نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۲۱۷-۲۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 25, No. 2, Summer 2011, P. 211-217
ISSN: 2008 - 4730

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات

جواد فتاحی مقدم[1*]- یوسف حمیداوغلی[2]- رضا فتوحی قزوینی[3]- محمود قاسم‌نژاد[4]- داود بخشی[5]

تاریخ دریافت:۸۹/۷/۴
تاریخ پذیرش:۹۰/۴/۷

چکیده

در این مطالعه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت فیزیکوشیمیایی پوست شش رقم تجاری مرکبات شمال ایران تعیین شد. صفات مورد مطالعه شامل اندازه میوه، ضخامت پوست، درصد تفاله، شاخص‌های رنگ پوست، فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل، کارتنوئید و کلروفیل کل، میزان اسید آسکوربیک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق میزان خنثی‌سازی رادیکال‌های $DPPH^{\bullet}$ و $ABTS^{\bullet+}$ بود. نتایج نشان داد که رابطه مستقیمی بین اندازه میوه، ضخامت پوست و درصد تفاله وجود دارد. رقم «تامسون» بزرگترین رقم در بین سایر ارقام بود. همه ارقام حد نصاب کیفیت رنگ پوست را در زمان برداشت (آذر) داشتند. میزان فنل کل در پوست ارقام «سیاورز» (۰/۴۹میلی‌گرم در گرم) و «پیج» (۰/۴۳ میلی‌گرم در گرم) مشاهده شد. رقم «مورو» بیشترین میزان فلاونوئید و آنتوسیانین کل را به ترتیب به مقدار ۷/۶۸ میلی‌گرم در گرم و ۱۳/۲۹ میلی‌گرم در لیتر داشت. تجمع کاروتنوئید و کلروفیل کل به ترتیب با مقادیر ۰/۸۴ و ۳/۵ میلی‌گرم در گرم در رقم «تاراکو» نسبت به ارقام دیگر غالب بود. در واقع غلظت کاروتنوئید در دامنه‌ی ۰/۸۴ -۰/۱۲ و کلروفیل در دامنه ۳/۵-۰/۸۷ میلی‌گرم در گرم متغیر بود. مقدار اسید آسکوربیک در دامنه‌ی ۱۸/۱۷ (سیاورز) تا ۲۳/۵۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم (تامسون) قرار داشت. نتایج آزمون فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که پوست رقم «سانگینلو» کمترین مقدار IC_{50} (۰/۲ میلی‌گرم) را داشت. از نظر کارآیی آنتی‌رادیکالی فقط رقم «سانگینلو» با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نشان داد. طبق آزمون ABTS حداقل درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۶۸/۵۸ درصد در پوست نارنگی «پیج» بود. در نهایت اینکه پوست ارقام مرکبات فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبتا بالایی داشته و می‌توانند به عنوان منابع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مطرح باشند.

واژه های کلیدی: مرکبات، پوست، رنگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کارتنوئید، فلاونوئید، اسید آسکوربیک

مقدمه

میوه‌ها منابعی غنی از ویتامین‌های مختلف، عناصر و فیبرها بوده که برای سلامتی بشر مطلوب هستند. در سال‌های اخیر توجه بیشتری به خواص آنتی اکسیدان‌های بخش‌های غیرخوراکی میوه‌ها شده است. دلیل آن در نتیجه مطالعات اپیدیومولوژی است که نشان دادند مصرف بخش‌های مفید میوه با کاهش بیماری‌های مزمن قلبی و سرطان‌ها به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها همراه است (۱۶). در ایران مرکبات جایگاه دوم تولید را پس از سیب داشته و علاوه بر تازه‌خوری، در صنعت فرآوری غذایی نیز مصارف عمده‌ای دارند. میزان تولید مرکبات در ایران حدود چهار میلیون تن در سال است (۱). در صنعت فرآوری، عمده کاربرد مرکبات، تولید آب‌میوه یا نوشیدنی‌های با پایه مرکبات در صنایع غذایی است. میزان آب‌میوه کمتر از نصف وزن میوه است بنابراین بخش عمده میوه تبدیل به ضایعات جانبی در سال می‌شود (۲۳). میزان تولید جهانی تفاله مرکبات حدود ۱۵ میلیون تن است. بخش غالب تفاله (چارک) از پوست تشکیل شده است و بقیه بقایای بذور و گوشت است (۲۴). تولیدات جانبی مرکبات بطور تجاری بصورت غذای حیوانات، تولید فیبر و پکتین و تولید سوخت مصرف می‌شود (۲۲). همچنین مرکبات منبعی غنی از فیبر رژیمی هستند و این فیبر در پوست میوه بیشتر از گوشت است (۱۴).

