# بررسی روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و شدت تنفس پرتقال خونی طی انبارمانی

زهرا محمد حسینی[۱]، مریم هاشمی[۲]*، عبدالرضا محمدی[۳]، فوژان بدیعی[۴]، سارا عشقی[۱]، کریم احمدی صومعه[۵]

۱. دانش آموخته کارشناسی‌ارشد علوم وصنایع‌غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- واحدبین‌الملل
۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقاتی بیوتکنولوژی میکروبی و ایمنی زیستی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج
۳. استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده و انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۴. دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی، کرج
۵. مربی پژوهشی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

**(تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۰)**

## چکیده

پرتقال خونی به دلیل محتوی ویتامین‌ث، فولات، فیبر، عناصر معدنی و ترکیبات فیتوشیمیایی شامل انواع فلاونوئیدها، آمینواسیدها، تری‌ترپن‌ها، اسید فنولیک و کاروتنوئیدها، ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد. در بین واریته‌های پرتقال، پرتقال خونی دارای بالاترین پتانسیل آنتی‌اکسیدانی است. پس از برداشت پرتقال خونی به دلیل تداوم تنفس احتمال تغییر ترکیبات موجود در این میوه وجود دارد. در این پژوهش، روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ارتباط این تغییرات با شدت تنفس پرتقال خونی پس از برداشت و طی انبارمانی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: پرتقال خونی واریته Sanguinello از مرکز تحقیقات مرکبات کشور (رامسر) تهیه شد. میوه پس از برداشت، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در انبار سرد با شرایط دمایی ۵-۴ ℃ و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵٪ برای ۵۰ روز نگهداری شد. تقریبا هر هفته یک‌بار روند تغییرات غلظت ویتامین‌ث، ترکیبات فلاونوئیدی، آنتوسیانین، کاروتنوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و شدت تنفس طی دوره انبارمانی اندازه‌گیری شد.

طی دوره انبارمانی پرتقال خونی غلظت ویتامین‌ث کاهش و غلظت ترکیبات فلاونوئیدی، آنتوسیانین، کاروتنوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و شدت تنفس افزایش یافت.

غلظت ویتامین‌ث، ترکیبات فلاونوئیدی، آنتوسیانین، کاروتنوئید کل، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و شدت تنفس در پرتقال خونی طی انبارمانی تغییر کرد. با توجه به ارزش تغذیه‌ی و ترکیبات فراسودمند میوه پرتقال، استفاده از راه کارهای مناسب برای حفظ بهتر ترکیبات زیست فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی توصیه می‌شود. همچنین با توجه به اثر شدت تنفس بر ترکیبات زیست‌فعال و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی احتمالا کاهش شدت تنفس پرتقال خونی طی انبارمانی می‌تواند منجر به حفظ بهتر ترکیبات فرا سودمند پرتقال شود.

**کلید واژگان:** ترکیبات زیست‌فعال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، شدت تنفس، پرتقال خونی، انبارمانی

* مسئول مکاتبات: hashemim@abrii.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## ۱- مقدمه

پرتقال[1] از خانواده روتاسه است. میوه پرتقال غنی از ویتامین‌ث، فولات، فیبر، عناصر معدنی و ترکیبات فیتوشیمیایی شامل انواع فلاونوئیدها، آمینواسیدها، تری‌ترپن‌ها، اسید فنولیک و کاروتنوئیدها می‌باشد [۱]. سازمان خواروبار و کشاورزی[2] پرتقال را به عنوان سومین میوه پرمصرف در جهان در سال ۲۰۰۴ معرفی نمود [۲]. منشأ پرتقال از چین و آسیای جنوب شرقی می‌باشد. پرتقال جزء میوه‌های غیر فرازگرا[3] است و مرحله رسیدگی را روی درخت طی کرده و به صورت نارس برداشت نمی‌شود. به طور کلی، طبقه بندی مطرح شده توسط اسوینگل و ریس، که انواع پرتقال را به دو دسته کلی شامل پرتقال شیرین[4] و پرتقال ترش[5] تقسیم می‌کند، مورد پذیرش است. انواع پرتقال شیرین به چهار دسته کلی بنام پرتقال معمولی[6]، خونی[7]، غیراسیدی[8] و نافدار[9] تقسیم می‌شوند [۳]. در ایران انواع مهم پرتقال بنام‌های پرتقال بم، پرتقال تامسون، پرتقال شهسوار، پرتقال شمال، پرتقال جنوب، پرتقال بندری، پرتقال بیروتی و پرتقال خونی است. پرتقال خونی یک میوه خوشمزه است که برای اولین بار در منطقه مدیترانه پیدا شد. رنگ قرمز میوه و پوست پرتقال خونی ناشی از وجود آنتوسیانین‌های متعلق به فلاوانون‌هاست [۴]. پرتقال خونی نسبت به سایر پرتقال‌ها به دلیل وجود پیگمان‌هایش دارای توانایی آنتی‌اکسیدانی بیشتری است. آنتوسیانین اصلی در پرتقال خونی سیانیدین-۳-گلوکوزید است [۵-۷].

اثرات سلامتی بخش مرکبات را به وجود ترکیبات زیست‌فعال آن که منجر به کاهش خطر بیماریهای مزمن از جمله بیماری‌های قلبی و برخی انواع سرطان‌ها می‌شود، نسبت می‌دهند [۸-۱۱]. ترکیبات زیست فعال پرتقال شامل ویتامین ث، ترکیبات فلاونوئیدی و کاروتنوئیدها می‌باشد [۸].

ویتامین‌ث (L-اسید اسکوربیک) با فرمول ساختاری $C_6H_8O_6$ [۱۲]، یکی از مهمترین اسیدهای آلی موجود در میوه و سبزیجات است که ارزش تغذیه‌ای دارد. این ویتامین به مقدار زیادی ناپایدار و به راحتی به دی هیدرواسکوربیک اسید، اکسید می‌شود [۱۳]. ویتامین‌ث محلول در آب توانایی بلوکه کردن رادیکال آزاد قبل از رسیدن به غشاء سلولی را دارد. طیف وسیعی از مواد غذایی حاوی ویتامین‌ث می‌باشند اما مرکبات مانند پرتقال به دلیل مصرف زیاد به عنوان بهترین منبع ویتامین‌ث شناخته شده است [۱۲]. از اثرات عملکردی آن می‌توان به نقش آنتی‌اکسیدانی قوی این ویتامین در کاهش بیماریهای قلبی و برخی از انواع سرطان [۵ و۱۴و۱۵]، مؤثر در تشکیل و افزایش گلبول‌های سفید و افزایش قدرت سیستم حفاظتی بدن و افزایش جذب کلسیم و آهن در بدن اشاره کرد.

