نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۸ شماره ۴/ سال ۱۳۹۷/ صفحات ۱۲۹ تا ۱۴۱

اثر تیمار دمایی بر ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه‌ی دو رقم پرتقال خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

جواد فتاحی مقدم*[1]، ابوذر هاشم پور[1]، یوسف حمید اوغلی[2] و رضا فتوحی قزوینی[2]

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۸

[1] به‌ترتیب دانشیار و استادیارگروه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

[2] به‌ترتیب دانشیار استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

* مسئول مکاتبه: Email: j.fattahi@areeo.ac.ir

چکیده

حفظ کیفیت میوه با استفاده از تیمارهای فیزیکی به جای شیمیایی هدف برخی پژوهشگران و مطلوب مصرف‌کنندگان است. در این پژوهش، اثر تیمار دمایی بر ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه‌ی دو رقم پرتقال خونی مورو و سانگینلو در مرحله پس از برداشت بررسی شد. میوه‌ها با دمای ۱۲ °C (یک هفته)، ۲۰ °C (سه روز) و ۳۰ °C (دو روز) پیش تیمار شدند و سپس به مدت ۶۰ روز در انبار با سردخانه با دمای ۵ °C و رطوبت ۸۵ درصد قرار داده شدند. بعلاوه یک گروه از میوه‌های پیش تیمار نشده در همان شرایط سردخانه به عنوان شاهد و گروهی دیگر در انبار معمولی قرار داده شدند. سپس ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها طی روزهای صفر، ۳۰ و ۶۰ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان فنل کل گوشت میوه‌های تیمار دمایی شده تا روز ۳۰ انبارداری در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد ولی در پایان انبارداری میزان آن به پایین‌تر از تیمار شاهد رسید. میزان فلاونوئید کل نیز در پاسخ به تیمارهای دمایی نسبت به شاهد افزایش یافت. تیمارهای دمایی روی میزان آسکوربیک‌اسید و کاروتنوئید کل تاثیر معنی‌داری نداشت، ولی میزان آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد افزایش داد. حداکثر میزان آنتوسیانین در ارقام مورو و سانگینلو به ترتیب با مقدار ۳/۲۳ و ۱/۵۷ میلی‌گرم در لیتر در دمای ۳۰ °C مشاهده شد. در مجموع، می‌توان استفاده از تیمار دمایی ۳۰ °C (برای دو روز) را برای حفظ و یا افزایش ترکیبات زیست‌فعال پرتقال‌های خونی طی انبارداری توصیه کرد.

واژگان کلیدی: انبارداری، تیمار دمایی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مرکبات

مقدمه

جهت برآورده نمودن نیاز جامعه و تولید میوه‌های سالم و با ارزش غذایی بالا، نیاز به مطالعه روی امکان استفاده از تیمارهای فیزیکی غیرمضر به جای تیمارهای شیمیایی است تا بدینوسیله ضمن جلوگیری از کاهش کیفیت میوه، عمر انبارداری آنها نیز افزایش یابد (ژانگ و همکاران ۲۰۰۹). تیمار شوک دمایی، تیمار فیزیکی موثری است که اولین بار در سال ۱۹۹۲ با هدف کنترل پوسیدگی در میوه‌ی مرکبات انجام شد. بعدها برای کنترل آفات،

جلوگیری از مراحل رسیدن، القای مقاومت به تنش‌ها نیز استفاده شد (فالیک ۲۰۰۴).

به دلیل کاهش کیفیت میوه طی انبارداری، مصرف کننده‌ها بیشتر ترجیح می‌دهند میوه‌ی تازه را مصرف نمایند. با اینحال، در مورد برخی میوه‌ها چون مرکبات که در یک فصل میوه‌ی با حجم زیاد تولید می‌شود، گریزی از نگهداری بخش مازاد بر مصرف در انبار و عرضه‌ی تدریجی آن به بازار وجود ندارد. به همین دلیل در بیشتر تحقیقات، افزایش عمر پس از برداشت و کاهش ضایعات، در صدر برنامه‌های مطالعاتی قرار گرفته است (رویی و همکاران ۲۰۰۵ و رحمتیان و همکاران ۱۳۹۷). بدین منظور در دهه‌های گذشته اقدامات مختلفی چون تیمارهای دمایی، انبار با اتمسفر کنترل شده و تیمار با کلسیم مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی بدست آمده است (پولنتا و همکاران ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد در میان آنها، تیمار دمایی نقش مؤثری در تأخیر رسیدن میوه و افزایش انبارمانی، همراه با کاهش علایم آسیب انباری داشته است. در ابتدا تیمار گرمایی بیشتر جهت از بین بردن قارچ‌های سطح میوه استفاده می‌شد. ولی در ضمن این عملیات مشاهده شد که مقاومت میوه به دمای پایین افزایش یافت و کیفیت میوه برای مدت طولانی‌تری حفظ شد (ارکان و همکاران ۲۰۰۵).

به طورکلی، مطالعات مختلف نشان دادند که قرار دادن میوه در معرض دمای بالا باعث افزایش پروتئین‌های شوک دمایی، غیرفعال شدن موقتی و یا دایمی برخی آنزیم‌ها، تاخیر در رسیدن، تاخیر در کاهش سفتی و نرم شدن بافت میوه، کاهش اسیدیته، افزایش تنفس میوه، افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، تاخیر در نقطه‌ی اوج فرازگرایی میوه‌ها، بازدارندگی از سنتز کاروتنوئیدها، تغییر در طعم، بازدارندگی موقت از بیوسنتز ترکیبات معطر، و کاهش علایم آسیب سرمایی می‌شود (گالی و آرچبولد ۲۰۰۷).

