

بررسی اثر پوشش واکس و غلظت‌های مختلف پوترسین بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نارنگی رقم 'کارا' در طول مدت انبارمانی

اصغر رمضانیان^{۱*}، فرشته خرم^۲ و احمد احمدپور^۳

*- نویسنده مسوول: استادیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز (ramezianian@shirazu.ac.ir)

۲- دانشجوی دکترا بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- دانشجوی دکترا بخش علوم باغبانی، مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف پوترسین و پوشش واکس بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نارنگی رقم 'کارا' در شرایط انبار، یک آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در این آزمایش اثر نوع پوشش در چهار سطح شامل واکس تجاری BRITEX، پوترسین ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ میلی‌مولار روی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نارنگی رقم 'کارا' در سه تکرار و سه مرحله شامل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز در دمای ۱±۵ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد، اثر نوع پوشش، زمان انبارداری و برهمکنش نوع پوشش و زمان انبارداری بر ویژگی‌های مورد بررسی میوه نارنگی 'کارا' شامل کاهش وزن میوه، نسبت پوست به گوشت میوه، درصد آب میوه، مواد جامد محلول (TSS)، نسبت TSS/TA و میزان ویتامین ث در سطح ۱٪ معنی‌دار و بر روی pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، معنی‌دار نبود. به صورت کلی می‌توان از بین تمامی تیمارها، کاربرد پس از برداشت پوترسین با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار و نگهداری آن در انبار تا ۴۰ روز را مؤثرترین تیمار در حفظ کیفیت نارنگی 'کارا' معرفی کرد.

کلید واژه‌ها: پلی‌آمین، واکس تجاری BRITEX، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون.

مقدمه

حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد محصولات تولید شده در اثر ضایعات حین و بعد از برداشت و در طول دوره انبارداری از بین می‌روند. امروزه متخصصان هم‌زمان با تلاش برای بالا بردن تولید فراورده‌ها، نگهداری بعد از برداشت را مورد توجه قرار می‌دهند، چرا که هزینه کاهش ضایعات بسیار کمتر از هزینه بالا بردن میزان تولید می‌باشد (پناه و همکاران، ۱۳۹۱).

کوتیکول لایه‌ای از واکس اپیدرمی روی میوه مرکبات است که از دست دادن رطوبت را کاهش می‌دهد. این لایه می‌تواند به راحتی آسیب ببیند و باعث از دست رفتن رطوبت شود (کهن و همکاران^۱، ۱۹۹۴).

واکس مصنوعی که پس از برداشت استفاده می‌شود راهی برای غیرقابل نفوذ کردن میوه و کاهش از دست دادن رطوبت است (وانگ^۲، ۱۹۹۳، وایلد^۳، ۱۹۹۳ وایلد، ۱۹۹۸). سال‌هاست که استفاده از واکس به عنوان یک تیمار پوششی، قبل از انبار کردن میوه‌ها رایج شده است. استفاده از واکس به منظور افزایش مراقبت میوه و کاهش آب از دست‌دهی به کار می‌رود. این پوشش باعث افزایش سطح دی‌اکسیدکربن، اتانول و کاهش اکسیژن درونی میوه می‌شود (فریدون و عالم‌زاده، ۱۳۸۶). لائول و همکاران^۴ (۱۹۷۲) گزارش کردند که کاربرد امولسیون

2- Wang

3- Wild

4- Laul et al.

1- Cohen et al.

(بوچرا و همکاران^{۱۳}، ۱۹۹۹، داس و میسرا^{۱۴}، ۲۰۰۴ و گالستون و کاور-سانی، ۱۹۹۰). بسیاری از این فرایندها، به طور مستقیم بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی پس برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها شامل کیفیت انباری، پیری، سرمزدگی و تنش‌های دیگر و توسعه بیماری‌ها اثر می‌گذارند (والرو همکاران^{۱۵}، ۲۰۰۲). مشخص شده است که پلی‌آمین‌ها به غشاءها، اسیدهای نوکلئیک و درشت مولکول‌های دیگر متصل شده و در پایداری ساختمان کروماتین، تنظیم کانال‌های یونی، حذف رادیکال‌های آزاد و تنظیم بیان ژن اثر می‌گذارند (کاسرو مارتون، ۲۰۰۷ و سریواستاوا و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۷). از آنجایی که حفظ پایداری غشاء و همئوستازی، برای بسیاری از فرایندهای یاخته‌ای، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ضروری است، به احتمال زیاد پلی‌آمین‌ها در افزایش عمر پس برداشت میوه‌ها، سبزی‌ها و گل‌ها نقش کلیدی دارند (پالیاف و همکاران^{۱۷}، ۲۰۰۸). کاربرد خارجی پلی‌آمین‌های اسپرمیدین، اسپرمین و پوترسین سبب افزایش سفتی بافت میوه‌های سیب 'گلدن دلیشز'^{۱۸} و 'مک‌ایتناش'^{۱۹} گردید (کرامر و همکاران^{۲۰}، ۱۹۹۱). در پژوهشی نشان داده شد که پلی‌آمین‌ها به عنوان کاتیون‌های آلی همانند کاتیون‌های غیرآلی مثل کلرید کلسیم و آهن، فعالیت آنزیم پکتین استراز را در گوشت میوه گریپ‌فروت کاهش می‌دهند (لینتینگ و یچر^{۲۱}، ۱۹۹۷). کاربرد پوترسین در چهار رقم آلو، وقوع پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخت و عمر انباری آن‌ها را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس افزایش داد. به علاوه افزایش در مواد جامد محلول کل، میزان اسید قابل تیتراسیون و سفتی بافت میوه و کاهش یا تعویق در تولید اتیلن اتفاق افتاد (پیتر و همکاران، ۱۹۹۸ و سرانو

