مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۹ شماره ۳/ سال ۱۳۹۸/ صفحات ۹۹ تا ۱۱۴

تغییر برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی دو رقم لیموترش لیسبون و اورکا (*Citrus limon* cvs. Lisbon & Eureka) طی فرایند رسیدگی و عمرقفسه‌ای در شمال ایران

سیده الهام سیدقاسمی[۱] و جواد فتاحی‌مقدم[۲]*

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۸

[۱] کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

[۲] دانشیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

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

چکیده

زمینه مطالعاتی: در این آزمایش ویژگی‌های کیفی لیموهای تولیدی تحت شرایط اقلیمی شمال کشور طی زمان برداشت و عمرقفسه‌ای ارزیابی شد. **هدف**: این پژوهش با هدف ارزیابی ترکیبات زیست‌فعال و خواص فیزیکی‌شیمیایی ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی زمان‌های مختلف برداشت جهت تعیین زمان مناسب برداشت و طی عمرقفسه‌ای جهت برآورد کیفیت پس از برداشت آن‌ها انجام شد. **روش کار**: در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و خواص زیست‌فعال لیموترش‌های لیسبون و اورکا طی دو سال با نمونه‌برداری از درختان طی ۲۵ مهر تا ۲۵ آبان به‌فاصله زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار (چهار زمان) و هم‌چنین در پایان عمرقفسه‌ای ارزیابی شد. **نتایج**: نتایج نشان داد که به جز مقادیر مربوط به حجم میوه، سایر ویژگی‌های فیزیکی میوه طی زمان رسیدن تغییرات معنی‌داری نداشتند. فقط در لیموی اورکا بیش‌ترین وزن میوه در ۵ و ۲۵ آبان، بیش‌ترین آب از دست‌دهی در برداشت ۲۵ مهر و آبان و افزایش درصد عصاره با برداشت دیرتر (۳۳درصد) مشاهده شد. نسبت TSS/TA نیز هم در زمان برداشت و هم در پایان عمرقفسه‌ای متناسب با زمان برداشت افزایش یافت. درصد تفاله و شاخص فناوری میوه فقط در لیموی اورکا طی زمان‌های مختلف برداشت افزایش یافت. مقدار کروما، شاخص رنگ‌گیری پوست (CCI) و فنل‌کل طی عمرقفسه‌ای روند افزایشی نشان دادند. میزان ویتامین C در هر دو رقم در برداشت ۱۵ آبان بالاتر بود و تا پایان عمرقفسه‌ای حفظ شد. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست (در دامنه ۵۰/۱۹ تا ۷۵/۷۲ درصد) و گوشت (در دامنه ٤٤/۰۹ تا ٦۰/۹۲ درصد) لیموی لیسبون و پوست (در دامنه ٤۷/۱٤ تا ٦٦/۸۱ درصد) اورکا فقط در پایان عمرقفسه‌ای تفاوت معنی‌داری نشان دادند. **نتیجه‌گیری نهایی**: هر دو رقم از درصد آب مناسب (۳۳ درصد) در زمان مصرف و ارایه به بازار برخوردار بودند که نگهداری به مدت ۲۰ روز بعد از برداشت تاثیر مثبتی روی این شاخص دارد. بر اساس صفات فیزیکی‌شیمیایی اندازه‌گیری شده، میوه لیموهای لیسبون و اورکا از ۱۵ آبان قابلیت برداشت دارند.

واژگان کلیدی: بلوغ، ترکیبات زیست‌فعال، رنگ پوست، مرکبات

مقدمه

در ایران انواع لیموترش و لیموشیرین به ویژه در جنوب تولید می‌شود که ارزش اقتصادی بالایی دارد. ایران رتبه نهم تولید (٤٥٧٢٧٠ تن) لایم و لمون را با ۲۹۰۱۵ هکتار سطح زیر کشت در بین کشورهای تولیدکننده دنیا دارد (فائو ۲۰۱٦). میزان تولید مرکبات در ایران طی گزارش سال ۱۳۹٦، حدود ٤/٥ میلیون تن بوده است که از این مقدار ۲۱/۷٦ درصد به تولید انواع لیموها اختصاص داشت (آمارنامه جهاد کشاورزی ۱۳۹٦).

لیموترش در ایران، بیشتر در جنوب کشور کشت شده و به‌دلیل سرما تا حدودی گسترش آن در شمال محدود است. با گسترش کشت لیموترش در شمال کشور، بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی میوه مانند درصد آب، مزه، رنگ‌گیری پوست، زمان رسیدن و ترکیبات زیست‌فعال تحت تاثیر شرایط اقلیمی، مراحل رشدی و عمرقفسه‌ای قرار می‌گیرد. آبراهام و همکاران (۲۰۰٤) با بررسی ویژگی‌های میوه لیموی *Citrus aurantifolia* Swingle از ۳۰ تا ۱۸۰ روز بعد از تشکیل میوه به صورت ماهیانه، گزارش کردند که مقدار ضخامت پوست از ۱/۳ با ۰/۸۹ میلی‌متر، قطر میوه از ۱/٤٥ به ۳/٤ سانتی‌متر، درصد عصاره از ۱۷/۳ به ٤٦/۸ درصد، طول میوه از ۱/٦۸ به ۳/٥۷ سانتی‌متر (ماه پنجم ۳/٤٦ سانتی‌متر)، وزن میوه طی دو ماه آخر از ۳۲/٦ به ۳٥/۰٥ گرم تغییر نمود. هم‌چنین با برداشت میوه‌های لیموترش و نگهداری آن به مدت ۲۸ روز و ارزیابی به صورت هفتگی مشخص شد که میزان مواد جامد محلول تا پایان دوره نگهداری روند افزایشی و میزان آسکوربیک اسید روند کاهشی داشت.

حفظ کیفیت ظاهری، شیمیایی و ترکیبات مفید میوه با خاصیت آنتی‌اکسیدانی مورد توجه بسیاری از محققان بوده است (فتاحی‌مقدم و همکاران ۱۳۹۷). در حقیقت ارزش غذایی میوه بستگی مقدار این ترکیبات در میوه‌ها دارد. امروزه مصرف کنندگان، میوه‌های دارای چنین ترکیباتی را ترجیح می‌دهند. این ترکیبات ممکن است طی رسیدن میوه و یا بعد از برداشت از نظر کمی و کیفی تغییر نمایند. عموماً پوست میوه شامل غلظت بالاتری از مواد آنتی‌اکسیدانی است. پوست، نیمی از میوه را تشکیل می‌دهد و غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی چون فنل‌ها و فلاونوئیدها است (تامباس و همکاران ۲۰۱۰). میوه لیمو منبع خوبی از ویتامین است و خواص آنتی‌اکسیدانی زیادی دارد (قاسمی و همکاران ۱۳۹۰). در بررسی ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۲۱ رقم مرکبات از جمله لیمو مشخص شد که پوست مرکبات مقدار قابل توجهی از آنتی‌اکسیدان‌های فنلی دارد (رامفل و همکاران ۲۰۱۰). در بررسی لیمو و ۱۲ رقم دیگر از مرکبات مشخص شد که همبستگی بین محتویات فنلی و فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، در بافت و یا پوست وجود ندارد (قاسمی و همکاران ۲۰۰۹). در پژوهشی میزان درصد آب، TSS، pH، TA و TSS/TA در لیموترش اورکا در زمان برداشت به ترتیب ٤۲/۸۳ درصد، ۸/۹۷ درصد، ۲/۳۲، ٥/۷۳ درصد و ۱/٥۷ بود. هم‌چنین میزان ترکیبات فنلی در این پژوهش ۷۹/۲۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر، میزان آسکوربیک اسید معادل ۳۱/۲٤ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی لیموترش ٥۱/۳۱ درصد گزارش شد (فهد و همکاران ۲۰۱٦). در مقایسه‌ی ترکیبات بیوشیمیایی چهار رقم لیموترش (پرشین لایم، بی‌خار لایم، لیمو مایر و لیسبون) مشخص شد که فعالیت آنتی‌کسیدانی، TSS، pH، در لیموی مایر و لیسبون بیشتر از دو رقم دیگر بود ولی مقدار TA و اسید آسکوربیک کمتری داشتند (طلایی و همکاران ۲۰۱۰). واریته لیسبون یکی از مهم‌ترین و مقاوم‌ترین ارقام متداول لیمو در برابر شرایط نامساعد محیطی در ایران است (فتوحی قزوینی و فتاحی مقدم ۱۳۹٥). در پژوهشی مشخص شد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم لیسبون نسبت به پرتقال سیاورز در دماهای پایین بیشتر است (افشارمحمدیان و همکاران ۲۰۱۱).

