



تأثیر تیمار پس از برداشت ملاتونین بر کیفیت و ترکیبات آنتی اکسیدانی میوه توت فرنگی رقم سابرینا (۱۱۸۱)

محمد صالحی سربیزن^۱، حسین میغانی^۲، محمد سادات حسینی^۳، صدیقه افشاری پور^۴

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

*Corresponding author Email: hosseinmeighani@birjand.ac.ir

چکیده

توت فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch) به عنوان میوه ای با عمر انبارداری کوتاه، تحت تأثیر عواملی همچون کاهش وزن، نرم شدن بافت و افت ترکیبات تغذیه ای قرار می گیرد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تیمار ملاتونین بر حفظ کیفیت و ترکیبات آنتی اکسیدانی توت فرنگی طی انبارداری بود. آزمایش بر روی میوه های برداشت شده از رقم سابرینا، با غوطه وری در غلظت های مختلف ملاتونین (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) انجام شد. میوه ها در دمای 4 ± 1 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند و ارزیابی صفات قبل از تیمار (روز صفر)، ۵ و ۱۰ روز پس از انبارداری انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار ملاتونین به طور معنی داری کاهش وزن و نرم شدن بافت میوه را به تأخیر انداخت و موجب افزایش سطوح ترکیبات آنتی اکسیدانی از جمله ویتامین ث، فنول، فلاونوئید و آنتوسیانین شد. بیشترین تأثیر مثبت در تیمار ۱ میلی مولار ملاتونین مشاهده شد که موجب حفظ بیشتر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی میوه گردید. این یافته ها نشان می دهد که ملاتونین می تواند به عنوان یک راهکار طبیعی و مؤثر برای بهبود عمر انبارداری و کیفیت پس از برداشت میوه توت فرنگی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آنتی اکسیدان، سفتی بافت میوه، ترکیبات فنولی، کاهش وزن، عمر انبارداری

مقدمه

توت فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch) میوه ای با ماندگاری کم و حساس به آسیب های مکانیکی است. این میوه غیر اقلیمی بوده و در طول رسیدن اتیلن تولید نمی کند. کیفیت آن طی نگهداری پس از برداشت کاهش می یابد، بنابراین برای حفظ کیفیت، در یخچال نگهداری می شود، اما حتی در این شرایط نیز ماندگاری محدودی دارد (Ilea et al., 2023). توت فرنگی با وجود نافرازگرا بودن، به دلیل تنفس بالا، رطوبت زیاد، متابولیسم فعال و حساسیت به بیماری های قارچی، فسادپذیر بوده و ماندگاری پایینی دارد. شرایط پس از برداشت نقش مهمی در حفظ کیفیت آن دارند، در حالی که حمل و نقل نامناسب موجب استرس فیزیکی، آلودگی میکروبی و تغییرات تنفسی می شود (Jalali et al., 2020) که منجر به تسریع پیری، کاهش ماندگاری و کیفیت حسی می شود (Nguyen et al., 2020). مواد شیمیایی مصنوعی راهی ارزان برای حفظ کیفیت پس از برداشت هستند، اما نگرانی هایی درباره ایمنی غذا و محیط زیست ایجاد می کنند. بنابراین، توسعه راهکارهای سازگار با محیط زیست به عنوان جایگزین، برای کاهش تلفات و افزایش ماندگاری محصولات ضروری است (Zhang et al., 2022).

ملاتونین (N-acetyl-5-methoxytryptamine) یک محصول طبیعی مشتق شده از تریپتوفان است که در بخش های مختلف میوه از جمله پوست، گوشت و دانه ها سنتز می شود (Zhang et al., 2018a). در میوه ها، محتوای ملاتونین درون زا بین گونه های مختلف و حتی بین بافت های مختلف یک میوه متفاوت است (Wang et al., 2020). گزارش شده است که ملاتونین در به تأخیر انداختن پوسیدگی و پیری پس از برداشت در طول انبارداری میوه نقش دارد و به حفظ کیفیت آن کمک می کند (Wang et al., 2020).