به دلیل اهمیت میوه‌ی مرکبات با هدف مصرف خوراکی و صنعتی، در پژوهش‌های مختلف با استفاده از تیمارهای آب گرم سعی در حفظ خصوصیات کیفی داخلی و ظاهری میوه در شرایط پس از برداشت داشته‌اند. علاوه بر کیفیت ظاهری و شیمیایی، حفظ ترکیبات مفید میوه با خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز مورد توجه‌ی محققان بوده است. گزارش‌های متعددی وجود دارد که در آن تاکید بر اثر شوک دمایی روی سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی بافت میوه‌ها و سبزی‌ها شده است (هزباوی و همکاران ۲۰۱۵). مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مرکبات شامل فنل‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، آسکوربیک‌اسید و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند. در مرکبات، روند تغییر این ترکیبات در مواجهه با تیمار دمایی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. تعیین فنل‌کل و ظرفیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد از جمله شاخص‌های واقعی برای فهم تغییرات فیتوشیمیایی در میوه‌های تازه است. در پژوهشی روی پوست میوه مرکبات مشخص شد که میزان فنل کل پوست در دماهای پایین‌تر (۵۰ و ۶۰ °C) کاهش و با دماهای بالاتر (۷۰ تا ۱۰۰ °C) افزایش یافت (چن و همکاران ۲۰۱۱). همچنین پرز و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که بیشترین میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های تازه‌ی نارنگی وجود داشت، در حالی که میزان آن طی انبارداری کاهش یافت. میزان کاهش آسکوربیک اسید در میوه‌های نگهداری شده در دمای معمولی نسبت به سردخانه سریع‌تر و حدود ۳۰ درصد بیشتر بود (پرز و همکاران ۲۰۰۵). در میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با هوای گرم ۴۵ °C به مدت ۳ ساعت میزان آسکوربیک اسید بیشتری نسبت به شاهد داشتند (ویسنت و همکاران ۲۰۰۶). لی و لی (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند میزان فنل کل، کاتچین و ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره خرمالو به طور معنی‌داری با افزایش تیمار دمایی و مدت زمان تیمار افزایش نشان دادند. در پژوهشی دیگر، پوست میوه‌ی پرتقال در دامنه‌ی دمایی ۵۰ تا ۱۰۰ °C تیمار شد و مشخص شد که میزان فنل و فلاونوئید کل پوست در دماهای پایین‌تر (۵۰ و ۶۰ °C) کاهش یافت و با دمای بالاتر (۷۰ تا ۱۰۰ °C) افزایش یافت (چن و همکاران ۲۰۱۱).

بر اساس یافته‌های سایر پژوهشگران می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از تیمارهای فیزیکی غیرمضر مانند تیمار دمایی به جای تیمارهای شیمیایی، می‌تواند ضمن افزایش عمر انبارداری میوه‌ها موجب افزایش یا حفظ خصوصیات کیفی فیزیکی شیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها نیز شود. به دلیل اینکه تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

زیادی با تیمارهای دمایی مرتبط است، بنابراین بررسی اثر تیمارهای دمایی روی ترکیبات سلامت‌بخش چون آنتی‌اکسیدان‌های میوه مرکبات اهمیت دارد. در این پژوهش امکان کاربرد تیمارهای دمایی ملایم روی دو رقم خونی مرکبات مورد توجه قرار گرفت و تلاش شد تا اثر تیمارهای دمایی روی کیفیت ظاهری، وضعیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی در طول انبارداری این دو رقم پرتقال خونی (ارقام مورو و سانگینلو) مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش میوه‌ی دو رقم پرتقال خونی شامل ارقام مورو و سانگینلو مورد استفاده قرار گرفت. این ارقام درختان بارور پیوند شده روی پایه نارنج واقع در دو ایستگاه تحقیقاتی کترا (رقم سانگینلو) و خرم‌آباد (رقم مورو) وابسته به پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری کشور (رامسر) بودند. در این آزمایش میوه‌ها در فصل تجاری برداشت (نیمه‌ی آذر) چیده و به آزمایشگاه منتقل شدند. میوه‌ها بر اساس یکنواختی در اندازه، رنگ و فقدان هرگونه آسیب انتخاب شد و به طور تصادفی به ازای هر تیمار به سه گروه تقسیم شدند. هر گروه از ۳۰ عدد میوه یکنواخت تشکیل شده بود که معادل یک تکرار واحد آزمایش بود. برای هر تیمار، سه تکرار (۹۰ عدد میوه برای هر تیمار) در نظر گرفته شد.

اعمال تیمار

جهت اعمال تیمار دمایی از یک اتاقک با قابلیت کنترل دما و رطوبت استفاده شد. رطوبت نسبی روی ۲ ±۹۰ تنظیم شد. میوه‌های هر رقم در سه تکرار (۳ سبد) درون اتاقک قرار داده شد و دمای مورد نظر تنظیم شد. اعمال پیش تیمار دمایی به شرح ذیل انجام شد. ۱- دمای °C ۱۲ به مدت یک هفته، ۲- دمای °C ۲۰ به مدت ۳ روز، ۳- دمای °C ۳۰ به مدت ۲ روز، ۴- فاقد هر گونه پیش تیمار دمایی به عنوان شاهد سردخانه، ۵- فاقد هر گونه پیش تیمار دمایی و نگهداری در انبار معمولی (کاربرد انبار خنک در شمال ایران متداول است). در سه تیمار اول میوه‌ها بعد از تیمار دمایی به سردخانه با دمای °C ۵ منتقل و به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. ارزیابی میوه‌ها در ۳ مرحله بعد از تیماردهی (شروع انبارداری)، ۳۰ و ۶۰ روز پس از انبارداری بسته به نوع صفت مورد ارزیابی قرار گرفت.

صفات مورد ارزیابی

آسکوربیک اسید

غلظت آسکوربیک اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲،۶- دی کروفنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک اسید اندازه‌گیری در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد (بور و همکاران ۲۰۰۶). غلظت آسکوربیک اسید با استفاده از خط استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مختلف آسکوربیک اسید در حضور DCPIP محاسبه شد.

استخراج ترکیبات فنل و فلاونوئیدی

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی با استفاده از حلال متانول و استیک اسید به نسبت ۱۵ : ۸۵ درصد استخراج گردید. برای این منظور، نمونه‌ها به مدت ۱۸ ساعت در داخل حلال قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (مدل Hettich-Mikro 200R ساخت آلمان) شدند. قسمت روشناور (supernatant) نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری‌های فنل کل، فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل در دمای °C ۸۰- نگهداری شد.

اندازه گیری فنل و فلاونوئید کل

تعیین میزان فنل کل با روش فولین سیوکالتو (Folin–Ciocalteu) و بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ND-1000 ساخت آمریکا) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (می‌یر و همکاران ۲۰۰۳). میزان فنل کل از روی منحنی استاندارد بر حسب میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد.

میزان فلاونوئید کل به روش کالریمتری آلومینیوم کلراید و در طول موج ۴۱۵ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (بور و همکاران ۲۰۰۶). سپس میزان فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین (غلظت‌های ۰/۰۱۵، ۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و بر طبق معادله‌ی خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد ($y=0.0898x+0.0126$) تعیین گردید و نتایج بر حسب

میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن‌تر پوست و گوشت میوه بیان شد.

