بررسی اثر پوشش واکس و مدت انبارداری بر خصوصیات کیفی و کارآیی آنتی‌رادیکالی میوه‌ی چهار رقم مرکبات

Investigating Effects of Wax Coating and Storage Duration on Quality and Antiradical Efficiency of Four Citrus Fruit Cultivars

جواد فتاحی مقدم[۱*]، معصومه کیااشکوریان[۲] و بهروز گلعین[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۱

چکیده

پوشش میوه مرکبات با واکس، از رایج‌ترین تیمارهای قبل از انبارداری است. به نظر می‌رسد تغییر ویژگی‌های کیفی و ارزش غذایی میوه در این شرایط نیاز به بررسی دارد. به این منظور، این آزمایش روی میوه‌های برداشت شده‌ی ارقام پرتقال تامسون، مورو، سیاورز و نارنگی پیج انجام شد. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون پوشش)، پوشش واکس (Britex Ti)، در مدت انبارداری (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز) بود. میوه‌های هر رقم پس از تیماردهی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ روز درون سردخانه قرار گرفت و با نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ خصوصیات کیفی میوه‌ها ارزیابی شد. بر اساس نتایج، میزان کاهش وزن میوه‌ها طی انبارداری، در میوه‌های بدون واکس هر چهار رقم بالاتر از واکس‌دارها بود. پوشش واکس فقط تاثیر معنی‌داری در کاهش ضایعات میوه‌ی رقم تامسون طی انبارداری داشت. میوه‌های با و بدون پوشش واکس تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص‌های رنگ پوست میوه، عصاره‌ی میوه، pH، میزان کل مواد جامد محلول و میزان اسید قابل تیتراسیون طی انبارداری نداشتند. در همه‌ی ارقام و میوه‌های تیمار شده نسبت کل مواد جامد محلول به میزان اسید قابل تیتراسیون طی انبارداری کاهش معنی‌دار هرچند جزئی داشت. پوشش واکس سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تا ماه دوم انبارداری شد ولی با نگهداری بیش از دو ماه، کارآیی آنتی‌رادیکالی کاهش یافت. از نظر حسی، به‌جز نارنگی پیج، سایر ارقام با پوشش واکس وضعیت کیفی و حسی بهتری را در مقایسه با بدون پوشش‌ها داشتند.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کیفیت حسی، کل مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون

۱ و ۳. به ترتیب استادیار و دانشیار موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

۲. محقق موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

*: نویسنده مسئول Email: j.fattahi@areo.ir

مقدمه

حفظ ویژگی‌های کیفی و مطلوب میوه‌ها هدف اصلی صنعت مرکبات به‌ویژه در مرحله انبارداری است. پوشش‌ها و روش‌های جدید بسته‌بندی و هم‌چنین تیمار میوه‌ها با ترکیبات مختلف می‌تواند عمر انباری آن‌ها را افزایش دهد. اکثر پوشش‌ها از مواد تجدید شونده‌ی بی‌خطر مثل واکس‌های طبیعی گیاهی، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و برخی رزین‌ها ساخته شده‌اند. میوه‌هایی مثل مرکبات با استفاده از پوشش‌های خوراکی توان عرضه به بازار بدون نیاز به بسته‌بندی را دارند. استفاده از این نوع پوشش‌ها، می‌تواند روشی سالم و سازگار با محیط‌زیست باشد (*بالدوین*[1]، 2005). میوه‌ها و سبزی‌ها یک لایه واکس طبیعی به‌عنوان لایه حفاظتی در برابر تبادل گازی و اتلاف آب دارند. بنابراین از واکس در میوه‌هایی چون مرکبات با هدف کاهش چروکیدگی، ممانعت از نفوذ قارچ و ظاهر بازارپسند استفاده می‌شود (*یاهیا*[2] و همکاران، 2004).

هیچ پوشش کاملی وجود نداشته و هر یک از پوشش‌ها دارای فواید و معایبی هستند. پوشش همراه با افزایش مدت انبارداری سبب ایجاد طعم و مزه نامطلوب در میوه می‌شود (*بالدوین*، 2005). علت آن کاهش ورود اکسیژن به داخل میوه و تولید متابولیت‌های غیرهوازی مثل اتانول و استالدئید است. اتانول به‌طور طبیعی در میوه واکس نزده وجود دارد و در مقادیر کم تا متوسط تقویت‌کننده طعم است ولی در مقادیر بالا موجب بدطعمی می‌شود. در میان مرکبات نارنگی‌ها خیلی حساس به تجمع اتانول و بدطعمی ناشی از واکس‌زنی به علل ناشناخته هستند. شاید به این دلیل باشد که کیسه‌های آبمیوه نارنگی دارای فعالیت بالاتری از پیروات دکربوکسیلاز و الکل دهیدروژناز بوده که آنزیم‌های کلیدی کنترل‌کننده تنفس غیرهوازی و تولیدکننده به‌ترتیب استالدئید و اتانول هستند (*شی*[3] و همکاران، 2005). در ایران نیز به کاربرد پوشش‌ها به‌ویژه از نوع پلی‌اتیلنی توجه شده است. طی پژوهشی اثرات قارچ‌کش تیابندازول (به نسبت دو در هزار)، واکس، پوشش پلی‌اتیلن و گرمادرمانی (هوای گرم و مرطوب با دمای ۳۸-۳۶ درجه سانتی‌گراد) روی ارقام پرتقال والنسیا، مارس ارلی و محلی جیرفت به‌مدت سه ماه در انبار مطالعه شد. با ارزیابی درصد پوسیدگی، میزان کاهش وزن، میزان اسیدیته و درصد کل مواد جامد محلول و ارزیابی حسی میوه‌ها، تیمار ترکیبی قارچ‌کش و پوشش پلی‌اتیلن برای انبارداری این ارقام ضمن حفظ کیفیت میوه توصیه شد (گلشن تفتی و شاه‌بیک، ۱۳۸۱).

در یک مطالعه اثر سه نوع واکس (واکس با پایه شلاک[4]، با پایه پلی‌اتیلن و کارنوبا[5]) روی کنترل عارضه پیتینگ[6] در گریپ‌فروت سفید مورد بررسی قرار گرفت. عارضه پیتینگ در میوه‌های با واکس شلاک افزایش و در میوه‌های پوشش‌دار با کارنوبا و پایه پلی‌اتیلن توسعه کمتری یافت. این عارضه به دلیل کاهش سطوح اکسیژن درونی میوه ایجاد می‌شود (*پتراکک*[7] و همکاران، 1998). در تحقیقی غلظت واکس مورداستفاده به‌صورت ۵، ۹، ۱۳ و ۱۸ درصد روی میوه نارنگی مور[8] آزمایش شد و نتایج نشان داد که کلیه تیمارها مانع آب از دست‌دهی شدند لیکن غلظت حداقل ۱۳ درصد جهت داشتن ظاهری براق و درخشنده نیاز بود (*پرات*[9] و همکاران، 2005). در پژوهشی دیگر مشخص شد که پوشش پلی‌اتیلن تأثیر بیشتری در کاهش آب از دست‌دهی میوه اوروبلانکو[10] (هیبرید گریپ‌فروت و دارابی) نسبت به واکس داشت (*رودو*[11] و همکاران، 2000). کاهش وزن ۱۰-۵ درصدی موجب کاهش کیفیت و بازارپسندی میوه نارنگی انشو[12] می‌شود. استفاده از واکس روی سطح میوه منجر به کاهش اتلاف وزن تا ۲۸ درصد شد (*جمریچ و پاویچ*[13]، 2004). نتایج بررسی استفاده از پوشش واکس و رزین با قابلیت نفوذپذیری مختلف روی میوه‌ی هیبریدهای نارنگی و نگهداری در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت هفت روز نشان داد که پوشش‌های حاوی رزین نفوذپذیری کمتری داشتند. تغییر در طعم میوه‌هایی که دارای اکسیژن درونی کمتر از چهار و دی‌اکسیدکربن بیشتر از ۱۴ درصد با محتوای اتانولی بیش از ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام بودند مشاهده شد (*هاگنمایر*[14]، 2002). با مطالعه اثر پوشش واکس روی تبادل گازی نارنگی انشو نیز مشخص شد که میزان اکسیژن در میوه کاهش و CO_2 افزایش یافت (*جمریچ و پاویچ*، 2004). در بررسی اثر واکس روی نارنگی انشو روشن شد که واکس سبب کاهش میزان تنفس و در نتیجه کاهش کمتری در مواد جامد محلول، اسیدیته و ویتامین ث شد. از مضرات واکس، بدطعمی ناشی از افزایش استالدئید و اتانول حاصل از تنفس بی‌هوازی اسید پیرووویک، تخریب غدد روغنی و در نتیجه پیتینگ پوست

