

بررسی روند تغییر ترکیب‌های زیست‌فعال میوه دو رقم لیموترش لیسبون (*Citrus limon* cv. Lisbon) و کوک‌اورکا (*C. limon* cv. Cook Eureka) طی رسیدن

سیده الهام سیدقاسمی^{۱*}، جواد فتاحی‌مقدم^۲ و بابک باباخانی^۱

^۱ تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، گروه علوم گیاهی

^۲ رامسر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۸

چکیده

در این پژوهش از میوه دو رقم لیموترش (لیسبون و کوک‌اورکا) برای مطالعه تغییر ترکیب‌های زیست‌فعال و ویژگی‌های فیزیوشیمیایی میوه طی مراحل رشدی بلوغ تا رسیدن استفاده شد. میوه‌های هر رقم به‌فاصله زمانی هر ۱۰ روز یکبار طی یک ماه (۲۴ مهر تا ۲۷ آبان) برداشت و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که میوه کوک‌اورکا با میانگین وزن ۱۳۱/۰۴ گرم، طول ۶۰/۸۴ میلی‌متر، حجم ۱۱۵/۱۲ میلی‌متر مکعب و عصاره کل ۳۹/۲۲ درصد به‌طور معنی‌داری درشت‌تر از میوه لیسبون بود. بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون در هر دو رقم در اوایل آبان (لیسبون با مقدار ۱۳/۵۱ و کوک‌اورکا با مقدار ۱۰/۹۵ درصد) مشاهده شد. مقدار شاخص تکنولوژی در هر دو رقم در دامنه ۳/۴۰ تا ۴/۵۱ درصد قرار داشت. بیشترین مقدار فنل کل گوشت در رقم لیسبون در اوایل آبان (مقدار ۱/۸۵ میلی‌گرم بر گرم) و در رقم کوک‌اورکا در اواسط آبان (مقدار ۱/۴۸ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. رقم لیسبون در اواسط آبان با مقدار ۵۷/۰۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بیشترین مقدار آسکوربیک‌اسید را دارا بود. بیشترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رقم کوک‌اورکا و در اوایل مهر (با مقدار ۶۵/۳۳ درصد) مشاهده شد. کمترین مقدار کلروفیل کل در پوست و گوشت لیسبون به‌ترتیب با مقادیر ۰/۶۹ (اواسط آبان) و ۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم (اواخر آبان) اندازه‌گیری شد. رقم لیسبون بیشترین مقدار کاروتنوئید کل پوست (با مقدار ۶/۸۵ میلی‌گرم بر گرم در اوایل آبان) را داشت. بنابراین میوه‌ها قبل از شروع متابولیسم داخلی (اواخر مهر) یا پس از رسیدگی کامل (اواخر آبان) دارای حداکثر میزان ترکیب‌های زیست‌فعال بودند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، رسیدن، لیموترش، مرکبات

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۷۷۶۶۲۳۶۶، پست الکترونیکی: seiedghasemi@yahoo.com

مقدمه

محدود است. میزان تولید مرکبات در ایران در سال ۱۳۹۰، حدود ۴/۵ میلیون تن گزارش شده که از این مقدار ۲۱/۷۶ درصد به تولید انواع لیموها (لیموترش و لیمو شیرین) اختصاص دارد (۲). واریته لیسبون یکی از مهمترین و مقاوم‌ترین ارقام متداول لیمو در برابر شرایط نامساعد محیطی (سرما، گرما و باد) در ایران است (۵).

بلوغ و رسیدگی در میوه‌ی لیموترش متفاوت از سایر مرکبات است. در لیموترش به‌دلیل اسیدیته‌ی بالا، از درصد

مرکبات دربرگیرنده گروه بزرگی از میوه‌ها، شامل انواع پرتقال، نارنگی، لیموترش، لیموشیرین، گریپ‌فروت و بالنگ هستند. با توجه به تولید بالای آن در مناطق مختلف جهان، این محصول از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است. مرکبات در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری که خاک مناسب، گرمای متوسط و رطوبت دائمی دارد تولید می‌شود. لیموترش در ایران، بیشتر در جنوب کشور کشت شده و به‌دلیل سرما تا حدودی گسترش آن در شمال

آب میوه به عنوان شاخص رسیدگی استفاده شده و هنگامی که ۳۰ درصد وزن میوه را آب میوه تشکیل دهد، میوه رسیده محسوب می شود (۱۰ و ۲۷). وزن میوه، ضخامت پوست، مقدار اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول از دیگر شاخص های بلوغ فیزیولوژی و رسیدن در مرکبات هستند. در پژوهشی روی لیموی اورکا و لیسبون، مقدار اسید قابل تیتراسیون به ترتیب ۷/۸ و ۶/۱۳ درصد و مقدار مواد جامد محلول به ترتیب ۹/۱۵ و ۸ درصد گزارش شد (۳۱). در پژوهش فتاحی مقدم و همکاران (۱۳۹۰)، رابطه ی نسبتاً مستقیمی بین اندازه ی میوه، ضخامت پوست و درصد تفاله مشاهده شد (۴). کوماری و همکاران (۲۰۱۳)، مقدار pH در میوه ی لیموترش نارس و رسیده را به ترتیب برابر ۲/۳۸ و ۲/۶۰ بیان کردند (۲۶).

لیموها به دلیل داشتن عطر، طعم مطلوب و اسیدیته ی بالا، مورد پسند بسیاری از مصرف کنندگان بوده و در صنعت به عنوان افزودنی غذاها کاربرد زیادی دارند. همچنین با داشتن مقادیر بالای ترکیب های آنتی اکسیدانی، ویتامین C، ویتامین B، ریوفلاوین، مواد معدنی، پروتئین و کربوهیدرات، دارای ارزش غذایی و دارویی بالایی هستند (۹). آنتی اکسیدان ها با ممانعت از اکسیداسیون لیپیدها و مولکول های دیگر، از شروع یا انتشار زنجیره ی اکسیداسیون جلوگیری کرده و یا آن را به تأخیر می اندازند (۱۷).