آنتوسیانین کل

میزان آنتوسیانین کل در دو رقم خونی با استفاده از روش تفاوت در pH اندازه‌گیری شد (وولستاد ۱۹۷۶). در این روش میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر نانودراپ در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای کلرید پتاسیم و سدیم استات با pH متفاوت ۱ و ۴/۵ اندازه‌گیری شد. جذب در طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ در مقابل بلانک متشکل از آب مقطر بدست آمد. با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلوکوزاید در لیتر محاسبه شد.

$$\text{Absorbance (A)} = (A_{520\ pH\ 1} - A_{700\ pH1}) - (A_{520\ pH\ 4.5} - A_{700\ pH4.5})$$

$$\text{Total anthocyanin (mg/L)} = (A/26900)\ (10^{3})\ (445.2)\ (5)$$

A_{520} و A_{700} به ترتیب جذب در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر است.

اندازه‌گیری کارتنوئید کل

برای سنجش میزان کاروتنوئید کل از روش تغییر یافته لیتچ تن تلر (۱۹۸۷) استفاده شد. استخراج رنگدانه‌ها از نمونه‌ها با استفاده ازحلال استون سرد بود. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ °C با استفاده از سانتریفیوژ یخچال‌دار سانتریفیوژ شدند.

میزان جذب نمونه‌های استخراج شده در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ND-1000 ساخت آمریکا) قرائت شد. میزان کاروتنوئید کل بر اساس فرمول زیر بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد.

$$C_{x+c}\ (mg/g) = (1000A_{470} - 1.8\ Chl_a - 85.02\ Chl_b)/198$$

A_{470} جذب کلروفیل در طول موج ۴۷۰ نانومتر است.

Chl_a: کلروفیل a

Chl_b: کلروفیل b

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش مهار رادیکال‌های DPPH

از روش برند- ویلیامز و همکاران (۱۹۹۵) با کمی تغییر استفاده شد. قدرت مهار رادیکال DPPH توسط عصاره نمونه با استفاده از اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. به اختصار، ابتدا نسبت‌های متفاوتی از نمونه : DPPH شامل ۴۴:۶، ۳۸:۱۲، ۳۲:۱۸ و ۲۵:۲۵ آماده و ورتکس شد. واکنش عصاره و DPPH بعد از ۳۰ دقیقه در دمای اتاق اندازه‌گیری شد و سپس فعالیت مهار رادیکال DPPH با استفاده از فرمول ۱۰۰× (AS/AC – ۱)= درصد بازداری محاسبه شد. در این معادله A_C جذب رادیکال DPPH بدون عصاره بعنوان کنترل، A_S جذب DPPH است. با داشتن درصد بازدارندگی مربوط به چهار غلظت مختلف و رسم خط رگرسیون، مقدار IC_{50} برای هر نمونه محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از اثر تیمار دمایی روی صفات فوق به صورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور اول مدت انبارداری و فاکتور دوم سطوح دمایی) در قالب طرح کاملا تصادفی برای هر رقم به طور جداگانه مورد تجزیه قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال متناظر انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمار دمایی بر ترکیبات زیست فعال

میزان آسکوربیک اسید گوشت و پوست میوه

میزان آسکوربیک اسید (گوشت و پوست) میوه‌های تیمار شده و شاهد بلافاصله پس از تیمار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۱). میزان آسکوربیک اسید در روزهای ۳۰ و ۶۰ انبارداری در میوه‌های تیمار شده کمتر از شاهد بود. وقتی میوه‌های تحت تیمار دمایی با هم مقایسه شدند، مشخص شد که میزان کاهش آسکوربیک اسید (گوشت و پوست) در تیمارهای دمایی بالاتر، کمتر بود. ولی با این حال میزان آسکوربیک اسید در تیمارهای دمایی کمتر از تیمار شاهد بود. میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های نگهداری شده در انبار معمولی روند کاهشی داشت، به طوریکه در گوشت و پوست رقم سانگینلو به ترتیب با مقادیر ۱۳/۶۸ و ۱۶/۰۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر در پایان انبارداری به کمترین مقدار رسید (جدول ۱).

جدول ۱- اثر تیمار دمایی روی میزان آسکوربیک اسید ($mg.100g^{-1}$ FW) گوشت و پوست میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت تیمار دمایی (روز)	گوشت				پوست			
		'مورو'		'سانگینلو'		'مورو'		'سانگینلو'	
۰	۱۲ (۷)	۲۹/۲۸	def*	۳۷/۶۸	b	۶۴/۰۸	ab	۶۷/۰۸	a
	۲۰ (۳)	۳۶/۴۸	cde	۲۹/۲۸	bcd	۶۷/۰۸	a	۶۷/۶۸	a
	۳۰ (۲)	۳۹/۴۸	bcd	۳۵/۸۸	bc	۶۷/۰۸	a	۶۳/۴۸	a
	شاهد	۲۸/۶۸	def	۲۴/۴۸	cde	۵۱/۴۸	abc	۵۳/۲۸	abc
	انبار معمولی	۴۶/۶۸	abc	۳۱/۰۸	bcd	۶۵/۲۸	ab	۶۱/۶۸	ab
۳۰	۱۲ (۷)	۱۴/۲۸	h	۱۷/۲۸	efg	۴۵/۴۸	cd	۴۳/۶۸	bc
	۲۰ (۳)	۲۷/۴۸	def	۲۲/۰۸	def	۴۳/۶۸	d	۴۹/۰۸	abc
	۳۰ (۲)	۳۱/۰۸	def	۲۰/۸۸	def	۵۵/۶۸	abc	۵۲/۰۸	abc
	شاهد	۵۲/۰۸	ab	۳۱/۶۸	bcd	۶۲/۲۸	abc	۶۴/۰۸	a
	انبار معمولی	۲۴/۴۸	efg	۲۳/۲۸	def	۳۸/۲۸	def	۳۹/۴۸	cd
۶۰	۱۲ (۷)	۱۴/۸۸	gh	۷/۰۸	g	۳۱/۰۸	ef	۲۶/۲۸	ef
	۲۰ (۳)	۱۲/۴۸	h	۱۲/۴۸	fg	۲۹/۲۸	fg	۲۶/۲۸	ef
	۳۰ (۲)	۲۹/۲۸	def	۱۷/۲۸	efg	۳۷/۶۸	def	۳۶/۴۸	de
	شاهد	۵۵/۳۲	a	۵۵/۳۲	a	۴۸/۱۲	bc	۵۷/۱۲	ab
	انبار معمولی	۲۱/۴۸	fgh	۱۳/۶۸	efg	۲۴/۴۸	g	۱۶/۰۸	f