1. Baldwin
2. Yahia
3. Shi
4. Shellac
5. Carnauba
6. Pitting
7. Petracek
8. Mor
9. Porat
10. Oroblanco
11. Rodov
12. Unshiu
13. Jemriic and Pavicic
14. Hagenmaier

گزارش شده است (*جمریچ و پاویچ*، 2004). میوه‌ی مرکبات دارای ارزش غذایی بالا به دلیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی چون آسکوربیک‌اسید و ترکیبات فنلی است (*تریپلی*[1] و همکاران، 2007؛ *ابیسینگ*[2] و همکاران، 2007). از طرفی ممکن است پوشش میوه در انبار روی میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ارزش غذایی میوه‌ها تأثیرگذار باشد. در این زمینه گزارش شده است که افزایش جزئی در میزان دی‌اکسیدکربن درونی میوه ناشی از کاربرد پوشش واکس، سنتز ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (*جونگ*[3] و همکاران، 2004).

در حال حاضر تولیدکنندگان مرکبات و یا سردخانه‌دارها متوجه خسارت اقتصادی ناشی از پوسیدگی‌های انباری در سردخانه هستند. در سال‌های اخیر مشاهده می‌شود که میوه‌های پوشش داده شده در اثر کاهش میزان تنفس هوازی درون میوه، دچار تخمیر و تولید استالدئید و طعم الکلی می‌شوند. این میوه‌ها با اینکه ظاهر مطلوبی دارند ولی طعم مطلوبی ندارند. یافتن آستانه شروع ساخت این ترکیبات در میوه‌های با پوشش، تعیین‌کننده مدت‌زمان مفید نگهداری میوه است. بدین منظور در این تحقیق اثر برخی پوشش‌ها روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و حسی چهار رقم تجاری مرکبات طی انبارداری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از میوه‌ی سه رقم پرتقال تامسون ناول[4]، سیاورز (محلی)[5]، پرتقال خونی مورو[6] و یک رقم نارنگی پیج[7] جهت مطالعه استفاده شد. میوه‌ها پس از برداشت از باغ‌های تحقیقاتی پژوهشکده مرکبات و میوه های نیمه گرمسیری (رامسر) براساس یکنواختی در اندازه و عاری بودن از هرگونه ضایعات گروه‌بندی شدند. تیمارها شامل شاهد (بدون پوشش)، تیمار واکس Britex Ti (۱۸٪ وزنی واکس، ۰/۲٪ وزنی ایمازالیل، ۰/۵٪ وزنی تیابندازول)، و مدت انبارداری (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز) بود. میوه‌های هر رقم پس از تیماردهی در سردخانه با دمای پنج درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد قرار داده شد. با نمونه‌برداری در شروع انبارداری و سپس به فاصله زمانی هر ۳۰ روز تا روز نودم انبارداری، تأثیر تیمارها مورد بررسی قرار گرفت. عصاره میوه با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی استخراج و حجم آن با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. با محاسبه درصد نسبت حجم عصاره به وزن میوه، درصد عصاره‌ی میوه در مقایسه با تفاله محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه تعداد سه عدد میوه از هر تکرار شماره‌گذاری شد و در هر نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل و پس از اندازه‌گیری وزن آن‌ها به سردخانه منتقل شد. درصد کاهش وزن میوه با معادله ۱ محاسبه شد.

معادله ۱

۱۰۰ × (وزن اولیه/وزن ثانویه – وزن اولیه) = درصد کاهش وزن

تغییرات رنگ پوست با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مدل CR 400 – Minolta و در سه نقطه‌ی پوست میوه اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L^* (درخشندگی)، a^* (سبزی (-) به قرمزی (+)) و b^* (آبی (-) به زردی (+))، زاویه رنگ Hue angle = arctan (b^*/a^*) و کروما Chroma= a^*2 + (b^*2)1/2 اندازه‌گیری شد. میزان TSS بر حسب درصد توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago – ATC- 20)، برای هر یک از میوه‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری TA، مخلوط ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و با استفاده از دو قطره شناساگر فنل فتالئین با سود یک‌دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن تیتر گردید (AOAC، 1998).

برای تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از عصاره متانولی گوشت میوه برای هضم رادیکال‌های ABTS (۲ و ۲- آزینوبیس – (۳- اتیل بنزوتیازولین ۶- سولفونیک اسید)، اندازه‌گیری شد (*الیاناپاتیرانا و شهیدی*، 2006). رادیکال ABTS با افزودن پتاسیم پرسولفات به ABTS و قرار دادن در محیط تاریک به‌مدت ۱۶ ساعت، تشکیل شد. سپس این محلول پایه با افزودن اتانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول‌موج ۷۳۴ نانومتر رقیق شد. نمونه عصاره و رادیکال به‌ترتیب به میزان ۵ به ۱۰۰ میکرولیتر مخلوط و جذب آن پس از ۷ دقیقه در طول‌موج ۷۳۴ نانومتر در سه تکرار قرائت شد. درصد بازدارندگی با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد. ارزش TEAC [8] با استفاده از شیب خط استاندارد حاصل از درصد بازدارندگی رادیکال ABTS توسط ترولاکس و معادله ۳ محاسبه شد (شکل ۱).

معادله ۲

درصد بازدارندگی= [(AC – AS)/AC] × 100

معادله ۳ (در این معادله m یا شیب خط ۱۹/۵۴ است)

TEAC value = % Inhibition/m

1. Tripoli
2. Abeysinghe
3. Jeong
4. Thomson Navel
5. Siavaraz
6. Moro
7. Page
8. Trolox Equivalent Antioxidant Capacity Value (TEAC Value)

در پایان دوره انبارداری، جهت آزمون حسی تعداد ۲۰ ارزیاب به‌صورت تصادفی از مجموع کارکنان زن و مرد با رده‌های سنی و شغلی مختلف از موسسه تحقیقات مرکبات کشور انتخاب شدند. میوه‌های هر تکرار توسط سه ارزیاب مورد بررسی قرار گرفت و برداشت حسی، دیداری و چشایی آن‌ها در پرسش‌نامه‌ای ثبت شد. در این پرسش‌نامه ارزیاب‌ها به ویژگی‌هایی چون خصوصیات ظاهری پوست و گوشت، عطر، طعم، شیرینی، ترشی، تلخی و پذیرش کلی میوه در دامنه ۱ تا ۱۰۰ نمره دادند. حدود نمره‌ها براساس روش هدونیک[1] به‌صورت ۱= ضعیف، ۵۰= رضایت‌بخش و ۱۰۰= عالی و به‌صورت درصد بیان شد. داده‌های سایر صفات با برنامه آماری SAS و براساس آزمایش فاکتوریل دوعامله در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن

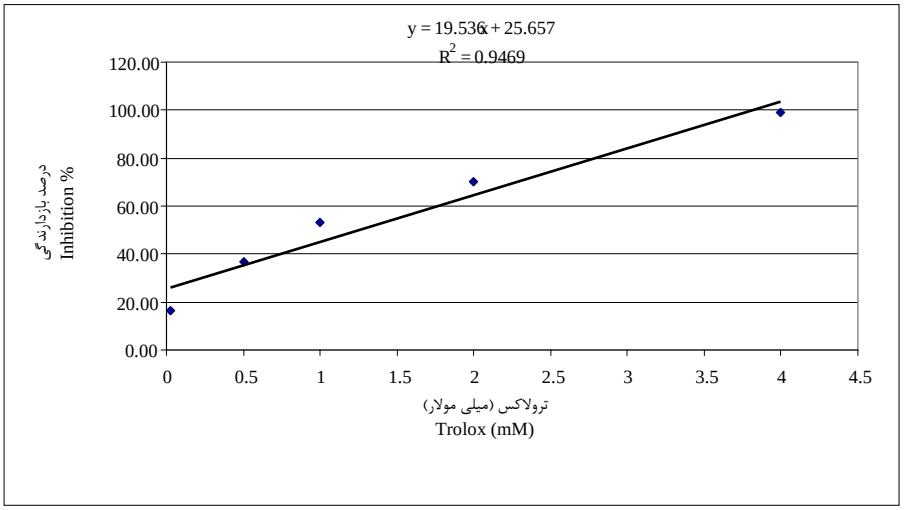
میزان کاهش وزن در هر چهار رقم در میوه‌های شاهد بالاتر از پوشش‌دارها بود. به‌جز رقم سیاورز، میزان کاهش وزن در سایر ارقام در پایان انبارداری نیز افزایش یافت (جدول ۱). کاهش وزن به‌دلیل تعرق بالا عامل اصلی کاهش کیفیت ظاهری محصولات باغبانی و در نتیجه پژمردگی، چروکیدگی، کاهش سفتی و تسریع در پیری میوه است (*آکینو*[2] و همکاران، 2010). معمولاً واکس سبب افزایش درخشندگی پوست میوه شده و تا حدودی بازدارنده‌ی قارچ‌های عامل پوسیدگی نیز است (*رجاس- آرگودا*[3] و همکاران، 2009). طبق نتایج به‌دست‌آمده اثر پوشش واکس جهت حفظ تازگی میوه، از طریق کاهش اتلاف وزن و آب از دست‌دهی پوست ثابت‌شده است (*ماچادو*[4] و همکاران، 2012).

به‌طورکلی واکس سبب کاهش آب از دست‌دهی می‌شود ولی یکنواختی واکس روی سطح میوه نیز نقش مهمی در این رابطه دارد. میوه‌های نارنگی تیمار شده با واکس پارافین که یکنواختی یکسانی دارد، اتلاف وزن نسبتا کمتری نسبت به واکس زنبورعسل داشتند (*شهید و عباسی*[5]، 2011). کاهش وزن میوه‌ها در اثر انتقال آب از میان روزنه‌های پوست آن اتفاق می‌افتد. پوشش واکس با حفظ رطوبت اطراف میوه و هم‌چنین تبادلات گازی، در از دست دادن آب میوه ایجاد محدودیت نمود.

میزان ضایعات و آسیب پوستی

مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در رقم پیج اثر متقابل مدت انبارداری بر میزان ضایعات میوه تأثیر معنی‌داری داشت. در این حالت بیشترین پوسیدگی میوه ۶۰ روز بعد از انبارداری و فقط در میوه‌های نارنگی پیج بدون واکس مشاهده شد (شکل ۲). عمده عامل ایجاد ضایعات در انبار، پوسیدگی ناشی از قارچ‌های پنی‌سیلیومی است. لیکن عارضه سرمازدگی در دمای پایین انبار نیز شرایط را برای حمله‌ی این قارچ‌ها فراهم می‌کند. به همین دلیل یکی از عوامل ضایعات می‌تواند آسیب سرمایی میوه باشد. گزارش شده که تیمار واکس سبب کاهش آسیب سرمایی به گریپ‌فروت، پرتقال و آناناس شد (*وانگ*[6]، 2000). از طرفی هرگونه بدطعمی میوه و کاهش کیفیت میوه نیز نوعی ضایعه محسوب می‌شود. با اینکه ضایعات ناشی از آسیب سرمایی در میوه‌های پوشش‌دار کمتر مشاهده شد ولی عارضه‌ی بدطعمی معمولاً در پوشش واکس متداول است. گزارش شده که دلیل این حالت ایجاد شرایط غیرهوازی در میوه‌ها توسط واکس است که منجر به افزایش تنفس غیرهوازی و در نتیجه تولید مواد فرار بدطعم چون اتانول و استالدئید می‌شود (*پرات* و همکاران، 2005).

1. Hedonic
2. D'Aquino
3. Rojas-Argudoa
4. Machado
5. Shahid and Abbasi
6. Wang



شکل ۱: شیب خط استاندارد حاصل از درصد بازدارندگی رادیکال ABTS توسط ترولاکس

Fig. 1: Standard curve of the percentage inhibition of ABTS radical by Trolox

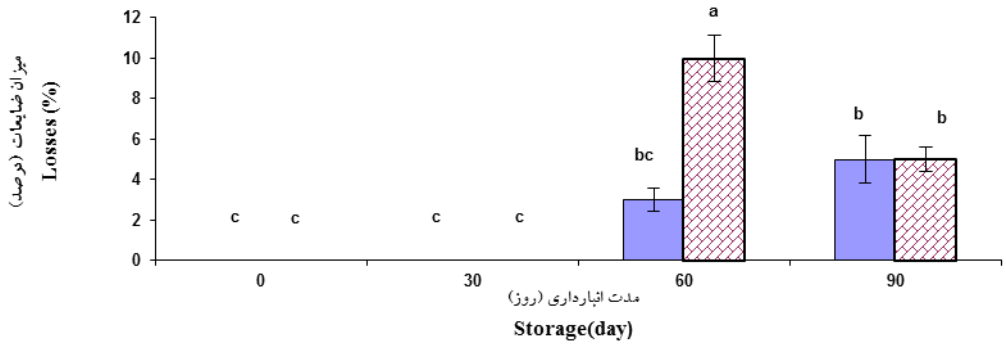
جدول ۱: اثر پوشش واکس بر میزان کاهش وزن میوه چهار رقم مرکبات طی انبارداری (درصد)

Table 1: Effect of wax coatings on the rate of weight loss during storage of four citrus fruit varieties (percent)

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	پوشش Coating	مدت انبارداری (روز) Storage duration (day)
0±0g	0±0e	0±0d	0±0d	واکس زده Wax Coating	0
0±0g	0±0e	0±0d	0±0d	واکس نزده Control	
4.25±0.14f	2.80±0.26c	2.53±0.29c	3.65±0.22bc	واکس زده Wax Coating	30
6.59±0.21d	5.04±0.05a	4.09±0.06b	4.31±0.17ab	واکس نزده Control	
6.26±0.14e	2.04±0.28d	3.53±0.29bc	2.13±0.07cd	واکس زده Wax Coating	60
8.26±0.14c	3.38±0.07b	7.48±0.29a	3.56±0.29bc	واکس نزده Control	
8.8±0.43b	2.53±0.52cd	2.49±0.29c	3.06±0.24bc	واکس زده Wax Coating	90
10.8±0.43a	4.80±0.26a	4.78±0.15b	5.4±0.30a	واکس نزده Control	

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)



شکل ۲: اثر پوشش واکس در میزان ضایعات میوه طی انبارداری رقم پیج (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

Fig. 2: Effect of wax coating on Page fruit losses during storage (■ Wax coating ▨ Control)

تغییر رنگ پوست میوه

میزان درخشندگی پوست میوه‌ی هر چهار رقم در حالت با و بدون پوشش واکس تفاوت معنی‌داری طی سه ماه انبارداری نداشت. با این‌حال پوست میوه‌های بدون واکس نارنگی پیج در پایان انبارداری درخشندگی کمتر (مقدار ۴۶/۰۹) ولی غیرمعنی‌داری با سایر ارقام داشت (جدول ۲). میزان کرومای پوست تامسون و سیاورز فقط تحت تأثیر اثر ساده‌ی مدت انبارداری قرار گرفت. بدین‌صورت که طی انبارداری نسبت به نقطه‌ی شروع انبارداری مقدار آن کاهش یافت (جدول ۳). پوشش و مدت انبارداری تأثیر معنی‌داری در کرومای پوست نارنگی پیج نداشت ولی متقابلاً تأثیر معنی‌داری در کرومای پوست پرتقال خونی مورو داشت. کرومای پوست میوه‌های واکس‌نزده‌ی مورو در روزهای ۳۰ ، ۶۰ و ۹۰ انبارداری بالاتر از واکس‌زده‌ها بود (شکل ۳).