پوست مرکبات به دلیل داشتن مقادیر چشمگیری از فلاونوئیدها قابلیت استفاده در صنایع غذایی و دارویی را دارند. این ترکیبات باعث حفاظت بدن در مقابل بیماری‌های مزمنی چون سرطان و عارضه‌های قلبی و عروقی می‌شوند (۲). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مرکبات، بازدارنده‌ی رشد بیماری‌های بالینی مهم بوده و برخی تحقیقات، رابطه بین مصرف میوه‌ها و سبزی‌ها با کاهش بیماری‌های مزمن را تایید نموده‌اند (۸ و ۱۷). در تحقیقی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های

۱،۲،۳،۴و۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار، استاد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: Email:Fattahi80@yahoo.com)

رویشی دو رقم نارنگی و دو رقم نارنج مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس اثر عصاره پوست روی مهار رادیکال‌های DPPH، محاسبه و سپس مقدار IC_{50} برای هر یک از ارقام محاسبه شد (۳۳). گرچه میوه‌ها از نظر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی متنوع هستند لیکن آنهایی که فعالیت آنتی اکسیدانی بالا دارند معمولا حاوی آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری هستند (۱۶). نکته قابل توجه اینکه بخش‌های بذر و پوست برخی میوه‌ها از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری حتی نسبت به گوشت برخوردارند. به عنوان نمونه بذرهای انگور و پوست انار فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به گوشت داشته و غنی از پروآنتوسیانیدین است که مهار کننده قوی گونه‌های فعال اکسیژن هستند (۴). از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی برگ زیتون جهت افزایش انبارمانی چربی‌ها و روغن‌ها استفاده می‌شود. از عصاره و پوست بادام زمینی به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی جهت نگهداری چیپس‌های سیب‌زمینی استفاده شد (۳۱).

علاوه بر اهمیت ترکیبات مختلف پوست مرکبات با هدف استخراج و مصارف مختلف، این ترکیبات در سیستم دفاعی میوه نیز نقش مهمی دارند. گزارش شده است که پوست مرکبات دارای ترکیبات فنلی بوده که در مکانیزم دفاع طبیعی همچون فیتوآلاکسین‌ها ایفای نقش می‌کنند (۲۸). بعلاوه ترکیبات فنلی در طول رشد، میوه‌ی مرکبات را از خسارت میکروبی، اشعه ماورای بنفش و سایر عوامل تنش‌زا مصون می‌دارند (۳۰). ترکیبات مختلف فنلی و آنتی‌اکسیدان در میزان تحمل میوه به شرایط تنش‌زا چون سرما و خشکی نقش عمده‌ای دارند. پوست مرکبات نقش حفاظت از میوه را داشته و تعیین کننده کیفیت ظاهری میوه است. کارتنوئیدها رنگدانه‌های مسئول رنگ پوست و بافت میوه در غالب مرکبات هستند. بنابراین مقدار و ترکیب آنها رابطه‌ای قوی با کیفیت تجاری و تغذیه‌ای میوه دارد (۲).

در این تحقیق دو هدف عمده دنبال شد. اول اینکه با اندازه گیری برخی خصوصیات کیفی و شیمیایی پوست میوه شش رقم مرکبات، میزان کیفیت ظاهری و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در زمان تجاری برداشت بررسی شد. دوم اینکه با اندازه‌گیری ترکیبات با فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پوست، قابلیت استفاده از ضایعات کارخانه‌های آب‌میوه‌گیری مرکبات به عنوان منبع طبیعی آنتی‌اکسیدان ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش پنج رقم پرتقال (تامسون، سیاورز و خونی‌های مورو، سانگینلا و تاراکو) و یک رقم نارنگی پیج جهت مطالعه شاخص‌های کیفی و ترکیبات بیواکتیو میوه مورد بررسی قرار گرفتند. عمل نمونه‌برداری در هفته اول آذر از درختان بارور پیوند شده روی پایه نارنج واقع در قطعه‌های آزمایشی موسسه تحقیقات مرکبات کشور انجام شد. نمونه‌گیری از جوانب مختلف درخت و تا حد امکان یکسان صورت پذیرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه خصوصیات غیر تخریبی میوه ارزیابی شد. در این مرحله حجم میوه به روش جابجایی حجم آب[1] اندازه‌گیری شد. در این روش با اندازه گیری حجم آبی که در اثر غوطه‌وری میوه جابجا می‌شود، حجم میوه بر حسب میلی‌لیتر بدست آمد. با برداشت یک قطعه مربعی شکل از استوای میوه توسط کولیس دیجیتالی، ضخامت پوست بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بعد از گرفتن آب‌میوه بقایای گوشت و پوست میوه به عنوان تفاله میوه وزن شد و درصد آن بر حسب وزن میوه محاسبه شد. تغییرات رنگ پوست با استفاده از دستگاه کرومومتر مدل CR 400 – Minolta ساخت ژاپن و در سه نقطه‌ی پوستی اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L * (درخشندگی)، زاویه رنگ (Hue angle = arctan (b*/ a*)) و کروما (Chroma= $a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ اندازه‌گیری شد.

