Food Research Journal

Online ISSN: 2676-5691 Print ISSN: 2008-515X
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

Effect of pre-harvest application of spermidine on some fruit quality characteristics in two peach cultivars

Jafar Hajilou✉[1], Soheila Mohammadrezakhani [2] and Mohammad Hassan Alipour Khorramdel[2]

[1]Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2] Former PhD and MSc Students respectively, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
✉Corresponding author: j_hajilou@tabrizu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: January 16, 2024
Accepted: September 3, 2024
Published: October 20, 2024

Keywords:
Fruit quality attributes,
Peach, Spermidine,

ABSTRACT

Background: Peach (Prunus persica L.) is belonged, to the Rosaceae family and one of the most important fruit trees. Fruit quality is one of the important factors in the development and marketing of this product. Application of some chemicals and hormones have a great role in increasing the shelf life and quality of fruits.
Aims: The purpose of this research is to investigate the pre-harvest treatments of Spermidine on some fruit quality characteristics in two peach cultivars
Methods: An experiment was conducted in two peach cultivars (Anjiri e Khooni and Gajir Ganat) using different spermidine treatments (0, 1, 3 and 5 mM) in a randomized complete block design (RCD) with four replications. Spermidine foliar application was performed on peach trees 10 days before commercial harvesting time (based on total solubility solids index). After harvest, the fruits were transferred to the Flowering Biology and Fruit Laboratory in faculty of agriculture at the university of Tabriz and then, quality parameters such as fruit firmness, total soluble solids (TSS), titr able acid (TA), fruit juice pH, vitamin C, total phenol compositions, total flavonoid and total antioxidant capacity (DPPH) were evaluated.
Results: The results showed that pre-harvest application of spermidine had significant effects at 5% or 1% levels on the quality traits of peach fruit. In both varieties, fruit firmness, titrable acid, total phenolic, flavonoid, vitamin C and total antioxidant of fruit increased and fruit pH decreased slightly. The highest firmness of fruit, flavonoid, TSS and titratable acid were observed in “Gajirganat” cultivar and the highest total phenol, antioxidant and vitamin C were found in “Anjiri e Khooni” fruits. The highest values were observed in 5 mM spermidine and the lowest in control treatments.
Conclusion: In both cultivars, the highest amount of fruit firmness, titratable acidity and flavonoids were observed in 3 and 5 mM spermidine.

Food Research Journal, 2024,34(3): 101-115
DOI: 10.22034/FR.2024.60120.1918

Extended Abstract

Introduction

Peach (*Prunus persica* **L**.) is from the Rosaceae family and one of the most important temperate fruit trees. Different cultivars of peaches contain highly variable contants of ascorbic acid, cartenoides and phenolic compounds wich are good sources of antioxidants. Peach fruit highly pershiable climactrics fruit and would suffer rapid rippening and deterioration after post harvest and dus have a limited postharvest shelf life. It can be said that most of the orchard products produced are sold fresh to consumer markets. The storage period for fruits can be considered a stressful period due to the increase of oxidation processes and due to the creation of undesirable biochemical and appearance changes, including the reduction of vitamins, especially vitamin A and C, and softening. Fruit quality is one of the important factors in the development and marketing of this product. Some strategies postulated to increase fruit shelf life, such as cold storage, and postharvest treatments with heat and calcium solutions (Khan *et al* 2007). Application of some chemicals and hormones have a great role in increasing the shelf life and quality of fruits. Among the various natural forms of polyamines (PAs), putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM) are the major polyamines identified in plants. In plant tissue, the relative abundance of PAs depends on the species and developmental stage. They are detected in actively growing plant tissue and in plants exposed to biotic or abiotic stress (Serrano *et al* 2003). During the past few decades, PAs have been implicated in different plant growth and developmental processes like cell division, differentiation, embryogenesis, fruit set, fruit ripening, flowering and senescence. The regulatory role of polyamines is related to the reaction against stress and aging, which prevent aging through the strength of cell membranes and inhibiting the activity of hydrolytic enzymes. Application of polyamines is a technique to delay ripening in many crops (Mishra *et al* 2022). The finding that infused polyamins delayed fruit ripening, suggested that free polyamines might serve as endogenous antisenecence aigents. In fruit , polyamines application may change cell wall stability and increase firmness, as have been reported for apple, tomato , and lemones. Although the exact mechanism of action of PAs remains still elusive , many authors have proposed that the spatial separation of their positive charges under physilogical pH plays a crucial role. This feature gives them the capacity to bind negetively charged molecules such as nucleic acids, phospholipids, and proteins, and it is thought that by these means PAs affected the structur and function of this macromoleculse. Moreover, the formation of these compound protecs macromoleculse from degradation and modification.The relatioship between polyamines and ethylen seems to be depennts on the plant species and even on the cultivars assayed and contradictory results have been recently reviewed (Razzaq *et al* 2014). One of the main problems of peaches in Iran is the short storage period of this product. For this reason, the use of appropriate treatments before harvesting is effective in maintaining the nutritional value, taste, texture and nutritional value of the fruit. This research has been done in order to compare three levels of foliar spraying of spermidine treatment in preserving fruit quality in two cultivars of peach.

Material and Method

In this research the effects of pre-harvest treatments of Spermidine on some fruit quality characteristics in two peach cultivars, an experiment was conducted to evaluate the possibility of increasing fruit quality in two peach cultivars (Anjiri e Khooni and Gajir Ganat) using different spermidine treatments (0, 1, 3 and 5 mM) in a randomized complete block design (RCD) with four replications. Spermidine foliar application was performed on peach trees 10 days before commercial harvesting time (based on total solubility solids index). After harvest, the fruits were transferred to the Flowering Biology and Fruit Laboratory in Faculty of Agriculture at the university of Tabriz and then ,quality parameters such as fruit firmness, total soluble

solids (TSS), titrable acid (TA), fruit juice pH, vitamin C , total phenol compositions, total flavonoid and total antioxidant capacity (DPPH) were evaluated.

Fruits were stoned and homogenized. Then homogenous samples were prepared by blending fruits flesh in blender. The pH value was measured using a digital pH-meter (WTW Inolab pH-L1, Germany). The method for analysis of titratable acidity was based on titration of the acids present in the 10ml of fruit juice with 0.1 N NaOH, using phenolphthalein as an indicator (Hertog *et al*, 2004). Values of titratable acidity (TA) were reported as percentage of citric acid on fresh weight basis. The TSS content of the fruit was determined at 20 ℃ by using a digital hand-held refractometer (ABBE Refrectometer ATAGO). As, a few drops were taken on prism of refractometer and direct reading was taken by reading the scale as described in AOAC (1994).