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

آسکوربیک اسید ترکیب آنتی‌اکسیدانی اصلی موجود در میوه‌های مرکبات است. آنچه در این آزمایش مشاهده شد مشابه نتایج سایر پژوهشگرانی بود که کاهش در آسکوربیک‌اسید را در اثر تیمار دمایی گزارش نمودند. در این رابطه، تغییرات آسکوربیک اسید میوه نارنگی در تیمار با دمای ۳۸ °C و رطوبت ۹۷ درصد بررسی شد و کاهش پیوسته‌ای در طول انبارداری مشاهده شد (پرز و همکاران ۲۰۰۵). در پژوهش حاضر میزان آسکوربیک اسید میوه‌های تیمار شده و شاهد در ابتدای انبارداری بالاتر بوده، ولی طی انبارداری در غالب تیمارها میزان آن کاهش یافت. این کاهش در میوه‌های نگهداری شده در انبار معمولی بیشتر بود. پرز و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که بیشترین میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های تازه‌ی نارنگی مشاهده شد، ولی طی انبارداری کاهش یافت. این میزان کاهش در میوه‌های نگهداری شده در دمای معمولی، ۳۰ درصد بیشتر بود. در تیمار میوه‌های گوجه‌فرنگی با هوای گرم (۳۴ و ۳۸ °C به مدت ۲۴ ساعت) نیز میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های گرما ندیده ابتدا افزایش ولی سپس کاهش یافت (سوتو-زامورا و همکاران ۲۰۰۵).

میزان فنل کل گوشت و پوست میوه

نتایج نشان داد که میزان فنل‌کل در میوه‌های با پیش‌تیمار دمایی نگهداری شده در دمای ۵ °C و انبار معمولی بسته به نوع تیمار به طور معنی‌داری در هر دو رقم و هر دو بافت، اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). میزان فنل‌کل بافت گوشت هر دو رقم مورو و سانگینلو نگهداری شده در انبار معمولی در هر سه مرحله‌ی نمونه‌گیری بالاتر بود و بیشترین تجمع فنلی در روز ۳۰ انبار معمولی مشاهده شد. گوشت میوه‌های تیمارشده با دمای ۲۰ (سه روز) و ۳۰ °C (دو روز) تا روز ۳۰ انبارداری فنل کل بیشتری نسبت به شاهد و تیمار دمایی ۱۲ °C (یک هفته) نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲- اثر تیمار دمایی بر میزان فنل کل ($mg.g^{-1}$ FW) گوشت و پوست میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت تیمار دمایی (روز)	گوشت				پوست			
		'مورو'		'سانگینلو'		'مورو'		'سانگینلو'	
۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۸۲	h*	۰/۸۶	h	۵/۹۹	b	۰/۰۳	n
	۲۰ (۳روز)	۱/۳۱	b	۱/۲۷	d	۳/۸۹	g	۴/۵۶	d
	۳۰ (دو روز)	۱/۲۷	c	۱/۴۴	c	۴/۲۱	f	۵/۵۹	b
	شاهد	۱/۱۳	d	۱/۰۹	f	۶/۶۱	a	۶/۳۴	a
	انبار معمولی	۱/۴	a	۱/۵۳	b	۳/۷۲	h	۴/۶۱	c
۳۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۶۴	j	۱	g	۳/۸۹	g	۳/۴۵	h
	۲۰ (۳روز)	۰/۹۱	g	۱/۲۷	d	۴/۶۵	d	۲/۴۲	l
	۳۰ (دو روز)	۱/۰۹	e	۱/۱۳	e	۳/۱۴	k	۲/۴۷	k
	شاهد	۰/۷۳	i	۰/۸۲	i	۴/۲۹	e	۴/۲۵	e
	انبار معمولی	۱/۴	a	۲/۲۱	a	۰/۷۳	n	۱/۰۹	m
۶۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۴۲	l	۰/۲۹	m	۲/۴۲	m	۲/۷۴	j
	۲۰ (۳روز)	۰/۴۶	k	۰/۴۲	l	۳/۵۴	j	۳	i
	۳۰ (دو روز)	۰/۹۵	f	۰/۶۹	k	۲/۶۵	l	۳/۴۵	h
	شاهد	۰/۹۵	f	۰/۷۳	j	۴/۷۸	c	۴/۲۱	f
	انبار معمولی	۱/۱۳	d	۱/۴۴	c	۳/۶۳	i	۳/۵۸	g

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

در پوست برخلاف گوشت، میزان فنل میوه‌های نگهداری شده در انبار معمولی (بویژه در ۳۰ روز اول) نسبت به سایر تیمارها پایین‌تر بود. به نظر می‌رسد تیمار دمایی بخصوص با دمای بالاتر سبب کاهش فنل پوست شد، چراکه بیشترین میزان فنل کل پوست هر دو رقم در میوه‌های شاهد طی انبارداری مشاهده شد. تنها استثنا در این زمینه مربوط رقم مورو در زمان ۳۰ روز انبارداری است که میزان فنل کل پوست آن در تیمار °C ۲۰ (۳ روز) بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین میزان فنل کل در پوست ارقام مورو و سانگینلو به ترتیب با مقادیر ۶/۶۱ و ۶/۳۴ میلی‌گرم در گرم گالیک اسید در شاهد و در شروع انبارداری دیده شد (جدول ۲).

بر اساس نتایج حاضر، گوشت میوه‌های تیمارشده با دماهای (۲۰ و °C ۳۰) تا روز ۳۰ انبارداری فنل کل بیشتری نسبت به شاهد و تیمار دمایی °C ۱۲ نشان دادند. این نتایج با یافته‌های لی و لی (۲۰۱۲) که گزارش کردند میزان فنل کل عصاره خرمالو به طور معنی‌داری با افزایش تیمار دمایی و مدت زمان تیمار افزایش نشان داد مطابقت دارد. افزایش تدریجی فنل کل محلول در طول انبارداری را مربوط به تبدیل نشاسته به قندهای ساده دانسته‌اند (کیم و همکاران ۲۰۰۹). برخلاف گوشت، تیمار دمایی بخصوص با دمای بالاتر سبب کاهش فنل پوست در آزمایش حاضر شد. کاهش فنل پوست با تیمارهای دمایی ممکن است به دلیل کاهش فعالیت آمیلاز با جلوگیری از هیدرولیز نشاسته باشد، چرا که فعالیت این آنزیم در میوه‌های تیمار نشده‌ی انبه نیز چهار برابر تیمارشده‌ها بود. در مغایرت با پژوهش حاضر، چن و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که میزان فنل کل پوست در دماهای پایین‌تر (۵۰ و °C ۶۰) کاهش و با دماهای بالاتر (۷۰ تا °C ۱۰۰) افزایش یافت. این مغایرت با آزمایش حاضر احتمالا ناشی از اختلاف در سطوح دمایی بکار رفته در تیمارهای اعمالی باشد. با این‌حال، در برخی منابع اشاره به عدم تاثیر تیمارهای دمایی روی میزان فنل‌کل شده است (خالی و سلسلت-آتویو ۲۰۰۷).

