال‌هایی مانند متانول، اتانول، استون و آب استفاده می‌شود [۷]. استخراج به فرایندی اطلاق می‌شود که در آن ترکیبات مؤثر دارویی گیاهان با بهره‌گیری از حلال‌های مناسب و به کارگیری روش‌های استاندارد، از سایر اجزای گیاه تفکیک می‌شوند [۸]. یکی از پیشرفته‌ترین و کارآمدترین روش‌های استخراج، بهره‌گیری از فناوری میکروویو است. تابش میکروویو به طور مؤثر بر ترکیبات مختلف تأثیر گذاشته و شامل اثرات حرارتی و غیرحرارتی می‌شود که با توجه به نرخ گرمایش، شتاب یون‌ها و برخوردهای مولکولی صورت

۸۰ درجه سانتی گراد و زمان ۱۵ دقیقه بود. نتایج نشان داد در این شرایط مقدار آنتوسیانین کل $2/95 \pm 0/08$ میلی گرم بر میل و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی $\pm 0/1$ $279/96$ میکرومول بر میل براساس وزن خشک است. این یافته‌ها بیانگر آن است که استخراج با مایکروویو روشی بسیار کارآمد است و قادر به کاهش زمان فرآیند می‌باشد، هرچند در برخی شرایط ممکن است منجر به تخریب آنتوسیانین‌ها شود [۱۳]. در مطالعه‌ای دیگر، برای استخراج پلی‌فنل‌ها و کافئین از برگ چای سبز از روش مایکروویو استفاده شد. نتایج نشان داد که این روش بازده استخراج را در مدت تنها ۴ دقیقه، در مقایسه با روش استخراج در دمای اتاق به مدت ۲۰ ساعت، به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. علاوه بر این، برای استخراج جین‌سنوزیدها از ریشه جینسینگ نیز از این فناوری بهره گرفته شد و بازده استخراج در مدت ۱۵ دقیقه، نسبت به روش معمولی با حلال که ۱۰ ساعت طول می‌کشید، بهبود یافت [۱۴].

در یک مطالعه، برای مقایسه استخراج آنتوسیانین از پودر بلوبری با استفاده از روش مایکروویو و استخراج با آب داغ، اتانول به عنوان حلال به کار گرفته شد. تابش مایکروویو باعث افزایش انتشار و حلالیت آنتوسیانین‌ها در پودر بلوبری شد، در حالی که انرژی جنبشی ذرات در روش استخراج با آب داغ بیشتر بود. نتایج نشان داد میزان آنتوسیانین‌ها با افزایش دما تا $41/2$ درجه سانتی-گراد افزایش می‌یابد و دمای بالاتر از $41/2$ درجه سانتی‌گراد سبب تخریب آنتوسیانین‌ها می‌شود. دمای بالا باعث تجمع و تجزیه آنتوسیانین‌ها می‌گردد، در حالی که روش مایکروویو با تولید فشار و گرمایش غیرمستقیم از طریق میدان الکترومغناطیسی، اثرات منفی دما بر تجزیه آنتوسیانین‌ها را کاهش می‌دهد [۱۵]. این مطالعه به بررسی استخراج آنتوسیانین از گل‌گاوزبان ایرانی با

می‌گیرد. علاوه بر این، کاربرد مایکروویو می‌تواند زمان فرآوری را به طور قابل توجهی کاهش دهد و به عنوان روشی انرژی‌پسند در فرایندهای استخراج به کار گرفته شود [۹]. استخراج با استفاده از فناوری مایکروویو دارای مزایای متعددی است که از جمله آن‌ها می‌توان به سرعت بالاتر در جداسازی ترکیبات زیست‌فعال، بازدهی بهتر نسبت به روش‌های استخراج سنتی و کاهش گرادیان‌های حرارتی اشاره کرد [۱۰]. با توجه به زمان کوتاه‌تر فرآیند، مصرف کمتر حلال و بازده بالاتر در استخراج آنتوسیانین‌ها، مشخص شده است که روش استخراج با مایکروویو برای بازیابی ترکیبات زیست‌فعال مقاوم به حرارت از محصولات جانبی بسیار مؤثر است. همچنین کاهش میزان حلال مصرفی باعث اقتصادی‌تر شدن فرآوری عصاره‌های آنتوسیانینی می‌شود [۱۱].

۲- پیشینه پژوهش

در یک مطالعه، برای استخراج رنگدانه‌های آنتوسیانین از گلبرگ‌های گل‌گاوزبان، علاوه بر حلال‌های سنتی مانند آب، متانول و اتانول، از حلال مبتنی بر گلیسرول نیز استفاده شد. نتایج نشان داد که رایج‌ترین آنتوسیانین‌های موجود در گل‌گاوزبان شامل سیانیدین-۳-گلوکوزید، سیانین کلرید، سیانیدین-۳-روتینوزید و پلارگونیدین-۳-گلوکوزید هستند. همچنین مشخص شد که کلریدکولین و حلال مبتنی بر گلیسرول، گزینه‌ای مؤثر و دوست‌دار محیط‌زیست برای استخراج آنتوسیانین‌ها محسوب می‌شوند [۱۲].

