Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 1, Spring 2022 (225-237)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.315126.1881

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱ (ص ۲۳۷-۲۲۵)

نشریه پژوهشی:

بررسی کارایی ملاتونین در حفظ خصوصیات کیفی، فیتوشیمیایی و افزایش عمر انباری میوه تمشک (*Rubus ulmifolius* subsp. *sanctus*)

شیرین رحمن‌زاده ایشکه[۱]، حبیب شیرزاد[۲*]، زهرا توفیقی[۳] و محمد فتاحی[٤]

۱، ۲ و ٤. دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. استادیار، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۹ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۳/۲٤)

چکیده

امروزه تلاش‌های زیادی در سطح جهان برای یافتن روش‌های جایگزین در کنترل ضایعات پس از برداشت محصولات باغبانی صورت می‌گیرد. در پژوهش حاضر اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین (۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۱ میلی‌مولار) بر افزایش عمر انباری تمشک مورد بررسی قرار گرفت. میوه‌ها پس از ۵ دقیقه غوطه‌وری در سردخانه‌ای با دمای ۱±٤ درجه‌سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۹ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که بالاترین میزان pH و TSS در تیمار شاهد روز نهم و TA در تیمار ۰/۰۰۱ میلی‌مولار در روز سوم مشاهده شد که مقادیر آن‌ها به ترتیب برابر با ۳/٦۳، ۰/٦۲ میلی‌گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه و ۱٦/۳۱ درجه بریکس بود. بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل به ترتیب با مقادیر ۲۵/۳۷ میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه در غلظت ۰/۰۰۱ میلی مولار ملاتونین و ۹/٦۰ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه در غلظت ۰/۱ میلی مولار ملاتونین در روز سوم مشاهده شد. همچنین نتایج تجزیه به عامل داده‌ها نیز موید این امر بود که دو عامل PC1 (٦٤ درصد) و PC2 (۱٤/۸ درصد) بیشترین نقش را در دسته‌بندی تیمارها داشته‌اند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار ۰/۰۰۱ میلی‌مولار ملاتونین می‌تواند، به عنوان یک ترکیب طبیعی سازگار با محیط زیست و انسان ضمن حفظ ارزش تغذیه‌ای تمشک برداشت شده، به افزایش عمر انباری و کاهش ضایعات آن کمک کند.

واژه‌های کلیدی: **تجزیه به عامل، تنظیم‌کننده رشد، ضریب همبستگی، فلاونوئید، فنل.**

Evaluation of melatonin efficacy in maintaining qualitative, phytochemical properties and increasing storage life of raspberry fruit (*Rubus ulmifolius* subsp. *Sanctus*)

Shirin Rahmanzadeh Ishkeh[1], Habib Shirzad[2*], Zahra Tofighi[3] and Mohammad Fattahi[4]
1, 2, 4. Ph. D. Candidate, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Pharmacy, Tehran University, Tehran, Iran
(Received: Dec. 29, 2020- Accepted: June 14, 2021)

ABSTRACT

Nowadays, many efforts are being in the worldwide to find alternative methods for controlling postharvest horticultural waste. In the present study, the effect of different concentrations of melatonin (000.001, 0.01 and 0.1 mM) on increasing the storage life of raspberries was investigated. After 5 min immersion, the fruits were maintained in a cold storage with a 4±1°C 90-95%RH for 9 days. The results showed that the highest level of pH and TSS were observed in the control treatment on the ninth day and TA in the treatment of 0.001 mmol on the third days of storage with mean 3.64 and 0.62 mg citric acid/100 ml fruit Juice and 16.31 ᵒbrix, respectively. The highest levels of total phenol and flavonoids content were observed with 25.37 mg GAE/ 100 ml juice and 9.60 mg QE/ 100 ml juice on the third day storage, respectively. The results of data factor analysis also confirmed that the two factors PC1 (64%) and PC2 (14.8%) had the most role in the classification of treatments. In general, the results of this study showed that treatment with 0.001 mM melatonin, as a natural compound compatible with the environment and humans, in addition to the maintaining the nutritional values of the harvested raspberry it's can increased storage life and reduced waste of fruits.

Keywords: Correlation coefficient, factor degradation, flavonoid, growth regulator, phenol.

* Corresponding author E-mail: h.shirzad@urmia.ac.ir

مقدمه

با روند فزآینده افزایش جمعیت در جهان، تأمین امنیت غذایی مستلزم توسعه بیشتر در بخش کشاورزی خواهد بود. بیماری‌های پس از برداشت سالانه خسارت فراوانی به تولیدکنندگان میوه وارد می‌کنند و مقادیر قابل توجهی از این محصولات در اثر فساد ناشی از این آلودگی‌ها غیرقابل مصرف می‌شوند (Rahemi, 2008).

تمشک یکی از میوه‌های با ارزش در بین محصولات باغی می‌باشد، جنس تمشک (*Rubus* L.) متعلق به تیره Rosaceae (گلسرخیان) و مشتمل بر گونه‌هایی با برچه‌های گوشتی، آبدار و به هم چسبیده می‌باشد. پراکنش این گیاه در جنگل‌های شمالی کشور، دامنه‌های جنوبی البرز و غرب کشور می‌باشد (Yousefi *et al*., 2014). تمشک به‌علت سرشار بودن از اسیدالاژیک، اسیدگالیک، کاتکین‌ها، کامفرول و اسیدسالیسیلیک از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار است و می‌تواند از آسیب‌های ناخواسته به غشای سلولی و دیگر ساختارها در بدن جلوگیری کند (Zia-Ul-Haq *et al*., 2014). میوه تمشک به دلیل لطافت زیاد و داشتن آب بالا مستعد عوامل قارچی بوده و از عمر انباری کوتاهی برخوردار است (Rahmanzadeh Ishkeh *et al*., 2018). در پژوهشی تیمار اسانس به‌لیمو ضمن حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی میوه تمشک (*Rubus ulmifolius* subsp. *sanctus*)، میزان پوسیدگی میوه‌های تیمار شده را نسبت به شاهد کاهش داد (Ishkeh *et al*., 2019).

هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش چشمگیری در افزایش عمر پس از برداشت محصولات کشاورزی دارند (Reid & Jiang, 2012). ملاتونین (N- استیل ۵- متوکسی تریپتامین) یکی از جدیدترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شناسایی شده است، که برای اولین بار از غده کوچکی در مغز خوک (غده پینه‌آل) کشف و استخراج شد (Marino *et al*., 2013). این تنظیم کننده رشد خط مقدم مقابله با تنش اکسیداتیو معرفی شده است و سایر آنتی‌اکسیدان‌ها به صورت پشتیبان بعد از آن وارد عمل می‌شوند. از سوی دیگر به دلیل طبیعت دوگانه (خاصیت آبدوستی و چربی‌دوستی)، به آسانی از عرض غشا عبور کرده و وارد سلول می‌شود (Tan *et al*., 2013).

