

برهمکنش اثرات اسید اگزالیك و زمان انبارماني بر برخی خصوصيات كیفی آلوئی

رقم شابلون

حسین خسروآبادی^۱، فریال وارسته^{۲*} و اسماعیل سیفی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد میوه کاری، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(f.varasteh@gau.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۳۱

چکیده

آلو به عنوان یک میوه فرازگرا، تولید اتیلن و سرعت تنفس بالایی در مرحله رسیدن دارد که دلیل عمر پس از برداشت کوتاه این میوه می باشد. به منظور بررسی اثر تیمار پس از برداشت اسید اگزالیك بر عمر انباری و خصوصیات کیفی میوه آلوئی رقم شابلون در استان گلستان، پژوهشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل غلظت اسید اگزالیك (صفر، ۲، ۴ و ۶ میلی مولار) و دوره انبارماني (صفر، دو، چهار و شش هفته) و در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. میوه ها به مدت ۳ دقیقه در محلول اسید اگزالیك غوطه ور و پس از حذف رطوبت سطحی در دمای ۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انبار شدند. نتایج نشان داد افزایش غلظت اسید اگزالیك باعث افزایش مواد جامد محلول تا اواخر هفته چهارم انبارماني گردید. بیشترین (۱/۲۱ درصد) و کمترین (۰/۳۸ درصد) اسیدیته قابل تیتر به ترتیب در هفته دوم در تیمار ۶ میلی مولار و هفته ششم در تیمار ۲ میلی مولار ثبت شد. در پایان انبارماني غلظت ۶ میلی مولار سبب حفظ بیشترین ویتامین ث (۱۱/۶۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) شد. اثر متقابل اسید اگزالیك و زمان انبارماني بر میزان فنل و فلاونوئید کل به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار بود. درصد کاهش وزن در پایان هفته ششم به میزان ۹/۹۶ درصد رسید. کمترین میزان شاخص قهوه ای شدن بدون تفاوت معنی دار، در تیمارهای ۲ (۴۱/۱۱ درصد) و ۴ (۴۳/۸۹ درصد) میلی مولار مشاهده شد. در کل تیمار پس از برداشت اسید اگزالیك با غلظت ۴ میلی مولار می تواند به عنوان ترکیبی طبیعی و ایمن برای حفظ کیفیت و افزایش انبارماني آلو استفاده شود.

کلید واژه ها: آلو، اسید اگزالیك، شاخص قهوه ای شدن، کیفیت پس از برداشت.

مقدمه

2006). نگهداری در دمای پایین باعث تأخیر در رسیدن میوه و افزایش عمر پس از برداشت آلو می شود، هرچند این روند باید به صورت کنترل شده باشد زیرا به دلیل دمای پایین آسیب هایی از جمله قهوه ای شدن داخلی گوشت میوه اتفاق می افتد (Zheng and Tian, 2006). علاوه بر قهوه ای شدن گوشت میوه از عوارض فیزیولوژیکی دیگری که هنگام نگهداری میوه رخ

آلو^۱ از میوه های فرازگرا بوده که در زمان رسیدن میوه میزان تولید اتیلن و تنفس آن افزایش می یابد. به دلیل داشتن آب زیاد و سرعت تنفس بالا میوه آلو در دوره پس از برداشت، شدیداً در معرض فساد بوده و انبارماني بسیار کوتاهی در دمای محیط دارد (Menniti et al.,)

1- *Prunus salicina*

آن‌ها در مقایسه با میوه‌های شاهد گردید (Valero *et al.*, 2011). پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تیمار پس از برداشت اسید آگزالیک بر عمر انباری و خصوصیات کیفی میوه آلو رقم شابلون در طی زمان انبارمانی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش باغ شماره یک متعلق به شرکت کشاورزی ران در شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان در نظر گرفته شد. میوه‌های آلو رقم شابلون (*Prunus salicina* cv. Santa Rosa) در زمان بلوغ تجاری (تغییر رنگ تقریباً ۷۰-۶۰ درصد سطح میوه) در حدود اواسط تیر ماه از قسمت وسط تاج درخت برداشت و به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. سپس میوه‌های سالم و با اندازه یکنواخت جدا شدند. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل با دو عامل غلظت اسید آگزالیک (صفر، ۲، ۴ و ۶ میلی‌مولار) و دوره انبارمانی به فواصل هر دو هفته (صفر (قبل از اعمال تیمارها)، دو، چهار و شش هفته) و در ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۵ عدد میوه) انجام شد. میوه‌ها به مدت ۳ دقیقه در محلول اسید آگزالیک غوطه‌ور شدند و پس از حذف رطوبت سطحی، در ظروف پلی‌اتیلنی یک‌بار مصرف قرار داده شدند و درب آن‌ها سلفون کشیده شد و به انبار با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد منتقل شدند. برای تعیین میزان درصد کاهش وزن، میوه‌ها قبل از انبار، با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند و هر دو هفته بعد از خروج از انبار میوه‌های موجود در هر تکرار دوباره وزن شده و درصد کاهش وزن محاسبه گردید (Akhtar *et al.*, 2010). سپس میوه‌ها به مدت ۳ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراژ، مقدار اسید آسکوربیک (ویتامین ث)، شاخص طعم و پ‌ه‌اش آب‌میوه، شاخص قهوه‌ای شدن میوه، مقدار آنتوسیانین

