مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۲ شماره ٤ صفحه های ۳۵۵ تا ۳٦۸ (۱۳۹۰)

تعیین زمان مناسب برداشت برخی رقم های مرکبات بر اساس میزان ترکیب های مفید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه[1]

DETERMINATION OF SUITABLE HARVESTING TIME BASED ON FRUIT BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN SOME CITRUS CULTIVARS

جواد فتاحی مقدم، یوسف حمیداوغلی، رضا فتوحی قزوینی، محمود قاسم‌نژاد و داود بخشی[2]

چکیده

در این پژوهش، میزان ترکیب های مفید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت ۳ رقم مرکبات شامل 'سانگینلو'[3]، 'تاراکو'[4] و 'پیج'[5] در رسیدن میوه با هدف تعیین زمان مناسب برداشت مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی های کیفی گوشت میوه شامل TSS، TA، TSS/TA، کاروتنوئید کل، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، اسکوربیک‌اسید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس مهار رادیکال‌های $DPPH^{\bullet}$ و $ABTS^{\bullet+}$ در ٤ تاریخ برداشت و در طول رسیدن میوه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان TSS و TA در کلیه رقم ها و بین ۳ برداشت آخر مشاهده نشد. میزان کاروتنوئید کل در دوره رسیدن میوه افزایش یافت. میزان فنل کل در میوه رقم های 'سانگینلو' و 'تاراکو' که در شهریور برداشت شده بودند بالا بود و به تدریج با رسیدن میوه کاهش یافت. میزان فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل با رسیدن میوه افزایش، ولی میزان اسکوربیک‌اسید کاهش یافت. کارایی آنتی‌رادیکالی (AE) عصاره رقم های 'تاراکو' و 'پیج' در شهریور بالاتر بود اما در رقم 'سانگینلو' در آبان افزایش نشان داد ولی تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های برداشت شهریور و مهر وجود نداشت. در این آزمایش مشخص شد که میوه‌های هر ۳ رقم در اوایل آذر بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند. در مجموع به دلیل کیفیت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مناسب میوه در برداشت اواخر آبان و اوایل آذر، این زمان‌ها جهت برداشت میوه رقم های مورد بررسی مناسب تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: اسکوربیک‌اسید، آنتی‌اکسیدانی، فعالیت کاروتنوئید، فلاونوئید، مرکبات.

مقدمه

شناخت تغییرهای بیوشیمیایی میوه در طول رسیدن، به فهم مراحل متابولیکی درون میوه از بلوغ تا رسیدن، کیفیت ظاهری و در نهایت تعیین ارزش غذایی میوه در زمان برداشت کمک می‌کند. بررسی های مختلف نشان از تغییر در وضعیت ترکیب های مفید درون بافت میوه درختان میوه بسته به شرایط آب و هوایی هر سال، رقم، پایه و عملیات باغبانی دارد (٦، ۱۲، ۱٦). در منابع به تغییر این ترکیب ها در مرکبات بسته به مرحله رشد، شرایط آب و هوایی و نوع رقم نیز اشاره شده است. در برگ‌ها و میوه های جوان، فلاونوئیدهای نوع گلوکوزیدی

۱- تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/٤/۱

۲- به ترتیب دانشجوی دکترای علوم باغبانی (Fattahi80@yahoo.com) (اکنون پژوهشگر موسسه تحقیقات مرکبات)، استادیار، استاد و استادیاران گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان، رشت، جمهوری اسلامی ایران.

۳- 'Sanguinello' ٤- 'Tarocco' ٥- 'Page'

www.SID.ir

در مرحله تقسیم یاخته ای تشکیل می‌شوند. همچنین در طول دوره بزرگ شدن یاخته‌ها و سپس بلوغ برگ و میوه‌ها، تولید آن ها کاهش می‌یابد. به تدریج و با گذشت زمان با توسعه و بالغ شدن میوه، غلظت فلاونوئیدها (به دلیل اثرهای رقیق شدگی) کاهش می‌یابد (۷). زو و همکاران (۳۸) محتوای اسیدهای فنلی را در رقم های نارنگی 'پونکن' و نوعی گریپ‌فروت[۱] در طول بلوغ بررسی نمودند. آن ها نیز دریافتند که میزان این ترکیب ها بسته به رشد میوه و نوع رقم تغییر می‌کند. بدین صورت که بیشترین اسیدهای فنلی در مرحله نارس گوشت میوه تشکیل شد. همچنین با مقایسه رقم ها، همواره میزان این ترکیب ها در 'پونکن' بیشتر از گریپ‌فروت بود (۳۸). میزان ترکیب های مفید در دو زمان مختلف برداشت میوه‌های کیوی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که زمان برداشت تاثیر معنی‌داری روی میزان اسکوربیک‌اسید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی نداشت اما میزان کاروتنوئیدها و فنل کل میوه در برداشت دوم بیشتر از اول بود (۳۳). برهو (۷) نیز با بررسی ترکیب های فلاونوئیدی (عامل تلخی) میوه گریپ‌فروت در طول فصل رشد دریافت که میوه گریپ فروت در اوایل فصل تلختر از سایر مواقع فصل است.

وجود رنگیزه‌ها در گوشت و پوست میوه علاوه بر میزان بازارپسندی میوه، در ارزش غذایی میوه در زمان برداشت نیز نقش دارند. آنتوسیانین‌ها از جمله ترکیب های فنلی طبیعی هستند که عامل رنگ در گوشت پرتقال‌های خونی هستند. این ترکیب ها نیز به دلیل خواص دارویی از اهمیت زیادی برخوردارند (۱). کاروتنوئیدها رنگیزه‌های مسئول رنگ پوست و بافت گوشت میوه در غالب مرکبات هستند. میزان تجمع این رنگیزه‌ها نیز متاثر از ژنتیک و عوامل محیطی زمان رسیدن است (۱۱). ترکیب های فنلی میوه مرکبات بیشتر مربوط به گروه فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی است که در این میان فلاونوئیدهای نوع گلوکوزیدی، فراوانی بیشتری دارند (۵). همچنین میوه مرکبات حاوی ترکیب های مفید دیگر همچون لیمونوئیدها، فلاونوئیدها، پکتین، کومارین و آنتی‌اکسیدان‌های معروف چون اسکوربیک‌اسید و کاروتنوئیدها است که نقش مهمی در سلامت انسان دارند (۲۷، ۳۷). همه این ترکیب ها از جمله آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مرکبات بوده و بازدارنده بیماری‌های مزمن چون سرطان و عارضه‌های قلبی و عروقی (۳) و رشد بیماری‌های بالینی مهم هستند (۱۰، ۱۷). در ضمن علاوه بر ارزش غذایی، این ترکیب ها در طول رشد با انگیزش مقاومت، میوه مرکبات را از خسارت‌های میکروبی، پرتو فرابنفش و سایر عوامل تنش‌زا مصون می‌دارند (۲۶).