ملاتونین از اثرات قارچکشی ارزشمندی برخوردار است، مشخص شده است که می‌تواند ماندگاری میوه‌ها را با جلوگیری از رشد و فعالیت عوامل بیماری‌زا طولانی‌تر کند. در پژوهشی استفاده از ملاتونین، قهوه‌ای شدن عصاره سیب را کاهش، فعالیت ضد میکروارگانیسمی را افزایش داده و ماندگاری آب سیب را طولانی‌تر کرد (Zhang *et al*., 2018a). همچنین ملاتونین می‌تواند فعالیت گلوکز-۶-فسفات دهیدروژناز (Glucose-6-phosphate dehydrogenase)، شیکمات دهیدروژناز (Shikimate dehydrogenase) و فنیل آلانین آمونیالیاز (Phenylalanine ammonialyase) را افزایش داده و بدین وسیله باعث افزایش فنل‌های کل شود. همچنین ملاتونین به دلیل نقش هم‌افزایی با اسید سالسیلیک درون‌زا در مهار پوسیدگی‌های قارچی مفید بوده و موجب طولانی شدن عمر پس از برداشت هلو می‌شود (Gao *et al*., 2018). ملاتونین در گیاهان به عنوان یک محرک زیستی شناسایی شده است که موجب افزایش تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و بهبود رشد و توسعه گیاه می‌گردد. شواهد بیانگر آن است که تنش‌های محیطی، میزان ملاتونین درون‌زا را افزایش می‌دهند (Tan *et al*., 2007; Li *et al*., 2012). ملاتونین از لحاظ ساختاری شبیه اکسین می‌باشد که هر دو جزو مشتقات ایندول آمین هستند و می‌تواند از طریق پذیرنده‌های اکسین اثر خود را اعمال کنند (Zhang *et al*., 2015). کاربرد خارجی ملاتونین در محصولات گیاهی سبب افزایش ملاتونین درونی می‌شود که نه تنها برای سلامتی مضر و خطرناک نیست بلکه می‌تواند سودمند هم باشد (Janas & Posmyk 2013). همچنین ملاتونین بعنوان یک آنتی‌اکسیدان منحصر به فرد با مهارکننده‌ی رادیکال‌های آزاد از دو طریق مستقیم و غیر مستقیم (افزایش بیان ژن‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) از گیاهان در مقابل تنش‌ها محافظت می‌نماید (Kim *et al*., 2007). گزارش شده است که ملاتونین بیان ژن‌های مربوط

به آنزیم‌های مسیر فنیل پروپانوئید مانند PAL (Phenylalanine ammonia-lyase)، CHS_1 (Chalcone synthase 1)، CHS2 (Chalcone synthase 2) و F_3H (Flavanone-3-hydroxylase) را تنظیم می‌کند (Sun *et al*., 2016). امروزه نحوه تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مختلف به وفور در محصولات کشاورزی مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته است. بنابراین بررسی تأثیر جدیدترین تنظیم‌کننده‌های رشد شناسایی شده بر روی محصولات باغبانی ضروری به نظر می‌رسد. به طور کلی هدف از اجرای این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین بر عمر انبارداری و خصوصیات فیتوشیمیایی میوه تمشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه میوه‌ها

میوه‌های مورد استفاده در این آزمایش از منطقه خان‌دره‌سی با طول جغرافیایی (″۰۹ ′۰۷ °۴۵)، عرض جغرافیایی (″۱۶ ′۱۹ °۳۷) با ۱۳۹۲ متر ارتفاع از سطح دریا در ۲۵ کیلومتری شهر ارومیه، تهیه شد. شاخص برداشت رنگ میوه و راحتی جدا شدن میوه تمشک از ساقه درختچه‌ها بود. میوه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انتقال یافتند.

آماده‌سازی ملاتونین

غلظت‌های (۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین (سیگما آلدریچ) تهیه و میوه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول آماده شده غوطه‌ور شدند (Liu *et al*., 2018).

مقدار ۶۰ گرم میوه‌ی تمشک در ظروف پلاستیکی یکبار مصرف بسته‌بندی و برای هر واحد آزمایشی در هر مرحله نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. سپس میوه‌ها به سردخانه‌ای با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد منتقل شدند. اندازه‌گیری صفات شیمیایی مانند TA، TSS و pH، صفات فیتوشیمیایی (فنل و فلاونوئید کل)، کاهش وزن، پوسیدگی و عطر و طعم شاخص‌ها در روزهای سوم، ششم و نهم پس از انبارداری انجام شد.

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن

برای اندازه‌گیری میزان کاهش وزن میوه‌ها از ترازوی دیجیتالی (CANDGL300) استفاده شد. برای این منظور تفاوت وزن میوه‌ها ۳، ۶ و ۹ روز پس از نگهداری مورد محاسبه قرار گرفته و میزان کاهش وزن میوه‌ها بدست آمد (Khademi & Ershadi, 2013).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{(وزن ثانویه - وزن اولیه)}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری پوسیدگی میوه‌ها

اندازه‌گیری میزان پوسیدگی به صورت مشاهده‌ای توسط ۱۰ ارزیاب انجام شد و میانگین نظرات آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نمره ۱ به نمونه‌های دارای کمترین پوسیدگی و نمره ۵ به نمونه‌های دارای بیشترین پوسیدگی داده شد (۰-۲۰ درصد: نمره ۱، ۲۰-۴۰ درصد: نمره ۲، ۴۰-۶۰ درصد: نمره ۳، ۶۰-۸۰ درصد: نمره ۴ و ۸۰-۱۰۰ درصد: نمره ۵) (Khademi & Ershadi, 2013).

اندازه‌گیری پ هاش pH

برای اندازه‌گیری pH آب‌میوه از دستگاه pHمتر دیجیتالی (pH-Meter CG 824) استفاده شد.

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۳ اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌گرم اسید سیتریک در میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS)

میزان مواد جامد محلول (TSS) آب میوه با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی مدل ATAGO ژاپن در دمای آزمایشگاه اندازه گیری شد، برای کالیبره کردن این دستگاه نیز از آب مقطر استفاده گردید (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

اندازه‌گیری میزان فنل و فلاونوئید کل

اندازه‌گیری مواد فنلی آب میوه تمشک با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو انجام شد (Ebrahimzadeh *et*

al., 2008). جهت رسم منحنی استاندارد نیز از اسیدگالیک استفاده شده و میزان فنل کل آب میوه‌ها برحسب میلی‌گرم معادل اسیدگالیک بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه گزارش شد.

برای سنجش میزان فلاونوئید کل از روش Chang *et al*. (2002) استفاده شد. برای رسم منحنی استاندارد نیز از کوئرسیتین استفاده شد. میزان فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم معادل کوئرسیتین بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه گزارش گردید.