(2019a). مطالعات قبلی نشان داد که ملاتونین برونزا استحکام را حفظ می کند، تخریب دیواره سلولی را به تأخیر می اندازد، کاهش وزن و سرعت تنفس را در میوه های مختلف مثل گلابی (Liu et al., 2019)، گیلان (Wang et al., 2019b)، هلو (Gao et al., 2016)، آلو (Bal, 2019) و گوجه فرنگی (Aghdam et al., 2019) کاهش می دهد. بررسی منابع موجود نشان می دهد که اطلاعات کمی در مورد اثر ملاتونین بر انبارداری توت فرنگی رقم 'سابرینا' وجود دارد. لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر غلظت های مختلف ملاتونین بر تغییرات فیزیوشیمیایی و انبارداری توت فرنگی رقم 'سابرینا' طی نگهداری در انبار سرد انجام شده است.

مواد و روش ها

پژوهشی در سال ۱۴۰۲ در گروه علوم باغبانی دانشگاه جبرفت به منظور بررسی تأثیر پس از برداشت ملاتونین بر ویژگی های کیفی و ترکیبات آنتی اکسیدانی توت فرنگی رقم سابرینا طی انبارداری انجام شد. میوه ها از یک گلخانه تجاری در منطقه بندسراجی شهرستان جبرفت در مرحله ۸۰ درصد رنگ گیری برداشت و پس از حذف میوه های معیوب، برای تیمار آماده شدند. تیمارها شامل غوطه وری در غلظت های مختلف ملاتونین با غلظت های صفر (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی مولار به مدت ۵ دقیقه بود، در حالی که گروه شاهد در آب مقطر قرار گرفت. پس از خشک شدن سطحی، میوه ها در ظروف پلی استری در دمای 1 ± 4 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند. ارزیابی های کیفی و بیوشیمیایی در سه مرحله (قبل از تیمار، ۵ و ۱۰ روز پس از انبارداری) انجام شد. برخی میوه ها برای آزمایش ها مصرف و برخی در نیتروژن مایع فریز و در دمای -80 درجه سلسیوس برای بررسی فعالیت آنزیمی ذخیره شدند.

کاهش وزن

جهت اندازه گیری درصد کاهش وزن میوه ها، قبل از قرار دادن میوه ها در سردخانه و در روز پنجم و دهم وزن آن ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (۰/۰۰۱ گرم) اندازه گیری و میزان کاهش وزن محاسبه و بر حسب درصد بیان شد.

ویتامین ث

برای اندازه گیری ویتامین ث از روش یدومتريک استفاده شد (Arya et al., 2000).

آنتوسیانین

برای اندازه گیری آنتوسیانین از روش Wagner, 1979 استفاده شد.

محتوای فنول

محتوای ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین سیوکالچو (Waterhouse, 2001) اندازه گیری شد.

فلاونوئیدها

برای اندازه گیری مقدار فلاونوئیدها برگ به روش فلوریمتری از روش ارائه شده توسط Chang و همکاران (۲۰۰۲) استفاده شد.

سفتی بافت میوه

برای اندازه گیری سفتی میوه چهار میوه از هر تکرار استفاده شد، سفتی میوه ها با استفاده از دستگاه سفتی سنج SANTAM با سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه، نفوذ ۱۰ میلی متر و قطر پروپ ۸ میلی متر اندازه گیری شد و میانگین سفتی میوه ها در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس نیوتن بیان شد.

نتایج و بحث

باتوجه به جدول ۱ اثر متقابل زمان انبارداری و ملاتونین بر کاهش وزن، ویتامین ث، آنتوسیانین، فلاونوئیدها و فنول ها اثر معنی داری داشته است. نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارداری کاهش وزن افزایش یافت.

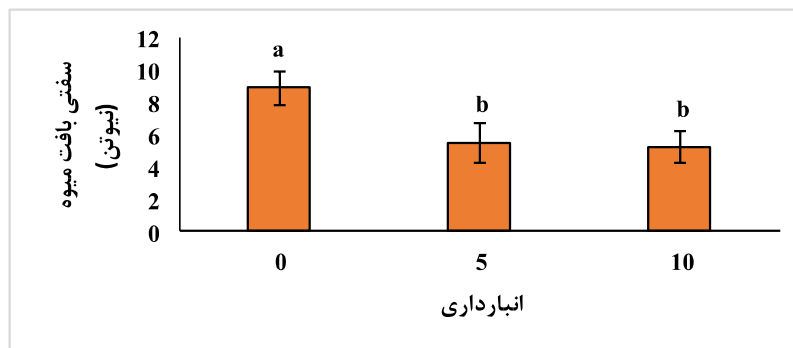


جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان انبارداری و ملاتونین بر صفات کیفی و بیوشیمیایی در میوه توت‌فرنگی رقم ساب‌رینا

