مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jopp.gau.ac.ir

# واکنش ترکیبات بیواکتیو میوه برخی از مرکبات به پوشش واکس طی انبارداری

*جواد فتاحی مقدم[۱] و معصومه کیا اشکوریان[۲]

[۱]استادیار بخش فنی و مهندسی، موسسه تحقیقات مرکبات کشور، رامسر، [۲]محقق بخش فنی و مهندسی، موسسه تحقیقات مرکبات کشور، رامسر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۱٤

## چکیده

پوشش‌ها نه تنها مانع تبخیر آب درون میوه و نفوذ عوامل قارچی می‌شوند بلکه به میوه ظاهر بازارپسندی نیز می‌دهند. اثر پوشش‌ها روی ترکیبات درونی میوه که تعیین کننده ارزش غذایی و طعم و مزه میوه هستند کمتر مطالعه شده است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پوشش واکس روی کیفیت میوه‌های برداشت شده مرکبات شامل پرتقال‌های رقم تامسون، مورو، سیاورز و نارنگی پیج انجام شد. میوه‌ها پس از برداشت بر اساس یکنواختی در اندازه و عاری بودن از هرگونه ضایعات، گروه‌بندی شدند. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون پوشش)، تیمار واکس (نوع رایج و مورد استفاده تولیدکنندگان منطقه) و مدت انبارداری (صفر، ۱، ۲ و ۳ ماه) بود. میوه‌های هر رقم پس از تیماردهی، در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ روز درون سردخانه قرار گرفته و با نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ خصوصیات فیزیکوشیمیایی گوشت میوه‌ها ارزیابی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که به‌طورکلی میزان آسکوربیک‌اسید میوه هر چهار رقم طی انبارداری کاهش یافت ولی این کاهش در تامسون و پیج بیشتر بود. روند کلی میزان فنل بعد از برداشت کاهشی بود ولی در هر مرحله نمونه‌گیری از انبار محتوای فنل میوه‌های بدون واکس بالاتر از واکس‌زده‌ها بود. به‌طورکلی کلیه ارقام واکس زده و نزده از نظر درصد مهار رادیکال‌های DPPH تفاوت معنی‌داری نداشتند. میزان مهار رادیکال‌های ABTS توسط عصاره گوشت از روز ٦۰ تا پایان انبارداری، در نمونه‌های بدون واکس در غالب ارقام بالاتر از واکس‌دارها بود.

***واژه‌های کلیدی:*** ترکیبات بیواکتیو، مرکبات، کیفیت، انبار، واکس

*مسئول مکاتبه: j.fattahi@areo.ir

**مقدمه**

با توجه به گسترش کشت و تولید ارگانیک بویژه در کشورهای پیشرفته، استفاده از مواد غیر شیمیایی و طبیعی در تمام مراحل تولید محصولات باغبانی و پس از آن، جهت کاهش ضایعات و حفظ ترکیبات بیواکتیو میوه در حال افزایش است. هم اکنون در دنیا روش‌های مختلفی برای تولید ارگانیک، بدون این‌که سلامت مصرف‌کننده را به مخاطره اندازد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این میان به‌کارگیری پوشش واکس سودمند بوده و کاربرد وسیعی در سطح تجاری دارد (بالدوین، ۲۰۰۵).

کاربرد پوشش واکس در میوه‌هایی هم‌چون مرکبات و سیب با هدف براق شدن و کاهش آب از دست‌دهی سابقه طولانی دارد. در حال حاضر نیز استفاده از واکس در ایران رایج بوده ولی چنان‌چه شرایط انبارداری مناسب نباشد کیفیت میوه به‌دلیل محدود شدن تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بین میوه و محیط اطراف آن، به شدت کاهش می‌یابد. میوه‌ها در شرایط غیرهوازی به‌دلیل افزایش تنفس غیرهوازی، طعم نامطلوبی پیدا می‌کنند (هاگنمایر، ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای با کاربرد سه نوع واکس (واکس با پایه شلاک، با پایه پلی‌اتیلن و کارنوبا) با هدف کنترل عارضه پیتینگ در گریپ‌فروت سفید مشخص شد که این عارضه در میوه‌های با واکس شلاک نسبت به کارنوبا و پایه پلی اتیلن بیشتر توسعه یافت. این عارضه به‌دلیل کاهش میزان اکسیژن درونی میوه ایجاد می‌شود (پتراک و همکاران، ۱۹۹۸).