پودر نمودن پوست توسط ازت مایع و به صورت دستی انجام شد. به منظور استخراج ترکیبات فنلی پوست ارقام خونی از حلال متانول و اسید استیک به نسبت ۱۵ : ۸۵ درصد و جهت ارقام بلاند از متانول به تنهایی استفاده شد. سپس نمونه با نسبت ۱:۳ به صورت تمام شب در داخل حلال قرار داده شد. بلافاصله نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (سانتریفیوژ مدل Mikro 22R ساخت آلمان) شدند. قسمت شناور نمونه‌ها به آرامی با سمپلر برداشته و در تیوب‌های درب‌دار و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئید کل از روش جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر و محاسبات مربوطه انجام شد (۲۱).

میزان فنل کل با روش Folin–Ciocalteu انجام شد (۲۵). جذب مخلوط واکنش در طول موج ۷۶۵ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (NanoDrop Model ND-1000; USA) اندازه گیری شد. میزان فنل کل از روی منحنی استاندارد بر حسب میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد.

میزان فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم کلراید انجام گرفت (۶). 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 دیونیزه مخلوط شد. نمونه ها ورتکس شده و سپس در دمای اتاق به مدت ۴۰ دقیقه نگهداری شدند. جذب مخلوط واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت گردید. میزان فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین تعیین شد.

میزان آنتوسیانین کل تنها در دو رقم پرتقال خونی با استفاده از

1- Volume displacement method

روش تفاوت pH اندازه‌گیری شد (۳۵). در این روش میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر نانودراپ در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر همراه با بافرهای با pH متفاوت ۱ و ۴/۵ اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلوکوزاید در لیتر محاسبه شد.

$$\text{Absorbance (A)} = (A_{520\ pH\ 1} - A_{700\ pH1}) - (A_{520\ pH\ 4.5} - A_{700pH4.5})$$

$$\text{Total anthocyanin (mg/L)} = (A/26900)\ (10^{3})\ (445.2) \quad (5)$$

غلظت اسید آسکوربیک پوست میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲،۶- دیکروفنل ایندوفنل (DCIP) توسط اسید اسکوربیک اندازه‌گیری شد (۶). در این روش، یک گرم پوست با ۳ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۱٪ مخلوط و پس از سانتریفیوژ کردن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر DCIP به محلول سانتریفیوژ شده اضافه شد. سپس میزان جذب اسید آسکوربیک در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. غلظت اسید آسکوربیک با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در حضور DCIP اسید محاسبه شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه با دو روش DPPH و ABTS اندازه‌گیری شد. در روش DPPH، فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال ۲و۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل[1] توسط عصاره نمونه با روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد (۷). میزان فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH با چهار غلظت متفاوت عصاره میوه از فرمول درصد فعالیت خنثی کنندگی رادیکال (DPPH= (۱۰۰ (۱ - A_S/A_C) محاسبه شد. در این معادله A_C جذب رادیکال DPPH بدون هیچ آنتی‌اکسیدان بعنوان کنترل، A_S جذب DPPH بعلاوه نمونه و از متانول بعنوان بلانک استفاده شد. با داشتن درصد بازدارندگی مربوط به چهار غلظت مختلف و رسم خط رگرسیون، مقدار IC_{50} و کارآیی آنتی‌رادیکال ($AE=1/IC_{50}$) برای هر نمونه محاسبه شد.

در سنجش ABTS، ظرفیت آنتی اکسیدانی با استفاده از عصاره متانولی گوشت میوه برای هضم رادیکالهای $ABTS^{\cdot+}$ (۲و۲- آزینوبیس -(۳-اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید[2])، اندازه گیری شدند. رادیکال $ABTS^{\cdot+}$ با افزودن پتاسیم پرسولفات به ABTS و قرار دادن در محیط تاریک به مدت ۱۶ ساعت، تشکیل شد. سپس این محلول پایه با افزودن اتانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ۷۳۴ نانومتر رقیق شد. نمونه عصاره و رادیکال به نسبت ۵:۱۰۰ میکرولیتر مخلوط و جذب آن در ۷۳۴ نانومتر بعد از ۷ دقیقه قرائت شد. درصد بازدارندگی با استفاده از فرمول $[(A_C - A_S)/A_C]\times100$ = درصد بازدارندگی) محاسبه و ارزش TEAC[3] با استفاده از شیب خط منحنی استاندارد ترولاکس محاسبه شد.