می‌دهد می‌توان به افزایش متابولیسم، کاهش آب و وزن میوه اشاره نمود که منجر به پیری، کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول می‌گردد (Miller, 1992). کاربرد ترکیبات آلی مانند پلی‌آمین‌ها، اسید آگزالیک و سالیسیلیک به عنوان تیمار پس از برداشت به منظور افزایش عمر انباری آلو گزارش شده است (Davarynejad *et al.*, 2015)؛ اسید آگزالیک (Shokrollah Fam *et al.*, 2014). اسید آگزالیک یک اسید آلی است که به‌طور وسیع در موجودات مختلف وجود دارد و یک جزء طبیعی بسیاری از گیاهان می‌باشد. مشخص شده است که استفاده پس از برداشت اسید آگزالیک یک استراتژی کارآمد برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن و پیری میوه‌های هلو، لیچی و ازگیل ژاپنی می‌باشد (Zheng and Tian, 2006; Oz *et al.*, 2016)؛ (Zheng *et al.*, 2007a). اسید آگزالیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی نقش مهمی در ممانعت از فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده داشته و هم‌چنین در جلوگیری از رشد عوامل میکروبی روی سطح بریده شده میوه‌های تازه برش‌یافته نیز مؤثر است (Zheng *et al.*, 2007a). Sayyari *et al.* (2010) گزارش کردند که

کاربرد اسید آگزالیک به‌طور معنی‌داری علائم سرمازدگی انار بعد از انبار طولانی مدت در دمای دو درجه سانتی‌گراد را کاهش داد که احتمالاً به دلیل اثر مثبت اسید آگزالیک در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه بود. هم‌چنین اسید آگزالیک تولید اتیلن آلودی رقم دامیلی^۱ را کاهش داد و نرم شدن آن‌را به تأخیر انداخت. بازداشتن نرم شدن میوه با کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتوناز و پکتین‌متیل‌استراز همراه بود (Wu *et al.*, 2011). Zheng *et al.* (2007a) بیان نمودند اسید آگزالیک در حفظ یکپارچگی غشاء و به تأخیر انداختن فرآیند رسیدن میوه هلو نقش دارد. کاربرد تیمار پس از برداشت اسید آگزالیک باعث افزایش قابلیت نگهداری میوه‌های گیلاس و حفظ ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

شاخص قهوه‌ای شدن = (درجه قهوه‌ای شدن × تعداد میوه با درجه قهوه‌ای شدن خاص) / (تعداد کل میوه در تیمار 4×100)

درجه قهوه‌ای شدن بر اساس میزان قهوه‌ای شدن گوشت میوه (۰ = بدون علائم، ۱ = جزئی ۲ = متوسط، ۳ = نسبتاً شدید و ۴ = شدید) در نظر گرفته شد (Jin et al., 2014).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS(9.1) و مقایسه میانگین صفات به روش LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار اسید اگزالیک و زمان انبارمانی بر مقدار مواد جامد محلول و فلاونوئید کل در سطح آماری پنج درصد و بر میزان اسیدیته قابل تیترا، ویتامین ث، شاخص طعم، فنل کل و آنتوسیانین پوست در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مورد سایر صفات که اثرات متقابل تیمار اسید اگزالیک و زمان انبارمانی معنی‌دار نبود اثرات ساده آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مقدار مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی در تمام تیمارها ابتدا افزایش و بعد در زمان انبارمانی آخر به کمترین مقدار خود رسید. تصور می‌شود که افزایش اولیه مقدار مواد جامد محلول در طی انبارمانی به دلیل روند سریع از دست دادن آب میوه‌ها در اثر تبخیر و تعرق باشد. اما با نزدیک شدن به انتهای دوره احتمالاً در اثر مصرف مواد آلی در فرآیند تنفس و تبدیل آن‌ها به CO₂ و آب کاهش در مقدار مواد جامد محلول رخ می‌دهد. هم‌چنین افزایش غلظت اسید اگزالیک باعث افزایش مقدار مواد جامد محلول تا اواخر هفته ششم گردید. بیشترین و کمترین میزان مواد جامد محلول به ترتیب در هفته چهارم با اسید اگزالیک ۴ میلی‌مولار و هفته ششم با اسید اگزالیک ۲ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲).

پوست و گوشت میوه، میزان کاروتنوئید، فلاونوئید، مواد فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها اندازه‌گیری شد (Jin et al., 2014). در آزمایشگاه عصاره میوه‌ها با استفاده از دستگاه آب‌میوه‌گیری استخراج شد. میزان مواد جامد محلول عصاره صاف شده میوه با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل MT-032ATC، ساخت کشور تایوان) تعیین شد. میزان اسیدیته قابل تیترا، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و بر اساس گرم اسید مالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه (درصد) محاسبه و شاخص طعم نیز مشخص شد (Anonymous, 1984). اندازه‌گیری پهاش آب‌میوه به وسیله پهاش‌متر (Labtron, pH-110) و هدایت الکتریکی آب‌میوه با استفاده از هدایت‌سنج (مدل Cond 315i، ساخت کشور آلمان) انجام شد. مقدار ویتامین ث به روش تیتراسیون با معرف ۲-۶ دی‌کلروفنل‌ایندوفنل و مواد فنلی کل گوشت میوه با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (M501 Camspec) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (Manolopoulou and Papadopoulou, 1998)؛ Singleton et al., 1999). اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید با استفاده از رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید در طول موج ۴۱۵ نانومتر (Quettier et al., 2000) و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از معرف دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) در طول موج ۵۱۷ نانومتر انجام شد (Tekao et al., 1994). میزان کلروفیل و کاروتنوئید گوشت میوه با روش Barnes et al. (1992) و آنتوسیانین گوشت و پوست میوه با روش Wanger (1979) اندازه‌گیری شد. نشت یونی با استفاده از محلول مانیتول تعیین شد (McCullum and McDonald, 1991). شاخص قهوه‌ای شدن با بررسی ظاهری گوشت میوه، پس از خروج میوه‌ها از انبار و ۳ روز قرار گرفتن آن‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان انبارمانی و اسید اگزالیک بر صفات اندازه‌گیری شده در میوه آلو رقم شابلون