واکس ۶ درصد همراه با بنلیت^۱ ۰/۱ درصد، عمر انباری نارنگی ناگپور^۲ را از ۸ روز تا ۲۰ روز افزایش داد. پژوهش‌های بن-یهوشا^۳ و همکاران (۱۹۸۷) نشان داد که بعد از پوسیدگی، مهم‌ترین عامل زوال میوه مرکبات، از دست دادن آب پوست میوه و پژمرده شدن پوست میوه می‌باشد، بنابراین روش‌هایی که تعرق میوه را کاهش می‌دهند باعث افزایش عمر انباری این فراورده‌ها می‌شوند. صفی‌زاده (۱۳۷۰)، ضمن ساختن نوعی امولسیون واکس و کاربرد آن بر روی میوه‌های لیموترش موفق به نگهداری این میوه به مدت ۵ ماه در انبار گردید. کاربرد این امولسیون منجر به کم شدن کاهش وزن و پوسیدگی میوه‌ها گردید و کیفیت آن‌ها را در حد مطلوب حفظ نمود. در پژوهشی دیگر پیتر و همکاران^۴ (۱۹۹۸) گزارش کردند کاربرد امولسیون واکس ۶ درصد عمر انباری گریپ‌فروت را از ۱۵ روز به ۳۵ روز افزایش داد. پلی‌آمین‌ها^۵ آمین‌های زیستی، پلی‌کاتیونی کوچک هستند که اثرهای بارزی بر رشد و نمو پیری در یاخته‌های یوکاریوتی دارند (کاسرو مارتون^۶، ۲۰۰۷، کاسول و ماتو^۷، ۲۰۰۳ و گالستون و کاور-سانی^۸، ۱۹۹۵). پوترسین^۹، اسپرمیدین^{۱۰} و اسپرمین^{۱۱}، پلی‌آمین‌های معمول هستند که در هر یاخته گیاهی یافت می‌شوند (بناویدز و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۰). پوترسین که یک دی‌آمین و از پلی‌آمین‌های غالب در گیاهان می‌باشد و پیش‌ساز تری‌آمین اسپرمیدین و تتراآمین اسپرمین است. پلی‌آمین‌ها در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی شامل تقسیم و بزرگ شدن یاخته‌ای، بلند شدن گیاهان، گلدهی، تشکیل میوه، نمو رسیدن میوه اثر می‌گذارند

- 1- Benlate
- 2- Nagpur mandarin
- 3- Ben-Yehoshua *et al.*
- 4- Peter *et al.*
- 5- Polyamines
- 6- Casero & Marton
- 7- Cassol & Mattoo
- 8- Galston & Kaur-Sawhney
- 9- Putrescine
- 10- Spermidine
- 11- Spermine
- 12- Benavides *et al.*

- 13- Bouchereau *et al.*
- 14- Das & Misra
- 15- Valero *et al.*
- 16- Srivastava *et al.*
- 17- Paliyath *et al.*
- 18- Golden Delicious
- 19- McIntosh
- 20- Kramer *et al.*
- 21- Leiting & Wicher

همکاران^۱، ۲۰۰۳).

در این آزمایش ویژگی‌های مورد بررسی، هر ۲۰ روز یک‌بار تا ۶۰ روز بررسی شدند. جهت اندازه‌گیری وزن میوه، وزن گوشت میوه، وزن پوست وزن آب میوه از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد و میزان کاهش وزن با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

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

کاهش وزن

در این فرمول وزن اولیه، وزن میوه‌ها در شروع آزمایش وزن ثانویه، وزن میوه‌ها در زمان‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز بود.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از دستگاه رفاکومتر دستی (W.S.R.O, Japan) انجام گرفت و به‌صورت درصد بیان گردید و جهت اندازه‌گیری pH از دستگاه پ‌هاش متر (Hanna, Singapore) استفاده شد.