میوه مرکبات به‌دلیل وجود آسکوربیک‌اسید، ترکیبات فنلی و اسیدهای فنلی دارای ارزش غذایی بالایی است (تریپلی و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش شده است که آسکوربیک‌اسید و ترکیبات فنلی موجود در میوه مرکبات، نقش مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی و سلامت انسان دارند (آبی سینگ و همکاران، ۲۰۰۷). تعداد زیادی از عوامل قبل و پس از برداشت بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ارزش غذایی میوه‌ها تأثیر می‌گذارند. هم‌چنین به‌کار بردن برخی از تیمارهای قبل از برداشت و شرایط نگهداری در انبار در افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها تأثیرگذار است. به‌نظر می‌رسد افزایش جزیی در میزان دی‌اکسیدکربن درونی میوه، سنتز ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (جئونگ و همکاران، ۲۰۰٤). گزارش شده است که تیمار هم‌زمان میوه با پوشش واکس و سپس قرار دادن در سردخانه با دمای پایین می‌تواند منجربه تغییرات شیمیایی در میوه شود (زو و همکاران، ۲۰۰۸) به‌عنوان مثال گزارش شده است که فنل کل و آسکوربیک‌اسید در پرتقال‌های خونی، طی انبار با دمای پایین افزایش یافته است (راپیساردا و همکاران، ۲۰۰۸).

با بررسی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم نارنگی ساتسوما و پرتقال هاملین (طی ٦٠ روز در دمای ١٠ درجه‌سانتی‌گراد) مشخص شد که میزان ترکیبات فنلی طی انبارداری در تیمار با واکس تا مدت زمان معینی ثابت بود طوری‌که بعد از گذشت ٣٠ روز واکس تأثیری در حفظ ترکیبات فنلی نداشت. هم‌چنین گزارش شد که واکس اثر منفی روی حفظ کیفیت میوه در نگهداری طولانی مدت میوه‌ها داشت (شن و همکاران، ٢٠١٢). ارقام نیز ممکن است واکنش متفاوتی به پوشش واکس نشان دهند. بر این اساس در پژوهشی میزان آسکوربیک‌اسید دو رقم میوه‌ی گریپ‌فروت تیمار شده با واکس، طی انبارداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر میزان کاهش آسکوربیک‌اسید در شرایط پس از برداشت، رقم توما[1] نسبت به رقم رابی‌رد حساس‌تر بود (بیولاتو و همکاران، ٢٠٠٥).

بر اساس یافته‌های پژوهشگران، بدیهی است که واکس نه تنها مانع تبخیر آب درون میوه و نفوذ عوامل قارچی می‌شود، بلکه به میوه ظاهر بازارپسند نیز می‌دهد. از طرفی به‌دلیل اثر مثبتی که ممکن است پوشش‌ها در تولید و حفظ ترکیبات ارزشمند غذایی داشته باشند استفاده از آن‌ها می‌تواند سطح سلامت جامعه را نیز ارتقاء دهد. تأثیر پوشش‌ها روی ترکیبات درونی میوه (که تعیین کننده ارزش غذایی و طعم و مزه میوه هستند)، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. از طرفی باید تلاش نمود تا به نسبت و حد بهینه‌ای از زمان انبارداری و حفظ ترکیبات دارای ارزش غذایی بالا در مورد ارقام مختلف دست یافت. باید توجه نمود که معیارهای استاندارد کیفیت میوه در سال‌های اخیر به‌خصوص توسط کشورهای پیشرفته تغییر نموده است. در برخی کشورهای پیشرفته، کیفیت ترکیبات درونی میوه و عاری بودن از بقایای سموم و مواد شیمیایی ناسازگار با محیط زیست تعیین کننده‌ی مجوز واردات و صادرات میوه است. بنابراین ضروری است که در بخش پژوهش‌ها به تولید میوه‌هایی ارگانیک، با کیفیت ظاهری و ارزش غذایی بالا توجه بیشتری شود. ترکیبات فنلی موجود در میوه‌ی مرکبات، به دلیل فوایدی که برای سلامتی انسان دارند، اهمیت دارند. با توجه با این‌که پژوهش‌های کمی در مورد تغییر این ترکیبات در دوره پس از برداشت میوه مرکبات انجام شده است، در این پژوهش اثر پوشش واکس روی ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی چهار رقم مرکبات طی انبارداری بررسی شده است.

1. Rouge La Toma

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش میوه چهار رقم از مرکبات شامل پرتقال‌های «تامسون ناول»، «سیاورز» (پرتقال محلی)، پرتقال خونی «مورو» و یک رقم نارنگی «پیج» جهت مطالعه استفاده شدند. میوه‌ها پس از برداشت بر اساس یکنواختی در اندازه و سالم بودن گروه‌بندی شدند. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون پوشش)، تیمار واکس (نوع رایج و مورد استفاده تولیدکنندگان منطقه) و مدت انبارداری، در سه تکرار بود. میوه‌های هر رقم (۵۰ عدد در هر تکرار)، پس از تیمار، در سردخانه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ روز قرار داده شدند. نمونه‌برداری در شروع دوره انبارداری و سپس به فاصله زمانی هر ۳۰ روز انجام شد و تأثیر تیمارها روی صفات زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