تیمار	زمان	ملاتونین	کاهش وزن	ویتامین ث	آنتوسیانین	فلاونوئید	فنول
روز اول		.	. ^c	۱۰۸/۱۴ ^{ab}	.۲۹ ^c	.۲۰ ^b	۲/۹۶ ^c
	۰/۵	.	. ^c	۱۰۸/۱۴ ^{ab}	.۲۹ ^c	.۲۰ ^b	۲/۹۶ ^c
	۱	.	. ^c	۱۰۸/۱۴ ^{ab}	.۲۹ ^c	.۲۰ ^b	۲/۹۶ ^c
روز پنجم		.	.۳۲ ^c	۱۱۳/۸۱ ^a	.۲۷ ^c	.۳۰ ^a	۳/۵۳ ^{bc}
	۰/۵	.	.۴۶ ^c	۹۲/۶۹ ^b	.۳۸ ^c	.۲۱ ^b	۴/۶۰ ^a
	۱	.	.۲۸ ^c	۹۳/۲۸ ^b	.۵۰ ^b	.۱۶ ^{bc}	۴/۸۴ ^a
روز دهم		.	۲/۰۵ ^b	۵۱/۰۴ ^d	.۲۷ ^c	.۲۳ ^b	۳/۹۰ ^b
	۰/۵	.	۲/۳۹ ^b	۷۰/۹۹ ^c	.۵۱ ^b	.۱۳ ^c	۴/۷۸ ^a
	۱	.	۴/۱۱ ^a	۷۱/۵۷ ^c	.۶۶ ^a	.۲۰ ^b	۵/۰۶ ^a
ضریب تغییرات							
زمان (T)							
ملاتونین (M)							
T*M							

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
a,b,c حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

با افزایش زمان انبارداری، ویتامین ث به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین مقدار آن در میوه‌های شاهد در روز دهم مشاهده شد. تیمار با ملاتونین ۱ میلی‌مولار موجب حفظ بیشتر ویتامین ث شد. همچنین، میزان آنتوسیانین کل در میوه‌های تیمار شده افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ملاتونین ۱ میلی‌مولار با میانگین (۰/۶۶ میکروگرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار در گروه شاهد روز دهم انبارداری ثبت شد. محتوای فلاونوئیدها و فنول نیز با گذشت زمان افزایش یافت، بیشترین فلاونوئید در روز پنجم و بالاترین میزان فنول در تیمار ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار با میانگین (۴/۷۸ میلی‌گرم معدل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت میوه در روز دهم مشاهده شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش زمان انبارداری میزان سفتی بافت در میوه‌های کاهش یافت. کمترین سفتی بافت میوه در روز دهم انبارداری با میانگین (۵/۱۹ نیوتن) مشاهده شد (شکل ۱). از دست دادن آب در شرایط پس از برداشت یکی از عوامل کلیدی مؤثر بر کیفیت محصولات تازه است که می‌تواند باعث چروکیدگی و زوال میوه شود (Lufu et al. 2020). میوه توت‌فرنگی به دلیل داشتن پوستی نازک، حساسیت بالایی نسبت به کاهش سریع آب دارد (Zhang et al. 2022). در این میان، ملاتونین به‌عنوان ترکیبی با عملکردهای مرتبط با روزه‌های گیاهی، در فرآیند باز و بسته شدن این ساختارها نقش دارد (Arnao et al. 2022). مطالعات نشان داده‌اند که تیمار ملاتونین به حفظ سفتی میوه از طریق تأخیر در تخریب دیواره سلولی کمک می‌کند (Wang et al. 2019a) و در عین حال کاهش وزن و میزان تنفس را نیز کاهش می‌دهد (Onik et al. 2021).



شکل ۱- اثر ساده زمان انبارداری بر سفتی بافت میوه توت‌فرنگی رقم ساب‌رینا^{a,b,c} حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

در طول دوره انبارداری، محتوای آسکوربیک اسید به دلیل تبدیل شدن اسید ال-آسکوربیک به دهیدروآسکوربیک اسید توسط آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز کاهش می‌یابد (Choudhary et al. 2016). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که تیمار ملاتونین می‌تواند محتوای آسکوربیک اسید میوه را افزایش داده و در نتیجه مقاومت در برابر استرس اکسیداتیو را در طول فرآیند رسیدن بهبود بخشد (Rastegar et al. 2020). همچنین، مطالعات متعددی اثبات کرده‌اند که ملاتونین تأثیر قابل توجهی بر افزایش و حفظ متابولیت‌های مهم میوه، از جمله آسکوربیک اسید، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها دارد (Zhang et al. 2020).

