نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۲۵۹-۲۵۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 2, Summer 2014, P. 252-259
ISSN: 2008 - 4730

اثر زمان برداشت و عمر انبارمانی بر کیفیت میوه پرتقال خونی رقم «مورو» (*Citrus sinensis* cv. Moro)

مهسا همدانی[1*]- حسین مرادی[2] - علی قنبری[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۲/۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۸/۲۶

چکیده

عوامل مختلفی از قبیل زمان برداشت، جابه‌جایی محصول، دما و طول مدت انبارمانی بر خواص مختلف میوه مرکبات تاثیر می‌گذارند و پیامدهای اقتصادی قابل‌توجهی را به دنبال دارد. لذا پژوهشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار، برای ارزیابی اثرات زمان برداشت (شروع رنگ‌گیری، ۵۰ درصد رنگ‌گیری و رنگ‌گیری کامل میوه) و مدت انبارمانی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ روز) در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد بر میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، مقدار فنل کل، فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) و آنتوسیانین کل میوه پرتقال‌های خونی رقم 'مورو' در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های مختلف برداشت و مدت انبارمانی در صفات مورد اندازه‌گیری وجود دارد. به‌گونه‌ای که بعد از ۷۵ روز انبارمانی، میزان فلاونوئید و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز همزمان با تجمع آنتوسیانین کل، در میوه های کاملاً رسیده افزایش یافت اما میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بعد از ۲۵ روز نگهداری کاهش یافت. هم‌چنین بیش‌ترین محتوای ویتامین ث و مواد جامد محلول قبل از نگهداری میوه‌های کاملاً رسیده در انبار بود که در پایان ۷۵ روز انبارمانی این مقدار به‌حداقل رسید. بنابراین با توجه به تغییرات صفات مورد ارزیابی، مناسب‌ترین زمان برداشت در رقم مذکور، زمان رسیدن کامل میوه (بلوغ تجارتی) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، پرتقال خونی، زمان برداشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث

مقدمه

پرتقال‌های خونی، رقمی از گونه پرتقال (*Citrus sinensis*) بوده که حاوی ترکیبات دارویی و غذایی ارزشمندی می‌باشند و در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای کشت می‌شوند (۱). رنگ منحصر به فرد آن، به واسطه رنگدانه اسیدفنولیک متعلق به گروه آنتوسیانین می‌باشد (۱۹). وجود این رنگیزه در پرتقال گوشت قرمز (خونی) باعث افزایش کیفیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن، نسبت به ارقام معمولی گردیده‌است (۲۲). ترکیبات دیگر پرتقال‌های خونی شامل اسیدآسکوربیک، فلاونوئیدها و هیدروکسی‌سینامیک هستند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند (۳ و ۱۸). مهم‌ترین ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی آن‌ها، جلوگیری از آلرژی و بیماری‌های التهابی، سرطان، سکته، تصلب شرایین و نیز فعالیت آنتی‌ویروسی است (۲). این ترکیبات تحت تاثیر عوامل قبل و پس از برداشت قرار دارد. از جمله این عوامل زمان برداشت مناسب و دما است که نقش زیادی در تجمع ترکیبات فلاونوئیدی و آنتی‌اکسیدانی دارند (۲۱). مطالعات نشان می‌دهند که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بسته به دما، زمان برداشت، نوع رقم، عوامل محیطی قبل از برداشت و شرایط نگهداری متفاوت می‌باشند (۲۶). در میوه‌هایی که مدت زیادی بعد از رسیدن به بلوغ تجاری برداشت شده‌اند، پوسیدگی و بدطعمی میوه به سرعت گسترش می‌یابد، هم‌چنین باعث کوتاه‌شدن عمر انبارداری آن‌ها می‌شود. در مقابل میوه‌هایی که زود برداشت شده‌اند، مستعد آسیب سرمازدگی هستند (۱۳). برداشت در مرحله مناسب بلوغ، برای داشتن میوه‌هایی با کیفیت مطلوب‌تر و با انبارمانی بهتر ضروری است. انبارداری نیز روی شاخص‌های کیفی و ارزش غذایی میوه تاثیرگذار است (۴). اگرچه میوه مرکبات جزء میوه‌های نافرازگرا می‌باشد، اما ترکیبات موجود در آن بسته به دما و مدت نگهداری تغییر می‌کنند، یعنی هر چقدر مدت انبارمانی طولانی‌تر باشد این ترکیبات بیشتر تغییر می‌یابند (۱۵). آرنا و

