نشریه علوم باغبانی ایران
دوره ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲ (ص۳۷۷-۳۶۷)

اثر دما و مدت انبارمانی بر تغییرات بیوشیمیایی و کیفیت پس از برداشت میوهٔ پرتقال خونی مورو (*Citrus sinensis* cv. Moro)

مهسا همدانی[۱]، ولی ربیعی[۲*]، حسین مرادی[۳] و علی قنبری[۴]
۱و ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳ و ۴، استادیار و مربی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۲ - تاریخ تصویب: ۹۱/۹/۱۹)

چکیده

کیفیت و میزان رنگ در گوشت پرتقال‌های خونی پس از برداشت به دما و شرایط نگهداری بستگی دارد. بدین‌منظور اثر دماهای مختلف (۸، ۱۵ و ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد) و زمان‌های مختلف انبارمانی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ روز) بر میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، ویتامین ث، مقدار فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) و پروتئین کل در میوه‌های رسیدهٔ پرتقال خونی رقم مورو، براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰، بررسی شد. نتایج نشان داد که در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد، مقدار پروتئین کل و فعالیت آنزیم PAL هم‌زمان با تجمع آنتوسیانین کل، پس از ۷۵ روز انبارمانی افزایش یافت، اما مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. به‌علاوه در درجهٔ حرارت‌های دیگر این روند، کاهشی بوده است. بیشترین میزان ویتامین ث، اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول، قبل از نگهداری میوه در انبار بود که در پایان ۷۵ روز انبارمانی این مقدار به حداقل رسید. به‌طورکلی، مشخص شد که با افزایش درجهٔ حرارت و مدت انبارمانی کاهش چشمگیری در صفات ارزیابی‌شده مشاهده می‌شود.

واژه های کلیدی: **آنتوسیانین، پرتقال خونی، دورهٔ انبارمانی، فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز.**

مقدمه

پرتقال‌های خونی از جمله ارقام مهم مرکبات در جهان و ایران هستند که ترکیبات دارویی و غذایی ارزشمندی دارند و فقط در شرایط آب‌وهوای مدیترانه‌ای کشت می‌شوند (Fotouhi & Fattahi, 2007).

آن‌ها رنگ گوشت و پوست منحصر به فردی دارند که ناشی از رنگیزهٔ فنلی متعلق به گروه آنتوسیانین‌ها است (Maccarone & Rapisarda, 1985). وجود این رنگیزه در پرتقال گوشت‌قرمز (خونی) باعث افزایش کیفیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن، نسبت به ارقام معمولی شده است (Rapisarda *et al.*, 1999). ترکیبات دیگر پرتقال‌های خونی شامل اسیدآسکوربیک، فلاونوئیدها و هیدروکسی‌سینامیک هستند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند (Arena *et al.*, 2001). مهم‌ترین ویژگی‌های درمانی آن‌ها، جلوگیری از آلرژی و بیماری‌های التهابی، سرطان، سکته، تصلب شرایین و نیز فعالیت آنتی‌ویروسی است (Ames *et al.*, 1993). آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[۱] نوعی آنزیم کلیدی در مسیر سنتز آنتوسیانین محسوب

1. Phenylalanin ammonia-lyase (PAL)

* نویسنده مسئول: ولی ربیعی تلفن: ۰۹۱۲۱۴۱۵۴۴۷ E-mail: rabiei@znu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شود. در طول سنتز ترکیبات فلاونوئیدی، آنزیم PAL اولین آنزیم این مسیر است که تبدیل اسیدآمینهٔ فنیل‌آلانین را به اسیدسینامیک‌ترانس کاتالیز می‌کند (Pettersen *et al.*, 2007). این آنزیم با استرس‌های مختلف زنده (آلودگی با ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ...) و غیرزنده (دمای بالا و پایین، اشعهٔ فرابنفش، زخم شدن و ...) تحریک می‌شود که نتیجهٔ آن تجمع فنیل‌پروپانوئیدهایی همچون اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها است (Eraslan *et al.*, 2007). فعالیت آنزیم PAL، ارتباط مثبت با سنتز آنتوسیانین در میوه‌های مختلف نظیر انگور (Kataoka *et al.*, 1983)، توت‌فرنگی (Given *et al.*, 1988) و پرتقال‌های خونی (Rapisarda *et al.*, 2008) دارد. بنابراین، با افزایش فعالیت این آنزیم، سنتز و تجمع ترکیبات فنلی، و درنهایت، ترکیبات فنلی با خواص آنتی‌اکسیدانی، مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده را افزایش می‌یابد (Eraslan *et al.*, 2007). اگرچه میوهٔ مرکبات جزء میوه‌های نافرازگرا است، ترکیبات موجود در آن بسته به دما و مدت نگهداری تغییر می‌کنند؛ یعنی هر چه مدت انبارمانی طولانی‌تر باشد این ترکیبات بیشتر تغییر می‌یابند (Lester & Hodges, 2007).

Arena *et al.* (2001) گزارش کردند که از میزان ویتامین ث موجود در مرکبات، طی نگهداری طولانی‌مدت در انبار کاسته می‌شود و این کاهش، همراه با کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه است.