عموماً پوست میوه شامل غلظت بالاتری از مواد آنتی اکسیدانی است. پوست، نیمی از میوه را تشکیل می دهد و غنی از ترکیب های آنتی اکسیدان طبیعی چون فنل ها و فلاونوئیدها است (۴). با توجه به اینکه میزان این ترکیب ها می تواند با توجه به رقم، بخش های مختلف میوه، مرحله ی رشدی و شرایط اقلیمی متفاوت باشد، تحقیقاتی در این زمینه روی تفاوت میزان این ترکیب ها تحت شرایط مختلف انجام شده است. رامفل و همکاران (۲۰۱۰)، پس از بررسی ترکیب های فنلی و ظرفیت آنتی اکسیدانی ۲۱ رقم

مرکبات از جمله لیمو مشاهده کردند که پوست مرکبات دارای مقدار قابل توجهی از آنتی اکسیدان های فنلی است (۳۲). همچنین افشار محمدیان و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه ترکیبات زیست فعال و ظرفیت آنتی اکسیدانی لیموترش لیسبون و پرتقال سیاورز در دماهای پایین دریافتند که فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی لیموترش لیسبون به طور معنی داری بالاتر از پرتقال سیاورز بود (۷). رخا و همکاران (۲۰۱۲)، پس از بررسی ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه های نابالغ (Immature) و رسیده چهار رقم مرکبات شامل لیمو، نارنگی، نارنج و پرتقال، بیان نمودند که ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه های رسیده کمتر از نابالغ بود (۳۴). حاجی محمودی و همکاران (۲۰۱۲)، میزان آسکوربیک اسید آب میوه های لیموترش طبیعی و تجاری را با یکدیگر مقایسه کردند. در این بررسی میزان آسکوربیک اسید در لیموهای طبیعی (با مقدار ۱۸۷/۵۲ میلی گرم بر لیتر) بیشتر از لیموهای تجاری (با مقدار ۱۰۹/۰۱ میلی گرم بر لیتر) بود (۲۱).

معمولاً به دلیل اینکه صفر فیزیولوژی مرکبات ۱۲/۵ درجه سانتی گراد است و لیموها به دلیل حساسیت به سرما به دمای بالاتری نیاز دارند، محققان بر این باور هستند که این عامل می تواند محدود کننده ی گسترش آنها در شرایط اقلیمی شمال ایران باشد. تاکنون تحقیقات جامعی در زمینه ی تغییرات کیفی و فیزیوشیمیایی میوه ی لیموها، هنگام رسیدن در شرایط شمال با دمای پایین تر نسبت به جنوب کشور منتشر نشده است. بنابراین در این بررسی تلاش شد تا میزان ترکیب های زیست فعال و ویژگی های فیزیوشیمیایی این لیموها (لیسبون و کوک اورکا) در مراحل رشدی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

مواد گیاهی: در این مطالعه از دو رقم لیموترش لیسبون و کوک اورکا موجود در کلکسیون ژرم پلاسما پژوهشگاه مرکبات و میوه های نیمه گرمسیری (رامسر) استفاده شد.

نمونه‌ها به‌طور تصادفی از جهات مختلف درخت و تا حد امکان یکنواخت به‌فاصله زمانی هر ۱۰ روز طی یک ماه (۲۴ مهر تا ۲۷ آبان) برداشت و پس از مخلوط شدن، گروه‌بندی (۳ گروه) شدند. هر گروه به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. در هر مرحله میوه‌ها به آزمایشگاه برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه منتقل شدند.

ویژگی‌های فیزیکی میوه: وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل HR 200، ساخت ژاپن) بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. برای محاسبه‌ی طول، عرض و همچنین ضخامت پوست میوه (بعد از جدا کردن پوست میوه) از کولیس دیجیتال (مدل Absolute Mitutoyo، ساخت ژاپن) بر حسب میلی‌متر استفاده شد. حجم میوه به روش جابجایی حجم آب، برحسب میلی‌لیتر مکعب محاسبه شد. با گرفتن آب‌میوه و اندازه‌گیری وزن آن، درصد آب بر حسب وزن میوه بدست آمد.

ویژگی‌های شیمیایی میوه: مقدار اسید قابل تیتراسیون، به روش تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و معرف فنل فتالین تا رسیدن به $\text{pH}=8/5$ تعیین شد. میزان pH آب‌میوه با pH متر دیجیتال (مدل EUTECH pH 6+، ساخت مالزی) و درصد مواد جامد محلول نیز به‌وسیله رفراکتومتر چشمی (مدل VUR-1N، ساخت کره) اندازه‌گیری شد. مقدار شاخص تکنولوژی از حاصل ضرب درصد مواد جامد محلول در درصد آب‌میوه محاسبه شد.

ارزش غذایی میوه

استخراج: مقدار یک گرم از پوست و گوشت میوه پس از جدا شدن به‌مدت ۲۴ ساعت در حلال متانول (۳ میلی‌لیتر) قرار داده شد و بعد نمونه‌ها به‌وسیله سانتریفیوژ (مدل Sigma 2-16 PK ساخت آلمان) با سرعت ۶۰۰۰ دور به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. بخش رویی جدا و برای انجام آزمایش‌های بعدی در فریزر -20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

اندازه‌گیری میزان فنل کل: برای سنجش مقدار فنل کل، از روش فولین سیوکالتیو استفاده شد (۴). میزان جذب محلول حاصل به‌کمک اسپکتوفتومتر (مدل UV-1601، ساخت چین)، در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف گالیک‌اسید (۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) به‌دست آمد. میزان فنل کل نمونه از روی معادله خط استاندارد ($y=0/15x - 0/103$) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد.

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل: میزان فلاونوئید کل به روش کالریمتری کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد (۴). در این روش جذب مخلوط واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف کوئرستین (۲۵، ۱۲۵، ۰/۰۶، ۰/۰۳، ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) رسم شد. مقدار فلاونوئید کل به‌کمک معادله خط استاندارد کوئرستین ($y=5/03x + 0/04$) تعیین و بر حسب میلی‌گرم بر گرم کوئرستین وزن تر بیان شد.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید کل: رنگدانه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی با استفاده از روش رنگ‌سنجی به روش لیچ‌تن‌تالر (۱۹۸۷) محاسبه شد (۲۸). در این روش ۰/۵ گرم از بافت پوست و گوشت را جدا کرده و یک میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به آن افزوده شد. پس از ۱۵ دقیقه، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس محلول رویی به آرامی برداشته و این عمل ۳ بار تکرار شد. محلول‌های رویی برداشته شده در هر مرحله در ظرف مشترک ریخته و بلافاصله در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد. با قرار دادن در فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید کل برای هر تکرار محاسبه شد.

$$\text{Chl}_a \text{ (mg/g)} = 12/25 A_{663} - 2/79 A_{645}$$

$$\text{Chl}_b \text{ (mg/g)} = 21/5 A_{645} - 5/1 A_{663}$$

$$198 / (\text{Chl}_b / 0.2 \times 85 - 1/8 \text{ Chl}_a - A_{670}) \times 1000 = \text{کاروتنوئید}$$