Table 2. The mean comparison of the interaction effect of storage time and oxalic acid on the assessed traits of plum fruit cv. Santa Rosa

فلاونوئید کل (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) Total flavonoid (mg/100g)	فنل کل (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) Total phenol (mg/100g)	آنتوسیانین پوست (میکرومول در گرم) Peel anthocyanin (μ M/g)	شاخص طعم Flavor index	ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) Vit. C (mg/100g)	اسیدیته قابل تیتر (درصد) TA (%)	مواد جامد محلول (درصد) TSS (%)	تیمار Treatment	
14.29 ^{cde}	33.7 ^e	0.56 ^g	14.7 ^d	3.9 ^f	1.1 ^b	16.07 ^{bc}	شاهد Control	هفته صفر Week 0
17.30 ^{bcde}	43.28 ^{cde}	0.43 ^g	17.62 ^{cd}	8.05 ^e	0.98 ^c	17.2 ^{ab}	غلظت صفر 0	هفته دوم Week 2
17.09 ^{bcde}	72.53 ^a	0.16 ^g	14.24 ^d	13.1 ^{abc}	1.07 ^{bc}	15 ^c	غلظت ۲ میلی مولار 2 mM	
17.96 ^{bcd}	43.16 ^{cde}	0.42 ^g	14.99 ^d	14.9 ^a	1.15 ^{ab}	17.13 ^{ab}	غلظت ۴ میلی مولار 4 mM	
19.81 ^{ab}	56.74 ^{abc}	0.24 ^g	13.44 ^d	14.9 ^a	1.21 ^a	16.33 ^{bc}	غلظت ۶ میلی مولار 6 mM	هفته چهارم Week 4
13.15 ^{de}	38.44 ^{de}	6.61 ^f	25.1 ^b	14.6 ^a	0.64 ^g	16.07 ^{bc}	غلظت صفر 0	
15.5 ^{bcde}	52.21 ^{bcd}	9.52 ^{de}	24.4 ^b	14.04 ^{ab}	0.73 ^{ef}	17.83 ^{ab}	غلظت ۲ میلی مولار 2 mM	
16.89 ^{bcde}	56.74 ^{abc}	11.1 ^{cd}	21.8 ^{bc}	13.72 ^{abc}	0.86 ^d	18.53 ^a	غلظت ۴ میلی مولار 4 mM	هفته ششم Week 6
23.14 ^a	58.44 ^{abc}	7.8 ^{ef}	21.53 ^{bc}	15.21 ^a	0.82 ^{de}	17.57 ^{ab}	غلظت ۶ میلی مولار 6 mM	
18.54 ^{abc}	62.66 ^{ab}	14.6 ^b	26.35 ^b	8.95 ^{de}	0.57 ^g	14.83 ^c	غلظت صفر 0	
16.27 ^{bcde}	42.72 ^{cde}	17.98 ^a	39.45 ^a	7.46 ^e	0.38 ^h	14.7 ^c	غلظت ۲ میلی مولار 2 mM	هفته ششم Week 6
12.90 ^e	38.95 ^{de}	18.52 ^a	40.5 ^a	11.33 ^{cd}	0.4 ^h	15.97 ^{bc}	غلظت ۴ میلی مولار 4 mM	
12.69 ^e	36.81 ^{de}	12.93 ^{bc}	44.37 ^a	11.63 ^{bc}	0.4 ^h	18.45 ^a	غلظت ۶ میلی مولار 6 mM	

The same letters in each column indicates statistically none-significant difference.

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار از نظر آماری می باشد.

مشاهده شد (جدول ۲). نسبت اسیدیته به مواد جامد محلول به عنوان شاخص طعم در نظر گرفته می شود و از نظر مصرف کننده بر مزه میوه اثر تعیین کننده ای دارد (Tian *et al.*, 2011). شاخص طعم در طول دوره انبارماني آلو افزایش قابل توجهی را نشان داد که به دلیل افزایش مواد جامد محلول کل و کاهش سطح اسیدیته است (Davarynejad *et al.*, 2015). با ارزیابی حسی میوه ها اثر نامطلوبی از کاربرد اسید اگزالیك بر میوه آلو مشاهده نگردید (داده ها ارائه نشده است). با افزایش زمان انبارماني میزان فنل و فلاونوئید کل افزایش یافت اما از هفته دوم به بعد با افزایش زمان انبارماني میزان فنل و فلاونوئید کاهش معنی داری نشان داد. غلظت های مختلف اسید اگزالیك بر میزان فنل و فلاونوئید اثر معنی داری نداشت (جدول ۱).

