

اثر پوترسین و تیمار آب‌گرم بر عمر پس از برداشت و برخی شاخص‌های کیفی توت‌فرنگی رقم پاروس

عاطفه میرانی^۱، محمود اثنی‌عشری^{۲*}، اشرف گوهری‌اردبیلی^۳ و معصومه عامریان^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۷)

چکیده

امروزه کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات تازه کشاورزی با هدف افزایش امنیت غذایی و جلوگیری از هدر رفت سرمایه، یکی از چالش‌های پیش روی جوامع می‌باشد. در این پژوهش تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین و دماهای مختلف آب بر عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شد. فاکتور اول تیمار پوترسین در چهار سطح صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار و دمای آب در چهار سطح ۲۵ (شاهد)، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد و فاکتور دوم زمان نگهداری در انبار در پنج سطح شامل صفر (شروع انبارداری)، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل کاهش وزن میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، سفتی بافت میوه، درصد پوسیدگی و ویژگی‌های ظاهری میوه بود. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که تیمارهای آب‌گرم و پوترسین، درصد کاهش وزن و درصد پوسیدگی میوه را نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش دادند. همچنین تیمار آب‌گرم و پوترسین از افزایش میزان pH در دوره‌ی انبارمانی نسبت به نمونه شاهد جلوگیری کردند. در هر دو تیمار اعمال شده میزان کاهش مواد جامد محلول، سفتی و مصرف اسیدهای آلی نیز در طی دوره انبارمانی در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد کمتر بود.

کلمات کلیدی: پوسیدگی، زمان نگهداری، مواد جامد محلول، ویتامین ث

۱- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

* پست الکترونیک: m.esnaashari@basu.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) از خانواده Rosaceae گیاه علفی چندساله است (هکا-اندو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). توت‌فرنگی به‌عنوان منبع خوبی از فلاونوئیدها، فیبر، ویتامین‌ها، پتاسیم و طیف وسیعی از اسیدهای فنولیک از جمله اسیدهای هیدروکسیسینامیک و هیدروکسی بنزوئیک است. میوه توت‌فرنگی سرشار از ویتامین ث و منگنز می‌باشد. توت‌فرنگی دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند کامفرول، کورستین و آنتوسیانین‌ها است که نقش مهمی در سلامت انسان دارد (سلیمی^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). تولید توت‌فرنگی با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای آن مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. در سال ۲۰۱۹، تولید جهانی توت‌فرنگی به ۸/۹ میلیون تن رسید که چین ۴۰ درصد از کل تولید را به‌خود اختصاص داد و ایالات متحده و مکزیک سه تولیدکننده برتر را به‌خود اختصاص دادند. چین با ۳/۹ میلیون تن تولید سالانه در سال ۲۰۱۹ بزرگترین تولیدکننده است (قریشی^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). میوه توت‌فرنگی به‌دلیل متابولیسم سریع و حساسیت به آسیب مکانیکی و همچنین آلودگی توسط باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها بسیار فاسدشدنی است و عمر پس از برداشت محدودی دارد (بال و آرن^۴، ۲۰۲۱). این وضعیت جابه‌جایی و انتقال این محصول را به مراکز مصرف مشکل ساخته است، مجموعه مطالعات صورت گرفته جهت کنترل و کاهش ضایعات توت‌فرنگی منجر به ارائه راه‌ها و پیشنهادهای مختلفی شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های استفاده از پلی‌آمین‌ها و تیمار گرمایی اشاره کرد (جلیلی^۵ و همکاران، ۲۰۲۳؛ چاوراسیا^۶ و همکاران، ۲۰۲۴). پوسیدگی و فساد پس از برداشت عامل اصلی کاهش عمرانباری بسیاری از میوه و سبزیجات تازه برداشت شده است. تمام میوه‌ها و سبزیجات تازه، جهت عرضه به بازارهای داخلی یا صادرات باید قبل از بسته‌بندی عاری از آلودگی، گرد و غبار، عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی باشند (فالیک^۷، ۲۰۱۱). حساسیت محصولات تازه برداشت شده به بیماری‌های پس

از برداشت در طول نگهداری طولانی مدت افزایش می‌یابد، به‌دلیل تغییرات فیزیولوژیکی که عوامل بیماری‌زا را قادر می‌سازد در میوه‌ها رشد کنند. نابودی اسپور قارچ‌های بیماری‌زا با عملیات حرارتی جدید نیست. در اوایل دهه ۱۹۳۰، میوه‌ها را برای چند دقیقه در دمای ۴۹ درجه سانتی‌گراد از طریق غوطه‌ورسازی داغ عبور دادند تا هاگ‌های کپک روی مرکبات از بین بروند (ایرتوانگه^۸، ۲۰۰۶). عملیات حرارتی نه‌تنها بر پاتوژن تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند تأثیرات مفیدی بر میوه داشته باشد. در طی چند سال گذشته علاقه شدید به استفاده از تیمارهای گرمایی در پس از برداشت برای کنترل آفات، جلوگیری از پوسیدگی قارچی و تأثیرگذاری بر رسیدن محصول افزایش یافته است (کابلیتز و هاسنبرگ^۹، ۲۰۱۸). غوطه‌ور کردن در آب به‌دلیل انتقال حرارت رایج‌ترین و کارآمدترین روش نسبت به هوا و بخار داغ است (شیائو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۴). غوطه‌ور کردن میوه‌های انبه^{۱۱} در آب داغ (۵۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۵ دقیقه، به‌طور قابل توجهی باعث کاهش درصد پوسیدگی میوه‌ها شد (خلیل^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۲).

بسیاری از شواهد تحقیقاتی نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها^{۱۳} (PAs) در اشکال آزاد خود به‌عنوان عوامل ضدپیری عمل می‌کنند، سرعت تنفس را کاهش می‌دهند، تولید اتیلن را به تأخیر می‌اندازند، تغییرات رنگ را به تعویق می‌اندازند، سفتی میوه را افزایش می‌دهند، مقاومت مکانیکی ایجاد می‌کنند و علائم سرما را کاهش می‌دهند (چمپا^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۴). شناخته شده‌ترین پلی‌آمین‌ها در سلول‌های گیاهی اسپرمیدین، اسپرمین و پوترسین هستند (یاویچ^{۱۵}، ۲۰۲۴). گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها با خواص ضدپیری مرتبط هستند. اما در اکثر میوه‌ها و سبزیجات، سطح پلی‌آمین‌ها معمولاً در طول فرآیند رسیدن و پیری کاهش می‌یابد. چنین کاهش معمولی در سطوح پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های بافتی و ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات تأثیر منفی می‌گذارد (فخری‌زاده^{۱۶} و همکاران،

9. Kabelitz and Hassenberg

10. Xiao

11. *Mangifera indica* L. cv. Kent

12. Khalil

13. Polyamines

14. Champa

15. Yavic

16. Fakorzadeh

1. Hikawa-Endo

2. Salimi

3. Quarshi

4. Bal and Ürün

5. Jalali

6. Chaurasia

7. Fallik

8. Irtwange

پودر پوترسین با خلوص ۹۸ درصد از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. بعد از انتخاب میوه‌های یک‌دست (از نظر اندازه، رنگ و شکل)، میوه‌ها در محلول‌های تهیه شده پوترسین (۵۰۰ میلی‌لیتر) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از اعمال تیمارها در مدت زمان مشخص و خشک شدن میوه‌های در دمای آزمایشگاه (25 ± 1 درجه سانتی‌گراد)، میوه‌ها در ظروف یکبار مصرف با سلفون پوشانده شده و پس از توزین به سردخانه با دمای $1 \pm$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد انتقال داده شدند. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مورد نظر در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز پس از نگهداری در سردخانه انجام شد.

جهت اعمال تیمار آب‌گرم از یک بن‌ماری (حمام آب‌گرم) با یک ترموستات دقیق جهت کنترل درجه حرارت استفاده شد. میوه‌های توت‌فرنگی با آب‌گرم (۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت یک دقیقه و میوه‌های شاد با آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. پس از اعمال تیمار آب‌گرم و خشک شدن میوه‌ها در دمای آزمایشگاه (25 ± 1)، میوه‌ها در ظروف یکبار مصرف با سلفون پوشانده شده و پس از توزین به سردخانه با شرایط دمایی و رطوبتی مشابه تیمار پوترسین (با دمای $1 \pm$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد) انتقال داده شدند. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مورد نظر در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز پس از نگهداری در سردخانه انجام شد.

درصد کاهش وزن میوه

وزن میوه‌های توت‌فرنگی در روزهای صفر، سه، شش، نه، دوازده و پانزدهم انبارمانی در تیمارهای پوترسین و آب‌گرم با استفاده از ترازوی دیجیتالی (ساتوریوس^۶ مدل GM ۶۱۲، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد و سپس میزان درصد کاهش وزن در روزهای انبارمانی نسبت به روزهای قبل با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد:

$$100 \times \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{کاهش وزن (\%)}$$

میزان سفتی میوه

سفتی بافت میوه‌های توت‌فرنگی با سفتی‌سنج واگنر^۷ مدل افدیکا ۳۲ با میله نفوذکننده به قطر ۲ میلی‌متر ساخت

(۲۰۲۴). برای حل این مشکل، کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها برای افزایش دوره استفاده و حفظ صفات بافتی بدون تغییر در چندین میوه مانند توت^۱ (یاویچ، ۲۰۲۴)، کنار آفریقایی^۲ (میقانی و سادات‌حسینی^۳، ۲۰۲۴) و گلابی^۴ (جین^۵ و همکاران، ۲۰۲۴) گزارش شده است. استفاده از تیمار پوترسین روی میوه خیار^۶ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که میوه‌های تیمار شده دارای خواص با کیفیت بهتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در مدت ۱۰ روز نگهداری هستند (جیا^۷ و همکاران، ۲۰۱۸).