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از عصاره متانولی (به نسبت ۱:۳) و به روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) اندازه‌گیری شد. به این صورت که پس از رقیق سازی عصاره‌های متانولی به نسبت ۱:۱۸ با آب مقطر، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره رقیق شده با ۸۰۰ میکرولیتر محلول DPPH ترکیب و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. جذب نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر و با طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد (Inhibitory IC% concentration) با قرار دادن عدد جذب در فرمول زیر بدست آمد. در این فرمول A_0 عدد جذب DPPH^* و A_s عدد جذب نمونه بود.

$$\text{IC\%} = (A_0 - A_s) / A_0 \times 100$$

تجزیه آماری: داده‌های حاصل براساس آزمون اسپلیت معمولی (عامل اصلی زمان برداشت در چهار سطح و عامل فرعی نوع رقم در دو سطح) در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح متناظر انجام شد. برای محاسبه‌ی همبستگی از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی میوه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از بین ویژگی‌های فیزیکی، فقط مرحله رشدی تأثیر معنی‌داری بر وزن، عرض میوه و درصد آب‌میوه ($p < 0.05$) داشت. رقم کاک‌اورکا از نظر وزن میوه و درصد عصاره به‌طور معنی‌داری بالاتر از لیسبون بود. به‌طورکلی وزن میوه طی رسیدن هم‌زمان با صفات طول (با ضریب ۰/۶۳)، عرض (با ضریب ۰/۹۳)، حجم (با ضریب

۰/۴۵)، ضخامت پوست (با ضریب ۰/۵۲) و درصد عصاره (با ضریب ۰/۱۲) افزایش یافت. درصد عصاره طی بلوغ تا رسیدن در رقم لیسبون در دامنه‌ی ۳۲/۱۵ تا ۳۷/۵۴ و در رقم کاک‌اورکا ۳۵/۲۱ تا ۴۳/۴۸ درصد بود (جدول ۱).

pH: مقدار pH به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مرحله رشدی و نوع رقم قرار گرفت ($p < 0.01$). بیشترین مقدار pH در رقم لیسبون (اواخر آبان) با مقدار ۱/۵۲ و در رقم کاک‌اورکا (اواسط آبان) با مقدار ۱/۳۶ مشاهده شد (جدول ۲).

مواد جامد محلول (قند)، اسید قابل تیتراسیون (اسیدیته)، نسبت قند به اسیدیته میوه، شاخص تکنولوژی: مقدار مواد جامد محلول تغییر چندانی هنگام رسیدن نداشت و از ۱۰/۳۸ تا ۱۰/۵۹ درصد برای هر دو رقم متغیر بود. میزان اسید قابل تیتراسیون در اوایل آبان (لیسبون با مقدار ۱۳/۵۱ و کاک‌اورکا با مقدار ۱۰/۹۵) بیشتر ($p < 0.05$) از سایر زمان‌ها بود (جدول ۲). همچنین اسید قابل تیتراسیون همبستگی منفی با pH با ضریب تبیین ۰/۳۶- داشت. بیشترین مقدار شاخص تکنولوژی در رقم لیسبون ۳/۹۴ درصد و در رقم کاک‌اورکا ۴/۵۱ درصد بود (جدول ۲).

فنل کل: مرحله رشدی و نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر میزان فنل کل میوه نداشتند. به‌طورکلی میزان فنل کل پوست در رقم لیسبون در دامنه‌ی ۴/۰۸-۲/۸۸ و در رقم کاک‌اورکا در دامنه‌ی ۳/۳۴-۲/۶۱ میلی‌گرم بر گرم بود. در گوشت میوه‌ی رقم لیسبون بالاترین مقدار در اواخر مهر (با مقدار ۱/۸۵ میلی‌گرم بر گرم) و پایین‌ترین مقدار آن در اوایل آبان (با مقدار ۱/۱۵ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. میزان فنل کل گوشت رقم کاک‌اورکا (در دامنه‌ی ۱/۴۸-۱/۳۳ میلی‌گرم بر گرم) طی رشد تغییر چندانی نداشت (جدول ۳).

فلاونوئید کل: میزان فلاونوئید کل در هر دو رقم طی مراحل رشدی تغییر معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی میزان فلاونوئید کل پوست و گوشت میوه هر دو رقم در دامنه (۰/۰۰۶-۰/۰۱۴ میلی‌گرم بر گرم) بود (جدول ۳).

جدول ۱- میزان برخی صفات فیزیکی میوهی دو رقم لیموترش لیسبون و کوکاورکا طی رسیدن

نوع رقم	مرحله رشدی	وزن (گرم)	طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	حجم (میلی متر مکعب)	ضخامت پوست (میلی متر)	درصد عصاره (%)
لیسبون		۱۲۰/۴۶ ^{b*}	۷۴/۰۴ ^a	۵۸/۷ ^b	۱۰۶/۹۶ ^b	۳/۵۱ ^a	۳۵/۴ ^b
کوکاورکا		۱۳۱/۰۴ ^a	۷۵/۲۹ ^a	۶۰/۸۴ ^a	۱۱۵/۱۲ ^a	۳/۴۹ ^a	۳۹/۲۲ ^a
لیسبون	اواخر مهر	۱۱۱/۸ ^b	۷۲/۹۸ ^a	۵۶/۸ ^c	۱۰۴/۸ ^a	۳/۲۲ ^b	۳۲/۱۵ ^c
	اوایل آبان	۱۱۳/۹ ^b	۷۱/۷۳ ^a	۵۷/۹۲ ^{bc}	۱۰۰/۲ ^a	۳/۳۹ ^{ab}	۳۷/۲ ^{abc}
	اواسط آبان	۱۲۹/۹ ^{ab}	۷۵/۴۸ ^a	۶۰/۹۷ ^{abc}	۱۱۷/۸ ^a	۳/۹۰ ^a	۳۴/۷۱ ^{bc}
	اواخر آبان	۱۲۶/۲ ^{ab}	۷۵/۹۶ ^a	۵۹/۱ ^{abc}	۱۰۵/۱ ^a	۳/۵۳ ^{ab}	۳۷/۵۴ ^{abc}
کوکاورکا	اواخر مهر	۱۱۴/۵ ^b	۷۲/۵ ^a	۵۸/۳۲ ^{bc}	۱۱۵/۱ ^a	۳/۳۳ ^{ab}	۳۵/۲۱ ^{abc}
	اوایل آبان	۱۲۳/۸ ^b	۷۴/۶۴ ^a	۵۹/۹۳ ^{abc}	۱۱۵/۵ ^a	۳/۴۱ ^{ab}	۴۲/۱۳ ^{ab}
	اواسط آبان	۱۳۴/۶ ^{ab}	۷۷/۳۴ ^a	۶۲/۱۱ ^{ab}	۱۲۰/۵ ^a	۳/۴۴ ^{ab}	۴۳/۴۸ ^a
	اواخر آبان	۱۵۱/۳ ^a	۷۶/۶۹ ^a	۶۳/۱۴ ^a	۱۰۹/۴ ^a	۳/۷۸ ^{ab}	۳۶/۰۳ ^{abc}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