در یک مطالعه، برای استخراج آنتوسیانین و بررسی پایداری آن از برگ بو چینی، از روش مایکروویو استفاده شد. شرایط بهینه استخراج برای دستیابی به محتوای کل آنتوسیانین شامل نسبت ماده جامد به حلال ۱:۵۰، دما

((حلال (ml): مواد گیاهی (گرم)) تعیین شد. نمونه با حلال مخلوط و در مایکروویو قرار گرفت و استخراج انجام شد. پس از فرآیند استخراج، محلول حاوی نمونه و حلال با حجم برابر به داخل لوله فالكون ۱۵ میلی‌لیتری منتقل شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ گردید [۱۸].

۳-۳- اندازه‌گیری آنتوسیانین کل

برای تعیین میزان آنتوسیانین کل از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف استفاده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره استخراج‌شده به ۲/۵ میلی‌لیتر از هر کدام از محلول‌های بافر با pH=1 (شامل ۰/۲ مولار پتاسیم کلرید و ۰/۲ مولار کلریدریک اسید) و pH=4.5 (شامل ۰/۲ مولار سدیم استات و ۰/۲ مولار استیک اسید) اضافه گردید و میزان جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر (T80+ UV/VIS Spectrometer.PG Instrument) در طول موج-های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت شد و مقدار آنتوسیانین کل با رابطه زیر محاسبه گردید:

$$= (A_{510 \text{ pH}1} - A_{700 \text{ pH}1}) - (A_{510 \text{ pH}4.5} - A_{700 \text{ pH}4.5}) \text{ جذب}$$

$$\text{آنتوسیانین کل (mg/L)} = A \times MW \times DF \times 1000 / \epsilon$$

در رابطه فوق A میزان جذب، MW وزن مولکولی آنتوسیانین غالب (سیانیدین-۳-گلیکوزید = ۴۴۹/۲)، ۱۰۰۰ ضریب تبدیل به لیتر، ϵ ضریب خاموشی سیانیدین-۳-گلیکوزید (۲۶۹۰۰) و DF درجه رقیق سازی می‌باشد [۱۹].

استفاده از فناوری مایکروویو می‌پردازد. این روش در مقایسه با تکنیک‌های سنتی، به‌طور قابل توجهی زمان و میزان مصرف حلال را کاهش داده و بازده استخراج آنتوسیانین‌ها را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، استفاده از مایکروویو به حفظ خصوصیات فیزیولوژیکی و شیمیایی این ترکیبات ارزشمند کمک می‌کند، در حالی که روش‌های حرارتی مرسوم ممکن است منجر به تخریب آنتوسیانین‌ها شوند. همچنین، اندازه‌گیری پایداری آنتوسیانین‌ها در برابر نور، دما و افزودنی‌های مجاز، امکان بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی و پژوهشی در حوزه گیاهان دارویی و صنایع غذایی را فراهم می‌آورد.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- آماده‌سازی نمونه

ابتدا گلبرگ‌های گل‌گاوزبان ایرانی از منطقه آسپابر (E ۳۶.۸۶۷۰۰۱۱، N ۴۹.۸۳۵۶۱۸۸) گیلان به صورت تر چیده و جمع‌آوری و به روش سایه خشک، خشک گردید [۱۶]. گل‌های خشک شده ابتدا آسیاب شده و سپس از الک شماره ۸۰ عبور داده شدند. پودرهای حاصل در ظرفی با درب محکم نگهداری شدند تا زمان انجام آزمایش‌ها محفوظ بمانند [۱۷].

۳-۲- استخراج آنتوسیانین

استخراج آنتوسیانین به روش مایکروویو با حلال و با استفاده از دستگاه مایکروویو (LG-) MA3884VC صورت گرفت. برای استخراج متغیرهای استخراج شامل توان مایکروویو (در سه سطح ۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ وات)، زمان (در سه سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه) در نظر گرفته شد. و نوع حلال (آب) با نسبت ۱:۳۰

۳-۴- بررسی پایداری آنتوسیانین استخراج شده

نیمی از نمونه‌ها در معرض نور غیرمستقیم (23 ± 23) و نیمه در تاریکی ($23 \pm 23^\circ\text{C}$) نگهداری شدند و میزان جذب آنتوسیانین در روزهای ۰ و ۱۴ با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۲۱].

۳-۴-۱- پایداری در برابر نور و درجه حرارت

با استفاده از توان بهینه مایکروویو و زمان استخراج تعیین شده بر اساس محتوای کل آنتوسیانین، عصاره آنتوسیانینی از گل‌گاوزبان ایرانی تهیه و سانتریفیوژ شد. سپس حجم‌های مساوی از عصاره در لوله‌های فالكون ریخته شده و به مدت ۲۸ روز در شرایط مختلف شامل نور مستقیم ($23 \pm 23^\circ\text{C}$)، نور غیرمستقیم ($23 \pm 23^\circ\text{C}$)، تاریکی ($23 \pm 23^\circ\text{C}$)، دمای محیط ($23 \pm 23^\circ\text{C}$) و یخچال (4°C) نگهداری گردید. برای مقایسه پایداری عصاره در این شرایط، میزان جذب آنتوسیانین در روزهای ۰، ۷، ۱۴ و ۲۸ با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و محتوای کل آنتوسیانین محاسبه و تحلیل شد [۲۰].