اندازه‌گیری عطر و طعم میوه‌ها

سنجش طعم با استفاده از آزمون پنل انجام شد، برای انجام این کار از ۱۰ ارزیاب نظرخواهی شد و میانگین نظرات آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، در این فرآیند نمره ۱ به نمونه‌های دارای طعم بهتر و نمره ۵ به نمونه‌های دارای شاخص‌های حسی بدتر داده شد. اندازه گیری‌ها برای روزهای سوم، ششم و نهم به طور جداگانه و هر کدام در روز مربوط به خود صورت گرفت (Khademi & Ershadi, 2013).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل (دو عامل غلظت‌های مختلف ملاتونین و زمان انبارداری) در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد و داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه میانگین داده‌ها و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد. انجام آنالیزهای مربوط به تجزیه به عامل و بای پلات نیز با استفاده از نرم افزار Minitab صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر زمان نگهداری، غلظت‌های مختلف ملاتونین و اثر متقابل بین آن‌ها در مورد صفت کاهش وزن میوه تمشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). در پایان دوره انبارداری بیشترین درصد کاهش وزن با میانگین ۰/۹۹ درصد مربوط به نمونه‌های شاهد و کمترین مقدار آن با میانگین ۰/۱۲ درصد از نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل۱). وزن میوه از معیارهای مهم کیفیت میوه است که به مرور زمان، باتوجه به شرایط نگهداری کاهش می‌یابد. در دوره پس از برداشت دو عامل مهم باعث از دست دادن آب و کاهش وزن محصول می‌شود. یکی قطع شدن رابطه آبی میوه با گیاه مادری و دوم افزایش تعرق در سطح میوه یا سبزی که یک فرآیند فیزیکی است منجر به از دست دادن رطوبت محصول می‌شود (Trevino-Garza *et al*., 2015). کاهش وزن میوه به طور عمده به از دست دادن آب بستگی دارد. میزان تنفس و مصرف قند توسط سلول باعث از دست دادن آب بیشتر می‌شود که یک عامل مهم در زوال محصولات برداشت شده است (Babalar *et al*., 2007). شدت تنفس بالا به‌دلیل تسریع فرآیندهای رسیدگی و پیری، سبب مصرف مواد غذایی میوه می‌شود و این خود سبب کاهش وزن میوه طی انبارداری می‌شود (Gao *et al*., 2013). کاربرد پس از برداشت ملاتونین در میوه‌های هلو به طور معنی‌داری کاهش وزن میوه را در مقایسه با شاهد کاهش داد (Gao *et al*., 2016) که با یافته‌های بدست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

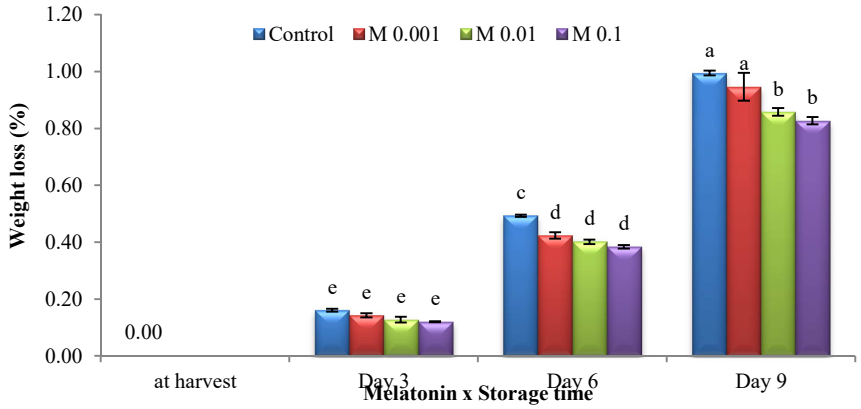
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر ملاتونین و زمان انبارمانی بر برخی صفات میوه تمشک.

Table 1. Results of variance analysis effect of melatonin and storage time on some traits of raspberry fruit.

Source of variation	df	Mean of squares				
		Weight loss percentage	decay index	pH	TA	TSS
Melatonin	3	0.019**	2.178**	0.056**	0.028**	3.814**
Storage time	2	1.182**	15.189**	0.038**	0.018**	7.934**
Melatonin × storage time	6	0.002*	0.450**	0.010**	0.002**	5.634**
Error	24	0.0008	0.039	0.002	0.0002	0.235
Coefficient variation (CV%)		5.856	9.164	1.370	3.020	3.363

**، * و ns: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 1% and 5% of probability level, and not significantly difference, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه تمشک.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on weight loss percentage of raspberry fruit.

پوسیدگی

تجزیه واریانس داده‌ها در مورد پوسیدگی میوه‌های تمشک حاکی از معنی‌داری آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱) همچنین براساس مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) کمترین میزان پوسیدگی متعلق به نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار در روز سوم پس از انبارداری بود در حالی‌که بیشترین میزان پوسیدگی در روز نهم و در میوه‌های گروه شاهد مشاهده شد. کیفیت میوه با ویژگی‌هایی چون شکل، اندازه، رنگ و نیز عاری بودن بافت از هر گونه بریدگی و پوسیدگی تعریف می‌شود با توجه به این که وضعیت ظاهری مهم‌ترین شاخص ارزیابی بازارپسندی محصول است و وجود هر گونه علایم آلودگی و پوسیدگی و نرم شدن میوه باعث کاهش بازارپسندی محصول می‌شود، بنابراین برای حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی محصول بایستی به دنبال اعمال تیمارهایی بود که سرعت پیری را کاهش داده و از رشد علایم پوسیدگی جلوگیری کند (Asghari & Khalily, 2014).