بنابراین، مقدار و نوع این ترکیب ها، رابطه‌ای قوی با کیفیت تجاری و تغذیه‌ای میوه در زمان برداشت دارد. از جمله روش‌های ارزیابی ارزش غذایی میوه اندازه‌گیری فعالیت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است که نشان دهنده میزان ترکیب ها با خاصیت آنتی‌اکسیدانی است. برخی پژوهشگران از این روش‌ها جهت برآورد ارزش غذایی رقم های مختلف و مقایسه آن ها به ویژه در زمان برداشت استفاده نموده‌اند. در این زمینه، زو و همکاران (۳۸)، با اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی چون کاروتنوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (با استفاده از آزمون FRAP و DPPH) و ترکیب های فنلی، ارزش غذایی ۱۵ رقم از مرکبات را در زمان تجاری برداشت مورد بررسی قرار دادند. در گزارشی دیگر، ترکیب های مفید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بافت‌های خوراکی میوه به طور مجزا در دو رقم نارنگی، یک رقم پرتقال و یک دورگه (*C. changshanensis*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان کاروتنوئیدها و فنل‌ها در رقم های نارنگی بیشتر از انواع پرتقال بود. سهم اسکوربیک‌اسید از ظرفیت آنتی اکسیدانی در دامنه ۲۶/۹ تا ۴۵/۹٪ بود (۳). سو و همکاران (۳۱) فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های رویشی دو رقم

۱- Huyou

www.SID.ir

نارنگی و ۲ رقم نارنج را با استفاده از روش درصد مهار رادیکال‌های DPPH، محاسبه و سپس مقدار IC_{50} برای هر یک از رقم ها محاسبه نمودند (۳۱). اصطلاح دیگری که برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیان می‌شود کارایی آنتی رادیکال[۱] (AE) است که به طور گسترده‌ای جهت مقایسه نتایج استفاده می‌شود. بدین معنی که هر چه بیشتر باشد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز بیشتر است (۱۳).

پرتقال‌های خونی 'سانگینلو' و 'تاراکو' و همچنین نارنگی 'پیج' از رقم های معروف تجاری در ایران هستند. مبنای برداشت مرکبات در ایران بیشتر میزان تغییر رنگ میوه (سبز به نارنجی) و شاخص نسبت قند به اسیدیته میوه است. امروزه در دنیا از شاخص‌های کیفی که بیانگر ارزش غذایی میوه در زمان برداشت میوه‌ها هستند جهت تعیین زمان برداشت استفاده می‌شود. در ایران گزارشی مبنی بر مقایسه ارزش غذایی گوشت میوه این رقم ها در مراحل رشدی بلوغ تا رسیدن میوه و به دنبال آن تعیین نقطه اوج وجود این ترکیب های مفید به ویژه در رقم های تجاری وجود نداشت. بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی سطوح ترکیب های فنلی، آنتی‌اکسیدانی و ارزش غذایی میوه در طول رسیدن با هدف تعیین زمان مناسب برداشت هر رقم انجام شد. بدیهی است که با افزایش اطلاعات پایه در مورد این تغییرهای بیوشیمیایی می‌توان به داشتن برنامه‌ای منسجم جهت کنترل رسیدن و حفظ ارزش غذایی میوه در طول رسیدن کمک نمود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ۲ رقم پرتقال‌های خونی 'سانگینلو' و 'تاراکو' و همچنین نارنگی 'پیج' جهت بررسی شاخص‌های کیفی و ترکیب های مفید میوه مورد استفاده قرار گرفت. زمان برداشت میوه‌ها۱۲۰ تا ۱۵۰ روز بعد از تمام گل یعنی هفته اول شهریور و به فاصله زمانی یک ماه یعنی هفته‌های اول مهر، آبان و آذر از درختان بارور پیوند شده روی پایه نارنج واقع در قطعه آزمایشی موسسه تحقیقات مرکبات کشور- رامسر انجام شد. نمونه‌گیری از جهت های مختلف درخت و تا حد امکان یکسان صورت گرفت. برای تیمارها (زمان برداشت) ۳ بلوک یا تکرار (۳ درخت برای هر رقم) در نظر گرفته شد. در هر تاریخ برداشت، از هر تکرار ۱۵ عدد میوه یکسان برداشت (٤٥ عدد میوه در هر رقم و در هر مرحله برداشت) و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتقال به آزمایشگاه ویژگی هایی مانند میزان مواد جامد محلول (TSS) بر حسب درصد توسط دستگاه رفراکتومتر چشمی مدل Atago – ATC- 20 ساخت ژاپن و در دامنه ۲۰-۰٪ برای هر یک از میوه‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری اسید قابل تیتر (TA)، مخلوط ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دو قطره شناساگر فنل فتالئین با سود یک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن تیتر گردید.

به منظور استخراج ترکیب های فنلی رقم های خونی ('سانگینلو'و 'تاراکو') از حلال متانول و استیک اسید به نسبت ۸۵:۱۵٪ و جهت نارنگی 'پیج' از متانول به تنهایی استفاده شد. با استفاده از یک عصاره‌گیر دستی بافت گوشت هر یک از تکرارها از پوست جدا و به نسبت ۱:۳ (حلال:نمونه) به صورت تمام شب در دمای ٤ درجه‌سلسیوس قرار داده شد. بعد از این مدت، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (سانتریفیوژ مدل Mikro 22R ساخت آلمان) شدند. سپس فاز رویی به آرامی برداشته و با انتقال به تیوب‌های درب‌دار در دمای ۸۰- درجه سلسیوس جهت اندازه‌گیری‌های بعدی نگهداری شدند.

۱- Antiradical efficiency

www.SID.ir

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید کل از روش Lichtenthaler, 1987 استفاده شد. میزان فنل کل با روش Folin–Ciocalteu انجام شد (۲۳). جذب مخلوط واکنش در طول موج ۷٦٥ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (ND-1000; USA) در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل از روی منحنی استاندارد بر حسب میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد.