داده‌های حاصل از این آزمایش بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

اندازه‌گیری صفات رشدی میوه

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۱، رقم تامسون با حجم ۳۰۷/۵ میلی‌لیتر درشترین رقم بود. ارقام سانگینلو، تاراکو و پیج از نظر اندازه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. از طرفی رابطه‌ی نسبتا مستقیمی بین اندازه میوه، ضخامت پوست و درصد تفاله میوه وجود داشت. رقم تامسون با ضخامت پوست معادل ۵/۶۶ میلی‌متر و تفاله به میزان ۷۰/۶ درصد وزن میوه، در بالاترین سطح قرار داشت. اندازه‌ی میوه، ضخامت پوست و درصد تفاله در میزان تولید بقایای میوه در مراحل آب‌میوه‌گیری نقش مستقیمی دارد. از طرفی خود نیز تا حد زیادی بستگی به ژنوتیپ داشته لیکن عوامل محیطی و تغذیه‌ای نیز در این رابطه موثرند. در این مطالعه، با اینکه ارقام سانگینلو، تاراکو و پیج از نظر اندازه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی سانگینلو به دلیل دارا بودن پوست ضخیم‌تر، به همین نسبت درصد تفاله بیشتری داشت. در این رابطه گارایو و همکاران (۱۲) میزان بقایای پوست نارنج کانونتا[4] را ۳۹/۵ درصد گزارش نمودند که کلیه ارقام مورد مطالعه مقادیر تفاله بیشتری داشتند.

میزان رنگ پوست

مقدار درخشندگی پوست یا L* در نارنگی پیج نسبت به سایر ارقام در زمان برداشت در کمترین مقدار (۶۱/۳۳) بود. سایر ارقام حدنصاب مقدار درخشندگی را داشتند. با بررسی زاویه رنگ و کروما مشخص شد که میزان زاویه رنگ در کلیه ارقام نزدیک به هم بود لیکن کرومای پوست (۶۴/۲۹) در نارنگی پیج تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشت. این دو شاخص از عوامل مهم تعیین کیفیت ظاهری میوه محسوب می‌شوند و پژوهشگران مختلفی در مطالعات خود مورد توجه قرار داده‌اند (۲۶، ۲۷ و ۲۹). باری و وایک (۵) تغییرات رنگ

1- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
2- 2-20-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)
3- Trolox Equivalent Antioxidant Capacity Value (TEAC Value)
4- Canoneta

پوست نارنگی کلمانتین را در مواجهه با شوک دمایی بررسی نمودند. نتایج حاصل از تیمار شاهد نشان داد که متوسط شاخص درخشندگی ۷۰، زاویه رنگ ۸۰ و کروما ۶۴ بود. همچنین بر اساس گزارش راکس و باری در سال ۲۰۰۶ مقادیر استاندارد سه شاخص درخشندگی، زاویه رنگ و کرومای پوست پرتقال را به ترتیب ۷۰–۶۵، ۸۰> و ۶۰< اعلام نمودند (۳۲). نتایج این آزمایش روشن نمود که میوه‌ها از نظر میزان درخشندگی، کروما و زاویه‌ی رنگ در آذر به حدنصاب استاندارد رسیده و با سایر گزارش‌های قبلی مطابقت دارند. رنگ پوست میوه مرکبات شاخص مهمی برای مصرف کننده در زمان خرید است. بطور کلی مصرف کننده، میوه‌ی مرکبات را با رنگ نارنجی تیره ترجیح می‌دهد. همزمان با بلوغ میوه مرکبات، تغییر در رنگ پوست به دلیل کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کارتنوئید اتفاق می‌افتد. ممکن است شرایط محیط مناسب جهت تجزیه کلروفیل پوست فراهم نشده و پوست میوه‌ها نیاز به سبزی‌زدایی داشته باشند.