میزان اسیدیته کل قابل تیتراسیون (TA) از طریق تیتراسیون با سود تعیین گردید (خسروشاهی، ۱۳۷۶). برای این کار، ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه را با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس ۵ قطره محلول فنل فتالین به آن اضافه گردید. محلول حاصل با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتراسیون گردید. با بررسی حجم سود مصرفی، میزان اسید کل با فرمول زیر محاسبه شد.

$$۰/۰۶۴ \times \text{حجم سود مصرفی} = \text{اسید کل}$$

برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون یدسنجی (سلاجقه و همکاران، ۱۳۸۸) استفاده شد. به این صورت که ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده، سپس با معرف نشاسته ۱ درصد به میزان ۲ میلی‌لیتر با محلول ۰/۰۱ نرمال ید تیتراسیون گردید تا رنگ خاکستری نمایان شود. جهت تعیین میزان ویتامین ث از فرمول زیر استفاده شد.

$$۱۷/۶ \times \text{حجم محلول ید مصرفی} = \text{ویتامین ث}$$

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS، تجزیه واریانس شده و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ با هم مقایسه شدند.

در پژوهشی، کاربرد برون‌زای پوترسین و اسپرمیدین روی نارنگی باعث کاهش تولید اتیلن، تأخیر در نرم‌شدن، حفظ اسید کل و جلوگیری از افزایش ماده خشک و مواد جامد محلول شد (توریگانی و همکاران^۲، همکاران^۲، ۲۰۰۴).

با توجه به محدودیت عمر انباری نارنگی 'کارا' این پژوهش به‌منظور بررسی و مقایسه اثر غلظت‌های مختلف پوترسین و پوشش واکس روی ویژگی‌های کمی و کیفی نارنگی 'کارا' در شرایط انبار سرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف پوترسین و پوشش واکس روی ویژگی‌های کمی و کیفی نارنگی (*Citrus reticulata cv. Kara*) در شرایط انبار، به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شاهد (آب مقطر)، واکس تجاری BRITEX (بروگدکس، اسپانیا)، پوترسین (مرک آلمان) ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ میلی‌مولار و سه تکرار انجام شد. میوه‌ها در تاریخ ۲۴ اسفند ۱۳۹۲ بر اساس رنگ و نسبت TSS/TA از درختان مرکبات ۱۵ ساله بر روی پایه نارنج در باغ کشت و صنعت جیرفت، برداشت شدند و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان منتقل شدند. میوه‌های سالم با متوسط وزن ۱۶۰-۱۲۰ گرم انتخاب شدند و پس از شستشو با آب سرد و خشک کردن آن‌ها و آماده‌سازی محلول پوترسین با حلال آب مقطر به مدت یک دقیقه در محلول پوترسین غوطه‌ور شدند. برای تیمار واکس، میوه‌ها با استفاده از یک تکه ابر آغشته شدند. میوه‌ها را پس از تیمار در کیسه‌های پلاستیکی LDPE با ضخامت ۷ میکرون بسته‌بندی کرده و در یخچال معمولی با دمای 5 ± 1 درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای هر تکرار ۱۵ میوه و در هر کیسه پلاستیکی ۵ میوه گذاشته شد.

1- Serrano *et al.*

2- Torrigiani *et al.*

نتایج و بحث

کاهش وزن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر زمان انبارداری، تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار بر کاهش وزن میوه‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از ترکیب زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن میوه در تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار در روز ۶۰ انبارداری و کمترین آن در تیمارهای پوترسین ۰/۴ و ۰/۶ میلی‌مولار در روز ۲۰ انبارداری مشاهده شد. با افزایش زمان انبارداری و به‌ویژه از روز ۴۰ انبارداری

به بعد کاهش وزن افزایش معنی‌داری یافت. به نظر می‌رسد از روز ۴۰ به بعد یاخته‌های میوه‌ها به شدت تخریب شده و میوه‌ها به سرعت به طرف زوال پیش رفته‌اند. تیمارها نیز درصد کاهش وزن میوه را در تمام زمان‌های انبارداری نسبت به شاهد، به طور معنی‌داری کاهش دادند؛ اگرچه پس از ۲۰ و ۴۰ روز انبارداری بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و پس از ۶۰ روز انبارداری، تیمار پوترسین ۰/۴ بیشترین درصد کاهش وزن را نسبت به سایر تیمارها حتی نسبت به شاهد داشت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن	نسبت پوست به گوشت	آب میوه	مواد جامد محلول	اسید کل	نسبت قند به اسید	ویتامین ث	پ هاش
زمان انبارداری	۲	۵۵۹/۴**	۰/۰۷۹**	۱۸۸/۷**	۹/۲**	۰/۰۰۱۳ ^{NS}	۶/۹**	۱/۶۹**	۰/۰۰۶۲ ^{NS}
تیمار	۴	۵۰/۴	۰/۰۰۳۴**	۳۰/۷**	۲/۲**	۰/۰۰۳۱ ^{NS}	۱/۹**	۴/۲**	۰/۰۰۳۵ ^{NS}
اثر متقابل تیمار و زمان	۸	۳۱/۶**	۰/۰۰۷۳**	۲۷/۵**	۰/۹**	۰/۰۰۲۲ ^{NS}	۲/۰**	۶/۲**	۰/۰۰۳۶ ^{NS}
خطا	۳۰	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۲/۹	۰/۲	۰/۰۰۴۱	۰/۴	۰/۴	۰/۰۲۱۸
ضریب تغییرات	۷/۲	۷/۲	۲/۹	۵/۸	۳/۷	۶/۶	۴/۸	۲/۲	۴/۱