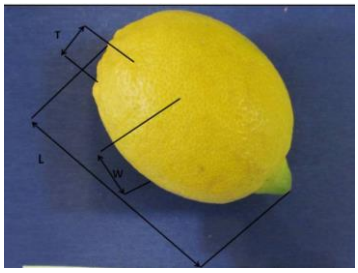
گرچه تولید لیموترش مناسب مناطق جنوبی کشور است لیکن به دلیل شیوع بیماری جاروی جادوگر، بسیاری از باغ‌های اقتصادی امحاء شده و تولید کاهش یافته است (فتوحی قزوینی و فتاحی مقدم ۱۳۹۵). اخیرا به تولید لیموترش در شرایط شمال کشور نیز در فضای آزاد و یا کشت گلخانه‌ای توجه شده است. معمولاً صفر فیزیولوژی مرکبات ۱۲/۵°C است ولی لیموها به‌دلیل حساسیت به سرما حتی نیاز به دمای بالاتری دارند. تاکنون تحقیقات جامعی در زمینه‌ی تغییرات کیفی و فیزیکی‌شیمیایی میوه‌ی لیموها، حین رسیدن و طی عمرقفسه‌ای در شرایط شمال کشور منتشر نشده است. بنابراین هدف اصلی از این پژوهش بررسی میزان ترکیب‌های زیست‌فعال و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی لیموترش‌های لیسبون و اورکا در زمان‌های مختلف برداشت و طی عمرقفسه‌ای و هدف فرعی تعیین زمان مناسب برداشت برای جلوگیری از خطر سرمازدگی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در این پژوهش طی دو سال (سال‌های ۹۴ و ۹۵) میوه‌ی لیموترش ارقام لیسبون و اورکا (*Citrus limon* cvs. Lisbon & Eureka) پیوند شده روی پایه سیترنج با سن ۱۱ سال و با فاصله کشت ۸ × ٤ متر جهت مطالعه روند تغییر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی طی رسیدن و عمرقفسه‌ای در شرایط شمال کشور مورد بررسی قرار گرفتند (شکل‌های ۱ و ۲). مکان تهیه ایستگاه تحقیقاتی کترا متعلق به پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری کشور به مختصات جغرافیایی 36°42'47.7"N 50°58'25.6"E بود. نمونه‌برداری از ۲۵ مهر تا ۲۵ آبان به‌فاصله زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار (چهار زمان) صورت گرفت. میوه‌ها از جهات مختلف درخت (۳۰ عدد میوه از سه درخت) و به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. ۱۵ عدد میوه در زمان برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت و مابقی در انبار معمولی (دمای °C ۷–۱۰، رطوبت ۸۵ درصد) نگهداری شده و پس از گذشت ۲۰ روز از زمان برداشت بررسی شدند.

شکل ۱– میوه لیموترش رقم لیسبون
Figure 1- Lemon Fruit of Lisbon variety

شکل ۲– میوه لیموترش رقم اورکا
Figure 2- Lemon Fruit of Eureka variety



شکل ۳– ابعاد میوه لیموترش
Figure 3- Fruit dimension

طول، دو قطر میوه و صفات مرتبط: با استفاده از دستگاه کولیس مدل Digit-Cal ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر طول میوه (L) (فاصله گلگاه تا دم میوه) و قطر کوچک (W) و ضخامت میوه (T) اندازه‌گیری شد (شکل ۳). مقادیر میانگین قطر حسابی (D_a)، میانگین قطر هندسی (D_g)، قطر معادل (D_{eq}) و قطر هم‌ساز (D_h)، نسبت جانبی یا ضریب رعنایی[1] (%Ra)، کرویت میوه، مساحت رویه (S) با استفاده از معادله‌های $D_a = \frac{(L+W+T)}{۳}$، $D_g = (LWT)^{۱/۳}$، $D_p = [L \times \frac{(W+T)^۲}{۴}]^{۱/۳}$، $D_h = \frac{۳}{\left(\frac{۱}{\text{قطر بزرگ}}\right)+\left(\frac{۱}{\text{قطر کوچک}}\right)+\left(\frac{۱}{\text{طول}}\right)}$، $\%R_a = \left(\frac{W}{L}\right) \times ۱۰۰$، $\emptyset =$

[1] Aspect ratio

$\frac{(LWT)^{1/3}}{L}$ و $S = \pi D_g$[۲] محاسبه شدند (عبدالله و همکاران ۲۰۱۲).

حجم واقعی[۱] (V_t)، حجم ظاهری[۲] (V_a)، خطای دو حجم و چگالی واقعی: به‌منظور تعیین مقدار حجم واقعی تک‌تک میوه‌ها در بشر یک لیتری لبریز از آب فرو برده شد و حجم آب خارج شده که بیان کننده‌ی حجم میوه بر حسب سانتی‌متر مکعب بود، با استفاده از استوانه مدرج بدست آمد. حجم ظاهری با استفاده از معادله $V_a = \frac{\pi}{6} LWT$ محاسبه شد و درصد خطای حجم ظاهری به واقعی با استفاده از معادله $\%e_v = \frac{V_a - V_t}{V_t} \times 100$ مشخص شد. چگالی واقعی میوه با استفاده از نسبت جرم به حجم واقعی میوه بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شد (عبدالله و همکاران ۲۰۱۲).

وزن میوه، درصد عصاره و درصد تفاله: با استفاده از یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن هر میوه تعیین شد. عصاره میوه با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی استخراج و با ترازوی دیجیتال وزن شد. با محاسبه درصد نسبت وزن عصاره به وزن میوه، درصد عصاره‌ی میوه محاسبه شد. درصد تفاله از طریق درصد نسبت وزن تفاله به وزن میوه به‌دست آمد.

درصد کاهش وزن: این شاخص برای میوه‌های نگهداری شده در انبار محاسبه شد. برای این منظور وزن میوه‌ها قبل و بعد از انبارداری تعیین شد. درصد کاهش وزن از رابطه‌ی $\left(\frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100\right)$ به‌دست آمد.