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه زنجان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: m.hamedani21@yahoo.com)
۲ و ۳- استادیار و مربی گروه علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان

همکاران (۳) گزارش کردند که از میزان ویتامین ث موجود در مرکبات، طی نگهداری طولانی مدت در انبار کاسته می‌شود که این کاهش همراه با کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه می‌باشد. 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 (۱۶). بنابراین کیفیت میوه، مدت انبارمانی، ابتلا به ناهنجاری‌ها و بیماری‌های گوناگون در مرکبات تابع عوامل گوناگون از جمله برداشت در زمان مناسب رسیدگی می‌باشد (۱). هدف از این پژوهش بررسی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی عصاره پرتقال خونی مورو، به‌منظور افزایش عمر انبارمانی و تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت در جهت بهبود کیفیت و افزایش بازارپسندی محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های پرتقال خونی رقم مورو در سه مرحله زمانی شروع رنگ‌گیری در اواخر آبان‌ماه (برداشت اول)، ۵۰ درصد رنگ‌گیری در اوایل دی‌ماه (برداشت دوم) و رنگ‌گیری کامل میوه‌ها در اواسط بهمن‌ماه (برداشت سوم)، از باغ تجاری مهدشت، واقع در شهرستان ساری برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر مرحله، پس از ضدعفونی، میوه‌های هر تکرار در ۳ سبد کوچک (هر سبد ۴ میوه) به‌مدت ۷۵ روز در سردخانه‌ای با درجه حرارت ۷ درجه سانتی‌گراد (رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد)، قرار گرفتند. از میوه‌ها در ۴ مرحله، با فاصله زمانی هر ۲۵ روز یک‌بار، ضمن نگهداری در انبار برای اندازه‌گیری صفات کیفی نمونه‌برداری شد.

اندازه‌گیری صفات

میزان موادجامدمحلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث: میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی (مدل Palette PR-32)، اسیدیته قابل تیتراسیون (بر حسب اسیدسیتریک) با استفاده از تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و میزان ویتامین ث با روش تیتراسیون با دی‌کلرو فنل‌ایندو فنل[1] تعیین شد (۲۴).

میزان فنل کل: برای اندازه‌گیری میزان فنل کل از روش فولین-سیوکالچو[2] استفاده‌شد (۷). ۵۰ میکرولیتر عصاره میوه با ۴۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰٪ و 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 طول‌موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل Biochrom WPA Biowave II UV-VIS) قرائت گردید ($y=0.011x+0.273$, R^2:0.981). نتایج به‌صورت میلی‌گرم اسیدگالیک بر گرم عصاره گزارش شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: جهت تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه ها از خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲و۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) استفاده شد (۶). 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 به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

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

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

تعیین میزان فلاونوئید کل: مقدار ترکیبات فلاونوئیدی با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلریدآلومینیوم اندازه‌گیری شد (۲۰). به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰٪ ، ۰/۱ میلی‌لیتر استات‌پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد ($y=0.005x+0.169$, R^2:0.990). میزان فلاونوئید از روی میزان جذب نمونه و استاندارد بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در یک گرم عصاره بیان گردید.