کاروتنوئیدها جزء رنگدانه‌های طبیعی ایزوپرونوئیدی هستند که محلول در چربی بوده و نقش مهمی در سلامتی انسان دارند [۱۶]. این ترکیبات از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند [۴]، که علاوه بر ایجاد رنگ نارنجی، زرد و قرمز به عنوان یک آنتی‌اکسیدان نقش حفاظتی در برابر بیماریها دارند [۱۷و ۱۸]. برخی از آنها پیش ساز ویتامینA هستند که از جنبه تغذیه‌ی اهمیت دارند [۱۳و۱۹]. از اثرات عملکردی کاروتنوئیدها می‌توان به اثر آنها در بینایی (پیش ساز ویتامینA)، خواص ضد سرطان، جلوگیری از تخریب DNA و دخالت در ترمیم آن و کاهش خطر بروز بیماری‌های قلبی و عروقی به واسطه پیوند برقرار کردن با LDL[10] اشاره کرد.

فلاونوئیدها از دیگر ترکیبات زیست‌فعال موجود در میوه پرتقال است که جزء متابولیت‌های ثانویه گیاهان به‌شمار می‌آیند [۱۶]، میوه و سبزیجات به عنوان منبع مهم این ترکیبات شناخته می‌شوند و در بین میوه‌ها، مرکبات از جمله پرتقال به دلیل مصرف زیاد از مهمترین منابع فلاونوئیدها در نظر گرفته می‌شوند [۱۴]. پرتقال منبع غنی از فلاونوئیدها به ویژه فلاوانون‌هاست که خواص فیزیولوژیکی مختلفی را دارا می‌باشند (۲۰،۱۰). از اثرات سلامتی‌بخش فلاونوئیدها می‌توان به کاهش کلسترول، کاهش فشارخون، کاهش خطر ابتلا به بیماریهای قلبی، مهار تکثیر سلول‌های سرطانی ، ضد موتاژن، ضد سرطان، تنظیم سیستم ایمنی و ضد التهاب اشاره کرد [۲۱-۲۳].

1.Citrus sinensis
2. FAO
3. nonclimacteric
4. Citrus sinensisL. Osbeck
5. Citrus aurantiumL
6. common
7. blood
8. acidless
9. Navel

10. low-density lipoprotein



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های محلول در آب [۲۴] هستند که با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خود، رادیکال‌های آزاد را مهار کرده و رادیکال‌های پایدار تولید می‌نمایند و از طریق بازدارندگی اکسیداسیون LDL و کاهش تجمع پلاکت‌ها در خون و چسبندگی عروق در کاهش بیماری‌های کرونری موثر واقع می‌شوند [۲۵]. آبیسینگ و همکاران (۲۰۰۷) ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی در بخش‌های مختلف قابل خوردن چهار گونه میوه مرکبات را بررسی کرده و توصیه به مصرف همه قسمت‌های قابل خوردن میوه مرکبات به دلیل وجود ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی نمودند [۹]. کلیمسزاک و همکاران (۲۰۰۷) اثر دما و زمان انبار را روی غلظت پلی فنول‌ها، ویتامین‌ث و توانایی آنتی‌اکسیدانی در دو نوع آب پرتقال تجاری بررسی کردند. ایشان نتیجه گرفتند که زمان و دمای انبار بیشترین اثر را بر غلظت ویتامین‌ث و اسیدهیدروکسی سینامیک دارد. کاهش در غلظت پلی‌فنول‌ها و ویتامین‌ث طی انبارمانی با کاهش در توانایی آنتی‌اکسیدانی منعکس شد. تغییرات کمی در غلظت فلاوانون مشاهده شد که حاکی از پایداری زیاد این ترکیب طی انبار است [۱۴]. جیاپرکشا و پاتیل (۲۰۰۷) توانایی آنتی‌اکسیدانی عصاره پرتقال خونی و سیترون را گزارش کردند [۴]. پائولو و همکاران (۲۰۰۸) اثر انبار سرد روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی سه واریته پرتقال خونی نگهداری شده در دمای ۱±۶ °C طی ۶۵ روز را بررسی کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار آنتوسیانین، فلاوانون‌ها و اسیدهیدروکسی سینامیک در طی انبارداری افزایش ولی مقدار ویتامین‌ث در پرتقال‌های خونی کاهش می‌یابد. لذا افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه پرتقال خونی به سنتز ترکیبات فنلی نسبت داده شد [۲۶]. رامفول و همکاران (۲۰۱۰) توانایی آنتی‌اکسیدانی، غلظت فلاونوئید، ویتامین‌ث و ترکیبات فنولی از عصاره‌های فلاوادو، چند نوع میوه مرکبات رسیده را بررسی کردند. انواع میوه مرکبات مورد مطالعه توانایی حفاظتی خوبی را بر DNA نشان دادند و نتیجه گرفتند که میوه مرکبات پتانسیل قابل توجهی را برای حفظ سلامتی دارا می‌باشند(۲۷). پلازا و همکاران (۲۰۱۱) اثر حداقل فراوری روی ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی پرتقال‌های سالم، پرتقال‌های پوست کنده شده با دست و قطعات پرتقال جدا شده با دست، بعد از بسته‌بندی و نگهداری در انبار سرد (۴ درجه سانتیگراد) طی ۱۲ روز را بررسی کردند. نتایج افزایش غلظت فلاونوئید و کاروتنوئید کل برای پرتقال‌های سالم طی انبار سرد را نشان داد. ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی در حداقل فراوری طی انبار سرد حفظ شد، اگر چه مقدار ویتامین‌ث طی انبار کاهش یافت [۸].

مطالعه حاضر، به منظور بررسی روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی رقم sangria با توجه به اثرات سلامتی بخش این میوه ارزشمند و پرمصرف انجام شد. علاوه براین شدت تنفس پرتقال طی انبارمانی به منظور بررسی ارتباط احتمالی تغییرات آن با روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش

### تهیه و نگهداری پرتقال خونی

پرتقال خونی واریته Sanguinello پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و پس از جدا کردن نمونه‌های سالم در انبار سرد با شرایط دمایی ۵-۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵٪ نگهداری شدند. نگهداری میوه تازمانی که ازنظر ظاهری قابلیت پذیرش داشته باشد ادامه داشت.