Ascorbic acid content was determined using 2, 6-Dichlorophenol indophenol by visual titrimetric method and results were expressed as mg ascorbic acid 100/g Fresh weight (FT) (Ebrahimzadeh et al 2006). The amount of total phenolics in extracts was determined according to the Folin-ciocalteu reagent method (Singleton and Rossi, 1965). Gallic acid was used as a reference standard, and the total phenolic contents of extract were expressed as mg gallic acid equivalent 100/g fresh weight (FW). Total flavonoids were determined by the colorimetric assay developed by chang *et al*. (2002).A calibration cure was obtained using quercetin as standard, and results were expressed as quercetin equivalent. The antioxidant content in fruit extracts was determines according to Brand-Williams *et al* procedure , using free radical 2,2 diphenyle-1- picrylhydrazyle (DPPH) methods. The percentage of reduction of DPPH was calculated according to the following equation. (Brand-Williams *et al* , 1995).

%inhibition of DPPH=Abs control- Abs sample×100/Abs control

Result and discussion

The results showed that pre-harvest application of spermidine had significant effects at 5% or 1% levels on the quality traits of peach fruit. In both varieties, fruit firmness, titrable acid, total phenolic, flavonoid, vitamin C and total antioxidant of fruit increased and pH of fruit juices decreased slightly. The highest firmness of fruit, flavonoid, TSS and titratable acid were observed in “Gajirganat” cultivar and the highest total phenol, antioxidant and vitamin C were found in “Anjiri e Khooni” fruits. The highest values were observed in 5 mM spermidine and the lowest in control tratments. In both cultivars, the highest amount of fruit firmness, titratable acidity and flavonoids were observed in 3 and 5 mM spermidine. Polyamines as organic cations like inorganic cations (iron and calcium chloride) reduce pectin methylesterase activity in grapefruit flesh. In higher plants , PAs are mainly present in their free forms, putrescine (PUT), spermidine (SPD) and spermine (SPM). Free polyamine covalentaly combine with a small molecular substance , such as a phenolic compand and biomacromolecules such as proteis and nucleic acid. During the investigations, exogenous polyamines improve the post-harvest life and fruit quality by maintaining fruit firmness, delaying color changes, soluble solids and titratable acidity, as well as protecting different fruits against frost and mechanical damage (Malik et al 2007). The activities of PAs metabolic enzymes and PAs contents change throughout the stage of plants growth. In whole plants, endogenous PAs and PA synthesis activity were found to be highest in the meristem and growing cell, and lowest in senescent tissues. Pomegranate fruits treated with putricin and spermidine by immersion method showed a higher amount of total phenolic compounds than the control treatmnts (Mirdehghan et al 2005). It seems that polyamines affect the parameters of vitamin C, total acid, soluble solids and pH due to competition with ethylene and delay in ripening. It has also been reported that suppression in ethylene production in puteriscine -treated fruit may also be ascribed

to the reduction in the activities of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (ACS) and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACO) enzymes, as reported in plum fruit. The differential reduction in respiration rate with puteriscine treatment delayed fruit ripening. The suppression of respiration rate with putrescine application has also been reported earlier in numerous fruit, including mango, strawberry and plum Application of putrescine reduced fruit weight loss during ripening as well as cold storage, which may be ascribed to consolidation or stabilization of both cell integrity and tissue permeability (Mirdehghan et al., 2007). Similarly, pre-storage dips of putrescine reduced weight loss in mango cvs. Kensington Pride and Langra (Razzaq et al 2014). Spermidine prevents the loss of water and maintains the stability of the cell membrane. Polyamines treatments might have also delayed the degradation of ascorbic acid by reducing ascorbate oxidase activity that catalyses the oxidation of ascorbic acid (Mishra 2022). Many antioxidant properties have been mentioned for polyamines in various studies. The use of spermidine and putrescine in the late stage of fruit ripening has reduced the process of fruit ripening and prevented the loss of flavonoids in fruits.

Conclusion

This study showed that the pre-harvest application of spermidine improves the quality of peach fruit. In this research, it was found that polyamines significantly reduced the pH of fruits compared to control treatments and increased ascorbic acid (vitamin C), flavonoids and antioxidant capacity of the fruit. In general, 5 mM spermidine was able to have the greatest effect

پژوهش‌های صنایع غذایی
شاپا الکترونیکی: ۵۶۹۱-۲۶۷۶ ، شاپا چاپی ۵۱۵X- ۲۰۰۸
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

تاثیر کاربرد قبل از برداشت اسپرمیدین بر برخی ویژگی های کیفی میوه در دو رقم هلو

جعفرحاجی‌لو[۱]✉، سهیلا محمدرضاخانی[۲]، و محمدحسن علیپور خرم دل[۲]

[۱] استاد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
[۲] به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و کارشناسی ارشد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
✉مسئول مکاتبه: j_hajilou@tabrizu.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶
پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۳
انتشار: ۱۴۰۳/۷/۲۹

کلید واژگان:
هلو، اسپرمیدین، صفات کیفی میوه

چکیده

زمینه مطالعاتی: هلو (*Prunus persica* L.) از خانواده گلسرخیان (Rosaceae) و از مهم‌ترین میوه‌های مناطق معتدله محسوب می‌شود. . کیفیت میوه از عوامل مهم در گسترش و بازاریابی این محصول به شمار می‌رود. کاربرد برخی مواد شیمیایی و هورمونی نقش بسزایی در افزایش ماندگاری و کیفیت میوه‌ها دارند.

هدف: ارزیابی کاربرد قبل از برداشت تیمارهای مختلف اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های کیفی دو رقم هلو.

روش کار: آزمایشی به منظور ارزیابی امکان افزایش کیفیت میوه در دو رقم هلو «انجیری‌خونی» و «گجیرگانات» با استفاده از تیمارهای مختلف اسپرمیدین (۰، ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. محلول‌پاشی اسپرمیدین ۱۰ روز پیش از رسیدن تجاری بر روی درختان ده ساله هلو انجام و پس از برداشت، میوه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی رشد و نمو میوه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شد و پارامترهای کیفی نظیر سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل (TSS)، اسید قابل تیتراسیون (TA)، pH آب میوه، ویتامین ث، فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد اسپرمیدین اثرات معنی‌دار در سطح ۵٪ یا ۱٪ بر صفات کیفی میوه هلو دارد. در هر دو رقم سفتی میوه، اسید قابل تیتراسیون، فنل و فلاونوئید کل، ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان کل میوه افزایش و pH میوه تا حدودی کاهش یافت. بیشترین سفتی بافت میوه، فلاونوئید کل، TSS و اسید قابل تیتر در رقم «گجیرگانات» و بیشترین مقدار فنل کل، آنتی‌اکسیدان و ویتامین C در میوه‌های رقم «انجیری‌خونی» مشاهده شدند. بیشترین مقدار صفات اندازه گیری شده در نتیجه تیمار اسپرمیدین پنج میلی‌مولار و کمترین مقدار آنها در میوه‌های شاهد ثبت گردید.

نتیجه‌گیری: در هر دو رقم بیشترین مقدار سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و فلاونوئیدکل مربوط به تیمار ۳ و ۵ میلی‌مولار اسپرمیدین بود.