**فنل کل:** به‌منظور استخراج ترکیبات فنلی ارقام خونی از حلال متانول و استیک‌اسید به نسبت ۱۵ :۸۵ درصد و جهت ارقام غیرخونی (بلاند) از متانول به تنهایی استفاده شد. عصاره میوه همراه با گوشت به صورت دستی تهیه، و به نسبت ۱:۳ به‌مدت ۱۸ ساعت در داخل حلال قرار داده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. محلول رویی در درون تیوب‌های درب‌دار و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. میزان فنل کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتو[1] و با روش اسپکتروفتومتری تعیین شد (میرز و همکاران، ۲۰۰۳). در این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی آب‌میوه یا پوست میوه با ۱۲۵ میکرولیتر معرف فولین (۵ درصد) مخلوط شده، پس از ۵ دقیقه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول ۷ درصد بیکربنات سدیم به آن اضافه شد. در نمونه بلانک از آب دیونیزه به جای عصاره استفاده شد. میزان جذب مخلوط واکنش بعد از ۱۲۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور، در طول موج ۷٦۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ۱۰۰۰– ND، ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. خط درجه‌بندی با استفاده از غلظت‌های مختلف گالیک‌اسید (۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) به‌دست آمد. میزان فنل کل از روی خط درجه‌بندی بر حسب میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱۰۰ گرم عصاره در سه تکرار، برای هر نمونه و استاندارد بیان شد.

**فلاونوئید کل:** میزان فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم‌کلراید اندازه‌گیری شد (بور و همکاران، ۲۰۰٦). ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی گوشت و پوست میوه، با ۱۰ میکرولیتر

1. Folin–Ciocalteau reagent

آلومینیوم‌کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰ میکرولیتر پتاسیم‌استات (۱ مولار) و ۲۸۰ میکرولیتر آب دیونیزه مخلوط شد. نمونه‌ها پس از ورتکس شدن، در دمای اتاق به‌مدت ٤٠ دقیقه نگهداری شدند. همزمان ٦ غلظت مختلف (۰/۰۱۵، ۰/۰۳، ۰/۰٦، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) از کوئرستین، با هدف تهیه خط درجه‌بندی تهیه شد. میزان جذب مخلوط واکنش در طول موج ٤١٥ نانومتر در مقابل بلانک محتوی آب دیونیزه، به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در سه تکرار خوانده شد. میزان فلاونوئید کل بر اساس خط درجه‌بندی کوئرستین تعیین شد. نتایج بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن‌تر پوست و گوشت میوه بیان شد.

**آسکوربیک‌اسید:** غلظت آسکوربیک‌اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲،٦- دی کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک‌اسید اندازه‌گیری شد (بور و همکاران، ۲۰۰٦). در این روش، مقدار یک گرم از بافت گوشت و پوست میوه با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک‌اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط بالا در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۵۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲۰۰ میکرولیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در سه تکرار خوانده شد. نمونه بلانک دارای ترکیبات فوق به‌جز عصاره میوه بود. غلظت آسکوربیک‌اسید با استفاده از خط درجه‌بندی تهیه شده از غلظت‌های مختلف آسکوربیک‌اسید (٦/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در حضور DCPIP محاسبه شد.

**ظرفیت آنتی‌اکسیدانی:** ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه با دو روش DPPH و ABTS اندازه‌گیری شد. در روش DPPH، فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال ۲و۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل[1] توسط عصاره نمونه با روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد (براند- ویلیامز و همکاران، ۱۹۹۵). میزان فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH با چهار غلظت متفاوت عصاره میوه از فرمول درصد فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال ($DPPH = [(A_C - A_S)/A_C] \times ۱۰۰$) محاسبه شد. در این معادله $A_C$ جذب رادیکال DPPH بدون هیچ آنتی‌اکسیدان به‌عنوان کنترل و $A_S$ جذب DPPH به‌علاوه نمونه بوده و از متانول به‌عنوان بلانک استفاده شد.

