



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تاثیر ملاتونین بر ارزش تغذیه‌ای و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گل بنفشه (*Viola × wittrockiana*)

نرگس یوسف‌طهرانی^۱ و الهام دانائی^{*۱}

۱- گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۲

کلمات کلیدی:

اسید فولیک،

آنتی‌اکسیدان،

پروتئین،

گل خوراکی،

ویتامین

DOI: 10.48311/fsct.2025.84047.0.

* مسئول مکاتبات:

dr.edanaee@iau.ac.ir

گل‌های خوراکی منبع بسیار خوبی از ترکیب‌های تغذیه‌ای، فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی هستند که محبوبیت آن روز به روز در بین مصرف‌کنندگان آن‌ها در حال افزایش است. گیاه بنفشه نیز به‌عنوان گل خوراکی علاوه بر خواص دارویی آن دارای کاربردهای فراوانی در انواع غذاها و نوشیدنی‌ها می‌باشد. همچنین مطالعات اخیر نشان داده است که کاربرد ملاتونین ممکن است اثرات مثبتی بر کیفیت گیاهان داشته باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر ملاتونین بر خصوصیات تغذیه‌ای گل بنفشه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا شد. تیمارها شامل ملاتونین با غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که طی دو مرحله اعمال شد. مرحله اول دو هفته پس از انتقال نشاءها و مرحله دوم ده روز بعد، مجدد تکرار شد و یک هفته پس از آخرین محلول‌پاشی، برداشت گل‌ها برای ارزیابی صفات مورد نظر انجام شد. نتایج نشان داد تیمار ملاتونین تاثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشت، بیشترین شاخص ثبات غشاء سلول (۸۷/۵۶ درصد)، محتوای کاروتنوئید (۵/۵۸ میلی‌گرم در گرم)، کلروفیل کل (۵/۳۸ میلی‌گرم در گرم)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (۶/۵۳ درصد)، میزان ویتامین‌های ث (۴۹/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، تیامین (۳/۱۷ میکروگرم در گرم)، ریبوفلاوین (۰/۱۳۴ میکروگرم در گرم)، نیاسین (۱۳۱/۲۴ میکروگرم در گرم) و فنل (۱۹/۸۵ میلی‌گرم در گرم) در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین میزان اسید فولیک (۰/۵۳ میکروگرم در گرم)، کربوهیدرات (۸۲/۳۵ میلی‌گرم در گرم) و پروتئین (۱۴/۷۶ میکروگرم در گرم) در تیمار ملاتونین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود در حالیکه کمترین میزان صفات در شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده کاربرد ملاتونین تاثیر مثبتی در افزایش ارزش تغذیه‌ای گل بنفشه (*Viola × wittrockiana*) نشان داد.

۱-مقدمه

امروزه گل‌های خوراکی به عنوان منبعی از مواد مغذی و فیتوکمیکال‌ها در رژیم غذایی انسان مصرف می‌شوند و اثرات مثبت آن‌ها بر سلامتی مربوط به ترکیبات شیمیایی از قبیل آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها، پلی‌فنول‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد [۱]. که اغلب در گل‌ها با غلظت بالاتری نسبت به میوه‌ها و سبزی‌های معمول یافت می‌شوند. علاوه بر آن، این گل‌ها در تهیه سالاد، دسر، سس و انواع نوشیدنی مورد استفاده قرار گرفته و رنگ‌های جدید، بافت و تنوع را به ظرف‌های غذا اضافه کرده‌اند [۲].

بنفشه (*Viola × wittrockiana*) گیاهی زینتی از خانواده Violaceae است، دارای گل‌های زیبا و مقاوم به سرما است [۳]. خاستگاه این گیاه اروپا بوده و دارای خواص آرام‌بخش، ضد یبوست، خلط آور، ضد التهاب، ادرار آور و ضد عفونی کننده است که در انواع پیش غذا، سوپ، نوشیدنی، سالاد و سفره آرایی استفاده می‌شود [۴ و ۵]. ترکیب غذایی گل‌های تازه بنفشه شامل کربوهیدرات (۶/۵۳ درصد)، پروتئین (۲/۱۱ درصد) و چربی (۰/۴۴ درصد) است [۶] و گل‌هایی که بطور کامل باز شده‌اند دارای بیشترین محتوای کربوهیدرات و پروتئین هستند [۵]. همچنین گل بنفشه دارای عناصر معنی‌رویی، استرانسیم، گوگرد، فسفر، سدیم، منگنز، منیزیم، پتاس، آهن، مس و کلسیم می‌باشد [۷] و اصلی‌ترین ترکیب فیتوشیمیایی در بنفشه آنتوسیانین (دلفینیدین، سیانیدین، پتونیدین و مالویدین) و فلاون (آپیژنین) است [۸].

ملاتونین یک مولکول فعال است که این ماده از اسید آمینه تریپتوفان مشتق شده است. در گیاهان، ملاتونین به عنوان یک شبه هورمون، نقشی مانند ایندول استیک اسید (IAA) دارد که در افزایش رشد سلول‌ها برای تسریع رشد، عمل می‌کند [۹]. همچنین در تنظیم روند نور شبانه روزی در گیاهان نقش دارد

و اکسیداسیون نوری دستگاه‌های فتوسنتز را کاهش می‌دهد و در غلظت‌های متوسط، کلروفیل را در طول پیری محافظت می‌کند [۱۰]. ملاتونین علاوه بر اینکه در شرایط تنش به صورت یک آنتی‌اکسیدان قوی عمل می‌کند، در فرآیندهایی مانند جوانه زنی، نمو و توسعه ریشه و اندام هوایی القای رشد، افزایش سطح برگ، به تعویق انداختن پیری برگ و در نتیجه افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها، فتوسنتز و کربوکسیلاسیون و در نهایت افزایش کیفیت و کمیت محصولات نقش دارد [۱۱]. گزارش‌ها نشان داده است که کاربرد ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار میزان کربوهیدرات، پروتئین، فنل کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز و ماندگاری گل ژربرا (*Gerbera jamesonii* cv. Terra Kalina) را افزایش داد [۱۲]. در گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نیز کاربرد ملاتونین ۱۵۰ میکرومولار محتوای کاروتنوئید، میزان فنل، فلاونوئید و پروتئین را افزایش داد [۱۳]. پژوهش‌های وانگ^۱ و همکاران (۲۰۲۴) نشان دارد، کاربرد ملاتونین ۵۰ میکرومول بر لیتر قند کل و پروتئین را در گل صد تومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) بهبود بخشید [۱۴].