مطالعات نشان می‌دهند که میزان آنتوسیانین موجود در پرتقال‌های خونی در دمای پایین انبار افزایش می‌یابد که سنتز آن‌ها به فعالیت آنزیم‌هایی چون فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز ارتباط دارد (Lo Piero *et al.*, 2005). همچنین پرتقال‌های خونی دربرابر سرمازدگی بسیار آسیب‌پذیرند و هنگامی که در دمای کمتر از ۷ ـ ۸ درجهٔ سانتی‌گراد انبار شوند، ممکن است دستخوش تغییرات متابولیکی طی مدت طولانی شوند (Pratella *et al.*, 1969). یکی از آثار غیرمستقیم دمای زیاد، جلوگیری از سنتز رنگدانه، کم‌رنگ‌شدن محصول و تخریب آن است (Pompodakis *et al.*, 2005). بنابراین، انبارمانی ممکن است بر شاخص‌های کیفی و ارزش غذایی میوهٔ تأثیرگذار باشد Ayala-Zavala *et al.* (2004).

امروزه، رنگ قرمز صفتی است که در بازارپسندی و جذب مشتری تأثیر فراوانی دارد و به دست آوردن رنگ پایدار و غلیظ میوه، در طول زمان نگهداری و فرایند آماده‌کردن اهمیت خاصی دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پرتقال‌های خونی به منظور تعیین درجهٔ حرارت مطلوب برای رقم استفاده‌شده طی انبارمانی برای بهبود کیفیت و افزایش بازارپسندی محصول بوده است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های پرتقال خونی رقم مورو در زمان بلوغ تجارتی از باغ مهدشت واقع در شهرستان ساری برداشت شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند پس از ضدعفونی با قارچ‌کش تیابندازول به نسبت ۲ در هزار، ۱۴۴ عدد میوهٔ سالم به طور تصادفی به ۳ گروه ۴۸ عددی در ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۴ میوه) تقسیم شدند و به مدت ۷۵ روز در سردخانه‌هایی با دو دمای ۸ و ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد (رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد) و یک سطح در دمای معمول آزمایشگاه (۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد)، قرار گرفتند. میوه‌ها به فاصله زمانی هر ۲۵ روز یک‌بار، ضمن نگهداری در انبار برای اندازه‌گیری صفات کیفی نمونه‌برداری شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۲ تیمار انجام شد. تیمارها شامل دما در ۳ سطح (۸، ۱۵ و ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد) و مدت انبارمانی در ۴ سطح (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ روز) بوده است.

اندازه‌گیری صفات

میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و ویتامین ث

میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی، pH به وسیلهٔ دستگاه pH متر، اسیدیته قابل تیتراسیون (برحسب اسیدسیتریک) با استفاده از تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و میزان ویتامین ث با روش تیتراسیون با دی کلرو فنل ایندو فنل[1] تعیین شد (Saini *et al.*, 2001).

1. 2,6-dichlorophenol-indophenol

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین میزان فنل کل

برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از روش فولین-سیو کالچو[1] استفاده شد (Eberhardt *et al*., 2000).

۵۰ میکرولیتر عصارهٔ میوه به ۴۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی لیتر فولین ۱۰ درصد افزوده شد. سپس به مخلوط حاصل، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه شد. پس از ۲ ساعت نگهداری در دمای محیط، میزان جذب عصاره در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biochrom WPA Biowave II UV-VIS قرائت شد ($y=0.011x+0.273$, R^2:0.981). نتایج به صورت میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره گزارش شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

برای تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲و۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل)[2] استفاده شد (Du *et al*., 2009). به این منظور مقادیر مختلف عصاره میوه با DPPH ۰/۱ نرمال، مخلوط و بعد از ۳۰ دقیقه، میزان جذب استاندارد و نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS خوانده شد. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد.

$$\%DPPH_{sc}= (A_{cont} - A_{samp})/A_{cont} \times 100$$

که در آن $\%DPPH_{sc}$ = درصد بازدارندگی، A_{cont} = میزان جذب DPPH و A_{samp} = میزان جذب نمونه + DPPH است.

تعیین غلظت آنتوسیانین کل

محتوای کل آنتوسیانین در عصاره‌ها با استفاده از روش اختلاف جذب در pH های مختلف صورت گرفت (Wrolstad, 1976). میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر در دو pH متفاوت (۱ و ۴/۵) اندازه‌گیری شد و از فرمول زیر برای محاسبهٔ مقدار آنتوسیانین استفاده شد:

$$Absorbance\ (A) = (A\ 520_{pH1} - A\ 700_{pH1}) - (A250_{pH4.5} - A700_{pH4.5})$$

$$\text{میزان آنتوسیانین} = A \times 449.2 \times 1000/26900 \times DF$$

اعداد ۴۴۹/۲ و ۲۶۹۰۰ به ترتیب وزن مولکولی و ضریب جذب مولار مولکول سیانیدین-۳-گلوکوزید هستند. DF نیز عامل رقت محسوب می‌شود.

سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمولیانیاز

برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز در این تحقیق از عصاره‌هایی که به‌وسیلهٔ بافر فسفات استخراج شدند، استفاده شد.