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

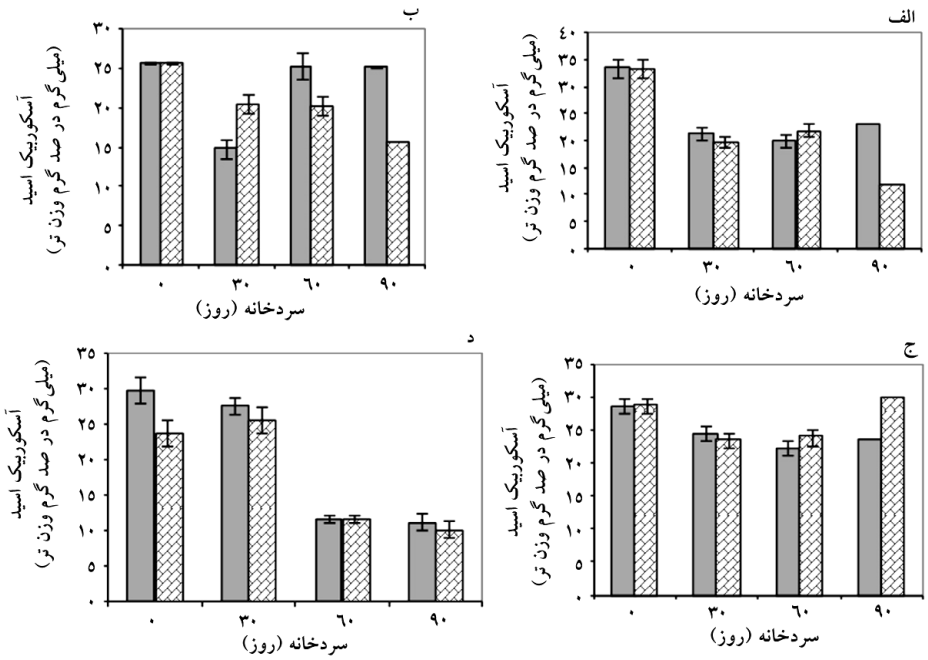
در سنجش ABTS، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از عصاره متانولی گوشت میوه برای هضم رادیکال‌های $ABTS^{\bullet+}$ (۲ و ۲- آزینوبیس-(۳- اتیل بنزوتیازولین- ٦- سولفونیک اسید)[1]، اندازه‌گیری شد. رادیکال $ABTS^{\bullet+}$ با افزودن پتاسیم پرسولفات به ABTS و قرار دادن در محیط تاریک به‌مدت ١٦ ساعت، تشکیل شد. سپس این محلول پایه با افزودن اتانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ٧٣٤ نانومتر رقیق شد. نمونه عصاره و رادیکال به نسبت ۵:۱۰۰ میکرولیتر مخلوط، و جذب آن در ٧٣٤ نانومتر بعد از ۷ دقیقه قرائت شد. درصد بازدارندگی با استفاده از فرمول ($[(A_C - A_S)/ A_C]\times 100$ = درصد بازدارندگی) محاسبه شد.

**تجزیه آماری:** تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از آزمایش فاکتوریل دو عامله و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت.

## نتایج و بحث

**آسکوربیک‌اسید گوشت میوه:** به‌طورکلی میزان آسکوربیک‌اسید گوشت میوه طی انبارداری کاهش یافت ولی این کاهش در میوه‌های واکس‌نزده بیشتر و یا مشابه میوه‌های واکس‌زده بود. این روند کاهشی در رقم پیج در مقایسه با بقیه ارقام، بالاتر بود. در مورو که رقم خونی است نه تنها تفاوتی بین میوه‌های واکس‌زده و نزده از این نظر وجود نداشت، بلکه در پایان دوره انبارداری میزان آسکوربیک‌اسید در میوه‌های بدون واکس بالاتر از واکس‌دارها بود (شکل ۱). به‌طور مشابه در پرتقال والنسیا نیز تحت پوشش‌های مختلف از جمله واکس، آسکوربیک‌اسید در طی انبارداری تغییر معنی‌داری نکرد (بالدوین و همکاران، ۱۹۹۵). روند کاهش آسکوربیک‌اسید طی انبارداری به‌ویژه به مدت طولانی، در سیب نیز گزارش شده است و مشخص شد که میزان آسکوربیک‌اسید تحت تیمارهای پوششی کاهش یافت (هیات و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج مغایر با کاربرد تیمار پوششی (پلی‌ساکاریدی) روی خربزه نیز به‌دست آمد که نسبت به بدون پوشش‌ها مانع کاهش آسکوربیک‌اسید شد. این پدیده ممکن است به‌دلیل کاهش مولکول‌های اکسیژن درون بافت میوه به‌دلیل استفاده از پوشش باشد.

1. 2,2-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)