با توجه به ارزش تغذیه‌ای گل‌های خوراکی و همچنین اثرات مفید ملاتونین به عنوان یک ترکیب طبیعی بر کیفیت گیاهان، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ملاتونین بر ارزش تغذیه‌ای و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گل بنفشه (*viola × wittrockiana*) صورت گرفته است. لذا ارزیابی همزمان این دو ویژگی و استفاده از ملاتونین به عنوان محرک زیستی، اطلاعات جدیدی برای بهبود کیفیت گل‌های خوراکی ارائه می‌دهد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه

۴-۲- کاروتنوئید

کارتنوئید گلبرگ‌ها با استفاده از روش شرح داده شده توسط شعبانی‌فرد و همکاران (۲۰۲۴) استخراج و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر، اندازه‌گیری و توسط رابطه (۳) محاسبه گردید. محتوای کارتنوئید گلبرگ بنفشه بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر گلبرگ بیان شد [۱۶].

$$(3) \quad \text{Carotenoid (mg/g)} = 1.49(A_{510 \text{ nm}}) - 7.6(A_{480 \text{ nm}}) + (V1000 \times 10)$$

حجم استون نهایی = V، میزان جذب نور = A

۴-۲-۵ آنتی‌اکسیدان کل

به منظور ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (DPPH) ۵ میلی لیتر از عصاره‌های استخراج شده با ۱ میلی لیتر محلول متانولی یک میلی مولار (DPPH) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شدند. سپس میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر حسب درصد با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید [۱۷].

$$(4) \quad \text{DPPH radical-scavenging activity \%} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100$$

۴-۲-۶ ویتامین ث

برای سنجش میزان ویتامین ث میوه‌ها از روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون- احیا، استفاده گردید. در این روش، ابتدا ویتامین ث موجود اکسید شده و سپس با محلول استاندارد تیتراژ گردید در نهایت نتایج به صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر گلبرگ بیان شد [۱۸].

۴-۲-۷ ویتامین‌های گروه ب (تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسید فولیک)

ابتدا نمونه گیاهی خشک و آسیاب شد و با آب مقطر مخلوط گردید و به مدت ۱ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار

این آزمایش در گلخانه‌ای با میانگین دمای شبانه روزی ۱۷-۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ تا ۷۵ درصد انجام شد. ابتدا بذرهای بنفشه (*Viola × wittrockiana*) خریداری شده در داخل گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. محلول پاشی گیاه بنفشه با ملاتونین در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در دو مرحله ۴-۶ و ۶-۸ برگه انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات در مرحله گلدهی گیاهان صورت گرفت.

۴-۲-۸ شاخص ثبات غشاء سلول

برای اندازه‌گیری شاخص ثبات غشاء سلول گلبرگ‌های بنفشه نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در بن ماری قرار داده شدند و با استفاده از EC متر (مدل ۷۳۱۰ شرکت مهام آزما) میزان EC₁ اندازه‌گیری شد و سپس نمونه‌ها در داخل اتوکلاو به مدت ۲۰ دقیقه با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس جهت محاسبه EC₂ قرار گرفتند و در نهایت مقادیر شاخص ثبات غشاء سلول از طریق فرمول (۱) زیر محاسبه شد [۱۵].

$$(1) \quad \text{شاخص ثبات غشاء سلول} = [1 - (EC1/EC2)] \times 100$$

۴-۲-۹ کلروفیل کل

محتوای کلروفیل کل برگ با استفاده از حلال استون ۸۰ درصد استخراج شد. میزان جذب توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectro Flex 6600 Visible UV) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، قرائت شد. محتوای کلروفیل کل برگ از طریق فرمول (۲) محاسبه و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ یادداشت شد [۱۶].

$$(2) \quad \text{کلروفیل کل برگ} = 20.2(A_{645 \text{ nm}}) + 8.02(A_{663 \text{ nm}}) + (V1000 \times 10)$$

حجم استون نهایی = V، میزان جذب نور = A

قرائت و سپس بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید [۲۳].

۱۰-۲- پروتئین

اندازه گیری پروتئین با استفاده از روش برادفورد^۲ (۱۹۷۶) انجام شد و به ۰/۱ میلی لیتر عصاره پروتئینی از هر نمونه ۵ میلی لیتر محلول برادفورد اضافه شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس گردید و در نهایت میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. میزان پروتئین بر حسب میکروگرم بر میلی گرم وزن تر گلبرگ محاسبه شد [۲۴].

۲-۱۱- آنالیز آماری

این آزمایش به صورت طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. داده ها توسط نرم افزار آماری SPSS23، آنالیز و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون چند دامنه دانکن در سطح آماری ۱ و ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد، اثر تیمار ملاتونین بر محتوای کاروتنوئید، کلروفیل کل، میزان کربوهیدرات، فنل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در سطح ۱ درصد و شاخص ثبات غشاء سلول، میزان ویتامین های ث، نیاسین، ریبوفلاوین، تیامین، اسید فولیک و پروتئین در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۱).