مقدمه

با توجه به پائین بودن طول دوره انبارداری در ارقام هلو و عدم وجود ارقام با کیفیت بالا برای این منظور و همچنین کشش بازار های داخلی برای این محصولات تقریباً می توان گفت که قسمت عمده محصولات باغی تولید شده بصورت تازه و رومیزی به بازارهای مصرف عرضه می‌شود. دوره انبارداری برای میوه‌ها می‌تواند یک دوره تنش‌زا به دلیل افزایش فرآیندهای اکسیداسیون محسوب شود و به دلیل ایجاد تغییرات ظاهری و بیوشیمیایی نامطلوب از جمله کاهش ویتامین‌ها بخصوص ویتامین A وC، نرم شدن و فساد میوه را به دنبال داشته باشد. به همین دلایل بررسی روش‌های افزایش ماندگاری میوه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. پیشنهاد شده است که روش‌های جلوگیری از افزایش اتیلن در میوه‌ها می‌تواند عمر پس از برداشت میوه‌های فرازگرا را افزایش دهد. اما جلوگیری از تولید اتیلن درون‌زاد میوه، نیاز به شناسایی و کاربرد ترکیبات شیمیایی ویژه و بدون خطر برای سلامتی انسان دارد. از جمله این ترکیبات پلی آمین ها می‌باشند. این گروه ترکیبات طبیعی شناخته شده در حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها هستند (گالستون و ساونی، ۱۹۹۰). نقش تنظیم کنندگی پلی‌آمین‌ها در ارتباط با واکنش در برابر استرس‌ها و پیری می باشد که از طریق استحکام غشاهای سلولی و بازداری از فعالیت آنزیم های هیدرولتیکی، از پیری جلوگیری می کنند. بیشتر پلی‌آمین های موجود در گیاهان شامل پوتریسین، اسپرمیدین و اسپرمین می باشد (والرو، ۲۰۰۲ ، ری و همکاران ۲۰۲٤). نقش پلی‌آمینها به عنوان ترکیبات ضد پیری و ضدتنش ،به تأثیر آنها در جلوگیری از رادیکالهای آزاد مربوط می‌شود. این ترکیبات به دلیل داشتن بارهای مثبت به عنوان دهنده الکترون و ایجادکننده کمپلکس با ترکیبات دا رای رادیکال آزاد، به حساب می‌آیند و در نتیجه از تجمع این ترکیبات مضر که باعث تسریع در پیری و ایجاد تنش در سلول‌ها می‌شوند، جلوگیری می‌کنند. رقابتی بودن تولید پلی‌آمین با اتیلن باعث شده است که این ترکیبات به عنوان ترکیبات بسیار مهم برای افزایش عمر محصولات برداشت شده و حفظ کیفیت آن ها مطرح شوند (خان و همکاران، ۲۰۰۷ ، میشرا و همکاران ۲۰۲۲).

استفاده از پلی‌آمین‌ها پس از برداشت میوه و قبل از انبار، تکنیکی برای به تأخیر انداختن رسیدن در بسیاری از محصولات است (سود و نگار، ۲۰۰۸). پلی‌آمین‌ها در دوره پس از برداشت برای افزایش عمر انباری در انواع ارقام آلو (پریز–ویسینت و همکاران، ۲۰۰۲)، هلو (بریگلی و همکاران، ۲۰۰۲)، زردآلو (مارتینز رومیرو و همکاران، ۲۰۰۲)، انار (میردهقان و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش شده است. کاربرد پلی‌آمین‌ها ۲۰ روز قبل از برداشت زردآلوی ژاپنی، رسیدن را به تأخیر انداخت. همچنین تیمار با پلی‌آمین‌ها قبل از برداشت، ریزش میوه و تغییرات اتیلن را در مرحله پس از برداشت کاهش داد (والرو، ۲۰۰۲). کاربرد پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین بر روی انبه منجر به حفظ اسیدیته، سفتی میوه، میزان اسیداسکوربیک و کند شدن کاهش وزن در طی نگهداری بدون کاهش معنی دار در تولید اتیلن شد (مالیک و همکاران، ۲۰۰٦) .

یکی از مشکلات اصلی هلو در ایران کوتاه بودن دوره انبارمانی این محصول است. به همین دلیل کاربرد تیمارهای مناسب قبل از برداشت محصول در حفظ ارزش غذایی، مزه، بافت و عمرانبارمانی میوه موثر است. این تحقیق به منظور مقایسه سه سطح محلولپاشی تیمار اسپرمیدین در حفظ کیفیت و عمرانبارمانی هلو صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق دو رقم هلو ده ساله به نام هلو انجیری خونی و گجیر گانات که روی پایه بذری هلو پیوند شده بودند، انتخاب شدند. برای هر رقم ٤ اصله درخت هم سن و سالم (برای هر تیمار چهار اصله درخت) به عنوان چهار تکرار در نظر گرفته شدند.

اعمال تیمارهای اسپرمیدین

این مرحله از تحقیق به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول ارقام هلو(دو رقم) و

فاکتور دوم تیمار اسپرمیدین در ٤ سطح (شاهد، ۱، ۳ و ۵ میلی مولار) در چهار تکرار انجام گرفت. اسپرمیدین مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها که ساخت شرکت مرک (MERK) آلمان بود تهیه و درغلظت‌های مورد نیاز (صفر(شاهد)، ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار) برای محلول‌پاشی آماده گردید. ده روز پیش از زمان رسیدن تجاری میوه، درختان هر دو رقم هلو با استفاده از دستگاه سمپاش (که کاملا شسته و آماده شده بودند) هر تیمار بطور جداگانه بر روی ٤ درخت به عنوان چهار تکرار محلول پاشی شدند. پس از محلول‌پاشی و در زمان بلوغ تجاری، از میوه‌های هر رقم و از هر تکرار ده عدد میوه بصورت جداگانه نمونه برداری شد و به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی مجتمع آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شد و تا انجام آزمایشات در یخچال قرار داده شدند.

سنجش صفات یا ویژگی‌های کیفی میوه

اندازه گیری مواد جامد محلول(TSS)

به منظور بررسی و تعیین این فاکتور، پس از تهیه آب میوه و صاف نمودن آن با صافی، با استفاده از دستگاه رفرکتومتر مدل ABBE Refrectometer ATAGO ، میزان مواد جامد محلول اندازه‌گیری و بر حسب درصد بریکس بیان شد. لازم به ذکر است پس از هر بار قرائت، رفرکتومتر را با آب مقطر شستشو داده و سپس خشک و تمیز می‌شد .

سنجش سفتی بافت میوه

میزان سفتی یا تردی بافت)گوشت میوه (با استفاده از دستگاه سفتی سنج(پنترومتر) مدل FT-011با نوک میلهٔ نفوذ کننده ٦ میلی‌متری، از دو سمت مقابل هم و پس از برداشتن پوست میوه انجام شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه بر حسب کیلوگرم نیرو بیان شد (هیرتاگ و همکاران، ۲۰۰٤).