میزان فلاونوئید کل

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در هر دو بافت گوشت و پوست، میزان فلاونوئید کل در میوه‌های شاهد

کمتر از سایر تیمارها بود (جدول ۳). با مقایسه‌ی میوه‌های تیمار شده مشخص شد که در انبار معمولی، میزان فلاونوئیدها پس از ۳۰ روز انبارداری در میوه ارقام مورو و سانگینلو به ترتیب با مقادیر ۰/۸۴ و ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه در گرم در سطح بالایی حفظ شد، ولی در پایان انبارداری کاهش یافت. میزان فلاونوئید پوست هر دو رقم که با ۱۲ °C پیش تیمار شدند، بلافاصله پس از تیمار کاهش یافت، ولی پس از یک جهش افزایشی در نیمه‌ی انبارداری، مجددا در پایان انبارداری به میزان جزئی کاهش یافت. به طورکلی، در نمونه‌های گوشت و پوست میزان فلاونوئید کل در پاسخ به تیمار دمایی ۲۰ و ۳۰ °C نسبت به شاهد افزایش یافت.

در این آزمایش مشخص شد که زمان طولانی تیمار دمایی هر چند با دمای پایین‌تر می‌تواند تاثیر منفی روی فلاونوئید کل داشته باشد. در این رابطه ژو و همکاران (۲۰۰۷) نیز دریافتند که ممکن است فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در دمای خیلی بالا و برای مدت طولانی تخریب شوند. در برخی گزارش‌ها نیز نقش منفی دمای پایین را در میزان فلاونوئید کل ذکر نموده‌اند. در پژوهشی چن و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که میزان فلاونوئید کل پوست میوه‌ی پرتقال تحت تیمارهای دمایی پایین‌تر (۵۰ و ۶۰ °C) کاهش یافت و با دمای بالاتر (۷۰ تا ۱۰۰ °C) افزایش یافت. نتایج پژوهش حاضر با گزارش‌هایی در مورد گیاهانی به جز مرکبات که اشاره به عدم تاثیر معنی‌دار تیمارهای دمایی روی فلاونوئید کل داشتند، مغایرت داشت. در این خصوص می‌توان به عدم تاثیر معنی‌دار دما روی فنل و فلاونوئید کل ریحان و زنجبیل (تمیتوپ و همکاران ۲۰۱۰) نیز اشاره نمود.

جدول ۳- اثر تیمار دمایی بر میزان فلاونوئید کل ($mg.g^{-1}$ FW) گوشت و پوست میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت تیمار دمایی (روز)	گوشت				پوست			
		'مورو'		'سانگینلو'		'مورو'		'سانگینلو'	
۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۳۳	k*	۰/۵۲	e	۰/۱۷	l	۰/۱	l
	۲۰ (۳روز)	۰/۳۹	h	۰/۳۴	j	۰/۹	a	۰/۵۵	g
	۳۰ (دو روز)	۰/۵۳	e	۰/۳۵	j	۰/۵۵	g	۰/۲۷	j
	شاهد	۰/۳۴	j	۰/۲۸	l	۰/۳۵	j	۰/۲۱	k
	انبار معمولی	۰/۷۶	b	۰/۸	b	۰/۱۳	m	۰/۳	i
۳۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۵۸	d	۰/۵	f	۰/۶۱	f	۰/۷۳	c
	۲۰ (۳روز)	۰/۴۸	f	۰/۵۴	d	۰/۸۸	b	۰/۶۱	e
	۳۰ (دو روز)	۰/۵۳	e	۰/۷۳	c	۰/۷۱	e	۰/۸۳	a
	شاهد	۰/۱۸	m	۰/۲۸	l	۰/۳۷	i	۰/۳۶	h
	انبار معمولی	۰/۸۴	a	۰/۸۹	a	۰/۵۳	h	۰/۷۴	b
۶۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۳۸	i	۰/۳۶	i	۰/۱۹	k	۰/۵۵	g
	۲۰ (۳روز)	۰/۳۲	k	۰/۳۳	k	۰/۸۴	c	۰/۶۷	d
	۳۰ (دو روز)	۰/۴۴	g	۰/۴۴	g	۰/۷۳	d	۰/۵۷	f
	شاهد	۰/۲۵	l	۰/۱۷	m	۰/۰۴	n	۰/۳	i
	انبار معمولی	۰/۵۹	c	۰/۴۱	h	۰/۳۵	j	۰/۵۵	g

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

میزان کاروتنوئید کل

میزان کاروتنوئید کل هر دو بافت رقم سانگینلو طی انبارداری تحت تاثیر تیمارهای اعمالی قرار نگرفت (جدول ۴). با این‌حال پوست میوه‌های شاهد رقم سانگینلو از کاروتنوئید کل بالاتری برخوردار بود که در پایان انبارداری با میزان ۰/۹۳ میلی‌گرم در گرم تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها طی انبارداری داشت. در گوشت نیز با اینکه تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود،

ولی میوه‌های تیمار شده با دمای ۳۰ °C (۲ روز) از میزان کاروتنوئید بالاتری برخوردار بودند. در رقم مورو نیز نتایج مشابه‌ای وجود داشت، بدین صورت که کاروتنوئید گوشت در تیمار دمایی ۳۰ °C و پوست در میوه‌های شاهد حداکثر بود.