تعیین غلظت آنتوسیانین کل

محتوای کل آنتوسیانین در عصاره‌ها با استفاده از روش اختلاف جذب در pH های مختلف صورت گرفت (۲۷). میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر در دو pH متفاوت (۱ و ۴/۵) اندازه‌گیری و از فرمول زیر برای محاسبه مقدار آنتوسیانین استفاده شد:

$$\text{Absorbance (A)} = (A520_{pH\ 1}-A700_{pH\ 1}) - (A520_{pH\ 4.5}-A700_{pH\ 4.5})$$

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

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

سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز

برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز در این تحقیق از عصاره‌هایی که توسط بافر فسفات استخراج شدند، استفاده شد. سنجش این آنزیم طبق روش ساندرس (۲۵) با کمی تغییرات انجام شد. محتویات سنجش آنزیم شامل ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۴۵۰ میکرولیتر بافر بورات‌سدیم ۱۰ میلی‌مولار، ۲۵۰ میکرولیتر آب مقطر

1-2,6-dichlorophenol-indophenol
2 -Folin–Ciocalteu

به اضافه ۲۵۰ میکرولیتر بافر سوبسترای فنیل‌آلانین ۵۰ میلی‌مولار بود که جذب اولیه و جذب نهایی به‌ترتیب قبل و بعد از بن‌ماری در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم بر اساس FW.min µMOL/g بیان گردید.

طرح آماری و تجزیه داده‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. برای تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن از نرم‌افزار MSTAT-C و هم‌چنین برای ثبت داده‌ها و رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که سطوح مختلف زمان برداشت و مدت انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، مقدار فنل کل، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین و فعالیت آنزیم PAL میوه‌ها در انبار اثر معنی‌داری داشته‌است. هم‌چنین اثر برهم‌کنش زمان برداشت و مدت انبارمانی برای همه صفات به جز نسبت میزان مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون اثر معنی‌داری را نشان داده‌است (جدول ۱).

مواد جامد محلول (TSS)

شکل ۱ اثر بر هم‌کنش زمان برداشت و مدت نگهداری میوه در انبار را بر میزان مواد جامد محلول نشان می‌دهد و بیان‌گر این است که با افزایش مدت نگهداری در زمان‌های مختلف برداشت میوه‌ها، میزان قند در آن‌ها کاهش یافت و بیشترین مقدار درصد کل مواد جامد محلول، قبل از نگهداری در انبار و در زمان بلوغ کامل میوه بود که احتمالاً دلیل آن کاهش آب میوه و افزایش غلظت مواد محلول بوده‌است. ارتباط بین کل مواد جامد محلول و انبارمانی در این پژوهش مطابق با تحقیقات لی و کادر (۱۴) می‌باشد چرا که مواد جامد محلول در آب میوه‌های مرکبات در طی نگهداری در انبار کاهش یافت. هم‌چنین کاهش میزان کل مواد جامد محلول در پرتقال‌های خونی ارقام تاراکو و مورو در طول مدت نگهداری، به‌دلیل مصرف آن در تنفس و تامین انرژی برای فرآیندهای انرژی‌خواه می‌باشد (۱۶).

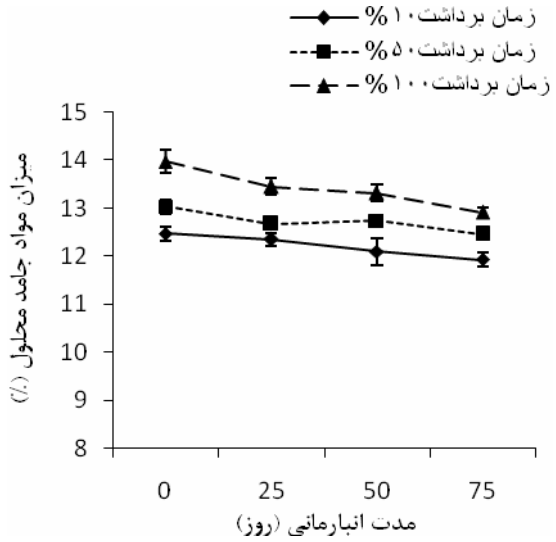
اسید قابل تیتراسیون (TA): بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون در زمان برداشت اول و قبل از نگهداری در انبار مشاهده شد به‌گونه‌ای که در طی دوره نگهداری در انبار و بالغشدن میوه روی درخت، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافت (شکل ۲). برخی از پژوهشگران علت کاهش میزان اسید قابل تیتر را، به خاطر مصرف آن در تنفس و تبدیل اسیدسیتریک به مواد دیگر در طول دوره انبارمانی بیان کردند (۲۱). هم‌چنین این پژوهش، گزارش فالیکو و همکاران (۸) را مبنی بر کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌های مرکبات، ضمن نگهداری در انبار تایید می‌کند.