سنجش این آنزیم براساس روش Saunders & Mcclure (1974) با کمی تغییرات انجام شد. محتویات سنجش آنزیم شامل ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۴۵۰ میکرولیتر بافر بورات سدیم ۱۰ میلی مولار، ۲۵۰ میکرولیتر آب مقطر به اضافه ۲۵۰ میکرولیتر بافر سوبسترای فنیل‌آلانین[3] ۵۰ میلی مولار بود که جذب اولیه و جذب نهایی به ترتیب قبل و بعد از بن ماری در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت و در طول موج ۲۹۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم براساس µFW.min MOL/g بیان شد. میزان پروتئین کل عصارهٔ آنزیمی نیز به‌وسیلهٔ روش برادفورد برآورد شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS، مقایسهٔ میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن از نرم‌افزار MSTAT-C و همچنین برای ثبت داده‌ها و رسم نمودار از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که سطوح مختلف درجهٔ حرارت و مدت انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، ویتامین ث، مقدار فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین، فعالیت آنزیم PAL و پروتئین کل میوه‌ها در انبار اثر مثبتی داشته است.

1. Folin–Ciocalteu
2. 1,1-Diphenyl 2-picrylhydrazyl
3. L- Phenylalanine

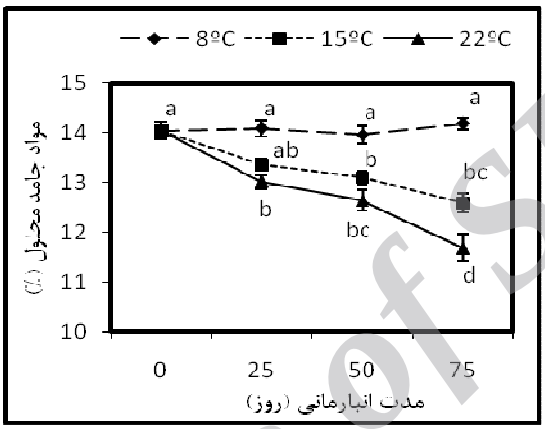
Archive of SID

www.SID.ir

همچنین برهم‌کنش درجهٔ حرارت و مدت انبارمانی برای همهٔ صفات به جز اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث اثر معناداری را نشان داده است.

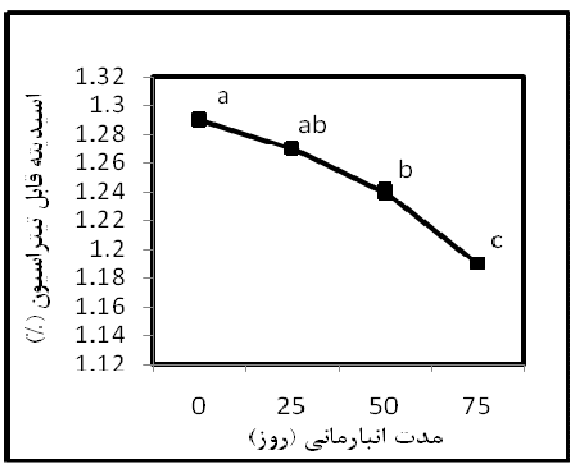
مواد جامد محلول (TSS)، نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون (TSS/TA)

شکل (۱) اثر بر هم‌کنش دما و مدت نگهداری میوه در انبار را بر میزان مواد جامد محلول نشان می‌دهد و بیانگر این است که با افزایش دورهٔ نگهداری در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد میزان قند افزایش یافته، هر چند که اختلاف بین آن‌ها معنادار نشده است. با افزایش دما در طول مدت نگهداری از میزان مواد جامد محلول تا حد زیادی کاسته شد که کاهش آن به دلیل مصرف آن در تنفس و تأمین انرژی برای فرایندهای انرژی‌خواه است (Lo Piero *et al*., 2005).



شکل ۱. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر میزان کل مواد جامد محلول

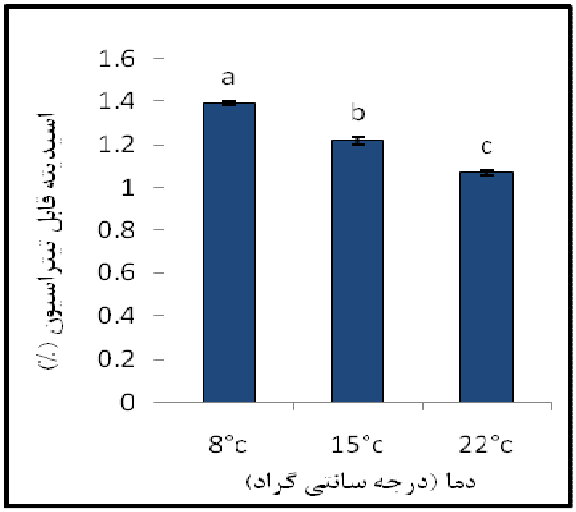
با توجه به نتایج تجزیهٔ آماری و مقایسه میانگین‌ها اگرچه تفاوت معناداری در اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون میوه‌ها بین اثر متقابل دما و مدت انبارمانی وجود ندارد، اثر مستقل دما و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از انبار، اختلاف معناداری مشاهده شد به‌گونه‌ای که با افزایش دما و زمان‌های مختلف نگهداری در انبار، میزان اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون کاهش می‌یابد (شکل‌های ۲ و ۳). بنابراین دمای زیاد انبار سبب کاهش بیشتر میزان اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون می‌شود (Piga *et al*., 2000). همچنین در پایان دورهٔ انبارمانی نسبت TSS/TA، در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد بیشترین میزان را در مقایسه با سایر دماها و زمان‌های نگهداری داشت (شکل ۴). در حقیقت افزایش نسبت TSS/TA به دلیل کاهش شدید TA نسبت به TSS است (Lo Scalzo *et al*., 2004).