جدول ۲- میزان ویژگی‌های شیمیایی میوهی دو رقم لیموترش لیسبون و کوکاورکا طی رسیدن

نوع رقم	مرحله رشدی	pH	مواد جامد محلول (%)	اسید قابل تیتراسیون (%)	TSS/TA شاخص تکنولوژی (%)
لیسبون	اواخر مهر	۱/۱۹ ^{d*}	۱۰/۵۹ ^a	۱۰/۸۷ ^b	۱/۰۳ ^b
	اوایل آبان	۱/۳۱ ^{bc}	۱۰/۴۶ ^a	۱۳/۵۱ ^a	۰/۷۸ ^b
	اواسط آبان	۱/۲۸ ^{bc}	۱۰/۴۴ ^a	۷/۲۶ ^c	۱/۴۴ ^{ab}
	اواخر آبان	۱/۵۲ ^a	۱۰/۴۹ ^a	۶/۳۴ ^c	۱/۶۶ ^{ab}
کوکاورکا	اواخر مهر	۱/۲۵ ^{cd}	۱۰/۴۴ ^a	۶/۴۰ ^c	۲/۳۷ ^a
	اوایل آبان	۱/۳۱ ^{bc}	۱۰/۴۰ ^a	۱۰/۹۵ ^b	۰/۹۷ ^b
	اواسط آبان	۱/۳۶ ^b	۱۰/۳۸ ^a	۶/۳۲ ^c	۱/۶۴ ^{ab}
	اواخر آبان	۱/۳۴ ^b	۱۰/۵۱ ^a	۶/۶۰ ^c	۲/۴۷ ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

آسکوربیک اسید: مقدار آسکوربیک اسید تحت تأثیر مرحله رشدی و نوع رقم قرار گرفت ($p < 0.01$). بیشترین مقدار در رقم لیسبون ۵۷/۰۵ (اواسط آبان) و در رقم کوکاورکا ۵۵/۰۵ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم (اواخر آبان) بود (جدول ۳).

جدول ۳- میزان ارزش غذایی میوهی دو رقم لیموترش لیسبون و کوکاورکا طی رسیدن

نوع رقم	مرحله رشدی	فلفل کل پوست (میلی گرم بر گرم)	فلفل کل گوشت (میلی گرم بر گرم)	فلاونوئید کل پوست (میلی گرم بر گرم)	فلاونوئید کل گوشت (میلی گرم بر گرم)	آسکوربیک اسید گوشت (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)	فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی گوشت میوه (%)
لیسبون	اواخر مهر	۴/۰۸ a*	۱/۸۵ a	۰/۰۰۱۲ ab	۰/۰۰۰۰۹ de	۳۱/۰۵ e	۵۶/۳۳ abc	۵۰/۳۳ a
	اوایل آبان	۲/۸۸ a	۱/۱۵ c	۰/۰۰۱۱ ab	۰/۰۰۰۰۱ b	۳۷/۳ de	۶۵/۰۰ ab	۴۹/۶۷ a
	اواسط آبان	۲/۳۶ a	۱/۴۶ b	۰/۰۰۰۰۸ b	۰/۰۰۰۰۹ cd	۵۷/۰۵ a	۴۹/۰۰ bc	۴۳/۶۷ a
	اواخر آبان	۳/۲۴ a	۱/۴۷ b	۰/۰۰۰۰۱ ab	۰/۰۰۰۰۰۸ e	۴۴/۳ cd	۵۲/۶۷ abc	۴۵/۳۳ a
کوکاورکا	اواخر مهر	۳/۸۲ a	۱/۴۴ b	۰/۰۰۰۱۴ a	۰/۰۰۰۰۰۶ f	۳۹/۸ cd	۶۵/۳۳ a	۵۰/۶۷ a
	اوایل آبان	۳/۳۳ a	۱/۳۳ bc	۰/۰۰۰۰۹ b	۰/۰۰۰۰۰۹ cd	۴۶/۳ c	۴۹/۳۳ abc	۳۹/۶۷ a
	اواسط آبان	۲/۶۱ a	۱/۴۸ b	۰/۰۰۰۰۷ b	۰/۰۰۰۰۰۱۱ a	۴۷/۰۵ bc	۴۷/۶۷ c	۴۵/۰۰ a
	اواخر آبان	۳/۳۴ a	۱/۳۳ bc	۰/۰۰۰۰۹ b	۰/۰۰۰۰۰۹ bc	۵۵/۰۵ ab	۴۸/۶۷ c	۴۹/۶۷ a

*در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

در این بررسی همبستگی منفی بین میزان فلفل کل و آسکوربیک اسید مشاهده شد (با ضریب تبیین ۰/۲۶-).

فعالیت آنتی اکسیدانی: به طور کلی فعالیت آنتی اکسیدانی در گوشت رقم لیسبون در دامنه ی ۴۳/۶۷ تا ۵۰/۳۳ درصد و در رقم کوکاورکا در دامنه ۳۹/۶۷ تا ۵۰/۶۷ درصد بود. بیشترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی پوست در رقم لیسبون در اواسط آبان (با مقدار ۶۵ درصد) و در رقم کوکاورکا در اواخر مهر (با مقدار ۶۵/۳۳ درصد) مشاهده شد و بعد تا پایان آبان (برداشت آخر) کاهش یافت (جدول ۳).

رنگدانه های کلروفیلی و کاروتنوئیدی: در این بررسی میزان کلروفیل a در پوست، گوشت و کاروتنوئید کل پوست تحت تأثیر مرحله رشدی و نوع رقم قرار گرفت ($p < 0.05$). براساس جدول ۴، بیشترین مقدار کلروفیل a پوست میوه ی لیسبون در اوایل آبان (با مقدار ۲/۵۷ میلی گرم بر گرم) و کمترین مقدار در اواسط آبان با مقدار ۰/۳۷ میلی گرم بر گرم مشاهده شد. در رقم کوکاورکا تفاوت معنی داری طی رسیدن (در دامنه ۱/۱۳ - ۰/۸۲ میلی گرم بر گرم) مشاهده نشد. مقدار کلروفیل b و کل در

پوست میوه ی لیسبون در اواسط آبان کاهش یافت اما در گوشت در اواخر آبان به کمترین مقدار رسید. رقم کوک اورکا در اواخر آبان دارای کمترین مقادیر کلروفیل b در پوست و گوشت میوه بود. بیشترین مقدار کاروتنوئید پوست در رقم لیسبون در اوایل آبان و در رقم کوکاورکا در اواسط آبان مشاهده شد.