جدول ۲: اثر پوشش واکس در میزان روشنایی پوست (L^*) میوه چهار رقم مرکبات طی انبارداری

Table 2: Effect of wax coating on peel lightness of four citrus fruit varieties during storage

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	پوشش Coating	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
61.33±0.31a	70.15±0.55a	65.03±0.91a	67.97±2.06a	واکس زده Wax Coating	0
61.33±0.31a	70.15±0.55a	65.03±0.91a	67.97±2.06a	واکس نزده Control	
61.90±0.33a	57.99±6.52a	64.97±0.96a	65.87±2.60a	واکس زده Wax Coating	30
58.56±1.77a	63.21±1.90a	65.17±1.13a	65.53±1.07a	واکس نزده Control	
59.73±2.20a	59.30±2.73a	63.74±0.31a	65.48±1.81a	واکس زده Wax Coating	60
58.49±0.55a	61.90±1.83a	65.09±0.69a	64.91±1.22a	واکس نزده Control	
59.06±1.17a	59.29±2.75a	63.69±0.66a	65.16±2a	واکس زده Wax Coating	90
46.09±3.18b	60.47±3.30a	63.45±1a	64.57±1.29a	واکس نزده Control	

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

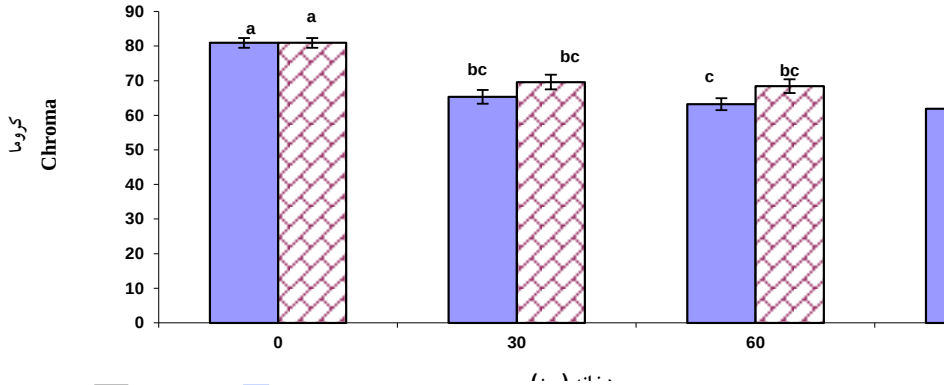
جدول ۳: اثر پوشش واکس در میزان کرومای(C) پوست میوه ارقام تامسون و سیاورز طی انبارداری

Table 3: Effect of wax coating on peel Chroma of four citrus varieties during storage

سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
86.99±1.77a	84.02±1.87a	0
69.62±2.46b	72.82±2.31b	30
68.83±1.38b	72.98±1.96b	60
71.58±1.95b	74.38±2.16b	90

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)



شکل ۳: اثر پوشش واکس در کروما‌ی میوه طی انبارداری رقم مورو (■ واکس زده ▨ واکس نزده)

Fig. 3: Effect of wax coating on peel chroma of Moro variety during storage (■ Wax coating ▨ Control)

جدول ۴: اثر مدت انبارداری در میزان زاویه رنگ (h^o) پوست میوه ارقام مورو و پیج

Table 4: Effect of storage duration on peel Hue of four citrus varieties

پیج Page	مورو Moro	مدت انبارداری (روز) Storage duration (day)
72.67±0.32a	74.81±0.90a	0
66.58±0.69b	67.81±1.73ab	30
67.68±1.20b	65.34±1.78b	60
67.31±0.83b	64.96±2.25b	90

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

شاخص زاویه‌ی رنگ پوست ارقام مورو و پیج تحت تأثیر مدت‌زمان انبارداری قرار گرفت و در هر دو نوع میوه واکس زده و نزده در شروع انبارداری مقداری بیش از ۷۰ داشت ولی تا پایان انبارداری مقدار آن به‌طور غیرمعنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). شاخص‌های کروما و زاویه‌ی رنگ از عوامل مهم تعیین کیفیت ظاهری میوه محسوب می‌شوند و پژوهشگران مختلفی در مطالعات خود مورد توجه قرار داده‌اند (محمدی[1] و همکاران، 2008؛ *میراندا*[2] و همکاران، 2007؛ *پان و شو*[3]، 2007). براساس گزارشی مقادیر استاندارد سه شاخص روشنایی، کروما و زاویه رنگ پوست پرتقال به‌ترتیب ۷۰-۶۵، ۶۰< و ۸۰< بیان شده است (*راکس و باری*[4]، 2006). براساس این مقادیر استاندارد درخشندگی میوه‌ی پیج در روز نودم انبارداری کاهش یافته است. در مقابل شاخص‌های کروما و زاویه رنگ در میوه‌های شاهد و تیمار شده در حد استاندارد بودند. رنگ پوست میوه مرکبات شاخص مهمی برای مصرف‌کننده در زمان خرید است. به‌طورکلی مصرف‌کننده، میوه با رنگ نارنجی تیره را ترجیح می‌دهد. براساس مطالعه‌ای در خصوص تغییر شاخص‌های رنگ پوست میوه در انبار نیز مشخص شد که چنانچه میوه‌ها در حالت تغییر رنگ کامل برداشت شوند، رنگ پوست طی انبارداری تغییر فاحشی نمی‌کند (*فتاحی‌مقدم* و همکاران، ۱۳۹۰).

درصد عصاره‌ی کل

براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، میوه‌های با و بدون پوشش واکس تفاوت معنی‌داری از نظر عصاره‌ی کل طی انبارداری نداشتند. با این‌حال در سه رقم تامسون، سیاورز و مورو بعد از ۶۰ روز انبارداری، میزان عصاره میوه‌های واکس زده کاهش بیشتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش واکس داشتند. نتایج به‌دست آمده با نتایج *ابنلند*[5] و همکاران (2008) مطابقت داشت. آنها بیان کردند میزان عصاره میوه‌های نارنگی تیمار شده با واکس تجاری طی مدت انبارداری کاهش یافت. تأثیر مثبت واکس در نارنگی پیج طی انبارداری مشهودتر بود و میوه‌های واکس زده درصد آب بالاتری داشتند (جدول ۵). به‌طور مشابه در پژوهشی، میوه‌های کلمانتین نیز که با دو نوع

1. Mohammadi
2. Miranda
3. Pan and shu
4. Roux and Barry
5. Obenland

واکس مختلف تیمار شده بودند به‌طور معنی‌داری بسته به طول دوره انبارداری و نوع واکس عصاره‌ی کل بالاتری نسبت به میوه‌های بدون واکس داشتند (*مارسیلا*[1] و همکاران، 2009). در این آزمایش مشخص شد که ارقام سیاورز و مورو عصاره‌ی کل بالاتر از ۳۳ درصد طی انبارداری داشتند. گزارش شده که مقادیر بالاتر از این میزان مورد تایید اتحادیه تجاری مرکبات اروپا است که این دو رقم از این حدنصاب برخوردار بودند (*کمیسیون اتحادیه اروپا*[2]، 2001).