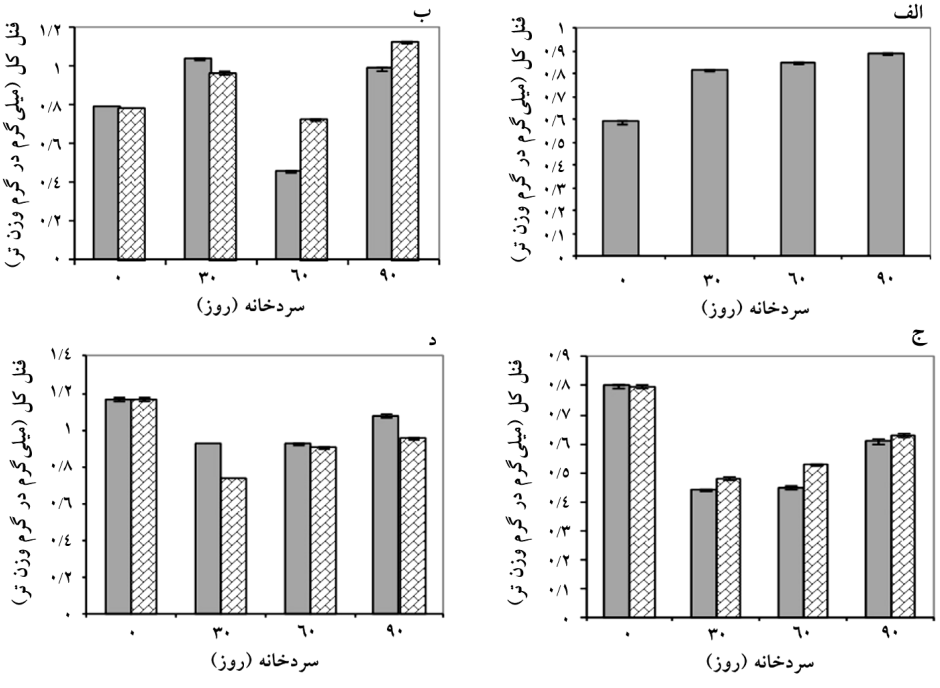



**شکل ۱- اثر پوشش واکس بر میزان آسکوربیک‌اسید گوشت میوه پرتقال رقم تامسون (الف)، سیاورز (ب)، مورو (ج) و نارنگی رقم پیج (د) طی انبارداری.**

خط‌های عمودی روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده خطای استاندارد است. (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

**فنل کل گوشت میوه:** میزان فنل کل در رقم تامسون تحت تأثیر پوشش واکس قرار نگرفت ولی طی انبارداری (از روز ۳۰ به بعد) مقدار آن به‌طور معنی‌داری بالاتر از شروع انبارداری بود. در سایر ارقام نیز فنل کل طی انبارداری به‌طور جزئی کاهش یافت لیکن بر خلاف آنچه در میزان فنل پوست مشاهده شد (داده‌ها آورده نشده است) این کاهش در میوه‌های بدون واکس کمتر از واکس‌دارها بود (شکل ۲). مشابهاً شن و همکاران (۲۰۱۲) نیز در شروع انبارداری افزایش و سپس روند بطئی در میزان ترکیبات فنلی نارنگی ساتسوما و پرتقال هاملین تحت پوشش واکس طی انبارداری مشاهده نمودند، گرچه در واکس‌نزده‌ها نسبتا بالاتر بود. گزارش شده است که میزان فنل کل در پرتقال‌های تیمار شده با واکس، طی ۹ هفته انبارداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (موساید و همکاران، ۲۰۰۰). تجمع ترکیبات فنلی در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش گزارش شده است که دلیل آن فعالیت بالای

آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز است (امس- الیو و همکاران، ۲۰۰۸). این آنزیم در شرایط تنش پس از برداشت فعال‌تر است و روی میزان فنل کل گوشت میوه تأثیرگذار است. بالا بودن نسبی فنل کل در میوه‌های واکس‌زده (نارنگی پیج) ممکن است به دلیل تغییر اتمسفر درونی میوه ناشی از وجود پوشش باشد (امس- الیو و همکاران، ۲۰۰۸).