میزان فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم کلراید انجام شد (۸). برای این منظور ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی گوشت میوه با ۱۰ میکرولیتر آلومینیوم کلراید (۱۰٪)، ۱۰ میکرولیتر پتاسیم استات (1 M)، ۲۸۰ میکرولیتر آب یون زدایی شده مخلوط شد. نمونه‌ها به شدت تکان داده شد و سپس در دمای اتاق به مدت ٤۰ دقیقه نگهداری شدند. جذب مخلوط واکنش در طول موج ٤۱٥ نانومتر و در ۳ تکرار خوانده شد. میزان فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین تعیین شد.

میزان آنتوسیانین کل تنها در ۲ رقم پرتقال خونی با استفاده از روش تفاوت pH اندازه‌گیری شد (۳٦). در این روش میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر نانودراپ در طول موج‌های ٥۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای با pH متفاوت ۱ و ٤/٥ در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلوکوزاید در لیتر محاسبه شد.

$$\text{Absorbance (A)} = (A_{520\ pH\ 1} - A_{700\ pH1}) - (A_{520\ pH\ 4.5} - A_{700\ pH4.5})$$
$$\text{Total anthocyanin (mg/L)} = (A/26900)\ (10^3)\ (445.2)\ (5)$$

غلظت اسکوربیک‌اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲،٦- دی‌کلروفنل‌ایندوفنل (DCPIP) توسط اسکوربیک‌اسید اندازه‌گیری شد (۸). در این روش، عصاره ۱ گرم گوشت با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید (۱٪) مخلوط شد و پس از سانتریفیوژ کردن در دمای ٤ درجه سلسیوس و ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱٥ دقیقه، مقدار ۰/٥ میلی‌لیتر DCPIP به محلول سانتریفیوژ شده اضافه شد. سپس میزان جذب اسکوربیک‌اسید در طول موج ٥۲۰ نانومتر در ۳ تکرار خوانده شد. غلظت اسکوربیک‌اسید با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مختلف اسکوربیک اسید در حضور DCPIP محاسبه شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه با ۲ روش DPPH و ABTS اندازه‌گیری شد. در روش DPPH، فعالیت خنثی کنندگی رادیکال ۲، ۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل[1] توسط عصاره نمونه با روش اسپکتروفتومتری در طول موج ٥۱۷ نانومتر تعیین شد (۹). به اختصار، ابتدا مقدار ۲۳/٥ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول حل شد. قبلا عصاره میوه تا ۱۰ برابر رقیق شد. نسبت‌های متفاوتی از نمونه:DPPH شامل ٤٤:٦، ۳۸:۱۲، ۳۲:۱۸ و ۲٥:۲٥ آماده و تکان داده شد. واکنش عصاره و DPPH بعد از ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در غیاب نور کامل شد و سپس فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد فعالیت خنثی کنندگی رادیکال (A_S/A_C - ۱) ۱۰۰ =DPPH) محاسبه شد. در این معادله A_C جذب رادیکال DPPH بدون هیچ آنتی‌اکسیدان به عنوان کنترل، A_S جذب DPPH به علاوه نمونه و از متانول به عنوان بلانک استفاده شد. با داشتن درصد بازدارندگی مربوط به ٤ غلظت مختلف و رسم خط رگرسیون، مقدار IC_{50} و کارایی آنتی‌رادیکال ($AE=1/IC_{50}$) برای هر نمونه در ۳ تکرار محاسبه شد.

در سنجش ABTS، ظرفیت آنتی اکسیدانی با استفاده از عصاره متانولی گوشت میوه برای هضم رادیکال‌های $ABTS^{\bullet+}$ (۲ و ۲- آزینوبیس –(۳-اتیل بنزوتیازولین-٦-سولفونت اسید[2])، اندازه گیری شدند. رادیکال $ABTS^{\bullet+}$ با افزودن پتاسیم پرسولفات به ABTS و قرار دادن در محیط تاریک به مدت ۱٦ ساعت،

۱- 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ۲- 2, 2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate)

www.SID.ir

تشکیل شد. سپس این محلول پایه با افزودن اتانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ۷۳٤ نانومتر رقیق شد. نمونه عصاره و رادیکال به نسبت ۵:۱۰۰ میکرولیتر مخلوط و جذب آن در ۷۳٤ نانومتر بعد از ۷ دقیقه و در سه تکرار خوانده شد. درصد بازدارندگی با استفاده از فرمول $[(A_C - A_S)/A_C]\times100$ = درصد بازدارندگی) محاسبه و ارزش TEAC[۱] با استفاده از شیب خط منحنی استاندارد ترولاکس محاسبه شد.

داده‌های حاصل از این پژوهش بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شد.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول (TSS) و اسید قابل تیتر (TA)

بررسی میزان TSS نشان داد که درصد مواد جامد محلول میوه در هر ۳ رقم و در ۳ ماه پیش از برداشت تغییر معنی‌داری نکرد و در دامنه ۹/۷۳٪ در رقم 'تاراکو' (مهرماه) تا ۱۱/۹٪ در نارنگی 'پیج' (آذر) متغیر بود. از نظر میزان TA، رقم های 'سانگینلو'، 'تاراکو' و 'پیج' به ترتیب با ۳/۵٦، ۲/۸٦ و ۲/٤۹٪ در شهریور اسیدیته بالایی داشتند و به تدریج تا زمان رسیدن کاهش یافت. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌های نسبت قند به اسیدیته نشان داد که نارنگی 'پیج' در مهرماه با مقدار ۷/۵٦ از بالاترین مقدار TSS/TA برخوردار بود و بعد از آن پرتقال 'تاراکو' در آذرماه (٦/۱۲) و رقم 'سانگینلو' که حتی در آذرماه نیز اسیدیته بالایی داشت و باعث کاهش این نسبت (۵/۳۳) شد قرار گرفت (جدول ۱).