بنابراین با توجه به اینکه توسعه روش‌های جدید و سالم برای افزایش میزان ماندگاری و کاهش ضایعات محصولات فسادپذیر بسیار مورد توجه است لذا این تحقیق با هدف چگونگی تأثیر تیمار پوترسین و آب‌گرم بر عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی به وسیله اندازه‌گیری صفات کاهش وزن میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، سفتی بافت میوه، درصد پوسیدگی و ویژگی‌های ظاهری پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس طی نگهداری در انبار سرد صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه و سردخانه گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. میوه‌های توت‌فرنگی رقم پاروس با اندازه‌های یکنواخت و شرایط مشابه در مرحله بلوغ تجاری (زمانی که بیش از ۷۵ درصد سطح آن‌ها قرمز شده باشد) از یک باغ نمونه در سنج‌ده تهیه شده و در زمان کوتاهی به آزمایشگاه منتقل شد. این پژوهش به صورت یک آزمایش فاکتوریل (دارای دو فاکتور) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، تیمارهای مورد نظر شامل پوترسین در چهار غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار و آب در چهار سطح دما شامل ۲۵ (شاهد)، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد بودند که به طور جداگانه اعمال شدند و فاکتور دوم، زمان نگهداری در انبار در شش سطح شامل صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ منظور گردید. برای هر تکرار نیز ۱۰ عد میوه در نظر گرفته شد.

6. *Cucumis sativus* L.

7. Jia

8. Satorius

9. Wagner

1. *Morus nigra* L.

2. *Ziziphus mauritiana* L.

3. Meighani and Sadat-Hosseini

4. *Pyrus bretschneideri* Rehd.

5. Jin

علامت پوسیدگی، نمره‌دهی شد. شاخص پوسیدگی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (ذکایی‌خسروشاهی و همکاران، ۲۰۰۸).
(رابطه ۲)

شاخص پوسیدگی

$$= \sum \frac{[\text{تعداد میوه در هر درجه پوسیدگی} \times \text{درجه پوسیدگی}]}{\text{تعداد کل میوه در هر تکرار}}$$

ارزیابی وضعیت ظاهری

برای تعیین کیفیت ظاهری میوه‌ها هر یک از ۹ میوه موجود در هر واحد آزمایشی به‌طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفتند و بر حسب میزان بازپسندی آن‌ها نمره‌های یک تا شش به‌صورت زیر برای آن‌ها در نظر گرفته شد و ۱= خیلی بد، ۲= بد، ۳= متوسط، ۴= خوب، ۵= خیلی خوب و ۶= عالی. از اعداد به‌دست آمده به‌عنوان نمره آن واحد آزمایشی یادداشت گردید. در واقع نمره هر واحد آزمایشی میانگین نمره‌های هر یک از ۹ میوه موجود در آن واحد آزمایشی بود (آیالا-زاوالا و همکاران، ۲۰۰۷).

اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین کل

اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین کل توسط روش طیف‌سنجی بر اساس ضریب خاموشی و طبق دستور ورولستاد^۴ و همکاری (۲۰۰۵) انجام شد. ابتدا یک گرم توت‌فرنگی وزن و با ۱۰ میلی‌لیتر حلال متانول اسیدکلریدریک یک درصد (۹۹ میلی‌لیتر متانول و ۱ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک) مخلوط گردید. مخلوط حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. بعد از خروج از این دما مخلوط با سانتریفیوژ (مدل ۱۴R Velocity) ۱۵۰۰ دور به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و مایع رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۵۲۱۰۰ suv، یونیکو آمریکا) و جذب در ۵۱۵ نانومتر قرائت شد و در نهایت میزان آنتوسیانین بر اساس رابطه ۳ به‌دست آمد:

(رابطه ۳)

$$A = e \times b \times c$$

که در آن A = جذب دستگاه در ۵۱۵ نانومتر، e = ضریب خاموشی برابر با $10^6 \times 3/6$ لیتر بر مول بر سانتی‌متر، b =

ایتالیا اندازه‌گیری شد. در هر مورد ۳ نمونه انتخاب و میانگین سفتی بافت آن‌ها به‌عنوان سفتی بافت هر تکرار از تیمار مورد آزمایش ثبت گردید.

میزان کل مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول در عصاره میوه صاف شده، ابتدا دستگاه رفاکتومتر^۱ دستی دیجیتالی (مدل N₁، ساخت شرکت آتاگو^۲، ژاپن) با آب مقطر روی عدد صفر تنظیم گردید، سپس چند قطره عصاره صاف شده میوه روی منشور رفاکتومتر قرار داده شد و غلظت مواد جامد محلول بر حسب بریکس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شد. در هر مورد ۳ نمونه انتخاب و میانگین مواد جامد محلول آن‌ها به‌عنوان مواد جامد محلول هر تکرار از تیمار مورد آزمایش ثبت گردید.

تعیین میزان pH آب میوه

ابتدا pH متر^۳ دیجیتالی با استفاده از بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شد. عصاره میوه در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکترودها در محلول، pH مورد نظر قرائت شد. پس از هر قرائت الکترودها با آب مقطر شستشو داده و با کاغذ صافی خشک گردید.

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون

اسید کل میوه، پس از رقیق کردن ۳ میلی‌لیتر آب میوه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر با معرف فنل‌فتالین یک درصد به‌روش عیارسنجی با سود ۰/۲ نرمال تا مرحله تغییر رنگ به‌صورتی اندازه‌گیری و با رابطه ۱ بر حسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد (مظفری و همکاران، ۱۳۹۷).

(رابطه ۱)

$$\text{میزان سود مصرفی} \times \text{والانس گرم اسید غالب} \times \text{نرمالینه سود} \times 100 = \frac{\text{اسید}(\%) \times 1000}{\text{وزن نمونه}}$$

تعیین درصد پوسیدگی

درصد پوسیدگی میوه به‌صورت مشاهده‌ای در پنج درجه شامل صفر: سطح میوه عاری از هر گونه علامت پوسیدگی، یک: کمتر یا مساوی پنج درصد سطح میوه دارای آلودگی، دو: بیشتر از پنج درصد و کمتر یا مساوی ۲۰ درصد از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، سه: بیشتر از ۲۰ درصد و کمتر یا مساوی ۵۰ درصد از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، چهار: بیشتر از ۵۰ درصد از سطح میوه دارای

4. Ayala-Zavala
5. Wrolstad

1. Refractometer
2. Atago
3. pH-meter

تجزیه آماری

تجزیه داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۱) انجام شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($0.05 \geq P$) استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن میوه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمار (پوترسین و گرما) و زمان نگهداری و اثرات متقابل تیمار و زمان نگهداری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بوده است.

طبق مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار و زمان نگهداری

عرض سل بر حسب سانتی‌متر و $c =$ غلظت آنتوسیانین بر حسب میکرومول در کیلوگرم میوه می‌باشند.

اندازه‌گیری میزان اسیدآسکوربیک (ویتامین ث)

برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث از روش یدومتريک استفاده خواهد شد. برای این منظور ۲۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف شده به داخل ارلن مایر ریخته و به آن ۱۰ قطره نشاسته اضافه شد سپس با محلول ید تا زمان تشکیل رنگ آبی تیتتر شد. در پایان تیتراسیون، حجم میزان محلول ید مصرف شده در تیتراسیون یادداشت شده و با استفاده از رابطه ۴ میزان ویتامین میوه‌ها محاسبه و بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (رسیونی^۱، ۱۹۹۶). (رابطه ۴)

$$M_{\text{ascorbic acid}} = M_{\text{iodine solution}} \times m_{\text{iodine solution}} \times 176.12 \text{ g/mole}$$

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمار پس از برداشت (پوترسین و دما) و زمان نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر برخی صفات اندازه‌گیری شده توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن	سفیدی	درصد پوسیدگی	ویژگی ظاهری
تیمار (پوترسین و دما)	۷	۹/۴۸**	۰/۲۱۸*	۳۲۸۸/۲۳**	۲/۷۵**
زمان نگهداری	۵	۱۲/۵۴**	۱۲/۰۰۲**	۱۷۹۳۴/۹۳**	۰/۴۱۱*
تیمار × زمان نگهداری	۳۵	۰/۲۰۳**	۰/۰۸۱*	۱۸۰/۴۵*	۰/۰۱۷ ^{ns}
خطای آزمایش	۹۶	۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۱۷/۵۴	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات	-	۷/۳۹	۴/۱۴	۱۳/۵۴	۵/۸۸

*, **, ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار

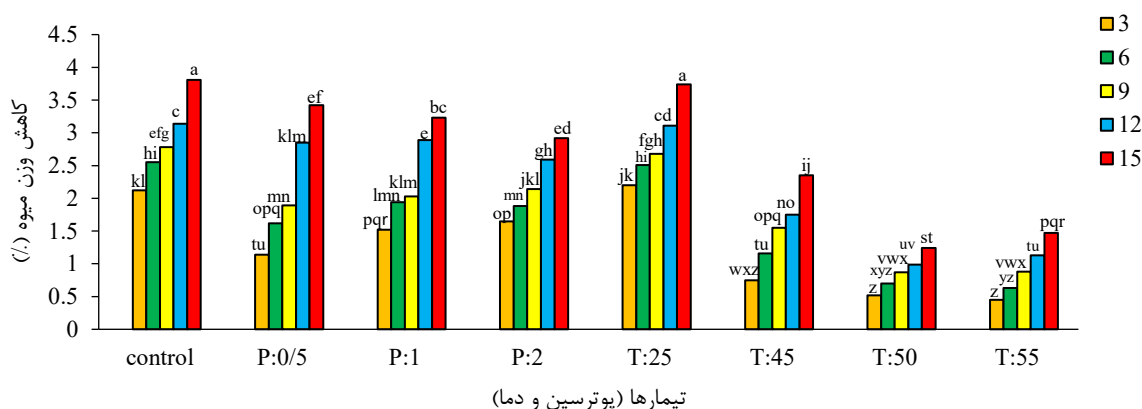
شده را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (شکل ۱). ثابت شده است که کاهش در میزان از دست رفتن وزن میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها به‌دلیل مقاومت، تثبیت و حفظ تمامیت غشاء است. پلی‌آمین‌ها به‌دلیل حفظ تمامیت غشاء پتانسیل ضدپیری دارند و بدین گونه می‌توانند از نشت یونی و در نهایت از کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده بکاهند (تاکاچ^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). میردهقان و همکاران (۱۳۹۴) اظهار داشتند که پلی‌آمین‌های برون‌زاد پوترسین و اسپرمیدین از طریق اتصال به جایگاه‌های آنیونی غشاء و با حفظ سیالیت و کاهش نشت الکترولیتی آن در میوه انار^۴ کاهش وزن این میوه را به حداقل رساندند. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط واناپوساواپیچ و سرایافناپ^۵ (۲۰۱۸) در میوه