ضخامت پوست: جهت اندازه‌گیری ضخامت پوست میوه بر حسب میلی‌متر، ابتدا یک برش هلالی در قسمت میانی پوست میوه زده شد و با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال مدل Digit-Cal ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

مواد جامد محلول[۳] اسیدیته قابل تیتراسیون[۴]: میزان TSS با استفاده از دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago-ATC-20E ساخت ژاپن با دامنه ۲۰- ۰ درصد) تعیین شد. جهت اندازه‌گیری TA، یک۰ میلی‌لیتر از آب‌میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و پس از افزودن ۳- ۲ قطره معرف فنل‌فتالئین، مخلوط حاصله با هیدروکسیدسدیم یک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. حاصل‌ضرب حجم سود مصرفی در عدد ۰/۰٦٤ بیان کننده میزان TA بر حسب درصد اسید سیتریک است. پس از اندازه‌گیری TSS و TA، نسبت TSS/TA محاسبه شد.

شاخص تکنولوژی: با محاسبه حاصل ضرب درصد عصاره در مواد جامد محلول تقسیم بر ۱۰۰، TI بدست آمد.

رنگ پوست: رنگ پوست نقطه میانی میوه با اندازه‌گیری مولفه‌های L^*، a^* و b^*، زاویه رنگ (Hue angle) و کروما (Chroma) به کمک دستگاه کرومومتر مدل CR400 – Minolta ساخت ژاپن تعیین شد. سپس شاخص رنگ برون‌بر میوه مرکبات با فرمول $CCI = 1000\ a^*/L^*.b^*$ محاسبه شد (جیمنز و همکاران ۱۹۸۱).

عصاره‌گیری از پوست و گوشت میوه: پوست و گوشت میوه پس از جدا شدن، با استفاده از حلال متانول (به‌نسبت ۱:۳) عصاره‌گیری شد. عصاره‌ها برای انجام آزمایش‌های بعدی در فریزر ۲۰°C- نگهداری شدند.

میزان فنل‌کل: اندازه‌گیری میزان فنل کل از روش Folin-ciocalteu با کمی تغییرات انجام شد (میرز و همکاران ۲۰۰۳). در این روش ۲۵۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد با ۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی سانتریفیوژ شده، مخلوط شد و پس از ۵ دقیقه ۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به مخلوط حاصله افزوده شد. پس از ۱/۵ ساعت نگهداری در دمای اتاق و تاریکی

[1] True volume
[2] Apparent volume
[3] Total soluble solid = TSS (ºBrix)
[4] Total acid = TA

میزان جذب عصاره در طول موج ۷٦۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ۱۰۰۰- ND ساخت آمریکا) قرائت شد. آنگاه میزان فنل‌کل با استفاده از معادله خط استاندارد (y = 0.01x + 0.268) برحسب میلی‌گرم در گرم (mg GAE/g) محاسبه شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (براند ویلیامز ۱۹۹۵). برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به نسبت ۱:۱۸ رقیق شدند. سپس ۲۵ میکرولیتر از نمونه با ۱۰۰ میکرولیتر DPPH ترکیب شد. میزان جذب DPPH و محلول حاصل پس از ۲۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق و تاریکی، در طول موج ۵۱۷ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ۱۰۰۰- ND ساخت آمریکا) قرائت شد. فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH=100 (1-As/Ac) محاسبه شد. در این معادله Ac جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به‌عنوان کنترل، As جذب DPPH به‌علاوه نمونه است.

ویتامین C: جهت اندازه‌گیری میزان ویتامین C، یک گرم از بافت گوشت با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید یک درصد مخلوط و به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. پس از سانتریفوژ (در دمای ٤°C و ٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه) ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی برداشته و به آن ۹۰۰ میکرولیتر DCPIP افزوده شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ۱۰۰۰- ND ساخت آمریکا) قرائت شد. در این آزمایش از مخلوط ۱۰۰ میکرولیتر متافسفریک ۱٪ و ۹۰۰ میکرولیتر آب مقطر به عنوان بلانک استفاده شد. آنگاه غلظت ویتامین C با استفاده از معادله خط استاندارد y = -0.0006x + 0.16 برحسب mg/100g وزن تازه محاسبه شد (بور و همکاران ۲۰۰٦).

تجزیه‌ی آماری داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها بعد از اطمینان از نرمال بودن، با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C (نسخه ۱/٤۲) صورت گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با آنالیز مرکب دوساله در قالب طرح کاملاً تصادفی برای هر رقم در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال متناظر انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی میوه

در این مطالعه مشخص شد که به جز مقادیر مربوط به حجم میوه، سایر ویژگی‌های فیزیکی میوه در هر دو رقم تفاوت زیادی نداشتند (جدول ۱). مشخص بودن ابعاد میوه برای تعیین اندازه دیافراگم ماشین‌های فرآوری میوه اهمیت دارد (عبدالله و همکاران ۲۰۱۲). خطای حجم لیموی اورکا منفی‌تر (۱/۲۷- درصد) از لیسبون (۰/۰۵ درصد) بود که نشان داد لیموی اورکا دارای میوه‌های با فضای خالی در درون و یا بین پوست و گوشت است. وجود این حالت به اضافه‌ی بالا بودن نیروی بویانسی وارده به میوه نوشین توسط آب، سبب شناور شدن میوه در حوضچه‌های شستشو و یا کانال انتقال با آب می‌شود (فتاحی‌مقدم و همکاران ۱۳۹٦).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا

Table 1- Physical characteristics of Lisbon and Eureka lemon fruits varieties

Variety	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit thickness (cm)	True volume (cm^3)	Apparent volume (cm^3)	Volume error (%)	Density (g/cm^3)
Lisbon	7.37± 0.62*	5.50± 0.30	5.50± 0.31	117.53± 21.14	117.56± 21.10	0.05± 2.36	1.07± 0.02
Eureka	7.62± 0.97	5.75± 0.57	5.75± 0.66	137.70± 41.26	135.23± 41.68	-1.27 ± 9.38	1.09± 0.07

* Means ± Sd

ادامه‌ی جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکی میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا

Table 1 continued- Physical characteristics of Lisbon and Eureka lemon varieties

Variety	Arithmetic mean diameter (cm)	Geometric mean diameter (cm)	Harmonic mean diameter (cm)	Equivalent diameter (cm)	Sphericity	Aspect ratio (%)	Surface area (cm)
Lisbon	6.12± 0.38*	6.06± 0.36	6.00± 0.35	6.06± 0.36	0.82± 0.03	74.79± 4.58	115.64± 13.79
Eureka	6.37± 0.65	6.31± 0.64	6.25± 0.63	6.31± 0.64	0.83± 0.07	76.15± 10.41	126.15± 25.67

* Means ± Sd

تغییرات وزن میوه

با اینکه در لیموی لیسبون میزان وزن میوه طی برداشت یک ماهه (به‌جز در زمان برداشت اول) و هم‌چنین در پایان عمرقفسه‌ای تغییرات معنی‌داری نداشت ولی این تغییرات در لیموی اورکا معنی‌دار بود طوری‌که میوه‌های برداشت شده در ۵ و ۲۵ آبان مقادیر بالاتری ($P<۰/۰۵$) داشتند (جدول ۲). در تقابل با گزارش پِرِز-پِرِز و همکاران (۲۰۰۵)، وزن میوه اورکا به میزان جزئی بیش‌تر از لیسبون بود. به نظر می‌رسد لیموی لیسبون تا مهر سه مرحله رشدی خود را طی کرده و وارد مرحله چهارم رسیدن شده است.

