

اثر پوتریسین و تیمار گرمایی بر کیفیت پس از برداشت میوه گلابی (*Pyrus communis*) رقم اسپادونا

مرجان السادات حسینی^۱، مصباح بابالار^{۲*} و محمدعلی عسکری^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۲ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۶)

چکیده

در این مطالعه، اثر کاربرد قبل و پس از برداشت پوتریسین به همراه تیمار گرمایی بر کیفیت و عمر انبارمندی میوه گلابی رقم اسپادونا بررسی شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. میوه‌ها طی فصل رشد در ۳ مرحله به ترتیب ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از تمام گل با ۴ سطح پوتریسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) مه‌افشانی شدند. همان میوه‌ها پس از برداشت در پوتریسین (در همان غلظت‌های قبل از برداشت) و آب گرم در ۳ سطح (۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و شاهد) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. میوه‌ها بعد از تیمار در سردخانه با دمای 1 ± 0 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۸۵ درصد به مدت ۲۱ هفته نگهداری شدند. میوه‌ها هر سه هفته یک بار از انبار خارج و از نظر خصوصیات مختلف کمی و کیفی مثل کاهش وزن، سفتی بافت میوه، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و شاخص طعم اندازه‌گیری شده قرار گرفتند. نتایج نشان داد کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار پوتریسین در زمان داشت و پس از برداشت سبب حفظ سفتی بافت میوه، کاهش از دست دادن آب میوه از طریق پوست و نیز کند کردن روند تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به شاهد شدند. همچنین مواد جامد محلول و شاخص طعم در میوه‌های تیمار شده در ابتدای آزمایش کمتر از نمونه‌های شاهد بودند، در حالی که در مراحل پایانی مقادیر مواد جامد محلول بیشتر از شاهد بودند. تیمار گرمایی ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه سبب افزایش مواد جامد محلول و شاخص طعم شدند، اما تأثیر معناداری بر کاهش وزن، سفتی بافت میوه، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون نداشتند.

واژه‌های کلیدی: آب گرم، انبارمندی، پلی‌آمین، گلابی (*Pyrus communis*)

مقدمه

است که رسیدن آن با تولید اتیلن و نرم شدن قابل توجهی همراه است که در نهایت عمر انبارمندی محصول را کاهش می‌دهد. یکی از زمینه‌های مهم کشاورزی و باغبانی استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در

گلابی *Pyrus communis* منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به شمار می‌رود که بخشی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن به دلیل ترکیبات فنلی است (Galvis-Sanchez et al., 2003). گلابی میوه فرازگر

و سبزی‌ها به طرق مختلف استفاده می‌شود که عبارت‌اند از: فروربردن (غوطه‌وری) در آب گرم، بخار گرم، هوای خشک و داغ و یا شست‌وشو و برس‌زنی با آب گرم (Lurie, 1998). از تیمارهای گرمایی می‌توان در مواردی مثل جلوگیری یا کاهش سرعت رسیدن میوه‌ها، القای مقاومت به آسیب سرمازدگی و آسیب خارجی پوست نیز استفاده کرد که نتیجه آن افزایش انبارمانی و بازارسانی محصولات است. براساس گزارش‌ها، تیمار با آب گرم به‌منزله روشی تجارتي پذیرفته شده است و با اضافه‌شدن روش برس‌زنی به آن پیشرفت قابل توجهی در آن حاصل شده است (Paul & Chen, 2000). در بین روش‌های تیمار گرمایی، غوطه‌وری در آب گرم مزایایی دارد که از آن جمله می‌توان به استفاده آسان، تیمار در مدت کوتاه، مشاهده محصول و زیر نظر گرفتن آن هنگام تیمار، قابلیت کنترل دمای آب و میوه‌ها و از بین رفتن عوامل پوسیدگی سطح میوه، صرف هزینه کمتر و تجاری‌بودن آن اشاره کرد و همچنین با توجه به اینکه آب محیط مؤثرتری (نسبت به هوا) برای انتقال حرارت است، برای بیشتر اهداف آب ترجیح داده می‌شود (Lurie, 1998; Fallik, 2004). غوطه‌وری کیوی فروت در آب گرم ۵۰،۴۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸، ۴ و ۲ دقیقه نشان داد میزان آب از دست‌دهی ۲ برابر شاهد بود. سفتی میوه ابتدا کاهش یافت، اما تا پایان دوره انبارمانی روند ثابتی داشت، ویتامین ث در طول انبارمانی افزایش یافت. مقادیر PH، EC و تغییرات TA نسبتاً ثابت بودند، اما از میزان سبزی رنگ میوه کاسته شد (Fatahi moghadam et al., 2008). پوسیدگی گلابی‌های اسپادونای مایه‌کوبی شده با *Penicillium expansum* تقریباً به‌طور کامل با آب گرم (۴۷ درجه سانتی‌گراد برای ۷ دقیقه) به همراه اشعه گاما (۵۰ کیلوRAD) جلوگیری می‌شود. همین تیمارها سبب تأخیر در توسعه بیماری در میوه‌های تلقیح‌شده با *Botrytis cinerea* و *Alternaria tenuis* می‌شود (Ben-Arie et al., 2002). تیمار آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه سبب کاهش پکتین متیل‌استراز و پلی‌گالاکتروناز در میوه‌های انبه می‌شود و سفتی گوشت میوه‌ها حفظ می‌شود (Benitez et al., 2006). در این پژوهش استفاده از پوتریسین و تیمار گرمایی در افزایش عمر پس از برداشت گلابی رقم اسپادونا بررسی شده است.