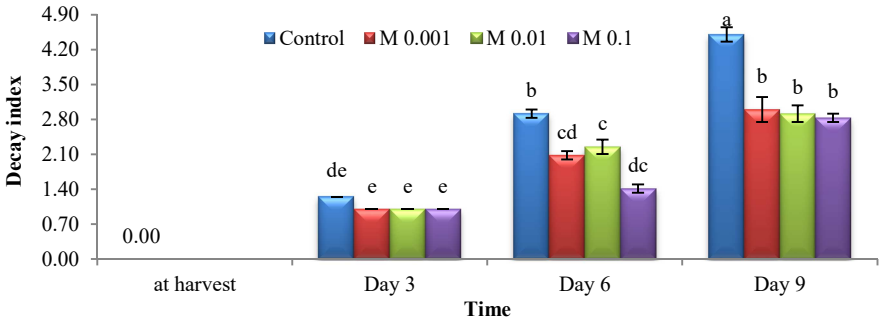
pH

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها میوه‌های شاهد و تیمار شده با غلظت‌های مختلف ملاتونین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). مقدار pH میوه‌ها بین ۳/۲ در نمونه‌های شاهد روز صفر (روز برداشت) و ۳/۶ در نمونه‌های مربوط به شاهد روز نهم متغیر بود. مقایسه میانگین مربوط به pH میوه‌ها در همه مراحل نمونه‌برداری نشان داد که غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار ملاتونین بهترین عملکرد را در ممانعت از افزایش pH میوه‌ها داشته است. اما در کل میوه‌های تیمارشده با غلظت‌های مختلف ملاتونین در مقایسه با میوه‌های گروه شاهد از pH پایین‌تری برخوردار بودند (شکل ۳). از جمله ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت میوه، pH عصاره میوه می‌باشد که به دلیل تغییرات بیوشیمیایی میوه مانند تجزیه اسیدهای آلی به قندها و شرکت در چرخه تنفس دچار تغییر می‌شود. علاوه بر این، تغییرات pH عصاره میوه می تواند با شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچک‌تر در طی فرآیند تنفس مرتبط باشد (Akhtar *et al*., 2010).

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

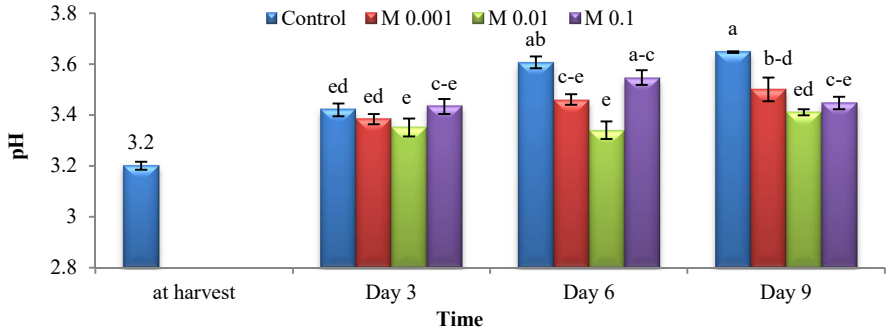
نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به TA نشانداد که نمونه‌های تیمارشده نسبت به نمونه‌های شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد مقادیر TA نمونه‌ها در محدوده ۰/۶۳ در نمونه‌های مربوط به شاهد روز صفر و ۰/۳۹ در داده‌های مربوط به شاهد روز نهم متغیر بود (شکل ۴). بر اساس نتایج این پژوهش نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۰۱ میلی‌مولار ملاتونین در روز سوم پس از انبارداری بیشترین مقدار TA را داشتند، در حالی‌که در روزهای ششم و نهم پس از انبارداری غلظت ۰/۱ میلی‌مولار

بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. اسیدیته یکی دیگر از پارامترهای مهم در حفظ کیفیت میوه می‌باشد که با غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه رابطه مستقیم دارد (Shokrollah *et al*., 2012). معمولاً میزان اسید در میوه‌ها طی زمان نگهداری به ویژه در انبارهای با دمای بالا کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل شکسته شدن اسید به قند طی فرآیند تنفس میوه باشد. البته در برخی مطالعات نیز به فعالیت آنزیمی طی نگهداری میوه‌ها اشاره شده است که سبب کاهش اسیدیته میوه می‌شود (Vargas *et al*., 2006). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت ۰/۰۰۱ میلی‌مولار ملاتونین در روزهای ابتدایی انبارداری (روز سوم) تأثیر بیشتری بر حفظ میزان اسیدهای آلی داشت در حالی که با گذشت زمان و در روزهای پایانی انبارداری (روزهای ششم و نهم) غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار میزان اسیدهای آلی بیشتری را حفظ کردند که این روند با نتایج مطالعه Liu *et al*. (2018) در رابطه با تأثیر ملاتونین بر مقدار TA میوه توت‌فرنگی طی مدت انبارداری کاملاً مشابه بود.



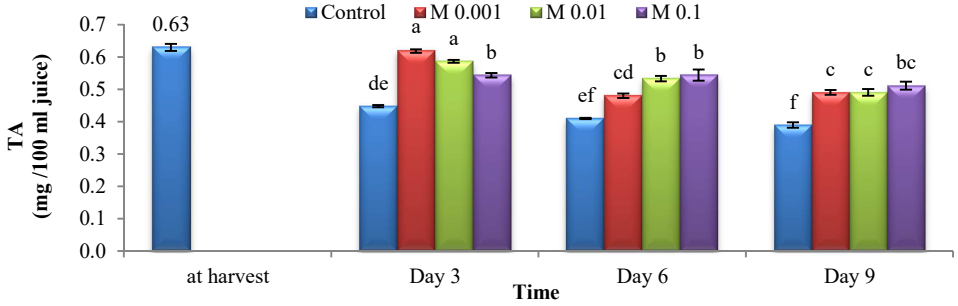
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان پوسیدگی میوه تمشک.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on decay index of raspberry fruit.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان pH میوه تمشک.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on pH of raspberry fruit.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان اسیدهای آلی میوه تمشک.

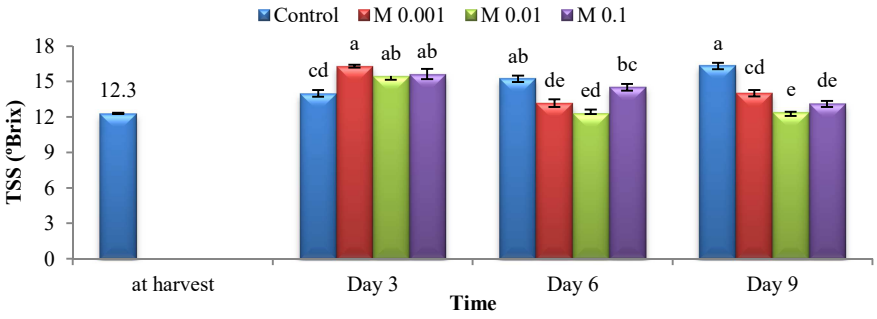
Figure 4. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on total acidity of raspberry fruit.

مواد جامد محلول (TSS)

در این پارامتر نیز میوه‌های تیمار شده و شاهد از اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برخوردار بودند (جدول ۱). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵) بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به میوه‌های شاهد در روز نهم پس از انبارداری بود، در حالی‌که کمترین میزان آن در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار ملاتونین مشاهده گردید. مواد جامد محلول یکی از صفات مهم برای بررسی کیفیت میوه محسوب می‌شود، تغییر مواد جامد محلول در طی رسیدن میوه در دوره پس از برداشت با هیدرولیز پلی ساکاریدها و غلیظ شدن عصاره میوه و همچنین کاهش آب میوه مرتبط می‌باشد (Vargas *et al.*, 2008). در هنگام رسیدن میوه تنفس و تولید اتیلن افزایش پیدا کرده و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی بیشتر می‌شود که منجر به شکسته‌شدن کربوهیدرات‌های پلیمری دیواره سلولی و تغییر در مزه و بافت محصول می‌گردد و به همین دلیل همراه با رسیدن میوه، مواد جامد محلول نیز افزایش پیدا می‌کند (Rahemi, 2005).