به طور معمول نسبت این دو شاخص بیان کننده طعم و مزه میوه است و همواره مورد توجه پژوهشگران در ارزیابی کیفی میوه‌ها بوده است. در پژوهشی گزارش شد که افزایش در نسبت TSS/TA به دلیل کاهش در میزان اسید قابل تیتر و ثابت بودن میزان TSS است (۲۵). در این پژوهش نیز مشاهده شد که افزایش این نسبت بیشتر به دلیل کاهش TA در طول رسیدن میوه بوده است. جهت داشتن حداکثر کیفیت خوراکی و انبارداری میوه پرتقال ('تامسون') و نارنگی ('پیج') در شرایط شمال ایران باید میزان TSS/TA به ترتیب ٦ و ۷ باشد (۲). در این پژوهش این اتفاق در رقم 'تاراکو' در آذر و 'پیج' در مهر افتاده است اما رقم 'سانگینلو' در آذرماه هم به حد نصاب ٦ نرسیده و نیاز به برداشت دیرتر جهت حصول کیفیت در شرایط شمال ایران دارد.

میزان کاروتنوئید کل

میزان کارتنوئیدهای گوشت به دلیل ارزش خوراکی مستقیمی که برای مصرف کننده میوه دارد توجه پژوهشگران را جلب نموده است. در بررسی حاضر مشخص شد که در تمام رقم های مورد استفاده میزان تجمع کاروتنوئیدی گوشت روند افزایشی داشت و در رقم های 'تاراکو' و 'پیج' بین ۳ ماه آخر رسیدن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). رقم 'تاراکو' محتوای کارتنوئیدی بالاتری (۰/۳۵-۰/۰٦ میلی گرم در گرم وزن‌تر) نسبت به سایر رقم ها داشت. رقم 'سانگینلو' در آذر و در مرحله رسیدن که به طور معمول میوه‌ها در اوج محتوای کارتنوئیدی هستند دارای ۰/۱۵ میلی‌گرم در گرم کاروتنوئید بود که در مقایسه با سایر رقم ها در سطح پایینتری قرار داشت.

۱- Trolox Equivalent Antioxidant Capacity Value (TEAC Value)

www.SID.ir

این نتایج با یافته‌های کاتو و همکاران (۲۱) که با مطالعه بیوسنتز کاروتنوئیدها در ۳ رقم 'نارنگی ساتسوما'، 'پرتقال والنسیا' و 'لیمو لیسبون' بیان داشتند که میزان کاروتنوئیدها در مرحله سبز بیشتر است مطابقت نداشت. در این آزمایش میزان کاروتنوئید گوشت بین رقم ها و در مراحل رشدی مختلف متفاوت بود. کاتو و همکاران نیز چنین اختلافی را گزارش نمودند بدین‌صورت که بیان ژن‌های بیوسنتز کاروتنوئیدها در کیسه‌های آب 'ساتسوما' و لیمو 'لیسبون' افزایش یافت در حالی که در 'والنسیا' کاهش یافت. همچنین تجمع کاروتنوئیدی در لیمو 'لیسبون'در مهر در حالی که در 'ساتسوما' در شهریور حداکثر بود.

به نظر می‌رسد شروع ساخت کاروتنوئیدها در مرحله بلوغ میوه است و افزایش بیان ژن‌های مسئول ساخت کاروتنوئیدها در آبان و آذر علت بالا بودن محتوای کارتنوئیدی غالب رقم های مورد بررسی بوده است. نتایج پژوهشی مبنی بر بررسی مسیر سنتز کاروتنوئید نوع لایکوپن در گوشت پرتقال گوشت قرمز به نام 'کاراکارا' در طول بلوغ تا رسیدن نیز موید این نتیجه است. آن ها دریافتند که شروع ساخت کاروتنوئیدها در مراحل اولیه نمو میوه (نابالغ سبز) منجر به تجمع و افزایش کاروتنوئیدها در مرحله رسیدن در گوشت می‌شود (٤). از نظر مقدار نیز نتایج این آزمایش بالاتر (۲ تا ۲۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) از نتایج گاردنر و همکاران (۱۵) در مورد میزان کاروتنوئید ۲ رقم پرتقال زیر بررسی بود. آن ها میزان کاروتنوئید عصاره پرتقال 'جافا' و 'فلوریدا' را بین ۰/۱۱ تا ۰/۸۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بیان کردند (۱۵). کاروتنوئیدها به عنوان ترکیب های بیولوژیکی مهم در میوه‌ها و سبزی‌ها گسترش داشته و از بیماری‌های مزمن جلوگیری می‌کنند. به نظر می‌رسد متوسط ذخیره کارتنوئیدی گوشت رقم های مختلف مورد بررسی در شرایط اقلیمی شمال ایران به ویژه در آذرماه (در دامنه ۰/۱۵ تا ۰/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مطلوب باشد.

فنل کل

با توجه به جدول ۲، میزان فنل کل بسته به رقم در مراحل رسیدن متفاوت بود. میزان فنل کل در رقم 'سانگینلو' در شهریور در بالاترین سطح (۰/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) بود که با این که تفاوت معنی‌داری با برداشت آبان و آذر نداشت لیکن کاهش معنی‌داری در مهرماه مشاهده شد. تغییرات ترکیب های فنلی در رقم 'تاراکو' روند منظمتری داشت طوری که در برداشت شهریور با ۰/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر سطح بالاتر و معنی‌داری نسبت به سایر زمان‌های برداشت داشت. در نارنگی 'پیج' همزمان با رسیدن میوه، میزان فنل کل نیز افزایش نشان داد و در آذر ماه با این که تفاوت معنی‌داری با مهر نداشت به بالاترین سطح خود (۰/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) رسید. وین‌سان (۳٤) مقدار فنل کل را در پرتقال ۰/۱–۰/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر (در زمان رسیدن) گزارش نمود.

در هفته اول آذر میزان فنل‌کل و 'تاراکو' آن ۰/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر بود. همچنین در پژوهشی میزان فنل کل عصاره نارنگی 'انشو' و پرتقال به ترتیب ۰/۱۸ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر در زمان رسیدن گزارش شد (۳).

در این بررسی فقط میزان فنل نارنگی 'پیج' در آبان و آذر نزدیک به گزارش‌های فوق است. نارنگی 'پیج' بر خلاف رقم های 'سانگینلو' و 'تاراکو' که در اوایل شهریور (بلوغ کامل) یک اوج افزایشی در ترکیب های فنلی داشتند، در برداشت‌های دیگر از کمترین مقدار فنل برخوردار بود. به نظر می‌رسد میوه نارنگی 'پیج' در

www.SID.ir

شهریور از مرحله بلوغ گذشته باشد چون به نسبت زودرس است و به همین دلیل از این اوج افزایشی عبور کرده است.

جدول ۱- تغییرهای TSS، TA، TSS/TA و کاروتنوئید گوشت میوه رقم های مختلف مرکبات در طول رسیدن میوه.