تولید و نگهداری محصول است. پلی‌آمین‌ها، هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره خطی ۱۵-۳ کربنه و دو گروه آمینی انتهایی هستند (Kalac & Krausov, 2005). پلی‌آمین‌ها با اتصال به سطح غشا، سبب استحکام آن می‌شود که در نهایت به تغییر در نفوذپذیری غشا و انتقال فعال مواد از طریق آن منجر می‌شود (Tiburcio et al., 1994). پلی‌آمین‌ها با تأثیر مستقیم بر آنزیم‌های متصل به غشا و یا با تأثیر بر بارهای منفی سطح غشا، فعالیت آنزیم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. پلی‌آمین‌های خارجی موجب حفظ پایداری غشاهای کلروپلاست و مانع از تجزیه کلروفیل می‌شوند. افزودن پلی‌آمین‌ها به محیط، سبب افزایش سنتز پروتئین‌ها، DNA و RNA می‌شود (Lee et al., 1997). عقیده بر این است که پلی‌آمین‌ها نقش ضد پیری دارند و گزارش‌ها بیانگر آن است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌ها را از طریق حفظ سفتی بافت، کاهش تولید اتیلن، به تأخیرانداختن تغییرات رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و محافظت میوه‌ها در برابر آسیب سرمازدگی و صدمات مکانیکی بهبود می‌بخشد (Valero et al., 2002). استفاده از پوتریسین در هلو منجر به کاهش تولید اتیلن و مواد جامد محلول و pH می‌شود، درحالی‌که اسیدیته قابل تیتراسیون و سفتی افزایش می‌یابد. کاهش وزن در زمان انبارمانی کمتر مشاهده شد و انبارمانی افزایش پیدا کرد (Zokaee & Esna-Ashari, 2008). اثر پوتریسین در ۴ غلظت (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مول بر لیتر) بر انبه نشان داد که مه‌افشانی قبل از برداشت مؤثرتر از غوطه‌وری پس از برداشت است. سفتی و TSS میوه‌های تیمار شده بالاتر بود در حالی‌که پوسیدگی، اسیدیته و قندهای کل و احیاناً کاهش پیدا کردند (Malik et al., 2003). تیمار قبل از برداشت پوتریسین با غلظت ۲ میلی‌مول بر لیتر تأثیر بیشتری در به تأخیرانداختن رسیدن میوه آلو، کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفس دارد (Khan et al., 2008).

تیمار گرمایی پس از برداشت، یکی از روش‌های فیزیکی و غیرتخریبی مهم برای کنترل پوسیدگی‌ها و بیماری‌های پس از برداشت است (Larrigaudieare et al., 2002; Fallik et al., 2004). تیمار گرمایی در میوه‌ها

مواد و روش‌ها

محل انجام پژوهش

برای انجام آزمایش درختان ۱۶ساله گلابی رقم اسپادونا واقع در باغ مرکز تحقیقات گروه باغبانی دانشگاه تهران واقع در منطقه محمدشهر استان البرز انتخاب شدند.

اعمال پوتریسین طی فصل رشد

این طرح در باغ به صورت کاملاً تصادفی با ۴ سطح پوتریسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در ۳ تکرار و با ۲ درخت در هر واحد آزمایشی انجام و شاهد بدون محلول‌پاشی در نظر گرفته شد (تعداد درختان محلول‌پاشی شده ۱۸ درخت بود و ۶ درخت به منزله شاهد در نظر گرفته شد). این درختان طی فصل رشد در سه زمان مختلف به ترتیب ۳۰ روز بعد از تمام گل، ۶۰ روز بعد از تمام گل و ۹۰ روز بعد از تمام گل (چهار هفته قبل از برداشت) مه‌افشانی شدند. مرحله تمام گل تقریباً اوایل اردیبهشت‌ماه (روزهای دوم و سوم) بود. میوه‌ها در مرحله سبز بالغ (ششم شهریورماه سال ۱۳۹۱) براساس تعداد روز بعد از تمام گل با دست برداشت شدند. برای بررسی کیفیت میوه‌های تیمار شده با پوتریسین در زمان برداشت (منظور روز صفر) طرح به صورت کاملاً تصادفی و شامل چهار سطح پوتریسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بود.

طرح آماری در این پژوهش به دو صورت انجام گرفت که در زمان برداشت یعنی روز صفر به صورت کاملاً تصادفی، همان‌طور که در قسمت بالا ذکر شد و پس از برداشت به منظور ارزیابی قابلیت انبارمانی میوه‌های گلابی (پس از برداشت و بعد از اعمال غوطه‌وری)، به صورت فاکتوریل سه‌عاملی با چهار سطح پوتریسین (شامل سه بار محلول‌پاشی با پوتریسین طی فصل رشد و یک مرحله هم غوطه‌وری پس از برداشت با پوتریسین، با غلظت‌های مختلف ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار)، تیمار گرمایی با سه سطح (شاهد، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان‌های نگهداری در سردخانه با هفت سطح (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ هفته) و سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت زیر انجام گرفت.