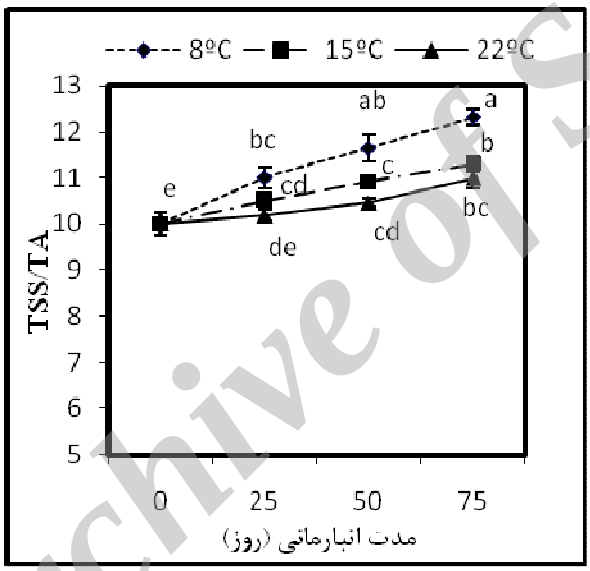
شکل ۲. اثر مستقل مدت انبارمانی بر TA در رقم مورو

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. اثر مستقل دما بر TA در رقم مورو



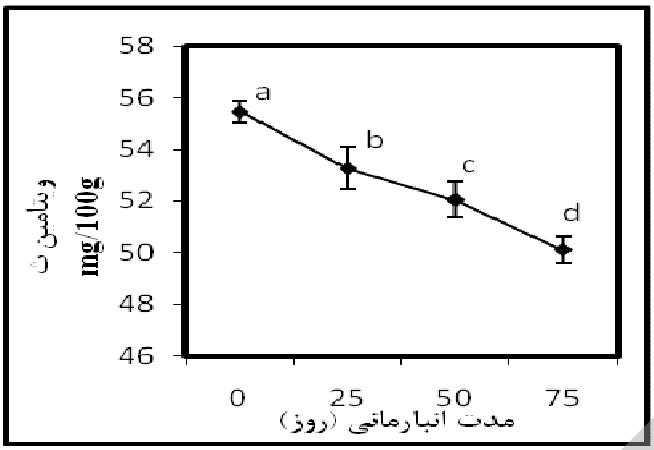
شکل ۴. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر TSS/TA در رقم مورو

ویتامین ث و میزان pH آب میوه

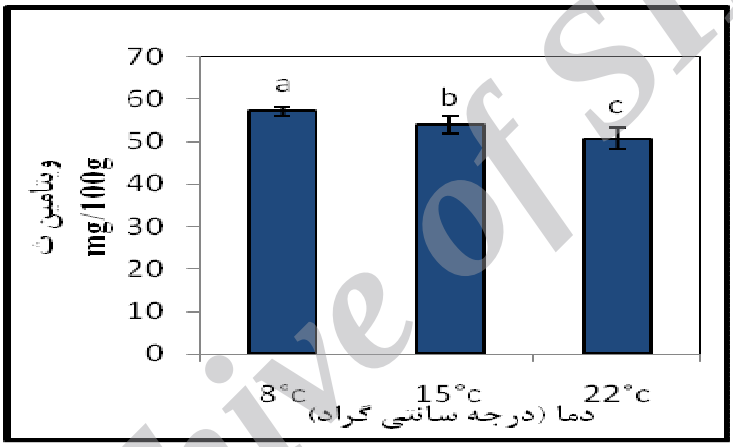
تغییرات ویتامین ث با گذشت زمان نزولی بود و پس از ۷۵ روز انبارمانی بیشترین کاهش را داشت که این کاهش با افزایش دما بیشتر شد (شکل‌های ۵ و ۶). بنابراین انبارمانی میوه‌ها، سبب کاهش معناداری مقدار ویتامین ث آن‌ها شد که این کاهش در شرایط نگهداری طولانی‌مدت، کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد، زیرا با افزایش دورهٔ انبارمانی و شروع پدیدهٔ پیری میزان ویتامین ث و اسیدها در واکنش تنفس و چرخهٔ کربس مصرف می‌شوند (Lee & Kader, 2000). همچنین کاهش میزان ویتامین ث را می‌توان به کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها طی انبارمانی نسبت داد (Arena *et al.*, 2001). بر اساس شکل ۷، بیشترین pH در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بعد از ۷۵ روز انبارمانی حاصل شد. به‌عبارتی با افزایش دما و مدت نگهداری در انبار، pH به طور چشمگیری افزایش یافت. با مقایسهٔ افزایشpH و تخریب آنتوسیانین معلوم شد که با بالا رفتن دما و افزایش pH، تخریب آنتوسیانین در میوه‌ها افزایش یافت. بر اساس گزارش‌های موجود نمک‌های فلاویلیوم در آنتوسیانین‌ها در شرایط اسیدی پایدارند و زمانی‌که تحت تأثیر درجهٔ حرارت زیاد قرار می‌گیرند، پروتون از دست می‌دهند و به باز کوئینودال تبدیل می‌شوند که به‌شدت ناپایدارند و بلافاصله به ترکیبات بی‌رنگ تبدیل می‌شوند (Rapisarda *et al.*, 2008).