داده شد. برای بهیود استخراج از اسید کلریدریک رقیق (۰/۱ مولار) استفاده شد. سپس عصاره ها فیلتر شدند. برای اندازه گیری میزان تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسید فولیک از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) شرکت مرک هیتاچی دارای پمپ لاکروم مدل ۷۱۰۰، با ستون C18 و آشکارساز UV-Vis یا فلورسانس استفاده شد. تیامین و ریبوفلاوین با آشکارساز فلورسانس و نیاسین و اسید فولیک با آشکار ساز UV شناسایی شد. طول موج برانگیختگی و انتشار برای تیامین (ویتامین B1) به ترتیب حدود ۳۶۵ و ۴۳۵ نانومتر و ریبوفلاوین (ویتامین B2) حدود ۴۴۰ و ۵۳۰ نانومتر بود [۱۹]. همچنین طول موج برانگیختگی و انتشار نیاسین (ویتامین B3) به ترتیب حدود ۳۲۲ و ۳۸۰ نانومتر [۲۰] و اسید فولیک (ویتامین B9) نیز ۲۹۰ نانومتر و ۳۶۰ نانومتر بود [۲۱].

۸-۲- کربوهیدرات

سنجش کربوهیدرات های محلول گلبرگ با استفاده از معرف آنترون انجام شد بدین صورت که ۱۰۰ میلی لیتر از عصاره تهیه شده را با ۳ میلی لیتر معرف آنترون ترکیب کرده و به مدت ۱۰۰ دقیقه در حمام آبجوش قرار داده شد، سپس جذب آن ها در طول موج ۶۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر گلبرگ ها بیان شد [۲۲].

۹-۲- فنل

برای اندازه گیری فنل کل گلبرگ از معرف فولین-سیوکالتیو استفاده شد. به این منظور ۱۰ میکرولیتر عصاره متانولی با ۵۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو و ۵۸۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط شده و پس از ۵ تا ۸ دقیقه استراحت ۱۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۱ مولار به آن اضافه شد و در نهایت میزان جذب نمونه ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر،

Table 1. Analysis of variance of the effect of melatonin on nutritional value of Pansy (*Viola × wittrockiana*)
 * and ** are significant at the 5% and 1% levels, Respective

Source of variation	Mean square												
	DF	Cell membrane stability index	Total chlorophyll	Carotenoid	Vitamin C	Thiamin	Riboflavin	Niacin	Acid folic	Carbohydrate	Phenol	Protein	Total antioxidant
Treatment	4	14.36*	8.58**	8.67**	71.45*	4.37*	0.218*	185.41*	0.86*	101.17**	24.36**	19.78*	9.45**
Error	10	1.651	0.598	0.635	1.238	0.158	0.011	1.975	0.024	1.235	0.019	0.968	0.712
CV (%)	---	10.71	8.32	9.37	9.47	9.85	8.79	10.35	10.12	9.65	9.73	9.45	10.29

۳-۱- شاخص ثبات غشاء سلول

یکپارچگی ساختار غشا می‌شود. علاوه بر این ملاتونین با تقویت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به تعادل اکسیداتیو در سلول کمک می‌کند و از آسیب احتمالی به غشاء جلوگیری می‌کند [۲۵]. همچنین ملاتونین با تنظیم متابولیسم لیپیدهای غشایی و افزایش سنتز فسفولیپیدها، انعطاف پذیری و سیالیت غشاء را بهبود می‌بخشد [۲۶]. مطابق با نتایج این آزمایش، در گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) نیز کاربرد ملاتونین شاخص ثبات غشاء سلول را افزایش داد [۲۷].

نتایج نشان داد، کاربرد ملاتونین موجب افزایش شاخص ثبات غشاء سلول شد. بطوریکه بیشترین شاخص ثبات غشاء سلول با ۸۷/۵۶ درصد در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و کمترین با ۶۶/۴۵ درصد در شاهد به دست آمد (شکل ۱). ملاتونین به عنوان یک آنتی اکسیدان قوی، میزان گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهد. این عمل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی جلوگیری کرده و موجب حفظ

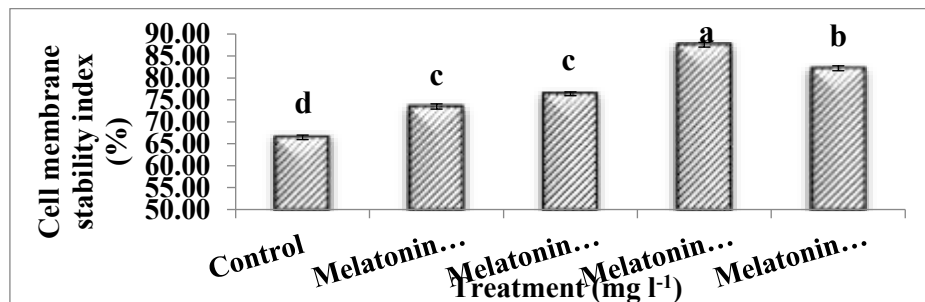


Fig 1 Effect of melatonin on cell membrane stability index of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۲- کلروفیل کل

مثبتی دارد و از کلروفیل در برابر انواع اکسیژن فعال محافظت می‌کند [۲۹]. مطالعات نشان داده است که ملاتونین سبب القا و کاهش قابل توجه در بیان ژن فنوفورید اکسیداز (ژن کلیدی در فرآیند تجزیه کلروفیل)، ژن مرتبط با پیری (SAG12) و بیان ژن کلروفیلاز می‌شود که در نتیجه تاثیر مثبتی بر افزایش محتوای کلروفیل کل دارد [۳۰]. مطابق با نتایج این آزمایش در گل مکزیکی (*Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze) نیز کاربرد ملاتونین محتوای کلروفیل کل را افزایش داد [۳۱].