بحث

ویژگی های فیزیکی میوه: به طور کلی وزن میوه طی رسیدن همزمان با صفات طول، عرض، حجم، ضخامت پوست و درصد عصاره افزایش یافت. در گزارشی متوسط وزن، طول، عرض و ضخامت پوست میوه ی لیسبون به ترتیب ۱۵۱ گرم، ۸۷/۲، ۶۳/۲ و ۵/۷۴ میلی متر گزارش شد (۳۱) که متوسط اندازه میوه در این آزمایش کمتر از گزارش فوق بود.

گزارش شده است که حداقل درصد آب میوه برای برداشت لیموها ۳۰ درصد است (۱۰ و ۲۷).

جدول ۴- میزان رنگدانه‌های میوه‌ی دو رقم لیموترش لیسبون و کوک‌اورکا طی رسیدن

نوع رقم	مرحله رشدی	کلروفیل a پوست کلروفیل a گوشت	پوست کلروفیل b گوشت	کلروفیل کل گوشت	کاروتنوئیدکل	کاروتنوئیدکل
		(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	پوست (میلی گرم بر گرم)	گوشت (میلی گرم بر گرم)
لیسبون	اواخر مهر	۱/۵۰ ab*	۰/۵۰ a	۱/۰۹ ab	۰/۸۰ ab	۲/۵۹ a
	اوایل آبان	۲/۵۷ a	۰/۴۲ a	۱/۲۶ a	۰/۷۵ ab	۳/۸۲ a
	اواسط آبان	۰/۳۷ c	۰/۵۶ a	۰/۳۲ c	۱/۰۶ a	۰/۶۹ c
	اواخر آبان	۱/۱۹ b	۰/۱۶ b	۱/۰۴ abc	۰/۲۶ c	۲/۲۳ ab
کوک‌اورکا	اواخر مهر	۰/۸۲ bc	۰/۴۶ a	۱/۳۸ a	۰/۷۸ ab	۲/۱۹ ab
	اوایل آبان	۱/۱۰ b	۰/۴۷ a	۱/۱۰ ab	۰/۸۶ ab	۲/۱۹ ab
	اواسط آبان	۱/۱۳ b	۰/۳۱ ab	۰/۸۳ abc	۰/۵۶ abc	۱/۹۶ abc
	اواخر آبان	۰/۶۴ bc	۰/۵۲ a	۰/۳۹ bc	۰/۴۷ bc	۱/۰۲ bc

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

به‌نظر می‌رسد هر دو رقم در مرحله بعد از بلوغ (اواخر مهر) شاخص استاندارد آب‌میوه را در شرایط شمال ایران داشتند. در پژوهشی درصد آب‌میوه در لیموی اورکا که نزدیک به کوک‌اورکا است ۴۲/۸۳ درصد گزارش شد (۱۶) که درصد آب‌میوه کوک‌اورکا با آن مطابقت داشته، ولی رقم لیسبون دارای درصد آب کمتری بود.

pH : نتایج نشان داد که pH در هر دو رقم طی رسیدن روند افزایشی داشت (جدول ۲). رخا و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که مقدار pH در مراحل رشدی میوه افزایش می‌یابد که به‌طور مشابه نتایج این آزمایش نیز از این روند تبعیت نمود (۳۴). پژوهش‌ها نشان دادند که میزان pH در لیموی تازه ۲/۵۴ و در رقم اورکا ۲/۳۲ بود (۱۶ و ۲۲) که مقادیر مشاهده شده در این پژوهش کمتر از مقادیر گزارش شده‌ی فوق بود.

مواد جامد محلول (قند)، اسید قابل تیتراسیون (اسیدیته)، نسبت قند به اسیدیته میوه، شاخص تکنولوژی: با اینکه در این پژوهش میزان TSS تغییر معنی‌داری هنگام رسیدن نداشت اما بررسی‌های انجام شده روی پرتقال نشان داد که مقدار مواد جامد محلول طی رسیدن افزایش یافته اما مقدار

اسید قابل تیتراسیون کاهش می‌یابد (۱۰ و ۱۸). فتاحی و همکاران (۲۰۱۱)، به نقل از بیاله (۱۹۶۰) بیان کردند که افزایش مواد جامد محلول و قند کل میوه طی رسیدن به‌دلیل هیدرولیز نشاسته به قند و همچنین کاهش در میزان تجزیه قند طی تخمیر است (۱۸). در این تحقیق، احتمالاً در زمان‌های برداشت که هنوز رنگ میوه کاملاً تغییر نکرده، از میزان تجزیه قندها کاسته نشد. بنابراین مواد جامد محلول طی رسیدن افزایش چشمگیری نداشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد این پدیده به‌دلیل اسیدیته‌ی بالای لیموترش امری طبیعی باشد. از نظر مقدار، مواد جامد محلول به‌دست آمده در این آزمایش بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط سایر محققان در لیموی تازه، لیموی اورکا و لیسبون بود (۱۶ و ۳۵).

در این بررسی، مرحله‌ی رشدی و نوع رقم تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر میزان اسید قابل تیتراسیون داشت. رخا و همکاران (۲۰۱۲)، بیان کردند که مقدار اسید قابل تیتراسیون در لیموترش، بالاتر از نارنج، نارنگی و پرتقال است (۳۴). به‌طور کلی گزارش شده است که مقدار اسید قابل تیتراسیون طی بلوغ، ابتدا افزایش یافته و بعد کاهش

می‌یابد (۲۳ و ۳۰). به‌طور کلی مقدار اسید قابل تیتراسیون در این آزمایش بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط پژوهش‌گران بود (۱۶ و ۳۵). از آنجا که میزان اسید قابل تیتراسیون یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده مرحله رشدی است، به‌نظر می‌رسد میوه هر دو رقم لیموترش مورد مطالعه در اوایل آبان دارای بالاترین میزان اسید آلی بودند که می‌تواند برای برداشت مناسب باشد.

در مرکبات غیر اسیدی مانند پرتقال، نارنگی و گریپ‌فروت، اسید آزاد هر میوه هم‌زمان با رشد افزایش یافته و در موارد کمی ثابت می‌ماند. در این ارقام طی بلوغ مقدار قند میوه افزایش و اسیدیته کاهش می‌یابد. بنابراین نسبت قند به اسید (TSS/TA) به‌عنوان شاخص بلوغ و کیفیت میوه در این نوع از مرکبات از اهمیت بیشتری برخوردار است (۲۷). در ارقام لیموترش (مرکبات اسیدی) به‌دلیل اسیدیته‌ی بالا، تغییرات مواد جامد محلول محسوس نبوده و مقدار اسید قابل تیتراسیون دارای اهمیت بیشتری است. چنانچه نسبت این دو صفت نیز در نظر گرفته شود، مشاهده می‌شود که این نسبت در برداشت اول آبان نیز دارای کمترین مقدار است. بنابراین اوایل آبان را می‌توان زمان شروع بلوغ داخلی میوه در نظر گرفت. در این زمان میوه دارای بالاترین درصد آب‌میوه نیز است.