### طراحی آزمایش‌ها و آماده‌سازی نمونه

طی دوره انبارمانی تقریبا هر هفته یک‌بار به منظور بررسی روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پس از برداشت پرتقال خونی طی انبارمانی، ۵ پرتقال به صورت تصادفی انتخاب شده و پوست‌گیری می‌شدند. سپس توسط مخلوط‌کن، عصاره آن‌ها گرفته شده و کاملاً هموژن می‌شد. مقدار مشخصی از این مخلوط همگن برای هر یک از آزمون‌های اندازه‌گیری اسید آسکوربیک، فلاونوئید، آنتوسیانین، کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

### اندازه‌گیری شدت تنفس

برای اندازه‌گیری شدت تنفس از یک سنسور حساس به $CO_2$ مجهز به یک کارت حافظه که درون یک محفظه پلاستیکی و کاملا محصور به هوا استفاده می‌شد. شدت تنفس براساس میزان $CO_2$ تولید شده توسط جرم مشخصی از میوه در مدت یک



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

ساعت تعیین شد. نتایج به صورت mg $CO_2$/ kg.hr گزارش شد (۲۸).

## تعیین غلظت اسید اسکوربیک:

غلظت اسید اسکوربیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا تعیین شد [۲۹]. ۳ میلی‌لیتر اسید استیک ۸٪ و ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید۳٪ (حاوی TBHQ ۰/۱M، جهت پایداری ویتامین‌ث) به ۱ گرم از نمونه هموژن شده پرتقال اضافه شد. سپس نمونه را توسط مخلوط‌کن به مدت چهار دقیقه مخلوط کرده و مخلوط نمونه با سرعت۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده و فاز فوقانی جدا شد. مجدداً ۳ میلی‌لیتر اسید استیک ۸٪ و ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید۳٪، مطابق روش فوق به فاز پائینی اضافه شده و پس از سانتریفوژ فاز بالایی جدا شد. دو فاز استخراجی را به هم افزوده و در ادامه ۲۰ میکرولیتر نمونه فیلتر شده به دستگاه HPLC تزریق می‌شد. شرایط دستگاه HPLC شامل: فاز متحرک آب(A )و فاز متانول( B) با سرعت جریان ۰/۵ml/min، حساسیت آشکارسازی ۰/۳، ستون فاز برگشتی ODS ($C_{18}$) و طول موج جذب آشکارساز ۲۴۵nm بود. نتایج به صورت mg/kg گزارش شد.

## تعیین غلظت ترکیبات فلاونوئیدی:

استخراج فلاونوئیدها براساس روش سانچزمورنو و همکاران (۲۰۰۳) با تغییرات کمی انجام شد [۳۰]. ۱۵ میلی‌لیتر محلول استخراجی ۸۰ درصد آب/متانول به ۵ گرم از نمونه هموژن شده پرتقال اضافه گردید. نمونه به وسیله مخلوط‌کن به مدت دو دقیقه مخلوط شد و با سرعت۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ می‌شد. ۲ میلی‌لیتر از فاز فوقانی با ۱ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۶ نرمال) در یک ظرف دربسته مخلوط شده و درون حمام آب ۹۰℃ به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده می‌شد. مخلوط نمونه تحت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵دقیقه سانتریفوژ شده و فاز بالایی از فیلتر ۰/۴۵µm عبور داده می‌شد. سپس ۲۰ میکرولیتر نمونه فیلتر شده به دستگاه HPLC تزریق می‌شد. شرایط دستگاه HPLC شامل یک شویش گرادیانی، فاز متحرک آب(A )و فاز استونیتریل و آب (۶۰: ۴۰)(B) با سرعت جریان ۰/۸ml/min، حساسیت آشکارسازی ۰/۰۵، ستون فاز برگشتی ODS ($C_{18}$) و طول موج جذب آشکارساز ۲۸۰ nm بود. نتایج به صورت mg/kg گزارش شد.

## تعیین غلظت آنتوسیانین:

غلظت آنتوسیانین براساس روش شاین و همکاران(۲۰۰۷) با کمی اصلاحات انجام شد[۳۱]. ۱ گرم از نمونه هموژن شده پرتقال خونی را توزین نموده و ۱۰ میلی لیتر متانول حاوی ۱٪ (حجمی/حجمی) اسیدکلریدریک به آن افزوده می‌شد. نمونه را به وسیله مخلوط‌کن به مدت یک دقیقه مخلوط نموده و سپس با سرعت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ می‌شد. جذب فاز بالایی بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ nm اندازه‌گیری می‌شد. منحنی کالیبراسیون جذبی با استاندارد سیانیدین ۳-گلوکوزید ترسیم شده و غلظت آنتوسیانین‌های موجود در نمونه از طریق معادله منحنی کالیبراسیون بدست آمد. جهت تایید دقت و صحت روش تجزیه‌ای، هر آنالیز ۳ بار تکرار شد. نتایج به صورت mg/kg گزارش شد.

## تعیین غلظت کاروتنوئید کل:

غلظت کاروتنوئید کل به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد [۹]. ۱۵میلی‌لیتر محلول استخراجی هگزان: استن: متانول (۲۵:۲۵:۵۰) به ۵ گرم از نمونه هموژن شده پرتقال اضافه شد. نمونه بوسیله مخلوط‌کن به مدت دو دقیقه کاملاً مخلوط شده و مخلوط نمونه با سرعت۴۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ می‌شد. پس از جداسازی فاز بالایی، مجددا به فاز پایین ۱۵ میلی‌لیتر محلول استخراجی هگزان: استن: متانول (۲۵:۲۵:۵۰) اضافه شده و ۲ دقیقه مخلوط شده، سپس با سرعت۴۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ می‌شد و فاز بالایی جدا شد. پس از اختلاط دو فاز استخراجی ۴ میلی‌لیتر هیدرکسید پتاسیم متانولی (٪ ۱۰) به آن اضافه می‌شد. سپس درون حمام آب ۶۰℃ به مدت یک ساعت نگهداری شد. مخلوط نمونه با سرعت۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و جذب فاز بالایی آن با دستگاه اسپکتروفتومتر (1100CECIL, England) در طول موج ۴۵۰ nm اندازه‌گیری شد. نتایج به صورت mg/kg گزارش شد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

### تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی:

پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بر اساس روشDPPH تعیین شد [۳۲]. ۴۰ میلی‌لیتر محلول آب و متانول (۱:۱) به ۲ گرم از نمونه هموژن شده پرتقال افزوده شد. مخلوط حاصل تحت rpm ۴۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شده و فاز فوقانی جدا می‌شد. ۰/۱ میلی لیتر از فاز فوقانی به ۳/۹ میلی‌لیتر DPPH متانولی (۰/۰۳g/l) اضافه می‌گردید. بوسیله اسپکتروفتومتر (1100CECIL, England) طیف جذبی محلول در طول موج nm ۵۱۵ اندازه‌گیری شد. نتایج براساس فرمول (۱) محاسبه و به صورت درصد گزارش شد.