نسبت TSS/TA

تجمع مواد جامد محلول کل در نارنگی پیج و پرتقال تامسون طی انبارداری بالا بود. سیاورز از این نظر در رتبه‌ی پایین‌تری قرار داشت. تا مدت یک ماه انبارداری معمولاً این نسبت در نمونه‌های واکس نزده بالاتر بود ولی در ماه‌های دوم و سوم نمونه‌های واکس زده نسبت قند به اسید آلی بالاتری داشتند (جدول ۶). معمولاً نسبت این دو شاخص بیان‌کننده طعم و مزه میوه است. در تحقیقی گزارش شده است که افزایش در نسبت TSS/TA به دلیل کاهش در میزان اسید قابل تیتر و ثابت بودن میزان TSS در مرحله زمانی خاص است (*پایلی*[3] و همکاران، 2004). گرچه برخی پژوهشگران تغییری در میزان TA و TSS مشاهده نکردند ولی برخی تغییرات جزئی گزارش نمودند که چنین تغییراتی با میزان آب از دست‌دهی کمتر میوه تحت پوشش واکس مرتبط است (*بالدوین* و همکاران، 1995؛ *مارسیلا* و همکاران، 2009). میوه‌های انگور نیز وقتی با کیتوزان قبل و بعد از برداشت تیمار شدند، کیتوزان مانع افزایش زیاد این نسبت در مقایسه با شاهد در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد شد. ممکن است علت آن به ممانعت از تنفس توسط پوشش کیتوزان مرتبط باشد. متابولیسم ضعیف‌تر در استفاده از پوشش سبب حفظ اسیدهای آلی و تا حدودی کاهش این نسبت می‌شود. هرچند دمای پایین انبار نیز در کاهش تنفس و متابولیسم میوه نقش دارد (منگ[4] و همکاران، 2008). این نسبت بسته به رقم نیز متفاوت است. بر اساس جدول ۶ مشاهده می‌شود که میزان اسیدهای آلی در ارقام سیاورز و مورو بیشتر از تامسون و پیج است. نتایج ارزیابی حسی نیز در رقم سیاورز موید ترشی و در تامسون موید شیرینی است (شکل ۴ و ۵).

کارآیی آنتی‌رادیکالی پوست و گوشت میوه

نتایج حاصل از محاسبه کارآیی آنتی‌رادیکالی (ABTS value) که بیانگر میزان مهار رادیکال‌های ABTS توسط عصاره‌ی پوست است نشان داد که به‌جز در رقم مورو که ۳۰ روز بعد از انبارداری تا پایان دوره، پوست میوه‌های واکس نزده کارآیی آنتی‌رادیکالی بالاتری داشتند در سایر ارقام این شاخص از روز ۶۰ تا پایان انبارداری در نمونه‌های بدون واکس بالاتر از واکس‌دارها بود. در ارقام مورو و سیاورز میزان کارآیی آنتی‌رادیکالی پوست در پایان انبارداری به‌ترتیب در میوه‌های بدون پوشش واکس و واکس‌دار افزایش یافت (جدول ۷).

براساس آزمون درصد مهار رادیکال‌های ABTS گوشت میوه مشخص شد که در پایان ماه اول انبارداری میوه‌های واکس زده‌ی هر چهار رقم فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد داشتند لیکن در پایان ماه‌های ۲ و ۳ انبارداری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها بسته به رقم در میوه‌های با و بدون واکس متفاوت بود. فقط در رقم مورو واکس سبب حفظ فعالیت آنتی‌رادیکالی گوشت میوه تا پایان انبارداری شد. در تامسون نیز تا پایان دو ماه اولیه انبارداری واکس اثر مثبت در حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی داشت ولی در رقم پیج در همین مرحله تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸).

1. Marcilla
2. European Union Commission
3. Pillay
4. Meng

جدول ۵: اثر پوشش واکس بر درصد عصاره‌ی کل میوه چهار رقم مرکبات طی انبارداری

Table 5: Effect of wax coating on juice percentage of four citrus fruit varieties during storage

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	پوشش Coating	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
47.31±0.36a	41.60±1.63a	33.51±1.21a	29.03±1.51a	واکس زده Wax Coating	0
47.31±0.36a	41.60±1.63a	33.51±1.21a	29.03±1.51a	واکس نزده Control	
28.36±2.96a	42.35±1.52a	37.48±1.03a	25.84±0.40a	واکس زده Wax Coating	30
25.75±2.43a	41.99±0.52a	37.68±3.02a	24.84±6.78a	واکس نزده Control	
44.82±5.89a	30.71±0.92b	34.08±3a	24.31±1.81a	واکس زده Wax Coating	60
30.22±3.15a	41.98±0.57a	38.99±1.21a	28.17±3.64a	واکس نزده Control	
22.71±0.65a	36.71±1.81ab	35.90±1.23a	24.65±1.43a	واکس زده Wax Coating	90
21.22±3.10b	41.51±1.85a	50.73±0.71a	32.40±5.17a	واکس نزده Control	

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

جدول ۶: اثر پوشش واکس در میزان TSS/TA عصاره‌ی میوه چهار رقم مرکبات طی انبارداری

Table 6: Effect of wax coating on the TSS/TA of four citrus fruit varieties during storage

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	پوشش Coating	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
15.68±0.30cde	4.80±0.19e	3.83±0.1b	7.14±0.08c	واکس زده Wax Coating	0
15.68±0.30cde	4.80±0.19e	3.83±0.1b	7.14±0.08c	واکس نزده Control	
14.46±0.72de	5.33±0.30de	4.67±0.31ab	4.88±0.15d	واکس زده Wax Coating	30
12.33±0.61e	7.02±0.27bc	3.63±0.21b	7.02±0.39c	واکس نزده Control	
17.20±0.37cd	6.49±0.32bcd	5.48±0.61a	6.87±0.23c	واکس زده Wax Coating	60
20.44±0.57bc	6.35±0.31cd	3.19±0.13b	6.71±0.06c	واکس نزده Control	
31.24±1.52a	7.57±0.41b	3.36±0.17b	10.65±0.39a	واکس زده Wax Coating	90
23.41±0.44b	10.71±0.89a	3.77±0.20b	9.56±0.28b	واکس نزده Control	

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

به‌طورکلی کارآیی آنتی‌اکسیدانی در پوست میوه‌ها طی انبارداری به‌ویژه در نمونه‌های بدون واکس افزایش یافت که با میزان فنل کل نیز در ارتباط بود. به‌طور مشابه چنین نتایجی در نارنگی کیووان[1] پوشش داده شده با شلات گزارش شده است. هم‌چنین گزارش شده که بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با میزان بالای فنل نیز در ارتباط است (*امس-الیو*[2] و همکاران، 2008). به‌دلیل ضخامت بیشتر پوست در ارقام سیاورز و تامسون که رابطه‌ی مستقیمی با محتوای فنلی دارد، فعالیت آنتی‌رادیکالی بالاتری نیز در آن‌ها مشاهده شد. هرچند که آسکوربیک اسید نیز معمولاً در پوست بیشتر از گوشت است و سهم زیادی در ظرفیت آنتی‌رادیکالی دارد (داده‌ها نیامده است). از طرفی تبادل بهتر اکسیژن در میوه‌های بدون واکس سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل‌ها می‌شود. این نتایج مشابه یافته‌های به‌دست‌آمده از افزایش اکسیژن در انبار با کنترل اتمسفر توت‌فرنگی است (*آیالا-زاوالا*[3] و همکاران، 2007).

کارآیی آنتی‌رادیکالی گوشت در میوه‌های واکس زده به‌ویژه در ماه‌های اول انبارداری بالاتر از بدون واکس‌ها بود. این حالت در رقم خونی مورو تا پایان انبارداری مشاهده شد که می‌تواند به دلیل افزایش ترکیبات فلاونوئیدی آنتوسیانین باشد. از طرفی همبستگی مثبتی بین آنتوسیانین و آسکوربیک اسید (آنتی‌رادیکال قوی) است. آنتوسیانین‌ها مانع کاهش طبیعی آسکوربیک اسید طی انبارداری می‌شوند (*لادانیا*[4]، 2008). افزایش جزئی دی‌اکسیدکربن درون میوه سبب افزایش فنل‌ها می‌شود (*کیم*[5]، 2005)، ولی به‌نظر می‌رسد با طولانی شدن دوره انبارداری در داخل میوه‌های واکس‌زده تجمع دی‌اکسیدکربن نسبت به اکسیژن افزایش یافته و علاوه بر تولید ترکیبات فرار، میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش می‌یابد. به همین دلیل کارآیی آنتی‌رادیکالی گوشت میوه به‌ویژه در رقم مورو در ابتدای انبارداری تحت تأثیر واکس بالاتر است.