Table 1. Changes of TSS, TA, TSS/TA and total carotenoid in juice of different citrus cultivars during ripening.

رقم Culivar	زمان برداشت (هفته اول) Harvesting time (first week)	TSS (٪)	TA (٪)	TSS/TA	کاروتنوئید کل Total carotenoid (mg g^{-1})
'سانگینلو'	شهریور	9.67b	3.56a	2.72c†	0.03c
'Sanguinello'	مهر	10.57ab	2.34b	4.52b	0.02d
	آبان	10.90ab	2.59b	4.21b	0.04b
	آذر	11.13a	2.09c	5.33a	0.15a
'تاراکو'	شهریور	9.14b	2.86a	3.20c	0.06b
'tarocco'	مهر	9.73ab	1.64b	5.93ab	0.33a
	آبان	10.00a	1.95b	5.13b	0.35a
	آذر	10.90a	1.78b	6.12a	0.29a
'پیج'	شهریور	9.83b	2.49a	3.95d	0.03b
'Page'	مهر	10.13ab	1.34b	7.56c	0.21a
	آبان	10.93ab	1.04b	10.51b	0.22a
	آذر	11.90a	0.76c	15.66a	0.28a

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

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

فلاونوئید کل

میزان فلاونوئید کل در رقم های مورد نظر روندی به نسبت افزایشی در طول دوره رسیدن داشت. در برداشت آذر، میزان حداکثر فلاونوئید کل در رقم های 'سانگینلو'، 'تاراکو' و 'پیج' به ترتیب ۰/۳۷، ۰/٤٥ و ۰/٤٧ میلی‌گرم در گرم بود (جدول۲). در گزارشی میزان فلاونوئید کل عصاره نارنگی 'انشو' و پرتقال 'تامسون' در برداشت فصلی، به ترتیب ۰/٤٧ و ۰/۷۸ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر گزارش شد (۳). در گزارشی دیگر میزان فلاونوئید کل در ۷ رقم از مرکبات بررسی شد که در این میان دامنه فلاونوئید کل از ۸/٤١ (کامکوات) تا ۲۱/٦ (لمون) بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک متغیر بود (۳۵). گزارشی مبنی بر بررسی روند تولید این ترکیب ها در دوره رسیدن در مرکبات مشاهده نشد لیکن با مقایسه میزان فلاونوئیدهای رقم های مورد بررسی با نتایج

www.SID.ir

سایر پژوهشگران در زمان رسیدن مشخص می‌شود که وضعیت فلاونوئیدی این رقم ها به عنوان ترکیب های آنتی‌اکسیدان با سایر گزارش ها برابری می‌کند.

در میان ترکیب های مفید فنلی، فلاونوئیدها به میزان فراوانی در میوه‌های مرکبات وجود دارند. میوه مرکبات منابع اصلی چنین مواد مهمی هستند و خاصیت جلوگیری از بیماری‌ها به دلیل این بخش از محتوای فنلی میوه است. نقش حفاظتی فلاونوئیدهای مرکبات به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی آن ها و حفاظت بافت در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (۳۰). در این آزمایش نیز مشاهده شد که میوه هر ۳ رقم در اوایل آبان و آذر نسبت به دو تاریخ قبلی ترکیب های فلاونوئیدی بیشتری دارند.

آنتوسیانین کل

با بررسی میزان آنتوسیانین ۲ رقم خونی 'سانگینلو' و 'تاراکو' مشخص شد که در طول رسیدن میوه، میزان تشکیل آنتوسیانین‌ها در بافت گوشت نیز افزایش می‌یابد (جدول ۲). دراین بررسی تجمع آنتوسیانین در رقم 'سانگینلو' زودتر از رقم 'تاراکو' شروع شده و به میزان ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر عصاره میوه در ماه مهر بود. با این که تشکیل آنتوسیانین در 'تاراکو' روند کندتری دارد ولی میزان نهایی آن (۰/۹۱ میلی‌گرم در لیتر) در آذرماه بیشتر از رقم 'سانگینلو' (۰/۵ میلی‌گرم در لیتر) بود.

عوامل محیطی به ویژه دما تاثیر زیادی روی تجمع آنتوسیانین در میوه مرکبات دارد. ثابت شده است که تابش خورشید در روز و دمای پایین در شب تولید آنتوسیانین‌ها را تحریک می‌کند. همچنین کاهش دمای هوا در پاییز نیز باعث افزایش آنتوسیانین می‌شود (۱٤). در این بررسی نیز در ماه‌های مهر و آذر با کاهش دما میزان آنتوسیانین افزایش یافته است. راپیساردا (۱۹۹۹) گزارش کرد که میزان آنتوسیانین یکی از عوامل اصلی موثر در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است و به همین نسبت نیز نقش بیشتری در جلوگیری از بیماری‌های انسانی مرتبط با آسیب‌های اکسیداسیونی مانند سرطان و بیماری های قلبی دارند (۲۷). در شرایط اقلیمی مورد بررسی موندلو (۲۰۰۰) با برداشت میوه 'سانگینلو' و 'تاراکو' دریافت که تجمع آنتوسیانین در ماه‌های دی و بهمن کامل می‌شود. با این حال متوسط آنتوسیانین در برداشت آذر در هر ۲ رقم مورد بررسی، بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط موندلو (۲٤) ۱۸ و ٤۱ میکروگرم در لیتر به ترتیب در 'سانگینلو' و 'تاراکو' و در تاریخ‌های مشابه بود. نتیجه کلی این که گرچه رقم 'سانگینلو' به دلیل این که تغییر معنی‌داری از نظر میزان آنتوسیانین کل از اوایل مهر به بعد نداشت و به برداشت زودتر حساس نیست ولی رقم 'تاراکو' حساس بوده و روند افزایشی سریعی در اوایل آذرماه نشان داد که بایستی در برداشت آن دقت نمود.