بیشترین و کمترین میزان فنل کل به ترتیب در هفته دوم با اسید اگزالیك ۲ میلی مولار و تیمار شاهد و بیشترین و کمترین میزان فلاونوئید به ترتیب در هفته چهارم با اسید اگزالیك ۶ میلی مولار و هفته ششم با اسید اگزالیك ۶ میلی مولار مشاهده شد (Oz *et al.*, 2016). اثرات مفید اسید اگزالیك در حفظ مواد فنلی و فلاونوئیدی کل در ازگیل ژاپنی را گزارش نمودند. با افزایش زمان انبارماني میزان آنتوسیانین پوست میوه افزایش چشمگیری پیدا کرد. هم چنین با افزایش غلظت اسید اگزالیك تا غلظت ۴ میلی مولار میزان آنتوسیانین افزایش معنی داری داشت ولی در غلظت ۶ میلی مولار کاهش نشان داد. بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین پوست به ترتیب در هفته ششم با اسید اگزالیك ۴ میلی مولار و هفته دوم با اسید اگزالیك ۲ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۲). محتوای آنتوسیانین در پوست میوه لیچی در ۲ روز بعد از برداشت نسبت به روز برداشت افزایش و سپس به طور قابل توجهی با زمان نگهداری کاهش یافت. میزان محتوای آنتوسیانین در طول دوره انبارماني در میوه تیمار شده با غلظت های مختلف اسید اگزالیك بیشتر از شاهد بود. افزایش محتوای آنتوسیانین در آغاز زمان نگهداری ممکن است ناشی از سنتز آنتوسیانین پس از

اسیدیته قابل تیر در طول دوره انبارماني کاهش یافت به طوری که در آخرین زمان انبارماني کمترین مقدار اسیدیته قابل تیر در میوه ثبت شد. هم چنین افزایش غلظت اسید اگزالیك باعث افزایش اسیدیته قابل تیر تا اواخر هفته ششم گردید. بیشترین و کمترین میزان اسیدیته قابل تیر به ترتیب در هفته دوم با اسید اگزالیك ۶ میلی مولار و هفته ششم با اسید اگزالیك ۲ میلی مولار ثبت شد. اسیدیته به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی غالب در میوه است که یک پارامتر مهم در نگهداری کیفیت میوه می باشد. از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوپسترا برای واکنش های آنزیمی تنفس به کار می روند، انتظار می رود طی دوره پس از برداشت اسیدیته میوه کاهش یابد (Ding *et al.*, 1998). میوه های انبه تحت تیمار اسید اگزالیك قرار گرفته دارای اسیدیته پایین تری نسبت به شاهد بوده با افزایش میزان رسیدگی میوه میزان نرم شدن پوست نسبت به انبه های تیمار نشده کاهش پیدا کرد و فعالیت آنزیم های تجزیه کننده دیواره سلولی کاهش یافت (Razzaq *et al.*, 2015). کاربرد پس از برداشت اسید اگزالیك روی میوه ازگیل ژاپنی باعث حفظ اسیدهای آلی شد (Oz *et al.*, 2016).

مقدار ویتامین ث میوه ها در طول دوره انبارماني به تدریج افزایش و سپس در آخرین زمان انبارماني به صورت معنی داری کاهش پیدا کرد. افزایش اولیه ویتامین ث احتمالاً به دلیل تکمیل فرآیند رسیدن میوه و کاهش مقدار آب باشد. هم چنین میزان ویتامین ث با افزایش غلظت اسید اگزالیك افزایش نشان داد به طوری که بیشترین میزان ویتامین ث در هفته چهارم با غلظت ۶ میلی مولار و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده گردید. سطح اسید آسکوربیک به طور قابل توجهی در طول انبارماني میوه آلو در دمای ۴ درجه سانتی گراد کاهش یافت (Davarynejad *et al.*, 2015). با افزایش زمان انبارماني و غلظت اسید اگزالیك شاخص طعم میوه نیز افزایش یافت، به طوری که کمترین و بیشترین میزان شاخص طعم میوه به ترتیب در هفته دوم با اسید اگزالیك ۶ میلی مولار و هفته ششم با اسید اگزالیك ۶ میلی مولار

سالیسیلیک و پوترسین بر قابلیت نگهداری، خصوصیات کیفی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم آلو سانتارزا صورت گرفت گزارش شد که با افزایش زمان انبارمانی میزان pH افزایش پیدا کرد (Davarynejad *et al.*, 2015). Zheng and Tian (2006) گزارش کردند که استفاده از اسید اگزالییک اثر معنی‌داری بر pH میوه لیچی در طول انبارمانی نداشت.

زمان انبارمانی اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل و کارتنوئید کل داشت و با افزایش دوره انبارمانی میزان کلروفیل کاهش و میزان کارتنوئید افزایش یافت، اما اسید اگزالییک اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل و کارتنوئید نداشت (جدول ۱). هرچند Wu *et al.* (2011) گزارش کردند میزان کلروفیل، شاخص رسیدن و پیری در میوه‌های تحت تیمار اسید اگزالییک نسبت به میوه شاهد آهسته‌تر کاهش می‌یابد که دلیل آن کاهش تولید اتیلن و مهار نرم شدن با کاهش فعالیت پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز است.

زمان انبارمانی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱) و با افزایش زمان انبارمانی فعالیت آنتی‌اکسیدانی روند نزولی پیدا کرد، اما در هفته ششم به بالاترین میزان رسید (جدول ۳). اسید اگزالییک و اثر متقابل اسید اگزالییک و زمان انبارمانی، اثر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نداشت (جدول ۱). در طی نگهداری آلو از میزان فنل به‌طور معنی‌داری کاسته شد (Davarynejad *et al.*, 2015). کاربرد اسید اگزالییک پیش از برداشت سبب افزایش آنتوسیانین کل، فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی فرآیند رسیدن در میوه‌های گیلاس نسبت به میوه‌های شاهد شد و میوه‌هایی با ترکیبات فعال زیستی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالا در برداشت‌های تجاری تولید شد (Martinez-Espla *et al.*, 2014). محتوای فنل کل، اسید آسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در طول دوره انبارمانی میوه انار کاهش قابل توجهی داشت، اما استفاده از اسید اگزالییک باعث کند شدن روند کاهش آن‌ها شد (Sayyari *et al.*, 2010).