۳-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها شامل مراحل توصیفی و استنباطی بود. در بخش توصیفی، شاخص‌هایی مانند میانگین و انحراف معیار محاسبه شد، و در بخش استنباطی برای بررسی تفاوت‌ها میان تیمارها استفاده گردید. آنالیز واریانس و مقایسه‌های چندگانه توکی در سطح اعتماد ۹۵ درصد و کلیه محاسبات در نرم‌افزار آماری SAS.v9.4 انجام شد.

۴- نتایج

۳-۴-۲- پایداری همراه با افزودنی‌های مجاز

۴-۱- محتوای آنتوسیانین کل

نتایج آنالیز واریانس، که در جدول ۱ ارائه شده است، نشان داد که هر دو عامل توان مایکروویو و زمان استخراج تأثیر معنی‌داری بر محتوای کل آنتوسیانین در گیاه گل‌گاوزبان دارند.

حجم‌های برابر از عصاره استخراج شده (۱۰ میلی‌لیتر) در لوله‌های فالكون قرار داده شد و به هر نمونه، با نسبت ۱:۱۰، یک افزودنی خوراکی مجاز اضافه گردید؛ این افزودنی‌ها شامل یک گرم گلوکز، یک گرم سوربیتول و یک میلی‌لیتر اسید سیتریک ۰۱/۰ مولار بودند. همچنین، برای مقایسه، یک نمونه خالص به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای هر افزودنی و نمونه شاهد،

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) of the effects of microwave power and extraction time on total anthocyanin content

Anthocyanin	df	Source of variation
26.81**	2	Power
1.17**	2	Time
0.65**	4	Power $\times$ time
0.05	18	Error
7.70	-	CV

** Values indicate significance at the 1% probability level; ns denotes no significant difference.

دست آمد. در این شرایط، مقدار آنتوسیانین استخراج شده برابر با ۴/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر بود (جدول ۲).

نتایج اثرات متقابل بین توان مایکروویو و زمان استخراج بر محتوای کل آنتوسیانین نشان داد که بالاترین میزان آنتوسیانین در توان ۹۰ وات و زمان ۹۰ ثانیه به

Table 2. Comparison of means for the effects of microwave power and extraction time on total anthocyanin content

Total anthocyanin mg/L	Treatments	
	Time (s)	Power (W)
4.56 ^a	30	90
4.61 ^a	60	90
4.89 ^a	90	90
3.35 ^b	30	180
3.93 ^b	60	180
2.26 ^c	90	180
1.98 ^c	30	360
1.15 ^d	60	360
0.58 ^d	90	360

Means sharing at least one common letter are not significantly different at the 5% level

روزهای ۰ و ۱۴) تأثیر معنی‌داری بر محتوای کل آنتوسیانین در عصاره گل‌گاوزبان ایرانی نداشت (جدول ۳). با این حال، اثرات دوگانه افزودنی‌ها در شرایط نوری و نیز اثر دوگانه آن‌ها در زمان، تفاوت‌های معنی‌داری در محتوای کل آنتوسیانین در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان دادند.

۴-۲- پایداری عصاره آنتوسیانینی

۴-۲-۱- افزودنی‌های مجاز

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که برهم‌کنش سه‌گانه افزودنی‌ها (گلوکز، سوربیتول و اسید سیتریک) با شرایط نوری (نیمی از نمونه‌ها در تاریکی و نیمی در معرض نور غیرمستقیم) و زمان (مقادیر جذب آنتوسیانین در

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) of the effects of different treatments on anthocyanin stability in Iranian Borage (*Echium amoenum*) extract

Anthocyanin	df	Source of variation
2.90 ^{**}	3	Permitted additives
0.01 ^{ns}	1	Light conditions
0.11 ^{**}	3	Light conditions × Permitted additives
0.02	14	Main plot error
31.5 ^{**}	1	Time
3.30 ^{**}	3	Time × Permitted additives
0.05 ^{ns}	1	Time × Light conditions
0.06 ^{ns}	3	Time × Permitted additives × Light conditions
0.02	16	Residual error
8.54	–	CV

** Values indicate significance at the 1% probability level; ns denotes no significant difference.

Table 4. Comparison of means for the dual effects of light and different additives on total anthocyanin in Iranian Borage (*Echium amoenum*)

Total anthocyanin mg/L	Treatments	
	Permitted additives	Light conditions
1.51 ^c	Control	Indirect light
1.37 ^d	Control	Darkness
1.68 ^c	Glucose	Indirect light
1.65 ^c	Glucose	Darkness
2.34 ^b	Sorbitol	Indirect light
2.66 ^a	Sorbitol	Darkness
1.48 ^c	Citric acid	Indirect light
1.51 ^c	Citric acid	Darkness

Means sharing at least one common letter are not significantly different at the 5% level

نمونه‌هایی که با افزودنی‌های مجاز شامل گلوکز، سوربیتول و اسید سیتریک تیمار شده بودند، نسبت به نمونه‌های شاهد پایداری رنگ بهتری از خود نشان دادند.