اسکوربیک‌اسید

مقایسه میانگین‌های اسکوربیک‌اسید برای هر رقم (جدول۲) نشان داد که میزان اسکوربیک‌اسید در طول رسیدن تمام رقم ها کاهش یافت. رقم 'تاراکو' نسبت به سایر رقم ها در مرحله بلوغ میوه میزان اسکوربیک‌اسید بالاتری داشت. کمترین مقدار (۳۹/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر) را رقم خونی 'سانگینلو' در برداشت آذر داشت. روند کاهشی این ترکیب با رسیدن، در میوه‌های فرازگرا نیز گزارش شده است. برای مثال در ازگیل حداکثر اسکوربیک‌اسید در اولین مرحله نمو ثبت شد و کمترین آن در مرحله قبل از رسیدن بود. محتوای اسکوربیک‌اسید با بزرگ شدن میوه کاهش یافت. این حالت در میوه‌هایی چون خرمالو و گیلاس نیز مشاهده شده است (۲۰).

www.SID.ir

با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد میزان اسکوربیک‌اسید در هر ۳ رقم به ویژه در مراحل اولیه رسیدن مطلوب است ولی با نزدیک شدن به رسیدگی کامل میوه مقدار آن کاهش می‌یابد. رسیدن میوه به عنوان یک پدیده اکسیداسیونی توصیف شده است که گونه‌های فعال اکسیژن چون H_2O_2 و یون‌های سوپر اکسید در میوه افزایش می‌یابد (۱۹). در این حالت باید تعادلی بین تولید اکسیژن فعال و حذف آن ها توسط سیستم‌های آنتی اکسیدان باشد. اسکوربیک‌اسید یکی از قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها است که از طریق مصرف آن، با گونه‌های اکسیژن فعال مقابله می‌شود. شاید این عمل دلیلی بر کاهش اسکوربیک‌اسید در طول رسیدن باشد. با این وجود این ترکیب در میوه‌ها از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. از طرفی اسکوربیک‌اسید از آنتوسیانین‌ها (که در پرتقال‌های خونی ارزشمند است) در برابر تجزیه‌های آنزیمی محافظت می‌نماید (۳۲). روند کاهش اسکوربیک اسید در طول نگهداری میوه در انبار نیز ادامه دارد (داده‌ها نشان داده نشده است). گزارش شده که بین اسکوربیک‌اسید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز رابطه خطی وجود دارد (۱۵). بنابراین برداشت به موقع میوه و شرایط مساعد پس از برداشت می‌تواند در حفظ این ترکیب ارزشمند موثر باشد.

جدول۲- تغییر ترکیب های آنتی‌اکسیدانی در گوشت میوه رقم های مختلف مرکبات در طول رسیدن میوه.

Table 2. Change of antioxidant components in juice of different citrus cultivars during ripening.

اسکوربیک‌اسید Ascorbic acid (mg 100 g^{-1} FW)	آنتوسیانین کل Total anthocyanin (mg l^{-1})	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg g^{-1} FW)	فنل کل Total phenolics (mg g^{-1} FW)	زمان برداشت (هفته اول) Harvesting time (first week)	رقم Cultivar
58.6a	0.17b	0.18d	0.37a	شهریور	'سانگینلو'
42.08bc	0.50a	0.24c	0.14b	مهر	'Sanguinello'
42.52ba	0.58a	0.33b	0.24a	آبان	
39.8c	0.50a	0.37a	0.19ab	آذر	
77.4a	0.08d	0.31c	0.09a	شهریور	'تاراکو'
44.64d	0.17c	0.27d	0.06b	مهر	'tarocco'
63.84b	0.33b	0.35b	0.01b	آبان	
51.68c	0.91a	0.45a	0.05b	آذر	
73.4a		0.23d	0.67c	شهریور	'پیج'
47.68b		0.34c	0.38d	مهر	'Page'
45.44b		0.39b	0.11ab	آبان	
46.4b		0.47a	0.12a	آذر	

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

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج به دست آمده از آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی در جدول ۳ ذکر شده است. فعالیت بازدارندگی عصاره با استفاده از آزمون خنثی شدن رادیکال‌های DPPH به صورت IC_{50} بیان شده است. دامنه این متغیر در رقم

www.SID.ir

'سانگینلو'، 'تاراکو' و 'پیج' به ترتیب ۹/۱-۱/۷۷، ۷/۹۳-۰/۷۲ و ۹/۲۳-۰/۸۷ بود. با توجه به نتایج به دست آمده از محاسبه کارایی آنتی‌رادیکالی مشاهده شد که میوه رقم های 'تاراکو' و 'پیج' حداکثر کارایی را در برداشت شهریور نشان دادند در حالی که رقم خونی 'سانگینلو' با این که در آبان دارای سطح بالایی است لیکن از نظر کارایی آنتی‌رادیکالی تفاوت معنی‌داری با ماه‌های مهر و آذر نداشت. بنابراین عصاره رقم هایی که دارای عدد IC_{50} پایینی هستند نشانه کارایی آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن ها است. بدین معنی که مقادیر کمتری از عصاره میوه قادر به مهار ۵۰٪ رادیکال‌های DPPH بوده است.

وقتی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش درصد مهار رادیکال‌های ABTS توسط عصاره میوه انجام شد، مشخص شد که رقم های 'سانگینلو' و 'تاراکو' در زمان رسیدن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به میوه‌های نارس داشتند. بدین ترتیب که 'سانگینلو' به میزان ۸۸/۰۷٪ و 'تاراکو' ۹۵/۵۹٪ فعالیت خنثی کنندگی رادیکال‌های ABTS را داشتند. به طور کلی نارنگی 'پیج' از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایینتری نسبت به سایر رقم ها برخوردار بود. داده‌های به دست آمده از ارزیابی کارایی فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش ABTS (با استفاده از شیب خط منحنی استاندارد ترولاکس) نیز با درصد بازدارندگی رادیکال‌های ABTS هماهنگی دارد. بر این اساس ارزش TEAC در برداشت آذرماه رقم های 'سانگینلو' و 'تاراکو' به ترتیب ٤/٥١ و ٤/٩ در بالاترین سطح قرار داشت.

جدول ۳- تغییرهای فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت رقم های مختلف مرکبات در طول رسیدن میوه.

Table 3. Changes of antioxidant activity of different citrus cultivars during ripening.