بر درصد کاهش وزن (شکل ۱)، تیمار و زمان نگهداری درصد کاهش وزن را نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش دادند و با افزایش زمان انباری این کاهش وزن در نمونه‌های تیمار شده کمتر بود. بیش‌ترین میزان کاهش وزن در پایان دوره نگهداری مربوط به میوه‌های شاهد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و کم‌ترین میزان کاهش وزن میوه در تیمارهای ۵/۵ میلی‌مولار پوترسین و دماهای ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

مهم‌ترین ناهنجاری‌های که سبب کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی فرآورده‌ها می‌شود، کاهش وزن از طریق تبخیر از سطح فرآورده است و چون آثار منفی روی ساختار و ظاهر فرآورده دارد، سبب کاهش بازارپسندی محصولات می‌شود (گالیندو^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). استفاده از پوترسین در این تحقیق نشان داد که این ماده کاهش وزن نمونه‌های تیمار

4. *Punica granatum* L.
5. Wannabussapawich and Seraypheap

1. Rasiouny
2. Galindo
3. Takács



شکل ۱- اثر متقابل بین پوترسین و دما با زمان نگهداری بر درصد کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری
P0.5, P1, P2 و T50, T45, T25, T55: به ترتیب ۱ و ۲ میلی‌مول پوترسین، T50, T45, T25 و T55: به ترتیب ۲۵، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

درصد و اثر زمان نگهداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است.

مطابق نتایج این تحقیق (جدول ۲) با افزایش زمان انباری سفتی بافت میوه کاهش می‌یابد ولی این کاهش در میوه‌های تیمار شده، نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود. در پایان دوره نگهداری بیش‌ترین میزان سفتی بافت میوه در تیمارهای ۲ میلی‌مولار پوترسین و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و کم‌ترین میزان سفتی بافت میوه مربوط به نمونه‌های شاهد می‌باشد.

کاهش سفتی طی دوره انبارمانی به این دلیل است که در طول رسیدن، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز سبب دی‌متیل‌شدن اسید گالاکتورونیک در پکتین‌های دیواره سلولی می‌شوند و یون کلسیم موجود در زنجیره‌های پلیمری دیواره سلولی آزاد شده و در نتیجه نرم شدن دیواره سلولی سلول‌ها، نرم شدن میوه اتفاق می‌افتد (وی^۹ و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش سفتی در طول زمان انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با ۲ میلی‌مولار پوترسین بیشتر از غلظت‌های دیگر بود که می‌توان به دلیل اتصال پوترسین به ترکیبات پکتیکی دیواره سلولی نسبت داد.

این اتصال به ثبات و پایداری دیواره سلولی منجر می‌شود که پس از تیمار قابل تشخیص است این اتصال مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره از جمله پکتین‌متیل‌استراز و پلی‌گالاکتروناز می‌شود که به نوبه خود، نرم شدن

انبه^۱ و داوری‌نژاد^۲ و همکاران (۲۰۱۵) در میوه آلو^۳ مطابقت داشت که در این دو تحقیق کاربرد پوترسین میزان از دست‌دهی وزن میوه‌ها را در انبار کاهش داده بود.

بر اساس نتایج این تحقیق افزایش دمای تیمار دمایی باعث کاهش از دست‌دهی وزن در نمونه‌های تیمار شده، شد. تیمار آبگرم منجر به بازپختی لایه اپی‌کوتیکولی و در نتیجه کاهش مهمی در ترک‌های کوتیکولی می‌شود، بنابراین با گسترش موانع فیزیکی از دست‌دهی رطوبت کاهش می‌یابد (فالیک و همکاران^۴، ۲۰۰۰). دلیل دیگر جهت توجیه کاهش کمتر وزن میوه‌های تیمار گرمایی شده، میزان تنفس کمتر در این میوه‌ها است. پلی‌آمین‌ها در سنتز پروتئین‌های شوک گرمایی در شرایط تنش گرما نقش دارند و سنتز این پروتئین‌ها در ۴۰ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود (لی^۵ و همکاران، ۲۰۲۴). در سلول‌های تحت تنش گرما فرم اتصالی پلی‌آمین‌ها نسبت به فرم آزاد بیشتر است و این نتایج نشان می‌دهند که وضعیت متابولیکی پلی‌آمین‌ها در سلول با تأثیر بر ثبات و خواص فیزیکی غشای سلولی، سنتز پروتئین‌های شوک گرمایی را در شرایط تنش گرما تحت تأثیر قرار می‌دهد (گنزالز-آگویلار^۶، ۲۰۰۰). این اثر در میوه زردآلو^۷ توسط علی^۸ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است.

سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر تیمار و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری در سطح احتمال پنج

6. Gonzalez-Aguilar
7. *Prunus armeniaca* L.
8. Ali
9. Wei

1. *Mangifera indica* L.
2. Davarynejad
3. *Prunus domestica* L.
4. Fallik
5. Li

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار پوترسین و دما با زمان نگهداری بر میزان سفتی (نیوتن) بافت میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

زمان نگهداری (روز)						تیمارها
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر	
۲/۲۰۹	۲/۶۹mno	۳/۰۶ijk	۳/۳۳hij	۳/۸۶efg	۴/۱۵ ^a	شاهد (آب مقطر)
۲/۵۳۳nop	۳/۱۹jk	۳/۴۸ghi	۳/۸۶efg	۴/۰۵ ^{bc}	۴/۱۵ ^a	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار
۲/۵۲nop	۳/۱۳jkl	۳/۶۳fgh	۴/۰۹ ^{ab}	۴/۱۴ ^a	۴/۱۵ ^a	پوترسین ۱ میلی‌مولار
۲/۸۴۶mn	۳/۱۴jkl	۳/۵۰ ^{ghi}	۴ ^{cde}	۴/۰۸ ^{ab}	۴/۱۵ ^a	پوترسین ۲ میلی‌مولار
۲/۲۴q	۲/۷۳mno	۲/۷۳mno	۳/۳۰ ^{hij}	۴/۰۳ ^{bc}	۴/۱۵ ^a	دمای ۲۵ °C
۲/۵۴nop	۳/۲۳ijk	۳/۵۳ghi	۴/۰۲ ^{bc}	۴/۰۲ ^{bc}	۴/۱۵ ^a	دمای ۴۵ °C
۲/۵۴nop	۳/۱۸ ^{jk}	۳/۶۴fgh	۳/۹۵ ^{def}	۴/۰۱ ^{bc}	۴/۱۵ ^a	دمای ۵۰ °C
۲/۴۳opq	۳/۲۳ijk	۳/۵۲ghi	۳/۶۷fgh	۴/۰۳ ^{bc}	۴/۱۵ ^a	دمای ۵۵ °C

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

ویژگی ظاهری

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر ساده تیمار در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده زمان نگهداری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بوده است، ولی اثر متقابل زمان نگهداری و تیمار معنی‌دار نمی‌باشد. براساس نتایج مقایسه میانگین اثر ساده تیمار (شکل ۲) بیش‌ترین کیفیت ظاهری میوه در تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین مقایسه میانگین داده‌های حاصل از زمان نگهداری (شکل ۳) نشان می‌دهد با افزایش زمان نگهداری کیفیت ظاهری میوه‌ها کاهش می‌یابد.