علاوه بر حفظ کیفیت تغذیه‌ای، تیمار ملاتونین سبب تجمع آنتوسیانین و ترکیبات فنلی در انواع میوه‌ها مانند لیچی (Zhang et al. 2018b)، توت‌فرنگی (Aghdam and Fard, 2017)، عنب (Wang et al. 2021) و انگور (Wang et al. 2020) شده است. میوه‌های تیمار شده با ملاتونین به دلیل برخورداری از منابع کافی NADPH بین‌سلولی، محتوای متابولیت بالاتری دارند. همچنین، ملاتونین از طریق فعال‌سازی سیستم جاروب‌کننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و افزایش فعالیت مسیر متابولیکی فنیل پروپانوئید، موجب تجمع بیشتر ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها می‌شود (Aghdam et al. 2020). در میوه لیچی تیمار شده با ملاتونین سطح کل فلاونوئیدها در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور قابل توجهی بالاتر بود (Zhang et al., 2018b).

نرم شدن میوه یکی از فرآیندهای تنظیم‌شده و پیچیده در طی رسیدن است که شامل تخریب دیواره سلولی برای تبدیل شدن میوه به یک محصول خوراکی می‌باشد. باین‌حال، نرم شدن بیش‌ازحد می‌تواند موجب پوسیدگی بافت و کاهش کیفیت میوه گردد (Wang et al. 2018). ملاتونین از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف، نقش مهمی در بهبود کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و افزایش ماندگاری آن‌ها ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ملاتونین پس از برداشت می‌تواند به‌طور مؤثری از کاهش کیفیت میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری جلوگیری کند. کاربرد پس از برداشت ملاتونین با کاهش وزن، حفظ سفتی بافت و افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (ویتامین ث، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها) می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب طبیعی، ایمن و سازگار با محیط زیست برای کاهش ضایعات پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Aghdam MS, Fard JR (2017) Melatonin treatment attenuates postharvest decay and maintains nutritional quality of strawberry fruits (*Fragaria x anannasa* cv. Selva) by enhancing GABA shunt activity. Food Chemistry. 221:1650–1657.



- Aghdam MS, Luo Z, Jannatizadeh A, Sheikh-Assadi M, Sharafi Y, Farmani B, Fard JR, Razavi F (2019) Employing exogenous melatonin applying confers chilling tolerance in tomato fruits by upregulating ZAT2/6/12 giving rise to promoting endogenous polyamines, proline, and nitric oxide accumulation by triggering arginine pathway activity. *Food Chemistry*. 275:549–556.
- Aghdam MS, Luo Z, Li L, Jannatizadeh A, Fard JR, Pirzad F (2020) Melatonin treatment maintains nutraceutical properties of pomegranate fruits during cold storage. *Food Chemistry*. 303:125385.
- Arnao MB, Cano A, Hernández-Ruiz J (2022) Phytomelatonin: An Unexpected Molecule with Amazing Performances in Plants. *Journal of Experimental Botany*. 73:5779–5800.
- Arya SP, Mahajan M, Jain P (2000) Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Analytica Chimica Acta*. 417(1):1-14.
- Bal E (2019) Physicochemical changes in 'Santa Rosa' plum fruit treated with melatonin during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13:1713–1720.
- Chang CC, Yang M-H, Wen H-M, Chern JC (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*. 10(3):211-221.
- Choudhary ML, Dikshit SN, Shukla N, Saxena RR (2016) Evaluation of guava (*Psidium guajava* L.) varieties and standardization of recipe for nectar preparation. *Journal of Horticultural Sciences*. 3:161–163.
- Gao H, Zhang ZK, Chai HK, Cheng N, Yang Y, Wang DN, Yang T, Cao W (2016) Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 118:103–110.
- Ilea MIM, Ruiz-Aracil MC, García Molina A, Martínez-Romero D, Serrano M, Guillén, F (2023) Effect of postharvest treatments on strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) quality during storage. In VII International Conference Postharvest Unlimited. 1396:617-620.
- Jalali A, Linke M, Geyer PV (2020) Mahajan Shelf life prediction model for strawberry based on respiration and transpiration processes. *Food Packag. Shelf Life*. 25.
- Liu J, Yang J, Zhang H, Cong L, Zhai R, Yang C, Xu L (2019) Melatonin inhibits ethylene synthesis via nitric oxide regulation to delay postharvest senescence in pears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 67:2279–2288.
- Lufu R, Ambaw A, Opara UL (2020) Water loss of fresh fruit: Influencing preharvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*. 272:109519.
- Nguyen VTB, Nguyen DHH, Nguyen HVH (2020) Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*. 162.
- Onik JC, Wai SC, Li A, Lin Q, Sun Q, Wang Z, Duan Y (2021) Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage. *Food chemistry*. 337:127753.
- Rastegar S, Khankahdani HH, Rahimzadeh M (2020) Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*. 259:108835.
- Wagner GJ (1979) Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*. 64:88-93.
- Wang F, Zhang X, Yang Q, Zhao Q (2019b) Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chemistry* 301:125311.
- Wang L, Luo Z, Ban Z, Jiang N, Yang M, Li L (2021) Role of exogenous melatonin involved in phenolic metabolism of *Zizyphus jujuba* fruit. *Food Chemistry*. 341:128268.
- Wang SY, Shi XC, Wang R, Wang HL, Liu F, Laborda P (2020) Melatonin in fruit production and postharvest preservation: A review. *Food chemistry*. 320:126642.
- Wang X, Liang D, Xie Y, Lv XL, Wang J, Xia H (2019a) Melatonin application increases accumulation of phenol substances in kiwifruit during storage. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 31:361–367.
- Wang Y, Reiter RJ, Chan Z (2018) Phytomelatonin: A universal abiotic stress regulator. *Journal of Experimental Botany*. 69:963–974.