محتوای فنل کل

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای فنل کل نیز نشانگر معنی‌داری اثر زمان نگهداری، غلظت ملاتونین و اثر متقابل بین آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). مطابق نمودار مقایسه میانگین مربوط به فنل (شکل ۶) بیشترین و کمترین مقادیر مربوط به فنل کل به ترتیب در نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۰۱ میلی‌مولار ملاتونین در روز سوم پس از انبارداری با میانگین ۲۵/۳۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه و در نمونه‌های شاهد همان روز با مقدار ۱۵/۸۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه مشاهده شد. همانطور که در نمودار مشخص است بالاترین غلظت ملاتونین (۰/۱ میلی‌مولار) در روزهای ششم و نهم پس از انبارداری بهتر از سایر تیمارها سبب حفظ محتوای فنل کل میوه‌ها شد. فلاونوئیدها از جمله ترکیبات فنلی محسوب می‌شوند. بیوسنتز بسیاری از ترکیبات فنلی با اسیدهای آمینه آروماتیک فنیل‌آلانین، تیروزین و تریپتوفان آغاز می‌شود (Edwards *et al.*, 2012). ترکیبات فنلی تمشک، از اکسیداسیون لیپوزوم در بدن جلوگیری می‌کنند. این ترکیبات همچنین به صورت قابل ملاحظه‌ای، ظرفیت بالایی را در از بین بردن اکسیژن‌های یکتایی (رادیکال آزاد) نشان داده‌اند و یا به عنوان دهنده هیدروژن ایفای نقش می‌کنند (Dai *et al.*, 2009). تیمار ملاتونین با تنظیم بیان ژن‌های مسیر فنیل پروپانوئید مانند PAL باعث افزایش ترکیبات فنلی می‌شود (Zhang *et al.*, 2015). در مطالعات قبلی نیز عنوان شده است که استفاده از تیمار ملاتونین در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سبب افزایش ترکیبات فنلی و در نتیجه افزایش کیفیت میوه توت فرنگی می‌شود (Liu *et al.*, 2018). Zhang *et al.* (2018) گزارش کردند که در میوه‌های لیچی تیمار شده با ملاتونین مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانینی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت آن‌ها معتقد بودند که ملاتونین می‌تواند اکسیداسیون آنزیمی ترکیب‌های فنلی را مهار کرده و قهوه‌ای شدن گوشت میوه لیچی را به تأخیر اندازد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول میوه تمشک.

Figure 5. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on total soluble solids of raspberry fruit.

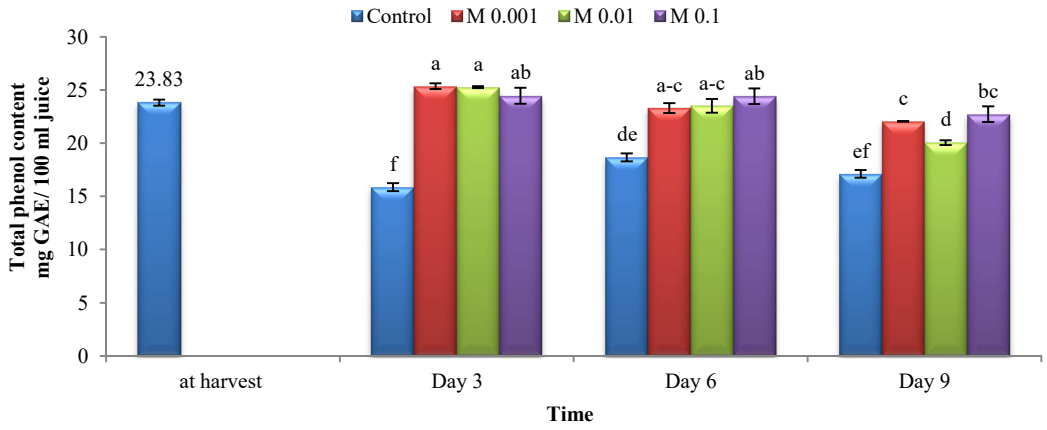
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر ملاتونین و زمان انبارمانی بر برخی میوه تمشک.

Table 2. Results of variance analysis effect of melatonin and storage time on some traits of raspberry fruit.

Source of variation	df	Mean of squares		
		TPC	TFC	Flavor
Melatonin	3	89.135**	0.014**	3.177**
Storage time	2	18.189**	0.026**	7.536**
Melatonin × storage time	6	6.175**	0.001*	0.295**
Error	24	0.716	0.0005	0.059
Coefficient variation (CV%)		3.864	2.734	11.106

**، * و ns: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 1% and 5% of probability level, and not significantly difference, respectively.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر محتوای فنل کل میوه تمشک.

Figure 6. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on total phenolic of raspberry fruit.

محتوای فلاونوئید کل

داده‌های مربوط به فلاونوئید کل نیز بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقادیر فلاونوئید کل در محدوده ۹/۶۰ تا ۸/۱۰ میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه متغیر بود. بیشترین فلاونوئید کل مربوط به میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین در روز سوم بود در حالی‌که کمترین مقدار آن مربوط به میوه‌های شاهد در روز نهم بود (شکل ۷). تیمار ملاتونین در تنظیم بیان ژن‌های دخیل در سنتز آنزیم‌های کلیدی مسیر فنیل پروپانوئیدها مانند فنیل‌آلانین آمونیالیاز و چالکون سنتاز ۱ و ۲ نقش دارد، در نتیجه باعث تجمع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها می شود (Zang *et al*., 2016).