با کاربرد پوترسین کیفیت ظاهری میوه نسبت به میوه‌های شاهد بهتر بود و بهترین کیفیت ظاهری در ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد و با افزایش زمان انبارمانی کیفیت ظاهری میوه کاهش یافت ولی این کاهش در میوه‌های تیمار یافته نسبت به شاهد کمتر بود. کاربرد پلی‌آمین‌ها، تجزیه کلروفیل در پروتوپلاست‌ها را به تأخیر انداخته و از فعالیت آنزیم پروتئاز جلوگیری می‌نماید. از سوی دیگر توانایی پروتوپلاست‌ها در سنتز DNA و RNA و انجام چندین دوره تقسیم سلولی را افزایش می‌دهند (زی^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). به‌نظر می‌رسد که بسیاری از اثرات پلی‌آمین‌ها مربوط به نقش ضداتیلنی آن‌ها باشد، زیرا ثابت شده که کاربرد پلی

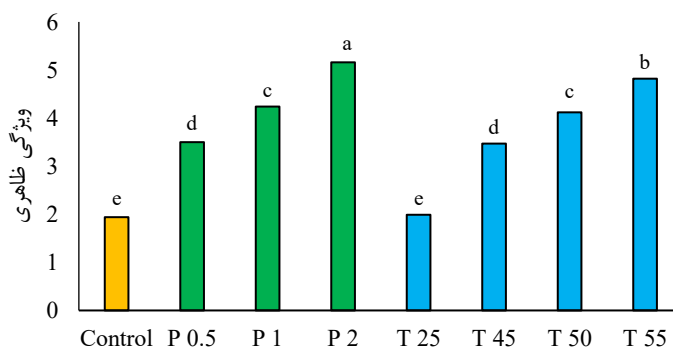
میوه‌ها را در انبار کاهش می‌دهد (والرو^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش سفتی تحت تأثیر پوترسین در بسیاری از میوه‌ها از جمله گلابی (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳)، خیار^۲ (جیا و همکاران، ۲۰۱۸)، کیوی^۳ (میردهقان و همکاران، ۱۳۹۴) و انبه (وانابوساپاویچ و ساریفانپ، ۲۰۱۸) گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد تیمارهای آبگرم با کاهش فعالیت آنزیم‌های چون پلی‌گالاکتروناز باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌شوند (راکونگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). در نتیجه دلیل کاهش نرم شدن میوه به کمک تیمارهای آبگرم به‌علت کاهش در هیدرولیز شدن پکتین‌های دیواره سلولی می‌باشد و این اثر به‌وسیله کاهش فعالیت و همچنین سطح مقدار آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و یا کاهش در میزان تولید اتیلن در اثر کاهش در فعالیت آنزیم‌های دخیل در تولید اتیلن به‌وجود می‌آید (زانگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۴). طبق نتایج این تحقیق کاهش سفتی در طول زمان در نمونه‌های تیمار شده با آبگرم در مقایسه با شاهد کمتر بود و بیش‌ترین میزان سفتی در تیمار ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. نتایج مشابهی توسط باقری و همکاران (۱۳۹۵) و حسینی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شده است که نشان می‌دهد تیمار گرمایی باعث افزایش سفتی میوه‌های تیمار شده طی دوره انباری می‌شود.

4. Rugkong
5. Zhang
6. Xie

1. Valero
2. *Cucumis sativus* L.
3. *Actinidia deliciosa* L.

بازدارندگی فرآیند رسیدگی، القای مقاومت به سرمازدگی و آسیب‌های خارجی پوست در حین انبارمانی موجب افزایش انبارمانی محصول شود (طلایی و همکاران، ۱۳۸۳). کیفیت میوه‌هایی که در معرض تیمار گرمایی قرار گرفته بودند در حد قابل ملاحظه‌ای بهتر از محصولات گرما ندیده بود. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از خیری و همکاران (۱۳۹۵) در فلفل دلمه‌ای^۳ مطابقت داشت.

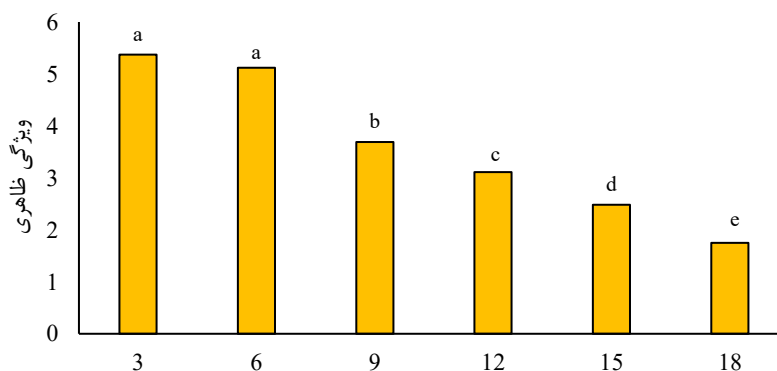
آمین‌ها از تولید و عمل اتیلن جلوگیری می‌کند (ناپیراج^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). نتایج به‌دست آمده با نتایج چمپا و همکاران (۲۰۱۵) در انگور^۲ همخوانی داشت. بین میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با آبگرم از نظر کیفیت ظاهری اختلاف معنی‌داری وجود داشت و میوه‌های تیمار شده با آبگرم ۵۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین میزان کیفیت ظاهری را داشتند. ممکن است تیمار گرمایی با



تیمارها (پوترسین و دما)

شکل ۲- اثر سطوح مختلف پوترسین و دما بر وضعیت ظاهری میوه توت‌فرنگی

P0.5, P1 و P2: به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مول پوترسین، T25, T45, T50 و T55: به ترتیب ۲۵، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.



زمان نگهداری (روز)

شکل ۳- اثر زمان نگهداری بر وضعیت ظاهری میوه توت‌فرنگی. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

میزان درصد پوسیدگی میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی داشتند. طبق مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار و زمان نگهداری (جدول ۳)، کم‌ترین درصد پوسیدگی در تیمارهای ۱ میلی‌مولار پوترسین و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین میزان آن در نمونه‌های شاهد به‌دست آمد.

درصد پوسیدگی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که تیمار، زمان نگهداری (سطح احتمال یک درصد) و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری (سطح احتمال پنج درصد) اثر معنی‌دار بر

3. *Capsicum annum* L.

1. Napieraj
2. *Vitis vinifera* L.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر درصد پوسیدگی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

زمان نگهداری (روز)						تیمارها
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر	
۹۷/۴۳ ^a	۸۴/۹۸ ^b	۵۹/۹۵ ^{ef}	۳۲/۷۸ ⁱ	۱۰/۴۸ ^{lmn}	—	شاهد (آب مقطر)
۶۰/۸۰ ^{cd}	۴۰/۱۲ ^g	۲۱/۵۰ ^{ij}	۱۱/۹۹ ^{klm}	۴/۳۷ ^{mnp}	—	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار
۵۱/۹۰ ^{ef}	۳۸/۲۵ ^{gh}	۱۴/۲۵ ^{kl}	۶/۶۷ ^{mno}	۱/۰۳ ^{opqr}	—	پوترسین ۱ میلی‌مولار
۶۲/۳۵ ^c	۳۹/۹۰ ^{gh}	۱۶/۶۳ ^{jk}	۹/۲۲ ^{lm}	۰/۵۹ ^{pqr}	—	پوترسین ۲ میلی‌مولار
۹۷/۲۳ ^a	۸۵/۱۸ ^b	۵۹/۶۱ ^{ef}	۳۲/۵۸ ⁱ	۸/۹۴ ^{lmn}	—	دمای ۲۵°C
۵۶/۴۵ ^{de}	۳۷/۲۹ ^{gh}	۲۲/۲۳ ^{ij}	۱۰/۳۳ ^{lm}	۵/۱۷ ^{mnpq}	—	دمای ۴۵°C
۵۱/۲۳ ^f	۳۷/۹۱ ^h	۱۳/۹۱ ^{kl}	۶/۶۷ ^{mno}	۰/۶۹ ^{pqr}	—	دمای ۵۰°C
۶۲/۳۵ ^{cde}	۳۹/۲۴ ^{gh}	۱۷/۴۷ ^{jk}	۸/۶۳ ^{lmn}	۱/۵۶ ^{qr}	—	دمای ۵۵°C

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

میلی‌مولار پوترسین در مرحله پیش فرازگرایی منجر به افزایش عمرانباری آنها می‌شود (مارتینز-رومرو^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). در یک بررسی دیگر گزارش شده است که کاربرد غلظت‌های مختلف پوترسین بر روی توت‌فرنگی آلودگی قارچی را کاهش داده است (ذکایی خسروشاهی و همکاران، ۲۰۰۷). آذرکیش و شمیلی (۱۳۹۴) گزارش دادند که بین غلظت‌های به‌کار برده شده پوترسین در کنترل پوسیدگی در میوه انبه، کم‌ترین میزان پوسیدگی در یک میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد. در این تحقیق نیز کم‌ترین میزان پوسیدگی در غلظت یک میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد که با نتایج آذرکیش و شمیلی (۱۳۹۴) مطابقت داشت. تیمار گرمایی پس از برداشت، یکی از روش‌های فیزیکی و غیرتخریبی مهم برای کنترل پوسیدگی‌ها و بیماری‌های پس از برداشت است. تأثیر تیمار گرمایی بر پوسیدگی قارچی می‌تواند به غیرفعال کردن مستقیم پاتوژن و القای بعضی از انواع مقاومت طبیعی در میوه مربوط باشد (فالیک، ۲۰۰۴). در این تحقیق تیمار گرمایی باعث کاهش درصد پوسیدگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد شد و کم‌ترین درصد پوسیدگی در تیمار آب‌گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۳). گزارش شده که تیمار آب‌گرم موجب القاء ترکیباتی شبیه قارچ‌کش‌ها (که مانع توسعه قارچ‌ها در بافت میوه می‌شوند) و پروتئین‌هایی همانند کیتیناز و بتا-۱ و ۳-گلوکوناز شده و از تجزیه

پوسیدگی قارچی و باکتریایی یکی از عوامل بزرگ تخریب سریع پس از برداشت محصولات تازه است. رایج‌ترین روش مورد استفاده برای محدود کردن پوسیدگی کاربرد قارچ‌کش است. با این وجود به‌دلیل نگرانی‌های عمومی در مورد خطرات سلامتی و آلودگی محیطی روش‌های جایگزین نیاز هستند (ژو^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). طبق نتایج این تحقیق (جدول ۳) با افزایش مدت نگهداری میوه توت‌فرنگی درصد پوسیدگی افزایش یافت و بیش‌ترین میزان در نمونه‌های شاهد بود. کاربرد پوترسین باعث شد تا میزان پوسیدگی در میوه‌های تیمار شده، کاهش یابد. متابولیسم پلی‌آمین‌ها در پاسخ به استرس‌های گوناگون محیطی تغییر می‌کند (ذکایی خسروشاهی و همکاران، ۲۰۰۷). آلودگی قارچی میوه‌های تیمار شده با پوترسین کمتر از شاهد بود و این نشان‌دهنده نقش پوترسین در کنترل آلودگی قارچی است. غوطه‌وری میوه‌ها در محلول پوترسین باعث از بین رفتن اسپور قارچ‌ها از سطح میوه‌ها و کاهش آلودگی سطحی می‌شود (ذکایی خسروشاهی و همکاران، ۲۰۰۷). پلی‌آمین‌ها هم‌چنین به ترکیبات فنلی متصل می‌شوند و بیان شده است که آمیدهای هیدروکسی‌سینامیک‌اسیدها در سلول‌ها در جریان واکنش گیاهان به پاتوژن‌های گوناگون تجمع پیدا می‌کنند (والتر^۲، ۲۰۰۳). یافته‌ها نشان می‌دهد که کاربرد خارجی پوترسین در کنترل پوسیدگی مؤثر می‌باشد. گزارش شده است که تیمار میوه‌های هسته‌دار با ۱

ترکیبات شبه‌قارچ‌کش پیش تشکیل شده (که معمولاً در میوه‌های نارس وجود دارند) جلوگیری می‌کنند (اسچیرا^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). یافته‌های این پژوهش با نتایج ویکنتا^۲ و همکاران (۲۰۰۲) در توت‌فرنگی مطابقت دارد.