تجمع کاروتنوئیدها در پوست علاوه بر ارزش غذایی آن، در رنگ‌گیری و بازار پسندی میوه‌ها نیز موثر است. گزارش شده است که در نارنگی کلمانتین دمای بالای روز (۳۰ °C) تولید میوه‌های با کاروتنوئید پایین و کلروفیل بیشتر در پوست می‌کند (باری و وان‌وایک ۲۰۰۶). هم‌چنین تیمار دمایی ۵۰ °C (۱۰ دقیقه) میزان کاروتنوئیدها را در برگه‌های تازه هلو کاهش داد (کوکوناراس و همکاران ۲۰۰۸). در آزمایش حاضر نیز مشاهده شد که کاروتنوئید کل پوست با تیمار دمایی کاهش یافت. نتیجه کلی، اینکه در بافت گوشت که بخش مصرفی توسط انسان است، تیمار دمایی میزان این ترکیب آنتی‌اکسیدان را در مقایسه با تیمار نشده‌ها کاهش نداد. این امر می‌تواند به دلیل تیمار با دمای ملایم و نه با درجات بالا باشد (سوتو- زامورا و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۴- اثر تیمار دمایی روی میزان کاروتنوئید کل گوشت و پوست ($mg.g^{-1}$ FW) میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت (روز) تیمار دمایی	گوشت				پوست			
		'مورو'		'سانگینلو'		'مورو'		'سانگینلو'	
۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۰۷	bc*	۰/۱۸	a	۱/۴	a	۰/۱۸	b
	۲۰ (۳روز)	۰/۱۲	bc	۰/۲۱	a	۰/۲۲	b	۰/۰۴	b
	۳۰ (دو روز)	۰/۲۳	ab	۰/۳۶	a	۰/۰۴	b	۰/۰۳	b
	شاهد	۰/۰۷	bc	۰/۰۱	a	۰/۴۳	ab	۰/۳۶	ab
	انبار معمولی	۰/۰۷	bc	۰/۰۶	a	۰/۱۱	b	۰/۰۵	b
۳۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۰۵	bc	۰/۱۴	a	۰/۰۵	b	۰/۰۶	b
	۲۰ (۳روز)	۰/۱۱	bc	۰/۰۷	a	۰/۰۶	b	۰/۱۱	b
	۳۰ (دو روز)	۰/۲۳	ab	۰/۲۸	a	۰/۱	b	۰/۰۸	b
	شاهد	۰/۰۲	c	۰/۰۹	a	۰/۳۳	ab	۰/۱۴	b
	انبار معمولی	۰/۱۸	abc	۰/۰۷	a	۰/۰۳	b	۰/۰۶	b
۶۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۰۵	bc	۰/۱۳	a	۰/۰۴	b	۰/۰۳	b
	۲۰ (۳روز)	۰/۰۷	bc	۰/۱۲	a	۰/۰۴	b	۰/۱۶	b
	۳۰ (دو روز)	۰/۳۴	a	۰/۲۸	a	۰/۰۹	b	۰/۱۱	b
	شاهد	۰/۱۱	bc	۰/۱۱	a	۰/۱۴	b	۰/۹۳	a
	انبار معمولی	۰/۱۷	abc	۰/۰۷	a	۰/۰۸	b	۰/۱۶	b

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

میزان آنتوسیانین کل گوشت میوه

اهمیت آنتوسیانین‌ها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی آنها است که نقش مهمی در جلوگیری از انواع بیماری‌های قلبی، عروقی و سرطان ایفا می‌کند. نتایج نشان داد که میزان آنتوسیانین در رقم مورو بیشتر از رقم سانگینلو بود (جدول ۵). علاوه بر این، میزان آنتوسیانین در تیمار با دماهای ۲۰°C و ۳۰ طی انبارداری افزایش یافت. هم‌چنین در طول انبارداری معمولی میزان آنتوسیانین روند افزایشی داشت و به خصوص در رقم مورو در پایان انبارداری به چندین برابر افزایش یافت. در ارقام مورو و سانگینلو حداکثر میزان آنتوسیانین در تیمار دمایی ۳۰ °C به مدت دو روز به ترتیب با مقدار ۳/۲۳ و ۱/۵۷ میلی‌گرم در لیتر وجود داشت. در انبار معمولی نیز میوه‌های ارقام مورو و سانگینلو با مقادیر به ترتیب ۱/۷۴ و ۰/۶۶

میلی‌گرم در لیتر در پایان انبارداری دارای بالاترین میزان آنتوسیانین بودند.

نتایج این پژوهش مطابق با یافته‌های یمانی و همکاران (۲۰۰۶) است که گزارش کردند میزان آنتوسیانین پوست میوه‌های انگور تحت تاثیر تیمار دمایی به مدت دو هفته قرار گرفت و دمای ۲۰ °C تاثیر بیشتری در مقایسه با °C ۳۰ داشت. هوندا و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی تاثیر چهار تیمار دمایی (۴، ۱۵، ۲۵ و °C ۳۰ به مدت ۱۲ ساعت) بر تغییرات بیوسنتز آنتوسیانین در چهار رقم سیب در زمان برداشت مشاهده کردند که در سه رقم از چهار رقم مورد مطالعه بیوسنتز آنتوسیانین با افزایش دما روند کاهشی نشان داد، در حالی‌که رقم آکانه (Akane) با افزایش دما تا ۲۵°C روند افزایشی در بیوسنتز آنتوسیانین را نشان داد. بر این اساس آزمایش حاضر و گزارش ایوانامی و همکاران (۲۰۱۴) به نظر می‌رسد پاسخ بیوسنتز آنتوسیانین به تیمارهای دمایی بسته به نوع گیاه (گونه و یا رقم) متفاوت باشد. در مغایرت با نتایج آزمایش حاضر، موری و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که میزان آنتوسیانین تحت دمای بالا کاهش یافت، چراکه در این شرایط ضمن تجزیه‌ی آنتوسیانین، از بیان ژن‌های سنتزکننده آنتوسیانین نیز جلوگیری شد.

جدول ۵- اثر تیمار دمایی روی میزان آنتوسیانین‌کل گوشت ($mg.L^{-1}$ FW) میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلوطی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت تیمار دمایی (روز)	رقم			
		مورو		سانگینلو	
۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۱۷	k	۰/۱۷	j
	۲۰ (۳روز)	۰/۷۴	i	۰/۹۱	c
	۳۰ (دو روز)	۱/۳۲	e	۰/۷۵	d
	شاهد	۱/۲۴	f	۰/۵	g
	انبار معمولی	۰/۷۴	i	۰/۵۸	f
۳۰	۱۲ (یک هفته)	۰/۱۷	k	۰/۵۸	f
	۲۰ (۳روز)	۱/۰۸	h	۰/۳۳	i
	۳۰ (دو روز)	۱/۹	c	۰/۵	g
	شاهد	۰/۱۷	k	۰/۵	g
	انبار معمولی	۰/۴۱	j	۰/۰۸	k
۶۰	۱۲ (یک هفته)	۱/۱۶	g	۰/۴۱	h
	۲۰ (۳روز)	۲/۱۵	b	۱/۲۴	b
	۳۰ (دو روز)	۳/۲۳	a	۱/۵۷	a
	شاهد	۰/۱۷	k	۰/۶۶	e
	انبار معمولی	۱/۷۴	d	۰/۶۶	e