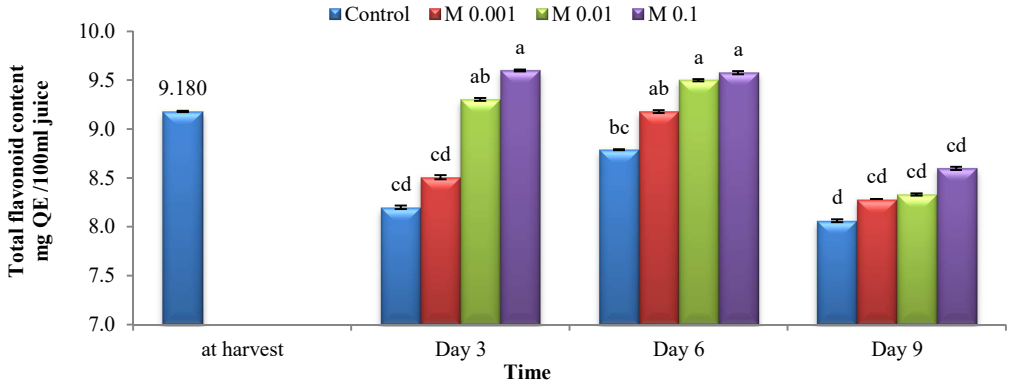
عطر و طعم

در مورد فاکتور عطر و طعم نیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲)، ضمن اینکه بدترین میزان عطر و طعم بر اساس نمودار مقایسه میانگین (شکل ۸) مربوط به نمونه‌های شاهد روز نهم پس از انبارداری بود درصورتی که بهترین عطر و طعم را نمونه‌های تیمار شده با غلت ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین در روز سوم پس از انبارداری به خود اختصاص دادند. پر واضح است که هر چه از زمان اولیه انبارداری فاصله گرفته شود میوه‌ها دچار پوسیدگی بیشتری شده و عطر و طعم اولیه خود را از دست خواهند داد اما اعمال تیمارهایی مانند ملاتونین به دلیل ممانعت از پوسیدگی این روند را در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد کاهش خواهد داد (Zhang *et al*., 2018a). گزارش شده است که استفاده از ملاتونین به دلیل فعالیت ضد میکروارگانیسمی ماندگاری سیب را افزایش داد (Zhang *et al*., 2018a).

تجزیه به عامل‌ها

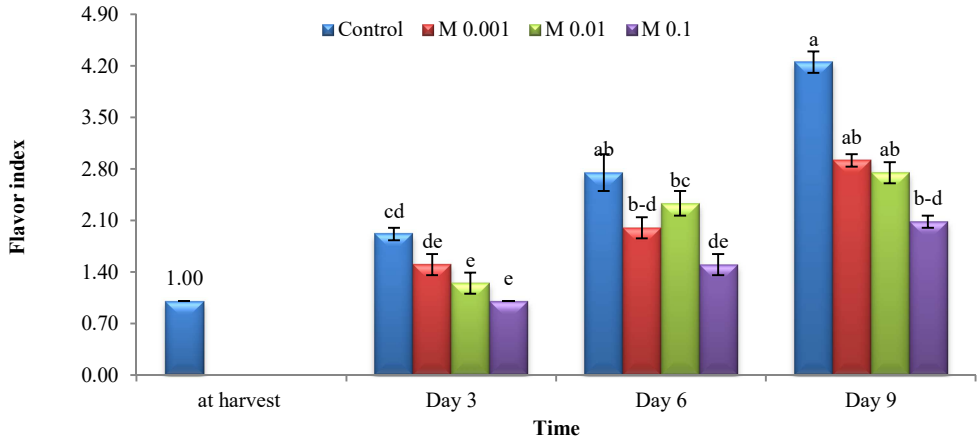
تجزیه به عامل‌ها روش موثری برای تعیین عوامل

مستقیم و غیرمستقیم که در همبستگی شرکت دارند به‌شمار می‌آید و اهمیت نسبی هر یک از عوامل را نیز فراهم می‌کند. تجزیه همبستگی کل به اثرات مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند در اجرای برنامه‌های موثر گزینش ارزشمند باشد (Masiha *et al*., 2002). جدول ۳ نتایج تجزیه به عامل‌ها را نشان می‌دهد. میزان واریانس نسبی هر عامل نشان‌دهنده اهمیت آن عامل در واریانس کل صفات موردبررسی است و به‌صورت درصد بیان شده است.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان محتوای فلاونوئید کل میوه تمشک.

Figure 7. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on total flavonoid of raspberry fruit.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و زمان انبارمانی بر میزان عطر و طعم میوه تمشک.

Figure 8. Mean comparison interaction effect of melatonin and storage time on flavor score of raspberry fruit.

جدول ۳. تجزیه عامل‌های مربوط به صفات کیفی و فیتوشیمیایی و مقادیر ویژه، درصد واریانس مربوط به هر صفت میوه تمشک.

Table 3. Principal components analysis related to qualitative and phytochemical traits and specific values percentage of variance related to each trait of raspberry fruit.

Row	Factor	Principal components								
		First	Second	Third	Fourth	Fifth	Six	Seventh	Eighth	Ninth
1	pH	-0.29	-0.43	-0.28	0.37	-0.56	0.36	0.14	-0.16	-0.05
2	TA	0.35	0.15	-0.31	-0.45	-0.07	0.14	0.60	-0.37	-0.11
3	TSS	0.04	-0.78	-0.29	-0.33	0.24	-0.32	-0.06	0.12	-0.06
4	weight loss	-0.36	0.31	-0.29	-0.12	-0.23	-0.35	0.05	0.35	-0.59
5	percent weight loss	-0.39	0.16	-0.28	-0.09	-0.07	-0.31	0.22	0.06	0.75
6	Decay	-0.39	0.11	-0.22	0.02	0.34	-0.08	-0.31	-0.72	-0.14
7	Flavor	0.39	-0.00	0.07	0.08	-0.54	-0.59	-0.24	-0.33	0.04
8	Phenol	0.31	0.20	-0.61	-0.09	-0.07	0.31	-0.55	0.19	0.14
9	Flavonoid	0.29	0.05	-0.35	0.70	0.36	-0.23	0.28	0.06	-0.05
Eigenvalues		5.75	1.33	0.94	0.68	0.19	0.04	0.03	0.00	0.00
Percentage of variance		0.64	0.14	0.10	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumulative variance percentage		0.64	0.78	0.89	0.96	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00

نتایج مربوط به PCA نشان داد که بیش از ۹۹ درصد از افزایش عمر انباری تمشک توسط پنج مولفه اول اتفاق افتاده است و یک درصد باقیمانده مربوط به عامل‌های ششم تا نهم می‌باشد. در این تجزیه ۵ عامل اصلی و مستقل توانستند در مجموع ۹۹/۱ درصد از کل واریانس را توجیه کنند.

در عامل اول صفات اسیدهای آلی، مواد جامد محلول، عطر و طعم، فنل و فلاونوئید با ضرایب مثبت (به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۰۴، ۰/۳۹، ۰/۳۱ و ۰/۲۹) و صفات اسیدیته، درصد کاهش وزن، مقدار کاهش وزن و پوسیدگی با ضرایب منفی (به ترتیب ۰/۲۹- ،۰/۳۶- ،۰/۳۹- و ۰/۳۹-) بالاتر از بقیه قرار گرفته و در مجموع ۶۴ درصد از کل واریانس را تشکیل دادند.