(فرمول ۱) ۱۰۰ × جذب DPPH / (جذب نمونه–جذب DPPH) = ٪ فعالیت آنتی‌اکسیدانی

### تحلیل آماری:

نوع مطالعه کاربردی ازنوع تجربی آزمایشگاهی است و جامعه آماری شامل میوه پرتقال خونی واریته Sangria (تهیه شده از مرکز تحقیقات مرکبات رامسر) بود. نمونه‌برداری به صورت کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. آزمون‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام و داده‌های آزمایشی به روش آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند. در این پژوهش برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Scheffe با حداکثر خطای قابل قبول ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) استفاده شد.

## ۳- یافته‌ها

### شدت تنفس

نتایج حاصله حاکی از افزایش شدت تنفس بعد از برداشت پرتقال خونی، در طی نگهداری بود. شدت تنفس پرتقال خونی طی دوره انبار مانی ۵۰ روزه ۸۶/۷ درصد افزایش یافت. اوایل دوره شدت تنفس افزایش یافت و این روند افزایشی در طی انبارمانی ادامه داشت و در اواخر دوره انبارمانی شدت افزایش تنفس ملایم‌تر شد (شکل ۱).

### غلظت اسید اسکوربیک:

نتایج حاکی از کاهش غلظت اسید اسکوربیک در پرتقال خونی طی انبارمانی بود. طی این دوره، ۴۵/۵ درصد غلظت اسید اسکوربیک کاهش یافت. اوایل دوره انبارمانی کاهش شدید در غلظت اسید اسکوربیک با افزایش شدت تنفس همراه بود، سپس در ادامه انبارمانی با افزایش شدت تنفس، غلظت اسید اسکوربیک کاهش یافت (شکل ۲).

### غلظت ترکیبات فلاونوییدی:

در این مطالعه سه فلاونوئید نارنجین، ناریروتین و دیدایمین بررسی شد. نتایج حاکی از روند افزایشی غلظت هر سه فلاونوئید، در نمونه‌های مورد مطالعه بود. میزان افزایش نارنجین، ناریروتین و دیدایمین به ترتیب ۱۷/۵، ۳ و ۱۷/۳ درصد طی دوره انبارمانی بود. نتایج به صورت مجموع غلظت سه فلاونوئید مورد مطالعه در پرتقال خونی گزارش شد (شکل ۳). مقدار کلی فلاونوئیدها طی دوره انبارمانی روند افزایشی داشت. ولی تغییرات نوسانی افزایشی و کاهشی نیز طی دوره انبارمانی مشاهده گردید. اوایل دوره انبارمانی کاهش ملایم در افزایش غلظت مجموع فلاونوئیدها با افزایش شدت تنفس همراه بوده است و در پایان دوره با افزایش ملایم شدت تنفس، افزایش شدید غلظت مجموع فلاونوئیدها مشاهده شد.

### غلظت آنتوسیانین:

غلظت آنتوسیانین در پرتقال خونی طی انبارمانی افزایش نشان داد. غلظت آنتوسیانین طی دوره انبارمانی پنجاه روز مورد بررسی، ۸۵ درصد افزایش یافت (شکل ۴). بیشترین غلظت آنتوسیانین در اواخر دوره انبارمانی مشاهده شد، طی این مدت افزایش بیشتر غلظت آنتوسیانین با افزایش ملایم شدت تنفس همراه بوده است.

### غلظت کاروتنوئید کل:

غلظت کاروتنوئید کل طی دوره انبارمانی پرتقال خونی حدود ۵۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵). روند تغییرات نوسانی غلظت کاروتنوئید کل طی دوره انبارمانی مشاهده شد. اوایل دوره انبارمانی کاهش ملایم در افزایش غلظت کاروتنوئید کل با افزایش بیشتر شدت تنفس همراه بوده است. بیشترین غلظت کارتنویید کل در اواخر دوره انبارمانی مشاهده شد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

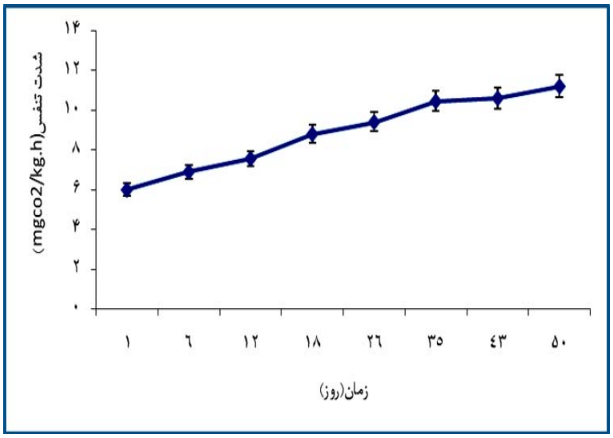
### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

در مجموع اطلاعات حاصله حاکی از افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی طی انبارمانی بود. طی دوره انبارمانی پرتقال خونی، میزان افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی ۶/۷ درصد بود. در اوایل دوره با افزایش شدت تنفس، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت و در پایان دوره با افزایش ملایم شدت تنفس، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. بیشترین پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در اواخر دوره انبارمانی مشاهده گردید (شکل ۶).

## ۴- بحث و نتیجه گیری

### شدت تنفس:

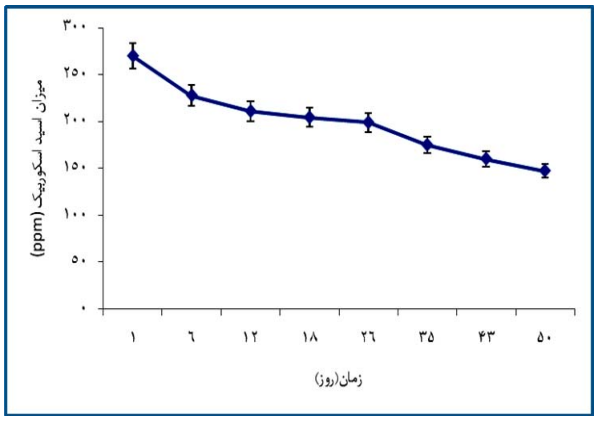
اگرچه پرتقال یک میوه غیرفرازگراست [۸]، ولی بعد از برداشت در طی انبارمانی به دلیل تداوم تنفس اکسیژن را مصرف و بخار آب و دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند [۳۳]. هرچه دمای انبار بالاتر باشد شدت تنفس نیز بیشتر می‌شود[ ۳۴]. اوایل انبارمانی افزایش شدت تنفس احتمالا مربوط به آسیب دیدگی میوه حین برداشت و انتقال به انبار است. در ادامه شدت تنفس در حال افزایش است و در پایان دوره شدت افزایش تنفس کاهش یافت.