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار (واکس بریتکس و پوترسین) و زمان انبارداری بر درصد کاهش وزن، نسبت پوست به گوشت و درصد آب میوه نارنگی 'سکارا' پس از ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز انبارداری در دمای ۱۰±۱°C

تیمار	زمان انبارداری (روز)	کاهش وزن (درصد)	نسبت پوست به گوشت	آب میوه (درصد)
شاهد	۲۰	۳/۰ ^f	۰/۳۲ ^{de}	۳۵/۱ ^a
شاهد	۴۰	۵/۴ ^c	۰/۳۱ ^e	۲۳/۸ ^{ef}
شاهد	۶۰	۱۴/۱ ^b	۰/۴۴ ^b	۲۷/۰ ^{c-e}
واکس	۲۰	۰/۹ ^{gh}	۰/۲۸ ^f	۳۴/۶ ^{ab}
واکس	۴۰	۰/۳ ^{gh}	۰/۳۳ ^d	۲۷/۰ ^{c-e}
واکس	۶۰	۶/۵ ^d	۰/۳۳ ^d	۳۴/۱ ^{ab}
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۲۰	۰/۵ ^{gh}	۰/۳۲ ^{de}	۳۱/۰ ^{c-g}
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۴۰	۰/۸ ^{gh}	۰/۳۳ ^d	۲۶/۴ ^{de}
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۶۰	۷/۰ ^d	۰/۴۵ ^b	۲۸/۰ ^{c-e}
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۲۰	۰/۱ ^h	۰/۲۷ ^f	۳۰/۸ ^{bc}
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۴۰	۱/۲ ^g	۰/۲۷ ^f	۲۹/۰ ^{cd}
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۶۰	۲۰/۳ ^a	۰/۵۰ ^a	۲۲/۲ ^f
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۲۰	۰/۱ ^h	۰/۲۴ ^g	۳۵/۰ ^a
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۴۰	۱/۲ ^g	۰/۳۴ ^d	۲۵/۸ ^{d-f}
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۶۰	۱۱/۷ ^c	۰/۴۰ ^c	۳۱/۱ ^{a-c}

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ با آزمون دانکن می‌باشد.

انبارداری به دلیل کاهش بیشتر عصاره میوه نسبت به آب پوست میوه باشد.

درصد آب میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد آب میوه تحت تأثیر اثر ساده زمان انبارداری و تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین درصد آب میوه در تیمارهای پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار و شاهد در روز ۲۰ انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای پوشش واکس و پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار پس از ۲۰ روز انبارداری و پوشش واکس و پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار پس از ۶۰ روز انبارداری نداشتند و کمترین آن در تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار در روز ۶۰ انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد و پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار پس از ۴۰ روز انبارداری نداشت. با افزایش زمان انبارداری در تمام تیمارها بجز تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار درصد آب میوه، ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت؛ اگرچه بین تیمارها پس از ۴۰ و ۶۰ روز انبارداری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پس از ۴۰ روز انبارداری، تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار و پس از ۶۰ روز انبارداری، تیمارهای پوشش واکس و پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار توانستند به طور معنی‌داری آب میوه را نسبت به شاهد حفظ کنند (جدول ۲). نتایج اثر مثبت تیمار پوترسین بر درصد آب میوه در این پژوهش با یافته‌های ضرغامی و همکاران روی پرتقال والنسیا همسو می‌باشد (ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۹). در انبه (آذرکیش و شمیلی، ۱۳۹۴) و زردآلو (لی و همکاران، ۲۰۰۵) نیز گزارش شده است که پوترسین با اتصال به غشای یاخته‌ای باعث پایداری غشاء و حفظ واکس کوتیکولی می‌شود و به این صورت در کاهش تبدلات رطوبتی نقش مهمی دارد.

پیگا و همکاران^۱ (۲۰۰۰) گزارش کردند که کاهش وزن میوه‌های مرکبات بر اثر از دست دادن آب در دوره انبارداری بستگی زیادی به طول مدت نگهداری و دمای انبار دارد. همچنین لوسکالز و همکاران^۲ (۲۰۰۴) گزارش کردند که میزان کاهش وزن میوه‌ها در دوره انبارداری در رقم‌های مختلف مرکبات تفاوت معنی‌داری دارد. به نظر می‌رسد پوشش واکس با ایجاد میکرواتمسفر اشباع از رطوبت در اطراف میوه اختلاف فشار بخار آب بین محیط اطراف و میوه را کاهش داده و به این ترتیب از کاهش وزن جلوگیری می‌کند. پوترسین با اتصال به واحدهای کربوکسیل موجود در دیواره یاخته‌ای باعث افزایش استحکام و انسجام دیواره و کاهش انتقال رطوبت به خارج از محصول می‌شود.