درصد کاهش وزن

تغییرات وزن طی عمرقفسه‌ای فقط در لیموی اورکا معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بود طوریکه بیشترین آب از دست‌دهی را میوه‌های برداشت شده در تاریخ‌های ۲۵ مهر و آبان داشتند (جدول ۲). میوه اورکا با داشتن سطح بیرونی بیش‌تر، آب از دست‌دهی بیشتری داشته است. علت آن می‌تواند ادامه تعرق از سطح میوه باشد که آب از دست‌دهی میوه را در پی دارد (توماس و همکاران ۲۰۰۵).

درصد عصاره میوه

تغییرات درصد عصاره متناسب با زمان برداشت فقط در لیموی اورکا معنی‌دار بود و با برداشت دیرتر مقدار آن افزایش نشان داد (جدول ۲). در هر دو رقم مقدار آن بیش از ۳۳ درصد بود. در سایر ارقام مرکبات (پرتقال‌های تامسون، سیاورز، مورو) درصد عصاره به ترتیب ۳٤/۵۲، ۳۳/۵۱، ٤۱/٦ درصد گزارش شد (فتاحی و همکاران ۲۰۱۱). از آنجایی که درصد آب‌میوه در زمان رسیدگی لیموها باید ۳۰ درصد باشد (لادانیا ۲۰۰۸؛ باروس و همکاران ۲۰۱۲)، میوه‌های هر دو رقم به حد مطلوب آب‌میوه رسیده بودند.

جدول ۲- مقدار وزن، درصد کاهش وزن و درصد عصاره میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 2- The amount of weight, weight lose percent and juice percent of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety					
	Weight (g)		Lose percent	juice percent	
Harvesting date	Harvesting time	End of shelf life	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life
17 September	105.2 b†	97.62 a	7.76 a	28.6 b	37.89 ab
27 September	117.3 ab	98.25 a	7.46 a	31.8 ab	39.77 ab
6 November	122.7 ab	109.9 a	5.84 a	29.94 ab	37.29 b
16 November	128.3 a	114.9 a	6.73 a	33.36 a	41.59 a
Mean squares	$581.45^{ns††}$	63.47^{ns}	4.37^{ns}	26.17^{ns}	22.73^{ns}
Eureka variety					
17 September	107.2 c	98.94 b	8.49 a	27.49 c	38.04 a
27 September	141.6 ab	125.6 a	6.36 bc	32.85 b	39.92 a
6 November	114.4 bc	98.1 b	4.99 c	36.57 a	37.46 a
16 November	147.2 a	137.6 a	7.11 ab	33.42 ab	40.87 a
Mean squares	2344.01^{*}	1006.92^{ns}	12.83^{**}	85.16^{**}	15.28^{ns}

†Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} non-significant

ضخامت پوست

ضخامت پوست میوه فقط در لیموی لیسبون طی زمان برداشت به صورت افزایشی تغییر نمود. طی عمر قفسه‌ای در هر دو رقم تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). زای و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که ضخامت پوست سه رقم پرتقال تحت تأثیر زمان برداشت قرار نگرفت. دلیل آن ورود میوه به مرحله‌ی سوم رسیدگی (بلوغ) است زیرا در این مرحله رشد فیزیکی میوه کاهش یافته و یا متوقف می‌شود (ایگلسیاس ۲۰۰۷؛ فتاحی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۱)

درصد تفاله

درصد تفاله میوه فقط در لیموی اورکا طی زمان‌های مختلف برداشت تغییر معنی‌داری داشت. بدینصورت که مقدار آن طی رسیدن کاهش پیدا کرد (جدول ۵). با توجه به داده‌های تغییرات وزن لیموی اورکا مشخص شد که مراحل رشدی لیموی اورکا کندتر بوده و تشکیل آب‌میوه با تاخیر همراه است.

شاخص فناوری

شاخص فناوری میوه نیز فقط در لیموی اورکا طی زمان‌های مختلف برداشت تغییر معنی‌داری داشت، بطوریکه که مقدار آن طی رسیدن افزایش یافت هرچند از نظر کمی مقدار آن مشابه لیموی لیسبون طی برداشت و عمرقفسه‌ای بود (جدول ۵). با توجه به اینکه شاخص فناوری (TI) نشان‌دهنده‌ی کیفیت آبمیوه است (کلاگ و همکاران ۲۰۰۳)، می‌توان گفت به دلیل اینکه طی عمرقفسه‌ای مقدار آن جدای از اینکه میوه در چه زمانی برداشت شود کمی افزایش می‌یابد لذا کیفیت آب میوه نیز ارتقاء می‌یابد چون مقادیر بالاتر آن به معنی بهتر بودن کیفیت آب‌میوه برای صنایع تبدیلی است (کلاگ و همکاران ۲۰۰۳).

جدول ۳- میزان ضخامت پوست، درصد تفاله و شاخص فناوری میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 3- The amount of skin thickness, pulp percent and technological index of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety						
	Skin thickness (mm)		Pulp percent		Technological index (%)	
Harvesting date	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life
17 September	2.93 c†	2.42 ab	71.4 a	62.11 ab	2.77 b	3.74 ab
27 September	3.45 b	2.15 b	68.2 ab	60.23 ab	3.06 ab	3.90 ab
6 November	3.94 a	2.79 a	70.06 ab	62.71 a	2.91 ab	3.69 b
16 November	3.51 b	2.66 ab	66.64 b	58.41 b	3.24 a	4.11 a
Mean squares	1.02^{**}††	0.49^{ns}	26.17^{ns}	22.73^{ns}	0.25^{ns}	0.22^{ns}
Eureka variety						
17 September	3.67 a	2.56 a	72.51 a	61.96 a	2.64 c	3.64 a
27 September	3.58 a	2.7 a	67.14 b	60.08 a	3.11 b	3.78 a
6 November	3.42 a	2.88 a	63.43 c	62.54 a	3.63 a	3.61 a
16 November	3.63 a	2.91 a	66.58 bc	59.13 a	3.27 b	4.00 a
Mean squares	0.07^{ns}	0.16^{ns}	85.16^{**}	15.28^{ns}	1.02^{**}	0.19^{ns}

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} non-significant.

تغییرات رنگ پوست

بطورکلی مقدار شاخص‌های L^*، a^* و b^* در پایان عمرقفسه‌ای نسبت به زمان برداشت بالاتر بود. میزان L^* در لیموی لیسبون و میزان a^* در لیموی اورکا طی عمرقفسه‌ای تغییر معنی‌داری نداشت. هر سه شاخص طی زمان‌های مختلف برداشت به همراه مقدار b^* طی عمرقفسه‌ای روند افزایشی نشان دادند (جدول ٦). با اینکه پوست میوه هر دو نوع لیمو در زمان برداشت سبز هستند (منفی بودن مقدار a^*) ولی طی عمر قفسه‌ای از مقدار سبزی پوست کاسته شده و این شدت

کاهش در لیموی لیسبون بیشتر مشاهده شد. میزان رنگدانه کلروفیل تعیین کننده میزان سبزی پوست است. در این راستا طی پژوهشی در لیموترش (*Citrus aurantifolia*) میزان کلروفیل کل طی ۲۵ روز نگهداری و به فاصله هر ۵ روز از مقدار ۱/۵۲ میلی‌گرم در لیتر در زمان برداشت به ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر تا پایان نگهداری کاهش یافت (رهایو و همکاران ۲۰۱۳).