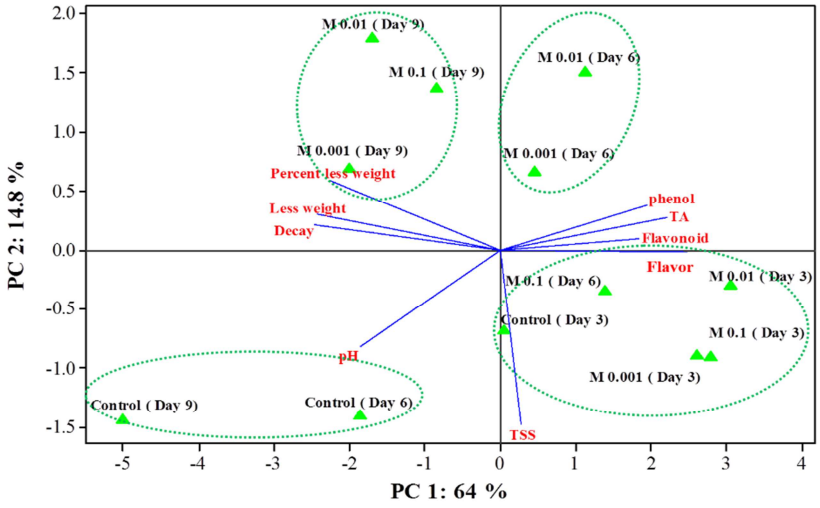
در عامل دوم صفات اسیدهای آلی، درصد کاهش وزن، مقدار کاهش وزن، فنل و فلاونوئید با ضرایب مثبت (به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۳۱، ۰/۱۶، ۰/۱۱ ، ۰/۲۰ و ۰/۰۵) و pH و TSS با ضرایب منفی (به ترتیب ۰/۴۳- و ۰/۷۸-) بالاتر از بقیه قرار گرفتند و در مجموع ۰/۱۴ درصد از واریانس کل را شامل شدند.

نمودار پراکندگی

نمودار پراکندگی برای نمایش ارتباط بین دو متغیر به کار می‌رود. در نمودار پراکندگی مجموعه‌ای از نقاط بر اساس مقادیر دو متغیر در نمودار قرار می‌گیرند. با نگاه کلی به شکل نمودار پراکندگی می‌توان به وجود رابطه و یا عدم وجود بین دو متغیر پی برد. از آنجا که مولفه‌های اول و دوم (PC1 و PC2) سهم زیادی از درصد واریانس کل صفات مورد اندازه‌گیری در میان تیمارها را تشکیل می‌دهند، با استفاده از این دو مولفه و نرم افزار Minitab می‌توان نمودار پراکندگی را رسم کرد از آنجا که در تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، تنها عوامل اصلی برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود این نوع از تجزیه و تحلیل می‌تواند برای یافتن رابطه تیمارها استفاده شود. براساس صفات مورد اندازه‌گیری و مولفه های اول و دوم که در مجموع ۷۸ درصد از واریانس کل را شامل می‌شوند. این نوع تجزیه تحلیل ۱۲ تیمار را در ۴ گروه قرار داد که شامل گروه ۱ (M 0.001 Day 9، M 0.01 Day 9، M 0.1 Day 9)، گروه ۲ (M 0.001 Day 6، M 0.01 Day 6)، گروه ۳ (Control Day 6، Control Day 9) و گروه ۴ (M 0.1 Day 3، M 0.01 Day 3، M 0.001 Day 3، M 0.1 Day 6، Control Day 3) می‌باشد (شکل ۹).

ضریب همبستگی

در این پژوهش، میزان همبستگی بین صفات مختلف اندازه‌گیری شده در میوه‌های تمشک تیمارشده مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴).



شکل ۹. تجزیه بای‌پلات پراکنش تیمارهای مختلف ملاتونین بر روی میوه تمشک بر اساس صفات موثر در عامل‌های اول (۶۴ درصد = PC1) و دوم (۱۴/۸درصد = PC2)

Figure 9. Transmittal of different melatonin treatments on raspberry fruit based on effective traits in the first (principalcomparisions = 64%) and second (principalcomparisions = 14.8%) factors by Biplot analysis.

جدول ۴. همبستگی بین صفات کیفی و فیتوشیمیایی تمشک طی مدت انبارداری.

Table 4. Correlation between qualitative and phytochemical traits of raspberries during storage.

	WLP	DI	pH	TA	TSS	TPC	TFC	Flavor
WLP	1.000							
DI	0.916**	1.000						
pH	0.508ns	0.638*	1.000					
TA	-0.551ns	-0.734**	-0.710**	1.000				
TSS	-0.317ns	-0.144ns	0.332ns	0.122ns	1.000			
TPC	-0.390ns	-0.555ns	-0.501nc	0.881**	0.058ns	1.000		
TFC	-0.564ns	-0.554ns	-0.299ns	0.496ns	-0.020ns	0.695*	1.000	
Flavor	-0.827**	-0.952**	-0.622*	0.763**	0.052ns	0.674*	0.657*	1.000

**، * و ns: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 1% and 5% of probability level, and not significantly difference, respectively.

ضرایب همبستگی ساده بین صفات نشان داد که برخی از صفات اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و یا منفی با هم دارند. نتایج بررسی همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که، همبستگی مثبتی در سطح احتمال ۱ درصد بین میزان پوسیدگی و درصد کاهش وزن وجود دارد، به عبارتی هرچه در نمونه‌های مورد آزمایش مقدار پوسیدگی افزایش یابد درصد کاهش وزن نیز بیشتر خواهد بود. در صورتی که میان پوسیدگی میوه‌ها با میزان عطر طعم همبستگی منفی در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، پر واضح است که هر چه میزان پوسیدگی گسترده‌تر باشد نمونه‌ها از عطر و طعم کمتری برخوردار خواهند بود. ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نیز همبستگی مثبت معنی‌داری با یکدیگر داشتند زیرا که این دو ترکیب از مسیر سنتز مشترکی برخوردار هستند (Pérez-Balibrea *et al*., 2011). بین میزان اسیدیته با مقدار اسیدهای آلی نیز همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت، هرچه مقدار عددی اسیدیته کمتر باشد، اسیدهای آلی از مقدار بیشتری برخوردارند.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنظیم کننده رشد ملاتونین از پتانسیل خوبی برای افزایش عمر قفسه‌ای میوه تمشک به وسیله‌ی حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی در مدت زمان بیشتری نسبت به میوه‌های بدون تیمار برخوردار است. بنابراین بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان عنوان کرد که ملاتونین به عنوان یک تنظیم کننده رشد و ترکیب طبیعی بدون عوارض جانبی نگهدارنده‌های شیمیایی می‌تواند نقش موثری در حفظ کیفیت میوه تمشک در دوره پس از برداشت داشته باشد.