اسید آسکوربیک: بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، تغییرات ویتامین ث با گذشت زمان نزولی بوده و پس از ۷۵ روز انبارمانی بیشترین کاهش را داشت که این کاهش در زمان برداشت اول بیشتر بود. بنابراین انبارمانی میوه‌ها در مراحل مختلف برداشت، باعث کاهش معنی‌داری در میزان ویتامین ث موجود در آن‌ها شد که این کاهش در شرایط نگهداری طولانی مدت، کاملاً طبیعی به‌نظر می‌رسد، زیرا با افزایش دوره انبارمانی و شروع پدیده پیری میزان ویتامین ث و اسیدها در واکنش تنفس مصرف می‌شوند (شکل ۳). گزارش شده‌است که کاهش میزان ویتامین ث را می‌توان به کاهش میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در طی انبارمانی نسبت داد (۳ و ۱۴).

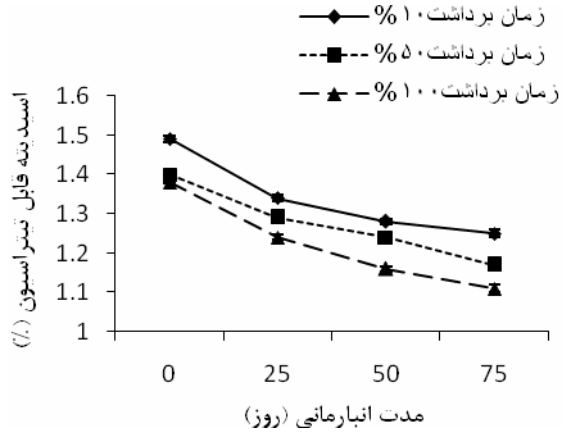
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد مطالعه رقم 'مورو'

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (µMOL/g FW.min)	آنتوسیانین کل (mg/L)	آنتی‌اکسیدان (%)	فلاونوئید (mg/L)	فنل کل (mg/L)	ویتامین ث (mg/100L)	TA (%)	TSS (%)
انبارمانی	۳	۴/۷۷**	۲۱۶/۸۵**	۱۱۱/۴۷**	۴۹۸۱/۹۲**	۲۴۵۷۴۱**	۱۴/۸۹**	۰/۰۰۶*	۳/۷۸**
زمان برداشت	۲	۳/۰۵**	۳/۳۲**	۲۰۷/۰۴**	۱۶۶/۰۲**	۴۲۱۵۲/۶۵**	۹۶/۶۹**	۰/۱۷**	۲/۲۵**
انبارمانی× زمان برداشت	۶	۳/۶۷**	۶۳/۳۸**	۸۵/۷۱**	۱۷۱۲/۶۵**	۷۱۵۳۴/۸۶**	۳/۷۰**	۰/۰۰۲**	۱/۲۱**
خطا	۲۴	۱/۰۵	۵/۰۴	۲۹/۸۴	۲۱/۶۶	۹۶۵۴/۴۵	۱/۹۶	۰/۰۰۱۵	۰/۲۷
ضریب تغییرات (CV)	–	۶/۱۲	۸/۵۷	۹/۹۲	۷/۷۵	۱۱/۴۱	۴/۶۱	۳/۰۷	۳/۸۳