Table 5. Comparison of means for the dual effects of time and permitted additives on total anthocyanin in Iranian Borage (*Echium amoenum*) extract

Total anthocyanin mg/L	Treatments	
	Permitted additives	day
2.82 ^a	Control	0
0.07 ^c	Control	14
2.80 ^a	Glucose	0
0.53 ^d	Glucose	14
2.80 ^a	Sorbitol	0
2.20 ^b	Sorbitol	14
1.93 ^b	Citric acid	0
1.07 ^c	Citric acid	14

Means sharing at least one common letter are not significantly different at the 5% level

برهم‌کنش زمان نگهداری (روز) با تیمارها (شرایط نوری و دمایی متفاوت) بر پایداری آنتوسیانین تأثیر معنی‌داری داشته و همچنین اثر مستقل زمان و تیمار نیز در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. (جدول ۶).

۴-۲-۲- پایداری آنتوسیانین در برابر نور و درجه

حرارت

نتایج آنالیز واریانس پایداری آنتوسیانین تحت شرایط نوری و دمایی مختلف طی ۲۸ روز نشان داد که

Table 6. Analysis of variance (ANOVA) of the effects of storage time and treatment (light and temperature) on anthocyanin stability in Iranian Borage (*Echium amoenum*)

Anthocyanin	df	Source of variation
1.77**	4	Treatment
0.00	10	Main plot error
1.08**	3	Time
0.07**	12	Time × Treatment
0.00	30	error
2.99	-	CV

** Values indicate significance at the 1% probability level; ns denotes no significant difference.

۵- بحث

۵-۱- محتوی آنتوسیانین کل

بررسی پارامتر محتوی کل آنتوسیانین نشان داد که بالاترین میزان استخراج در توان مایکروویو ۹۰ وات و زمان ۹۰ ثانیه به دست آمد و این مقدار تفاوت معنی داری با همان توان در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه نداشت. با این حال، توان ۹۰ وات در مقایسه با توان‌های بالاتر، تفاوت معنی داری نشان داد. پایین‌ترین میزان آنتوسیانین در توان ۳۶۰ وات و زمان ۹۰ ثانیه (۰/۵۸ میلی گرم بر لیتر) مشاهده شد و این مقدار تفاوت معنی داری با توان ۳۶۰ وات و زمان ۶۰ ثانیه نداشت. به طور کلی، افزایش دما و زمان استخراج باعث کاهش محتوی آنتوسیانین شد. استفاده از امواج مایکروویو، با تعامل مستقیم با مولکول‌های قطبی، موجب افزایش بازده استخراج ترکیبات زیستی از سلول‌ها و ارتقای راندمان فرآیند می‌شود، اما توان‌های بالاتر می‌توانند موجب تخریب آنتوسیانین‌ها گردند. به طور خاص، دماهای بالای ۸۰ درجه سانتی گراد منجر به تخریب این ترکیبات می‌شوند [۲۲]. رنگدانه آنتوسیانین در حلال‌های قطبی حل می‌شود؛ بنابراین، برای استخراج آن از گیاهان معمولاً از حلال‌های قطبی استفاده می‌گردد. استفاده از حلال‌های اسیدی باعث تخریب دیواره سلولی گیاهان می‌شود و بدین ترتیب حل شدن رنگدانه و افزایش بازده استخراج آسان‌تر می‌گردد [۲۳]. با این حال، استفاده از حلال‌های آلی مانند متانول و استن در صنایع غذایی محدودیت دارد، زیرا این حلال‌ها ممکن است در محصول باقی بمانند. از این رو، برای حفظ آنتوسیانین‌ها و امکان استفاده ایمن از آن‌ها در محصولات غذایی، انتخاب حلال مناسب برای استخراج اهمیت بالایی دارد. به طور ایده‌آل، روش استخراج باید

بتواند بیشترین میزان رنگدانه آنتوسیانین را با حداقل تخریب آن به دست آورد [۲۴]. اگرچه اتانول به عنوان یک حلال رایج در بسیاری از فرآیندهای جداسازی استفاده می‌شود، اما استخراج آنتوسیانین بر پایه آب به عنوان روشی مؤثرتر و ایمن‌تر در نظر گرفته می‌شود [۲۵]. بر اساس همین رویکرد، در این مطالعه از آب مقطر به عنوان حلال استفاده شد. در یک تحقیق دیگر برای استخراج آنتوسیانین از گیاه گل‌نار فارسی، از حلال‌های آب و اتانول بهره گرفته شد و نتایج نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین زمانی به دست آمد که آب به عنوان حلال انتخاب شده بود [۲۶].