Waterhouse AL (2001) Determination of Total Phenolics Current protocols in food analytical chemistry (pp. 1-8): John Wiley & Sons, Inc.

Zhang HX, Liu X, Chen T, Ji YZ, Shi K, Wang L (2018a) Melatonin in apples and juice: Inhibition of browning and microorganism growth in apple juice. *Molecules*. 23:521.

Zhang W, Cao J, Fan X (2020) Jiang, Applications of nitric oxide and melatonin in improving postharvest fruit quality and the separate and crosstalk biochemical mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*. 99:531–541.

Zhang Y, Li S, Deng M, Gui R, Liu Y, Chen X, Lin Y, Li M, Wang Y, He W, Chen Q, Zhang Y, Luo Y, Wang X, Tang H (2022) Blue light combined with salicylic acid treatment maintained the postharvest quality of strawberry fruit during refrigerated storage. *Food chemistry: X*. 15:100384.

Zhang YY, Huber DJ, Hu MJ, Jiang GX, Gao ZY, Xu XB, Zhang ZK (2018b) Delay of postharvest browning in litchi fruit by melatonin via the enhancing of antioxidative processes and oxidation repair. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(28):7475–7484.

Effect of Postharvest Melatonin Treatment on the Quality and Antioxidant Compounds of Strawberry Fruit cv. Sabrina

Mohammad Salehi Serbijan¹, Hossein Meighani^{1, 2*}, Mohammad Sadat Hosseini¹, Sediqeh Afsharipour³

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Department of f Agricultural Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

*Corresponding author Email: hosseinmeighani@birjand.ac.ir

Abstract

Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch), as a fruit with a short storage life, is affected by weight loss, tissue softening, and loss of nutritional compounds. This study aimed to investigate the effect of melatonin treatment on maintaining the quality and antioxidant compounds of strawberries during storage. The experiment was conducted on harvested fruits of the *Sabrina* cultivar, by immersion in different concentrations of melatonin (0, 0.5, and 1 mM). The samples were stored at a temperature of $4 \pm 1^\circ\text{C}$ and relative humidity of $90 \pm 5\%$ for 10 days, and evaluations were conducted before treatment (day 0), 5 and 10 days after storage. The results showed that melatonin treatment significantly delayed weight loss and tissue softening and increased the level of antioxidant compounds such as vitamin C, phenols, flavonoids, and anthocyanins. The most significant positive effects were observed in the 1 mM melatonin treatment, which better preserved the physical and chemical quality of the fruit. These findings indicate that melatonin can be used as a natural and effective approach to improve the storage life and postharvest quality of strawberry fruit.

Keywords: Antioxidant, Fruit Firmness, Phenolic Compounds, Shelf Life, Weight Loss.