TEAC value	مهار $ABTS^{\bullet+}$ $ABTS^{\bullet+}$ scavenging (%)	کارایی آنتی‌رادیکالی Antiradical efficiency	IC_{50} (mg)	زمان برداشت (هفته اول) Harvesting time (first week)	رقم cultivar
2.20c	43.03c	0.11b	9.10a†	شهریور	'سانگینلو'
2.25c	43.87c	0.13a	8.00b	مهر	'Sanguinello'
3.41b	66.55b	0.56a	1.77d	آبان	
4.51a	88.07a	0.32a	3.15c	آذر	
1.37d	26.72c	1.39a	0.72d	شهریور	'تاراکو'
1.81c	35.46b	0.13b	7.93a	مهر	'tarocco'
2.06b	40.34b	0.14b	6.95b	آبان	
4.90a	95.59a	0.66b	1.52c	آذر	
2.52b	49.24a	1.15a	0.87d	شهریور	'پیج'
2.05d	40.00bc	0.11c	9.23a	مهر	'Page'
2.31c	45.04ab	0.35b	2.84c	آبان	
2.68a	52.44a	0.28b	3.54b	آذر	

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

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

ترکیب های فنلی، آنتوسیانین‌ها و اسکوربیک‌اسید سهم عمده‌ای در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره میوه دارند. به همین دلیل گاردنر و همکاران (۱۵) آنتی‌اکسیدان اصلی در مرکبات را اسکوربیک‌اسید با

www.SID.ir

Archive of SID

سهم ۱۰۰-٦٥٪ از ظرفیت کل بیان نمودند. همچنین یو و همکاران (۳۹) سهم ۹۰/٤٪ را در میوه مرکبات گزارش کردند. این نتایج حاکی از تفاوت گسترده‌ای از اسکوربیک‌اسید در گونه‌های مختلف مرکبات و یا حتی رقم درون یک گونه است. بر اساس کارایی آنتی‌رادیکالی مشخص شد که اسکوربیک‌اسید بیشترین سهم را در فعالیت آنتی رادیکالی داشته است. به این دلیل که به جز در رقم 'سانگینلو'، در دو رقم دیگر با رسیدگی میوه این کارایی کاهش یافته است. همان طور که قبلا نیز اشاره شد اسکوربیک اسید نیز با رسیدن میوه کاهش می‌یابد. در مقابل با محاسبه ارزش TEAC که آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی را نیز در بر می‌گیرد مشخص شد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به مراتب بالاتر و به تدریج با رسیدن میوه افزایش یافته است. به طور کلی در مقام مقایسه، روش DPPH را روشی دقیق و آسان برای فعالیت مهاری آنتی‌اکسیدان‌ها ذکر نموده‌اند چرا که ترکیب رادیکال پایدار بوده و باززایی ندارد. با این حال روش ABTS قادر است هر دو آنتی‌اکسیدان‌های حلال در آب و چربی را مورد بررسی قرار دهد (۲۹). چنان چه روش ABTS مدنظر قرار گیرد در این آزمایش مشخص شد که میوه‌های هر ۳ رقم در اوایل آذر بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند. همچنین ۲ رقم خونی که حاوی آنتوسیانین بودند نسبت به 'پیج' در آذرماه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند چرا که در منابع نیز اشاره شده است که آنتوسیانین‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به ویتامین‌های C و E دارند. وقتی این ترکیب ها در واکنش با رادیکال‌های DPPH و ABTS قرار می‌گیرند از طریق دادن اتم‌های هیدروژن رادیکال‌های آزاد را به حالت پایدار در می‌آورند (۱۸).

نتیجه‌گیری

به طورکلی، بر اساس شاخص TSS/TA مشخص شد که رقم های 'تاراکو' در آذر و 'پیج'در اواخر آبان قابلیت برداشت داشته اما رقم 'سانگینلو' در آذرماه هم به حد نصاب ٦ نرسیده و نیاز به برداشت دیرتر جهت حصول کیفیت در شرایط شمال ایران را دارد. به علاوه رقم 'سانگینلو' به دلیل تشکیل دیرهنگام کاروتنوئیدها و آنتوسیانین در بافت گوشت بایستی در صورت نبود خطر سرما دیرتر برداشت نمود. در مقابل رقم های 'تاراکو' و 'پیج' به دلیل این که در آبان و آذر دارای حداکثر میزان فنل، فلاونوئید، اسکوربیک‌اسید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هستند و همچنین بر اساس شاخص TSS/TA از طعم و مزه مطلوبی برخوردارند جدای از این که پوست میوه از سبز به نارنجی تغییر رنگ داده یا نداده است می‌توان برداشت نمود. باید توجه نمود که برداشت به موقع میوه و ایجاد شرایط مساعد پس از برداشت می‌تواند در حفظ این ترکیب های ارزشمند موثر باشد.

منابع REFERENCES

۱. فتوحی قزوینی، رضا و جواد فتاحی مقدم. ۱۳۸۹. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. ۳۰۵ ص.

۲. فتاحی مقدم جواد و مازیار فقیه‌نصیری. ۱۳۸۷. راهکارهای برداشت، نگهداری، درجه‌بندی و بسته‌بندی مرکبات. مجله باغدار. آبان و آذر.

www.SID.ir

3. Abeysinghe, D.C., Li, X., Sun, C.D., Zhang, W.S., Zhou, C.H. and K.S. Chen, 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chem. 104:1338-1344.
4. Alquezar B., Rodrigo, M.J.L. and Zacarias. 2008. Regulation of carotenoid biosynthesis during fruit maturation in the red-fleshed orange mutant Cara Cara. Phytochemistry 69:1997-2007.
5. Balasundram, N., Sundram, K. and S. Samman, 2006. Phenolic compounds in plants and agri industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence and potential uses. Food Chem. 99:191-203.
6. Bennett, J.O., Yu, O., Heatherly, L.G. and H.B. Krishnan, 2004. Accumulation of genistein and daidzein, soybean isoflavones implicated in promoting human health, is significantly elevated by irrigation. J. Agr. Food Chem. 52:7574-7579.
7. Berhow Mark A., 2000. Effects of early plant growth regulator treatments on flavonoid levels in grapefruit. Plant Growth Regul. 30:225-232.
8. Bor, J.Y., Chen, H.Y. and G.C. Yen, 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. J. Agr. Food Chem. 54:1680-1686.
9. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and C. Berset, 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens. Wissen. Technol. 28:25-30.
10. Calabro, M.L., Galtieri, V., Cutroneo, P., Tommasini, S., Ficarra, P. and R. Ficarra, 2004. Study of the extraction procedure by experimental design and validation of a LC method for determination of flavonoids in *Citrus bergamia* juice. J. Pharmaceu. Biomed. Anal. 35:349-363.
11. Coggins, C.W., Hall, A.E. and W.W. Jones, 1981. The influence of temperature on regreening and carotenoid content of the 'Valencia' orange rind. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:251-254.
12. Downey, M.O., Harvey, J.S. and Robinson, S.P., 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. Aust. J. Grape and Wine Res. 10:55-73.
13. Ersus, S. and M. Cam, 2007. Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *citrus aurantium* fruits. Chem. Natur. Comp. 43:10-15.
14. Fattahi, J., Fotouhi, R., Bakhshi, D. and S. Aghajanzadeh, 2009. Fruit quality, anthocyanin and cyanidin 3-glucoside concentrations of several blood orange varieties grown in different areas of Iran. J. Hort. Environ. Biotechnol. 50:1-5.
15. Gardner, P.T., White, T.A.C., McPhail, D.B. and G.G. Duthie, 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. Food Chem. 68:471-474.
16. Giorgi, M., Capocasa, F., Scalzo, J., Murri, G., Battino, M. and B. Mezzetti, 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). Sci. Hort. 107:36-42.
17. Hertog, M.G.L., Feskeens, E.J.M., Holmann, C.H., Katan, M.B. and D. Kromhout, 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. Lancet. 342:1007-1011.
18. Jayaprakasha, G.K. and B.S. Patil, 2007. *In vitro* evaluation of the antioxidant activities in the fruit extracts from citron and blood orange. Food Chemistry. 101:410-418.
19. Jimenez, A., Cressen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeyen, M., P. Mullineaux, 2002. Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. Planta 214:751-758.