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون میوه(TA)

۱۰ میلی لیتر از عصاره صاف شده با ۲۰ سی سی آب مقطر مخلوط شد و چند قطره معرف فنل فتالئین به آن اضافه شد و عمل تیتراسیون با استفاده از بورت حاوی سود هیدرو اکسید سدیم ۰/۱ نرمال انجام شد. ظهور رنگ صورتی روشن نشان دهنده پایان تیتراسیون می‌باشد. عدد مربوط به میزان سود مصرفی را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار داده تا میزان اسیدیته تعیین گردد (هیرتاگ و همکاران، ۲۰۰٤).

وزن آب میوه×۱۰۰/حجم سود مصرفی× ۱۰۰اکی والان اسید×نرمالیته اسید =اسیدیته

محتوای اسید آسکوربیک میوه

برای لندازه گیری میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) از روش ۲، ٦- دی کلروفنل اندوفنل استفاده شد. ویتامین ث، معرف رنگی دی کلروفنل لندوفنل را که یک معرف اکسید اسیون و احیا است، به محلول بی‌رنگ تبدیل می‌کند. در نقطه پایانی آزمایش شناساگر رنگی احیاء نشده در محلول اسید به رنگ ارغوانی گلی می‌باشد. در نهایت یک میلی‌لیتر از این محلول توسط معرف ، ۲و٦- دی کلروفنل اندوفنل، تیتر گردید. به این ترتیب که قطره قطره از این معرف به محلول اضافه شد و هنگامی که رنگ صورتی به دست آمد تا ۱۵ ثانیه ثابت ماند. در این زمان عمل تیتراسیون متوقف شد و میزان اسید آسکوربیک از طریق فرمول محاسبه و به صورت میلی گرم در ۱۰۰ گرم گزارش شد. این روش سه بار تکرار گردید و میانگین آن به عنوان غلظت نهایی اسید اسکوربیک لحاظ گردید (ابراهیم زاده و همکاران، ۲۰۰٦).

اسیدیته یا پی اچ (pH) عصارهٔ میوه ها

برای سنجش پی اچ آب میوه از عصاره صاف شده میوه استفاده شد. برای این منظور آب میوه در ظرف های پلاستیکی ریخته شد و با استفاده از دستگاه پی اچ متر دیجیتالی ساخت تایوان، در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی گراد قرائت شد .

میزان فنل کل میوه

مقدار نیم (۰/۵) گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد سائیده شد و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) به آن اضافه گردید. پس از پنج دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن افزوده شد و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر)مدل PG

(lnstraments-T60)در طول موج ۷٦۰ نانومتر قرائت شد و با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های ۰، ٤، ۸، ١٦، ۳۲، ٤۸ میلی‌گرم در لیتر محتوای فنل کل محاسبه شد (سینگلتون و روسی، ١٩٦٥) .

فلاونوئید کل میوه

برای اندازه گیری فلاونوئید کل میوه از روش کالریمتری بر اساس روش چانگ و همکاران (۲۰۰۲) استفاده گردید. مقدار ۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی میوه را با ٦۰۰ میکرولیتر متانول خالص و ٤۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد و ٤۰ میکرولیتر استات پتاسیم و ۱/۱۲ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل تیوب ریخته و تکان داده شد. پس از ٤۰ دقیقه نگهداری در تاریکی در طول موج ٤۱٥ نانومتر عدد قرائت و یادداشت برداری گردید و با استفاده از منحنی استاندارد کوئرسیتین مقدار فلاونوئید کل بدست آمد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه

برای تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از روش DPPHاستفاده شد. برای این منظور مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی استخراج شده میوه با ۳/۹ میلی‌لیتر از محلول DPPH(٦۰ میکرومول بر لیتر) را با هم مخلوط کرده و پس از ۲۰ الی ۳۰ دقیقه، جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (PG lnstraments-T60) در طول موج ٥۱٥ نانومتر عدد مربوطه قرائت گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی (%DPPHsc) از رابطه زیر محاسبه شد (براند-ویلیا مزو همکاران، ۱۹۹٥).

تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار MSTATC نسخه ۹ و مقایسه میانگین‌ها با تست چند دامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول(TSS)

نتایج تجزیه واریانس مربوط به میزان مواد جامد محلول (جدول ۱) در دو رقم هلو نشان دادند که میزان مواد جامد محلول تحت تأثیر سطوح مختلف اسپرمیدین و رقم هلو قرار گرفت. مقادیر مواد جامد محلول در میوه دو رقم هلو نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسپرمیدین) هم هر دو رقم هلو از لحاظ میزان مواد جامد محلول در بافت میوه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند

Table1. ANOV for pre-apllication of spermidin on fruit quality characteristics in two peach cultivars

		MS							
S.O.V	df	vitamin C	Total flavonoid	Total antioxidant	TSS	(%)TA	Total phenol	Softness	PH
replication	2	1.43 ^{ns}	8.6 ^{ns}	72.42 ^{ns}	3.9 ^{ns}	1.53^{ns}	332.4 ^{ns}	5.7 ^{ns}	0.015 ^{ns}
spermidine	2	5.38**	12.14**	96.42*	2.06**	1.53**	3228.58**	1.34**	0.008**
cultivar	1	19.40**	8.24**	98.31*	115.49**	0.81**	220.5**	17.40**	3.354**
spermidine × cultivar	2	0.35*	9.22**	75.16*	1.27*	386.49**	2044.08**	2.90*	0.007**
Error	21	1.23	13.48	69.87	2.09	0.92	2062.56	2.02	0.013
CV%		7.25	25.85	9.87	10.73	19.62	13.88	11.94	3.29

*,** : Significant at 5% and 1% respectively and ns: Non significant

Table 3. Mean comparison for effect of spermidine treatment on measured characteristics in two peach cultivars

treatment	TA(٪)	softness (kg cm^{-2})	TSS (°Brix)	pH
control	0.61c	4.10c	12.85c	3.56a
1Mm	0.72b	4.67c	13.55b	3.52b
3Mm	0.93ab	5.56b	13.43b	3.42c
5Mm	0.97a	7.56a	14.09a	3.32c
cultivar				
Anjiri e Khooni	0.71b	5.33b	13.38b	3.85a
Gajir Ganat	0.78a	7.03a	15.58a	3.20b