در پژوهشی با برداشت پرشین لایم در دو مرحله رشدی با پوست سبز و زرد، مقادیر L^* a^* و b^* برای پرشین لایم زرد به ترتیب ۷۵، ۳- و ٦٦/۱۸ و سبز به ترتیب ۷۱/۹، ٤/٥٦- و ٦۱/۸۷ گزارش شد (آنجوز و همکاران ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد لیموهای لیسبون و اورکا نسبت به پرشین لایم در شرایط اقلیمی شمال کشور سبزتر و به همان نسبت شکست رنگی در آنها به کندی رخ می‌دهد.

جدول ۴- میزان شاخص‌های رنگ L^*، a^* و b^* پوست میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 4- The amount of color indices L^*, a^* and b^* of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety												
	L^*				a^*				b^*			
Harvesting date	Harvesting time		End of shelf life		Harvesting time		End of shelf life		Harvesting time		End of shelf life	
17 September	54.6	c†	68.25	a	-16.1	b	-9.33	b	48.48	c	55.92	b
27 September	58.61	b	73.35	a	-15.62	b	-3.19	a	50.19	bc	59.18	a
6 November	61.84	b	70.66	a	-11.65	a	-5.96	a	54.99	ab	58.87	a
16 November	67.09	a	68.52	a	-10.87	a	-3.78	a	57.4	a	60.23	a
Mean squares	83.51^{**} ††		16.80^{ns}		21.55^{**}		23.17^{**}		51.49^{**}		10.23^{*}	
Eureka variety												
17 September	58.16	bc	65.98	a	-16.42	b	-10.43	a	49.44	b	55.91	a
27 September	54.83	c	69.02	a	-16.16	b	-4.37	a	47.27	b	60.47	a
6 November	67.56	a	68.89	a	-11.17	a	-9.01	a	53.99	a	58.27	a
16 November	65.75	ab	67.04	a	-9.82	a	-7.33	a	56.23	a	55.38	a
Mean squares	110.43^{*}		6.56^{ns}		34.57^{**}		20.38^{ns}		50.51^{**}		16.42^{ns}	

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.
††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ns non-significant.

جدول ۵- میزان شاخص‌های رنگ C، h و CCI میوه ارقام لیمو ترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 5- The amount of color indices C, h and CCI of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety												
Harvesting date	C				h				CCI			
	Harvesting time		End of shelf life		Harvesting time		End of shelf life		Harvesting time		End of shelf life	
17 September	51.08	c†	56.71	b	108.4	a	99.49	a	-6.09	b	-2.46	b
27 September	52.57	bc	59.27	ab	107.3	a	93.09	b	-5.32	b	-0.73	a
6 November	56.24	ab	59.21	ab	102.00	b	95.79	b	-3.44	a	-1.45	a
16 November	58.43	a	60.36	a	100.8	b	93.61	b	-2.84	a	-0.93	a
Mean squares	33.89^{*} ††		7.14^{ns}		42.97^{**}		25.37^{**}		7.04^{**}		1.78^{**}	
Eureka variety												
17 September	52.12	bc	57.37	ab	108.4	a	100.8	a	-5.83	b	-3.07	a
27 September	50.00	c	61.00	a	108.4	a	94.44	a	-6.28	b	-1.23	a
6 November	55.17	ab	59.02	ab	101.6	b	88.83	a	-3.07	a	-2.28	a
16 November	57.12	a	55.96	b	99.92	b	97.56	a	-2.68	a	-2.01	a
Mean squares	30.01^{*}		14.16^{ns}		59.82^{**}		77.38^{ns}		10.29^{**}		1.73^{ns}	

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.
††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ns non-significant

میزان C در هر دو لیموی لیسبون و اورکا و میزان h در لیموی اورکا طی عمرقفسه‌ای تغییر معنی‌داری نداشت. مقدار کروما و CCI طی عمرقفسه‌ای روند افزایشی نشان دادند لیکن مقادیر زاویه رنگ در پایان عمر قفسه‌ای میوه‌ها کمتر نسبت به هر تاریخ برداشت بود (جدول ۷). میوه‌های برداشت شده در اولین برداشت (۲۵ مهر) مقدار CCI منفی‌تر در پایان عمر قفسه‌ای بودند که نشان داد میوه‌هایی که زودتر از زمان خاصی برداشت می‌شوند دیرتر رنگ سبز آنها شکسته می‌شود.

میزان TSS، TA و TSS/TA

میزان مواد جامد محلول در لیموی اورکا و در چهار زمان مختلف برداشت و در پایان عمرقفسه‌ای تفاوت معنی‌داری داشتند ولی این حالت در لیموی لیسبون معنی‌دار نبود (جدول ٤). میزان TA در میوه‌های که زودتر برداشت شده بودند هم در زمان برداشت و هم پس از عمر قفسه‌ای به طورمعنی‌داری در هر دو نوع لیمو بالاتر بود هرچند طی زمان برداشت و نگهداری روند کاهشی داشت. نسبت TSS/TA نیز هم در زمان برداشت و هم در پایان عمرقفسه‌ای متناسب با زمان برداشت افزایش یافت (جدول ٤).

به‌طور مشابه تحقیقات صورت گرفته روی مرکبات شامل پرتقال‌های تامسون ناول، سیاورز، مورو، سانگینلو، تاراکو، والنسیا و گریپ‌فروت روی پایه‌ی نارنج نشان داد که در همه ارقام با گذشت زمان میزان TSS افزایش ولی مقدار TA کاهش یافت (اسماعیل و همکاران ۲۰۰۵؛ فتاحی و همکاران ۲۰۱۱). دلیل آن کاتابولیسم سیتریک‌اسید طی بلوغ داخلی میوه، و در نتیجه کاهش در میزان اسیدیته‌ی قابل تیتراسیون و افزایش مواد جامد محلول است (لادانیا ۲۰۰۸).

جدول ۶- میزان TSS، TA و TSS/TA در میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 6- The amount of TSS, TA and TSS/TA of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety						
	TSS (%)		TA (%)		TSS/TA	
Harvesting date	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life
17 September	9.58 a†	9.77 a	10.15 a	9.8 a	0.89 c	1.04 b
27 September	9.45 a	9.66 a	9.71 a	6.79 b	1.11 b	1.45 a
6 November	9.55 a	9.86 a	6.88 b	7.06 b	1.39 a	1.45 a
16 November	9.61 a	9.81 a	6.82 b	7.37 b	1.44 a	1.33 a
Mean squares	0.03^{ns} ††	0.04^{ns}	19.18^{**}	11.49^{**}	0.40^{**}	0.22^{**}
Eureka variety						
17 September	9.33 b	9.54 ab	9.86 a	8.98 a	0.97 b	1.13 b
27 September	9.38 b	9.34 b	10.96 a	6.59 b	0.92 b	1.49 a
6 November	9.71 a	9.55 ab	7.36 b	6.59 b	1.35 a	1.48 a
16 November	9.75 a	9.76 a	6.81 b	7.42 b	1.45 a	1.32 ab
Mean squares	0.29^{**}	0.18^{*}	23.58^{**}	7.59^{**}	0.43^{**}	0.17^{*}

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.
††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} non-significant.