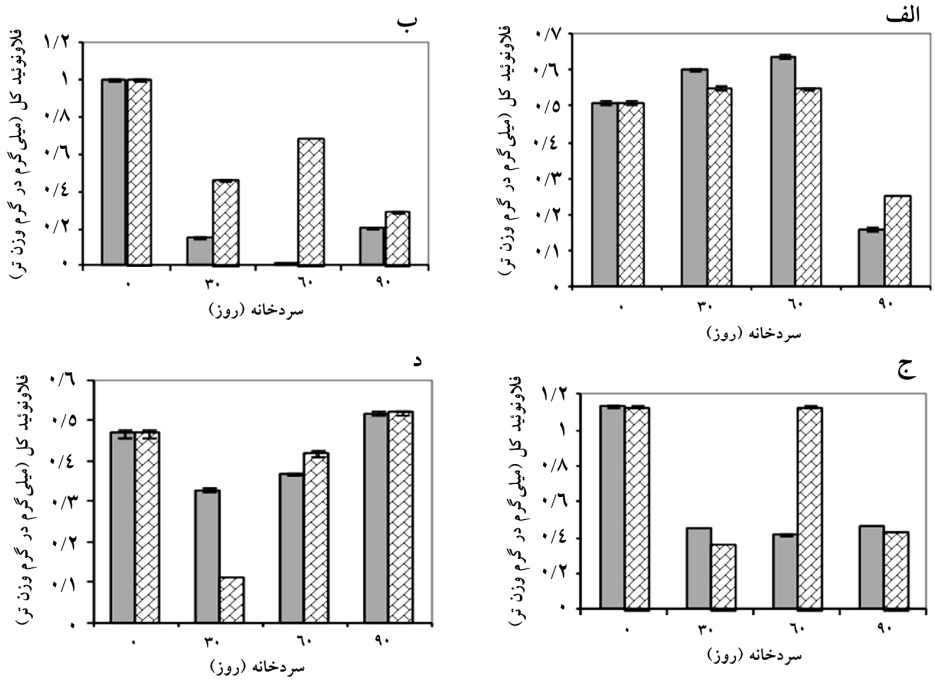



**شکل ۲- اثر پوشش واکس بر میزان فنل کل گوشت میوه پرتقال رقم تامسون (الف)، سیاورز (ب)، مورو (ج) و نارنگی رقم پیج (د) طی انبارداری.**

خط‌های عمودی روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده خطای استاندارد است. (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

**فلاونوئید کل گوشت میوه:** در ارقام تامسون و پیج واکس به خوبی سبب حفظ ترکیبات فلاونوئیدی طی انبارداری شد. در پایان انبارداری فقط فلاونوئید کل در پیج در سطح بالایی حفظ شد. در گوشت سیاورز و مورو سطح فلاونوئید کل میوه‌های بدون پوشش واکس در روزهای ۳۰ و ۶۰ انبارداری بالاتر از میوه‌های واکس‌زده بود که با گزارش شن و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت (شکل ۳).

اطلاعات کمی در زمینه تغییر فلاونوئیدهای میوه طی انبار وجود دارد. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که واکس مانع تحریک تولید فلاون‌ها ناشی از کاربرد پرتوتاپی در پرتقال شد (موساید و همکاران، ۲۰۰۰). طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مقدار فلاونوئیدها در رقم خونی مورو نسبت به سایر ارقام پرتقال سطح بالاتری داشت. گزارش شده است که دمای پایین انبار سبب تحریک ساخت فلاونوئیدها در ارقام خونی می‌شود (راپیساردا و همکاران، ۲۰۰۸).

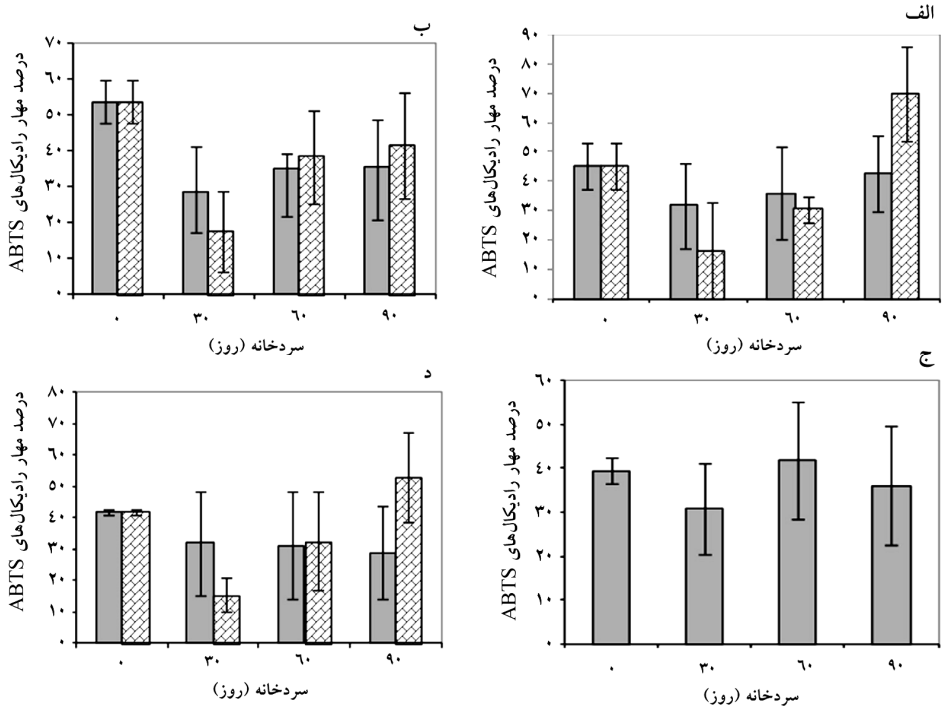



**شکل ۳- اثر پوشش واکس بر میزان فلاونوئید کل گوشت میوه پرتقال رقم تامسون (الف)، سیاورز (ب)، مورو (ج) و نارنگی رقم پیج (د) طی انبارداری.**

خط‌های عمودی روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده خطای استاندارد است. (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه:** وقتی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس میزان مهار رادیکال‌های DPPH انجام شد، در کلیه ارقام بین میوه‌های واکس‌زده و نزده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان مهار رادیکال‌های ABTS توسط عصاره‌ی گوشت اکثر ارقام از روز ۶۰ تا پایان انبارداری در نمونه‌های

بدون واکس بالاتر از واکس‌دارها بود (شکل ٤). هر چند در رقم مورو واکس تأثیر معنی‌داری در میزان مهار رادیکال‌های ABTS نداشت. در مقابل بیشترین درصد مهار رادیکال‌های ABTS دو ماه پس از شروع انبارداری مشاهد شد و در پایان انبارداری کاهش نسبی یافت (شکل ٤- ج).