بررسی مقایسه میانگین‌های برهمکنش غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و رقم، بر میزان مواد جامد محلول بافت میوه در دو رقم هلو نشان داد که بیشترین میزان ماده جامد با متوسط میزان ١٦/٦٨ درصد و ١٥/٦٩ درصد مربوط به بر هم‌کنش سطح 5 میلی مولار و ٣ میلی‌مولار اسپرمیدین در رقم «گجیر قانات» و کمترین میزان آن با میانگین ١١/٣٣ و ١١/٨٤ درصد مربوط به تیمار سطح شاهد و ١ میلی‌مولار اسپرمیدین در رقم «انجیری-خونی» مشاهده و سنجش گردید (جدول ٢). بر پایه گزارش زکایی‌خسروشاهی و همکاران (١٣٨٧) تغییرات اندک و تدریجی مواد جامد محلول میوه ها بر اثر تیمار پلی آمین ها را می توان به کاهش تولید اتیلن و کند شدن روند رسیدن میوه ها نسبت داد. بر اساس گزارش شکراله‌فام و همکاران (١٣٩٤) و زکائی خسروشاهی و اثنی عشری (١٣٨٧) در طول دورهٔ انبارداری، مقدار مواد جامد محلول در میوه کاهش یافته است. مواد پلی‌آمینی مانند اسپرمیدین در زمان پس از برداشت بر مواد جامد محلول آلو و هلو، سبب کاهش میزان تغییرات مواد جامد محلول در میوه گردیده است. استفاده از این مواد به طور معنی داری تغییرات TSS را کاهش داد و تغییرات اندک و تدریجی TSS میوه ها در تیمار با اسپرمیدین را میتوان به کاهش تولید اتیلن و کند شدن آهنگ رسیدن میوه ها نسبت داد.محققین نیز نشان دادند که پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین ویژگی های کیفی میوه انبه را با تأثیر بر ماده جامد محلول بهبود می‌بخشد. دلیل افزایش مقدار ماده جامد محلول ممکن است به خاطر آبکافت نشاسته و تولید مونو و دی ساکارید باشد (مالیک و سینگ، ٢٠٠٦) .

سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس سفتی بافت میوه نشان دادند که سفتی بافت میوه هر دو رقم هلو تحت تأثیر سطوح مختلف اسپرمیدین قرار گرفت. همچنین تجزیه آماری نشان داد که سفتی بافت میوه هلو در دو رقم هلوی مورد مطالعه نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ١). بیشترین میزان سفتی میوه در رقم گجیرگانات و به میزان ٧/٣٠ کیلوگرم نیرو در cm^2 و در رقم «انجیری‌خونی» ٥/٣٣ نشان داده شد و حتی در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسپرمیدین) هم هر دو رقم هلو از لحاظ میزان سفتی بافت میوه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (جدول٢). بررسی اثرات متقابل مقایسه میانگین‌ها (جدول ٣) درغلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان سفتی بافت میوه دو رقم هلو نشان داد که بیشترین میزان سفتی با متوسط میزان ٥/٥٩ و ٤/٢١ کیلوگرم نیرو مربوط به بر هم‌کنش سطح 5 میلی مولار و ٣ میلی‌مولار اسپرمیدین در رقم گجیر گانات و کمترین میزان سفتی با میانگین ٢/٧٦ و ٢/٩ کیلوگرم نیرو مربوط به تیمار شاهد و تیمار سطح ٣ میلی‌مولار اسپرمیدین در رقم «انجیری‌خونی» مشاهده و سنجش گردید. این نتایج نشان میدهند که اثرات غلظت‌های مختلف اسپرمیدین قبل از برداشت میوه بر میزان سفتی میوه هلو تأثیر گذار هست ولی به غلظت آن و رقم مورد بررسی بستگی دارد. گزارش‌هایی نیز وجود دارند که نشان می‌دهند تیمار با پلی‌آمین‌های برون زاد، رسیدن و پیری را در بسیاری از میوه ها به تأخیر انداخته و سبب حفظ سفتی میوه می‌شوند (شکراله‌فام و همکاران، ١٣٩٤).

از مشکلات اصلی در خصوص انبارمانی میوهٔ هلو عارضهٔ نرم شدگی است. نرم شدن علاوه بر تأثیر روی کیفیت میوه، عمر

انباری، قابلیت حمل و نقل و مقاومت به بیماری‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (دینگ و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از آثار اصلی و شناخته شدهٔ پلی‌آمین‌ها مانند اسپرمیدین بر عمر پس از برداشت میوه ها و سبزی ها حفظ سفتی گوشت آنهاست. طبق نظر آریجیتا و گونزالز (۲۰۰٤) اثر پلی آمین‌ها در افزایش سفتی بافت میوه را می‌توان به اتصال آنها به گروه‌های کربوکسیلی-COOترکیبات پکتیکی در دیواره سلولی نسبت داد. این اتصال به ثبات و پایداری دیواره منجر می‌شود که بلافاصله پس از تیمار قابل تشخیص است. این اتصال مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره از جمله پکتین متیل استراز، پکتین استراز و پلی گالاکتروناز می‌شود و میزان نرم شدگی میوه طی گذشت زمان کاهش می‌یابد (اثنی عشری و خسروشاهی، ۱۳۸۷). در کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر روی میوه‌های هلو (توریجیانی و همکاران، ۲۰۰٤)، انبه (مالیک و سینگ، ۲۰۰٦) و آلو (خان و همکاران، ۲۰۰۷) اعلام شده که تحت تأثیر این مواد فعالیت آنزیم‌های نرم کنندهٔ دیوارهٔ سلولی کاهش یافت و عارضهٔ نرم شدگی به تأخیر افتاده است.

Table 3. Mean comparison for effect of pre-harvest application of spermidine on some qualitative characteristics in two peach cultivars

cultivars	Spermidine Concentration (Mm)	Vitamin C g/100g	Total flavonoid mg/100gFW	Total antioxidant (٪)	TSS (°Brix)	TA (٪)	Total phenol mg/100gFW	Softness kg cm^{-2}	PH
Anjiri e Khooni	0	15/56abc	12/98c	79/63c	11/33c	0/57c	115/3bc	2/76c	3/92a
	1	15/59abc	13/64bc	84/38b	11/84c	0/68ab	125b	3/10c	3/46b
	3	16/08ab	13/40bc	87/79ab	12/18b	0/74ab	132/5ab	4/92bc	3/43b
	5	17/12a	14/78ab	88/41a	13/51b	0/87a	132/25ab	5/54bc	3/32bc
Gajir Ganat	0	13/49c	16/36a	77/46d	13/38b	0/64c	110/3c	6/45b	3/2bc
	1	14bc	11/89c	80/74c	15/58ab	0/67ab	118/25bc	6/98b	3/2bc
	3	15/04abc	14/11ab	84/97b	15/69ab	0/85ab	143a	7/21ab	3/17c
	5	15/56abc	16/5a	86/77ab	16/68a	0/97a	144/5a	8/59a	3/12c

اسیدیته قابل تیتراسیون و pH آب میوه

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اسیدیته قابل تیتراسیون (جدول ۱) در دو رقم هلو نشان دادند که میزان اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر سطوح مختلف اسپرمیدین در هر دو رقم هلو قرار گرفت. مقادیر اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه دو رقم هلو در سطح ۱ درصد و در سطوح مختلف اسپرمیدین نیز با احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسپرمیدین) و سطوح مختلف اسپرمیدین در هر دو رقم هلو از لحاظ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در بافت میوه اختلاف‌شان با یکدیگر معنی‌دار نبود. آهنگ تغییرات اسیدهای قابل تیتراسیون در سطوح مختلف اسپرمیدین در هر دو رقم افزایشی و مشابه بوده و با افزایش میزان غلظت اسپرمیدین اسیدهای قابل تیتراسیون نیز افزایش یافت (جدول ۲).