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

اثر تیمار دمایی بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه به روش مهارادیکال‌های DPPH

در بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (مقدار نمونه‌ی بافت میوه که قادر به مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های DPPH است) مشخص شد که بعد از تیماردهی کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار شاهد در بافت هر دو رقم بود (جدول ۶). نمونه‌های گوشت هر دو رقم تیمار شده با دمای ۲۰ °C به مدت ۳ روز طی انبارداری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد و شرایط انبار معمولی داشتند، هرچند میزان فعالیت آن در پایان انبارداری هر دو رقم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند

(جدول ۶). قابل توجه اینکه میزان IC_{50} در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در ارزیابی بعد از تیمار، بطور چشمگیری کاهش یافت. بدین معنی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی هر دو بافت افزایش یافت.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه‌هایی که در انبار معمولی قرار داده شده بودند نسبت به تیمارهای دمایی بالاتر بود. بعد از آن پیش‌تیمار دمای ۲۰ °C (۳ روز) قرار داشت. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت به میزان ۹/۷ و ۹/۲۴ میلی‌گرم و پوست با مقادیر ۹/۴۶ و ۸/۵۴ به ترتیب در ارقام مورو و سانگینلو در پایان انبار معمولی بود (جدول ۶).

جدول ۶- اثر تیمارهای دمایی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی یا IC_{50} (mg) میوه پرتقال‌های خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری

مدت انبارداری (روز)	درجه (°C) و مدت تیمار دمایی (روز)	گوشت				پوست			
		'مورو'		'سانگینلو'		'مورو'		'سانگینلو'	
۰	۱۲ (یک هفته)	۱۱/۳۶	def*	۱۲/۳۲	bcd	۱۳/۲۸	Abcde	۱۴/۱	abc
	۲۰ (۳روز)	۱۱/۰۹	def	۱۰/۹۷	cd	۱۲/۴۸	Bc	۱۲/۲۳	bcd
	۳۰ (دو روز)	۱۳/۵	abc	۱۲/۴۵	bcd	۱۳/۰۹	Abcde	۱۲/۲۶	bcd
	شاهد	۱۶/۴۷	a	۱۶/۶۴	a	۱۶/۲۶	A	۱۷/۵۳	a
	انبار معمولی	۱۲/۴۳	cde	۱۱/۳۹	cd	۱۲/۹۸	Abc	۱۱/۹۹	bcd
۳۰	۱۲ (یک هفته)	۱۵/۰۳	abc	۱۶/۰۷	a	۱۵/۲۴	Ab	۱۶/۰۴	a
	۲۰ (۳روز)	۱۲/۷۱	cde	۱۳/۳۳	abc	۱۴/۱۳	Abc	۱۳/۹۹	abc
	۳۰ (دو روز)	۱۴/۱۷	abc	۱۵/۴	ab	۱۴/۹۷	Abc	۱۴/۵۳	abc
	شاهد	۱۶/۲۶	ab	۱۵/۰۷	ab	۱۶/۰۱	Ab	۱۴/۹۶	ab
	انبار معمولی	۱۲/۳۹	cde	۱۲/۱۳	bcd	۱۱/۳۳	Def	۱۱/۱۴	cde
۶۰	۱۲ (یک هفته)	۱۱/۵۴	def	۱۱/۲۷	cd	۱۰/۹۵	Def	۱۰/۴۹	efg
	۲۰ (۳روز)	۱۰/۱۸	ef	۱۰	cd	۹/۹۴	Ef	۹/۳۶	fg
	۳۰ (دو روز)	۱۰/۶۸	ef	۱۱/۲	cd	۱۱/۵	Cdef	۱۱/۰۳	cde
	شاهد	۱۳/۰۴	bcd	۱۱/۰۵	cd	۱۱/۰۲	Def	۱۰/۵۹	de
	انبار معمولی	۹/۷	f	۹/۲۴	d	۹/۴۶	F	۸/۵۴	g

*در هر ستون (هر رقم) میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

به طورکلی، به نظر می‌رسد تیمار با دمای بالا و یا با دمای پایین ولی در مدت زمان طولانی موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده است. بهترین نتیجه در تیمارهای انبار معمولی و تیمار دمایی ۲۰ °C به مدت سه روز حاصل شد. تیمار دمایی مناسب و منطقی می‌تواند جهت افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست مرکبات استفاده شود (ژو و همکاران ۲۰۰۷). به دلیل اینکه پوست مرکبات در معرض انواع تنش های محیطی و سرمازدگی سردخانه قرار دارد و مستعد تجمع گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر است، لذا هر گونه افزایش در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند سبب خنثی‌سازی این رادیکال‌ها و جلوگیری از آسیب به پوست میوه شود. نتایج این پژوهش با یافته‌ی چن و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت. آنها با تیمار میوه‌های پرتقال با دامنه‌ی دمایی ۵۰-۱۰۰ °C، دریافتند که میزان IC_{50} پوست در دمای پایین‌تر افزایش یافت ولی در دمای بالاتر کاهش یافت (چن و همکاران ۲۰۱۱). در مقابل برخی گزارش‌ها تاثیر دما روی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بیان نمودند. در این رابطه ژِو و همکاران (۲۰۰۷) نیز دریافتند که تیمار دمایی سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه‌ی گریپ‌فروت می‌شود. با اینکه در درختان میوه چون مرکبات ساز وکار افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مواجهه با تیمار دمایی به خوبی روشن نیست ولی در برخی گیاهان علفی یکی از عوامل این پدیده را به دلیل

آزادسازی ترکیبات فنلی در اثر آبگرم بیان نموده‌اند (اوبوه و همکاران ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای دمایی بر میزان آسکوربیک‌اسید و کاروتنوئید کل تاثیر معنی‌داری نداشت، ولی این تیمارها میزان آنتوسیانین کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد افزایش داد. با بررسی این صفات مشخص شد که شرایط دمایی ملایم باعث تنش جزئی در میوه‌ها شد که نوعی پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی را نیز به همراه داشت. در این رابطه سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی چون فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل افزایش یافت و یا اینکه در سطح بالایی طی انبارداری حفظ شد. در مجموع، می‌توان استفاده از تیمار دمایی ۳۰ °C به مدت دو روز برای حفظ و یا افزایش فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل پرتقال‌های خونی توصیه کرد.