۵-۲- پایداری آنتوسیانین همراه با افزودنی‌های مجاز

نتایج اثرات متقابل تیمارهای مختلف بر پایداری آنتوسیانین در عصاره گل‌گاوزبان ایرانی نشان داد که تعامل افزودنی‌های مجاز تحت شرایط نوری، تفاوت معنی داری ایجاد می‌کند. بیشترین پایداری آنتوسیانین استخراج‌شده در حضور سوربیتول و نگهداری در تاریکی مشاهده شد که این مقدار نسبت به سایر افزودنی‌ها مانند گلوکز، اسید سیتریک و نمونه شاهد، اختلاف معنی داری داشت. همچنین، نمونه‌هایی که با گلوکز و اسید سیتریک تیمار شده بودند، در هر دو شرایط نوری نور غیرمستقیم ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) و تاریکی ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) پایداری تقریباً مشابهی داشتند و تفاوت معناداری بین این دو حالت مشاهده نشد (جدول ۴). سوربیتول و گلوکز با کاهش فعالیت آب، به پایداری آنتوسیانین کمک می‌کنند. کاهش فعالیت آب باعث ایجاد تعادل در کروموفورهای رنگی می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی گیاه اقطی نیز برای تثبیت عصاره آنتوسیانینی از افزودنی‌های مختلف استفاده شد و نتایج نشان داد که حضور سوربیتول منجر به افزایش پایداری

آنتوسیانین می‌گردد. این تثبیت و افزایش پایداری عمدتاً ناشی از کاهش فعالیت آب در سیستم است [۲۷]. نتایج نشان داد که پایداری عصاره آنتوسیانینی در حضور افزودنی‌های گلوکز و سوربیتول افزایش می‌یابد و بیشترین پایداری مربوط به سوربیتول همراه با نگهداری نمونه در تاریکی ($20 \pm 23^\circ\text{C}$) بود. سوربیتول، یک قند الکلی که در غذاهای کنسروی و محصولات مناسب افراد دیابتی استفاده می‌شود، به دلیل داشتن شیرینی نصف ساکارز، در طول ۱۴ روز توانست پایداری آنتوسیانین را تا حد زیادی حفظ کند. پس از آن، اسید سیتریک نیز به میزان قابل توجهی در تثبیت آنتوسیانین‌ها مؤثر بود. این نتایج نشان می‌دهد که افزودنی‌های مجاز نقش مهم و مثبتی در حفظ و پایداری عصاره‌های آنتوسیانینی ایفا می‌کنند [۲۸]. اسید سیتریک یک اسید طبیعی است که به عنوان عامل تنظیم‌کننده pH و پایدارکننده عمل می‌کند. این ترکیب با کاهش اسیدیته محیط، از تخریب آنتوسیانین‌ها در شرایط قلیایی جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، اسید سیتریک قادر است با تشکیل کمپلکس‌های فلزی، روند اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها را مهار نماید [۲۹].

۳-۵- پایداری آنتوسیانین در برابر نور و درجه حرارت

مقایسه میانگین اثر متقابل شرایط محیطی (دما و نور متفاوت) و زمان (۲۸ روز) بر این صفت نشان داد که این عوامل بر پایداری آنتوسیانین تأثیر قابل توجهی دارند. بیشترین میزان آنتوسیانین در شرایط تاریکی ($20 \pm 23^\circ\text{C}$) و در روز صفر مشاهده شد، که این تیمار با برخی شرایط دیگر مانند نگهداری در نور غیرمستقیم ($20 \pm 23^\circ\text{C}$) و تاریکی در روز ۷ و نگهداری در نور غیرمستقیم در روز ۱۴ تفاوت معناداری نداشت. به‌طور متقابل، کمترین پایداری آنتوسیانین در روز ۲۸ و تحت

نور مستقیم ($20 \pm 23^\circ\text{C}$) ثبت شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. به طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، میزان آنتوسیانین‌ها کاهش می‌یابد و تخریب آن‌ها افزایش می‌یابد با این حال، نگهداری در شرایط یخچال (4°C) و تاریکی تا حد قابل توجهی از این تخریب جلوگیری می‌کند. این آزمایش نشان می‌دهد که نور یکی از عوامل اصلی مؤثر بر پایداری و ماندگاری آنتوسیانین‌ها است و می‌تواند به طور قابل توجهی باعث تخریب آن‌ها شود، در حالی که نمونه‌های نگهداری شده در محیط تاریک تغییر رنگ قابل ملاحظه‌ای نشان ندادند. علت تغییر رنگ آنتوسیانین‌ها، تجزیه فوتوشیمیایی گروه هیدروکسیل آزاد در کربن شماره پنج ساختار آن‌ها است. علاوه بر این، افزودن واحدی از تانیک اسید یا اسید گالیک می‌تواند اثر نور بر رنگ آنتوسیانین‌ها را کاهش دهد [۳۰]. مقایسه نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط و یخچال، که هر دو در تاریکی قرار داشتند، نشان داد که کاهش دما اثر مثبتی بر پایداری آنتوسیانین‌ها دارد. در مقابل، دمای بالا موجب تخریب آنتوسیانین و تغییر رنگ آن می‌شود. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که ارتباط مستقیمی بین تخریب آنتوسیانین‌ها و افزایش دما وجود دارد [۳۱]. آنتوسیانین‌ها در دمای محیط به سرعت تخریب می‌شوند. افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود، از جمله واکنش‌های اکسیداسیون و هیدرولیز که منجر به تخریب آنتوسیانین‌ها می‌شوند. نگهداری آنتوسیانین‌ها در دمای محیط منجر به کاهش قابل توجهی در میزان رنگ‌دانه‌ها و تغییرات رنگی نامطلوب در محصولات حاوی آن‌ها می‌شود [۳۲]. دمای پایین یخچال سرعت واکنش‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد و در نتیجه تخریب آنتوسیانین‌ها را کند می‌کند. نگهداری در یخچال می‌تواند

محصولات غذایی و نوشیدنی‌ها اهمیت دارد، جایی که حفظ رنگ و کیفیت محصول مهم است [۳۳].