بررسی اثرات متقابل مقایسه میانگین‌ها در غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بافت میوه دو رقم هلو (جدول ۳) نشان داد که در هلو رقم گجیر گانات، اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار شاهد به میزان ۵/۷۷ بوده ولی با افزایش میزان غلظت اسپرمیدین، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون به ۹/٦۷ درصد افزایش یافت. این در حالی است که این میزان در رقم «انجیری‌خونی» نسبت به رقم گجیر گانات اختلاف معنی داری نداشت و به ۹/۲۷ رسید. و در غلظت ۳ میلی‌مولار در دو رقم به ۸/۷٤ افزایش یافت. در پژوهشی که توسط میردهقان و همکاران (۲۰۰۷) و سرانو و همکاران (۲۰۰۳)

انجام شد، میزان تنفس و تولید اتیلن در تیمار شاهد بالا بوده و در نتیجه موجب مصرف اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای تنفسی می‌شود که کاربرد پوترسین نیز منجر به کاهش کندتر تجزیه اسیدهای آلی در میوه های توت فرنگی و انار گردیده است. در تحقیق دیگری گزارش شده است که کاربرد قبل از برداشت پوترسین در دو زمان ۱۱۵ و ۱۱۸ روز بعد از مرحله تمام گل در شلیل استارد گلد، در زمان ۱۱۵ روز بعد از تمام گل غلظت ۲۰ میلی مولار پوترسین، بالاترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون را نشان داد ولی در زمان ۱۱۸ روز بعد از تمام گل غلظت ۱۰ میلی‌مولار بالاترین میزان اسیدیته را در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد که نتایج متفاوت به خاطر حساسیت مختلف ارقام به مواد شیمیایی ذکر شده است (تورجیانی وهمکاران،۲۰۰٤).

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار قبل از برداشت اسپرمیدین روی pH عصاره میوه معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای اسپرمیدین به مراتب باعث کاهش میزان PH عصاره میوه شد. به طوری که کمترین میزان PH عصاره میوه مربوط به تیمار ۵ میلی‌مولار و بعد از آن ۳ میلی‌مولار بود، اما تیمار شاهد بیشترین میزان PH عصاره میوه را به خود اختصاص داد (جدول۲).

علاوه براین اثر متقابل بین تیمار و رقم نشان داد که، بیشترین میزان PH عصاره میوه مربوط به تیمار شاهد در رقم «انجیری-خونی» (۳/۹۲) و کمترین میزان PH مربوط به تیمار ۵ میلی-مولار اسپرمیدین در رقم گجیرگانات (۳/۱۲) می‌باشد (جدول۳۳). از روند نتایج می‌توان ثابت کرد که تحت تیمار اسپرمیدین میزان PH میوه در رقم‌های مختلف می‌تواند متفاوت بوده باشد و سبب کاهش آن شود.

نتایج مشابهی در هلو (زکائی و اثنی عشری، ۲۰۰۸) و گلابی (حسینی و همکاران، ۲۰۱۷) گزارش شده است، که در مطالعه حسینی و همکاران (۲۰۱۷) تیمار ۲ میلی مولار پوترسین قبل از برداشت به مراتب در طول دوره‌های انبارمانی باعث حفظ PH میوه نسبت به شاهد شده‌اند.

ویتامین «ث» میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار اسپرمیدین و رقم هلو روی میزان ویتامین C به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار۵ میلی مولار اسپرمیدن نسبت به تیمار شاهد بیشترین تاثیر را در افزایش ویتامین C میوه‌ها داشته است. در میان دو رقم مورد مطالعه هلو، ویتامین Cمربوط به رقم «انجیری‌خونی» و گجیرگانات به ترتیب ۱٦/۰۷ و ۱٤/۵۲ میلی‌گرم بود و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند.

ویتامین C بافت میوه در دو رقم هلو، مشخص شد که بیشترین میزان ویتامین C با متوسط میزان ۱۷/۱۲ میلی‌گرم و ۱٦/۰۸ میلی‌گرم مربوط به برهمکنش سطح 5 میلی مولار و ۳ میلی-مولار اسپرمیدین در رقم «انجیری‌خونی» و کمترین میزان آن با میانگین ۱۳/٤۹ و ۱٤ میلی‌گرم مربوط به تیمار سطح شاهد و ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین در رقم گجیرگانات مشاهده و سنجش گردید. این نتایج نشان می‌دهند که اثرات کاربرد غلظت‌های مختلف استفاده از اسپرمیدین ده روز قبل از برداشت میوه، بر میزان ویتامین C میوه هلو تأثیرگذار می‌باشد ولی میزان تأثیرگذاری به غلظت استفاده از آن و همچنین به رقم مورد بررسی بستگی دارد.

حسینی و همکاران (۱۳۹٦)گزارش کردند که تیمارهای مختلف اسپرمیدین در سطح پنج درصد معنی داری، باعث بالابردن میزان ویتامین ث در انبه شده‌اند. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج انبه (مالیک و سینگ، ۲۰۰۵)، پرتقال (موسوی و جوانمردی، ۲۰۱۲) ، فلفل (شارما و همکاران ۲۰۲۲) و انگور (میردهقان و رحیمی ، ۲۰۰۳) مطابقت دارد. ممکن است در میوه‌های تیمارشده با اسپرمیدین، اسپرمیدین باعث ممانعت از، از دست دادن آب و اکسیداسیون آسکوربیک اسید شده و موجب حفظ پایداری غشای سلولی گردد (مارتینز و همکاران،۲۰۰۰). به ویژه اینکه ویژگی‌های آنتی اکسیدانی فراوانی را در مطالعات مختلف برای پلی آمین‌ها ذکر کرده اند (جیمنز و همکاران، ۲۰۰۲).

میزان فنل‌های کل میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار اسپرمیدین و رقم هلو روی میزان ترکیبات فنلی کل میوه به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۳ و ۵ میلی‌مولار اسپرمیدن نسبت به تیمار شاهد بیشترین تأثیر را در افزایش میزان فنل‌های میوه‌ها داشته است. در میان دو رقم مورد مطالعه هلو، میانگین فنل‌های کل میوه مربوط به رقم «انجیری-خونی» با مقدار ۱۱٦/۵ میلی‌گرم از رقم گجیرگانات (۱۱۱/۲۵ میلی‌گرم) بیشتر بود (جدول۲).

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود برهمکنش سطح ۳ و ۵ میلی مولار اسپرمیدین به طور معنی داری بیشترین میزان فعالیت ضد اکسیدانی (۱٤٤/۵ و ۱٤۳ میلی‌گرم) معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه را در مقایسه با تیمار شاهد (۱۱۰/۳ میلی گرم) در رقم «گجیرگانات» داشت. همچنین در رقم «انجیری‌خونی» فعالیت ضد اکسیدانی (۱۳۳/۲۵ و ۱۳۲/۵ میلی-گرم) معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه در مقایسه با تیمار شاهد (۱۱۵/۳ میلی گرم) مشاهده میشود.