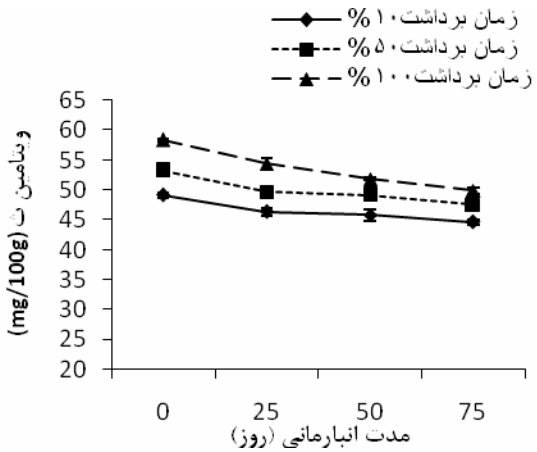
** و * – به ترتیب نشاندهنده‌ی معنی‌دار بودن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان کل مواد جامد محلول



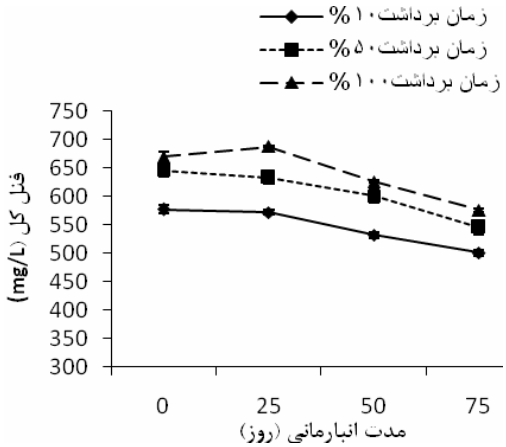
شکل ۲- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر اسیدیته قابل تیتراسیون



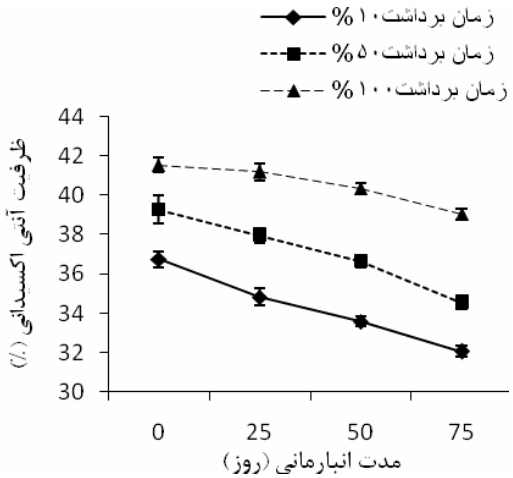
شکل ۳- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان ویتامین ث

فنل کل: بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، بیش‌ترین میزان فنل کل بعد از ۲۵ روز انبارمانی در زمان بلوغ تجاری میوه اندازه‌گیری شد ولی در پایان ۷۵ روز نگهداری در همان زمان مقدار آن کاهش یافت. درحالی‌که کم‌ترین میزان از این ترکیبات در برداشت اول میوه بعد از ۷۵ روز انبارمانی بود (شکل ۴). بر اساس گزارشات لواسکالزو و همکاران (۱۷) کاهش ترکیبات فنلی در طی انبارمانی را می‌توان به فرایند پیری نسبت داد. هم‌چنین دریافتند مقدار فنل در رقم «مورو» به آنتوسیانین بالا و مقدار فلاونوئیدها بستگی دارد. بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان فنل کل در ضمن نگهداری در انبار کاهش یافته‌است.