REFERENCES

1. Akhtar, A., Abbasi, N. A., & Hussain, A. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany,* 42(1), 181-188.
2. Asghari, M. R., & Khalily, H. (2014). Effect of *Aloe vera* gel on polyphenol oxidase enzyme activity, quality attributes and storage life of sweet cherry fruit (*Prunus avium* cv. Siahe Mashhad). *Journal of Horticulture Science,* 28(3), 399-406. (In Farsi).
3. Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology,* 45, 166-173.
4. Babalar, M., Asghari, M., Talaie, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre and post-harvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry,* 105, 449-453.
5. Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F., & Chow, M. S. S. (2002). Hawthorn, *International Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 42(6), 605-612.
6. Dai, J., Gupte, A., Gates, L., & Mumper, R. J. (2009). A comprehensive study of anthocyanin containing extracts from selected blackberry cultivars: extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. *Journal of Food and Chemical Toxicology,* 47(4), 837-847.
7. Ebrahimzadeh, M. A., Hosseinimehr, S. J., Hamidinia, A., & Jafari, M. (2008). Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sallowiana fruits peel and leaves. *Journal of Pharmacol-online,* 1, 7-14.
8. Edwards, J. E., Brown, P. N., Talent, N., Dickinson, T. A., & Shipley, P. R. (2012). A review of the chemistry of the genus Crataegus. *Phytochemistry,*79, 5-26.

9. Gao, H., Lu, Z., Yang, Y., Wang, D., Yang, T., Cao, M., & Cao, W. (2018 a). Melatonin treatment reduces chilling injury in peach fruit through its regulation of membrane fatty acid contents and phenolic metabolism. *Food Chemistry*, 245, 659-666.
10. Gao, H., Zhang, Z. K., Chai, H. K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D. N., & Cao, W. (2016). Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 103-110.
11. Gao, P., Zhu, Z., & Zhang, P. (2013). Effects of chitosan–glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate Polymers,* 95, 371-378.
12. Ishkeh, S.R., Asghari, M., Shirzad, H., Alirezalu, A., & Ghasemi, G. (2019). Lemon verbena (*Lippia citrodora*) essential oil effects on antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry *(Rubus ulmifolius* subsp. sanctus). *Scientia Horticulturae*, 248, 297-304.
13. Jalili Marandi, R. (2012). *Post-harvest physiology (Handling and storage of fruit, vegetable, ornamental and medicinal plants)*. Publications (SID), p. 593. (In Farsi).
14. Janas, K. M., & Posmyk, M. M. (2013). Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application. *Acta Physiologiae Plantarum,* 35, 3285-3292.
15. Khademi, Z., & Ershadi, A. (2013). Postharvest application of salicylic acid improves mesophyll cells*. Canadian Journal of Botany*, 79, 438-443.
16. Kim, T. D., Woo, K. C., Cho, S., Ha, D. C., Jang, S. K., & Kim, K. T. (2007). Rhythmic control of AANAT translation by hnRNPQ in circadian melatonin production. *Genes and Development*, 21, 797-810.
17. Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., & Ma, F. (2012). The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. *Journal of Pineal Research,* 53, 298-306.
18. Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., & Zheng, L. (2018). Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology,* 139, 47-55.
19. Marino, B., & Hernandez, A. (2013). Growth conditions determine different melatonin levels in *lupines albus*. *Journal of Pineal Research,* 55, 149-155.
20. Masiha, S., Moghadam, M., & Motallebi Azar, A. (2002). *Vegetables breeding (translate)*. No. 1. University of Tabriz Press. 492 pp. (In Farsi).
21. Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2011). Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation. *Food Chemistry*, 129(1), 35-44.
22. Rahemi, M. (2005). *Physiology of postharvest (An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamental plants).* Fourth Edition, Press Shiraz University, Iran. (In Farsi).
23. Rahemi, M. (2008). *Physiology of postharvest*. Publication of Shiraz University. pp. 437. (In Farsi).
24. Rahmanzadeh Ishkeh, S., Asghari, M.R., Shirzad, H., & Alirezalu, A. (2018). Combination effects of lemon essential oil and chitosan nano-emulsion on enzyme activity, antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry fruit. *Food Scienec and Technology,* 80(15), 1-15. (In Farsi).
25. Reid, M., & Jiang, C. (2012). *Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. Horticultural Reviews*, Volume 40, First Edition.54 p.
26. Shokrollah, F. S., Hajilou, J., Zare, F., Tabatabaei, S., & Naghshiband, H. R. (2012). Effects of calcium chloride and salicylic acid on quality traits and storage life of plum cultivar. *Journal of Food Research (Agricultural Science),* 29(1), 75-85. (In Farsi).
27. Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Cao, Y., Li, X., Zhang, H., Zhang, L., Tan, D. X., & Guo, Y. D. (2016). A label-free differential proteomics analysis reveals the effect of melatonin on promoting fruit ripening and anthocyanin accumulation upon postharvest in tomato. *Journal of Pineal Research*, 61, 138-153.
28. Tan, D. X., Manchester, L. C., Helton, P., & Reiter, R. J. (2007). Phytoremediative capacity of plants enriched with melatonin. *Plant Signaling and Behavior*, 2, 514-516.
29. Tan, D. X., Manchester, L. C., Liu, X. Y., Rosales-Corral, S. A., & Reiter, R. J. (2013). Mitochondria and chloroplasts as the original sites of melatonin synthesis: a hypothesis related to melatonin's primary function and evolution in eukaryotes. *Journal of Pineal Research*, 54, 127-138.
30. Trevino- Garza, M. Z., Garcia, S., Del Socorro Flores-Gonzalez, M., & Arevalo-Nino, K. (2015). Edible active coating based on pectin, Pollutant, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*fragaria ananassa*). *Journal of Food Science,* 80, 1823-1830.
31. Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & Gonzalez-Martinez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164-171.
32. Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., Mc Clements, D. J., & Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6), 496-511.

33. Yousefi, G., Sadeghi, S., Karami, Z., Emam, D. Z., & Jooki, M. (2014). Evaluation of the Effect of Modified Atmospheric Packaging on the Shelf Life and Keeping Quality of Raspberry Using RSM. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 11(44), 45-56. (In Farsi)
34. Zhang, H., Liu, X., Chen, T., Ji, Y., Shi, K., Wang, L., Zheng, X., & Kong, J. (2018). Melatonin in apples and juice: Inhibition of browning and microorganism growth in apple juice. *Molecules*, 23(3), p.521.
35. Zhang, N., Sun, Q., Li, H., Li, X., Cao, Y., Zhang, H., Li, S., Zhang, L., Qi, Y., Ren, S., & Zhao, B. (2016). Melatonin improved anthocyanin accumulation by regulating gene expressions and resulted in high reactive oxygen species scavenging capacity in cabbage. *Frontiers in plant science*, 7, p.197.
36. 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, 647-656.
37. Zia-Ul-Haq, M., Riaz, M., De Feo, V., Jaafar, H. Z., & Moga, M. (2014). *Rubus fruticosus* L.: constituents, biological activities and health related uses. *Molecules*, 19(8), 10998-11029.