اعمال پوتریسین و تیمار گرمایی پس از برداشت

میوه‌های محلول‌پاشی شده با پوتریسین، پس از برداشت از نظر اندازه، درجه رسیدگی و عاری‌بودن از هر گونه

بیماری بررسی و انتخاب شدند. دوباره همین میوه‌ها، بعد از برداشت نیز در پوتریسین با همان غلظت‌های قبل از برداشت (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند (مثلاً میوه‌های محلول‌پاشی شده با پوتریسین ۰/۵ میلی‌مولار، در همان محلول پوتریسین ۰/۵ میلی‌مولار غوطه‌ور شدند). سپس میوه‌های هر تیمار پوتریسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) از محلول خارج و به ۳ دسته تقسیم شدند و به مدت ۵ دقیقه در آب با دمای ۴۰، ۵۰ درجه سانتی‌گراد و شاهد (آب مقطر در دمای معمولی) غوطه‌ور شدند. میوه‌ها پس از انجام تیمار گرمایی، از محلول خارج و برای خشک‌شدن در سبدهایی قرار داده شدند. لازم به ذکر است برای هر کدام از تیمارهای غوطه‌وری در پوتریسین و آب گرم ۳ تکرار و برای هر تکرار ۴ عدد میوه در نظر گرفته شده بود.

برای همه تیمارها (اعم از پوتریسین، آب گرم و اثر متقابل آن‌ها) به مدت ۵ ماه نگهداری در انبار، ۷ مرحله اندازه‌گیری انجام گرفت. اندازه‌گیری صفات مورد نظر هر سه هفته یک بار در طول دوره نگهداری میوه‌ها در سردخانه (1 ± 0 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی در حد ۸۰-۸۵ درصد انجام گرفت. برای ایجاد حالت مشابه با خرده‌فروشی‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار گرفتند و سپس از نظر صفات کمی و کیفی بررسی شدند.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده

برای تعیین میزان درصد کاهش وزن، هر ظرف در ابتدای آزمایش (قبل از انبارداری) و بلافاصله بعد از خروج از سردخانه دوباره وزن شد و درصد کاهش وزن با توجه به وزن اولیه محاسبه شد (Zhang *et al.*, 2002). برای تعیین سفتی گوشت میوه، پوست میوه در سه نقطه از بخش استوایی برداشت شد و سفتی بافت با استفاده از دستگاه پنترومتر با قطر پروپ هشت میلی‌متر برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر ثبت شد. برای سنجش pH عصاره میوه، ۵ میلی‌لیتر عصاره خالص میوه و ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر را در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکتروود در محلول، pH قرائت شد (Mostofi & Najafi, 2005). برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، مقدار ۵ میلی‌لیتر عصاره صاف‌شده میوه را با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا

سفتی بافت میوه: میزان سفتی طی دوره انبارمانی کاهش داشت. تیمار پوتریسین هم در زمان برداشت و هم طی انبارمانی سبب حفظ سفتی بافت میوه شد (جدول‌های ۲ و ۳). بیشترین سفتی مربوط به میوه‌های تیمار شده با ۱ و ۲ میلی‌مولار پوتریسین و کمترین مربوط به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار پوتریسین و شاهد بود (شکل ۱.ب). تیمار گرمایی تأثیر معناداری بر سفتی نداشت (جدول ۱).

pH عصاره میوه: مقدار pH طی مدت انبارمانی افزایش داشت. غلظت کم پوتریسین (۰/۵ میلی‌مولار) در کاهش pH طی مدت انبارمانی چندان مؤثر نبود اما غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار کمترین pH را نسبت به شاهد طی مدت انبارمانی داشتند (شکل ۲.الف). بین سطوح پوتریسین هم در زمان برداشت و هم طی انبارمانی اختلاف معناداری وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳)، اما بین سطوح تیمار گرمایی اختلاف معناداری وجود نداشت (جدول ۲).

اسیدیتة قابل تیتراسیون (TA): میزان TA طی مدت انبارمانی روند افزایشی داشت. بین سطوح پوتریسین هم در زمان برداشت و هم طی انبارمانی اختلاف معناداری وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳). غلظت ۰/۵ میلی‌مولار پوتریسین طی زمان انبارمانی تفاوتی با شاهد از نظر اسیدیتة قابل تیتراسیون نداشت اما غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار مصرف اسیدهای آلی را طی زمان کند کرد (شکل ۲.ب). تیمار گرمایی تأثیر معناداری بر TA نداشت (جدول ۱).

رسیدن $pH = 8/2 - 8/3$ تیترا کرده و میزان سود مصرفی ثبت شد. مقدار اسیدیتة قابل تیتراسیون برحسب درصد اسید غالب میوه اسید مالیک گزارش شد (Saini *et al.*, 2000). برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS) چند قطره از عصاره میوه با استفاده از قطره‌چکان روی منشور دستگاه رفرکتومتر (مدل ATAGO-ATC-20E) ریخته و عدد قرائت شد. عدد حاصل بیانگر مواد جامد محلول است که به‌صورت درصد بیان می‌شود (Mostofi & Najafi, 2005). شاخص طعم میوه یا کسر رسیدگی (TSS/TA) نسبت بین مواد جامد محلول کل به اسیدیتة قابل تیتراسیون است.