ظرفیت آنتی اکسیدانی: نتایج آماری نشان داد که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با رسیدن میوه روی درخت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار این ترکیبات در سومین زمان برداشت بود. هم‌چنین در ابتدای دوره نگهداری میوه‌ها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها در زمان برداشت سوم اندکی افزایش یافت، هرچند که اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود ولی در پایان مدت انبارمانی در همان زمان مقدار آن کاهش پیدا کرد (شکل ۵). لواسکالزو و همکاران (۱۷) در پژوهشی عنوان کردند که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان اندازه‌گیری شده در طی قرار گرفتن در سردخانه در ارقام پرتقال کاهش می‌یابد که سهم زیادی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترکیبات فنلی و ویتامین ث بر می‌گردد. ارتباط بین خاصیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار ویتامین ث در مرکبات به اثبات رسیده‌است علی‌رغم وجود مقادیر زیاد مواد فنلی، ۸۷ درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی در پرتقال به واسطه وجود ویتامین ث در این میوه می‌باشد بنابراین بین میزان ویتامین ث در آب پرتقال با فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۱۱).



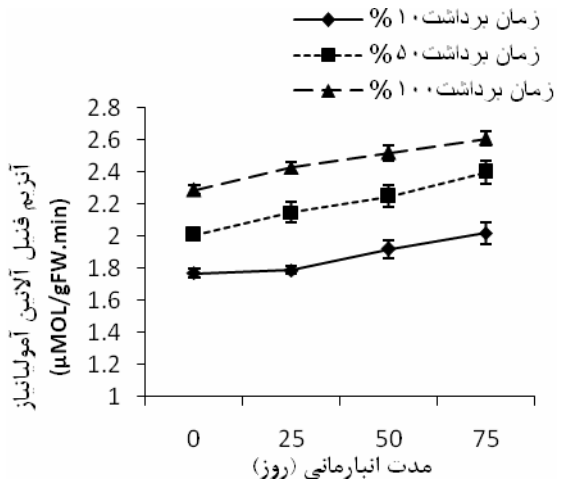
شکل ٤- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان فنل کل



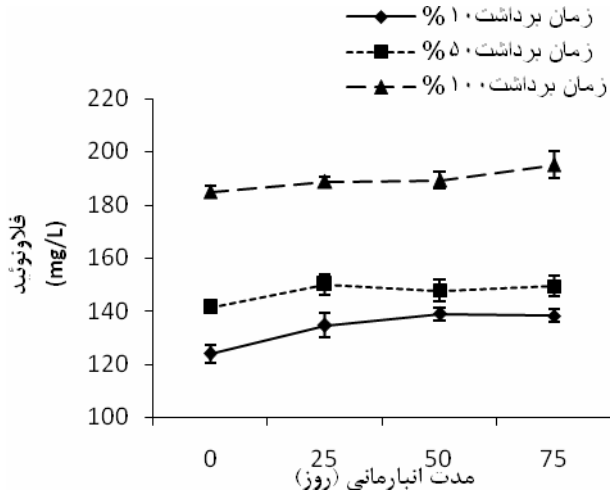
شکل ۵- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر ظرفیت آنتی اکسیدانی

هم‌چنین میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (مثل کارتنوئیدها، فلاونوئیدها، فنولیک‌اسیدها و اسیدآسکوربیک) میوه‌های ارقام مختلف پرتقال در طی بلوغ و رسیدن افزایش می‌یابد، طوری‌که میوه‌های قرمز و رسیده بالاترین سطح آنتی‌اکسیدان را دارا می‌باشد (۱۰) که نتایج آن‌ها، یافته‌های این تحقیق را تایید می‌کند.