محتوای کل مواد جامد محلول (TSS)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر تیمار، زمان نگهداری و اثرات متقابل بین آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر میزان مواد جامد محلول (جدول ۵)، کم‌ترین میزان مواد جامد محلول در تیمارهای یک و دو

میلی‌مولار پوترسین و بیش‌ترین میزان آن در دماهای ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. طبق نتایج این تحقیق (جدول ۵) کاربرد تیمارهای پوترسین باعث کاهش میزان مواد جامد محلول و کاربرد تیمار گرمایی باعث افزایش کل مواد جامد محلول طی دوره نگهداری می‌شوند. افزایش مقدار کل مواد جامد محلول میوه در طول نگهداری ممکن است به‌دلیل تغییر شکل ترکیبات پکتیک، هیدرولیز ترکیبات پیچیده کربوهیدرات‌ها مانند نشاسته به ترکیبات ساده‌تر مانند فروکتوز و گلوکز و یا دهیدراسیون سلول‌های میوه و غلیظ شدن شیر سلولی باشد. میوه‌های شاهد طی دوره نگهداری مواد جامد محلول بالاتری نسبت به میوه‌های

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر پوترسین، دما و زمان نگهداری بر pH، مواد جامد محلول، ویتامین ث و آنتوسیانین توت‌فرنگی رقم پاروس

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	PH	TSS	ویتامین ث	آنتوسیانین
تیمار (پوترسین و دما)	۷	۱/۵۳**	۱/۴۶**	۱۷۲۳/۹۶**	۱۴۲۹/۶۵**
زمان نگهداری	۵	۱/۸۶**	۰/۵۵۹**	۳۹۷۷/۰۱**	۲۶/۹۳*
تیمار × زمان نگهداری	۳۵	۰/۱۴۱**	۰/۱۴۶**	۱۸/۳۶*	۱۵۰/۰۱**
خطای آزمایش	۹۶	۰/۰۰۳	۰/۰۳۹	۱۳/۹۵	۵/۶۴
ضریب تغییرات	-	۱/۶۸	۳/۲۵	۸/۱۸	۲/۹۹

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد. pH، پی‌اچ، TSS: مواد جامد محلول

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر درصد مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

زمان نگهداری (روز)						تیمارها
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر	
۶/۱۳ ^{de}	۶/۵۳ ^{d-b}	۶/۵۶ ^{d-b}	۵/۹۳ ^f	۵/۸۹ ^f	۵/۲۵ ^{ij}	شاهد (آب مقطر)
۶/۵۶ ^{d-b}	۶/۶۶ ^{d-b}	۵/۷۳ ^{fg}	۵/۷۹ ^{fg}	۵/۲۹ ^{j-h}	۵/۲۵ ^{ij}	پوترسین ۵/ میلی‌مولار
۶/۴۴ ^{cd}	۶/۱۱ ^{de}	۶/۴۰ ^{cd}	۵/۴۸ ^{hi}	۵/۳۱ ^{hi}	۵/۲۵ ^{ij}	پوترسین ۱ میلی‌مولار
۶/۹۶ ^{ab}	۶/۱۶ ^{de}	۵/۳۶ ^{hi}	۵/۳۵ ^{hi}	۵/۶۱ ^{gh}	۵/۲۵ ^{ij}	پوترسین ۲ میلی‌مولار
۶/۸۶ ^{bc}	۶/۱۱ ^{de}	۶/۰۶ ^{def}	۵/۸۶ ^f	۵/۸۶ ^f	۵/۲۵ ^{ij}	دمای ۲۵ °C
۶/۵۷ ^{d-b}	۶/۵۹ ^{d-b}	۵/۶۸ ^{gh}	۶/۷۹ ^{bc}	۵/۶۳ ^{gh}	۵/۲۵ ^{ij}	دمای ۴۵ °C
۷/۵۳ ^a	۶/۱۳ ^{de}	۶/۵۴ ^{d-b}	۵/۵۳ ^{gh}	۵/۷۳ ^{fg}	۵/۲۵ ^{ij}	دمای ۵۰ °C
۷/۲۵ ^a	۶/۸۸ ^{c-a}	۶/۳۹ ^{cd}	۶/۳۹ ^{cd}	۵/۲۸ ^{j-h}	۵/۲۵ ^{ij}	دمای ۵۵ °C

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

تیمار شده با پوترسین دارند که به‌نظر می‌رسد با گذشت زمان در میوه‌های شاهد به‌دلیل پیشرفت فرآیند رسیدن، ابتدا نشاسته و ترکیبات نامحلول به قندهای محلول تبدیل

شده است و قندها افزایش یافته‌اند و سپس با پیری و افزایش شدت تنفس قندها به آب و دی‌اکسیدکربن تجزیه و مقدار آن‌ها کم شده است. اما در میوه‌های تیمار شده روند

pH آب میوه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر ساده تیمار و زمان نگهداری و اثر متقابل بین آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار و زمان نگهداری (جدول ۶)، بیش‌ترین میزان pH آب میوه مربوط به تیمار دمای ۲۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد همراه با ۱۵ روز انبارمانی (به‌ترتیب ۴/۵ و ۴/۴۵) و کم‌ترین میزان آن در طول زمان انبارمانی مربوط به تیمار پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار می‌باشد.

تبدیل نشاسته به قندها با کاهش میزان تنفس، کند می‌شود که نتیجه آن جلوگیری از افزایش غیرعادی مواد جامد محلول بود. این نتایج در آلو نیز گزارش شده است (خان^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). میوه‌های غوطه‌ور شده در آب گرم مواد جامد محلول بالاتری نسبت به شاهد داشتند که احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز در محدوده دمایی ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد و یا به دلیل افزایش موقتی تنفس و تبدیل مواد نشاسته‌ای به قند باشد (رانوال^۲ و همکاران، ۱۹۹۲).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار پوترسین و دما با زمان نگهداری بر pH آب میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

زمان نگهداری						تیمار
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر	
۳/۵۸ ^{hi}	۳/۳۰ ^{kl}	۳/۲۴ ^{klmn}	۳/۲۲ ^{lmn}	۳/۱۹ ^{lmn}	۳/۰۱ ^r	شاهد (آب مقطر)
۳/۲۴ ^{klmn}	۳/۰۶ ^{pqr}	۳/۰۵ ^{pqr}	۳/۰۳ ^{pqr}	۳/۰۳ ^{pqr}	۳/۰۱ ^r	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار
۳/۲۴ ^{klmn}	۳/۲۰ ^{lmn}	۳/۱۷ ^{mnno}	۳/۱۷ ^{mno}	۳/۰۴ ^{pqr}	۳/۰۱ ^r	پوترسین ۱ میلی‌مولار
۳/۳ ^{kl}	۳/۲۴ ^{klmn}	۳/۱۶ ^{mno}	۳/۱۴ ^{nop}	۳/۱۰ ^{opq}	۳/۰۱ ^r	پوترسین ۲ میلی‌مولار
۴/۵ ^a	۴/۳۲ ^b	۳/۹۹ ^c	۳/۷۲ ^f	۳/۴ ^{ij}	۳/۰۱ ^r	دمای ۲۵ °C
۴/۲۷ ^b	۴/۰۳ ^c	۳/۷۷ ^{ef}	۳/۵۳ ^{gh}	۳/۲۸ ^{klm}	۳/۰۱ ^r	دمای ۴۵ °C
۴/۲۶ ^b	۴/۰۸ ^c	۳/۸۲ ^{de}	۳/۵۵ ^{gh}	۳/۴۲ ^{ij}	۳/۰۱ ^r	دمای ۵۰ °C
۴/۴۵ ^a	۳/۸۹ ^d	۳/۶۲ ^g	۳/۳۴ ^{jk}	۳/۱۵ ^{nop}	۳/۰۱ ^r	دمای ۵۵ °C

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

باعث افزایش میزان pH انبارداری می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. میردهقان و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند که با افزایش طول عمر نگهداری بر میزان pH آبمیوه افزوده می‌شود ولی دو تیمار پوترسین و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار pH کمتری در مقایسه با باقی تیمارها داشتند در این تحقیق نیز کم‌ترین میزان pH در تمام طول زمان انبارمانی بین غلظت‌های پوترسین مربوط به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار بود.