مقدار ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی

جدول ۲ مقادیر ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی را در پوست ارقام تجاری مرکبات نشان می‌دهد. پوست ارقام سیاورز (محلی) و پیج به ترتیب با ۰/۴۹ و ۰/۴۳ میلی‌گرم کوئرستین در گرم از نظر میزان فنل در بالاترین سطح قرار گرفتند. پوست پرتقال تامسون فنل کمتری (۰/۳ میلی‌گرم کوئرستین در گرم) نسبت به سایر ارقام داشت. در این رابطه، قاسمی و همکاران (۱۳) میزان فلاونوئید کل پوست ارقام پرتقال واشینگتن ناول، والنسیا، نارنگی پیج و ساتسوما را به ترتیب ۲۳/۲، ۷/۲، ۳۱/۱ و ۰/۳ میلی‌گرم کوئرستین در گرم گزارش نمودند. مشاهده می‌شود که در این تحقیق نیز رقم پیج فنل بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت. جانگ و همکاران (۱۸) میزان فنل کل را در پوملو ۰/۲۱۴ میلی‌گرم در گرم و گرنستین و همکاران (۱۴) محتوای فنلی ارقام لمون، پرتقال و گریپ‌فروت را به ترتیب ۱/۹، ۱/۸ و ۱/۶ میلی‌گرم در گرم گزارش نمودند. به نظر می‌رسد میزان فنل پوست ارقام مرکبات ایران کمتر از مقادیر گزارش شده در لمون‌ها و گریپ‌فروت است. در پوست پرتقال خونی مورو میزان فلاونوئید کل (۷/۶۸ میلی‌گرم در گرم) و آنتوسیانین کل (۲۹/۱۳ میلی‌گرم در لیتر) حداکثر بود. رقم پیج نیز محتوای فلاونوئیدی بالایی با مقدار ۶/۷۹ میلی‌گرم در گرم داشت. تشکیل رنگیزه‌های آنتوسیانین در پوست پرتقال خونی تاراکو کمترین بود. به نظر می‌رسد پوست رقم پیج با اینکه ضخامت کمتری دارد ولی غلظت فنلی و فلاونوئیدی آن بالاست. این نتایج با گزارش ارسوس و کام (۱۰) مبنی بر بالا بودن میزان محتوای فلاونوئیدی کل و فنل کل پوست رقم پیج به ترتیب ۵۰ و ۸ برابر عصاره مطابقت دارد. ولی در مطالعه قاسمی و همکاران (۱۳) در میان ۱۳ رقم، محتوای فنلی پوست نارنگی پیج کمترین بود. ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بطور گسترده در مواد غذایی با منشاء گیاهی وجود داشته و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند (۲). در کلیه ارقام مورد مطالعه میزان ترکیبات فنلی پوست بیشتر از گوشت میوه بود (داده‌ها نشان داده نشده است). به همین دلیل غلظت‌های بالایی از متابولیت‌های ثانویه در ملاس پوست وجود دارد. در بین این ترکیبات، فلاونوئیدها و لیمونوئیدها خواص بیولوژیکی سودمندی برای انسان دارند (۲۲). همانند آنچه در این آزمایش مشاهده شد ترکیبات فنلی اصلی در پوست مرکبات گلیکوزیدهای فلاونوئیدی هستند چرا که با آزمایش‌های دیگر مشخص شد که نارینجین و هسپریدین ترکیبات غالب پوست ارقام مورد مطالعه بودند (داده‌ها نشان داده نشده است).

رقم تاراکو با محتوای کارتنوئیدی ۰/۸۴ و کلروفیلی ۳/۵ میلی‌گرم در گرم نسبت به سایر ارقام در صدر جای گرفت. میزان کارتنوئید کل در پوست ارقام تامسون، سانگینلو و پیج تفاوت معنی‌داری با هم نداشت. همچنین ارقام تامسون، سیاورز، مورو و پیج از نظر محتوای کلروفیلی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و مقدار آن در دامنه‌ی ۱/۲۵ تا ۱/۳۹ میلی‌گرم در گرم قرار داشت (جدول ۲). کارتنوئیدها و رنگدانه‌های کلروفیلی، توان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد را دارند. جذب لایکوپن با کاهش وقوع سرطان پروستات همراه است در حالیکه سطوح بالای بتا کاروتن با کاهش خطر و توسعه سرطان شش‌ها در ارتباط است. تعدادی مانند آلفا کاروتن، بتا کاروتن و بتا کریپتوزانتین پیش ماده ساخت ویتامین آ هستند (۱۱). به نظر می‌رسد الگوی ثابتی بین میزان کارتنوئید و کلروفیل پوست وجود نداشته باشد. رقم سانگینلو که در پوست کمترین غلظت کارتنوئید را داشت از کمترین غلظت کلروفیل نیز برخوردار بود. رقم تاراکو همزمان محتوای بالای کارتنوئیدی و کلروفیلی را در پوست داشت (جدول ۲). با اینحال هر دو اهمیت داشته و غالب ترکیبات رنگدانه‌ای، عامل افزایش مقاومت سلول‌ها در برابر پیری از طریق خنثی سازی اکسیژن‌های منفرد هستند (۱۱).