نتایج نشان داد، در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بیشترین (۵/۳۸ میلی گرم در گرم وزن تر) محتوای کلروفیل کل مشاهده شد، در حالیکه کمترین (۳/۰۵ میلی گرم در لیتر) در شاهد به دست آمد (شکل ۲). اثر ملاتونین بر افزایش محتوای کلروفیل کل ممکن است در ارتباط با نقش ملاتونین در افزایش ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه باشد [۲۸]. همچنین ملاتونین از طریق افزایش غلظت یون منیزیم، کاروتنوئید، آنتوسیانین و فلاونوئید بر بیوستز کلروفیل تاثیر

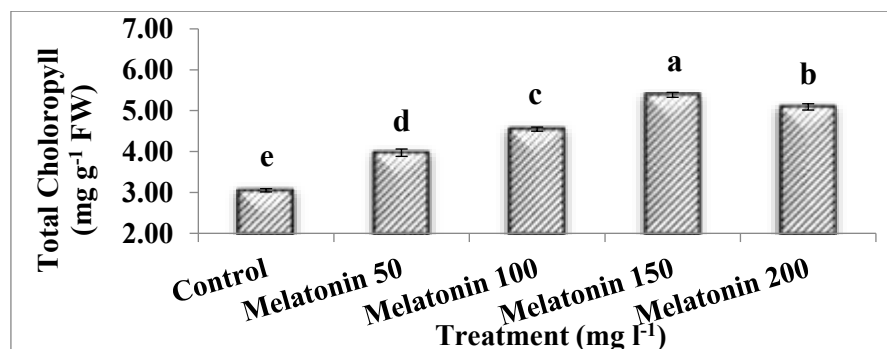


Fig 2 Effect of melatonin on total chlorophyll content of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۳- کاروتنوئید

کاروتنوئید می‌شود [۳۲]. همچنین ملاتونین با تنظیم بیان ژن‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز کاروتنوئیدها مانند ژن‌های کدکننده آنزیم‌های فیتون سنتتاز و لیکوپین سیکلاز ستر این ترکیبات را تقویت می‌کند [۲۶]. کریمی و همکاران (۱۴۰۳) نیز افزایش محتوای کاروتنوئید گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) را با کاربرد ملاتونین گزارش نمودند [۱۳].

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیشترین محتوای کاروتنوئید با ۵/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۳/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در شاهد مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داده است که ملاتونین از طریق بهبود فتوسنتز موجب بهبود محتوای کلروفیل و

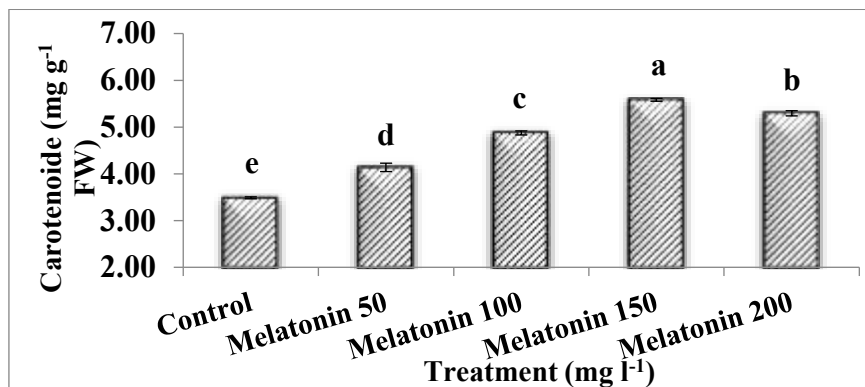


Fig 3 Effect of melatonin on carotenoid content of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۴- ویتامین ث

موجب بهبود فرایندهای رشد و توسعه گیاهان می‌شود که این موضوع به طور غیر مستقیم می‌تواند به افزایش تولید ویتامین ث منجر شود. علاوه بر این ملاتونین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده و با تقویت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان به حفظ سطح بالای ویتامین ث کمک می‌کند [۱۱]. مطابق با نتایج این آزمایش، در کلم بروکلی (*Brassica oleracea*) نیز کاربرد ملاتونین موجب حفظ ویتامین ث گردید [۳۳].

همانطور که از شکل ۴ نمایان است، بیشترین میزان ویتامین ث با ۴۹/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر مربوط به تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود و کمترین نیز با ۳۴/۶۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر در شاهد مشاهده شد. ملاتونین با افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز ویتامین ث به افزایش سطح این ویتامین در گیاه کمک می‌کند. در واقع ملاتونین به عنوان یک تنظیم کننده متابولیکی عمل کرده و

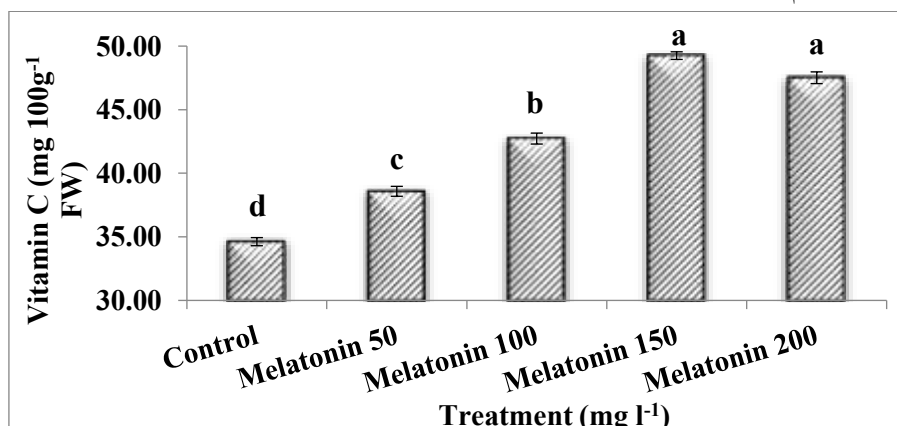


Fig 4 Effect of melatonin on vitamin C of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۵- ویتامین‌های گروه ب (تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسید فولیک)

وزن خشک در شاهد حاصل شد. میزان اسید فولیک (B9) در تیمار ملاتونین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین (۰/۵۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) و در شاهد کمترین (۰/۳۸ میکروگرم در گرم وزن خشک) بود (جدول ۲). مطالعات نشان می‌دهد که ملاتونین می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده مهم در سنتز و حفظ سطح این ویتامین‌ها عمل کند. تاکنون شواهد مستقیمی بر تاثیر ملاتونین بر میزان تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسید فولیک در گیاهان گزارش نشده است، اما مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ملاتونین با تاثیر مثبت بر رشد و نمو، تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سنتز این ویتامین‌ها می‌تواند سطح آن‌ها را در گیاهان افزایش دهد [۳۲].