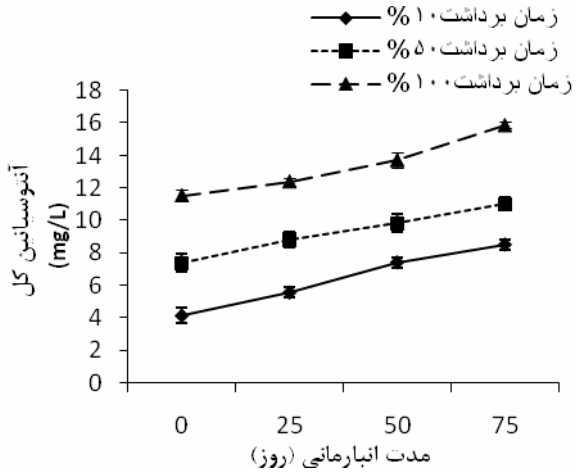
فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز و فلاونوئید کل: اثر برهم‌کنش زمان برداشت و مدت انبارمانی بر میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز معنی‌دار بوده و هر دو فاکتور اثر یکدیگر را تقویت نمودند (شکل۶). با افزایش دوره نگهداری، فعالیت آنزیم PAL در مراحل مختلف براشت افزایش یافت؛ به گونه‌ای که بیشترین میزان آن در زمان برداشت بلوغ تجاری میوه بود. آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، یک آنزیم کلیدی در سوخت و ساز فنیل پروپانوئید بوده و تشکیل ترانس سینامیک اسید را از طریق دی‌آمینه‌کردن فنیل آلانین کاتالیز می‌کند. این آنزیم با تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده تحریک می‌شود که نتیجه آن تجمع فنیل‌پروپانوئیدهایی از جمله اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها است. فعالیت آنزیم PAL ارتباط مثبت با سنتز آنتوسیانین در میوه‌های مختلف نظیر انگور (۱۲)، توت‌فرنگی (۹) و پرتقال‌های خونی (۲۱) دارد که نتایج حاصل از این پژوهش موافق با یافته‌های دیگر گزارش‌ها می‌باشد.



شکل ٦- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان فعالیت آنزیم PAL



شکل ۷- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان فلاونوئید کل



شکل ۸- اثر متقابل مدت انبارمانی و زمان برداشت بر میزان آنتوسیانین کل

هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بیش‌ترین میزان فلاونوئید کل در زمان بلوغ تجاری میوه و در پایان دوره انبارمانی مشاهده شد (شکل ۷). آنزیم PAL که به‌عنوان اولین آنزیم در مسیر فنیل‌پروپانوئید می‌باشد، موجب تبدیل فنیل‌آلانین به ۴-کوماریل کوآنزیم A می‌شود که این ترکیب پیش‌ساز فعال در تولید ترکیبات فلاونوئیدی است (۵). بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که برداشت در زمان بلوغ کامل میوه بعد از ۷۵ روز انبارمانی، باعث تحریک فعالیت این آنزیم و افزایش ترکیبات فلاونوئیدی گردیده است.

غلظت آنتوسیانین کل: بررسی نتایج اثرات برهمکنش زمان برداشت و مدت زمان انبارمانی بر میزان آنتوسیانین کل نشان می‌دهد که مقدار آنتوسیانین به تدریج طی انبارمانی میوه در زمان‌های مختلف برداشت افزایش یافت، به‌طوری‌که در پایان انبارمانی بالاترین میزان آنتوسیانین، در مرحله برداشت بلوغ تجارتی میوه بود (شکل ۸). بر اساس آزمایشات راپیساردا و همکاران (۲۱)، مقدار آنتوسیانین در دمای ۶°C و در طول دوره انبارمانی به تدریج افزایش یافته به‌گونه‌ای که در پایان انبارمانی بالاترین میزان آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی مشاهده شد. هم‌چنین تحقیقات نشان داد که تولید آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی پس از برداشت به فعالیت آنزیم‌هایی چون فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز بستگی دارد (۱۶). محتوای آنتوسیانین در پرتقال‌های خونی نشانه کیفیت بالای آن‌ها می‌باشد بنابراین لازم است که زمان برداشت و مدت انبارمانی مطلوب، تشخیص داده شود تا بیشترین میزان آنتوسیانین و بازارپسندی میوه حفظ شود.