منابع مورد استفاده

رحمتیان ف ز، کسایی م ر و معتمدزادگان ع، ۱۳۹۷. اثر تیمارهای اتانل، نانو نقره، واکس یا متیل سلولز- واکس روی ویژگی‌های کیفی پرتقال تامسون ناول، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸، ۱۳-۱.

Barry GH and van Wyk AA, 2006. Low-temperature cold shock may induce rind colour development of ‘Nules Clementine’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit Postharvest. Biology and Technology 40: 82–88.

Bor JY, Chen HY and Yen GC, 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 1680-1686.

Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C, 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens Wissen and Technology 28: 25-30.

Chen ML, Yang DJ and Liu SC, 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. International Journal of Food Science and Technolology 46: 1179-1185.

Erkan M, Pekmezci M and Wang CY, 2005. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of ‘Valencia’ oranges. International Journal of Food Science and Technolology 40:91-96.

Fallik E, 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biology and Technology 32: 125–134.

Galli F and Archbold DD, 2007. Ripening and postharvest management of pawpaw fruit. Thesis for degree of Doctor of Philosophy in the College of Agriculture at the University of Kentucky.

Hazbavi I, Khoshtaghaza MH, Mostaan A and Banakar A, 2015. Effect of postharvest hot-water and heat treatmenton quality of date palm (cv. Stamaran). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 14: 153-159.

Honda C, Bessho H, Murai M, Iwanami H, Moriya S, Abe K and Tatsuki M, 2014. Effect of temperature on anthocyanin synthesis and ethylene production in the fruit of early-and medium-maturing apple cultivars during ripening stages. HortScience 49: 1510-1517.

Khali M and Selselet-Attou G, 2007. Effect of heat treatment on polyphenol oxidase andperoxidase activities in Algerian stored dates. African Journal of Biotechnology 6: 790-794.

Kim DG, Burks TF, Qin J and Bulanon DM, 2009. Classification of grapefruit peel diseases using color texture feature analysis. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 3: 41-51.

Koukounaras A, Diamantidis G and Sfakiotakis E, 2008. The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach. Postharvest Biology and Technology 48: 30–36.

Lee DW and Lee SC, 2012. Effect of Heat Treatment Condition on the Antioxidant and Several Physiological Activities of Non-astringent Persimmon Fruit Juice. Food Science and Biotechnology 21: 815-822.

Lichtenthaler HK, 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP and Liu RH, 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 6887- 6892.

Mori K, Goto-Yamamoto N, Kitayama M and Hashizume K, 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. Journal of Experimental Botany 58: 1935-1945.

Oboh G, Adefegha SA, Ademosun AO and Unu D, 2010. Effects of hot water treatment on the phenolic phytochemicals and antioxidant activities of lemon grass (*Cymbopogon citratus*). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 9: 503-513.

Perez AG, Luaces P, Oliva J, Rıos JJ and Sanz C, 2005. Changes in vitamin C and flavour components of mandarin juice due to curing of fruits. Food Chemisty 91: 19–24.

Polenta G, Lucangeli C, Budde C, Gonzalez CB and Murria R, 2006. Heat and anaerobic treatments affected physiological and biochemical parameters in tomato fruits. Food Science and Technology 39:27-34.

Ruoyi K, Zhifang Y and Zhaoxin LZ, 2005. Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. Food Research International 38: 331-336.

Soto-Zamora G, Yahia EM, Brecht JK and Gardea A, 2005. Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit.LWT-Food Science and Technology 38: 657–663.

Temitope AO, Olufemi AG and Alaba FT, 2010. Effect of heat treatment on antioxidant activity of some spices. Continental J. Food Science and Technology 4: 53 -59.

Vicente AR, Martinez GA, Chaves AR and Civello PM, 2006. Effect ofheat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism duringstorage. Postharvest Biology and Technology 40: 116-122.

Wrolstad RE, 1976. Color and pigment analyses in fruit products. Station bulletin 621. 1 Agricultural Experiment Station Oregon State University.

Xu G, Ye X, Chen J and Liu D, 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. Journal of Agriculture and Food Chemistry 55: 330–335.

Yamane T, Jeong ST, Goto-Yamamoto N, Koshita Y and Kobayashi S, 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. American Journal of Enology and Viticulture 57: 54-59.

Zhang Z, Nakano K and Maezawa S, 2009. Comparison of the antioxidant enzymes of broccoli after cold or heat shock treatment at different storage temperatures. Postharvest Biology and Technology 54: 101–105.

The effect of heat treatment on bioactive compounds and antioxidant capacity of fruits pulp and peel of two blood orange varieties (‘Sanguinello’ and ‘Moro’) during storage

J Fatahi Moghadam[*1], A Hashempour[1], Y Hamidoghli[2] and R Fotouhi Ghazvini[2]

Received: August 9, 2017 Accepted: December 9, 2017

[1]Associate Professor and Assistant Professor, Respectivly, Department of Post-Harvest Physiology and Technology, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Iranian Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran
[2]Associate Professor and Professor, Respectivly, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran
[*]Corresponding author**:** Email: j.fattahi@areeo.ac.ir

Abstract

Maintaining fruit quality by using physical treatments instead of chemical is the goal of some researchers and is desirable to consumers. In this study, effect of heat treatments on fruit bioactive compounds and antioxidant capacity of two blood orange varieties (‘Sanguinello’ and ‘Moro’) were evaluated at postharvest stage. The fruits were pre-treated in an incubator at 12°C (1 week), 20°C (3 days) and 30°C (2 days) and then were stored in cold storage with 5°C and 85% RH for 60 days. One group of un-treated fruits was also placed in cold storage as control and other group was kept in common storage. Then, their bioactive compounds and antioxidant capacity were evaluated at 0, 30 and 60 days. Result showed that, the total phenol content of treated fruits plup increased up to 30 days of storage as compared with control, but at the end of storage its amount was lower than the control. Total flavonoids also increased in response to heat treatments compared to control. Heat treatments had no significant effect on ascorbic acid and carotenoid contents. While, the anthocyanin and antioxidant capacity were significantly increased compared to the control by heat treatments. The maximum amount of anthocyanin was observed in Moro and Sanginlo varieties with the amount of 3.23 and 1.57 mg / L at 30 °C, respectively. In general, it is possible to use heat treatment (30 °C for two days) to maintain or increase the bioactive compounds of blood oranges during storage.

Key words: Antioxidant capacity, Citrus, Heat treatment, storage