نسبت پوست به گوشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نسبت پوست به گوشت تحت تأثیر اثر ساده زمان انبارداری، تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از ترکیب زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین نسبت پوست به گوشت میوه در تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار در روز ۶۰ انبارداری و کمترین آن در تیمارهای پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار در روز ۲۰ و ۴۰ انبارداری و تیمار پوشش واکس در روز ۲۰ انبارداری مشاهده شد. با افزایش زمان انبارداری از ۴۰ به ۶۰ روز، نسبت پوست به گوشت میوه افزایش معنی‌داری یافت. در روز ۲۰ انبارداری، تیمارهای پوشش واکس، پوترسین ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌مولار، در روز ۴۰ انبارداری تیمار پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار و در روز ۶۰ انبارداری تیمارهای پوشش واکس و پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار توانستند نسبت پوست به گوشت میوه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دهند (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش نسبت پوست به گوشت با افزایش زمان

1- Piga et al.

2- LoScalzo et al.

3- Li et al.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار (واکس بریتکس و پوترسین) و زمان انبارداری بر درصد مواد جامد محلول، نسبت مواد جامد محلول به اسید و میزان ویتامین ث میوه‌های نارنگی 'کارا' پس از ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز انبارداری در دمای ۱۰±۱ °C

تیمار	زمان انبارداری (روز)	مواد جامد محلول (درصد)	نسبت مواد جامد محلول به اسید	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)
شاهد	۲۰	۱۲/۴ ^{de}	۱۳/۴ ^{b-d}	۳۵/۰ ^b
شاهد	۴۰	۱۳/۵ ^{cd}	۱۴/۶ ^{ab}	۱۹/۹ ^f
شاهد	۶۰	۱۳/۶ ^{cd}	۱۳/۹ ^{bc}	۲۱/۸ ^{de}
واکس	۲۰	۱۳/۰ ^{c-e}	۱۳/۷ ^{b-d}	۳۶/۱ ^{ab}
واکس	۴۰	۱۴/۰ ^{a-c}	۱۴/۷ ^{ab}	۲۱/۱ ^{ef}
واکس	۶۰	۱۴/۲ ^{a-c}	۱۴/۸ ^{ab}	۲۱/۱ ^{ef}
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۲۰	۱۲/۰ ^e	۱۲/۶ ^{cd}	۳۷/۰ ^a
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۴۰	۱۳/۳ ^{c-e}	۱۳/۸ ^{bc}	۲۰/۱ ^f
پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار	۶۰	۱۳/۵ ^{cd}	۱۳/۶ ^{bd}	۲۲/۸ ^d
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۲۰	۱۳/۶ ^{cd}	۱۴/۸ ^{ab}	۳۵/۰ ^b
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۴۰	۱۳/۸ ^{bc}	۱۴/۰ ^{a-c}	۲۱/۱ ^{ef}
پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار	۶۰	۱۴/۰ ^{a-c}	۱۴/۷ ^{ab}	۲۱/۲ ^{ef}
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۲۰	۱۲/۱ ^e	۱۲/۱ ^d	۳۷/۰ ^a
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۴۰	۱۵/۰ ^{ab}	۱۴/۹ ^{ab}	۲۴/۶ ^c
پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار	۶۰	۱۵/۱ ^a	۱۵/۷ ^a	۲۰/۲ ^f

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ با آزمون دانکن می‌باشد.

مواد جامد محلول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مواد جامد محلول میوه تحت تأثیر اثر ساده زمان انبارداری و تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین مواد جامد محلول میوه در تیمار پوترسین ۰/۶ در ۶۰ روز انبارداری مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای با پوشش واکس در انبارداری ۴۰ و ۶۰ روز و پوترسین ۰/۴ در ۶۰ روز انبارداری نداشت (جدول ۳). کمترین آن در تیمار پوترسین ۰/۲ و ۰/۶ در ۲۰ روز انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد و پوشش واکس نداشت. با افزایش زمان انبارداری، مواد جامد محلول میوه افزایش یافت؛ اگرچه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در انبارداری ۴۰ و ۶۰ روز، تیمار پوترسین ۰/۶ توانست مواد جامد محلول میوه را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری دهد (جدول ۳). در

پژوهشی کاربرد پوترسین در چهار رقم آلو، وقوع پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخت و عمر انباری آن‌ها را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس افزایش داد، به علاوه افزایش در مواد جامد محلول کل اتفاق افتاد (پرز ویسنت^۱ و همکاران، ۲۰۰۲ و سرانو همکاران، ۲۰۰۳). به طور کلی افزایش مواد جامد محلول با گذشت زمان می‌تواند ناشی از کاهش آب میوه باشد در حالی که بالاتر بودن مواد جامد محلول در تیمار پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار ممکن است ناشی از کاهش تنفس میوه‌ها و کاهش مصرف کربوهیدرات‌ها باشد.