بر اساس نتایج این تحقیق در تیمار گرمایی با افزایش زمان نگهداری میزان pH افزایش یافت و میزان افزایش pH در تیمار گرمایی بیشتر از پوترسین بود. نتایج متنوعی در مورد اثر تیمار گرمایی بر pH به‌دست آمده است به‌عنوان مثال خان و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که تیمار گرمایی

تغییرات مشاهده شده در pH همانند کاهش در میزان مواد جامد محلول و اسیدهای آلی در توت‌فرنگی احتمالاً به دلیل شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر (سازنده) در طی تنفس می‌باشد (آیالا-زاوالا و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به این که در طول دوره نگهداری پیش ماده‌های تنفس یعنی قندها و اسیدها کاهش پیدا می‌کنند. این امر باعث تغییرات متفاوتی در pH در طول مدت نگهداری میوه‌ها می‌شود (ژانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). طبق نتایج این تحقیق با افزایش زمان نگهداری، pH آبمیوه افزایش می‌یابد (جدول ۶). نیکدل و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که میزان اسیدیته طی مدت نگهداری و در اثر سوختن و طی فرآیند تنفسی بتدریج کاهش می‌یابد از طرفی این کاهش اسیدیته

3. Zhang

1. Khan
2. Ranwal

تغییرات قابل توجهی در میوه نارنگی ایجاد نکرده است. تیمارهای گرمایی و پوترسین باعث افزایش کمتری در میزان pH میوه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد شدند (جدول ۶). معمولاً با رسیدن میوه، افزایش pH و کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون مشاهده می‌شود ولی با کاربرد تیمارهای پس از برداشت می‌توان این میزان افزایش را کاهش داد و سبب تأخیر در رسیدگی میوه شد. گزارش‌های متعددی در مورد اثر تیمارهای پس از برداشت بر جلوگیری از افزایش pH توسط خان و همکاران (۲۰۰۸) در آلو و حسینی و همکاران (۱۳۹۳) در گلابی گزارش شده است.

ویتامین ث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمار زمان نگهداری (سطح احتمال یک درصد) و اثر متقابل بین آن‌ها (سطح احتمال پنج درصد) تأثیر معنی‌دار بر میزان ویتامین ث داشتند. بیش‌ترین میزان ویتامین ث در طول زمان در تیمارهای ۲ میلی‌مولار پوترسین و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین میزان آن در نمونه‌های شاهد به‌دست آمد (جدول ۷). با افزایش زمان نگهداری میزان ویتامین ث کاهش یافت ولی این کاهش در میوه‌های تیمارشده با پوترسین نسبت به

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار پوترسین و دما با زمان نگهداری بر میزان ویتامین ث (mg/100ml) میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری

زمان نگهداری (روز)						تیمارها
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر	
۱۳/۶۶ ^t	۲۳ ^s	۳۳ ^r	۳۹ ^{nopqr}	۳۶/۳۳ ^{pqr}	۵۱ ^a	شاهد (آب مقطر)
۲۶ ^s	۳۳/۳۳ ^{qr}	۴۰/۳۳ ^{mnp}	۴۵ ^{hijk}	۴۸ ^{def}	۵۱ ^a	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار
۳۴ ^{qr}	۳۹/۳۳ ^{nopq}	۴۲/۶۶ ^{ijkl}	۴۴/۳۳ ^{efgh}	۴۸ ^{def}	۵۱ ^a	پوترسین ۱ میلی‌مولار
۴۰/۳۳ ^{mnp}	۴۳/۳۳ ^{klmn}	۴۴/۶۶ ^{efgh}	۴۸ ^b	۵۰/۳۳ ^b	۵۱ ^a	پوترسین ۲ میلی‌مولار
۱۲/۳۳ ^t	۲۲/۶۶ ^s	۳۶/۶۶ ^{pqr}	۴۳/۳۳ ^{klmno}	۳۸ ^{opqr}	۵۱ ^a	دمای ۲۵ °C
۲۴ ^s	۲۶/۶۶ ^s	۴۰/۶۶ ^{lmnop}	۴۲/۶۶ ^{ijkl}	۴۵ ^{efgh}	۵۱ ^a	دمای ۴۵ °C
۳۳/۳۳ ^{qr}	۳۶ ^{pqr}	۴۰/۶۶ ^{ijklm}	۴۲ ^{fghi}	۴۷ ^{defg}	۵۱ ^a	دمای ۵۰ °C
۳۴/۳۳ ^{nopq}	۴۰ ^{klmno}	۴۲/۳۳ ^{fghi}	۴۷/۶۶ ^{bc}	۴۹/۶۶ ^b	۵۱ ^a	دمای ۵۵ °C

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

میوه‌های شاهد کم‌تر بود و بیش‌ترین میزان ویتامین ث در ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد. ویتامین ث و ترکیبات فنلی قادر به از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن هستند و از تنش‌های اکسیداتیو ممانعت می‌کنند (گریگه^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). ویتامین ث شامل آسکوربات و دهیدرو آسکوربات بوده که یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی تغذیه‌ای در بسیاری از محصولات باغبانی است که فعالیت‌های بیولوژیکی مهم زیادی در بدن انسان دارد. آسکوربات مهم‌ترین سوبسترای احیاکننده برای سمیت زدایی هیدروژن‌پراکسید در سلول‌های گیاهی است. آسکوربات شکل اصلی فعال اسیدآسکوربیک است، در حالی

که دهیدروآسکوربات محصول فرآیندهای اکسیداسیون است که دارای فعالیت‌های بیولوژیکی خاص خود می‌باشد (اکرم^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). دهیدروآسکوربات می‌تواند توسط دهیدروآسکوربات ردوکتاز به آسکوربات تبدیل شود و مونودهییدروآسکوربات، فرآورده‌ی اولیه آسکوربات پراکسیداز می‌تواند توسط مونودهییدروآسکوربات ردوکتاز به آسکوربات تبدیل شود. کاهش فعالیت دهیدروآسکوربات ردوکتاز و مونو دهیدروآسکوربات ردوکتاز در دروه‌های انباری طولانی سبب کاهش محتوای آسکوربات و دهیدروآسکوربات می‌گردد (اکرم و همکاران، ۲۰۱۷). از سوی دیگر در طول دوره نگهداری اسیدآسکوربیک که یکی

از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به‌عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (سندروفسکی^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). هم‌چنین کاهش اسیدآسکوربیک طی انبارمانی به تنفس میوه نیز نسبت داده شده است که باعث مصرف آن طی واکنش تنفس می‌گردد. مالیک و سینگ^۲ (۲۰۰۶) اثر پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در حفظ ویتامین ث انبه را به کاهش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات‌پراکسیداز در حضور ترکیبات نیتروژن‌دار پلی‌آمینی نسبت دادند.

با افزایش زمان نگهداری میزان ویتامین ث در میوه‌های تیمارشده با آب گرم کاهش یافت ولی این کاهش نسبت به نمونه‌های شاهد کم‌تر بود. تیمار آب‌گرم از طریق تعدیل آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند اسید آسکوربیک موجب تأخیر در رسیدن میوه می‌شوند (کورس^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). اسید آسکوربیک به اکسیداسیون شیمیایی و آنزیمی در طی مدت انبارمانی حساس است که تیمارهای گرمایی از طریق کاهش سرعت تنفس موجب حفظ اسید آسکوربیک می‌شوند (لی و کادر^۴، ۲۰۰۰). نتایج این تحقیق با نتایج خیری و همکاران (۱۳۹۵) و ربیعی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت.

میزان آنتوسیانین

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، تیمار اثر متقابل بین تیمار و زمان نگهداری (سطح احتمال یک درصد) و زمان نگهداری (سطح احتمال پنج درصد) اثر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی داشتند.

طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار و زمان نگهداری (شکل ۴)، بیش‌ترین افزایش میزان آنتوسیانین در طول زمان انبارمانی در تیمارهای ۱ میلی‌مولار پوترسین و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین میزان آن در نمونه‌های شاهد به‌دست آمد. آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات فنولیکی هستند که مسئول ایجاد رنگ قرمز تا آبی در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها بوده که اثرات مفیدی روی سلامت انسان داشته و جزء مواد آنتی‌اکسیدان محسوب می‌شوند (چانجیراکول^۵ و همکاران، ۲۰۰۶) و مقدار آن یکی از شاخص‌های کیفی میوه توت‌فرنگی است که با ایجاد رنگ

قرمز روشن برای ارزیابی مرحله بلوغ میوه به‌کار می‌رود (سیروسی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). دو آنتوسیانین از گروه گلوکوزیدها، پلارگونیدین-۳-گلوکوزید و سیانیدین-۳-گلوکوزید در درجه اول در رنگ قرمز توت‌فرنگی شرکت دارند (آیالا-زاوالا و همکاران، ۲۰۰۷). طبق نتایج این تحقیق (شکل ۴) در تیمار پوترسین میزان آنتوسیانین طی نگهداری ابتدا افزایش و سپس کاهش نشان داد. وانگ و گائو^۶ (۲۰۱۳) نیز دریافتند که محتوای آنتوسیانین توت‌فرنگی طی انبارمانی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت که با نتایج مطالعه حاضر در توافق می‌باشد. پیشرفت فرایندهای رسیدگی طی انبارمانی از علل افزایش آنتوسیانین میوه عنوان شده است (والرو^۷ و همکاران، ۲۰۰۶). این یافته‌ها مبین این حقیقت است که بیوسنتز آنتوسیانین بعد از برداشت هنوز ادامه دارد (وانگ و گائو، ۲۰۱۳). از طرف دیگر با گذشت زمان انبارمانی کاهش وزن ناشی از کاهش آب میوه اتفاق می‌افتد. این کاهش آب میوه پس از انبارمانی نسبت به زمان برداشت ممکن است تغلیظ محتویات آب میوه و در نتیجه تجمع بیش‌تر آنتوسیانین را در بافت میوه منجر شده و افزایش آن را به‌دنبال داشته باشد. کاهش میزان این رنگیزه با طولانی شدن زمان انبارمانی ممکن است به پیری و از بین رفتن بافت میوه و تخریب آنتوسیانین‌ها مربوط باشد. این نتایج با یافته‌های حاصل از مطالعات نوروزی فاز و همکاران (۱۳۹۵) و عشقی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