تجزیه آماری داده‌های به‌دست آمده به کمک نرم‌افزارهای MSTATC و SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

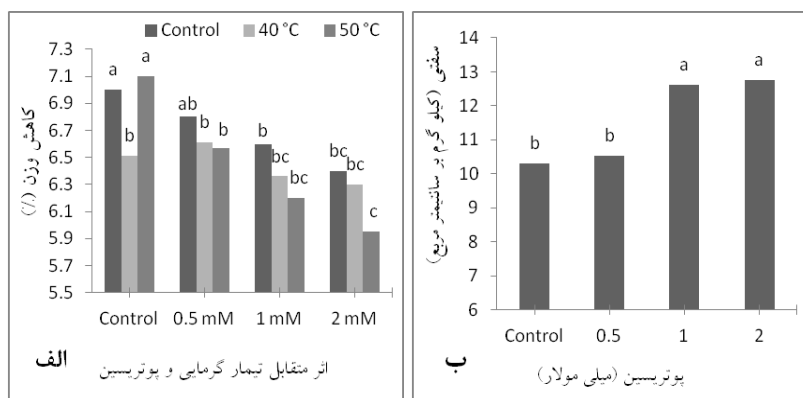
نتایج

درصد کاهش وزن: نتایج نشان می‌دهد میزان کاهش وزن طی مدت انبارداری روند افزایشی داشت. پوتریسین به همراه تیمار آب گرم بر میزان افت وزن در سطح یک‌درصد معنادار بود (جدول ۱). کاهش وزن در میوه‌های شاهدهی که تحت تیمار گرمایی ۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده‌اند بیشتر از میوه‌های تیمار شده با پوتریسین و تیمار گرمایی بود (شکل ۱.الف). در غلظت ۲ میلی‌مولار پوتریسین و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کمترین کاهش وزن وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی میوه‌های گلایی رقم اسپادونا در شرایط انبارمانی با غلظت‌های مختلف پوتریسین و تیمار گرمایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کاهش وزن	سفتی	اسیدیتة	اسیدیتة قابل تیتراسیون	مواد جامد محلول
زمان	۶	۳۶۹/۴۳**	۱۲۳/۵۹**	۰/۲۷۶**	۰/۰۰۸**	۱/۶۹**
غلظت پوتریسین	۳	۴/۶۶**	۴۸/۹۵**	۱/۲۲**	۰/۰۳۹**	۲/۴۶**
تیمار گرمایی	۲	۱/۷ ^{ns}	۰/۱۸۳ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۳/۰۸**
زمان × پوتریسین	۱۸	۱ ^{ns}	۰/۲۴۵ ^{ns}	۰/۱۸**	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۹۹**
زمان × تیمار گرمایی	۱۲	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۷۶۲ ^{ns}	۰/۰۰۸۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}
پوتریسین × تیمار گرمایی	۶	۴/۳۱**	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{ns}
زمان × پوتریسین × تیمار گرمایی	۳۶	۲/۲۳ ^{ns}	۰/۲۹۱ ^{ns}	۰/۰۰۴۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۶۸	۱/۴۸	۰/۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱۴	۰/۲۹
ضریب تغییرات (%)		۱۸/۲۵	۱۱/۵۸	۱/۸۴	۳/۴۵	۴/۰۱

* و **: معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معناداری.



شکل ۱. تأثیر تیمارهای پوتریسین و آب گرم بر درصد کاهش وزن میوه‌های گلابی رقم اسپادونا (الف)،

تأثیر پوتریسین بر میزان سفتی میوه‌های گلابی رقم اسپادونا (ب)

* ستون‌های دارای حروف مشترک با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

در میوه‌های غوطه‌ور در آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به میوه‌های شاهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای TSS افزایش یافته بود (شکل ۳.الف).

شاخص طعم (TSS/TA): در طول زمان شاخص طعم میوه افزایش یافته بود و میوه‌های تیمار شده با پوتریسین در مقایسه با شاهد طی انبارمانی TSS/TA کمتری داشتند (شکل ۳.د). میوه‌های تیمار شده در آب ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالاترین شاخص طعم را داشتند (شکل ۳.ب).

مواد جامد محلول: بین سطوح پوتریسین هم در زمان برداشت و هم طی انبارمانی اختلاف معناداری وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳). در طول نگهداری میوه‌ها TSS به تدریج زیاد شد اما در هفته‌های آخر نگهداری TSS کم شد. استفاده از پوتریسین ۱ و ۲ میلی‌مولار به‌طور معناداری تغییرات TSS طی مدت انبارداری را کاهش داد (شکل ۳.ج).

بین سطوح آب گرم اختلاف معناداری وجود داشت (شکل ۳.د).