افزایش میزان TSS می‌تواند به دلیل افزایش غلظت عصاره میوه طی عمر قفسه‌ای در اثر تعرق آب میوه از روزنه‌های سطح پوست میوه نیز باشد. اسیدها نیز بیشترین استفاده را در متابولیسم طبیعی میوه و تنفس دارند (کولکارنی و همکاران ۲۰۱۰). به همین دلیل با کاهش TA و افزایش TSS نوعی افزایش در نسبت TSS/TA طی زمان برداشت و عمرقفسه‌ای مشاهده شد. از نظر کمی میزان TSS و TA در هر دو رقم بالاتر از موارد مشابه بود. در پژوهشی با برداشت پرشین لایم در دو مرحله رشدی با پوست زرد و سبز، مقادیر TSS

به ترتیب ۷/۳۸ و ۷/۵ درصد و TA به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۶۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم اسید سیتریک گزارش شد (آنجوز و همکاران ۲۰۱۲). میزان TA در لیموها اهمیت زیادی داشته و مهم‌ترین شاخص کیفی است که در لیسبون و اورکا به مراتب بالاتر از پرشین لایم بود.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت

میوه‌های لیموی لیسبون برداشت شده در زمان‌های مختلف فقط در پایان عمرقفسه‌ای تفاوت معنی‌داری در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هر دو بافت پوست (در دامنه ۵۰/۱۹ تا ۷۵/۷۲ درصد) و گوشت (در دامنه ٤٤/۰۹ تا ٦۰/۹۲ درصد) نشان دادند. این تفاوت در لیموی اورکا فقط در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه‌ها (در دامنه ٤۷/۱٤ تا ٦٦/۸۱ درصد) در زمان‌های مختلف برداشت مشاهده شد. حداقل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت به میزان ٤۱/٤۷ درصد مربوط به گوشت میوه‌های رقم اورکا برداشت شده در ۵ آبان بود که تفاوت معنی‌داری با ۲۵ مهر و ۱۵ آبان (به‌ترتیب با مقادیر ۵۲/۷٦ و ٤۷/۳۲ درصد) نداشت درحالی‌که بیشترین مقدار در ۲۵ آبان به میزان ٦٦/۸۱ درصد مشاهده شد. (جدول ۹). بنابراین متوسط ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هر دو رقم از نظر ارزش غذایی در حد مطلوبی است.

با اینکه گزارش شده است که عصاره‌ی میوه‌های نارس و رسیده‌ی ارقام لیمو، نارنج، پرتقال و نارنگی در مقایسه با رسیده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند (رخا و همکاران ۲۰۱۲) لیکن یافته‌های این پژوهش نشان داد که به میزان زیادی میوه‌های رسیده‌تر در برداشت آخر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند. فتاحی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۰) نیز بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام مختلف پرتقال را در اواخر آبان ماه و اوایل آذر گزارش نمودند.

جدول ۷- میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 7- The amount of skin and pulp antioxidant capacity of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety				
	Skin antioxidant (%)		Pulp antioxidant (%)	
Harvesting date	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life
17 September	53.32 a†	50.19 b	51.79 a	52.76 ab
27 September	66.06 a	69.78 a	53.02 a	44.09 b
6 November	64.43 a	71.29 a	57.2 a	47.32 b
16 November	64.34 a	75.72 a	49.88 a	60.92 a
Mean squares	206.32^{ns} ††	768.89^{**}	57.62^{ns}	325.10^{*}
Eureka variety				
17 September	59.78 a	51.4 a	47.89 ab	53.65 a
27 September	47.14 b	61.9 a	41.47 b	48.69 ab
6 November	58.73 a	60.38 a	48.02 ab	46.4 b
16 November	66.81 a	62.68 a	52.15 a	47.59 ab
Mean squares	398.24^{*}	163.16^{ns}	116.68^{ns}	60.92^{ns}

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.
††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} non-significant

به‌نظر می‌رسد افزایش فیتوهورمون اتیلن طی رسیدن، منجر به افزایش بیان ژن‌های سنتزکننده‌ی آنزیم‌های مختلف در جهت کاهش ترکیب‌های گیاهی و درگیر در فرآیند رسیدگی می‌شود. بنابراین بالا رفتن سرعت متابولیسم، موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد شده و آنتی‌اکسیدان‌هایی چون آسکوربیک‌اسید و فنل‌ها در جهت خنثی سازی اثرات سمی رادیکال‌های آزاد و کاهش مواد مضر، مصرف شده و بدین ترتیب مقدار ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی میوه کاهش می‌یابد (رخا و همکاران ۲۰۱۱). در پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد در اواخر آبان

میوه‌ها از نظر رسیدگی به حالت پایدار رسیده و سرعت متابولیسم کاهش می‌یابد در نتیجه فنل‌های آزاد بیشتری در میوه وجود دارد.

ویتامین C

با اینکه میوه لیموی لیسبون در ۱۵ آبان ویتامین C بالاتری داشت لیکن در پایان عمر قفسه‌ای بین زمان‌های برداشت تفاوت جزئی مشاهده شد که از نظر آماری معنی‌داری نبود. در لیموی اورکا نیز به طور غیرمعنی‌داری میزان ویتامین C در میوه‌های برداشت شده در ۱۵ آبان و ۲۵ مهر بیشتر بود که همین حالت در پایان مدت نگهداری نیز مشاهده شد (جدول ۸). در این پژوهش مشخص شد که میزان ویتامین C در هر دو نوع لیموترش نسبت به نارنگی‌ها بالاتر است. میزان ویتامین C در نارنگی یاشار در دامنه‌ی ۲۴/۶۹-۱۳/۱۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بسته به نوع و زمان برداشت متغیر بود (فتاحی‌مقدم و همکاران ۱۳۹۶). هم‌چنین با مطالعه روی هفت رقم از مرکبات میزان آسکوربیک‌اسید بین ۶/۷۷ تا ۱۴/۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بدست آمد (وانگ و همکاران ۲۰۰۷). به طور مشابه گرنستین و همکاران (۲۰۰۱)، مقدار ویتامین C در گوشت لیموترش را ۴۷/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گزارش نمودند. به طورکلی میزان اسیدهای آلی و به ویژه آسکوربیک اسید (ویتامین C) در لیموترش‌ها بالاست که نشان از ارزش غذایی بالای آنها است.

جدول ۸- میزان ویتامین C و فنل کل پوست و گوشت در میوه ارقام لیموترش لیسبون و اورکا طی رسیدن و عمر قفسه‌ای

Table 8- The amount of vitamin C and total phenol in skin and pulp of Lisbon and Eureka lemon varieties during ripening and shelf life

Lisbon variety						
	Vitamin C (mg/100g)		Total phenol of skin (mg/g)		Total phenol of pulp (mg/g)	
Harvesting date	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life	Harvesting time	End of shelf life
17 September	34.37 b†	48.95 a	3.28 a	5.88 a	0.96 a	3.23 ab
27 September	35.46 b	47.35 a	2.52 b	5.74 a	0.51 b	3.5 ab
6 November	49.45 a	44.52 a	2.59 b	5.39 a	0.84 a	3.16 b
16 November	39.31 b	49.45 a	2.23 b	5.52 a	0.89 a	4.24 a
Mean squares	283.42**††	29.66^{ns}	1.19**	0.29^{ns}	0.24*	1.45^{ns}
Eureka variety						
17 September	42.6 a	52.5 a	2.91 a	5.24 a	0.79 a	2.9 ab
27 September	40.42 a	42.4 b	2.54 a	5.03 a	0.67 a	2.78 ab
6 November	45.06 a	45.49 ab	2.51 a	5.35 a	0.84 a	3.22 a
16 November	40.69 a	41.94 b	2.65 a	4.57 a	0.78 a	2.53 b
Mean squares	27.54^{ns}	142.46*	0.20^{ns}	0.71^{ns}	0.03^{ns}	0.49^{ns}

† Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.
††** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} non-significant.