برداشت باشد (Zheng and Tian, 2006). با رسیدن میوه، قرمزی میوه و میزان آنتوسیانین میوه افزایش یافت ولی اسید اگزالییک باعث کاهش سرعت رسیدن میوه آلو شد پس در نتیجه میزان آنتوسیانین کاهش یافت (Wu *et al.*, 2011). زمان انبارمانی اثر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین گوشت میوه داشت در حالی که اثر اسید اگزالییک معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش زمان انبارمانی تا هفته چهارم میزان آنتوسیانین گوشت میوه افزایش و در هفته ششم میزان آن کاهش یافت هر چند با هفته چهارم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

اثر زمان‌های مختلف انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود، در طول دوره انبارمانی وزن میوه‌ها به تدریج کاهش یافت و سرعت کاهش وزن در اوایل دوره انبارمانی بیشتر بود (شکل ۱)، کاربرد اسید اگزالییک اثر معنی‌داری بر کاهش وزن نداشت (جدول ۱). گزارش شده است که وزن میوه انبه در طول رسیدن و انبارمانی کاهش یافت و اعمال تیمار اسید اگزالییک باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه نسبت به شاهد شد (Razzaq *et al.*, 2015).

کاهش وزن میوه در طول دوره انبارمانی ناشی از تبادل آب بین فضای داخلی و خارجی و میزان تعرق که توسط تجزیه سلولی اتفاق می‌افتد، می‌باشد. با استفاده از تیمار اسید اگزالییک در میوه‌هایی مانند هلو، انبه و آلو ظرفیت نگهداری آب میوه (جلوگیری از کاهش وزن) افزایش پیدا کرد که دلیل آن بهبود شبکه‌های متقاطع پکتین و کاهش انحلال پکتین نسبت به تیمار شاهد بود (Zheng *et al.*, 2007a؛ Zheng *et al.*, 2007b؛ Wu *et al.*, 2011).

زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر میزان pH داشت (جدول ۱) و با افزایش زمان انبارمانی pH افزایش پیدا کرد، هر چند بین سه زمان انبارمانی آخر اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). اسید اگزالییک به کار رفته اثر معنی‌داری بر میزان pH نداشت (جدول ۱). در بررسی که در مورد اثر اسید

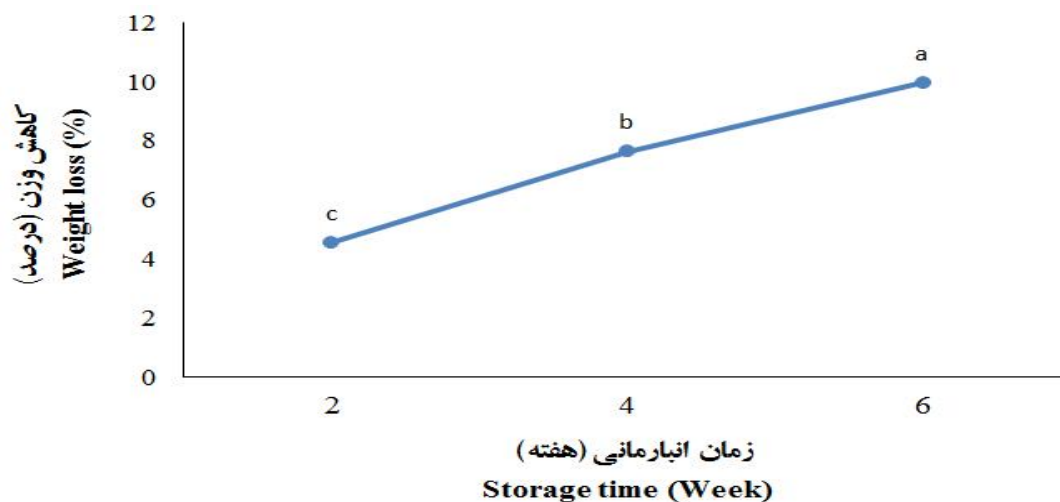
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان انبارماني بر صفات اندازه گیری شده در میوه آلو رقم شابلون

Table 3. The mean comparison of the effect of storage time on the assessed traits of plum fruit cv. Santa Rosa

نشت یونی (درصد) Ion leakage (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد) Antioxidant activity (%)	کلرتنوئید کل (میلی گرم در گرم) Total carotenoid (mg/g)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم) Total chlorophyll (mg/g)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	آنتوسیانین گوشت (میکرومول در گرم) Flesh anthocyanin ($\mu\text{M/g}$)	اسیدیته pH	زمان انبارماني Storage time
86.62 ^b	92.90 ^b	0.026 ^c	0.05 ^b	0.053 ^{ab}	0.03 ^{ab}	0.03 ^b	3.52 ^b	هفته صفر Week 0
92.20 ^a	90.31 ^c	0.413 ^b	0.01 ^c	0.009 ^c	0.004 ^c	0.06 ^b	4.21 ^a	هفته دوم Week 2
93.17 ^a	90.05 ^c	0.418 ^a	0.1 ^a	0.058 ^a	0.04 ^a	1.2 ^a	4.19 ^a	هفته چهارم Week 4
-	94.59 ^a	0.421 ^a	0.07 ^{ab}	0.031 ^{bc}	0.02 ^{bc}	0.99 ^a	4.25 ^a	هفته ششم Week 6

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار از نظر آماری می باشد.

The same letters in each column indicates statistically none-significant difference.