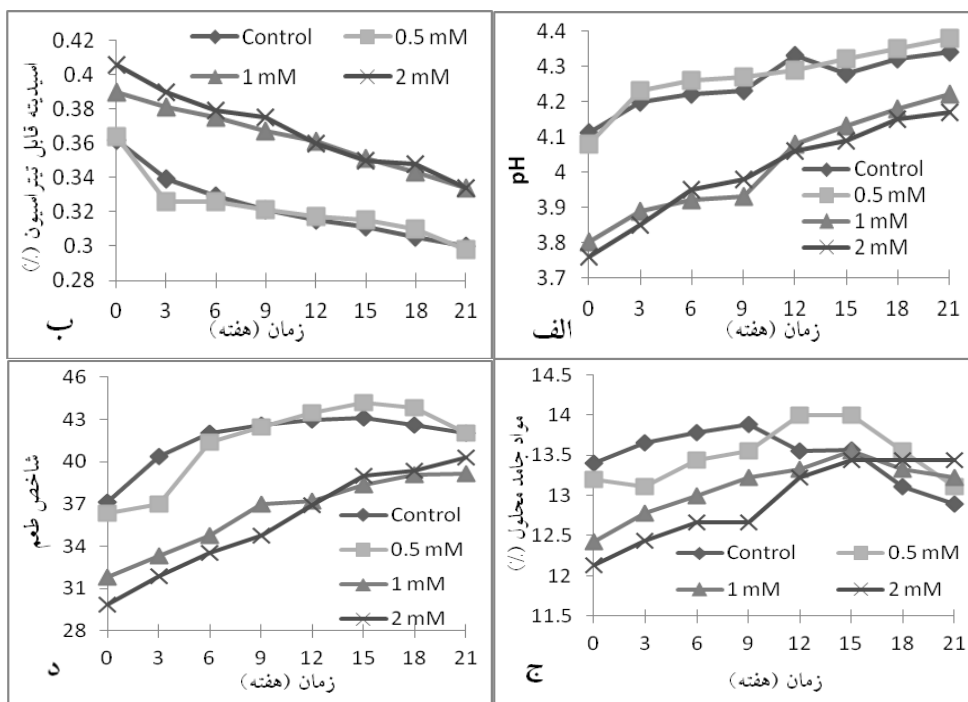
جدول ۲. تأثیر پوتریسین در زمان برداشت بر خواص کمی و کیفی گلابی رقم اسپادونا

شاخص طعم	مواد جامد محلول (%)	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	اسیدیته (pH)	سفتی (Kg/cm ²)	صفات تیمار
۳۷/۱۱ a	۱۳/۴ a	۰/۳۶ b	۴/۱۱ a	۹/۲۳ c	شاهد
۳۶/۳۷ ab	۱۳/۲ a	۰/۳۶ b	۴/۰۸ a	۱۰/۶۷ b	۰/۵ mM
۳۱/۸۱ bc	۱۲/۴۳ a	۰/۳۹ a	۳/۸ b	۱۱/۱۷ ab	۱ mM
۲۹/۸۸ c	۱۲/۱۳ a	۰/۴۱ a	۳/۷۶ b	۱۱/۷۵ a	۲ mM

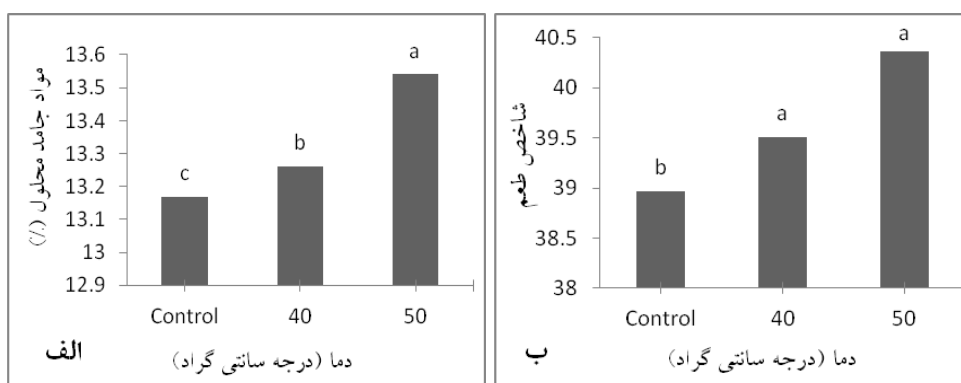
جدول ۳. تأثیر پوتریسین و تیمار گرمایی طی انبارمانی بر خواص کمی و کیفی گلابی رقم اسپادونا

شاخص طعم	مواد جامد محلول (%)	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	اسیدیته (pH)	سفتی (Kg/cm ²)	کاهش وزن (%)	صفات تیمار
۴۲/۲ a	۱۳/۴۹ a	۰/۳۲ b	۴/۲۷ b	۵/۱۲ b	۷/۰۳ a	شاهد
۴۲/۹۴ b	۱۳/۵۴ a	۰/۳۱ b	۴/۳ a	۵/۰۷ b	۶/۷۳ ab	۰/۵ mM
۳۶/۸۹ c	۱۳/۲ b	۰/۳۵ a	۴/۰۵ c	۶/۶ a	۶/۵۲ b	۱ mM
۳۶/۴۳ c	۱۳/۰۵ b	۰/۳۶ a	۴/۰۳ c	۶/۶۳ a	۶/۴ b	۲ mM
۳۸/۹۷ b	۱۳/۱۷ b	۰/۳۳۶ a	۴/۱۸ a	۵/۸۱ a	۶/۸۴ a	شاهد
۳۹/۵۱ b	۱۳/۲۶ b	۰/۳۳۸ a	۴/۱۷ ab	۵/۸۷ a	۶/۵۹ a	۴۰°C
۴۰/۳۷ a	۱۳/۵۴ a	۰/۳۳۹ a	۴/۱۵ b	۵/۹ a	۶/۵۷ a	۵۰°C

* ستون‌های دارای حروف مشترک با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.