**شکل ۱** نمودار تغییرات شدت تنفس پرتقال خونی طی زمان انبارمانی

### غلظت اسید اسکوربیک:

مرکبات به عنوان منبع غنی از اسید اسکوربیک (ویتامین‌ث) شناخته می‌شوند [۳۵]. غلظت اسید اسکوربیک در پرتقال بسته به فاکتورهای مختلفی از جمله واریته، املاح معدنی خاک، مرحله رسیدگی و شرایط آب و هوایی وابسته است [۱۱]. مطابق شکل ۲ نتایج حاکی از روند کاهشی در غلظت اسید اسکوربیک طی انبارمانی پرتقال خونی است. غلظت اسید اسکوربیک پرتقال خونی نسبت به روز اول حدود ۴۶ درصد کاهش را طی ۵۰ روز انبارمانی نشان می‌دهد. اسید اسکوربیک ترکیبی ناپایدار است که در طی انبار بسته به شرایط نگهداری مانند دما، اکسیژن، نور و همچنین فعالیت آنزیم‌هایی مانند پراکسیداز و اسکوربات اکسیداز کاهش می‌یابد [۳۶]. میزان اسید اسکوربیک به طور معنی‌دار تحت تاثیر دما و مدت انبار است[۱۸]. نتایج این مطالعه سازگار با نتایج حاصل از مطالعات قبلی مبنی بر کاهش غلظت ویتامین‌ث در طی انبارمانی مرکبات است (۸،۲۶،۳۷). نتایج حاصل از این مطالعه با یافته های پلازا و همکاران (۲۰۰۶) و پائولو و همکاران (۲۰۰۸ )، کاملا مطابقت دارد به‌طوری که پلازا و همکاران کاهش ۱۹/۶ درصدی در میزان ویتامین‌ث برای پرتقال‌های نگهداری شده در دمای ۴℃ طی ۱۲ روز را گزارش کردند [۸]. پائولو و همکاران نیز کاهش غلظت ویتامین‌ث سه واریته پرتقال خونی نگهداری شده در دمای ۶±۱℃ طی ۶۵ روز را گزارش کردند. میزان کاهش غلظت ویتامین‌ث در سه واریته پرتقال خونی شامل تی‌مسینا، تی‌ملی و مورو به ترتیب ۸، ۲/۸ و ۱۱/۳ درصد بود [۲۶]. همچنین کاهش اسید اسکوربیک طی انبارمانی در میوه‌هایی همچون انبه، توت‌فرنگی و کیوی گزارش شده است[۳۸].



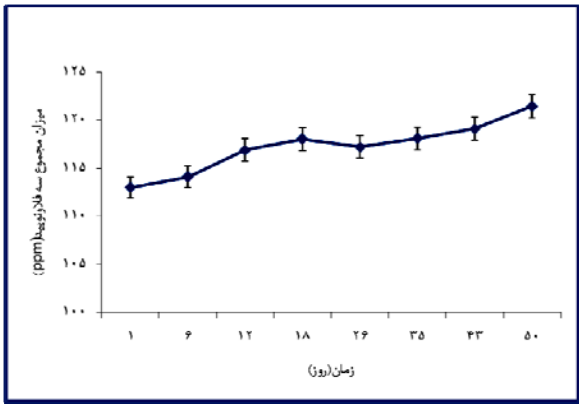

**شکل ۲** نمودار تغییرات غلظت اسیداسکوربیک موجود در پرتقال خونی طی زمان انبارمانی



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## غلظت فلاونوئیدها:

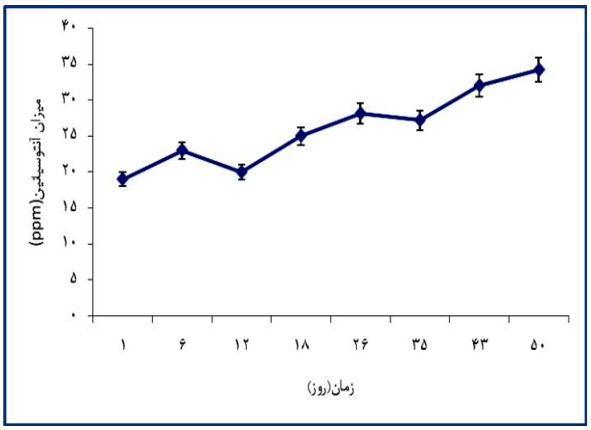
فلاوانون‌ها، فلاونوئیدهای اصلی در واریته‌های پرتقال می‌باشند. و میزان آنها به فصل رشد و موقعیت مکانی منطقه وابسته است [۳۹]. در این مطالعه غلظت نارنجین، ناریروتین و دیدایمین پرتقال خونی در طی زمان انبارمانی افزایش یافت (شکل ۳). این نتیجه سازگار با نتایج مطالعات قبلی است[۸و ۲۶]. شیب تغییرات مشاهده شده طی دوره انبارمانی احتمالا مربوط به تبدیل انواع فلاونوئید به یکدیگر و ایزومریزاسیون بین آنها می‌باشد. نگهداری مرکبات در دمای پایین منجر به تجمع ترکیبات فنولیک می‌شود (۴۰)، بنابراین می‌توان افزایش غلظت فلاوانون‌ها در این مطالعه را به عنوان پاسخ به شرایط سرد انبارمانی نسبت داد. علاوه براین، کاهش اسید سیتریک در مرکبات طی انبارمانی ممکن است اسکلت کربنی برای سنتز ترکیبات فنولی را فراهم کند [۴۱]. همچنین ویژگی‌های ژنتیکی و واریته مورد مطالعه در غلظت ترکیبات فلاونوئیدی در مرکبات موثر است [۱۱]. نتایج حاصل از این مطالعه با یافته های دل‌کارو و همکاران (۲۰۰۴) و پائولو و همکاران (۲۰۰۸)، همخوانی دارد به‌طوری که دل‌کارو و همکاران افزایش معنی‌دار غلظت ترکیبات فلاوانون پرتقال"Salustiana" طی نگهداری در دمای ۴℃ را گزارش کردند (۳۷). پائولو و همکاران نیز افزایش غلظت فلاوانون‌ها در سه واریته پرتقال خونی شامل تی‌مسینا، تی‌ملی و مورو به ترتیب ۶۳/۲، ۳۹/۴ و ۵۲ درصد و کاهش غلظت فلاوانون‌ها در دو رقم پرتقال غیرخونی ۷/۶ و ۳۱/۷ درصد طی نگهداری در دمای ۶±۱℃ برای ۶۵ روز گزارش کردند (۲۶).