www.SID.ir

20. Kadioglu, A. and I. Yavru, 1998. Changes in the chemical content and polyphenol oxidase activity during development and ripening of cherry laurel. Phyton 37:241-251.
21. Kato, M. 1, Matsumoto, H., Ikoma, Y., Okuda, H. and M. Yano, 2006. The role of carotenoid cleavage dioxygenases in theregulation of carotenoid profiles during maturation in citrus fruit. Journal of Experimental Botany. 10:2153-2164
22. Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Meth. Enzymol. 148:350-382.
23. Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P. and R.H. Liu, 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. J. Agr. Food Chem. 51:6887-6892.
24. Mondello, L., Antonella, C., Errante, G., Giovanni, D. and D. Paola, 2000. Determination of anthocyanins in blood orange juices by HPLC analysis. J. Pharmaceu. Biomed. Anal. 23:191-195.
25. Pailly, O., Tison G. and A. Amourouxb 2004. Harvest time and storage conditions of 'Star Ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) for short distance summer consumption. Posthar. Biol. Technol. 34:65-73.
26. Parr A.J. and G.P. Bolwell, 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. J. Sci. Food Agr. 80:985-1012
27. Rapisarda, P., Pannuzzo, P., Romano, G. and G. Russo, 2003. Juice components of a new pigmented citrus hybrid *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, *Citrus clementina*. J. Agr. Food Chem. 51:1611-1616.
28. Rapisarda, P., Tomaino, A., Cascio, R., Bonina, F., Pasquale, A. and A. Saija, 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. J. Agr. Food Chem. 47:4718-4723.
29. Re, R., Pellegrini, N., Proeggente, A., Pannala, A, Yang, M. and C. Rice-Evens, 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med. 26:1231-1237.
30. Rice-Evans C.A., Miller N.J. and G. Paganga 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trend. Plant Sci. 2:152-159.
31. Su, M.S., Shyu, Y.T., P.J. Chien, 2008. Antioxidant activities of citrus herbal product extracts Food Chem. 111:892-896
32. Talcott, S.T., Brenes, C.H., Pires, D.M. and D. Del Pozo-Insfran, 2003. Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. J. Agr. Food Chem. 51:957-963.
33. Tavarini S., Innocenti, E.D., Remorini D., Massai, R. and L. Guidi, 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Food Chem. 107:282-288.
34. Vinson, J.A., 1999. The functional food properties of figs. Cereal Food World. 44:82-87.
35. Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Y.H. Ku, 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chem. 102:1163-1171.
36. Wrolstad, R.E., 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Oregon State University, Corvallis, OR, U.S.A.
37. Xu, G., Liu, D., Chen, J., Yea, X., Ma, Y. and J. Shi, 2008a. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. Food Chem. 106:545-551.
38. Xu, G., Ye, X., Liu D., Ma Y. and J. Chen 2008b. Composition and distribution of phenolic acids in Ponkan (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) and Huyou (*Citrus paradisi* Macf. Changshanhuyou) during maturity. J. Food Comp. Anal. 21:382-389.

Archive of SID

www.SID.ir

39. Yoo, K.M., Lee, K.W., Park, J.B., Lee, H.J. and I.K. Hwang, 2004. Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of Yuzu (*Citrus Junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. J. Agr. Food Chem. 52:5907-5913.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 12 (4): 355-368 (2012)

DETERMINATION OF SUITABLE HARVESTING TIME BASED ON FRUIT BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN SOME CITRUS CULTIVARS

J. FATTAHI MOGHADAM, Y. HAMIDOGHLI, R. FOTOUHI GHAZVINI, M. GHASEMNEZHAD AND D. BAKHSHI[1]

In this study, bioactive compounds and antioxidant capacity of pulp taken from three citrus cultivars (‘Sanguinello’, ‘Tarocco’ and ‘Page’) were investigated during ripening to determine suitable harvesting time. Some parameters were measured such as TSS, TA, TSS/TA, total carotenoid, total phenolics, total flavonoid, total anthocyanin, ascorbic acid content and antioxidant capacity based on $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radicals scavenging. Results showed that no significant differences were observed for TSS and TA in all cultivars and the last three harvesting dates. Total carotenoid level increased during ripening. The total content of phenolic was superior in September sampling date taken from ‘Sanguinello’ and ‘Tarocco’. Total flavonoid and anthocyanin increased but ascorbic acid levels decreased during ripening. Antiradical efficiency (AE) increased in ‘Tarocco’ and ‘Page’ fruits in September. Although AE elevated in ‘Sanguinello’ in November, but no significant differences observed between samples taken from November to December. According to antioxidant assay, antioxidant capacities at all cultivars were in highest level at early of December. In general, due to optimum fruit quality and antioxidant capacity during late November and early December, we suggest that these times are suitable for harvesting of studied cultivars.

Key word: Antioxidant activity, Ascorbic acid, Carotenoid, Citrus, Flavonoid.

Archive of SID

1. Ph.D Student (fattahi80@yahoo.com), Assistant Professor, Professor and Assistant Professors Department of Horticultural Science, University of Guilan, Rasht, I.R. Iran, respectively.

www.SID.ir