شکل ۲. تغییرات میزان pH (الف)، اسیدیته قابل تیتراسیون (ب)، مواد جامد محلول (ج)، شاخص طعم (د) میوه‌های گلابی تیمار شده با غلظت‌های مختلف پوتریسین طی دوره انبارمانی



شکل ۳. تأثیر تیمار گرمایی بر میوه‌های گلابی رقم اسپادونا طی انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول (الف)، میزان شاخص طعم (ب)

بحث

بدین ترتیب نقش مهمی در کاهش تبادلات آب از پوست میوه ایفا کرده است (Enas et al., 2010). در نتیجه، پلی‌آمین‌ها سبب حفظ سلامت غشا می‌شوند. جلوگیری از کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۲ میلی‌مولار پوتریسین و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد احتمالاً به دلیل این است که پلی‌آمین‌ها در سنتز پروتئین‌های شوک گرمایی در شرایط تنش گرما نقش دارند و سنتز این پروتئین‌ها در ۴۰ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود. در سلول‌های تحت تنش گرما فرم اتصالاتی پلی‌آمین‌ها نسبت به فرم آزاد بیشتر است و این نتایج

درصد کاهش وزن: افزایش درصد کاهش وزن طی مدت انبارمانی در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه‌هاست. به‌طور کلی، تبخیر و تعرق و تنفس محصولات پس از برداشت موجب کاهش وزن می‌شود و به‌علاوه، هرچه از مدت انبارمانی محصول بگذرد کاهش وزن بیشتر می‌شود. تیمار پوتریسین در مقایسه با شاهد از کاهش وزن میوه‌ها طی دوره انبارمانی جلوگیری می‌کند که احتمالاً به این دلیل است که پوتریسین با اتصال به غشای سلولی سبب پایداری غشا و حفظ واکس‌های لایه کوتیکول می‌شود و

تجزیه شوند و همزمان با رسیدن میوه افزایش pH عصاره و کاهش TA در طول مدت انبارمانی مشاهده شود (Wills *et al.*, 1998). تیمار ۱ و ۲ میلی مولار پوتریسین منجر به مصرف کندتر اسیدهای آلی طی انبارمانی شد که به نظر می رسد پوتریسین با کند کردن فرایند رسیدن و فعالیت های متابولیکی تنفس، سبب کاهش مصرف اسیدهای آلی (حفظ TA) و مانع افزایش pH طی انبارمانی شده است (Valero *et al.*, 2002; Lester *et al.*, 2000). این نتایج در توت فرنگی (Zokaee & Esna, 2008) و آلو (Ashari, 2008) و آلو (Khan *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است.

TSS میوه: افزایش مقدار TSS میوه در طول انبارمانی در گلابی ممکن است به دلیل تغییر شکل ترکیبات پکتیک، هیدرولیز ترکیبات پیچیده کربوهیدرات ها مانند نشاسته به ترکیبات ساده تر مانند فروکتوز و گلوکز و یا دهیدراسیون سلول های میوه و غلیظ شدن شیرۀ سلولی باشد. همچنین کاهش مقدار TSS کل در اواخر دوره نگهداری در سردخانه ممکن است به این دلیل باشد که ترکیبات ساده قندی وارد سیکل تنفسی سلولی شده و انرژی مورد نیاز برای سلول ها را فراهم کرده و به دنبال آن از مقدار TSS کل کم شده است. مقدار کربوهیدرات ها به غیر از ساکارز یک ماه بعد از برداشت و در دوره انبارمانی افزایش می یابد و بعد از آن مقدار این ترکیبات به تدریج کم می شود. میوه های شاهد طی انبارمانی TSS کل بالاتری نسبت به میوه های تیمار شده با پوتریسین دارند که به نظر می رسد با گذشت زمان در میوه های شاهد به دلیل پیشرفت فرایند رسیدن، ابتدا نشاسته و ترکیبات نامحلول به قندهای محلول تبدیل شده است و قندها افزایش یافته اند و سپس با پیری و افزایش شدت تنفس قندها به آب و دی اکسید کربن تجزیه و مقدار آن ها کم شده است اما در میوه های تیمار شده روند تبدیل نشاسته به قندها با کاهش میزان تنفس کند می شود که نتیجه آن جلوگیری از افزایش غیرعادی مواد جامد محلول بود. این نتایج در آلو نیز گزارش شده است (Khan *et al.*, 2008).

میوه های غوطه ور شده در آب گرم TSS بالاتری نسبت به شاهد داشتند که احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز در محدوده دمایی ۴۰ تا ۶۰ درجه

نشان می دهند که وضعیت متابولیکی پلی آمین ها در سلول با تأثیر بر ثبات و خواص فیزیکی غشای سلولی سنتز پروتئین های شوک گرمایی در شرایط تنش گرما را تحت تأثیر قرار می دهد (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2000). این اثر در تعدادی از میوه ها از جمله هلو (Zokaee Khosroshahi & Esna-Ashari, 2008) نارنگی (Hasdai *et al.*, 1986) و زردآلو (Enas *et al.*, 2010) گزارش شده است.