آنالیز حسی

در این پژوهش علاوه بر اینکه برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی از طریق روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت به جنبه حسی و چشایی میوه‌ها توسط افراد با ذائقه‌های مختلف نیز توجه شد. با بررسی وضعیت ظاهری و کیفیت داخلی میوه مشخص شد که در رقم تامسون (شکل ۴) میوه‌های واکس‌زده دارای وضعیت ظاهری گوشت، عطر و پذیرش کلی بهتری نسبت به نمونه‌های بدون واکس بودند. نمونه‌های واکس‌زده رقم سیاورز فقط از نظر طعم و شیرینی نسبت به واکس‌نزده‌ها برتری داشت ولی در مقابل تلخی محسوس‌تری ایجاد نمود (شکل ۵). میوه‌های با پوشش واکس رقم مورو از نظر ظاهری، عطر، طعم و شیرینی وضعیت رضایت‌بخشی نسبت به میوه‌های بدون واکس داشتند. نکته‌ی قابل‌توجه اینکه تا حدودی ترشی میوه در پوشش‌دارها بالاتر بود (شکل ۶). نتیجه‌ی کلی اینکه فقط نارنگی پیچ با و بدون پوشش واکس طعم نامطلوبی در پایان انبارداری داشت (شکل ۷) درحالی‌که در سایر ارقام، میوه‌های واکس‌زده وضعیت بهتری داشتند. گزارش شده است که استفاده از واکس طی بسته‌بندی منجر به تغییر اتمسفر داخلی میوه و تولید متابولیت‌های غیرهوازی مثل اتانول و استالدئید می‌شود. تجمع این متابولیت‌ها باعث بدطعمی میوه‌های واکس زده طی نگهداری در انبار می‌شود. به‌طور مشابه گزارش شده است که نارنگی‌ها به تجمع اتانول و بدطعمی ناشی از واکس‌زنی خیلی حساس هستند (*ابنلند* و همکاران، 2008). هم‌چنین، در یک مقایسه بین انواع مختلف مرکبات مشخص شد نارنگی‌ها خیلی حساس‌تر به تنش غیرهوازی ناشی از استفاده از واکس و هم‌چنین تولید اتانول و استالدئید و بدطعمی بیشتری نسبت به سایر ارقام مرکبات بوده و این ممکن است دلیل اصلی انبارمانی نسبتاً ضعیف نارنگی‌ها باشد (*تایتل*[6] و همکاران، 2011؛ *شی* و همکاران، 2005).

1. Kiew Wan
2. Oms-Oliu
3. Ayala-Zavala
4. Ladaniya
5. Kim
6. Tietel

جدول ۷: اثر پوشش واکس در ارزش ABTS یا کارآیی آنتی‌رادیکالی عصاره‌ی پوست میوه طی انبارداری

Table 7: Effect of wax coating on the ABTS value or antiradical efficiency of fruit peel during storage

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thomson	پوشش Coating	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
3.51±0.036a	3.22±0.057b	3.94±0.075f	4.61±0.15a	واکس زده Wax Coating	0
3.51±0.036a	3.22±0.057b	3.94±0.075f	4.61±0.15a	واکس نزده Control	
2.41±0.009f	2.80±0.003e	4.38±0.011d	3.36±0.006d	واکس زده Wax Coating	30
1.86±0.003g	3.03±0.003d	2.39±0.006g	3.07±0e	واکس نزده Control	
3±0d	2.64±0.006f	3.99±0.003e	3.37±0.006d	واکس زده Wax Coating	60
3.28±0.003c	3.04±0.003d	4.91±0.006c	3.75±0.006c	واکس نزده Control	
2.50±0.006e	3.13±0.006c	5.08±0.006a	2.71±0.006f	واکس زده Wax Coating	90
3.37±0.006b	3.68±0.006a	5.01±0.006b	4.29±0.006b	واکس نزده Control	

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

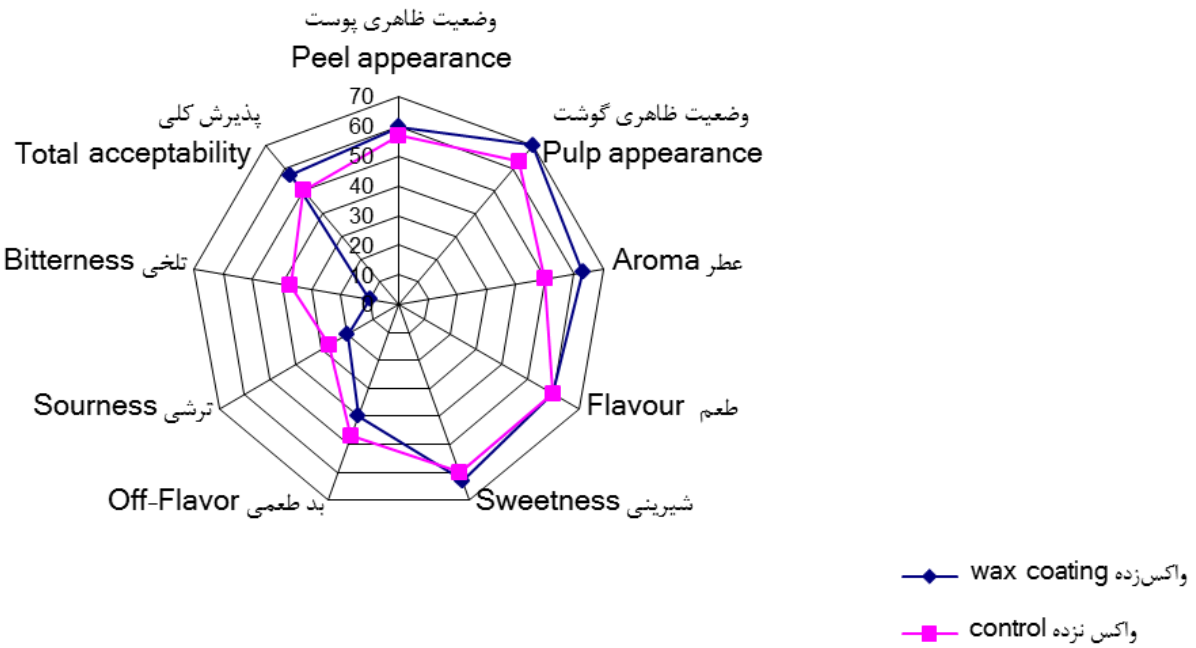
جدول ۸: اثر پوشش واکس در ارزش ABTS یا کارآیی آنتی‌رادیکالی گوشت میوه طی انبارداری

Table 8: Effect of wax coating on antiradical efficiency of fruit pulp during storage

پیج Page	مورو Moro	سیاورز Siavaraz	تامسون Thamson	پوشش Coating	مدت انبار (روز) Storage duration (day)
2.68±0.036a	2.02±0.036b	2.73±0.057a	2.32±0.058b	واکس زده Wax Coating	0
2.68±0.036a	2.02±0.036b	2.73±0.057a	2.32±0.058b	واکس نزده Control	
1.63±0.006b	1.62±0.003c	1.45±0.003e	1.64±0e	واکس زده Wax Coating	30
0.80±0.003d	1.53±0.006d	0.89±0.003f	0.82±0.003g	واکس نزده Control	
1.62±0.006b	2.32±0.006a	1.78±0.006d	1.85±0.006d	واکس زده Wax Coating	60
1.67±0.006b	1.98±0.006b	2.03±0.007c	1.56±0.006f	واکس نزده Control	
1.48±0.006c	2.02±0.006b	1.81±0.006d	2.18±0.006c	واکس زده Wax Coating	90
2.71±0.006a	1.67±0.006c	2.12±0.006b	3.56±0.006a	واکس نزده Control	