نتایج نشان داد، بیشترین میزان تیامین (B1) با ۳/۱۷ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین با ۲۴/۲ میکروگرم در گرم وزن خشک به‌ترتیب مربوط به تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد بود. همچنین تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر با ۰/۱۳۴ میکروگرم در گرم وزن خشک بیشترین تاثیر را در افزایش میزان ریبوفلاوین (B2) نشان داد، در حالیکه در شاهد با ۰/۰۹۵ میکروگرم در گرم وزن خشک کمترین میزان به‌دست آمد. بیشترین میزان نیاسین (B3) با ۱۳۱/۲۴ میکروگرم در گرم وزن خشک در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۹۳/۴۸ میکروگرم در گرم

Table 2. The effect of melatonin on B vitamins of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

Treatments (mg l ⁻¹)	Thiamin (μg g ⁻¹ DW)	Riboflavin (μg g ⁻¹ DW)	Niacin (μg g ⁻¹ DW)	Folic acid (μg g ⁻¹ DW)
Control	2.24±0.11 ^d	0.095±0.02 ^d	93.48±1.5 ^d	0.38±0.01 ^d
Melatonin 50	2.49±0.13 ^c	0.106±0.01 ^c	109.31±1.64 ^c	0.41±0.02 ^c
Melatonin 100	2.78±0.10 ^b	0.121±0.01 ^b	118.37±1.43 ^b	0.46±0.01 ^b
Melatonin 150	3.17±0.12 ^a	0.134±0.02 ^a	131.24±1.38 ^a	0.52±0.03 ^a
Melatonin 200	3.05±0.10 ^a	0.130±0.03 ^a	128.45±1.31 ^a	0.53±0.02 ^a

Values marked by different letters are significantly different (P< 0.05).

۳-۶- کربوهیدرات

با توجه به نتایج به‌دست آمده ملاتونین با افزایش محتوای کلروفیل، کاهش تنش اکسیداتیو، حفاظت از غشاء کلروپلاستی و سلولی و حفاظت از ماکرومولکول‌هایی نظیر پروتئین‌ها و آنزیم‌ها توانسته موجب افزایش کربوهیدرات در گیاه گردد [۳۴]. علومی و همکاران (۲۰۲۴) نیز افزایش میزان کربوهیدرات را در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گزارش نمودند [۳۵].

نتایج نشان داد بیشترین میزان کربوهیدرات گلبرگ بنفشه با ۶۵/۴۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار ملاتونین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۸۲/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر در شاهد مشاهده شد (شکل ۵). افزایش معنی‌دار کربوهیدرات توسط ملاتونین می‌تواند به دلیل اثر مثبت آن در افزایش فتوسنتز و افزایش بیوسنتز کربوهیدرات‌ها باشد.

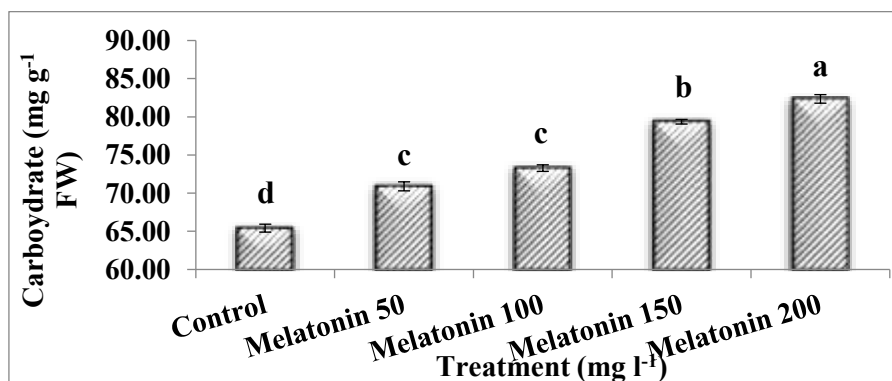


Fig 5 Effect of melatonin on carbohydrate of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۷- فنل

جمله مسیر فنیل پروپانویید و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند فنیل آلانین آمونیالاز، موجب افزایش میزان فنل‌ها می‌گردد [۳۶]. در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) نیز کاربرد ملاتونین میزان فنل را افزایش داد [۳۷].

نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین میزان فنل گلبرگ بنفشه به ترتیب با ۱۹/۸۵ و ۱۲/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد به‌دست آمد (شکل ۶). ملاتونین با تحریک مسیرهای بیوسنتزی فنل‌ها، از

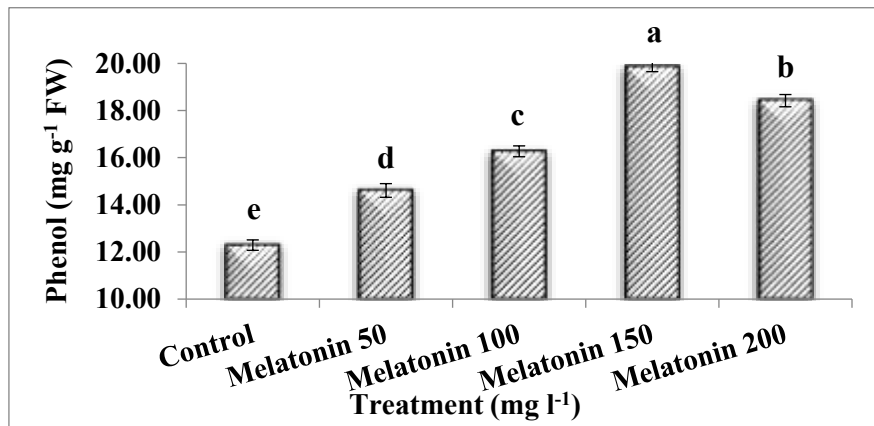


Fig 6 Effect of melatonin on phenol of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۸- پروتئین