فنل کل پوست و گوشت

بطورکلی میزان فنل کل پوست هر دو رقم طی نگهداری کاهش یافت. در لیموی اورکا میوه‌ها از نظر فنل کل پوست و گوشت در زمان‌های مختلف برداشت و پایان عمر قفسه‌ای تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. این حالت در لیموی لیسبون در میوه‌های بررسی شده برای عمر قفسه‌ای مشاهده شد. فقط در پوست و گوشت لیموی لیسبون فنل کل بسته به زمان برداشت تفاوت معنی‌داری داشت بدینصورت که در برداشت اول بالاترین بود (جدول ۸). به طور مشابه رخا و همکاران (۲۰۱۲)، گزارش کردند که میزان فنل‌کل در آبمیوه‌های لیموی نارس بیشتر از لیموی رسیده بود. هم‌چنین ارقام پرتقال در ماه‌های شهریور و مهر نسبت به آبان و آذر میزان فنل‌کل بیشتری داشتند (فتاحی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۱). در پژوهش حاضر نیز، میزان فنل‌کل پوست از گوشت بیشتر بود که با یافته‌های سایر محققین در این زمینه

مطابقت داشت (قاسمی و همکاران ۲۰۰۹؛ طلایی و همکاران ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

میوه‌ی لیموی اورکا دارای فضای خالی در درون و یا بین پوست و گوشت است که توجه به آن حین فرآوری اهمیت دارد. رقم لیسبون مراحل رشدی خود را زودتر کامل می‌نماید لیکن هر دو رقم از میزان درصد آب کافی (۳۳ درصد) برخوردار بودند. بر اساس شاخص فناوری، نگهداری میوه برای مدتی پس از برداشت سبب افزایش کیفیت آبمیوه می‌شود. طی عمر قفسه‌ای شدت کاهش سبزینه پوست در لیموی لیسبون بیشتر بود. میوه‌های برداشت شده در اولین برداشت (۲۵ مهر) مقدار CCI منفی‌تر در پایان عمر قفسه‌ای بودند که نشان داد میوه‌هایی که زودتر از زمان خاصی برداشت می‌شوند دیرتر رنگ سبز آنها شکسته می‌شود. میزان فنل‌کل پوست از گوشت بیشتر بود لیکن به طورکلی متوسط ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هر دو رقم از نظر ارزش غذایی در حد مطلوبی بود.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۵۰۸۶۹-۹٤۰۱۳-۰۵۱-۳۳-۱۷-۰۱ است که از حمایت مالی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

فتاحی‌مقدم ج، حمید اوغلی ی، فتوحی قزوینی ر، قاسم نژاد ح و بخشی د، ۱۳۹۰. ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی از ارقام تجاری مرکبات. نشریه علوم باغبانی، ۲، ۲۱۷-۲۱۱.

فتاحی‌مقدم ج، سیدقاسمی س.ا و معدنی ص، ۱۳۹٦. اثر پنج پایه بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی میوه نارنگی رقم جدید یاشار طی مراحل رسیدن. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی،۲٤، ۱۲٤- ۱۰۹.

فتاحی‌مقدم ج، سیدقاسمی س.ا و نجفی ک، ۱۳۹٦. ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌ی نارنگی‌های جدید نوشین (*Citrus reticulata* cv. Noushin) و شاهین (*Citrus reticulata* cv. Shahin) طی زمان‌های مختلف برداشت. مجله تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ٤۰، ۷۷-۹۰.

فتاحی‌مقدم ج، هاشم پور ا، حمید اوغلی ی و فتوحی قزوینی ر، ۱۳۹۷. اثر تیمار دمایی بر ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه‌ی دو رقم پرتقال خونی مورو و سانگینلو طی انبارداری. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸(٤)، ۱۲۹-۱٤۱.

فتوحی قزوینی ر و فتاحی مقدم ج، ۱۳۹۵. پرورش مرکبات در ایران . انتشارات دانشگاه گیلان، ٤٦۹ صفحه.

قاسمی ش، همتی خ، بشیری صدر ز، قاسم نژاد ع و قاسمی م، ۱۳۹۰. بررسی ترکیبات فنلی بافت‌های میوه لیمو در مراحل مختلف رشد. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۳۱، ۷۳- ٦۳.

Abdullah MHRO, Chng PE and Yunus NA, 2012. Some physical properties of Musk Lime (*Citrus microcarpa*). International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering 6: 1122- 1125.

Abraham AM and Hari babu K, 2004. Growth, development and post-harvest behavior in fruits of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) as influenced by pre-harvest sprays of certain minerals and growth regulators. B.Sc. Thesis. Department of Horticulture Sri Venkateswara Agricultural College Acharya N.G. Ranga Agricultural University.

Afshar Mohammadian M, Mobrami Z and Hasan Sajedi R, 2011. Bioactive compounds and antioxidant capacities in the flavedo tissue of two citrus cultivars under low temperature, Brazilian Society of plant physiology 23: 203-208.

Anjos MCSD, Faskomy TL, Miranda AM, Gonçalves AC, Rego CA, Soares AG and Fonseca MJO, 2012. Physical and chemical characterization of Persian lime fruit harvested at two stages of maturity. Acta Horticulturae. Pp. 901-904. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Postharvest Technology in the Global Market.

Barros HRDM, Ferreira TAPDC and Genovese MI, 2012. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. Food Chemistry 134: 1892–1898.

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

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

Fattahi J, Hamidoghli Y, Fotouhi R, Ghasemnejad M and Bakhshi D, 2011. Assessment of fruit quality and antioxidant activity of three citrus species during ripening. South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment 2: 113-128.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO STAT), 2016. Citrus fruit fresh and processed annual statistics. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.

Ghasemi K, Ghasemi Y and Ebrahimzadeh MA, 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 Citrus species peels and tissues 22:277-281.

Gorinstein S, Martin-Belloso O, Park YS, Haruenkit R, Lojek A and Ciz M, 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. Food Chemistry 74: 309–315.

Iglesias DJ, Cercos M, Colmenero-Flores JM, Naranjo MA, Rios G, Carrera E, Ruiz-Rivero O, Lliso I, Morillon R, Tadeo FR and Talon M, 2007. Physiology of citrus fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 333-362.

Ismail MA, Chen H, Baldwin EA and Plotto A, 2005. Changes in enzyme-assisted peeling efficiency and quality of fresh `Valencia' orange and of stored `Valencia' orange and `Ruby Red' grapefruit. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 118: 403-405.

Jimenez CM, Cuquerella J and Martinez-Javaga JM, 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. Proc. International Society of Citriculture 2: 750-753.

Kluge RA, Jomori MLL, Jacomino AP, Vitti MCD and Padula M, 2003. Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene Inhibitor. Postharvest Biology and Technology 29: 195-203.

Kulkarni SG, Vijayanand P and Shubha L, 2010. Effect of processing of dates into date juice concentrate and appraisal of its quality characteristics. Journal of Food Science and Technology 47:157–161.

Ladaniya M, 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego, CA, USA.