**شکل ٤- اثر پوشش واکس بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه پرتقال رقم تامسون (الف)، سیاورز (ب)، مورو (ج) و نارنگی رقم پیج (د) طی انبارداری.**

خط‌های عمودی روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده خطای استاندارد است. (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

به‌طورکلی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی انبارداری به‌ویژه در نمونه‌های بدون واکس افزایش یافت که با میزان فنل‌کل نیز در ارتباط است. به‌طور مشابه چنین نتایجی در نارنگی کیووان پوشش داده شده با شلات گزارش شده است (پوتونسیری و هارونکید، ۲۰۱۰). هم‌چنین گزارش شده است که بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با میزان بالای فنل نیز در ارتباط است. نقش فنل‌ها ممکن است بیشتر از آسکوربیک‌اسید باشد، هرچند سایر ترکیبات فیتوشیمیایی نیز در این میان نقش دارند (امس- الیو و

همکاران، ۲۰۰۸). در این آزمایش مشخص شد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پایان دوره انبارداری در میوه‌های واکس‌نزده افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل بالابودن آسکوربیک‌اسید در ۹۰ روز بعد از انبارداری باشد. با این‌که لادانیا (۲۰۰۸) گزارش کرده است که میزان آسکوربیک‌اسید در پرتقال خونی طی انبار با دمای پایین افزایش می‌یابد ولی در این آزمایش در تیمارشده‌ها و شاهد روند کاهشی داشت.

بر اساس نتایج این پژوهش، در روز ٦٠ انبارداری روند تغییر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در هر چهار رقم مورد آزمایش کند است، که دلیل آن ممکن است اثرات برهمکنش ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آسکوربیک‌اسید باشد (دل کارو و همکاران، ۲۰۰٤). فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تازه‌ی ارقام، جدای از نوع پوشش در شروع انبارداری بالاست. این افزایش به‌دلیل مقاومت پلی‌فنل‌ها در برابر اکسیداسیون شیمیایی و آنزیمی بوده و به‌این وسیله مانع کاهش آنتی‌اکسیدان‌ها طی انبارداری نیز می‌شود. در مقابل کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز به کاهش مقدار ترکیبات فنلی و آسکوربیک‌اسید مرتبط است (شن و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که تغییر در ترکیبات با فعالیت آنتی‌اکسیدانی چون فنل‌ها، فلاونوئیدها و آسکوربیک‌اسید بیشتر متأثر از دوره انبارداری بود. علت رابطه بهتر بین آزمون ABTS و فنل‌ها می تواند وجود گروهی از فنل‌های آبدوست مثل فرولیک اسید باشد. گزارش شده است که فنل کل رابطه بیشتری با ABTS نسبت به DPPH دارند که نشان می‌دهد آنتی‌اکسیدان‌ها در مرکبات از هر دو نوع آبدوست و چربی‌دوست هستند (کاهکونن و همکاران، ۲۰۰۱).

## نتیجه کلی

پوشش واکس گرچه کیفیت ظاهری میوه را افزایش می‌دهد ولی نباید در استفاده از آن ارزش غذایی میوه را نیز در مراحل پس از برداشت نادیده گرفت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تازه برداشت‌شده جدا از نوع پوشش، زیاد می‌باشد. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تا میانه‌های انبارداری به کاهش مقدار ترکیبات فنلی و آسکوربیک‌اسید مرتبط است. به نظر می‌رسد پوشش واکس به‌دلیل کاهش تبادل گازی بین درون و اطراف میوه، تا حدودی روی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تأثیر منفی می‌گذارد. طعم بد گوشت میوه نیز می‌تواند ناشی از اثر برهمکنش تنفس پایین و تجمع فنل درون میوه باشد.

## سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۸۸۰۱۲-۱۷-۱۷-۲ موسسه تحقیقات مرکبات کشور است که از مدیریت وقت موسسه آقای دکتر سیروس آقاجانزاده قدردانی می‌شود.