را بهبود بخشد و به‌عنوان آن‌تی‌اکسیدان گیاهی از اکسیداسیون پروتئین‌ها جلوگیری کرده و موجب حفظ ساختار و عملکرد پروتئین‌ها می‌شود [۳۷]. زارع‌زینلی و همکاران (۲۰۲۰) نیز تاثیر ملاتونین بر افزایش پروتئین گل جعفری (*Tagetes etecta*) را گزارش نمودند [۳۸] همچنین در گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نیز کاربرد ملاتونین موجب افزایش پروتئین گردید [۱۳].

نتایج نشان داد، در تیمار ملاتونین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین (۱۴/۷۶ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر) و در شاهد کمترین (۱۱/۳۲ میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر) میزان پروتئین حاصل شد (شکل ۷). کاربرد ملاتونین می‌تواند بیان ژن‌های مرتبط با رشد، توسعه، فتوسنتز و متابولیسم سلولی

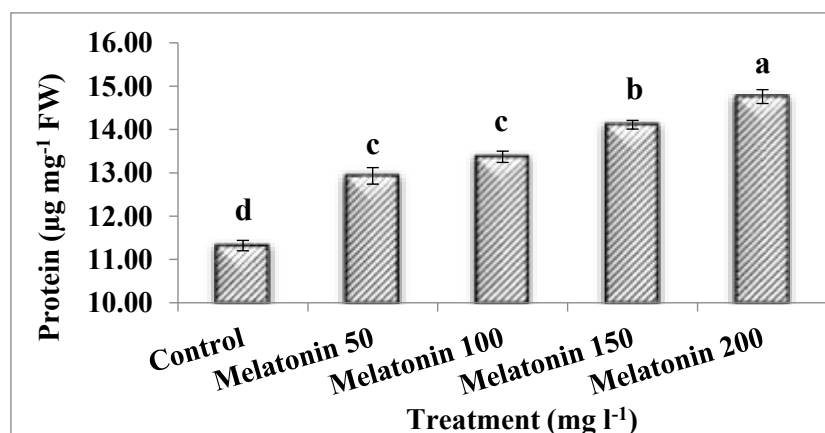


Fig 7 Effect of melatonin on protein content of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

۳-۹- فعالیت آنتی اکسیدان کل

آنتی اکسیدانی ملاتونین باشد که موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی می شود [۳۲]. همسو با نتایج این آزمایش، کاربرد ملاتونین در توت فرنگی رقم کاماروسا [۳۹] و گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) فعالیت آنتی اکسیدانی کل آن ها را افزایش داده است [۱۳].

نتایج نشان داد، بیشترین فعالیت آنتی اکسیدان کل با ۶/۵۳ درصد در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و کمترین با ۳/۷۱ درصد در شاهد بود (شکل ۸). افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه با کاربرد ملاتونین می تواند مربوط به نقش

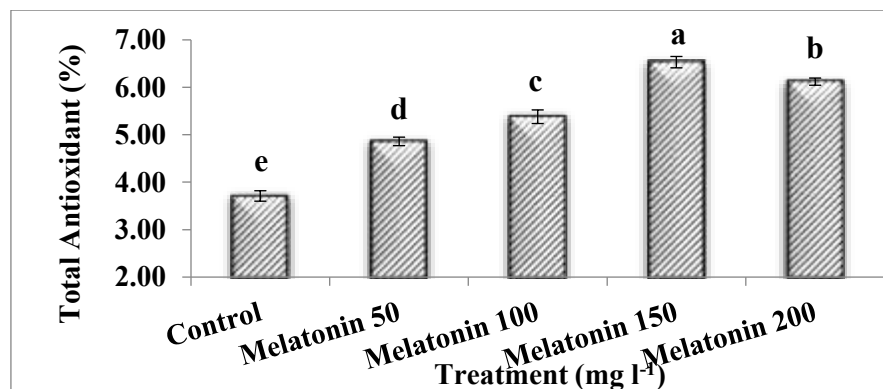


Fig 8 Effect of melatonin on total antioxidant of Pansy (*Viola × wittrockiana*)

(Means with same letter(s) in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$)

ریبوفلاوین، نیاسین و فنل در تیمار ملاتونین ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و بیشترین میزان اسید فولیک، کربوهیدرات و پروتئین در تیمار ملاتونین ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد. بطور کلی کاربرد ملاتونین ۱۵۰ میلی گرم در لیتر تاثیر مثبتی در افزایش ارزش تغذیه ای بنفشه (*Viola × wittrockiana*) نشان داد.