پایداری آنتوسیانین‌ها را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. در دمای یخچال، آنتوسیانین‌ها مدت زمان بیشتری رنگ و خواص خود را حفظ می‌کنند. این امر به‌ویژه در

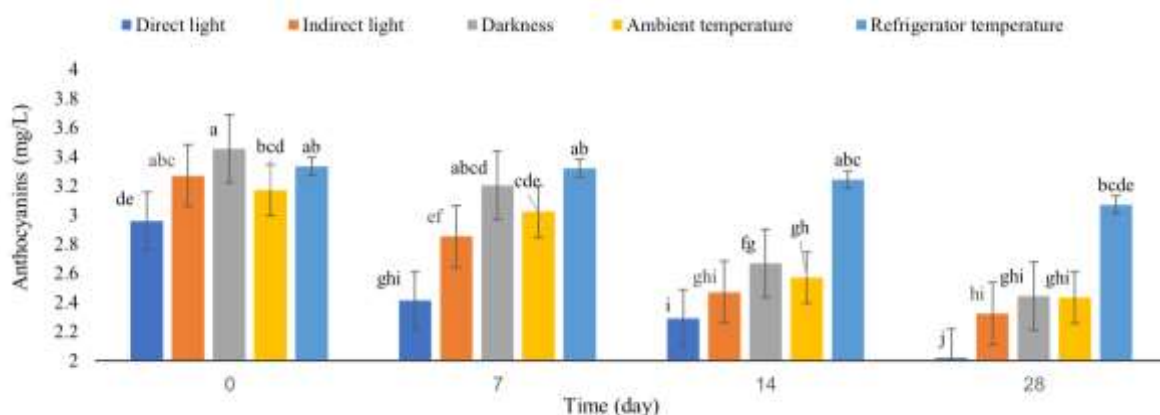


Figure 1. Anthocyanin stability under light and temperature conditions
(Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$)

بالاتر موجب تخریب آنتوسیانین‌ها شد. افزودنی‌های مجاز نقش مهمی در پایداری آنتوسیانین‌ها ایفا کردند؛ به طوری که اثرات متقابل افزودنی‌ها تحت شرایط نوری مختلف تفاوت معناداری نشان داد. بیشترین پایداری آنتوسیانین استخراج شده در حضور سوربیتول و نگهداری در تاریکی ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) مشاهده شد، که این مقدار با افزودن سایر افزودنی‌ها از جمله گلوکز، سیتریک اسید و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. در نمونه‌هایی که از گلوکز و اسید سیتریک به عنوان افزودنی استفاده شده بود، پایداری آنتوسیانین‌ها در هر دو شرایط نگهداری (نور غیرمستقیم $23 \pm 2^\circ\text{C}$) و تاریکی ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) تقریباً یکسان بود و تفاوت معناداری بین این دو شرایط مشاهده نشد. این افزودنی‌ها با کاهش فعالیت آب، حفظ رطوبت و تنظیم pH محیط، از تخریب آنتوسیانین‌ها در شرایط مختلف محیطی جلوگیری می‌کنند. بنابراین، می‌توان از این ترکیبات برای حفظ کیفیت و رنگ محصولات غذایی و دارویی بهره برد. بررسی پایداری رنگدانه‌های آنتوسیانین نشان داد

۶- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه آنتوسیانین‌ها جایگزین مناسبی برای رنگ‌های مصنوعی به شمار می‌آیند و علاوه بر داشتن رنگ‌های درخشان و جذاب، به دلیل ویژگی‌های ضدسرطانی، ضدویروسی و آنتی‌اکسیدانی، برای سلامت انسان نیز مفید هستند، این پژوهش به استخراج آنتوسیانین‌ها از گل گاوزبان ایرانی با استفاده از روش مایکروویو پرداخته است. گل گاوزبان دارای مقدار قابل توجهی آنتوسیانین می‌باشد که مسئول رنگ قرمز و بنفش گلبرگ‌ها است. نتایج نشان داد که روش مایکروویو، روشی مؤثر برای استخراج رنگدانه‌های آنتوسیانین از این گیاه دارویی است و با استفاده از آب به عنوان حلال، این ترکیبات قطبی به آسانی قابل استخراج می‌باشند. نتایج نشان داد که استخراج آنتوسیانین با توان مایکروویو ۹۰ وات و زمان ۹۰ ثانیه بیشترین بازده را داشت، در حالی که زمان‌ها و توان‌های

بیانیه تامین مالی

نویسنده اعلام می کند که هیچ گونه بودجه جداگانه ای برای این تحقیق دریافت نشده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت ها توسط نویسندگان انجام شده است.