به‌طورکلی شاخص تکنولوژی در هر دو رقم تفاوت چشمگیری طی رسیدن نداشت؛ هرچند مقدار عددی آنها بالاتر از سایر انواع مرکبات بود. در گزارشی مقدار شاخص تکنولوژی در ارقام پرتقال در دامنه‌ی ۱/۷۲ - ۱/۳۹ درصد بود (۱۱). با توجه به اینکه شاخص تکنولوژی یکی از ویژگی‌های مهم در صنعت تهیه آب‌لیمو به‌شمار می‌رود، می‌توان گفت آب‌میوه‌ی هر دو رقم مورد مطالعه از استاندارد کیفی برخوردار بودند.

فنل کل: گرچه فنل کل کمتر متأثر از مرحله رشدی و نوع رقم بود اما کمیت آن از نظر ارزش غذایی اهمیت دارد. فهد و همکاران (۲۰۱۳) میزان فنل کل در لیموی اورکا را

۷۹/۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم و افشار محمدیان و همکاران (۲۰۱۲) مقدار فنل کل لیموترش را ۱۰۲/۷ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند (۱ و ۱۶). لیموهای این آزمایش که از ارقام نزدیک به لیموی اورکا هستند میزان فنل کل بیشتری نسبت به گزارش‌های فوق داشتند. در تحقیقی فتاحی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که میزان فنل کل ارقام مختلف پرتقال طی رسیدن ابتدا کاهش و بعد افزایش یافت (۱۸)، در حالی‌که در این آزمایش روند کاهشی هنگام رسیدن مشاهده شد. بعلاوه در این پژوهش، میزان فنل کل پوست بیشتر از گوشت بود که با یافته‌های سایر محققان در این زمینه مطابقت داشت (۴، ۲۹ و ۳۲). به‌نظر می‌رسد در شرایط آب و هوایی شمال ایران، دمای پایین منجر به افزایش میزان فنل کل پوست لیموها برای مقابله با آسیب‌های ناشی از سرمای ناگهانی می‌شود. با توجه به اینکه ترکیب‌های فنلی، عوامل محافظتی در برابر اشعه‌ی ماورای بنفش، پاتوژن‌ها و آفات هستند، بنابراین پوست میوه به‌عنوان بخش خارجی و حفاظتی میوه، مستعد سنتز این ترکیب‌ها بوده و غلظت بالایی از ترکیب‌های فنلی را دارد (۱۰).

فلاونوئیدکل میوه: فلاونوئید کل میوه هر چند به مقدار جزئی، اهمیت داشته و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی است. در بررسی افشار محمدیان و همکاران (۲۰۱۲) میزان فلاونوئید کل برای لیموترش ۲۷/۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش شد (۱). در پژوهشی دیگر مقدار فلاونوئیدکل نوعی لیموترش در پوست و گوشت میوه به‌ترتیب برابر ۱۶/۲ و ۲ میلی‌گرم بر گرم گزارش شد که در این آزمایش کمتر از آزمایش فوق بود (۱۹). همبستگی مستقیمی در پوست با ضریب ۰/۶۶ و در گوشت با ضریب ۰/۱۶ بین ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی مشاهده شد که با یافته‌های رحمان و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت (۳۳). از طرفی میزان فلاونوئیدکل پوست بیشتر از گوشت بود که با یافته‌های برخی دیگر از پژوهش‌گران مطابقت داشت (۱۹ و ۳۶). مقدار اندک فلاونوئیدها در این آزمایش نشان داد

که این گروه از ترکیب‌های فنلی در لیموها فراوان نیست. گزارش شده است که گروه لیمونوئیدها ترکیب غالب در لیموها هستند (۲۷).

آسکوربیک اسید میوه: در این آزمایش مقدار آسکوربیک اسید در رقم کوک‌اورکا روند افزایشی داشته اما در رقم لیسبون تا اواسط آبان افزایش و بعد کاهش یافت. به نظر می‌رسد طی رسیدن، هورمون اتیلن که نسخه‌برداری از ژن‌های سترکننده‌ی آنزیم‌های مختلف را در جهت کاهش ترکیب‌های گیاهی تأثیرگذار در فرایند رسیدگی فعال می‌کند، افزایش می‌یابد. با بالا رفتن سرعت متابولیسم طی رسیدن، تعداد رادیکال‌های آزاد تولید شده افزایش یافته و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آسکوربیک اسید در جهت حفاظت از اثرات سمی رادیکال‌های آزاد و کاهش مواد مضر مصرف شده و مقدار آن کاهش می‌یابد (۳۴).

در پژوهشی میزان آسکوربیک اسید در رقم اورکا ۳۱/۲۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم و در گوشت نوعی لیمو ۴۷/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گزارش شد (۱۵ و ۱۷) که مقادیر مشاهده شده در این آزمایش بالاتر از گزارش‌های فوق بود. به‌طور کلی آسکوربیک اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان محلول در آب و کوفاکتور فرایندهای آنزیمی و هورمونی، یکی از مهمترین ویتامین‌های مورد نیاز بدن به‌شمار می‌رود. خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای این ویتامین، نقش مهمی در عملکرد آن در متابولیسم گیاهان و انسان داشته و منجر به کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های حاد در انسان می‌شود. با توجه به اینکه بدن انسان قادر به ساخت این ویتامین نیست، جذب روزانه‌ی آن از طریق میوه‌هایی مانند لیموترش اهمیت زیادی در حفظ سلامت بشر دارد (۱۵). برداشت میوه‌ی لیموترش در بازه‌ی زمانی با محتوای بالای آسکوربیک اسید از این نظر اهمیت دارد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه: نتایج این بررسی نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت هر دو رقم در سطح بالایی قرار داشت (جدول ۳). فهد و همکاران

(۲۰۱۳) فعالیت آنتی‌اکسیدانی لیموی اورکا را ۴۸/۳ درصد گزارش کردند که ارقام مورد مطالعه در این پژوهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشتند (۱۶).

یافته‌های پژوهش گران نشان می‌دهد که پوست میوه فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به گوشت دارد (۱۴، ۲۰ و ۲۴). به‌طور مشابه در این آزمایش نیز پوست میوه هر دو رقم میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به گوشت داشت. این حالت به‌دلیل نقش محافظتی ترکیب‌های زیست‌فعال پوست در برابر عوامل محیطی و پاتوژن‌ها می‌تواند باشد.