**شکل ۳** نمودار تغییرات مجموع غلظت دیدایمین، نارنجین و ناریروتین موجود در پرتقال خونی طی زمان انبارمانی

## غلظت آنتوسیانین:

آب پرتقال خونی به دلیل طعم و ارزش تغذیه‌اش از بازارپسندی خوبی برخوردار است. در این مطالعه غلظت آنتوسیانین در پرتقال خونی طی انبارمانی روند افزایشی را نشان داد. هنگامی که میوه‌ها در دمای کم نگهداری می‌شوند تجمع آنتوسیانین ادامه پیدا می‌کند که تجمع آن بسته به فعالیت آنزیم‌های شرکت‌کننده در متابولیسم فنیل‌پروپنویید دارد [۴۲]. بیوسنتز آنتوسیانین طی انبار باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی می‌شود. پائولو و همکاران (۲۰۰۸) افزایش غلظت آنتوسیانین در سه واریته پرتقال خونی (تاراکو مسینا، تاراکو ملی، مورو) طی انبارسرد را مشاهده نمودند. آنها میزان افزایش آنتوسیانین را تقریبا ۵ برابر در تاراکو ملی، ۹ برابر در تاراکو مسینا و ۲ برابر در مورو طی نگهداری در دمای ۶±۱℃ برای ۶۵ روز گزارش کردند [۲۶]. نتایج مطالعه شجاع وهمکاران نشان داد که غلظت آنتوسیانین در پرتقال خونی رقم تاراکو پس از ۶۰ روز انبارداری در دمای ۷ درجه سانتیگراد افزایش یافت [۴۳].




**شکل۴** نمودار تغییرات غلظت آنتوسیانین در پرتقال خونی طی زمان انبارمانی

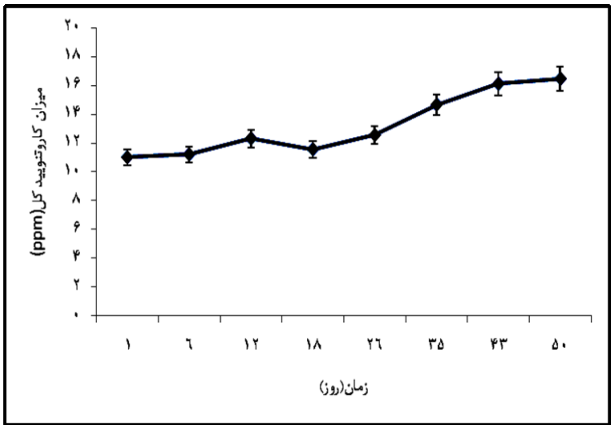
## غلظت کاروتنوئیدها:

کاروتنوئیدهای اصلی در پرتقال با توانایی آنتی‌اکسیدانی و یا خواص پیش‌ساز ویتامین‌آ شامل الفا و بتا- کریپتوگزانتین، لوتئین، زی‌گزانتین و الفا و بتا- کاروتن است [۸]. ارزیابی غلظت کاروتنوئیدها در پرتقال به دلیل پروفایل پیچیده کاروتنوئیدها و



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

ماهیت اسیدی آن مشکل است. فاکتورهای متعددی از جمله مرحله رسیدگی، واریته و شرایط آب و هوایی بر غلظت ترکیبات کاروتنوئیدها موثر است [۴۴]. انبار و فرایند ممکن منجر به ناپایداری زنجیره پلی‌ان(polyene) کاروتنوئیدها شود. این ترکیبات ممکن است تحت فرایند اکسیداسیون (ناشی از نور، دما، فلزات و آنزیم‌ها) و ایزومراسیون (ایجاد شده با دما، نور و اسید) تجزیه شوند [۱۶]. همانطور که در شکل ۵ مشهود است، نتایج بیانگر افزایش در غلظت کاروتنوئیدها در نمونه‌های پرتقال خونی طی انبارمانی می‌باشد. شیب تغییرات مشاهده شده طی دوره انبارمانی احتمالا مربوط به تبدیل انواع کاروتنوئیدها به یکدیگر و ایزومریزاسیون بین آنها است. رسیدگی منجر به تجمع کاروتنوئید در میوه مرکبات می‌شود [۴۵]. بعد از برداشت تجمع کاروتنوئید در انبار سرد بسته به شرایط دمای انبار ادامه می‌یابد [ ۸]. بیشترین غلظت کارتنویید کل در اواخر دوره انبارمانی مشاهده شد که احتمالا شرایط مناسب انبار (به ویژه دمای مناسب انبار) در تجمع غلظت کاروتنوید کل طی انبارمانی موثر بود. پلازا و همکاران افزایش غلظت کاروتنوئید کل (۸۸/۱۱ درصد) در پرتقال"Navelina" طی نگهداری در دمای ۴℃ برای ۱۲ روز را گزارش کردند [۸]. سانچز و همکاران افزایش غلظت بتا-کاروتن در انبه طی انبار سرد مشاهده نمودند [۴۶]




**شکل ۵** نمودار تغییرات غلظت کلی کاروتنوئیدها در پرتقال خونی طی زمان انبارمانی

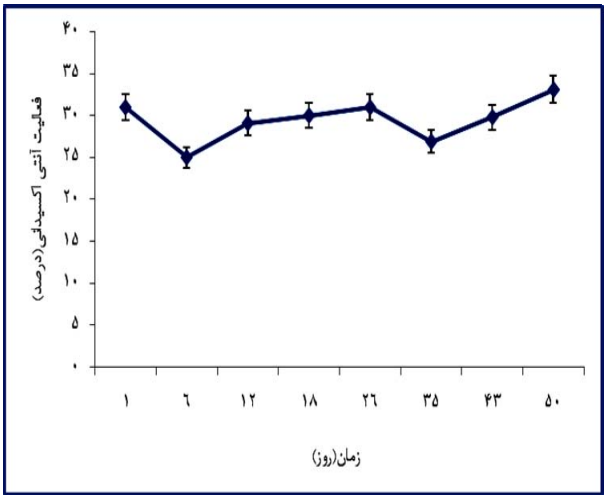
## پتانسیل آنتی‌اکسیدانی

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که با مهار رادیکالهای آزاد از واکنش‌های اکسیداسیون، در بافت سبزی و میوه ممانعت می‌کنند [۴۷]. اطلاعات ناچیزی درباره فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیست‌فعال موجود در میوه مرکبات وجود دارد [۴۸]. در این مطالعه افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی مشاهده شده می‌تواند ناشی از افزایش غلظت ترکیبات زیست‌فعال (فلاونوئیدها، آنتوسیانین و کاروتنوئید) باشد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسته به اثر انبار بر ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجود در پرتقال دارد [۸]. روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شده طی دوره انبارمانی، احتمالا مربوط به تغییر غلظت ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و شدت تنفس طی دوره انبارمانی بود. مطالعات مختلف حاکی از یک ارتباط معنی‌دار مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنولهاست [۱و۴و۴۵] پرتقال خونی به دلیل وجود پیگمانهایش دارای بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین واریته‌های مختلف پرتقال است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی انبار به واریته مورد بررسی نیز وابسته است [۴۹]. به طوریکه دل‌کارو و همکارانش کاهش کمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال"Salustiana" طی نگهداری در دمای ۴℃ را گزارش کردند [۳۷]. پائولو و همکاران افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در سه واریته پرتقال خونی شامل تی‌مسینا، تی‌ملی و مورو به ترتیب ۱۵/۳، ۹/۶ و ۱۱/۸ درصد طی نگهداری در دمای ۶±۱℃ برای ۶۵ روز گزارش کردند [۲۶]. پلازا و همکاران گزارش کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدان پرتقال "Navelina"طی نگهداری در دمای ۴℃ برای ۱۲ روز حفظ می‌شود [۸]. شجاع و همکاران کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در پرتقال تامسون و پرتقال خونی (رقم تاراکو و مورو) پس از ۶۰ روز انبارداری در دمای ۷ درجه سانتیگراد گزارش کردند [۴۳].