نسبت مواد جامد محلول به اسید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نسبت مواد جامد محلول به اسید میوه تحت تأثیر اثر ساده زمان انبارداری و تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین نسبت قند به اسید میوه در

1- Perez-Vicente *et al.*

قندها، از کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (راحی^۲، ۲۰۰۵).

ویتامین ث

نتایج حاصل از تجزیه ویرایانس داده‌ها نشان داد که ویتامین ث میوه تحت تأثیر اثر ساده زمان انبارداری و تیمار و برهمکنش زمان انبارداری و تیمار در سطح ۱٪/ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش زمان انبارداری و تیمار نشان داد که بیشترین میزان ویتامین ث میوه در تیمارهای پوترسین ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌مولار در روز ۲۰ انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمار پوشش واکس نداشت. کمترین آن در شاهد و پوترسین ۰/۶ میلی‌مولار در روز ۴۰ انبارداری و پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار در روز ۶۰ انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمار پوشش واکس و پوترسین ۰/۴ میلی‌مولار پس از ۴۰ و ۶۰ روز انبارداری نداشتند. با افزایش زمان انبارداری ویتامین ث میوه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در روز ۲۰ انبارداری، تیمارهای پوترسین ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌مولار و در روز ۴۰ انبارداری، پوترسین ۰/۲ میلی‌مولار توانست ویتامین ث میوه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری حفظ کند (جدول ۳). پوترسین با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن پیری سبب جلوگیری از تجزیه دیواره یاخته‌ای و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز یاخته به مصرف اسید آسکوربیک کمتر شده و در نتیجه ویتامین ث در میوه حفظ می‌شود (اسمیفوف^۳، ۱۹۹۵). پوترسین همچنین با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و سایر آنزیم‌های حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد در میزان آنتی‌اکسیدان محصولات مؤثر می‌باشد (اوانس و مالمبرگ^۴، ۱۹۸۹). نشان داده شده که میزان ویتامین ث در میوه بیشتر تحت تأثیر مدت نگهداری و دما قرار

تیمار پوترسین ۰/۲ در ۶۰ روز انبارداری مشاهده شد اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای با پوشش واکس در انبارداری ۴۰ و ۶۰ روز و پوترسین ۰/۲ در ۴۰ روز انبارداری و پوترسین ۰/۴ نداشت. کمترین آن در تیمار پوترسین ۰/۲ در ۲۰ روز انبارداری مشاهده شد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد و پوشش واکس و پوترسین ۰/۶ نداشت. با افزایش زمان انبارداری نسبت قند به اسید میوه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت؛ اگرچه بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در انبارداری ۶۰ روز تیمار پوترسین ۰/۲ توانست نسبت قند به اسید میوه را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری دهد (جدول ۳). وجود اسیدهای آلی همراه قند اثر مهمی بر طعم میوه دارد و نسبت بین قند و اسیدهای آلی عامل تعیین‌کننده‌ای در طعم میوه است. افزایش شیرینی میوه‌های رسیده تا اندازه‌ای مربوط به تجزیه اسیدهای آلی و افزایش نسبت قند به اسید است. تعداد زیادی از اسیدهای آلی در بافت‌های گیاهی وجود دارند. مقدار این اسیدها به طور معمول بیش از اندازه مورد نیاز در چرخه کربس و سایر چرخه‌های متابولیکی است و زیادی آن در واکوئل به شکل آزاد یا به شکل نمک پتاسیم ذخیره می‌شود. مقدار اسیدهای آلی پس از برداشت به سرعت کاهش می‌یابد. کاهش اسیدیته در هنگام رسیدن و یا در دوران پس از برداشت به علت شرکت اسید در تنفس یا تبدیل آن به قند است (تاکاهاشی و کاکه‌هی^۱، ۲۰۱۰). با توجه به این که پلی‌آمین‌ها تنفس را به شدت کاهش می‌دهند عدم کاهش اسیدیته میوه در میوه‌های نارنگی تیمار شده با پوترسین منطقی به نظر می‌رسد. در این صفت نیز پوترسین ۰/۲ بالاترین کارایی را داشته است. اسیدهای آلی به عنوان یک منبع اندوخته انرژی میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت‌وساز مصرف می‌شوند. بنابراین استفاده از عواملی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن می‌شوند، به واسطه کاهش مصرف