میزان اسید آسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست

با توجه به مقایسه میانگین‌های جدول ۳، محتوای اسید اسکوربیک پوست در ارقام مختلف در دامنه ۱۸/۱۷ تا ۲۳/۵۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر قرار گرفت. رقم سیاورز کمترین مقدار و پوست رقم تامسون بیشترین مقدار را داشت. پوست مرکبات حاوی محتوای بالای فیبر و اسید آسکوربیک است که به اندازه سایر ترکیبات مفید چون فلاونوئیدها و ترپن‌ها که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند اهمیت دارند (۲۰). بطورکلی، محتوای اسید آسکوربیک پوست مرکبات تجاری ایران کمتر از مقادیر گزارش شده توسط سایر پژوهشگران بود. بر این اساس اسید اسکوربیک پوست ارقام لمون، پرتقال و گریپ‌فروت به ترتیب ۵۹/۸، ۵۹/۶ و ۴۳/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (۱۴).

جدول ۱- اندازه میوه، ضخامت پوست، درصد تفاله و رنگ پوست میوه در ژنوتیپ‌ها مختلف مرکبات در زمان رسیدن

رقم	اندازه میوه	ضخامت پوست	درصد تفاله	مقدار *L	زاویه رنگ	کروما
تامسون	۳۰۷/۵a	۵/۶۶A	۷۰/۶a	۶۷/۹۷ab	۷۷/۲۵a	۸۴/۰۲a
سیاورز	۱۹۴b	۴/۱۸b	۶۴/۴۸b	۶۵/۰۳ab	۷۲/۶۲b	۸۶/۹۹a
مورو	۱۵۷/۷c	۳/۴۳c	۵۷/۲۵c	۷۰/۱۵a	۷۴/۸۱ab	۸۰/۹۴ab
سانگینلا	۷۲d	۴/۳۹b	۶۲/۷۲b	۶۶/۱۶ab	۷۲/۹۸b	۸۱/۸۰ab
تاراکو	۷۶/۳۳d	۲/۸۵d	۵۷/۴۷c	۶۷/۹ab	۷۳/۵۴b	۸۰/۶۷ab
پیج	۷۳d	۳/۱۲c	۴۸/۷۲d	۶۱/۳۳bc	۷۲/۶۷b	۶۴/۲۹c

*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۲- میزان ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات در زمان رسیدن

رقم	فنل کل mg/g	فلاونوئید کل mg/g	آنتوسیانین کل mg/l	کارتنوئید کل (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)
تامسون	۰/۳c	۳/۴cd	-	۰/۱۴c	۱/۲۵b
سیاورز	۰/۴۹a	۲/۶۵e	-	۰/۳۱b	۱/۳۲b
مورو	۰/۳۷b	۷/۶۸a	۲۹/۱۳a	۰/۳۲b	۱/۳۹b
سانگینلا	۰/۱۹d	۳/۹۴cd	۹/۲۷b	۰/۱۲c	۰/۸۷c
تاراکو	۰/۱۳d	۳/۷۱cd	۵/۶۳c	۰/۸۴a	۳/۵a
پیج	۰/۴۳ab	۶/۷۹b	-	۰/۱۲c	۱/۳۸b

*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

با وجود این ترکیب در میوه‌ها به دلیل اینکه، اسیدآسکوربیک یکی از قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها است و در حذف گونه‌های اکسیژن فعال و باززایی آلفا توکوفرول (یک آنتی اکسیدان لیپیدی قوی) نقش دارد از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (۳۴).

نتایج حاصل از آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی در جدول ۳ ذکر شده است. فعالیت بازدارندگی عصاره با استفاده از آزمون مهار رادیکال‌های DPPH به صورت IC_{50} بیان شده است. دامنه‌ی این متغیر بین ۰/۲ تا ۳/۴۶ به ترتیب در پوست تاراکو و تامسون بود. در عین حال ارقام سیاورز، مورو و پیج نیز تفاوت معنی‌داری با تامسون نداشتند. بنابراین پوست ارقامی که دارای عدد IC_{50} پایینی هستند نشانه کارآیی آنتی‌اکسیدانی بالاتر آنها است. بدین معنا که مقادیر کمتری از عصاره‌ی میوه قادر به مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های DPPH بوده است. بر این اساس رقم سانگینلو بیشترین کارآیی آنتی‌رادیکالی را داشت و سایر ارقام تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. قاسمی و همکاران (۱۳) مقادیر IC_{50} پوست ارقام پرتقال واشینگتن ناول، والنسیا، نارنگی پیج و ساتسومای رشد یافته در شرق مازندران را به ترتیب ۱/۱، ۲/۱، ۱/۹ و ۲/۹ میلی‌گرم گزارش نمودند. در این آزمایش مقادیر آنتی‌اکسیدانی بیشتری برای ارقام تامسون ناول (۳/۴۶) و نارنگی پیج (۳/۱۷) در مقایسه با ارقام مشابه در گزارش فوق بدست آمد. بعلاوه، منابع متعددی به بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست به گوشت در ارقام مختلف مرکبات (پرتقال ناول، لمون، گریپ‌فروت، پرتقال والنسیا و بکرایی) و ارقام غیر مرکبات (سیب، گلابی، انار، انبه و هلو) اشاره نموده‌اند (۳، ۱۴، ۱۹ و ۲۰).