در بیشتر گزارش‌ها، همبستگی مستقیم بین ترکیب‌های فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیان شده است (۶ و ۳۲). در این پژوهش همبستگی معنی‌داری بین فلاونوئیدکل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست با ضریب تبیین ۰/۶۸، همچنین بین فنل‌کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست با ضریب تبیین ۰/۳۰ مشاهده شد. در گوشت همبستگی مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با فنل‌کل (با ضریب ۰/۳۱) وجود داشت. بنابراین فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام مورد مطالعه می‌تواند به‌دلیل بالا بودن ترکیب‌های فنلی نیز باشد.

در این بررسی با اینکه طی رسیدگی میوه، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت، ولی میزان ویتامین C (با ضریب تبیین ۰/۲۵-) افزایش یافت که با یافته‌های تعدادی از پژوهش‌گران مطابقت نداشت (۱۰ و ۱۳). به‌طور مشابه، آهنگوب‌رو و همکاران (۱۳۹۳) مشاهده کردند که بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و میزان آسکوربیک اسید بیوتیپ‌های طبیعی مرکبات همبستگی منفی وجود دارد (۳). به‌نظر می‌رسد که ضمن افزایش متابولیسم‌های داخلی میوه طی روند رسیدن، آسکوربیک اسید موجود در میوه (آنتی‌اکسیدان قوی)، برای خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد موجود در میوه، به نوع کم‌فعال دهیدروآسکوربیک اسید تبدیل شده و از میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن کاسته می‌شود. قابل توجه اینکه این دو نوع آسکوربیک اسید به

رنگدانه‌های مهم سطح میوه‌ها و عامل ایجاد رنگ زرد، نارنجی و قرمز در گیاهان هستند. بنابراین نقش مهمی در بازارپسندی میوه دارند. در لیموها شاخص رنگ پوست نمی‌تواند به تنهایی تعیین‌کننده رسیدگی و مرحله رشدی مناسب میوه باشد. به‌همین دلیل لیموها می‌توانند با پوست سبز، ولی بعد از بلوغ میوه و داشتن حدنصاب آب‌میوه برداشت و عرضه شوند. در مقابل این رنگدانه‌ها با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارای ارزش غذایی و دارویی هستند که بخش مهمی از کیفیت میوه محسوب می‌شود (۸).

نتیجه کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان گفت برای دستیابی به میوه‌های با میزان ترکیب‌های زیست‌فعال بالاتر بهتر است میوه‌ها قبل از شروع متابولیسم داخلی و فرایند رسیدن، یا پس از رسیدگی کامل برداشت شوند. به‌عنوان نتیجه‌ی کاربردی می‌توان گفت با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و خطرات ناشی از سرمای زودرس در شمال کشور، بهتر است که میوه لیموها در همان مرحله شروع متابولیسم داخلی و فرایند رسیدن برداشت شوند.

سپاسگزاری

این پژوهش بر اساس مواد گیاهی تهیه شده از ایستگاه تحقیقاتی کترا وابسته به پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) و استفاده از آزمایشگاه‌های این پژوهشکده و دانشگاه آزاد تنکابن انجام شد که بدین‌وسیله از کارکنان این واحدها سپاسگزاری می‌شود.

آسانی در محیط قابل تبدیل به یکدیگر بوده و به‌راحتی در روش‌های آزمایشگاهی قابل شناسایی نیستند. به‌نظر می‌رسد بالا بودن آسکوربیک‌اسید بر خلاف ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی رسیدن، به‌دلیل اندازه‌گیری مجموع نوع فعال و کم‌فعال باشد (۱۵).

رنگدانه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی: بیشترین مقدار کاروتنوئید پوست در رقم لیسبون در اوایل آبان و در رقم کوک‌اورکا در اواسط آبان مشاهده شد. همچنین در این بررسی مقدار کاروتنوئیدها در پوست بیشتر از گوشت بود که مشابه یافته‌های سایر پژوهش‌گران بود (۱۲ و ۲۵).

به‌طورکلی طی بلوغ تا رسیدن میوه با تولید اتیلن در پوست میوه که برخلاف گوشت دارای الگوی تنفسی کلایمتریک است، از مقدار کلروفیل‌ها کاسته شده و مقدار کاروتنوئید افزایش می‌یابد (۲۷) در این پژوهش همبستگی بین کلروفیل a و b و کل پوست با کاروتنوئید به‌ترتیب با ضرایب ۰/۸۷، ۰/۲۵ و ۰/۶۹ دیده شد. همبستگی مثبتی بین کلروفیل a و b و کل گوشت با کاروتنوئید به‌ترتیب با ضرایب ۰/۲۳، ۰/۳۵ و ۰/۳۲ وجود داشت. همچنین رابطه مستقیمی بین TA با کلروفیل a پوست (با ضریب ۰/۵۲)، کلروفیل کل پوست (با ضریب ۰/۴۳) و کاروتنوئید پوست (با ضریب ۰/۴۲) مشاهده شد. این نتیجه نشان می‌دهد که با کاهش اسیدهای آلی (TA) طی رسیدن، میزان رنگدانه‌های کلروفیل به‌ویژه در پوست میوه نیز کاهش می‌یابد. میزان کاروتنوئید کل پوست در رقم لیسبون در اوایل آبان و در کوک‌اورکا در اواسط آبان در بالاترین سطح بود. در حالیکه در گوشت هر دو رقم بالاترین میزان کاروتنوئید در اواخر مهر مشاهده شد. کاروتنوئیدها از

منابع

۱. افشار محمدیان، م، امیدی، ز، پوراکبری، ر و اسدی آبکنار، ا. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر پلی‌پلوئیدی بر برخی ویژگی‌های آناتومیکی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه لیموترش. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۶ (۳): ۲۳۸-۲۴۶.
۲. آمار نامه جهاد کشاورزی ایران. ۱۳۹۲. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.