که نور و دما دو عامل اصلی مؤثر بر پایداری آنتوسیانین های گل گاوزبان ایرانی هستند و با حذف نور مستقیم و غیرمستقیم و همچنین اجتناب از دماهای بالا، می توان پایداری آن ها را به طور قابل توجهی افزایش داد. نگهداری در تاریکی به طور مؤثری از تخریب ناشی از نور جلوگیری می کند و دمای یخچال پایداری آنتوسیانین ها را افزایش داده و از تخریب ناشی از دمای محیط محافظت می کند. در مقابل، نور مستقیم دمای محیط روند تخریب آنتوسیانین ها را تسریع می نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۷-منابع

- [۱] Ashouri, D., Norhosseini, A., & Safarzadeh, M. N. (2014). Effects of plant density and planting pattern on yield and yield components of Iranian borage (*Borago officinalis*) in Gilan province. *Journal of Horticultural Science*, 2(2), 135–143. (In Persian).
- [۲] Nateghi, L., Yousefi, E., & Zand, N. (2021). Optimization of anthocyanin pigment extraction from borage petals using soaking and solvent methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(1), 103–114. (In Persian).
- [۳] Hosseinpour Azad, N., Arastegi Marni, H., & Borang, Sh. (2022). A review of the Iranian medicinal plant *Borago officinalis*. *Quarterly Journal of Ecophysiology and Phytochemistry of Medicinal and Aromatic Plants*, 9(1), 61–71. (In Persian).
- [۴] Nateghi, L., Yousefi, E., & Zand, N. (2021). Optimization of anthocyanin pigment extraction from borage petals using soaking and solvent methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(1), 103–114. (In Persian).
- [۵] Bahreini, Z. (2022). Extraction and chemical evaluation of red anthocyanin pigment from autumn leaves of *Nandina domestica* (Berberidaceae). *Scientific Journal of Color Science and Technology*, 16(1), 17–25. (In Persian).
- [۶] Jaiswal, Y., Guan, Y., Moon, K., & Williams, L. (2019). Anthocyanins: Natural Sources and Traditional Therapeutic Uses. In. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86888>.
- [۷] Izhah, I., Munusamy, T., Hamidi, N., & Sulaiman, S. (2020). Optimization of Microwave-assisted Extraction of Anthocyanin from *Clitoria Ternatea* Flowers. 9. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.9.1246-1252>.
- [۸] Soumya, Swami, S., Sawant, A., Khandetod, Y., Mohod, A., & Dhekale, J. (2019). Extraction methods used for extraction of anthocyanin: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 8, 280–285.
- [۹] Izhah, I., Munusamy, T., Hamidi, N., & Sulaiman, S. (2020). Optimization of Microwave-assisted Extraction of Anthocyanin from *Clitoria Ternatea* Flowers. 9. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.9.1246-1252>.
- [۱۰] Soumya, Swami, S., Sawant, A., Khandetod, Y., Mohod, A., & Dhekale, J. (2019). Extraction methods used for extraction of anthocyanin: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 8, 280–285.
- [۱۱] Pap, N., Beszédes, S., Pongrácz, E., Myllykoski, L., Gábor, M., Gyimes, E., Hodúr, C., & Keiski, R. (2012). Microwave-Assisted Extraction of Anthocyanins from *Black Currant Marc*. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0964-9>.
- [۱۲] Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Ibrahim, S. A., & Koca, I. (2021). Extraction of

- Anthocyanins from Borage (*Echium amoenum*) Flowers Using Choline Chloride and a Glycerol-Based, Deep Eutectic Solvent: Optimization, Antioxidant Activity, and In Vitro Bioavailability. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010134>.
- [۱۳] Duan, W., Jin, S., Zhao, G., & Sun, P. (2015). Microwave-assisted extraction of anthocyanin from Chinese bayberry and its effects on anthocyanin stability. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6731>.
- [۱۴] Soumya, Swami, S., Sawant, A., Khandetod, Y., Mohod, A., & Dhekale, J. (2019). Extraction methods used for extraction of anthocyanin: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 8, 280-285.
- [۱۵] Sun, Y., Xue, H., Liu, C., Liu, C., Su, X. L., & Zheng, X. Z. (2016). Comparison of microwave assisted extraction with hot reflux extraction in acquirement and degradation of anthocyanin from powdered blueberry. 9, 186-199. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160906.2724>.
- [۱۶] Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Ibrahim, S. A., & Koca, I. (2021). Extraction of Anthocyanins from Borage (*Echium amoenum*) Flowers Using Choline Chloride and a Glycerol-Based, Deep Eutectic Solvent: Optimization, Antioxidant Activity, and In Vitro Bioavailability. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010134>.
- [۱۷] Esmacilian, A., Hosseini, F., & Saberian, H. (2021). Optimization of anthocyanin extraction conditions from red cabbage and its application in low-calorie functional jelly. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 18(110), 129-140. (In Persian).
- [۱۸] Maleki, A. R., Nateghi, L. & Rajaei, P. (2023). Optimization of Extraction Conditions by Ultrasound-Assist on the Ratio of Flavonoids, Anthocyanins Content and Antioxidant and Antimicrobial Activity of *Punica granatum* Var. *Pleniflora* (Persian Golnar) Extract. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 42(1), 155-167. <https://doi.org/10.30492/ijcce.2022.542405.5013>.
- [۱۹] Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1), F1.2.1-F1.2.13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>.
- [۲۰] Roobha, J., Marappan, S., Aravindhan, K. M., & Devi, P. S. (2011). The effect of light, temperature, pH on stability of anthocyanin pigments in *Musa acuminata* bract. *Res Plant Biol*, 1, 5-12.
- [۲۱] Reyes, L. F., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple- and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*, 100(3), 885-894. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.002>.
- [۲۲] Nateghi, L., Yousefi, E., & Zand, N. (2021). Optimization of anthocyanin pigment extraction from borage petals using soaking and solvent methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(1), 103-114. (In Persian).
- [۲۳] Metivier, R., Francis, F., & Clydesdale, F. (2006). Solvent extraction of anthocyanins from wine pomace. *Journal of Food Science*, 45, 1099-1100. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb07534.x>.
- [۲۴] Santos, S., Magalhães, F., Paraíso, C., Ogawa, C., Sato, F., Junior, O., Visentainer, J., Madrona, G., & Reis, M. (2022). Enhanced conditions for anthocyanin extraction from blackberry pomace under ultrasound irradiation. *Journal of Food Process Engineering*, 46. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14077>.
- [۲۵] Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res*, 61(1), 1361779. <https://doi.org/10.1080/1654662820171361779>.
- [۲۶] Maleki, A. R., Nateghi, L. & Rajaei, P. (2023). Optimization of Extraction Conditions by Ultrasound-Assist on the Ratio of Flavonoids, Anthocyanins Content and Antioxidant and Antimicrobial Activity of *Punica granatum* Var. *Pleniflora* (Persian Golnar) Extract. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 42(1), 155-167. <https://doi.org/10.30492/ijcce.2022.542405.5013>.
- [۲۷] Hubbermann, E. M., Heins, A., Stöckmann, H., & Schwarz, K. (2006). Influence of acids, salt, sugars and hydrocolloids on the colour stability of