۴- نتیجه گیری کلی

با توجه به اینکه گل های خوراکی از خواص بسیاری برای تقویت سلامتی انسان برخوردارند، استفاده از ترکیبات طبیعی نظیر ملاتونین می تواند موجب بهبود ارزش غذایی آن ها شود. نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد ملاتونین موجب افزایش خصوصیات تغذیه ای بنفشه گردید. بطوریکه بیشترین شاخص ثبات غشاء سلول، محتوای کلروفیل کل، کاروتنوئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، میزان ویتامین ث، تیامین،

۵- منابع

- [1] Demasi, S., Caser, M., Donno, D., Ravetto Enri, S., Lonati, M., Scariot, V. (2021). Exploring wild edible flowers as a source of bioactive compounds: New perspectives in horticulture. *Folia Horticulturae*, 33 (1), 1-22.
- [2] Amrouche, A., Yang, X., Capanoglu, E., Huang, W., Chen, Q., Wu, L., Zhu, Y., Liu, Y., Wang, Y., Lu, B. (2022). Contribution of edible flowers to the Mediterranean diet: Phytonutrients, bioactivity evaluation and applications. *Food Frontiers*, 3(4), 592-630.
- [3] Leonti, M. (2012). The co-evolutionary perspective of the food-medicine continuum and wild gathered and cultivated vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(7), 1295-1302.
- [4] Deljou, A., Hosseini-Vasoukolaei, M., Goudarzi, S., Falahatian, S., Mirzaie-Asl, A., Hosseini-Vasoukolaei, N., Shad, M. A. A. (2016). Differential gene expression in response to cold stress in *Viola wittrockiana*. *Bio Technologia. Journal of Biotechnology Computational Biology and Bionanotechnology*, 97, 87-94.
- [5] Fernandes, L., Ramalhosa, E., Baptista, P., Pereira, J.A., Saraiva, J.A., Casal, S.I. (2019). Nutritional and nutraceutical composition of pansies (*Viola × wittrockiana*) during flowering. *Journal of Food Science*, 84(3), 490-498.
- [6] Gonçalves, J., Borges Júnior, J.C.F., Carlos, L.D.A., Silva, A.P.C.M., Souza, F.A.D. (2019). Bioactive compounds in edible flowers of garden

- pansy in response to irrigation and mycorrhizal inoculation. *Revista Ceres*, 66(6), 407–415.
- [7] Gonzalez-Barrio, R., Periago, M.J., Luna-Recio, C., Garcia-Alonso, F.J., NavarroGonzalez, I. (2018). Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 252, 373–380.
- [8] González-Barrio, R., Periago, M. J., Luna-Recio, C., Garcia-Alonso, F. J., Navarro-González, I. (2018). Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. *Food chemistry*, 252, 373–380.
- [9] Oloumi, H. (2020). Melatonin; Growth regulator and strong antioxidant in plants. *Plant Process and Function*, 1, 37-53.
- [10] Li, W., Song, X., Hua, Y., Tao, J., Zhou, C. (2020). Effects of different harvest times on nutritional component of herbaceous peony flower petals. *Journal of Chemistry*, 3, 1-7.
- [11] Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S., Guo, Y. D. (2015). Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. *Journal of Experimental Botany*, 66(3), 647-656.
- [12] Abasi Shokouhi, L., Seyed Hajizadeh, H., Zahedi, S M., Faraji Chelanolys, A., Moghadam, A. (2024). The efficiency of a preservative solution containing melatonin and GABA in expanding the quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Terra Kalina) cut flower during longevity. *Plant Process and Function*, 13 (62), 1-16.
- [13] Karimi, M., Ghorbanalizade, F., Eslami, M. (2024). Effect of melatonin on enzyme activity and salinity tolerance of calendula (*Calendula officinalis* L.) based on the evaluation of morphophysiological characteristics. *Plant Process and Function*, 13 (62), 360-347.
- [14] Wang, Y., Liu, X., Sun, M., Zhu, W., Zheng, Y., Zhu, S., Chen, L., Chen, X., Teixeira da Silva, J., Dong, G., yu, X. (2024). Melatonin enhances vase life and alters physiological responses in peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 212, 112896.
- [15] Alhvordizadeh S., Danaee E. (2023). Effect of Humic Acid and Vermicompost on Some Vegetative Indices and Proline Content of *Catharanthus roseus* under Low Water Stress. *Environment and Water Engineering*, 9(1), 141-152.
- [16] Shabani Fard R., Aghaee Hanjani E., Danaee E. (2024). Effects of Polyamines on Morphophysiological Traits of *Calendula officinalis* L. under Salinity Stress Caused by Potassium Chloride and Sodium Chloride Salts. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 11(2), 189-200.
- [17] Soroori S., Danaee E. (2023). Effect of Foliar Application of Citric Acid on Morpho-Physiological and Phytochemical Traits of *Calendula Officinalis* L. Under Drought Stress. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(4), 364-371.
- [18] Danaee, E., Abdossi, V. (2019). Phytochemical and Morphophysiological Responses in Basil (*Ocimum basilicum* L.) Plant to Application of Polyamines. *Journal of Medicinal Plants*, 18 (69), 125-133.
- [19] Sunaric, S., Pavlovic, D., Stankovic, M., Zivkovic, J., Arsić, I. (2019). Riboflavin and thiamine content in extracts of wild-grown plants for medicinal and cosmetic use. *Chemical Papers*. 74, 1729–1738.
- [20] Çatak, J. (2019). Determination of niacin profiles in some animal and plant based foods by high performance liquid chromatography: association with healthy nutrition. *Journal of Animal Science and Technology*. 61(3), 138-146.
- [21] Zheng, J., Wang, X., Wu, B., Qiao, L., Zhao, J., Pourkheirandish, M., Wang, J., Zheng, X. (2022). Folate (vitamin B9) content analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Nutrition*. 9, 933358.
- [22] Dareini, H., Abdossi, V., Danaee, E. (2014). Effect of some essential oils on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera Jamesonii* cv. Sorbet). *European Journal of Experimental Biology*, 4(3), 276-280.
- [23] Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., Ladan Moghadam, A.R. (2021). The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of spermidine, citric acid and proline under drought stress and in a post-harvest condition. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 23 (6), 1339-1353.
- [24] Bradford, M. (1976). A rapid & sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review Biochemistry*, 72, 248-254.
- [25] Arnao MB, Hernández-Ruiz J. (2021). Melatonin as a regulatory hub of plant hormone levels and action in stress situations. *Plant Biol (Stuttg)*.1, 7-19.
- [26] Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Zhang, H., Li, D., Shi, J., Li, R., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., Guo, YD. (2015). Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. *Journal of Experimental Botany*. 66(3), 657-68.
- [27] Seyed Hajizadeh, H., FarajiChelanolya, A., Zahedi, S.M., Moghadam, A., Mahdavinia, Gh., Kaya, Ö. (2024). Nanochitosan-encapsulated melatonin: an eco-friendly strategy to delay petal senescence in cut gerbera flowers. *BMC Plant Biology*, 24, 1-19.
- [28] Xalxo, R., Keshavkant, S. (2019). Melatonin, glutathione and thiourea attenuate lead and acid rain-induced deleterious responses by regulating gene expression of antioxidants in *Trigonella foenum graecum* L. *Chemosphere*, 221, 1-10.
- [29] Farouk, S., Al-Amri, S. M. (2019). Ameliorative roles of melatonin and/or zeolite on chromium-

induced leaf senescence in marjoram plants by activating antioxidant defense, osmolyte accumulation, and ultrastructural modification. *Industrial Crops and Products* 142, 111823