- آنتی اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات. نشریه علوم باغبانی، ۲۵(۲): ۲۱۷-۲۱۱.
۵. فتوحی قزوینی، ر، فتاحی مقدم، ج، ۱۳۹۰. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان.
6. Abeysinghe, D.C., Li, X., Sun, C.D., Zhang, W., Zhou, C., & Chen, K. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chemistry, 104: 1338-1344.
7. Afshar Mohamadian, M., Mobrami, Z., Hasan Sajedi, R. 2011. Bioactive compounds and antioxidant capacities in the flavedo tissue of two citrus cultivar under low temperature. Brazilian Society of Plant Physiology, 23 (3): 203-208.
8. Agocs, A., Nagy, V., Szabo, Z., Mark, L., Ohmacht, R., Deli, J. 2007. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 8: 390-394.
9. Baradaran Motie, J., Miraei Ashtiani, S. H., Abbaspour-Fard, M. H., Emadi, B. 2014. Modeling physical properties of lemon fruits for separation and classification. International Food Research Journal, 21(5): 1901-1909.
10. Barros, H.R.D.M., Ferreira, T.A.P.D.C., Genovese, M.I. 2012. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. Food Chemistry, 134: 1892-1898.
11. Cavalcante, H.L., Martins, A.B.G., Stuchi, E.S., Campos, M.C.C. 2009. Fruit maturation as a parameter for selection of sweet orange cultivars in Brazil. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7 (3&4): 316-319.
12. Curl, A.L., and Bailly, G.F. 1956. Orange carotenoids. I. Comparison of Valencia orange peel and pulp. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 4: 156-159.
13. Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., 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.
14. Diankov, S., Karsheva, M., Hinkov, I. 2011. Extraction of natural antioxidants from lemon peels. Kinetics and antioxidant capacity. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 46 (3): 315-319.
15. Eitenmiller, R.R. 2008. Vitamin analysis for the health and food sciences. Taylor & Francis Group, LLC.
16. Fahad, Y., Al-Juhaimi, Ghafoor, K. 2013. Bioactive compounds, antioxidant and physico-chemical properties of juice from lemon, mandarin and orange fruits cultivated in Saudi Arabia. Pakistan Journal of Botany, 45(4): 1193-1196.
17. Fang, Y.Z., Yang, S., Wu, G. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition, 18: 872-879.
18. Fattahi, J., Hamidoghli, Y., Fotouhi, R. 2011. Assessment of fruit quality and antioxidant activity of three citrus species during ripening. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 2 (2): 113-128.
19. Ghasemi, K., Ghasemi, Y., Ebrahimzadeh, M.A. 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 Citrus species peels and tissues. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 22(3): 277-281.
20. Gorinstein S., Martin-Belloso O., Park Y.S., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. Food Chemistry, 74: 309-315.
21. Hajimahmoodi, M., Aliabadipoor, M., Moghaddam, G., Sadeghi, N., Oveisi, M.R., Jannat, B. 2012. Evaluation of in vitro antioxidant activities of Lemon juice for safety assessment. American Journal of Food Technology, 7 (11): 708-714.
22. Helali, M.O.H., Ibrahim, M., Shafique, M.Z., Rahman, M.M., Biswas, S.K., Islam M.S. 2008. Formulation, preparation and preservation of lemon (*Citrus limon* L.) cordial. Journal of Biological Sciences, 16: 125-127.
23. Iglesias, D.J., Cercos, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A., Rios, G., Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Lliso, I., Morillon, R., Tadeo, F.R., Talon, M. 2007. Physiology of citrus

- fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4): 333-362.
24. Jayaprakasha, G.K., Patil, B.S. 2007. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. Food Chemistry, 101: 410-418.
 25. Kato, M., Ikoma, Y., Matsumoto, H., Sugiura, M., Hyodo, H., Yano, M. 2004. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in Citrus fruit. Plant Physiology, 134: 824-837.
 26. Kumari, S., Sarmah, N., Handique, A.K. 2013. Antioxidant activities of the unripen and ripen *Citrus aurantifolia* of Assam. International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology, 2(9): 4811-4816
 27. Ladaniya, M. 2008. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego, CA, USA.
 28. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148:350-382.
 29. Mathew, B.B., Jatawa, S.J., Tiwari, A. 2012. Phytochemical analysis of *Citrus limonum* pulp and peel. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 4(2): 369-371.
 30. Mehouchi, J., Serna, D., Zaragoza, S., Agusti, M., Talon, M., Primo-Millo, E. 1995. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. Plant Science, 107: 189-197.
 31. Perez-Perez, J.G., Porras Castillo, I., Garcia-Lidon, A., Botia, P., 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
 32. Ramful, D., T., Bahorun, E., Bourdon, E., Tarnus, O. 2010. Bioactive phenol and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian Citrus fruits: potential prophylactic ingredients for functional foods application. Toxicology, 13: 515.
 33. Rehman, Z.U. 2005. Citrus peel extract – A natural source of antioxidant. Food Chemistry, 99: 450-454.
 34. Rekha, C., Poornima, G., Manasa, M., Abhipsa, V., Pavithra Devi, J., Vijay kumar, H.J., Prashith Kekuda, T.R. 2012. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus Fruits. Chemical Science Transactions, 1(2):303-310.
 35. Safizadeh, M.R. 2013. Vacuum infiltration of polyamines reduces chilling injury and firmness loss of lemon stored at chilling temperature. International Journal of Agriculture Crop Sciences, 6 (8): 445-451.
 36. Wang, Y.C., Chuang, Y.C., Hsu, H.W. 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. Food Chemistry, 106: 277-284.

Investigation of bioactive compounds changes of two Lisbon (*Citrus limon* cv. Lisbon) and Cook eureka lemon (*C. limon* cv. Cook Eureka) varieties during ripening

Syedghasemi S.E.¹, Fattahi Moghadam J.² and Babakhani B.¹

¹ Biology Dept., Islamic Azad University of Tonekabon, Tonekabon, I.R. of Iran

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

Abstract

In this study, some fruit physicochemical characteristics of two lemon varieties (Lisbon and Cook eureka) were investigated to determine the changes in bioactive compounds according to physicochemical properties during maturity until ripening stages. Fruits were evaluated every 10 days interval for one month (15 October to 15 November). The results showed that Cook eureka fruit with 131.04 g weight, 60.84 mm length, 115.12 mm³ volume and 39.22 percentage of juice was significantly larger than Lisbon. The highest amount of titratable acidity of varieties (13.51 and 10.95 percent in Lisbon and Cook eureka, respectively) observed at late October. Technological Index of varieties was the range of 3.40- 4.51 percent. The highest amount of pulp phenolic observed with 1.85 mg.g⁻¹ at late October and 1.48 mg.g⁻¹ at early November in Lisbon and Cook eureka, respectively. Ascorbic acid content of Lisbon lemon was high (57.05 mg.100g⁻¹) at early November. Inversely, Cook eureka showed exceeding antioxidant activity with 65.33 % at mid-November. In addition, the lowest amount of total chlorophyll in peel and pulp of Lisbon was 0.69 (early November) and 0.42 mg.g⁻¹ (late October), respectively. The amount of total carotenoid (6.85 mg.g⁻¹ at late October) in Lisbon was higher than other examined varieties. Therefore, it is better that fruits to be harvested before beginning of internal metabolism (15 October) or at the full ripening stage (15 November) to have higher bioactive compounds.

Key words: Antioxidant, Citrus, Lemon, Ripening.