سفتی بافت میوه: کاهش سفتی طی دوره انبارمانی به این دلیل است که در طول رسیدن، آنزیم های پلی گالاکتروناز^۱ و پکتین متیل استراز^۲ سبب دی متیله شدن اسید گالاکتورونیک در پکتین های دیواره سلولی می شوند و در نتیجه، یون کلسیم موجود در زنجیره های پلیمری دیواره سلولی آزاد شده و در نتیجه نرم شدن دیواره سلول ها، نرم شدن میوه اتفاق می افتد (Wei *et al.*, 2010). افزایش سفتی در میوه های تیمار شده با پوتریسین ۱ و ۲ میلی مولار در مقایسه با شاهد را می توان به دلیل اتصال پوتریسین به ترکیبات پکتیکی دیواره سلولی نسبت داد. این اتصال به ثبات و پایداری دیواره سلولی منجر می شود که پس از تیمار قابل تشخیص است. این اتصال مانع از فعالیت آنزیم های تجزیه کننده دیواره از جمله پکتین متیل استراز و پلی گالاکتروناز می شود که به نوبه خود، نرم شدن میوه ها را در انبار کاهش می دهد (Valero *et al.*, 2002). همچنین در آزمایش دیگری نفوذ دادن پلی آمین ها به داخل میوه سبب افزایش فوری در سفتی میوه سیب و نیز سبب کاهش نرم شدن آن در انبار صفر درجه شده است (Kramer *et al.*, 1991). افزایش سفتی بافت تحت تأثیر پوتریسین در بسیاری از میوه ها از جمله سیب (Kramer *et al.*, 1991)، توت فرنگی (Ponappa *et al.*, 1993)، هلو (Bregoli *et al.*, 2002)، نارنگی (Valero *et al.*, 1998) و آلو (Serrano *et al.*, 2003) گزارش شده است.

pH و TA عصاره میوه: در میان فعالیت های متابولیکی، تنفس مهم ترین فرایند است که ممکن است طی رسیدن و انبارمانی، اسیدهای آلی که به منزله ذخیره انرژی در بافت میوه است به دلیل تنفس مقدار زیادی

1. Pectin methyl esterase
2. Polygalacturonase

آب، طعمشان نامطلوب می‌شود. مصرف‌کنندگان میوه‌های شیرین اما با مقدار معینی اسید را ترجیح می‌دهند. پس با پیشرفت رسیدگی میوه‌های تیمار شده با پوتریسین بهتر از شاهد می‌شوند (Crisosto & Crisosto, 2002).

نتیجه‌گیری کلی

تیمار ۱ و ۲ میلی‌مولار پوتریسین سبب افزایش سفتی بافت میوه، کاهش از دست دادن آب میوه از طریق پوست و نیز کندکردن تغییرات TA، pH، TSS و شاخص طعم شده و رسیدن و پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخته و در نهایت سبب حفظ کیفیت و افزایش انبارمانی میوه‌ها شده است. آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌تنهایی سبب افت بیشتر کاهش وزن شد اما در ترکیب با پوتریسین اتلاف وزن را کاهش داد. همچنین تیمار آب گرم ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه سبب افزایش TSS و شاخص طعم شد.

سپاسگزاری

از زحمات و همکاری‌های کارکنان ایستگاه تحقیقات و آزمایشگاه‌های گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران و همچنین جناب آقای دکتر محمدرضا فتاحی مقدم و خانم‌ها مهندس فرزانه امین‌زاده و حدیثه دانشور که در طول این پژوهش همکاری کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

سانتی‌گراد (Ranwal et al., 1992) و یا به‌دلیل افزایش موقتی تنفس و تبدیل مواد نشاسته‌ای به قند باشد (Klein & Perry, 1982). این نتایج در گوجه‌فرنگی (Lurie & Klein, 1992) و توت‌فرنگی (Garcia et al., 1995) نیز گزارش شده است.

شاخص طعم یا کسر رسیدگی (TSS/TA): نسبت

قند به اسید به‌منزله درجه رسیدگی مطرح می‌شود (Valero et al., 2006). تغییرات شیمیایی و فیزیولوژیکی داخلی طی دوران رسیدن، افزایش قندها و مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته است (Wills et al., 1998). طی مدت نگهداری شاخص طعم میوه افزایش یافت. چراکه در زمان انبارمانی میوه گلابی، هم‌زمان با افزایش تغییرات pH عصاره میوه، درصد کل اسیدهای آلی کاهش و به دنبال آن نسبت قند به اسید افزایش می‌یابد. میوه‌های تیمار شده در آب گرم بالاترین شاخص طعم را دارند به‌دلیل اینکه TA تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد، اما TSS در میوه‌های تیمار شده بالاتر باقی می‌ماند و شاخص طعم (نسبت TSS/TA) بیشتر می‌شود (Lurie & Klein, 1992). تیمار پوتریسین با کاهش شدت تنفس میوه طی رسیدن سبب کندشدن مصرف اسید و قند می‌شود و در نتیجه شاخص طعم کاهش می‌یابد (Nikkhah, 2011). همیشه پایین‌بودن TSS/TA نشان‌دهنده شاخص طعم پایین‌تر نیست. اگرچه میوه‌های شاهد در کل طی انبارمانی طعم بهتری دارند، در پایان عمر انبارمانی با مصرف اسید و قند و تبدیل آن‌ها به دی‌اکسیدکربن و