anthocyanin rich black currant and elderberry concentrates. *European Food Research and Technology*, 223(1), 83-90.
<https://doi.org/10.1007/s00217-005-0139-2>.

[۲۸] Gabbay, K. H. (۱۹۷۳). The sorbitol pathway and the complications of diabetes. *N Engl J Med*, 288(16), 831-836.
<https://doi.org/10.1056/nejm197304192881609>.

[۲۹] Kirca Toklucu, A., Özkan, M., & Cemerog˘lu, B. (2006). Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97, 598-605.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.036>

[۳۰] Roobha, J., Marappan, S., Aravindhan, K. M., & Devi, P. S. (2011). The effect of light, temperature, pH on stability of anthocyanin pigments in *Musa acuminata* bract. *Res Plant Biol*, 1, 5-12 .

[۳۱] Hellström, J., Mattila, P., & Karjalainen, R. (2013). Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31, 12-19.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.010>.

[۳۲] Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>.

[۳۳] Winefield, C., Davies, K., & Gould, K. (2009). Anthocyanins: Biosynthesis, Functions, and Applications. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77335-3>.



Scientific Research

Optimization of Anthocyanin Extraction from Iranian Borage (*Echium amoenum*) Using Microwave-Assisted Methods and Evaluation of Its Stability under Different Storage Conditions

Fatemeh Kamran Kasmaei¹, Amir Sahraroo², Alireza Mehregan Nikoo^{*3}, Mahmoud Ghasemnejad⁴

1- M.Sc., Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, www.nasiimkk99@gmail.com

2- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, asahraroo@gmail.com

*3- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, a.mehregan@guilan.ac.ir

4- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, sana1385@yahoo.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2026/02/12 Review: 2026/05/13 Accepted: 2026/05/25	<i>Echium amoenum</i>, commonly known as Iranian borage, is a medicinal plant from the Boraginaceae family. It is traditionally recognized for its anti-inflammatory, sedative, and anxiolytic properties. One of its key bioactive compounds is anthocyanin. Anthocyanins are water-soluble, non-toxic pigments with a wide range of colors, making them promising natural alternatives to synthetic food and pharmaceutical dyes. To extract anthocyanins from <i>Echium amoenum</i>, a microwave-assisted extraction method was employed. The experiment was conducted as a factorial design within a completely randomized framework with three replicates. Extraction variables included microwave power levels (90, 180, and 360 watts) and durations (30, 60, and 90 seconds). Total anthocyanin content was quantified. Additionally, the stability of anthocyanins was evaluated in the presence of approved food additives over 14 days, and under varying light and temperature conditions over a 28-day period. The highest anthocyanin concentration (4.89 mg/L) was observed at 90 watts microwave power and 90 seconds extraction time. Among the additives tested, sorbitol significantly enhanced anthocyanin stability. Furthermore, storage in dark conditions and under refrigeration notably improved the pigment's stability. Microwave-assisted extraction offers several advantages, including higher yield, reduced processing time, and better preservation of anthocyanin properties. Stability assessments under light, temperature, and additive exposure provide valuable insights for optimizing anthocyanin applications in scientific and industrial contexts.
Keywords: Anthocyanin, Iranian borage (<i>Echium amoenum</i>), Microwave-assisted extraction, Anthocyanin stability, Permitted food additives, Storage conditions (light and temperature) DOI: 10.48311/fsct.2026.119207.83060 *Corresponding Author E- sedaghat@um.ac.ir	