Archive of SID

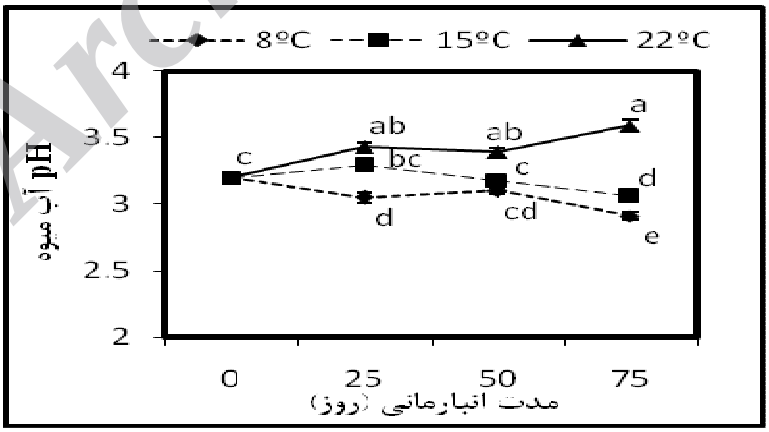
www.SID.ir



شکل ۵. اثر مستقل مدت انبارمانی بر میزان ویتامین ث در رقم مورو



شکل ۶. اثر مستقل دما میزان ویتامین ث در رقم مورو



شکل ۷. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر pH آب میوه در رقم مورو

فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، بیش‌ترین میزان فنل کل در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد بعد از ۲۵ روز انبارمانی اندازه‌گیری شد ولی در پایان ۷۵ روز نگهداری در همین دما مقدار آن کاهش یافت. در حالی‌که کم‌ترین میزان فنل کل در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بعد از ۷۵ روز انبارمانی مشاهده شد (شکل ۸). کاهش ترکیبات فنلی طی انبارمانی را می‌توان به فرایند پیری

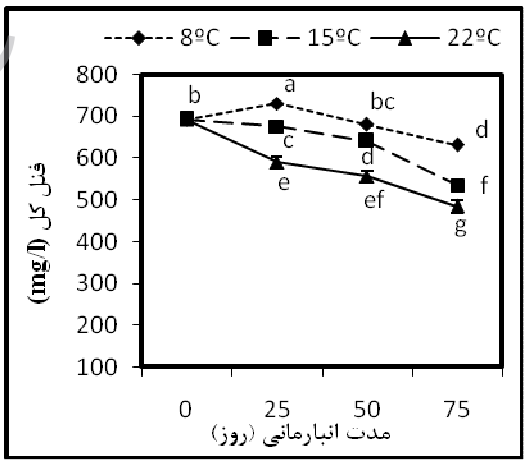
Archive of SID

www.SID.ir

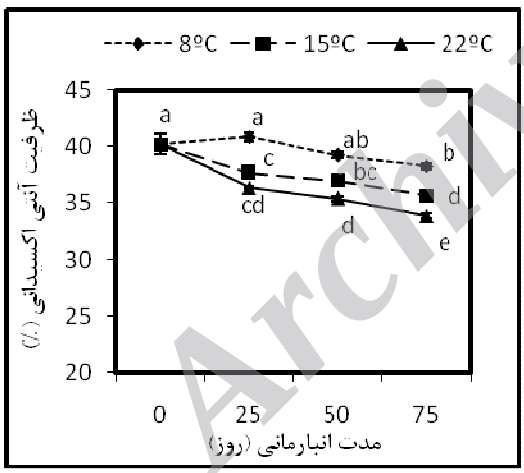
نسبت داد. مقدار فنل در رقم مورو به آنتوسیانین زیاد و مقدار فلاونوئیدها نیز بستگی دارد (Lo Scalzo *et al*., 2004). بنابراین زمان و دمای نگهداری به طور چشمگیری مقدار پلی‌فنل کل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Klimezak & Malecka, 2006).

نتایج نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در ابتدای دورهٔ نگهداری در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد اندکی افزایش یافت هرچند اختلاف بین آن‌ها معنادار نبود، در پایان مدت انبارمانی در همین دما، مقدار آن کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که با افزایش دما و مدت انبارمانی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تا حد زیادی کاسته شد (شکل ۹).

Lo Scalzo *et al*. (2004) در پژوهشی عنوان کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های اندازه‌گیری‌شده طی قرارگرفتن در سردخانه در ارقام پرتقال کاهش می‌یابد و سهم زیادی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترکیبات فنلی و ویتامین ث اختصاص دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و غلظت اسیدآسکوربیک میوه‌ها در دمای بالای نگهداری، به‌سرعت کاهش پیدا می‌کند، ولی در دمای پایین بهتر حفظ می‌شود؛ شاید یکی از عوامل کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول دمای بالا، کاهش اسیدآسکوربیک به عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی باشد (Javanmardi & Kubota, 2006)، که نتایج یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند. کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دمای بالا و در طول دورهٔ انبارمانی احتمالاً به دلیل مصرف بخش زیادی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در دفاع از رادیکال‌های آزاد است (Gulen. & Eris, 2004). در این پژوهش نیز، در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بعد از ۷۵ روز انبارمانی احتمالاً با مصرف شدن آنتی‌اکسیدان در مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن، مقدار آن پایین آمده است (شکل ۹) که موجب کاهش عمر میوه، به منزلهٔ یکی از خسارت‌های مرتبط در مرحلهٔ پس از برداشت می‌شود.