از آنجا که پلی‌آمین‌ها سبب تأخیر در فرایند پیری می شوند در نتیجه سبب حفظ ترکیبات فنلی خواهند شد. افزایش فعالیت ضد اکسیدانی را هم می توان به افزایش در میزان ترکیبات فنلی کل نسبت داد. بنابراین، به نظر می‌رسد که بین فعالیت ضد اکسیدانی و ترکیبات فنلی رابطهٔ خطی وجود دارد. همبستگی مثبت بین فعالیت ضداکسیدانی و ترکیبات فنلی در میوه های زردآلو و انبه نیز گزارش شده است (رزاق و همکاران، ۲۰۱٤). پلی‌آمین‌ها خصوصیت ضد اکسیدانی دارند. اثر ضد اکسیدانی پلی‌آمین‌ها به تعداد گروه‌های آمینی موجود در مولکول آنها وابسته است. به طوری که اسپرمین نسبت به اسپرمیدین اثر ضد اکسیدانی بیشتری دارد و فعالیت ضد اکسیدانی این دو نسبت به پوترسین بالاتر است. همانند ضد اکسیدان ها، پلی‌آمین‌ها نیز لیپیدهای غشا را در مقابل آسیب اکسیداتیو حفظ می‌کنند و در نتیجه منجر به حفظ هومئوستازی در سلول‌های گیاهی می‌شوند (آرونووا و همکاران، ۲۰۰۵).

فلاونوئید کل میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده های حاصل از این تحقیق، تأثیر تیمارهای مختلف اسپرمیدین و رقم هلو روی محتوای فلاونوئید کل میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد(جدول ۱). برهم کنش تیمار و رقم میوه هلو هم معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که محتوای فلاونوئیدهای کل میوه ها با افزایش غلظت اسپرمیدین بطور معنی‌دار افزایش یافته است (جدول ۳). کمترین و بیشترین مقدار محتوای فلاونوئیدهای کل به ترتیب در تیمار شاهد و ۵ میلی مولار مشاهده شد. میانگین محتوای فلاونوئیدهای کل میوه‌ها، در سطوح اول و دوم و سوم اسپرمیدین به ترتیب از ۱۲/۷٦ ،۱۳/۷۵ و ۱۵/٦٤ میلی‌گرم معادل کوئرسیتین در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بود که به ترتیب با افزایش روند غلظت اسپرمیدین، به محتوای فلاونوئیدهای کل میوه (با توجه به رقم مورد نظر) در این مطالعه افزوده شده است.

در بررسی اسپرمیدین روی میوه‌های زردآلو (طه و همکاران، ۱۳۹۷)، شلیل (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۲) و زیتون (رستمی اوزومچلوئی و همکاران، ۱۳۹۵) گزارش شده است که با پیشرفت رسیدگی میوه و در انتهای برداشت، محتوای فلاونوئیدهای کل کاهش می‌یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از اسپرمیدین و پوترسین در اواخر مرحله رسیدن میوه باعث کاهش روند رسیدن میوه و مانعِ از، از بین رفتن فلاونوئید میوه‌ها گردیده است. بر اساس بررسی منابع صورت گرفته، گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر پلی‌آمین‌ها روی فلاونوئیدهای کل صورت نگرفته است.

ظرفیت آنتی اکسیدان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، هم اثرات ساده و هم اثرات متقابل رقم هلو و اسپرمیدین در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در دو رقم هلو معنی‌دار بود. وجود این اختلاف می‌تواند بیانگر نقش رقم و ژنتیک در سنتز و میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی باشد. در این تحقیق، از ارقام بومی با رنگ‌ها ی زرد و قرمز استفاده شد. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، ارقام با فنل

کـل بیـشتر، دارای ظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتری نیز هستند (جدول ۳).

برهم کنش تیمار و رقم هلو هم معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که محتوای آنتی‌اکسیدان میوه‌ها با افزایش غلظت اسپرمیدین بطور معنی‌دار افزایش یافته است. کمترین و بیشترین مقدار محتوای آنتی‌اکسیدان به ترتیب در تیمار شاهد و ۵ میلی‌مولار مشاهده گردید. میانگین محتوای آنتی‌اکسیدان میوه‌ها، در سطوح اول و دوم و سوم اسپرمیدین به ترتیب از ۱۲/۷٦، ۱۳/۷۵ و ۱۵/٦٤ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بود که به ترتیب با افزایش روند غلظت اسپرمیدین، به محتوای آنتی اکسیدان میوه (با توجه به رقم مورد نظر) در این مطالعه افزوده شده است (جداول ۲ و ۳). در طول دوره نگهداری میزان اسیداسکوربیک میوه که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم میوه می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین درجریان خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (اسمیموف، ۱۹۹۵). کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه بدلیل کاهش اجزای آنتی اکسیدانی در جریان خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اتفاق می‌افتد. اسپرمیدین با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن رسیدن، سبب جلوگیری از تجزیه دیواره سلولی و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد، نیاز سلول به مصرف اسید اسکوربیک کمتر شده و در نتیجه این ویتامین در میوه حفظ می‌گردد. همچنین پلی‌آمین‌ها بدلیل داشتن بارهای مثبت مستقیماً باعث حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند. سیرویی نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیق مشابه اثرات اسپرمیدین روی توت‌فرنگی، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در این تحقیق بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی در تیمار ۳ و ۵ میلی‌مولار اسپرمیدین نسبت به تیمارهای شاهد بدست آمده است که با نتایج تحقیق در خصوص حفظ میزان اسکوربات کل با نتایج آزمایش‌ها روی خردل (دات و همکاران، ۱۹۹۸) مطابقت دارد. در تأیید این مطلب گزارش شده است که در توت فرنگی در طول دوره نگهداری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد که این کاهش در ارتباط با کاهش اجزای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی {اسید آسکوربیک، ترکیبات آنتی اکسیدانی و فنولی می‌باشد (فرییرا و همکاران، ۲۰۰۷). نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در گیاهان به نقش آنها در استحکام بخشی به غشاها از طریق از بین بردن رادیکال‌های آزاد مربوط می‌گردد که به دلیل داشتن بار مثبت باعث خنثی شدن آنها می‌شوند (زکائی خسرو شاهی و اثنی عشری، ۱۳۸۷ ، میشرا و همکاران ۲۰۲۲).

نتیجه گیری کلی

این پژوهش نشان داد کاربرد قبل از برداشت اسپرمیدین سبب بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه هلو می‌شوند. پلی‌آمین‌ها سبب حفظ میزان سفتی و فعالیت ضد اکسیدانی در میوه‌ها شدند و میوه‌های تیمار شده فعالیت میکروبی کمتری نسبت به شاهد داشتند. نرم شدن میوه از مشکلات اصلی کاهش عمر پس از برداشت میوه‌های هلو محسوب می‌شود. در این پژوهش مشخص شد که پلی‌آمین‌ها توانستند میزان نرم شدگی میوه‌ها را نسبت به میوه‌های شاهد به طور محسوسی کاهش داده و اسید آسکوربیک (ویتامین ث)، فلاونوئیدها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را افزایش دهند. بطور کلی اسپرمیدین ۵ میلی‌مولار توانسته بیشترین تأثیر را بر حفظ ویژگی‌های کیفی میوه‌های دو رقم هلو داشته باشند

References

اثنی عشری م و خسروشاهی م ر.۱۳۸۷، پلی‌آمین‌ها و علوم باغبانی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. چاپ اول. صفحه۱۸۸.