2- Rahemi

3- Smimoff

4- Evans & Malmberg

1- Takahashi & Kakehi

نتیجه‌گیری

یافته‌های به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که نوع پوشش، زمان انبارداری و اثر متقابل نوع پوشش و زمان انبارداری بر ویژگی‌های میوه نارنگی 'کارا' شامل کاهش وزن، نسبت پوست به گوشت، درصد آب، مواد جامد محلول، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل و میزان ویتامین ث در سطح ۱٪ معنی‌دار و روی pH و اسید کل معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به نتایج و مقایسات میانگین انجام شده چنین استنباط می‌شود که با افزایش مدت انبارداری بیش از ۴۰ روز ویژگی‌های کمی و کیفی میوه (افزایش مواد جامد محلول، کاهش اسید کل، ویتامین ث وزن میوه) تحت تأثیر قرار گرفته و پوشش واکس BRITEX و تیمار برونزای پوترسین تا حد زیادی از تغییرهای حاصله جلوگیری می‌کند. به طور کلی می‌توان از بین تمامی تیمارها، کاربرد پس از برداشت پوترسین با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار و نگهداری آن در انبار تا ۴۰ روز را مؤثرترین تیمار در حفظ کیفیت نارنگی 'کارا' معرفی کرد و از اثر مفید آن جهت افزایش عمر پس برداشت این میوه استفاده نمود.

می‌گیرد (هیئت و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج ما با نتایج آژ و همکاران (۱۳۹۳) بر روی مرکبات مطابقت دارد. روند کاهش ویتامین ث طی انبارداری به‌ویژه به مدت طولانی، در سیب نیز گزارش شده است و مشخص شد که میزان ویتامین ث تحت تیمارهای پوششی کاهش یافت (هیئت و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهشی، با کاربرد واکس، کاهش کمتری در مقدار ویتامین ث میوه‌های نارنگی کینو مشاهده شد. احتمال داده می‌شود که واکس به دلیل ممانعت از اتلاف آب، از کاهش شدید ویتامین ث در طول انبارداری جلوگیری کرده و در حفظ آن مؤثر بوده است. همچنین با توجه به پایداری بیشتر ویتامین ث در محیط‌های اسیدی‌تر، احتمال داده می‌شود که تیمار واکس با کمک به حفظ شرایط اسیدی میوه و کمک به حفظ اسید کل عصاره میوه، بر پایداری و دوام ویتامین ث در طول دوره انبارداری مؤثر بوده است (پناه و همکاران، ۱۳۹۱).

پارامترهای اسید کل و pH میوه معنی‌دار نگردیدند، که با یافته‌های زکایی و همکاران در رابطه با تأثیر پوترسین برونزای بر عمر پس برداشت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا همسو می‌باشد (زکائی و همکاران، ۱۳۸۵).

منابع

۷. آذرکیش، پ. و شمیلی، م. ۱۳۹۴. تأثیر پوترسین و آب سرد بر ویژگی‌های کیفی و انبارمانی انبه. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۴۷: ۶۵-۷۴.
۸. آژ، ح.، اصغری، م. ن. و آئین، ا. ۱۳۹۳. تأثیر اسید جیبرلیک و پوترسین بر بازارپسندی و برخی صفات کیفی پرتقال هاملین. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۱: ۹۹-۱۰۶.
۹. پناه، ز.، هنرور، م. و ابوطالبی، ع. ح. ۱۳۹۱. اثر واکس کیتین سیل بر برخی از ویژگی‌های پس از برداشت نارنگی کینو. فصلنامه‌ی فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت فرآورده‌های باغی، ۱: ۱۰۳-۱۱۱.
۱۰. خسروشاهی، ا. ۱۳۷۶. شیمی تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه ارومیه، ۲۹۰ ص.
۱۱. سلاجقه، ع. ر.، توسلی، و. و خلیلی، ه. ۱۳۸۸. مبانی شیمی تجزیه. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۶۱۸ ص.
۱۲. صفی‌زاده، م. ۱۳۷۰. اثرات واکس‌زنی لیمو شیرین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۸۳ ص.