عوامل مختلفی مانند دما، اکسیژن، pH، اسید آسکوربیک، یون‌های فلزی و قندها و تجزیه آن‌ها بر سرعت تخریب آنتوسیانین‌ها مؤثر هستند. تجزیه آنتوسیانین‌ها مانند اغلب واکنش‌ها با افزایش دما به‌میزان چشم‌گیری تسریع می‌گردد. میزان آنتوسیانین کل در آب میوه توت‌فرنگی می‌تواند افزایش یابد که دلیل این افزایش می‌تواند تبدیل آنتوسیانین‌ها به انواع دیگری از آنتوسیانین‌ها باشد که میزان جذب بیشتری نسبت به انواع قبلی دارا می‌باشند (علی^۸ و همکاران، ۲۰۲۴). نتایج این تحقیق نشان داد که در نمونه‌های تیمار شده با آب‌گرم میزان آنتوسیانین با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت و بیش‌ترین میزان آنتوسیانین در طول زمان انبارمانی در دمای ۵۰ درجه

5. Chanjirakul
6. Wang and Gao
7. Valero
8. Ali

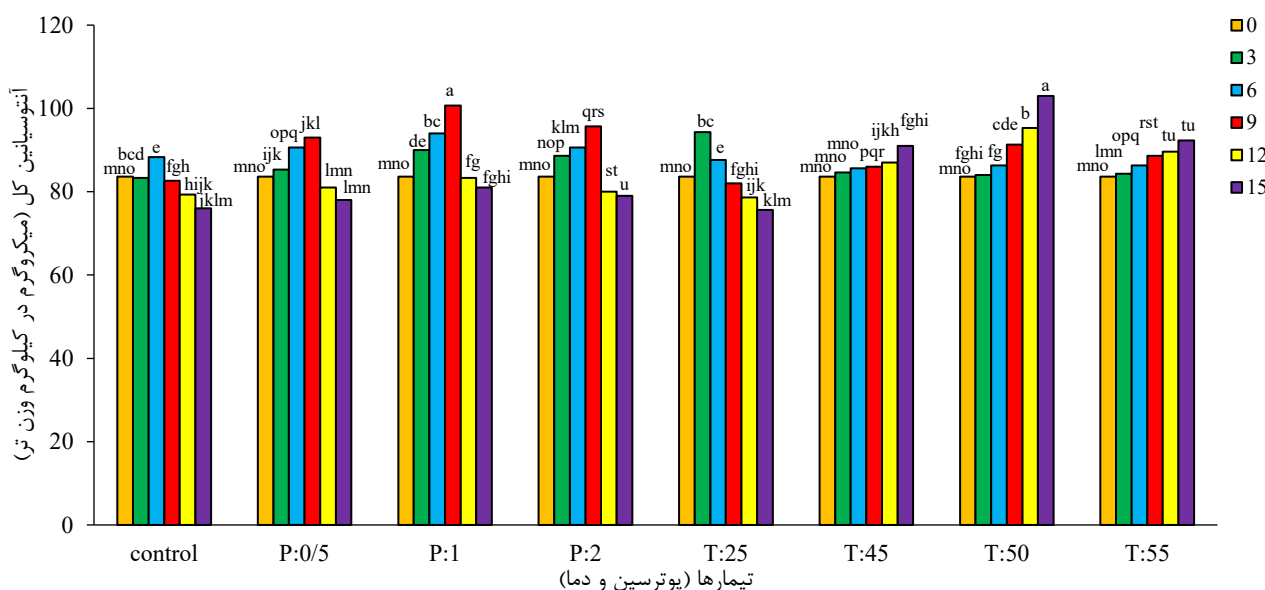
1. Cendrowski
2. Malik and Singh
3. Kevers
4. Lee and Kader

سانتی‌گراد به‌دست آمد. نتایج این تحقیق با نتایج ربیعی و رحمانی (۱۳۹۳) در انار، مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

اگرچه کیفیت پس از برداشت هیچ محصولی نمی‌تواند بهبود یابد اما تلفات و کاهش کیفیت میوه را می‌توان کاهش داد. به‌همین منظور انواع روش‌ها و تیمارهای فیزیکی و شیمیایی برای حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات به‌کار گرفته می‌شود. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که کاربرد پوترسین و آبگرم توانست خصوصیات کیفی پس از برداشت میوه توت‌فرنگی را در طی ۱۵ روز نگهداری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده به‌طور معنی‌داری حفظ نماید. تیمار پوترسین درصد کاهش وزن و درصد پوسیدگی را نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش داد. با افزایش زمان انباری میزان pH، افزایش یافت. کاهش

میزان مواد جامد محلول، سفتی و ویتامین ث طی دوره انبارمانی در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود. در نمونه‌های تیمار شده با پوترسین میزان آنتوسیانین ابتدا افزایش و سپس کاهش نشان داد. همچنین پوترسین باعث بهبود ویژگی‌های ظاهری شد. تیمار آبگرم درصد کاهش وزن و درصد پوسیدگی را نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش داد و کمترین کاهش وزن و درصد پوسیدگی در دماهای ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. طبق نتایج این پژوهش، کاهش میزان مواد جامد محلول، کاهش سفتی، افزایش pH و کاهش ویتامین ث طی دوره انبارمانی رخ داد ولی در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری کم بود. در نمونه‌های تیمار شده با آبگرم میزان آنتوسیانین طی دوره انبارمانی افزایش نشان داد.



شکل ۴- اثر متقابل تیمار پوترسین و دما با زمان نگهداری بر میزان آنتوسیانین (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در طول دوره نگهداری. P0.5, P1 و P2: به‌ترتیب ۰.۵، ۱ و ۲ میلی‌مول پوترسین، T25, T45, T50 و T55: به‌ترتیب ۲۵، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

منابع

- آذرکیش، پ. و شمیلی، م. ۱۳۹۴. تأثیر پوترسین و آب سرد بر ویژگی‌های کیفی و انبارداری میوه انبه. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۱۲(۴۷): ۶۵-۷۴.
- باقری، م.، اثنی‌عشری، م. و ارشادی، ا. ۱۳۹۵. اثر تیمار پس از برداشت آبگرم بر القاء مقاومت به سرمازدگی در میوه خرمالو (*Diospyros kaki Thunb*) رقم کرج. فناوری تولیدات گیاهی، ۱۴(۱): ۱-۱۴.
- حسینی، م.، بابالار، م. و عسکری، م. ۱۳۹۳. اثر پوترسین و تیمار گرمایی بر کیفیت پس از برداشت میوه گلابی رقم اسپادونا. علوم باغبانی ایران، ۴۵(۳): ۲۲۵-۲۳۴.

- خیری، ف.، برزگر، ط.، قهرمانی، ز. و ربیعی، و. ۱۳۹۵. اثر پوشش کیتوسان و تیمار آب گرم بر خصوصیات پس از برداشت میوه فلفل دلمه‌ای. به‌زراعی کشاورزی، ۱۸(۳): ۵۹۵-۶۰۸.
- ربیعی، و. و رحمانی، س. ۱۳۹۳. تأثیر سالیسیلیک‌اسید، کلریدکلسیم و تیمار آب گرم بر پارامترهای کیفی، کمی و انبارماني انار رقم میخوش. نشریه علوم باغبانی، ۲۸(۱): ۱۰۷-۱۱۵.
- سیرویونی‌نژاد، ب.، مرتضوی، م.، معلمی، ن. و عشقی، س. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد پس از برداشت پوترسین و پرتوتابی فرابنفش بر کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا. تولیدات گیاهی، ۳۶(۱): ۱۱۷-۱۲۷.
- طلایی، ع.، عسگری، م.، بهادران، ف. و شرافتیان، د. ۱۳۸۳. مطالعه آثار تیمارهای آب‌گرم و پوشش پلی‌اتیلن بر روی عمر انبارداری و کیفیت میوه انار (رقم ملس ساوه). مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال، ۱۴(۲): ۷۵-۹۲.
- عشقی، س.، هاشمی، م.، محمدی، ع.، بدیعی، ف.، محمدحسینی، ز.، احمدی، ک. و قناتی، ک. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی پس از برداشت. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸(۲): ۹-۱۹.
- مظفری، م.، ربیعی، و.، رضوی، ف.، خیری، ع. و حسینی، ا. ۱۳۷۹. اثر محلول پاشی قبل از برداشت فولویک‌اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی انگور رقم فخری (*Vitis vinifera* cv Fakhri). مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۹(۳): ۸۱۳-۸۲۵.
- میردهقان، ح.، اسمعیلی‌زاده، م. و پیرزاد، ف. ۱۳۹۴. کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های کیفی و عمر پس از برداشت میوه کیوی رقم هیاورد. علوم باغبانی ایران، ۴۶(۳): ۳۸۷-۳۹۸.
- نوروزی‌فاز، ف.، میردهقان، س.ح.، کریمی، ح. و علایی، حسین. ۱۳۹۵. تأثیر اسانس‌های تیمول و منتول به‌همراه بسته‌بندی با پوشش سلوفان در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم پارس. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۷(۱): ۸۱-۹۱.
- نیکدل، ک.، سیفی، ا.، شریفانی، م. و همتی، خ. ۱۳۹۵. اثر تیمارهای پوششی، شیمیایی و دمایی بر انبارداری و کیفیت میوه در انار رقم شیرین کلباد. نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۸(۱): ۱۰۷-۱۲۴.
- Akram, N.A., Shafiq, F. and Ashraf, M. 2017. Ascorbic acid-a potential oxidant scavenger and its role in plant development and abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 8: 613.
- Ali, E.A., Sarrwy, S.M.A. and Hassan, H.S.A. 2010. Improving Canino apricot trees productivity by foliar spraying with polyamines. *Journal of Applied Sciences Research*, 6: 1359-1365.
- Ali, H.M., Attia, M.H. and Rashed, E.N. 2024. Enhancing the stability of strawberry anthocyanins complexed to β -cyclodextrin and starch toward heat, oxidation, and irradiation. *ACS Omega*, 9(5): 5319-5329.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and González-Aguilar, G.A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology*, 45(2): 166-173.
- Bal, E. and Ürün, B.A. 2021. Effects of Chitosan Coating with Putrescine on Bioactive Compounds and Quality of Strawberry cv. San Andreas During Cold Storage. *Erwerbs-Obstbau*, 63(1).
- Cendrowski, A., Studnicki, M. and Kalisz, S. 2024. Impact of different solvents and temperatures on the extraction of bioactive compounds from rose fruits (*Rosa rugosa*) pomace. *Applied Sciences*, 14(2): 691.
- Champa, W.H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C. and Arora, N.K. 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *Postharvest Biology and Technology*, 91: 57-63.
- Champa, W.H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C. and Bedi, S. 2015. Exogenous treatment of spermine to maintain quality and extend postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless under low temperature storage. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1): 412-419.
- Chanjirakul, K., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Siriphanich, J. 2006. Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2): 106-115.
- Chaurasia, J., Kumar, U., Warang, O., Pratap, R., Kumar, A., Sonkar, V.L. and Bisht, R. 2024. Essential principles of postharvest heat treatments in fruit crops. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(1): 855-870.

- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E. and Ardakani, E. 2015. Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 2053-2062.
- Fakorizadeh, S., Daneshvar, M.H. and Zare-Bavani, M.R. 2024. Postharvest application of chitosan and putrescine on maintaining the quality and extend shelf-life of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Food Science and Technology* (2008-8787), 20(144).
- Fallik, E. 2011. Hot Water Treatments of Fruits and Vegetables for Postharvest Storage. *Horticultural Reviews*, 38: 191.
- Fallik, E., Aharoni, Y., Copel, A., Rodov, V., Tuvia-Alkalai, S., Horev, B., Yekutieli, O., Wiseblum, A. and Regev, R. 2000. Reduction of postharvest losses of Galia melon by a short hot-water rinse. *Plant Pathology*, 49(3): 333-338.
- Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology*, 32(2): 125-134.
- Galindo, F.G., Herppich, W., Gekas, V. and Sjöholm, I. 2004. Factors affecting quality and postharvest properties of vegetables: Integration of water relations and metabolism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3): 139-154.
- Girgih, A., Ichoron, N., Akinsola, A. and Igoli, J. 2024. Free radicals and antioxidant quenching properties of plant phytochemicals in the management of oxidative stress. In *Plant food phytochemicals and bioactive compounds in nutrition and health* (pp. 202-240). CRC Press.
- González-Aguilar, G.A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Báez, R. and Wang, C.Y. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 18(1): 19-26.
- Hikawa-Endo, M. 2020. Improvement in the shelf-life of Japanese strawberry fruits by breeding and post-harvest techniques. *The Horticulture Journal*, 89(2): 115-123.
- Irtwange, S.V. 2006. Hot water treatment: A non-chemical alternative in keeping quality during postharvest handling of citrus fruits. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 8(5):1-10.
- Jalali, P., Zakerin, A.R., Aboutalebi-Jahromi, A.H. and Sadeghi, H. 2023. Improving postharvest life, quality and bioactive compounds of strawberry fruits using spermine and spermidine. *Brazilian Journal of Biology*, 83: e273886.
- Jia, B., Zheng, Q., Zuo, J., Gao, L., Wang, Q., Guan, W. and Shi, J. 2018. Application of postharvest putrescine treatment to maintain the quality and increase the activity of antioxidative enzyme of cucumber. *Scientia Horticulturae*, 239: 210-215.
- Jin, Y., Li, C., Zhang, S., Liu, J., Wang, M., Guo, Y., Xu, H. and Ge, Y. 2024. Sucrose, cell wall, and polyamine metabolisms involve in preserving postharvest quality of 'Zaosu'pear fruit by L-glutamate treatment. *Plant Physiology and Biochemistry*, 208: 108455.
- Kabelitz, T. and Hassenberg, K. 2018. Control of apple surface microflora for fresh-cut produce by post-harvest hot-water treatment. *LWT- Food Science and Technology*, 98: 492-499.
- Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J.O., Dommes, J. and Pincemail, J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21): 8596-8603.
- Khalil, H.A., Abdelkader, M.F., Lo'ay, A.A., El-Ansary, D.O., Shaaban, F.K., Osman, S.O., Shenawy, I.E., Osman, H.E.H., Limam, S.A., Abdein, M.A. and Abdelgawad, Z.A. 2022. The combined effect of hot water treatment and chitosan coating on mango (*Mangifera indica* L. cv. Kent) fruits to control postharvest deterioration and increase fruit quality. *Coatings*, 12(1): 83.
- Khan, A.S., Singh, Z., Abbasi, N.A. and Swinny, E.E. 2008. Pre-or post-harvest applications of putrescine and low temperature storage affect fruit ripening and quality of 'Angelino'plum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(10): 1686-1695.
- Lee, S.K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207-220.
- Li, W., Liu, Z., Wang, H., Yuan, J., Zheng, Y., Duan, L., Tang, Y., Jiang, Y., Li, X. and Jiang, Y. 2024. Heat shock pretreatment and low temperature fluctuation cold storage maintains flesh quality and retards watercore dissipation of watercored'Fuji'apples. *Scientia Horticulturae*, 323: 112492.
- Malik, A.U. and Singh, Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. *Scientia Horticulturae*, 110(2): 167-174.

- Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. and Valero, D. 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67(5): 1706-1712.
- Meighani, H. and Sadat-Hosseini, M. 2024. Assessment of quality and biochemical changes in Indian jujube fruits (*Ziziphus mauritiana* Lamk.): Effect of chitosan coating and putrescine treatments. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 11(4): 481-490.
- Napieraj, N., Janicka, M. and Reda, M. 2023. Interactions of polyamines and phytohormones in plant response to abiotic stress. *Plants*, 12(5): 1159.
- Quarshi, H.Q., Ahmed, W., Azmant, R., Chendouh-Brahmi, N., Quyyum, A. and Abbas, A. 2023. Post-harvest problems of strawberry and their solutions. In *Recent studies on strawberries*. IntechOpen.
- Rasiouny, F.M., 1996. Blueberry fruit quality and storability influenced by postharvest application of polyamines and heat treatments. In *Proceedings, Florida State Horticultural Society*. Florida State Horticultural Society, 109: 269-271.
- Rugkong, A., Rose, J.K., Lee, S.J., Giovannoni, J.J., O'Neill, M.A. and Watkins, C.B. 2010. Cell wall metabolism in cold-stored tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 57(2): 106-113.
- Salimi, I., Khoshgoftarmanesh, A.H., Markarian, S. and Maibodi, S.A.M.M. 2024. Response of strawberry (*Fragaria ananassa* L.) to chilling and potassium supply from inorganic and amino acid-complexed sources. *Scientia Horticulturae*, 325: 112655.
- Schirra, M., Palma, A., D'Aquino, S., Angioni, A., Minello, E.V., Melis, M. and Cabras, P. 2008. Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(2): 455-460.
- Takács, Z., Poór, P. and Tari, I. 2016. Comparison of polyamine metabolism in tomato plants exposed to different concentrations of salicylic acid under light or dark conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108: 266-278.
- Valero, D., Martínez-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(6-7): 228-234.
- Valero, D., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S. and Serrano, M. 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest biology and Technology*, 41(3): 317-327.
- Vicente, A.R., Martínez, G.A., Civello, P.M. and Chaves, A.R. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25(1): 59-71.
- Walters, D.R. 2003. Polyamines and plant disease. *Phytochemistry*, 64(1): 97-107.
- Wang, S.Y. and Gao, H. 2013. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *LWT-Food Science and Technology*, 52(2): 71-79.
- Wannabussapawich, B. and Seraypheap, K. 2018. Effects of putrescine treatment on the quality attributes and antioxidant activities of 'Nam Dok Mai No. 4' mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 233: 22-28.
- Wei, J., Ma, F., Shi, S., Qi, X., Zhu, X. and Yuan, J. 2010. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 56(2): 147-154.
- Wrolstad, R.E., Durst, R.W. and Lee, J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9): 423-428.
- Xiao, Y., Xie, L., Li, Y., Li, C., Yu, Y., Hu, J. and Li, G. 2024. Impact of low temperature on the chemical profile of sweet corn kernels during post-harvest storage. *Food Chemistry*, 431: 137079.
- Xie, Y., Shen, Q., Li, F., Ni, S. and Yu, J. 2023. Temperature response of plants and heat tolerance in rice: A review. *Advances in Agronomy*, 179: 135-203.
- Yaviç, A. 2024. Detailed study on cold storage of mulberry fruits: Effect of postharvest putrescine treatments on quality characteristics and biochemical properties of mulberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 126: 105916.
- Zhang, H., Ma, L., Wang, L., Jiang, S., Dong, Y. and Zheng, X. 2008. Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. *Biological Control*, 47(1): 60-65.

- Zhang, W., Wang, Y., Wang, Z., Zhang, Y., Guo, M. and Chen, G. 2024. Epidermal wax damage on Hami melon (*Cucumis melo* L.) caused by postharvest commercialization induced fruit physiological softening and degradation of pectin polysaccharide nanostructure. *Food Hydrocolloids*, 151: 109841.
- Zhao, H., Zhang, S., Ma, D., Liu, Z., Qi, P., Wang, Z., Di, S. and Wang, X. 2024. Review of fruits flavor deterioration in postharvest storage: Odorants, formation mechanism and quality control. *Food Research International*, 182: 114077.
- Zokaee Khosroshahi, M.R. and Esna-Ashari, M. 2008. Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1(3): 278-287.
- Zokaee Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M. and Ershadi, A. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 114(1): 27-32.