حسینی م، زاهدی س م، کریمی م و ابراهیم زاده ا، ۱۳۹٦. کاربرد پس از برداشت پلی‌آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارمانی و عمر قفسه‌ای میوه انبه (*Mangifera indica* L.). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی).۳۱(٤، ۷٦۵-۷۷۷.

رستمی اوزومچلوئی ص، قاسم‌نژاد م و رمضانی ملک‌رودی م، ۱۳۹۵. تأثیر زمان برداشت میوه روی میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و روغن برخی از ارقام زیتون (*Olea europaea* L.)در رودبار. مجله علوم و صنایع غذایی، ۱۳(۵۲)، ٤۵-۳۵.

زکائی خسروشاهی م و اثنی عشری م، ۱۳۸۷. تأثیر پوترسین بر عمر قفسه ای و فیزیولوژی پی از برداشت زردآلو، گیلاس و هلو. فناوری و دانش کشاورزی. ٤٥(۱۲)، ۲۳۰-۲۱۹.

سیرویی نژاد ب، مرتضوی س م ح، معلمی ن و عشقی س، ۱۳۹۱. تأثیر تیمار با پوترسین و اسپرمیدین بر کیفیت پس از برداشت میوه توت فرنگی رقم «سلوا». علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۳(۳)، ۳۰٤-۲۹۱.

شکراله‌فام ص، حاجی‌لوج و زارع نهندی ف، ۱۳۹٤. تأثیر نوع پلی‌آمین بر انبارمانی میوهٔ آلو، رقم «شابلون». علوم باغبانی ایران، ٤٦ (٤)، ٦٥٨-٦٤٩.

طه ج، حاجی لو ج و دهقان غ، ۱۳۹۷. تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر کیفیت میوه زردآلو رقم شاهرودی در طی مراحل مختلف برداشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

Aronova EE, Shevyakova NI, Stetsenko LA and Kuznetsov VV. 2005. Cadaverine-induced ibduction of superoxide dismutase gene expression in Mesembryanthemum crystallinum L. Biological Sciences 403: 257-259.

Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C, 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebens Wissen and Technology 28: 25-30

Bregoli AM, Scaramagli S, Costa G, Sabatini E, Ziosi V, Biondi Sand Torrigiani P, 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: aminoethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. Journal of Plant Physiology 114: 472-481.

Dat JF, Foyer CH and Scott IM, 1998. Changes in Salicylic acid and anti-oxidants during induced thermo tolerance in mustard seedlings. Plant Physiolology 118: 1455-1461.

Deng Y, Wu Y and Li Y, 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grape stored in high oxygen atmospheres. Food Research International 38: 769-776.

Ebrahimzadeh MA, Hosseini Mehr SC, Mahmoudi M, Qaykhlv MR and Hosseini CM, 2006. Vitamin C measured by oxidation- reduction two-stage titration oxidation in a variety of citrus, Mazandaran University of Medical Sciences journals15 (48): 31-26.

Ferreyra MR, Vina SZ, Mugridge A and Chaves AR, 2007. Growth and ripening season effects on anti-oxidant capacity of strawberry cultivar Selva. Science Horticulturae 112: 27-32.

Galston AWand Sawhney RK, 1990. Polyamines in plant physiology, Plant physiology 94: 606-610.

Gasemi Y, Nematzadeh GA, Ebrahimzadeh MA and Dehpour AA, 2012. Influence of harvesting date on some physiochemical properties of nectarine leaf and fruit.Journal of medicinal plants research, 6(43):5552-5556.

Hertog M, Nicholson SE and Jeffery PB, 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward'kiwifruit, Journal of the Postharvest Biology and Technology 31: 251-261.

Jimenez A, Creissen G, Kular B, Firmin J, Robinson S, Verhoeyen M and Mullineaux P, 2002. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening, Planta 214: 751-758.

Khan AS, Singh Z and Abbasi N. A. 2007. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in Angelino plum. Postharvest Biology and Technology 46: 36-46.

Malik AU and Singh Z. 2005. Pre-storage application of polyamines improve shelf life and fruit quality of mango, Journal of Horticulture Science and Biotechnology 80: 363-369.

Malik AU and Singh Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae 110:167-174.

Malik A, Singh Z, Tan S. 2006. Exogenous application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. Acta Horticulturae 699: 321–328.

Martinez RD, Valero D, Serrano M, Burlo M, Carbonell A and Burgos L. 2000. Exogenous polyamine and gibberellic acid effects on peach (*Prunus Persica* Bath.) storability improvement, Journal of Food Science 65: 288-294.

Mishra S, Barman K, Singh AK and kole B.2022.Exogenous polyamine treatment preserves postharvest quality, antioxidant compound and reduce peroxidation in black plum. South African journal of Botany 146:662-668.

Mousavi SK and Javanmardi S, 2012. The effect of spermidine, warm water and vast life on quality of Washington navel orange, Journal of physiology and postharvest technology of horticultural products 1 (1): 63-77.

Mirdehghan SH, Rahemi M, Serrano M, Guillen F, Martínez RD and Valero D, 2007. The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils, Journal of Agriculture Food Chemistry55: 755-760.

Razzaq K, Khan AS, Malik AU, Shahid M and Ullaha S, 2014. Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in samar Bahisht chaunsa mango. Journal of Postharvest Biology and Technology 96: 23-32.

Roy T, Pal N, and Das N.2024.Regulation of the polyamine pool in plants:Metabolic implications and stress mitigation, with emphasis on microbial influence.Physiological and molecular pathology 123:102317.

Serrano M, Martinez-Romero D, Guillen F and Valero D, 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivar. Journal of Postharvest Biology and Technology 30:259-271.

Sharma S, Krishna H, Barma K, kole B and Singh SK. 2022. Synergistic effect of polyaminetreatment and chitosan coating on postharvest senescence and enzyme activity of bell peper(*capsicum annum* L). South African journal of Botany 146:662-668.

Smimoff N. 1995. Anti-oxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff, N. (ed.), Environment and Plant Metabolism. Bios Scientific Publisher, Oxford, United Kingdom, 217-243.

Sood Sand Nagar PK. 2008. Post-harvest alteration in polyamins and ethylene in two diverse rose species. Journal of Acta Physiology Plant 30: 243-248.

Singleton VL and Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology Viticulture 16:144-158.

Torrigiani P, Bregoli AM, Ziosi V, Scaramagli S, Ciriaci T, Rasori A, Biondi S and Costa G. 2004. Pre-harvest polyamine and aminoethoxyvinylglycine (AVG) applications modulate fruit ripening in stark red gold nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). Postharvest Biology and Technology 33: 293-308.

Valero D, Martinez-Romero D and Serrano M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. Trends in Food Science and Technology 13:228-234.