شکل ۱- اثر زمان انبارماني بر میزان کاهش وزن میوه آلو رقم شابلون

Figure 1. The effect of storage time on weight loss of plum fruit cv. Santa Rosa

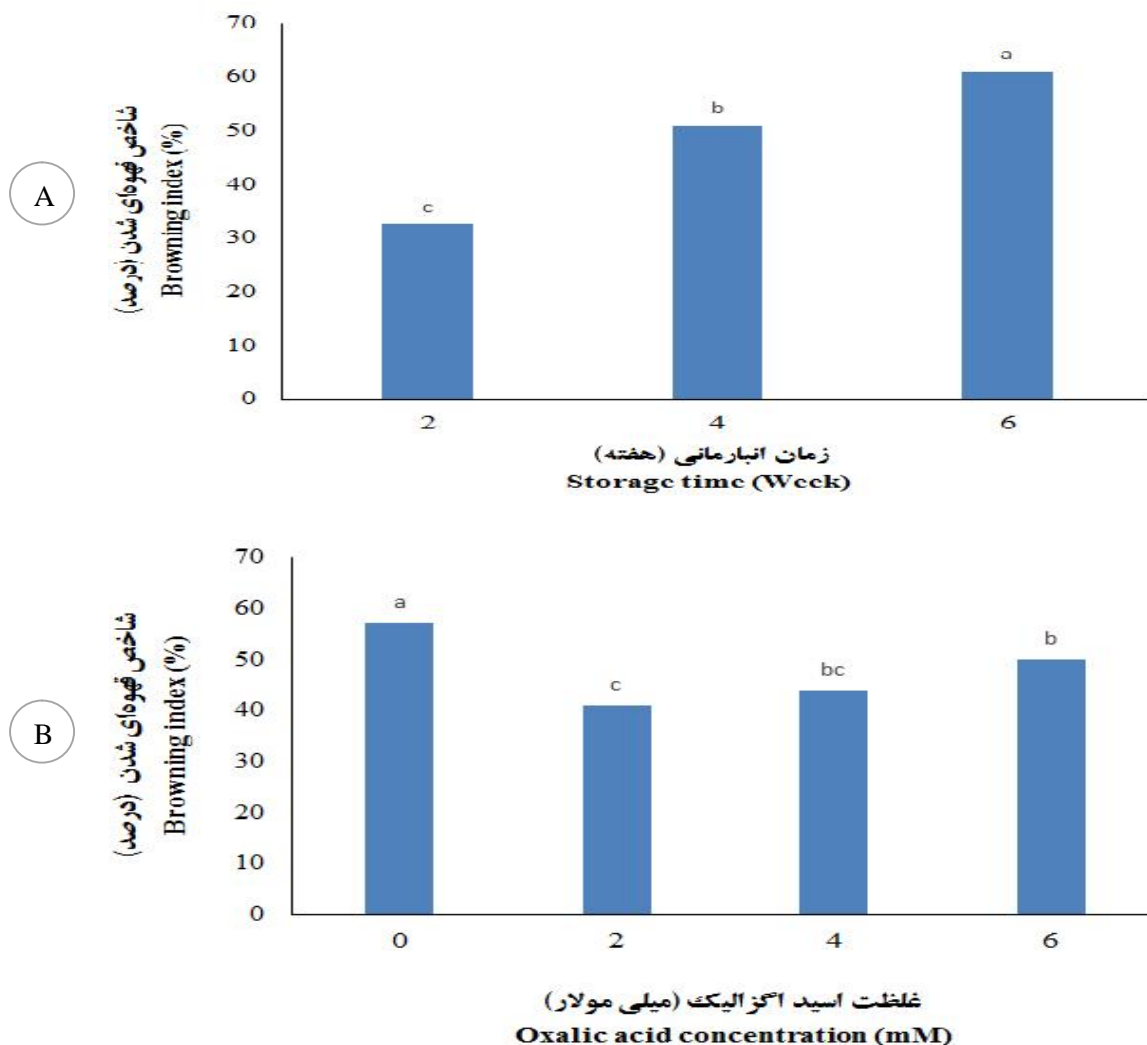
میوه های هلو تیمار شده با اسید آگزالیك ۵ میلی مولار، ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به میوه های تیمار شده با غلظت های پایین تر و شاهد داشتند (Razavi and Hajilou, 2016). زمان انبارماني بر میزان نشت یونی اثر معنی داری داشت (جدول ۱) و با افزایش زمان انبارماني

Davarynejad *et al.* (2015) گزارش کردند که

در طول نگهداری آلو میزان فعالیت آنتی اکسیدانی به دلیل کاهش ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک کاهش معنی داری نشان داد. همبستگی مثبت بین فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل گزارش شده است (Diaz-Mula *et al.*, 2009).

مقابل تیمارها بر شاخص قهوه‌ای شدن میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش زمان انبارمانی شاخص قهوه‌ای شدن افزایش یافت و در آخرین زمان انبارمانی (هفته ششم) میزان شاخص قهوه‌ای شدن به بالاترین سطح رسید (شکل ۲A). بیشترین شاخص قهوه‌ای شدن در غلظت صفر مشاهده شد و با افزایش غلظت اسید اگزالیك میزان شاخص قهوه‌ای شدن ابتدا کاهش و بعد روند صعودی داشت. کمترین میزان شاخص قهوه‌ای شدن در غلظت اسید اگزالیك ۲ میلی‌مولار مشاهده شد که با غلظت ۴ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲B).