بنابراین نتایج نشان داد که برداشت میوه در زمان مناسب منجر به افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت آن می شود به‌طوری‌که برداشت هنگام بلوغ تجاری میوه در پایان دوره انبارمانی بیشترین نمود را داشته است زیرا نه تنها در طول این مدت صفات کیفی میوه پرتقال خونی رقم «مورو» به دلیل سنتز آنتوسیانین در حد مطلوب حفظ شد، بلکه کم‌ترین خسارت و ضایعات در میوه مشاهده شد. بنابراین مطلوب‌ترین زمان برداشت در حفظ خصوصیات کیفی و بازارپسندی محصول، زمان رسیدن کامل میوه (بلوغ تجاری) می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت محترم شرکت باغداری فجر ساری و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان جهت همکاری در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱- فتوحی قزوینی ر. و فتاحی مقدم ج. ۱۳۸۹. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. ص ۳۰۵.

2- Ames B.N., Shigenaga M. and 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.

3- Arena E., Fallico A. and Maccarone E. 2001. Evalution of antioxidant capacity of blood orange juice as influenced by constituents concentrate. Food Chemistry, 74: 423-427.

4- Ayala-Zavala J.F., Wang S.Y. and Wang C.Y. 2004. Effect of storage temperature on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensm-Wiss. Food Science and Technology, 37: 687-695.

5- Clive L., Sze-Chung. and Nicholson R. 1998. Reduction of light-induced anthocyanin accumulation in inoculated anthocyanin accumulation in inoculated sorghum mesocotyls implication for a compensatory role in the defense response. Plant Physiology, 116:979-989.
6- Du G., Li M., Ma F. and Liang D. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits. Food Chemistry, 113: 557-562.
7- Eberhardt M.V., Lee C.Y. and liu R.H. 2000. Nutrition antioxidant activity of fresh apples. Nature, 405: 903-904.
8- Fallico B., Lanza M.C., Maccarrone E., Nicolosi C. and Rapisarda P. 1996. Role of hydroxycinnamic acids and vinylphenols in the flavour alteration of blood orange juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 2654-2657.
9- Given N.K., Venis M.A. and Grierson D. 1988. Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis in ripening strawberry. Journal of Plant Physiology, 133: 25–30.
10- Huang R., Xia R. and Hu L. 2007. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. Scientia Horticulturae, 113: 166-172.
11- Inga K. and Malecka M. 2006. Effect of storage on the content of polyphenol, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and analysis, 20: 313-322.
12- Kataoka I., Kubo Y., Sugiura A. and 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.
13- Ladaniya M.S. 2003. Citrus: Postharvest cold chain. In: Dris. R., R. Niskanen and S.M. Jain (eds). Crop management and postharvest handling or horticultural products. Volum II, Fruits vegetables. Science publisher, pp. 593.
14- Lee S. and Kader A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of Horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220.
15- Lester G.E. and 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.
16- Lo Piero A.R., Puglisi I., Rapisarda P. and 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.
17- Lo Scalzo R., Innoccari 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.
18- Maccarone E., Carollo G., and Fallico B. 1998. Hydroxycinnamic acid as markers of italian blood orange juices. Food Chemistry, 46: 464-470.
19- Maccarone E., Maccarrone A. and Rapisarda P. 1985. Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit jouice. Journal of Food Science, 50: 901-904.
20- Miliauskas G., Venskutonis P.R. and Van Beek T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry, 85: 231 – 237.
21- Rapisarda P., Lo Bianco M., Pannuzzo P. and 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.
22- Rapisarda P., Tomaino A., Lo Cascio R., Bonina F., De Pasquale A. and Saija A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 4718-4723.
23- Robards K., Li X., Antolovich M. and Boyd S. 2003. Characterisation of citrus by chromatographic analysis of flavonoids. Journal of the Science of Food and Agriculture, 75: 87-101.
24- Saini R.S., Sharma K.D., Dhankhar O.P. and Kaushik R.A. 2001. Laboratory manual of analytical techniquesin in Horticulture. Agrobios, Publisher India, 135P.
25- Saunders J.A. and. 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.
26- Tavarini S., Remorini D. and Massai R. 2007. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids change during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Food Chemistry, 107: 282-288.
27- Wroslstad R.E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Station Bull. 621. Agricultural Experiment Station. Oregon State University. Corvallis, OR, USA.