شدت تنفس احتمالا می‌تواند بر غلظت ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و به طبع روی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی پرتقال موثر باشد. وجود اکسیژن بر غلظت ترکیبات حساس به اکسیداسیون (اسید اسکوربیک و کاروتنوئید) اثر می‌گذارد و با افزایش شدت تنفس غلظت این ترکیبات کاهش می‌یابد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]




**شکل ۶** نمودار تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی طی زمان انبارمانی

## ۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج این مطالعه، ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی واریته sangria در طی انبارمانی تغییر می‌کند، همچنین نتایج حاکی از افزایش شدت تنفس پرتقال بعد از برداشت طی انبارمانی است. نگهداری بعد از برداشت پرتقال خونی در انبار سرد منجر به کاهش ویتامین‌ث، افزایش غلظت کاروتنوئید کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی می‌شود. میزان افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی انبارمانی ۶/۷ درصد بود. غلظت کاروتنوئید کل، آنتوسیانین و فلاونوئیدها به ترتیب حدود ۵۰٪، ۸۵٪ و ۷/۵٪ افزایش و غلظت ویتامین‌ث ۴۵/۵ ٪ کاهش را طی انبارمانی نشان داد. در اوایل دوره انبارمانی با افزایش شدت تنفس، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت، همچنین طی این مدت، شدت افزایش غلظت کاروتنوئید کل کاهش و شدت کاهش غلظت اسید اسکوربیک افزایش یافت. در اواخر دوره با افزاش ملایم شدت تنفس، غلظت آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش شدیدتری نشان دادند. بنابراین شدت تنفس می‌تواند بر غلظت ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و به طبع روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی پرتقال موثر باشد.

با توجه به ارزش تغذیه‌ی و ترکیبات فراسودمند میوه پرتقال خونی، استفاده از راه کارهای مناسب برای حفظ بهتر ترکیبات زیست‌فعال و توانایی آنتی اکسیدانی طی انبارمانی در راستای ارتقاء سلامتی و کاهش برخی بیماریهای مزمن در سطح جامعه پیشنهاد می‌شود.

## ۶- سپاسگزاری

از پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران که حمایت مالی پروژه را به عهده داشتند و همچنین انستیتو تحقیقات تغذیه‌ایی و صنایع غذایی کشور و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی بابت همکاری در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## ۷- منابع

[1] Roussos PA. Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (Citrus sinensis (l.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. Journal Horticulturea .2011;10:03-040.

[2] Jorge EL. Overview of the Fruit Processing Industry. In: Fruit Maufacturing, Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance, Springer ScienceBusiness Media, LLC. 2006; . 20:1

[3] Zanoni B, Pagliarini E, Galli A, Laureati M. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice. Journal of Food Engineering. 2005;70:512–517.

[4] Jayaprakasha K, Patil BS. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. Food Chemistry. 2007;101:410–418.

[5] Krifi B, Chouteau F, Boudrant J, Metche M. Degradation of anthocyanins from blood orange juices. International Journal of Food Science and Technology. 20003;5:275–283.

[6] Dugo P, Mondello L, Morabito D, Dugo G. Characterization of the anthocyanin fraction of sicilian blood orange juice by micro-HPLC-ESI/MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003;51:1173–1176.

.[7] Torres B, Tiwari BK., Patras A, Cullen PJ, Brunton N, O'Donnell CP. Stability of anthocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2011;12:93–97.

[8] Plaza L, Crespo I, de Pascual-Teresa S, De Ancos B, Sánchez-Moreno C, Muŏz M, Cano



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

MP. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. Food Chemistry. ۲۰۱۱a;124:646–651.
[9] Abeysinghe DC, Li X, De Sun C, Zhang WS, Zhou C H. Song Chen K. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chemistry. 2007;104:1338–1344.
[10] Vanamala J, Reddivari L, Sun Yoo K, Pike LM, Patil BS. Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices. Journal of Food Composition and Analysis. 2006;19:157–166.
[11] Cano A, Medina A, Bermejo A. Bioactive compounds in different citrus varieties. Discrimination among cultivars. Journal of Food Composition and Analysis .2008; 21:377–381.
[12]Nojavan s, Khalilian F, Kiaie FM, Rahimi A, Arabanian A, Chalavi S. Extraction and quantitative determination of ascorbic acid during different maturity stage of Rosa canina L.fruit. Journal of Food Composition and Analysis. 2008;21:300-305.
[13] Antonio JM, Isabel M.V, Francisco JH. Provitamin A carotenoids and ascorbic acid contents of the different types of orange juices marketed in Spain. Food Chemistry. 2007;101:177–184.
[14] Klimczak I, Malecka M, Szlachta M, Gliszczynska S, wiglo A.Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and Analysis. 2007;20:313–322.
[15] Tannenbaum SR, Archer MC, Young VR. Vitamins and minerals. In O. R. Fennema (Ed.), Food chemistry (2nd ed). New York: Marcel Dekker. 1985.
[16] Plaza L, Sánchez-Moreno C, De Ancos B, Elez-Martínez P, Marín-Belloso O, Cano MP. Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. LWT - Food Science and Technology. 2011b;44:834-839.
[17] Nishino H, Murakoshi M, Tozuda H, Satomi Y. Cancer prevention by carotenoids. Archives of Biochemistry and Biophysics. 2009;483:165-168.
[18] Krinsky NI, Johnson EJ. Carotenoid actions and their relation to health and disease. Molecular Aspects of Medicine. 2005;26:459-516.
[19] Simpson KL, Chichester CO. Metabolism and nutritional significance of carotenoids. Annual Review of Nutrition. 1981;1:351-371.
[20] Moon Y J, Wang X, Morris ME. Dietary flavonoids: effects on xenobiotic and carcinogen metabolism. Toxicology in Vitro. 2006;20:187-210.
[21] Hollman PCH, Katan MB. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. Food and Chemical Toxicology. 1997;37:937–942.
[22] Kuo SM. Antiproliferative potency of structurally distinct dietary flavonoids on human colon cancer cells. Cancer Letters. 1996;110:41–48.
[23] Middleton E J, Kandaswami C. Potential health promoting properties of citrus flavonoids. Food Technology. 1994;18:115–120.
[24] Bonina F, Saija A, Tomaino A, Lo Cascio R, Rapisarda P, Dederen JC. In vitro antioxidant activity and in vivo photoprotective effect of a red orange extract. International Journal of Cosmetic Science. 1998;20:331–342.
[25] Zafra-Stone S, Yasmin T, Bagchi M, Chatterjee A, Vinson JA, Bagchi D. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. Molecular Nutrition & Food Research. 2007;51(6):675−683.
[26] Paolo R, Marisol LB, Paolo P, Nicolina, T. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [Citrus sinensis (L.) Osbeck]. Postharvest Biology and Technology. 2008;49:348–354.
[27] Ramful D, Bahorun T, Bourdon E, Tarnus E, Aruoma O. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. Toxicology. 2010;278:75–87.
[28]. Maftoonazad N, Ramaswamy HS. Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. LWT - Food Science and Technology. 2005;38:617-624.
[29] Sánchez-Mata MC, Ca´mara-Hurtado M, Diez-Marques C, Torija-Isasa ME. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