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

Perez-Perez JG, Porras Castillo I, Garcia-Lidon A, Botia P and Garcia-Sanchez F, 2005. Fino lemon clones compared with the lemon varieties Eureka and Lisbon on two rootstocks in Murcia (Spain). Scientia Horticulturae 106: 530–538.

Ramful D, Bahorun T, Bourdon E, Tarnus E, Aruoma, OI, 2010. Bioactive phenol and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian Citrus fruits: potential prophylactic ingredients for functional foods application, Toxicology 278: 75-87.

Rahayu AP, Maghfoer MD, Aini N, 2013. Delay Ripening Treatments to Maintain Quality of Lime Fruit (Citrus aurantifolia). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS) 5: 83-88.

Rekha C, Poornima G, Manasa M, Abhipsa V, Pavithra Devi J, Vijay kumar HJ and Prashith Kekuda TR, 2012. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus Fruits, Chemical Science Transactions 1: 303-310.

Talaie A, Zankari H and Reza F, 2010. Evaluated some biochemical components in fruits juice, pulp and peel of lime and lemon fruits.

Thomas SA, Bosques EM, Stelik S and Sanchez F, 2005. Journal de Physique IV 125:889–892.

Tumbas VT, Cetkovic GS, Djilas SM, Canadanovic-Brunet JM, Vulic J, Knez Z and Skerget M, 2010. Antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata*) peel. Acta periodica echnologica 41:1-203.

Wang YC, Chuang YC and Ku YH, 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chemistry 102: 1163-1171.

Xie RJ, Zheng L, Jing L, He S, Xi WP, Lv Q, Yi SL, Zheng YQ and Deng L, 2013. The effect of cultivar and bagging on physicochemical properties and antioxidant activity of three Sweet orange cultivars (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 13: 139-147.

Changes in some physical, chemical, and antioxidant characteristics of two Lemons (*Citrus limon* Cvs. Lisbon & Eureka) during ripening process and shelf life in the north of Iran

SE Seyedghasemi[1] and J Fatahi Moghadam[2*]

Received: July 29, 2018 Accepted: October 20, 2018
[1]Master Science of Plant Physiology, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran
[2]Associate Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran
[*]Corresponding author: Email: j.fattahi@areeo.ac.ir

Introduction: The physio-chemical properties of lemon fruits are influenced by climatic conditions, growth stages and shelf life. Lemons mostly cultivated in the south of Iran and is limited in the north due to the cold condition that may be occurred every year. With the expansion of lemon cultivation in the north of Iran specially under protective condition (greenhouse), many of fruit physicochemical properties such as water percentage, taste, skin color, ripening time and bioactivity may be affected by climatic conditions, growth stages and shelf life. The nutritional value of fruit depends to amount of compounds with antioxidant properties. Today, consumers prefer consumption fruits with high bioactive compounds. The quantitatively and qualitatively of these compounds may be changed during ripening or after harvest. In general, fruit peel contains higher concentrations of antioxidants. The peel forms half of the fruit weight and is rich in natural antioxidant compounds such as phenols and flavonoids (Tumbas et al., 2010). Lemon fruit is a good source of vitamins and antioxidant compounds (Qasemi et al., 2011). Because of no comprehensive research has been done on quality changes of lemons during ripening and storage in northern conditions, Therefore, this study was carryout to evaluate the bioactive compounds and physicochemical properties of Lisbon and Eureka lemons at different harvesting times to determine the appropriate harvesting time and prevent frost injury risk.
Material and methods: In this study, the physicochemical and bioactive properties of Lisbon and Eureka lemons were evaluated during two years (2015-2016) by sampling from 17th October to 16th November, 10 days interval (four times) from trees and at the end of shelf life period. The location of sampling was Kotra Research Station that was located at the Citrus and Subtropical Fruits Research Center with geographical coordinates of 36 ° 42'47.7 "N 50 ° 58'25.6" E. Fruits were randomly selected from different sides of the tree (30 fruits picked from three trees). 15 fruits were evaluated at harvest time and the others were stored in common storage (7-10 ° C, 85% humidity) and evaluated 20 days after harvest. Various physico-chemical characteristics evaluated including fruit length, width, thickness; arithmetic, geometric, equivalent and harmonic diametric means; aspect ratio, sphericity, surface area, true volume, apparent volume, volume error, density, peel thickness, weight, juice and residue percentage, peel color indices (L^*, a^*, b^*, hue angle, chroma and CCI), total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), technological index (TI), vitamin C, peel and pulp antioxidant capacity, peel and pulp phenolic compounds during experiment. Data analysis was performed using two-year component analysis in completely randomized design for each cultivar in three replications. Mean comparisons were made using Duncan's test and at the corresponding probability level.
Results and discussion: In this study, it was found that except for fruit volume values, other fruit physical characteristics were not significantly different in both cultivars. Eureka lemon volume error was less negative (-1.27%) than Lisbon (0.05%), indicating that Eureka lime had fruits with empty space inside or between peel and pulp. Only in Eureka, the highest fruit weight was observed

on 27th October and 17th November. It seems that Lisbon Lemon passed through three phases of development and has reached the fourth stage. The highest water loss was obtained at 17th October and 16th November. Eureka variety with more outer surface, has more water loss. Juice percentage changes relational to harvest time was only significantly in Eureka lime and increased with late harvest. The highest juice percentage (33%) seen in late harvesting time. The total soluble solids in Eureka at four different harvested time and at the end of shelf life was different significantly. The amount of TA decreased during harvesting and storage. According to harvest time, the TSS/TA ratio also increased at both harvesting time and the end of shelf life. Fruit peel thickness only increased in Lisbon lemon during different harvest time. There were no significant changes observed in both cultivars during shelf life. Residue percentage and technology index increased only in Eureka during different harvesting times. Generally, the values of L^*, a^* and b^* at the end of the shelf life were higher than the harvest time. The L^* value in Lisbon and the a^* value in Eureka did not change significantly over the shelf life. The amount of peel chroma, citrus color index (CCI) and total phenol increased during the shelf life. The amount of vitamin C in both cultivars was high in the 6th November and was maintained until the end of shelf life. The amount of antioxidant capacity of the peel (50.19 to 75.72%) and pulp (0.49 to 60.92%) of Lisbon and peel (14.47 to 66.81%) of Eureka only showed significant difference at the end of shelf life. The minimum antioxidant capacity of pulp (41.47%) was related to Eureka cultivar which harvested on 5 September which was not significantly different from 17 September and 6 November (52.76 and 47.32%, respectively), while the highest value with 66.81% observed in 6 November. In general, total phenol content of both cultivars decreased during storage. In Eureka lemon, fruits had no significant difference in total phenol content of peel and pulp at different harvesting times and end of shelf life.

Conclusion: Eureka lemon fruit has an empty space in core or between the peel and the pulp that is important during processing. Lisbon completed its growth stages earlier, but both cultivars had adequate water content (33%) at the time of consumption. According to the technology index, maintains of fruit for 20 days after harvest, improves the quality of the juice. During the shelf life, the decline of peel greening was greater in Lisbon. The fruits harvested at the first harvest (17 October) had a lower CCI value at the end of the shelf life, indicating that the fruits harvested earlier would break green peel color later. The phenol content of the peel was higher than the pulp, but overall the antioxidant capacity of both cultivars was in good nutritional value. Totally based on the physicochemical traits, the fruits of Lisbon and Eureka can harvest from 6th November.

Key words: Bioactive compounds, Citrus, Maturity, Peel color