۷. ضرغامی، م.ع.، پناهی، ب. و بابادانی سامانی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر تیمار برونزاد پوترسین جهت کاهش تأثیرات سرمازدگی بر روی کیفیت و کمیت میوه‌های پرتقال والنسیا رقم فراست در منطقه جیرفت. پنجمین همایش ملی ایده‌های نوین کشاورزی.
۸. فریدون، ح. و عالم زاده، ن. ۱۳۸۶. تأثیر تیمار آب گرم واکس بر عمر انبارداری دو رقم پرتقال (سیاورز، والنسیا). پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران.
9. Benavides, M.P., Gallego, S.M., Comba, M.E., and Tomaro, M.L. 2000. Relationship between polyamines and parquat toxicity in sunflower leaf discs. *Plant Growth Regulators*, 31(3): 215-224.
 10. Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., and Moran, R. 1987. Individual seal-packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heal injury of citrus fruit. *HortScience*, 22: 777-783.
 11. Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., and Martin-Tanguy, J. 1999. Polyamines and environmental challenges: Recent development. *Plant Science*, 140: 103-125.
 12. Casero, R.A., and Marton, L.J. 2007. Targeting polyamine metabolism and function in cancer and other hyper proliferative diseases. *Nature Reviews Drug Discovery*, 6: 373-390.
 13. Cassol, T., and Mattoo, A.K. 2003. Do polyamines and ethylene interact to regulate plant growth, development and senescence? *molecular insights in plant biology* (eds, P. Nath, A.K. Mattoo, S.R. Ranade, and J.H. Weil), Science Publishers, Inc, Enfield, New Hampshire, 121-132.
 14. Cohen, E., Shapiro, B., Shalom, Y., and Klein, J.D. 1994. Water loss: a non-destructive indicator of enhanced cell membrane permeability of chilling injured citrus fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 983-986.
 15. Das, K.C., and Misra, H.P. 2004. Hydroxyl radical scavenging and singlet oxygen quenching properties of polyamines. *Molecular Cell Biochemistry*, 262: 127-133.
 16. Evans, P.T., and Malmberg, R.L. 1989. Do polyamines have roles in plant development?. *Annual Review of Plant Physiology*, 40: 235-269.
 17. Galston, A.W., and Kaur-Sawhney, R. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant Physiology*, 94: 406-410.
 18. Galston, A.W., and Kaur-Sawhney, R. 1995. Polyamines as endogenous growth regulators. *Plant hormones: Physiology, biochemistry, and molecular biology* (ed., P.J. Davies). Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 158-178.
 19. Hayat, I., Masud, T., and Rathore, H.A. 2005. Effect of coating and wrapping materials on the shelf life of apple (*malus domestica* cv. Borkh). *International Journal of Food Safety*, 5: 24-34.
 20. Kramer, G.F., Wang, C.Y., and Conway, W.S. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in Golden Delicious and McIntosh apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 813-817.
 21. Laul, M.S., Bhala Rao, S.D., and Amla, B.L. 1972. Effect of fungicides and other treatments on the postharvest storage of Nagpur mandarin oranges (*citrus reticulata* balanco). *India Food Packer*, 11: 42-49.
 22. Leiting, V.A., and Wicher, L. 1997. Inorganic captions and polyamines moderate pectin esterase activity. *Journal of Food Science*, 62(2): 253-255.

23. Li, N., Parnas, B., Liu, D., and Matto, A.K. 2005. Accumulation of wound-inducible ACC synthases transcript in tomato fruits is inhibited by salicylic acid and polyamines. *Plant Molecular Biology*, 48: 477-487.
24. LoScalzo, R., Innocari, T., Summa, C., Morelli, R., and Rapisarda, P. 2004. Effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chemistry*, 85: 41-47.
25. Paliyath, G., Murr, D.P., Handa, A.K., and Lurie, S. 2008. *Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers*. Wiley-Blackwell Publishing.
26. Perez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Carbonell, A., Serrano, M., Riquelme, F., Guillén, F., and Valero, D. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25: 25-32.
27. Peter, D.P., Dou, H., and Pao, S. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14: 99-106.
28. Piga, A.D., Aquino, S., and Agabbio, M. 2000. Influence of cold storage and shelf-life on quality of 'Salustiana' orange fruits. *Fruits*, 55: 37-44.
29. Rahemi, M. 2005. *Postharvest physiology (introduction on physiology and fruits, vegetables and ornamental plants transportation)*. (3rd ed), Shiraz University. Pub., Shiraz, page 437 (In Farsi).
30. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., and Valero, D. 2003. Effects of exogenous putrescence on improving shelf life of four plum cultivar. *Postharvest Biology and Technology*, 30: 259-271.
31. Smimoff, N. 1995. Antioxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff N. (ed.), *environment and plant metabolism*. BIOS Scientific Publishers, Oxford United Kingdom, PP 217-243
32. Srivastava, A., Chung, S.H., Fatima, T., Datsenka, T., Handa, A.K., and Mattoo, A.K. 2007. Polyamines as anabolic growth regulators revealed by transcript me analysis and metabolite profiles of tomato fruits engineered to accumulate sperm dine and serine. *Plant Biotechnology*, 24: 57-70.
33. Takahashi T., and Kakehi, J.I. 2010. Polyamine: Ubiquitous plactions with unique roles in growth and stress responses. *Annals of Botany*, 105: 1-6.
34. Torrigiani, P., Bregoli, A.M., Ziosi, V., Scaramagli, S., Ciriaci, T., Rasori, A., Biondi, S., and Costa, G. 2004. Pre-harvest polyamine and aminoethoxy vinyl glycine (AVG) applications modulate fruit ripening in Stark Red Gold nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 33: 293-308.
35. Valero, D., Mart'inez-Romero, D., and Serrano, M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends Food Science of Technology*, 13: 228-234.
36. Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. *Horticultural Reviews*, 15: 63-95.
37. Wild, B.L. 1993. Reduction of chilling injury in grapefruit and orange stored at 1 °C by presto rage hot dip treatments, curing and wax applications. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33: 279-285.
38. Wild, B.L. 1998. New method for quantitatively assessing susceptibility of citrus fruit to oleocellosis development and some factors that affect its expression. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38: 279-285.