وقتی فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش درصد مهار رادیکال‌های ABTS توسط پوست میوه انجام شد مشخص شد که رقم سانگینلو درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری (۹۵/۷۷) نسبت به سایر ارقام داشت. پوست ارقام سیاورز، مورو و تاراکو فعالیت آنتی‌اکسیدانی نزدیک به هم داشتند. به همین دلیل با محاسبه ارزش TEAC یا کارآیی آنتی‌اکسیدانی بر حسب اکی‌والان ترولاکس، روشن شد که ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. نتیجه اینکه فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست ارقام تجاری شمال ایران بیش از ۶۸/۵۸ درصد در زمان تجاری برداشت بوده و این نشان‌دهنده‌ی غنی بودن پوست این ارقام از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است. بنابراین پوست مرکبات نه تنها از جنبه محتوای فیبر، بلکه به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز مورد توجه است (۹).

جدول ۳- میزان اسید آسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات

رقم	اسید آسکوربیک mg/100g FW	IC_{50} (mg)	کارآیی آنتی‌رادیکالی	درصد خنثی کنندگی $ABTS^{\bullet+}$	ارزش ABTS
تامسون	۲۳/۵۶a	۳/۴۶a	۰/۲۹b	۷۶/۴۸c	۳/۹۱a
سیاورز	۱۸/۱۷d	۳/۲۳a	۰/۳۱b	۸۱/۵۱b	۴/۱۷a
مورو	۲۳/۴۹ab	۳/۴۴a	۰/۲۹b	۸۵/۲۱b	۴/۳۶a
سانگینلا	۲۱/۱۶bc	۰/۲d	۵/۲۲a	۹۵/۷۷a	۴/۹a
تاراکو	۲۲/۹۶ab	۲/۳۴c	۰/۴۳b	۸۲/۴b	۴/۲۲a
پیج	۲۲/۵۳ab	۳/۱۷a	۰/۳۲b	۶۸/۵۸d	۳/۵۱a

*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند

نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد که درصد تفاله میوه با اندازه و ضخامت پوست هر رقم رابطه‌ی مستقیمی دارد. از نظر کیفیت رنگ پوست با هدف تازه‌خوری، کلیه ارقام مورد مطالعه در زمان تجاری برداشت در شمال ایران (نیمه آذر) کیفیت لازم را داشتند. با اینکه مقادیر قابل توجه‌ای از ترکیبات فنلی و رنگدانه‌ای در پوست میوه این ارقام وجود داشت ولی میزان اسید آسکوربیک در مقایسه با گزارش‌های قبلی کمتر بود. شاید تغذیه‌ی ضعیف باغات شمال کشور، دلیل این پدیده باشد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست ارقام تجاری شمال ایران بیش از ۶۸/۵۸ درصد در زمان تجاری برداشت بود. این نشان‌دهنده‌ی غنی بودن و مستعد بودن پوست این ارقام جهت فرآوری با هدف استخراج آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است.

منابع

۱- فتوحی قزوینی ر. و فتاحی مقدم ج. ۱۳۸۹. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. چاپ سوم. ۳۰۵ صفحه.

2- Abeysinghe D.C., Li X., Sun C.D., Zhang W.S., Zhou C.H., and Chen K.S. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chemistry, 104: 1338–1344.

3- Alicia M.R., Marina V.A., and Fanny C.P. 2005. The chemical composition and bioactive compounds of flour of orange (*Citrus sinensis*), tangerine (*Citrus reticulata*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) peels cultivated in Venezuela. Archive Latin American Nutrition, 55: 305–310.

4- Bagchi D., Bagchi M., Stohs S.J., Ray S.D., Sen C.K., and Preuss H.G. 2000. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. Toxicology; 148(2):187–189.

5- Barry G.H., and Wyk A.A. 2006. Low-temperature cold shock may induce rind colour development of 'Nules Clementine' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit. Postharvest Biology and Technology, 40: 82–88.

6- Bor J.Y., Chen H.Y., and Yen G.C. 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.