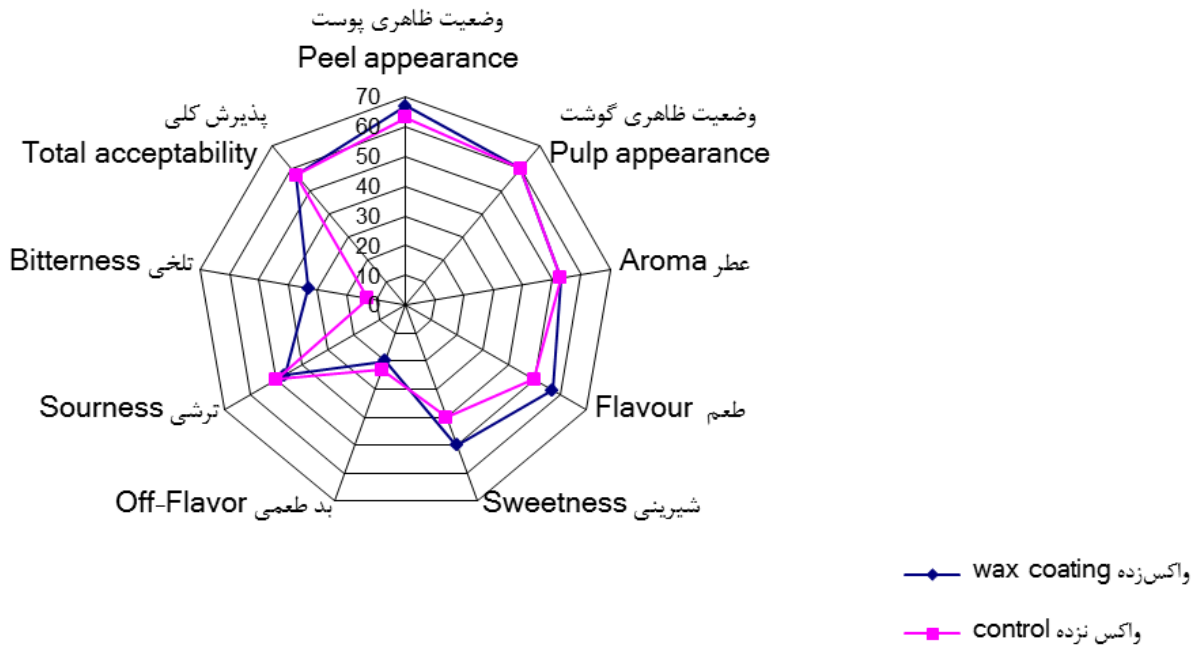
† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

† Values in the same column for each citrus cultivar having different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)



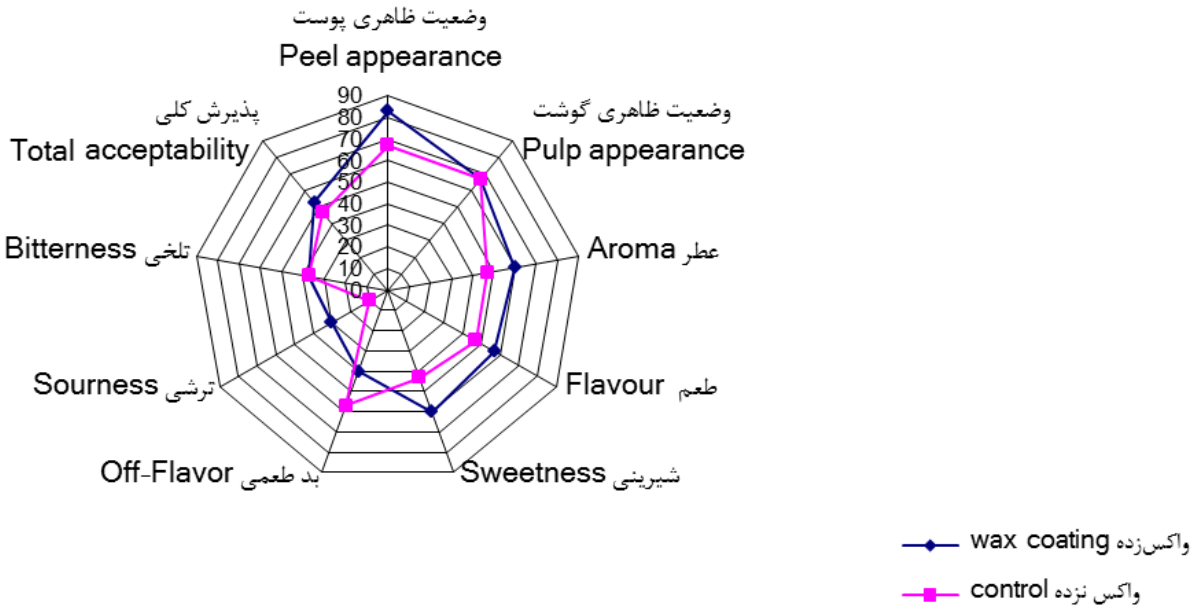
شکل ۴: آنالیز حسی میوه‌ی رقم تامسون در پایان انبارداری

Fig. 4: Sensory analysis of Thomson variety at the end of the storage



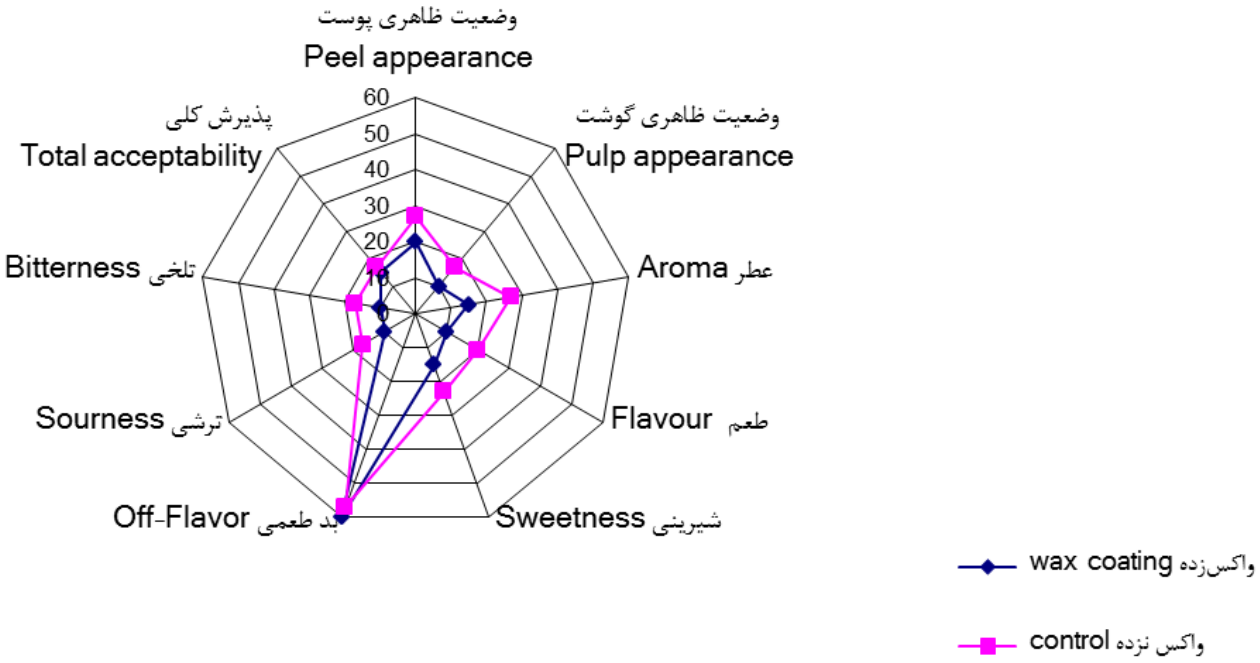
شکل ۵: آنالیز حسی میوه‌ی رقم سیاورز در پایان انبارداری

Fig. 5: Sensory analysis of Siavaraz variety at the end of the storage



شکل ۶: آنالیز حسی میوه‌ی رقم مورو در پایان انبارداری

Fig. 6: Sensory analysis of Moro variety at the end of the storage



شکل ۷: آنالیز حسی میوه‌ی رقم پیج در پایان انبارداری

Fig. 7: Sensory analysis of Page variety at the end of the storage

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پوشش واکس مانع کاهش وزن و چروکیدگی پوست میوه و حفظ عصاره‌ی کل میوه می‌شود. هم‌چنین خصوصیات ظاهری و حسی میوه نیز به‌خوبی حفظ می‌شود. بنابراین با واکس می‌توان بازارپسندی میوه را افزایش داد. ولی ارزش غذایی و طعم میوه را نیز در مراحل پس از برداشت نباید نادیده گرفت. با اینکه برخی خصوصیات شیمیایی میوه چون میزان اسیدهای آلی و قند میوه دچار تغییر نمی‌شود ولی طعم و مزه‌ی میوه نیز در میوه‌های واکس زده به‌ویژه در نارنگی تنزل می‌یابد. بنابراین شاید با استفاده از واکس‌هایی که روزنه‌های پوست میوه را به‌طور کامل مسدود نکند، بتوان ضمن حفظ آب‌میوه، مانع تنفس غیرهوازی در میوه و در نتیجه ایجاد بدطعمی در میوه شد. پوشش‌هایی که تبادل اکسیژن به درون میوه را کاهش می‌دهند در بلندمدت تأثیر منفی روی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در انبار دارد.