میزان نشت یونی افزایش پیدا کرد و در هفته چهارم میزان نشت یونی به بالاترین میزان خود رسید (جدول ۳). اسید اگزالیك و اثر متقابل اسید اگزالیك و زمان انبارمانی اثر معنی‌داری بر میزان نشت یونی نداشت (جدول ۱). *Kant et al.* (2013) گزارش کردند کاربرد اسید اگزالیك ۳ میلی‌مولار در گوجه‌فرنگی باعث کاهش مؤثر میزان نشت یونی نسبت به شاهد شد، در حالی که افزایش غلظت اسید اگزالیك به بیش از این مقدار، باعث افزایش میزان نشت یونی گردید. زمان انبارمانی و اسید اگزالیك در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر شاخص قهوه‌ای شدن میوه داشت ولی اثر



شکل ۲- اثر زمان انبارمانی (الف) و غلظت اسید اگزالیك (ب) بر شاخص قهوه‌ای شدن میوه آلو رقم شابلون
Figure 2. The effect of storage time (A) and oxalic acid concentration (B) on browning index of plum fruit cv. Santa Rosa

فنی کل و افزایش مقدار اسید آسکوربیک می‌شود، بنابراین می‌تواند در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش علائم قهوه‌ای شدن که در طی نگهداری در دماهای پائین ظاهر می‌شوند، مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این هستند که کاربرد ترکیبات طبیعی مانند اسید اگزالیک به‌عنوان یک استراتژی کارآمد پس از برداشت، می‌تواند منجر به تأخیر در سرعت رسیدن میوه آلو در طی انبارداری و حفظ مقادیر بالاتر ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد گردد. هم‌چنین میوه‌های تیمار شده با اسید اگزالیک شاخص قهوه‌ای شدن پایین‌تری نسبت به شاهد داشتند. در کل با توجه به نتایج این پژوهش، تیمار پس از برداشت اسید اگزالیک با غلظت ۴ میلی‌مولار می‌تواند به‌عنوان ترکیبی طبیعی و ایمن برای حفظ کیفیت و افزایش انبارمانی میوه آلو رقم شابلون مورد استفاده قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مراتب سپاس‌گزاری خود را از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برای تأمین بودجه این پژوهش ابراز می‌دارند. هم‌چنین از همکاری شرکت کشاورزی و دامپروری ران در تأمین نمونه‌های میوه مورد آزمایش قدردانی می‌گردد.

شاخص قهوه‌ای شدن در میوه لیچی و ازگیل ژاپنی در طول زمان انبارمانی افزایش پیدا می‌کند. شاخص قهوه‌ای شدن تحت تیمار پس از برداشت اسید اگزالیک با غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌مولار در میوه لیچی و تیمار ۶ میلی‌مولار در میوه ازگیل ژاپنی به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از شاهد بود. این مسئله ممکن است به دلیل افزایش یکپارچگی غشاء، کاهش فعالیت آنزیم‌ها، حفظ سفتی میوه و اسیدهای آلی، مهار تخریب آنتوسیانین و کاهش اکسیداسیون آن‌ها در طول دوره انبارمانی باشد (Zheng and Tian, 2006; Oz et al., 2016). کاربرد تیمار اسید اگزالیک ۵ میلی‌مولار به‌صورت غوطه‌وری باعث تأخیر در رسیدن میوه انبه با کاهش تولید اتیلن گردید (Zheng et al., 2007b). استفاده از اسید اگزالیک باعث کاهش تولید اتیلن و آنتوسیانین و تأخیر در نرم شدن میوه آلو از طریق کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز شد. بنابراین شادابی میوه حفظ شد و ماندگاری میوه افزایش یافت (Wu et al., 2011). فعالیت آنتی‌اکسیدانی با پیشرفت رسیدن میوه و پیری کاهش می‌یابد. کاربرد اسید اگزالیک با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز) و پلی‌فنل اکسیداز و کاهش فعالیت لیپوکسیژناز، سیستم آنتی‌اکسیدانی را تقویت نموده و پیری را به تأخیر می‌اندازد (Zheng et al., 2007a). به‌علاوه اسید اگزالیک سبب کاهش از دست رفتن مواد

References

- Akhtar, A., Abbasi, N., and Hussain, A. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Journal of Botanical*, 42(1): 181-188.
- Anonymous. (1984). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. U.S.A., P. 1141.
- Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., and Davison, A.W. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll 'a' and 'b' in lichens and higher plants. *Environmental and Experimental Botany*, 32(2): 85-90.
- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M., 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(4): 2053-2062.
- Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., and Valero, D. (2009). Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 354-363.
- Ding, C.K., Chachin, Y., Hamauzu, Y., and Imahori, Y. (1998). Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 14: 309-315.
- Jin, P., Zhu, H., Wang, L., Shan, T., and Zheng, Y. (2014). Oxalic acid alleviates chilling injury in peach fruit by regulating energy metabolism and fatty acid contents. *Food Chemistry*, 161: 87-93.
- Kant, K., Arora, A., Singh, V.P., and Kumar, R. (2013). Effect of exogenous application of salicylic acid and oxalic acid on post-harvest shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Indian Journal of Plant Physiology*, 18(1): 15-21.
- Manolopoulou, H. and Papadopoulou, P. (1998). A study of respiratory and physico-chemical change of four Kiwifruit cultivars during cold-storage. *Food Chemistry*, 63: 529-534.
- Martinez-Espla, A., Zapata, P.J., Valero, D., Garcia-Viguera, C., Castillo, S., and Serrano, M. (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 62: 3432-3437.
- McCollum, T.G. and McDonald, R.E. (1991). Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience*, 26: 1191-1192.
- Menniti, A.M., Donati, I., and Gregori, R. (2006). Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 243-246.
- Miller, A.R. (1992). Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. *Journal of Postharvest News Information*, 3: 53-58.
- Oz, A.T., Kafkas, E., and Bozrgan, A. (2016). Combined effects of oxalic acid treatment and modified atmosphere packaging on postharvest quality of loquats during storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 433-440.
- Quettier, D.C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M.C., Cayin, J.C., Bailleul, F., and Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72: 35-42.
- Razavi, F. and Hajilou, J. (2016). Enhancement of postharvest nutritional quality and antioxidant capacity of peach fruits by preharvest oxalic acid treatment. *Scientia Horticulturae*, 200: 95-101.