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

8- Calabro M.L., Galtieri V., Cutroneo P., Tommasini S., Ficarra P., and Ficarra R. 2004. Study of the extraction procedure by experimental design and validation of a LC method for determination of flavonoids in *Citrus bergamia* juice. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 35: 349–363.

9- Chau C.F., and Huang Y.L. 2003. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 2615–2618.

10- Ersus S., and Cam M. 2007. Determination of organic acids, total phenolic content, and antioxidant capacity of sour *citrus aurantium* fruits. Chemistry of Natural Compounds, Volum 43, No. 5.

11- Gama J.J.T., and Sylos C.M. 2005. Major carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice: Identification and quantification by HPLC. Food Research International 38: 899–903.

12- Garau M.C., Simal S., Rossello C., and Femenia A. 2007. Effect of air-drying temperature on physicochemical properties of dietary fiber and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. Food Chemistry 104: 1014–1024.

13- Ghasemi K., ghasemi Y., and Ebrahimzadeh M.A. 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. pak. J. Pharm. Sci., 22: 277-281

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

15- Guo C.J., Cao G.H., Sofic E., and Prior R.L. 1997. High-performance liquid chromatography coupled with coulometric array detection of electroactive components in fruits and vegetables: relationship to oxygen radical absorbance capacity. J Agric Food Chem, 45: 1787–1796.
16- Guo C.J., and Yang J.J. 2001. Progress in the study of antioxidant capacity of fruits and vegetables. China Public Health, 17: 87-88.
17- Hertog M.G.L., Feskeens E.J.M., Holmann C.H., Katan M.B., and Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. Lancet, 342: 1007–1011.
18- Jang H.D., Chang T.C., and Hsu C.L. 2010. Antioxidant potentials of buntan pumelo (*Citrus grandis* Osbeck) and its ethanolic and acetified fermentation products. Food Chemistry, 118: 554–558.
19- Jayaprakasha G.K., and Patil B.S. 2007. *In vitro* evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. Food Chemistry, 101: 410–418.
20- Li B.B., Smith B., and Hossain M. 2006. Extraction of phenolics from citrus peels. I. Solvent extraction method. Separation and Purification Technology, 48: 182–188.
21- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148:350-382.
22- Manthey J.A., and Grohmann K. 1996. Concentrations of hesperidin and other orange peel flavonoids in citrus processing byproducts. J. Agric. Food Chem., 44: 811-814.
23- Manthey J.A., and Grohmann K. 2001. Phenols in citrus peel byproducts: concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses, J. Agric. Food Chem. 49: 32-68.
24- Marin F.R., and Rivas C., Garcia O.B., Castillo J., and Perez-Alvarez J.A. 2007. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibers, Food Chemistry. 100: 736–741.
25- Meyers K.J., Watkins C.B., Pritts M.P., and Liu R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 6887-6892.
26- Miranda C., Girard T., and Lauri P.E. 2007. Random sample estimates of tree mean for fruit size and colour in apple, Scientia Horticulturae, 112: 33–41.
27- Mohammadi A., Rafiee S., Emam-Djomeh Z., and Keyhani A. 2008. Kinetic models for colour changes in kiwifruit slices during hot air drying. World Journal of Agricultural Sciences. 4: 376-383.
28- Ortuno A., Baidez A., Gomez P., Arcas M.C., Porras I., Garcıa-Lidon A., Del Rio J.A. 2006. Citrus paradisi and Citrus sinensis flavonoids: Their influence in the defence mechanism against Penicillium digitatum. Food Chemistry, 98: 351–358.
29- Pan H.H., and Shu Z. 2007. Temperature affects color and quality characteristics of 'Pink' wax apple fruit discs. Scientia Horticulturae, 112: 290–296.
30- Parr A.J., and Bolwell G.P. 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 Agric. 80:985-1012.
31- Rehman Z.U. 2003. Evaluation of antioxidant activity of methanolic extract from peanut hulls in fried potato chips. Plant Foods for Human Nutrition, 58: 75–83.
32- Roux S.L., and Barry G.H. 2006. Preharvest manipulation of rind pigments of Citrus spp. MS Thesis, Dept. of Horticultural Science, Stellenbosch Univ., Stellenbosch, South Africa.
33- Su M.S., Shyu Y.T., and Chien P.J. 2008. Antioxidant activities of citrus herbal product extracts. Food Chemistry, 111: 892–896.
34- Talcott S.T., Brenes C.H., Pires D.M., and Del Pozo-Insfran D. 2003. Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. J Agric Food Chem, 51: 957-963.
35- Wrolstad R.E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Station Bull. 621. Agr. Exp. Sta. Oregon State Univ., Corvallis, OR, USA.