شکل ۸. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر میزان فنل کل رقم مورو



شکل ۹. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رقم مورو

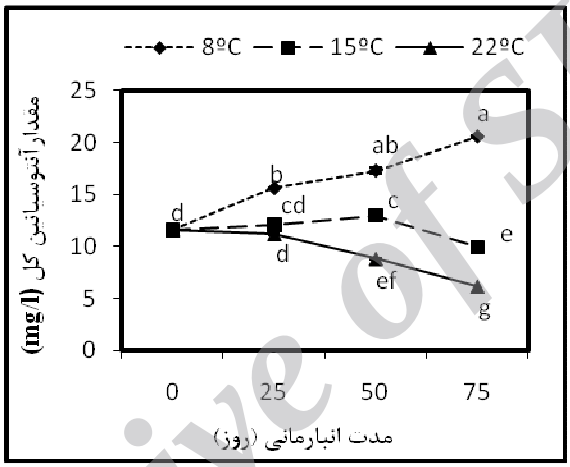
غلظت آنتوسیانین کل

نتایج حاصل در زمینهٔ اثر دما در طول مدت نگهداری بر مقدار آنتوسیانین در میوه نشان داد میوه‌هایی که در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند بعد از ۷۵ روز انبارمانی، میزان سنتز و تجمع آنتوسیانین بیشتری، در مقایسه با زمان برداشت و قبل از انبارمانی داشتند؛ در مقابل، افزایش تدریجی دما موجب کاهش و تخریب آنتوسیانین در میوه‌ها شد (شکل ۱۰). تحقیقات نشان داد که هیدرولیز ساختمان سیانیدین-۳-گلوکوزید، در ناپایداری و تخریب آنتوسیانین موثر است. در واقع تغییر رنگ در نتیجه هم‌زمانی کاهش سنتز و افزایش تجزیه آنتوسیانین صورت می‌گیرد. درجهٔ حرارت یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر تجمع آنتوسیانین در گل‌ها و میوه‌ها در مراحل قبل و پس از برداشت است و کاهش دما سبب افزایش سنتز آنتوسیانین در آن‌ها می‌شود (Dela *et al*., 2003). همچنین افزایش دما سبب کاهش تجمع

Archive of SID

www.SID.ir

رنگیزهٔ آنتوسیانین می‌شود (Spayd *et al.*, 2002). به بیان دیگر، افزایش دما در ضمن دورهٔ رشد موجب افزایش تنفس و مصرف کربوهیدرات و کاهش مقدار قند لازم برای تشکیل آنتوسیانین می‌شود. تحقیقات قبلی نشان داد که تولید آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی، پس از برداشت به فعالیت آنزیم‌هایی چون فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز بستگی دارد (Lo Piero *et al.*, 2005). مقادیر آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی نشانهٔ کیفیت آن‌هاست؛ بنابراین، باید درجهٔ حرارت و مدت انبارمانی مطلوب، تشخیص داده شود تا بیشترین مقدار آنتوسیانین در میوه حفظ شود و بازارپسندی آن را افزایش دهد. براساس آزمایش‌های Rapisarda *et al.* (2008)، مقدار آنتوسیانین در دمای ۶ درجهٔ سانتی‌گراد و در طول دوره انبارمانی به‌تدریج افزایش یافت، به گونه‌ای که در پایان انبارمانی بیشترین مقدار آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی مشاهده شد. یافته‌های این آزمایش نیز موافق با یافته‌های دیگر گزارش‌هاست. شایان ذکر است که این روند در درجهٔ حرارت‌های دیگر کاهشی بوده است.



شکل ۱۰. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر مقدار آنتوسیانین کل در رقم مورو

فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز

اثر برهم‌کنش دما و مدت انبارمانی بر میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز معنادار بود و هر دو فاکتور اثر یکدیگر را تقویت کردند. با افزایش دورهٔ نگهداری، فعالیت آنزیم PAL افزایش یافت؛ به گونه‌ای که در دماهای بالاتر فعالیت این آنزیم کاهش و در دمای کمتر هم‌زمان با سنتز آنتوسیانین، فعالیت آن افزایش نشان داد. چنان‌که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد در پایان دورهٔ انبارمانی و کمترین میزان آن بعد از ۷۵ روز انبارمانی در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده شد (شکل ۱۱).

آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، یک آنزیم کلیدی در سوخت‌وساز فنیل پروپانوئیدها بوده و تشکیل ترانس سینامیک اسید را از طریق دی‌آمینه کردن فنیل‌آلانین، کاتالیز می‌کند. این آنزیم با تنش‌های مختلف زنده (آلودگی با ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و...) و غیرزنده (دمای بالا و پایین، اشعهٔ UV، زخم شدن و...) تحریک می‌شود که نتیجهٔ آن تجمع فنیل‌پروپانوئیدهایی از جمله اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدهاست. در چندین گونهٔ گیاهی، مثل دانهال‌های ذرت، آرابیدوپسیس و اطلسی دما تأثیر معناداری بر بیان ژن آنتوسیانین‌ها دارد. دمای کم موجب افزایش چندبرابر ترجمه و بیان ژن‌ها می‌شود که تولید آنزیم کلیدی PAL و دیگر آنزیم‌های کاتالیزکنندهٔ واکنش بیوسنتز آنتوسیانین و فلاونوئیدها را در پی دارد Shaked-sachray *et al.*, (2008). فعالیت آنزیم PAL ارتباط مثبت با سنتز آنتوسیانین در میوه‌های مختلف نظیر انگور (Kataoka et al., 1983)، توت‌فرنگی (Given *et al.*, 1988) و پرتقال‌های خونی (Rapisarda *et al.*, 2008) دارد. بنابراین، با افزایش فعالیت این آنزیم، سنتز و تجمع ترکیبات فنلی افزایش می‌یابد و درنهایت ترکیبات فنلی با خواص آنتی‌اکسیدانی، مقاومت به تنش‌های زنده و

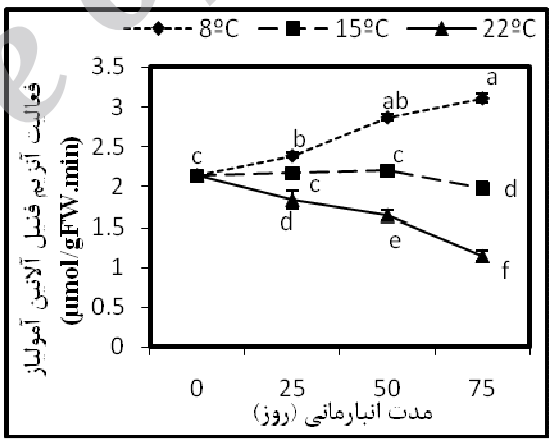
Archive of SID

www.SID.ir

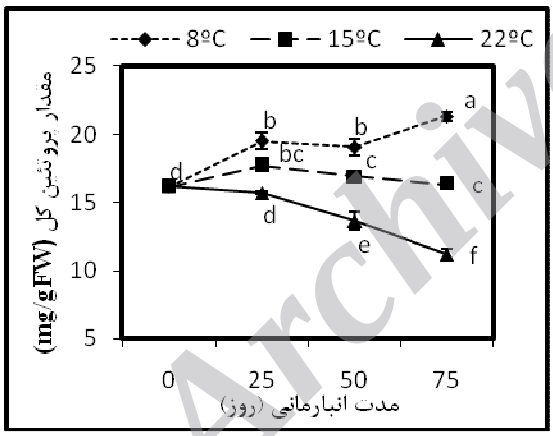
غیرزنده را افزایش می‌دهند (Eraslan *et al.*, 2007). همچنین Dela *et al.* (2003) گزارش کردند که افزایش دما موجب کاهش فعالیت آنزیم PAL، چالکون سینتتاز، و دی هیدروفلاونول ردوکتاز و کاهش سنتز آنتوسیانین در گل رز می‌شود. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که دمای زیاد، افزایش نسبت پلارگونیدین به سیانیدین و کاهش غلظت آنتوسیانین کل را در پی دارد.

پروتئین کل

مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین کل بعد از ۷۵ روز انبارمانی در دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در پایان مدت نگهداری و در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده شد. به عبارتی با افزایش دما و مدت نگهداری میوه‌ها در انبار، مقدار پروتئین به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (شکل ۱۲). Solecka (1997) در پژوهشی اظهار داشت که انتقال فعال آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها به واکوئل، از طریق پروتئین‌های ناقل ویژه‌ای صورت می‌گیرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد میزان پروتئین کل در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بعد از ۷۵ روز نگهداری در دمای آزمایشگاه کاهش یافته است و این کاهش پروتئین در طول این مدت می‌تواند دلیلی بر انتقال ناکافی آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها به واکوئل‌ها باشد. انباشته شدن این مواد در سیتوزول، موجب تجزیه و بی‌رنگ شدن محصول می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش درجهٔ حرارت علاوه بر اینکه بسیاری از پروتئین‌ها را تخریب می‌کند، در مسیر سنتز آن‌ها اختلال ایجاد می‌کند و سنتز آن‌ها را کاهش می‌دهد؛ همچنین کم‌بودن پروتئین در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد ممکن است نتیجه تجزیهٔ پروتئین‌ها در مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن یا ممانعت از سنتز آن‌ها در اثر دمای زیاد باشد (Babar Ali *et al.*, 2005).



شکل ۱۱. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر فعالیت آنزیم PAL



شکل ۱۲. اثر متقابل دما و مدت انبارمانی بر مقدار پروتئین کل

به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که افزایش دما به کاهش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز منجر و آن نیز خود سبب کاهش سنتز آنتوسیانین و رنگ‌گیری در میوه می‌شود. تأثیر دمای کم در پایان دورهٔ انبارمانی، بیشترین نمود را داشته است، زیرا نه‌تنها در طول این مدت صفات کیفی میوه پرتقال خونی رقم مورو در حد مطلوب حفظ شد، بلکه کمترین خسارت و ضایعات در میوه مشاهده شد. بنابراین، مطلوب‌ترین دما در حفظ خصوصیات کیفی و بازارپسندی محصول، دمای ۸ درجهٔ سانتی‌گراد بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله، از مدیریت محترم شرکت باغداری فجر ساری و پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان برای همکاری در انجام‌دادن این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