green beans (Phaseolus Vulgaris L.). Eur. Food Res. Technol. 2000;210:220-225.
[30] Sánchez-Moreno C, Plaza L, De Ancos B, Cano MP. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2003;83(5): 430–439.
[31] Shin Y, Liu R H, Nock JF, Holliday D, Watkings CB. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biology and Technology. 2007;45:349-357.
[32]. Kelebek H, Selli S, Canbas A, Cabaroglu T.HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. Microchemical Journal. 2009;91:187-192.
.[33] Geeson J. Packaging to Keep Produce Fresh. Nutrition and Food Science.1990;2-4.
.[34] Wills RH, Lee TH, Graham D, McGlasson WB, Hall EG. Postharvest, An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables, AVI Publishing Co., Westport, CT. 1981.
[35] Dhuique-Mayer C, Caris-Veyrat C, Ollitrault P, Curk F, Amiot MJ. Varietal and interspecific influence on micronutrient contents in citrus from the Mediterranean area. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005; 53:2140–2145.
[36] Plaza L, Sánchez-Moreno C, Elez-Martínez P, De Ancos B, Marín-Belloso O, Cano, MP. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. European Food Research and Technology. 2006;223(4): 487–493.
[37] Del Caro A, Piga A, Vacca V, Agabbio M. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. Food Chemistry. 2004;84(1):99–105.
[38] Gil MI, Aguayo E, Kader AA. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006;54(12):4284–4296.
[39] Albach RF, Redman GH, Cruse RR. Annual and seasonal changes in naringin concentration of Ruby Red grapefruit juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry.1981;29:808–811.
[40] Lafuente MT, Zacarías L, Martínez-Téllez MA, Sánchez-Ballesta MT, Granell A. Phenylalanine ammonia-lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. Postharvest Biology and Technology. 2003;29(3):308–317.
[41] Kalt W, Forney CF, Martin A, Prior R. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. J. Agric.Food Chem. 1999;47:4638–4644
[42] Lo Piero AR, Puglisi I, Rapisarda P, Petrone G. Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature. J. Agric. Food Chem. 2005;53:9083–9088.
[43] Shojae A, Ghasemnejad M, Mortazavi N.changes of the antioxidant capacity and post-harvest quality of Tamson and blood oranges during storage .Journal of Horticulture Science. 2008;25(2): 147–155[In. Persian]
[44] Stewart I. Provitamin A and carotenoid content of citrus juices. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 1977;25(5): 1132-1137.
[45] Kato M, Ikoma Y, Matsumoto H, Sugiura M, Hyodo H, Yano M. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. Plant Physiology. 2004;134(2): 824–837.
[46] Robles-Sánchez RM, Rojas-Graü MA, Odriozola-Serrano I, González-Aguilar GA, Martán-Belloso O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (Mangifera indica L.). Postharvest Biology and Technology. 2009;51(3): 384–390.
[47] Sapers GM.Browning of foods: control by sulfates, antioxidants, and other means, Food Technol .1993; 47:75.
[48] Gil-Izquierdo A, Gil MI, Ferreres F, Tom'as-Barber'an FA. In vitro availability of flavonoids and other phenolics in orange juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001;49:1035–1041.
[49] Sdiri S, Navarro P, Monterde A, Benabda J, Salvador A. Effect of postharvest degreening followed by a cold-quarantine treatment on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of early-season citrus fruit. Postharvest Biology and Technology. 2012:65:13–21.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

# Changes of the bioactive compounds, antioxidant activity and respiration rate of blood orange during storage

**Mohammadhosseini, Z. [1], Hashemi, M. [2*], Mohammadi A. [3], Badie, F. [4], Eshghi, S. [1], Ahmadisomeeh, K. [5]**

1. M.Sc student in Food Science & Technology, Shahid Beheshti University of Medical Science, Iran
2. Assistant Prof. of Microbial Biotechnology & Biosafety Department, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran
3. Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Associate Prof, of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran
5. Instructor. Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran

**(Received: 90/8/7 Accepted: 90/11/20)**

Blood orange has high nutritional value due to high concentrations of vitamin C, fiber, folate, minerals and phytochemical compounds, such as flavonoids, amino acids, triterpenes, phenolic acids and carotenoids. The blood oranges contain greater amounts of antioxidants than other oranges. Orange fruit continue to respire, after harvest so there are probability changes of bioactive compounds that present in this fruit. The aim of this study was to investigate the changes of the bioactive compounds, antioxidant activity and their relationship with respiration rate of blood orange during storage.

Blood oranges var. sangria was purchased from the Citrus Research Institute of Iran. The fruits were transported to the laboratory immediately after harvesting and were stored at 5-4°C and 85-90% relative humidity for 50 days. Changes of concentration of vitamin C, flavonoid compounds, total carotenoids, antioxidant activity and respiration rate were evaluated once a week during storage.

The concentration of vitamin C decreased, but the concentration of flavonoid, total carotenoids, antioxidant activity and respiration rate of blood orange increased during storage.

The concentration of vitamin C, flavonoid, total carotenoid, antioxidant activity and respiration rate of blood orange changed during storage. With attendance to nutritional value and the functional compounds of orange fruit, use of appropriate actions are recommended to better maintenance of the bioactive compounds and antioxidant activity. Also, considering effects of respiration rate on the bioactive compounds and antioxidant activity, decrease of respiration rate of blood orange during storage could lead to be better preservation of the functional compounds.

**Keywords**: Bioactive compounds, Antioxidant activity, Respiration rate, Blood orange, storage

*Corresponding Author E-Mail Address: hashemim@abrii.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]