## منابع

1.Abeysinghe, D.C., Li, X., Sun, C.D., Zhang, W.S., Zhou, C.H. and Chen, K.S. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chemistry. 104: 1338-1344.
2.Baldwin, E.A. 2005. Edible coatings. P 301- 304, In: Ben Yeoshua, S. (eds.), Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Boca Raton, FL: CRC Taylor & Francis Group.
3.Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M., Shaw, P.E. and Burns, J.K. 1995. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavour volatiles, degrees Brix and ascorbic acid levels. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43: 1321-1331.
4.Biolatto, A., Salitto, V., Cantet, R.J.C. and Pensel, N.A. 2005. Influence of different postharvest treatments on nutritional quality of grapefruits. LWT-Food Science and Technology. 38: 131–134.
5.Bor, J.Y., Chen, H.Y. and Yen, G.Ch. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 54: 1680–1686.
6.Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT- Food Science and Technology. 28: 25-30.
7.Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V. and Agabbio, M. 2004. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. Food Chemistry. 84: 99–105.
8.Hagenmaier, R.D. 2002. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. Postharvest Biology and Technology. 24: 79-87.
9.Hayat, I., Masud, T. and Rathore, H.A. 2005. Effect of Coating and Wrapping materials on the shelf life of apple (*Malus domestica* cv.Borkh). Internet Journal of Food Safety. 5: 24-34.
10.Jeong, S.T., Goto-Yamamoto, N., Kobayashi, S. and Esaka, M. 2004. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. Plant Science. 167: 247–252.
11.Kahkonen, M.P., Hopia, A.I. and Heinonen, M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49: 4076-4082.
12.Ladaniya, M.S. 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, Amsterdam. 558 p.
13.Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P. and Liu, R.H. 2003. Antioxidant and anti-proliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 6887-6892.

14.Moussaid, M., Lacroix, M., Nketsia-Tabiri, J. and Boubekri. C. 2000. Phenolic compounds and color of oranges subjected to a combination treatment of waxing and irradiation. Radiation Physics and Chemistry. 57: 273-275.
15.Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. Postharvest Biology and Technology. 50: 87–94.
16.Petrack, P.D., Dou, H. and Pao, S. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. Postharvest Biology and Technology. 14: 99-106.
17.Puttongsiri, T. and Haruenkit, R. 2010. Changes in ascorbic acid, total polyphenol, phenolic acids and antioxidant activity in juice extracted from coated kiew wan tangerine during storage at 4, 12 and 20°C . Kasetsart J. (Nat. Sci.). 44: 280 - 289
18.Rapisarda, P., Bianco, M.L., Pannuzzo, P. and Timpanaro, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.)Osbeck]. Postharvest Biology and Technology. 49: 348-354.
18.Shen, Y., Yang, H., Chen, J., Liu, D. and Ye, X. 2012. Effect of waxing and wrapping on phenolic content and antioxidant activity of citrus during storage. Journal of food processing and preservation. Abstract.
19.Tripoli, E., Guardia, M.L., Giammanco, S., Majo, D.D. and Giammanco, M. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. Food Chemistry. 104: 466-479.
20.Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y. and Shi, J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. Food Chemistry. 106: 545-551.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
*J. of Plant Production, Vol. 20 (2), 2013*
*http://jopp.gau.ac.ir*

# Response of bioactive compounds in some citrus fruits to wax coating during storage

**[*]J. Fattahi Moghadam[1] and M. Kiaeshkevarian[2]**
[1]Assistant Prof. Dept. of Technical and Engineering, Iran Citrus research Institute, Ramsar, Iran,
[2]Researcher, Dept. of Technical and Engineering, Iran Citrus research Institute, Ramsar, Iran
Received: 2012-08-07; Accepted: 2013-04-03

**Abstract**

Coating not only prevents the evaporation of water inside the fruit and fungus infections but also reduces the appearance marketing. The effects of coating on inner composition which determines the nutritional value and taste of fruit juice has been less studied. To this aim, the experiment was conducted on harvested citrus fruits including 'Thomson', 'Siavaraz' (a local variety), 'Moro', and 'Page' mandarin. Fruits with uniform size and free of any disorders were harvested, and divided into different groups. Used treatments were included control (no coating), wax coating (a type commonly used by growers) and storage period. Treated fruits of each variety were stored at 5°C for 90 days and some physicochemical properties of pulp were evaluated on samples taken from 0, 30, 60 and 90 days after beginning of storage. Overall, ascorbic acid content of four varieties decreased during storage especially in 'Thomson' and 'Page' varieties. The total phenol decreased after harvesting, but at each stage of sampling, phenol content of control fruits was higher than waxed fruits. All treatments had not significant effect to inhibit DPPH radicals. Inversely, uncoated fruits typically inhibited from ABTS radicals than coated fruits especially during the late month of storage.

***Keywords***: Bioactive compounds, Citrus, Quality, Storage, Wax

*Corresponding Author: Email: j.fattahi@areo.ir