- Razzaq, K., Sattar Khan, A., Malik, A.U., Shahid, M., and Ullah, S. (2015). Effect of oxalic acid application on Samar Bahisht Chaunsa mango during ripening and postharvest. *LWT-Food Science and Technology*, 63: 152-160.
- Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P.Z., and Serrano, M. (2010). Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 C. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58: 6804-6808.
- Shokrollah Fam, S., Hajilou, J., Zare Nahandi, F., Tabatabaei, S.J., and Naghshiband Hasani, R. (2014). Effects of putrescine, calcium chloride and salicylic acid on quality and storage life of plum fruit cv. "Shablon". *Journal of the Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 37(2): 15-26. [In Farsi]
- Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*, 299: 152-178.
- Tekao, T., Watanbe, N., Yagi, I., and Sakata, K. (1994). A simple screening method for antioxidant and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 58: 1780-1783.
- Tian, S., Qin, G., and Li, B. (2011). Loquat (*Eriobotrya japonica* L.). In: Yahia, E. *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Woodhead Publishing. P. 614.
- Valero, V., Huertas, M., Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillen, F., Martinez-Romero, D., and Serrano, M. (2011). Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59: 5483-5489.
- Wanger, G.J. (1979). Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology*, 64: 88-93.
- Wu, F., Zang, D., Zang, H., Jiang, G., Su, X., Qu, H., Jang, Y., and Duan, X. (2011). Physiological and biochemical response of harvested plum fruit to oxalic acid during ripening or shelf-life. *Food Research International*, 44: 1299-1305.
- Zheng, X. and Tian, Sh. (2006). Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chemistry*, 96: 519-523.
- Zheng, X., Tian, S., Meng, X., and Li, B.Q. (2007a). Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 104: 156-162.
- Zheng, X., Tian, S., Xu, Y., and Li, B.Q. (2007b). Effects of exogenous oxalic acid on ripening and decay incidence in mango fruit during storage at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 281-284.

Interaction Effects of Oxalic Acid and Storage Time on Some Qualitative Characteristics of Plum Fruit cv. Santa Rosa

H. Khosroabadi¹, F. Varasteh^{2*} and E. Seifi³

- 1- M.Sc. Student of Pomology, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (feryalvarasteh@gmail.com)
- 3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 19 April, 2016

Accepted: 16 November, 2016

Abstract

Background and Objectives

Plum as a climacteric fruit has high ethylene production and respiration rate at the ripening stage which is the reason for its short postharvest life. In order to evaluate the effect of oxalic acid treatment on postharvest storage life and maintain qualitative characteristics of plum fruit cv. Santa Rosa, an experiment was performed based on factorial in completely randomized design with two factors, oxalic acid concentration and storage time, in three replications.

Material and Methods

Plum fruits were harvested at the commercial harvest stage from a commercial orchard located in Golestan Province, Iran. On the same day, harvested fruits were transported to the laboratory and selected for the uniformity in size, shape and color. The selected fruit samples were distributed into four groups of 60 (each replicate contained 5 fruits). The selected fruits were immersed in oxalic acid solutions (0, 2, 4 and 6 mM) for 3 minutes and after removing the surface moisture at room temperature stored at 4 °C and 80 % relative humidity. The quantitative and qualitative traits of the fruit were evaluated every two week intervals during 42 days of storage. The obtained data were subjected to analysis of variance using SAS (9.1) software, and LSD values were calculated for the mean comparisons.

Results

The results showed that oxalic acid had a significant effect on soluble solids content, titratable acidity, vitamin C, peel anthocyanins and browning index, whilst weight loss, soluble solids content, titratable acidity, vitamin C, fruit flavor index, pH, flesh and peel anthocyanins, total chlorophyll and chlorophyll a, b, total carotenoids, phenols and flavonoids, antioxidant activity, electrolyte leakage and browning index were significantly influenced by storage time. The increment of the oxalic acid concentration led to increase of soluble solids content by the late week 4 of storage. The highest (1.21%) and lowest (0.38%) titratable acidity was recorded for 6 mM oxalic acid in week 2 and 2 mM oxalic acid in week 6 of storage, respectively. At the end of the storage, 6 mM oxalic acid caused to preserve the maximum Vit C content (11.63 mg/100g) compared to control. Oxalic acid had no significance on total phenols and flavonoids; however, the interaction between storage time and oxalic acid had also a significant effect on soluble solids content, titratable acidity, vitamin C, fruit flavor index, peel anthocyanins, phenols, flavonoids and browning index. The weight loss reached 9.96% by late week 6. The electrolyte leakage percent and browning index increased during storage period and the minimum browning index without any significant difference was observed in 2 mM (41.11%) and 4 mM (43.89%) oxalic acid treatments.

Discussions

In conclusion, oxalic acid significantly increased titratable acidity, vitamin C, plum peel anthocyanins and soluble solids compared to the control. The treated fruits had a lower browning index than the control. As a whole, regarding the results of this research, post-harvest application of 4 mM oxalic acid treatment could be used to maintain plum fruit qualitative properties and increase the time of storage.

Keywords: *Browning index, Oxalic acid, Plum, Postharvest quality.*