REFERENCES

1. Ames, B. N., Shigenaga, M. & Hagen, T. M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90, 7915 - 7922.
2. Arena, E., Fallico, A. & Maccarone, E. (2001). Evalution of antioxidant capacity of blood orange juice as influenced by constituents concentrate. *Food Chemistry*, 74, 423-427.
3. Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y. & Wang, C. Y. (2004). Effect of storage temperature on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Food Science and Technolog*, 37, 687-695.
4. Babar Ali, M., Hahn, E. J. & Paek, K. Y. (2005). Effect of light intensities on antioxidant enzymes and malondialdehyde content during short-term acclimatizatione on micropropagated *Palaenopsis* plantlet. *Environmental & Experimental Botany*, 54, 109-120.
5. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantiation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-252.
6. Dela, G., Ovadia, E. O. R., Nissim-Levi, R. A., Weiss, D. & Oren-Shamir, M. (2003). Changes in anthocyanin concentration and composition in 'Jaguar' rose flowers due to transient high temperature conditions. *Plant Science*, 164, 333-340.
7. Du, G., Li, M., Ma, F. & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits. *Food Chemistry*, 113, 557-562.
8. Eberhardt, M. V., Lee, C. Y. & liu, R. H. (2000). Nutrition antioxidant activity of fresh apples. *Nature*, 405, 903-904.
9. Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenouse salicylice acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 113, 120-128.
10. Fotouhi, R. & Fattahi, J. (2007). *Citrus growing in Iran*. University of Guilan press. Iran, 305 p. (In Farsi).
11. Given, N. K., Venis, M. A. & Grierson, D. (1988). Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis in ripening strawberry. *Journal of Plant Physiology*, 133, 25–30.
12. Gulen, H. & Eris, A. (2004). Effect of heat stress on peroxidase activity and Total protein content in strawberry plants. *Plant Science*, 166, 739-744.
13. Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loose of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 151-155.
14. Kataoka, I., Kubo, Y., Sugiura, A. & Tomana, T. (1983). Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 52 (3), 273–279.
15. Klimezak, I. & Malecka, M. (2006). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 313-322.
16. Lee, S. & Kader, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of Horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
17. Lester, G. E. & Hodges, D. M. (2007). Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal production and cold storage durations. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 347-354.
18. Lo Piero, A. R., Puglisi, I., Rapisarda, P. & Petrone, G. (2005). Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low tepmprature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 9083-9088.
19. Lo Scalzo, R., Innoccari, T., Summa, C., Morelli, R. & Rapisarda, P. (2004). Effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chemistry*, 85, 41-47.
20. Maccarone, E., Maccarrone, A. & Rapisarda, P. (1985). Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit jouice. *Journalof Food Science*, 50, 901-904.
21. Pettersen, R. I., Moe, R. & Gislerd, H. R. (2007). Growth of pot roses and post-harvest rate of water loss as affected by air humidity and temperature variations during growth under continuous light. *Scientia Horticulturae*, 114, 207- 213.
22. Piga, A. D., Aquino, S. & Agabbio, M. (2000). Influence of cold storage and shelf-life on quality of, Salustiana orange fruits. *Fruits*, 55, 37-44.
23. Pompodakis, N. E., Terry, L. A., Joyce, D. C., Lydakis, D. E. & Papadimitriou, M. D. (2005). Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 1-8.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Pratella, G., Tonini, G. & Cessari, A. (1969). Postharvest disease problems of Italian citrus fruit. *In: Proceeding of the first International Citrus Symposium, 3*, 1317-1323.
25. Rapisarda, P., Lo Bianco, M., Pannuzzo, P. & Timpanaro, N. (2008). Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orang genotype (*Citrus sinensis* L. osbeck). *Postharvest Biology and Technology*, 49, 346-354.
26. Rapisarda, P., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Bonina, F., De Pasquale, A. & Saija, A. (1999). Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4718-4723.
27. Saini, R. S., Sharma, K. D., Dhankhar, O. P. & Kaushik, R. A. (2001). L*aboratory manual of analytical techniquesin Horticulture*. *Agrobios. Publisher. India*, 135P.
28. Salukhe, D. K., Bolin, H. R. & Reddy, N. K. (1991). Storage, proccessing and nutrional quality of fruit and vegetables. Second edition. *Vol.1: fresh fruits and VegetablesBoca Raton, FL.* (323 P). CRC Press.
29. Saunders. J. A. & Mcclure, J. W. (1974). The suitability of the quantitative spectrophotometric assay for phenylalanine ammonia-lyase activity in Barley, Buckwheat and Pea seedlings. *Plant Physiology*, 54, 412-413.
30. Shaked-sachray, L., Weiss, D., Reuveni, M., Nissim-Levi, A. & Oren-shamir, M. (2008). Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment. *Physiologia Planatarum*, 114, 559-565.
31. Solecka, D. (1997). Role of phenylpropanoid compounds in plant responses to different stress factors. *Acta Physiologiae Plantarum*, 3, 257- 268.
32. Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L. & Feguson, J. C. (2002). Saparation of sunlight and temperature effect on the composition of *vitis vinifera*. *Food Science*, 53, 30-37.
33. Wrolstad, R. E. (1976). *Color and pigment analysis in fruit products. Station Bull*. 621. Agricultural Experiment Station. Oregon State University. Corvallis, OR, USA.

Archive of SID

www.SID.ir