REFERENCES

- Ben-Arie, R. & Barkai-Golan, R. (2002). Combined heat-radiation treatments to control storage rots of Spadona pears. *Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 20, 687-690.
- Benitez, M., Acedo, AL., Jitareerat, P. & Kanlavanarat, S. (2006). Mango fruit softening response to postharvest heat treatment. *Acta Horticulturae*, 712, 811-816.
- Bregoli, A. M., Scaramagli, S., Costa, G., Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S. & 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.
- Crisosto, C. H. & Crisosto, G. (2002). Understanding American and Chinese consumer acceptance of 'Redglobe' table grapes. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 24, 155-162.
- Enas, A. M. A., Sarrwy, S. M. A. & Hassan H. S. A. (2010). Improving Canino Apricot Trees Productivity by Foliar Spraying with Polyamines. *Journal of Applied Sciences Research*, 6, 1359-1365.
- Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatment. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 32, 125-134.
- Fatahi moghadam, J., Taheri, H. & Babri, M. (2008). Control of postharvest decay and physicochemical quality with hot water treatment. Sixth congress iranian horticultural science congress, Pp.778.
- Galvis-Sanchez, A. C., Gil-Izquierdo, A. & Gil, M. I. (2003). Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C contents and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 995-1003.

9. Garcia, J.M., Aguilera, C. & Albi, M.A. (1995). Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria xananassa* cv. Tudla). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1489-1492.
10. Gonzalez-Aguilar, G. A., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R. & Wang, C. Y. (2000). Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 18, 19-26.
11. Hasdai, D., Bar-Akiva, A. & Goren, R. (1986). Chemical and morphological characteristics of developing fruits from old clone vs. nucellar shamouti orange trees. *Journal of Horticultural Science*, 61, 389-395.
12. Kalac, P. & Krausov, P. (2005). A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*, 90, 219-230.
13. Khan, A. S., Singh, Z., Abbasi, A. M. & 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 Science of Food and Agriculture*, 88, 1686-1695.
14. Klein, B. P. & Perry, A. K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of United States. *Food Science*, 47, 941-945.
15. Kramer, G. F., Wang, C. Y. & Conway, W. S. (1991). Inhibition of softening by polyamine application in Golden Delicious and McIntosh apples. *Journal of Horticultural Science*, 116, 813-819.
16. Larrigaudieare, C., Pons, J., Torres, R. & Usall, J. (2002). Storage performance of clementines treated with hot water, sodium carbonate and sodium bicarbonate dips. *Horticultural Science & Biotechnology*, 77, 314-319.
17. Lee, M. M., Lee, S. H. & Park, K. Y. (1997). Effects of spermine on ethylene biosynthesis in cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers during senescence. *Journal of Plant Physiology*, 151, 68-73.
18. Lester, G. E. (2000). Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. *Plant Science*, 160, 105-112.
19. Lurie, S. & Klein, J. D. (1992). Calcium and Heat Treatments to Improve Storability of 'Anna' Apples. *Journal of Horticultural Science*, 27, 36-39.
20. Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 14, 257-269.
21. Malik, A.U., Singh, Z. & Dhaliwal, S.S. (2003). Exogenous Application of Putrescine Affects Mango Fruit Quality and Shelf Life. *Acta Horticulturae*. 628: ISSN 0567-7572.
22. Mostofi, Y. & Najafi, F. (2005). *Laboratory analytical methods of Horticultural Sciences*, Institute of Tehran University Publications and Printing. Pp.136.
23. Nikkha, Sh. (2011). Effects of Harvesting Date and CaCl₂ Concentration on Storage Quality of Pear (cv. "Spadona" and cv. "Coscia"). *Journal of Horticultural Science*, 25(3), 243-250. (In farsi)
24. Paull, R. E. & Chen, N. J. (2000). Heat treatment and fruit ripening. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 21, 21-38.
25. Ponappa, T., Scheerens, J. C. & Miller, A. R. (1993). Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. *Journal of Food Science*, 58(2), 361-364.
26. Ranwal, A. P., Suematsu, C. & Masuda, H. (1992). Soluble and wall-bound invertases in strawberry fruit. *Plant Science*, 84, 59-64.
27. Saini, S., Sogi, D. S. & Bawa, A. S. (2000). Shelf-life studies on chemically preserved sand pear (*Pyrus pyrifolia* cv patharnakh) pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 40, 230-232.
28. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F. & Valero, D. (2003). Effect of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars postharvest. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271.
29. Tiburcio, A. F., Besford, R. T., Capell, T., Borell, A., Testillano, P. S. & Risueno, M. C. (1994). Mechanism of polyamine action during senescence responses induced by osmotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 45, 1789-1800.
30. Valero, D., Martinez-Romero, D. & Serrano, M. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 228-234.
31. Valero, D., Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Riquelme, F. (1998). Polyamine response to external mechanical bruising in two mandarin cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 33, 1220-1223.
32. Valero, D., Valverde, J. M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. & Serrano, M. (2006). The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 41, 317-327.
33. Wei, J., Ma, F., Shi, S., Qi, X., Zhu, X. & Yuan, J. (2010). Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 56, 147-154.

34. Wills, R. H., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. (1998). *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetable and ornamentals*. CAB International, Oxford, 1-56
35. Zhang, M., Tao, Q., Huan, Y. J., Wang, H. O. & Li, C. L. (2002). Effect of temperature control and humidity on the preservation of Jufeng grapes. *International Agrophysics*, 16, 277-280.
36. Zokaee Khosroshahi, M. R. & Esna-Ashari, M. (2008). Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1, 278-287.