منابع

فتاحی مقدم، ج.، حمیداوغلی، ی.، فتوحی قزوینی، ر.، قاسم‌نژاد، م. و بخشی، د. ۱۳۹۰. ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۲): ۲۱۷-۲۱۱.

گلشن تفتی، ا. و شاه‌بیک، م. ۱۳۸۱. تیمارهای فیزیکی، شیمیایی و اثرات آن بر عمر انبارداری پرتقال‌های والنسیا و محلی جیرفت. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۳ (۱۲): ۵۰-۴۱.

Abeysinghe, D. C., Li, X. C., Sun, 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.

AOAC. 942.15. 1998. Acidity titratable of fruit products. In: Official methods of analysis of AOAC International, 16th ed., Gaithersburg, MD: AOAC International.

Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang C. Y. and González-Aguilar, G. A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology, 45: 166-173.

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.

Baldwin, E. A. 2005. Edible coatings, p. 301-304. In: Ben Yeoshua, Sh. (eds.). Environmentally, friendly technologies for agricultural produce quality. Taylor & Francis.

D'Aquino, S., Palma, A., Schirra, M., Continella, A., Tribulato, E. and La Malfa, S. 2010. Influence of film wrapping and fludioxonil application on quality of pomegranate fruit. Postharvest Biology and Technology, 55: 121-128

EUC. 2001. Regulation 1799/2001. Laying down the marketing standard for citrus fruit. European Union Commission, Brussels.

Hagenmaier, R. D. 2000. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. Postharvest Biology and Technology, 24: 79-87.

Jemriic, T. and Pavicic, N. 2004. Postharvest treatments of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* marc.) for the improvement of storage life and quality, p. 222-223. In: Dris, R. and Jain, S. M. (eds.). Production Practices and Quality Assessment of Food Crops Vol. 4: Postharvest Treatment and Technology. Kluwer.

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.

Kim, Y. 2005. Changes in polyphenolics and resultant antioxidant capacity in 'tommy atkins' mangos (*Mangifera indica* L.) by selected postharvest treatments. M.Sc. Thesis. University of Florida. 73 pp.

Ladaniya, M. S. 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, Amsterdam. 558 pp.

Liyana-Pathirana, C. M. and Shahidi, F. 2006. Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats (*Triticum aestivum* L.) and their milling fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 477-485.

Machado, F. L. C., Costa, J. M. C. and Batista, E. N. 2012. Application of carnauba-based wax maintains postharvest quality of 'Ortanique' tangor. Ciênciae Tecnologia de Alimentos, 32: 261-266.

Marcilla, A., Martinez, M., Carot, J. M., Palou, L. and Del Río, M. A. 2009. Relationship between sensory and physicochemical quality parameters of cold stored 'Clemenules' mandarins coated with two commercial waxes. Del Río Spanish Journal of Agricultural Research, 7 (1): 181-189.

Meng, X., Li, B., Liu, J. and Tian, S. 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. Food Chemistry, 106: 501-508.

Miranda, C., Girard, T. and Lauri, P. E. 2007. Random sample estimates of tree mean for fruit size and colour in apple. Scientia Horticulturae, 112: 33-41.

Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Emam-Djomeh, Z. and Keyhani, A. 2008. Kinetic models for colour changes in kiwifruit slices during hot air drying. World Journal of Agricultural Sciences, 4: 376-383

Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Fjeld, K., Doctor, J. and Arpaia, M. L. 2008. Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. Postharvest Biology and Technology, 47: 159-167

Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properites of fresh-cut pears. Postharvest Biology and Technology, 50: 87-94.

Pailly, O., Tison, G. and Amouroux, A. 2004. Harvest time and storage conditions of 'Star Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) for short distance summer consumption. Postharvest Biology and Technology, 34: 65-73.

Pan, H. H. and Shu, Z. 2007. Temperature affects color and quality characteristics of 'Pink' wax apple fruit discs. Scientia Horticulturae, 112: 290-296.

Petracek, 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.

Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A. and Biton, A. 2005. Effects of polyethylene wax content and composition on taste, quality, and emission of off-flavor volatiles in 'Mor' mandarins. Postharvest Biology and Technology, 38: 262-268.

Rodov, V., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J. J. and Ben-Yehoshua, S. 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L.× *Citrus paradisi* Macf.). Postharvest Biology and Technology, 20: 287-294.

Rojas-Argudoa, C., del Rioa, M. A. and Perez-Gago, M. B. 2009. Development and optimization of locust bean gum (LBG)-based edible coatings for postharvest storage of Fortune mandarins. Postharvest Biology and Technology, 52: 227-234.

Roux, S. L. and Barry, G. H. 2006. Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus* spp. M.Sc. Thesis. Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa. 189 pp.

Shahid, M. N. and Abbasi, N. A. 2011. Effect of bee wax coatings on physiological changes in fruits of sweet orange cv. Blood Red. Sarhad Journal of Agriculture, 27: 385-394.

Shi, J. X., Porat, R., Goren, R. and Goldschmidt, E. E. 2005. Physiological responses of Murcott mandarins and Star Ruby grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavor volatiles. Postharvest Biology and Technology, 38: 99-105.

Tietel, Z., Plotto, A., Fallik, E., Lewinsohnd, E. and Porata, R. 2011. Taste and aroma of fresh and stored mandarins. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 14-23.

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.

Wang, C. Y. 2000. Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities, p. 467-472. In: Artés, F., Gil, M. I. and Conesa, M. A. (eds.). Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals, Vol II. IFF-IIR, Murcia, Spain.

Yahia, E. M., Barry-Ryan, C. and Dris, R. 2004. Treatments and techniques to minimise the postharvest losses of perishable food crops, p. 103-104. In: Dris, R. and Jain, S. M. (eds.). Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Vol 4: Postharvest Treatment and Technology, Kluwer. 652 pp.

Investigating Effects of Wax Coating and Storage Duration on Quality and Antiradical Efficiency of Four Citrus Fruit Cultivars

Fatahi Moghadam[1]*, J., Kiaeshkevarian[2], M. and Golein[3], B.

Abstract

The citrus fruit coating is a common postharvest treatment before storage. It seems necessary to study fruit quality and nutritional value changes in this condition. Orange fruits including, Thomson, Siavaraz (A local cultivar), Moro, and Page mandarin were used in this experiment. Treatments were included control (Non-coating), wax coating (Britex Ti) and storage duration (0, 30, 60 and 90 days). Treated fruits were stored at 5°C for 90 days and some qualitative properties of fruits were evaluated with fruit taken from 0, 30, 60 and 90 days during storage. The results showed that fruit weight loss in non-waxed fruits were higher than wax-coated fruits during storage. Wax treatment only had a significant effect on losses of Thomson cultivar during storage. The peel color indices did not change during storage significantly. No significant differences were observed between coated and non-coated fruits about juice percentage, pH, TA and TSS during storage. The TSS: TA ratio decreased in all cultivars significantly. Wax caused an enhancing in antiradical efficiency (in pulp) during two month storage, but reduced again at the end of storage. Finally, sensory analysis revealed that, waxed fruits had better sense and quality conditions -except of page mandarin- compared with non-coated fruits.

Keywords: Antioxidant capacity, Sensory quality, Total soluble solids, Titratable acidity

1 and 3. Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran

2. Researcher, Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran

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