[30] Jahan, M. S., Shu, S., Wang, Y., Hasan, M. M., El-Yazied, A. A., Alabdallah, N. M., Hajjar, D., Altaf, M. A., Sun, J., Guo, S. (2021). Melatonin Pretreatment Confers Heat Tolerance and Repression of Heat-Induced Senescence in Tomato Through the Modulation of ABA- and GA-Mediated Pathways. *Frontiers in plant science*, 12, 650955. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.650955>

[31] Mohammadi, H., Moradi, S., Aghaei, A. (2021). Effect of melatonin on morphological and physiological parameters of Anise hyssop under water deficit stress conditions. *Plant Process and Function*, 10 (44), 45-58

[32] Vafadar, F., Amooaghaie, R., Ehsanzadeh, P. (2023). The role of melatonin in improving photosynthesis and salt tolerance of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. *Plant Process and Function*, 12 (53), 255-270.

[33] Shahbazi, S., Hatamnia, A. A., Malekzadeh, P. (2023). Effect of Melatonin Treatment on Post-Harvest Life of Broccoli during Storage. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(12), 57-72.

[34] Jahan, M. S., Guo, S., Sun, J., Shu, S., Wang, Y., El-Yazied, A. A., Alabdallah, N. M., Hikil, M., Mohamed, M. H., Ibrahim, M. F., Hasan M. M. (2021). Melatonin-mediated photosynthetic performance of tomato seedlings under high-temperature stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 167, 309-320.

[35] Oloumi, H., Zamani, A., Mozaffari, H., Nourzad, S. (2024). The Melatonin Effects on Biochemical Parameters and Antioxidant Defense System of the Basil Plant (*Ocimum basilicum* L.) under Copper and Zinc Toxicity. *Journal of Crops Improvement*, 26(1), 179-196.

[36] Jalili, S., Ehsanpour, A.K., Javadirad, S. (2023). Effect of melatonin on growth parameters and phenolic compounds of in vitro salt stress of *Medicago sativa* L. *Journal of Plant Research*, 36(1), 62-74.

[37] Cheraghi, M., Hatamnia, A. A., Ghanbari, F. (2023). The Effect of Melatonin on Some Physiological and Morphological Characteristics of *Coriandrum sativum* L. and *Anethum graveolens* L. under Salt Stress. *Journal of Horticultural Science*, 37(2), 561-575.

[38] Zare Zeinali M., Nasibi, F., Manuchehri Kalantari, K., Ahmadi Mousavi, E. (2020). Effect of Melatonin Premedication on Some Physiological Parameters and Reduction of Oxidative Stress in *Tagetes erecta* Seedlings under Salt Stress. *Plant Process and Function*, 9 (35), 115-125.

[39] Eynaladin, M., Shokouhian, A., Rasoulzadeh, A., Hemati, A. (2023). Evaluation of the effect of folic acid and melatonin on morpho-physiological and

biochemical characteristics of Camarosa strawberry cultivar under water stress. *Plant Process and Function*, 12 (57), 116-125.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of melatonin on nutritional value and antioxidant activity of Pansy (*Viola × wittrockiana*) flowers

Narges Yossef Tehrani¹ and Elham Danaee^{1*}

1- Department of Horticulture, Ga.C., Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/05/09 Accepted:2025/09/13 Keywords: Antioxidant, Edible flower, Folic acid, Protein, Vitamin DOI: 10.48311/fsct.2025.84047.0. *Corresponding Author E- dr.edanaee@iau.ac.ir	Edible flowers are a rich source of nutritional, phytochemical, and antioxidant compounds, leading to their increasing popularity among consumers. The pansy plant, as an edible flower, possesses medicinal properties and is widely used in various foods and beverages. Recent studies have indicated that the application of melatonin may have positive effects on plant quality. This study aimed to investigate the effect of melatonin on the nutritional characteristics of pansy in a completely randomized design with three replications in a greenhouse. Treatments included melatonin at concentrations of 0, 50, 100, 150 and 200 mg l⁻¹, applied in two stages. The first application was two weeks after transplanting, and the second occurred ten days later. One week after the last spraying, the flowers were harvested to evaluate the desired traits. The results showed that melatonin treatment had a significant effect on the evaluated traits, the highest cell membrane stability index (87.56%), carotenoid (5.58 mg g⁻¹), total chlorophyll content (5.38 mg g⁻¹), total antioxidant activity (6.53%), vitamin C (49.25 mg 100g⁻¹), thiamine (3.17 µg g⁻¹), riboflavin (0.134 µg g⁻¹), niacin (131.24 µg g⁻¹), and phenol content (19.85 mg g⁻¹) were observed in melatonin 150 mg l⁻¹ treatment. The highest folic acid content (0.53 µg g⁻¹), carbohydrate (82.35 mg g⁻¹), and protein content (14.76 µg g⁻¹) were obtained in melatonin 200 mg l⁻¹ treatment. While the lowest trait values were observed in the control group, the results indicated that melatonin application had a positive effect on the nutritional value of <i>viola × wittrockiana</i> flowers.