فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۵، شماره۴، پیاپی ۷۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۸۴-۷۰
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology
Vol.35, No.4, Sering.74, Winter 2023, p.70-84

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۳۱

وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir

10.22051/JAB.2021.34309.1398

مقایسه ترکیبات بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی میوه‌های پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت

شهرام صداقت حور*[۱]، سیده آمنه سجادی[۱]، سیده خدیجه عباس نیا زارع[۲]

چکیده

مقدمه: *گیاهان علاوه بر اینکه مقادیر قابل توجهی غذای انسان را تشکیل می‌دهند، باعث کاهش خطر ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها نیز می‌شوند. اثرات مفید مصرف آنها به خاطر وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متعدد مثل ویتامین ث، پلی‌فنل‌ها و فلاونوئیدها است.* **مواد و روش‌ها:** *خواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها ارتباط مستقیمی با حضور این ترکیبات در گیاهان دارد. پژوهشی به منظور بررسی کیفیت بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی میوه‌های پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت انجام شد. در این پژوهش به منظور ارزیابی ویژگی‌های محتوای پروتئین، ویتامین ث، آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، مقدار فنل و فلاونوئید در پرتقال توسرخ رقم مورو، کامکوات و گریپ فروت نمونه‌برداری تصادفی انجام شد و داده‌های بدست آمده به صورت طرح کاملا تصادفی در سه تکرار مورد تجزیه واریانس قرار گرفت.* **نتایج و بحث:** *نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین محتوای پروتئین، فنل و آنتوسیانین در میوه پرتقال توسرخ بود، بیشترین مقدار ویتامین ث و آنزیم پراکسیداز مربوط به کامکوات و بیشترین مقدار فلاونوئید، آنزیم کاتالاز و ظرفیت آنتی اکسیدانی از میوه گریپ فروت بدست آمد.* ***نتیجه‌گیری:*** *اگرچه پرتقال توسرخ میوه‌ای ارزشمند است، اما بیشترین مقدار ویتامین ث و پراکسیداز مربوط به کامکوات و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از میوه گریپ فروت به دست آمد.*

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان، پرتقال توسرخ، کامکوات، ویتامین ث.

۱ . استادیار ، دانشکده علوم کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران* نویسنده مسئول : sedaghathoor@iaurasht.ac.ir
۲ . دکتری تخصصی باغبانی، آموزش و پرورش لاهیجان، لاهیجان، ایران

مقدمه

مرکبات از مهم‌ترین محصولات باغی کشور محسوب می‌شوند که از نظر سطح زیرکشت و مقدار تولید سالیانه، ایران را در زمره ۱۰ کشور اول جهان قرار داده‌است (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۹۲). پرتقال (*Citrus sinensis*) از خانواده مرکبات (Rutaceae) است، میوه‌ی آن از نوع سته هسپریدیوم و نافرازگرا می‌باشد (گلعین و عدولی، ۱۳۹۰). جنس سیتروس شامل چند میوه مهم نظیر پرتقال، نارنگی، لیمو و گریپ‌فروت است (Dasberg, 1987). پرتقال‌توسرخ (*Citrus sinensis*) مورو از جمله ارقام مهم مرکبات در جهان و ایران هستند که ترکیبات دارویی و غذایی ارزشمندی دارند و فقط در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای کشت می‌شوند (فتوحی قزوینی و فتاحی مقدم، ۱۳۸۹). گریپ فروت (*Citrus paradisi*) رقمی با قدرت رشد رویشی زیاد و بسیار پرمحصول است که در گروه انواع پرمحصول و مقاوم به سرما طبقه‌بندی می‌شود. درختان این رقم قوی و بزرگ بسیار پرمحصول و جزء ارقام بسیار مقاوم به سرما و از گروه میان‌رس‌ها هستند (موسسه تحقیقات مرکبات کشور، ۱۳۹۴). کامکوات جز درختان کوتاه قامت مثمر و کوچک است و از نظر گیاهشناسی به جنس *Fortunella* و خانواده Rutaceae تعلق دارد و بومی نواحی جنوبی آسیا است (گلعین و عدولی، ۱۳۹۰).

گیاهان منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که باعث افزایش سلامتی انسان و حفظ کیفیت غذاها می‌شوند (Rice-Evans *et al*., 1996). آنتی‌اکسیدان‌ها به ترکیباتی که قادر به از بین بردن رادیکال‌های اکسیژن هستند، گفته می‌شود (Hodges, 2003). سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان شامل سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی است. سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، گایاکول پراکسیداز (POD)، کاتالاز (CAT)، آنزیم‌های چرخه آسکوربات‌گلوتاتیون یعنی آسکوربات‌پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) است. سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی شامل آسکوربات، گلوتاتیون، ویتامین E، کاروتنوئیدها و رنگدانه‌های غیرفتوسنتزی مثل آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی است (Singh *et al*., 2007; Felsot, 2004).

وجود رنگیزه‌ها در گوشت و پوست میوه علاوه بر مقدار بازارپسندی میوه، در ارزش غذایی میوه در زمان برداشت نیز نقش دارند. آنتوسیانین‌ها از جمله ترکیبات فنلی طبیعی هستند که عامل رنگ در گوشت پرتقال‌های توسرخ هستند. این ترکیب‌ها نیز به دلیل خواص دارویی از اهمیت زیادی برخوردارند (فتوحی قزوینی و فتاحی مقدم، ۱۳۸۹). پژوهش‌ها نشان داد که آنتوسیانین‌ها مهم‌ترین ترکیبات رنگی در بین فلاونوئیدها هستند. آنتوسیانین‌ها بیشتر در مواد غذایی رنگی مانند توت‌فرنگی، سیب، گیلاس، تمشک، پرتقال، انگور، انجیر، انبه، انار، کلم قرمز و سیب‌زمینی شیرین وجود دارند (Lee *et al*., 2005). ترکیبات 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 مقدار کاروتنوئیدها و فنل‌ها در رقم‌های نارنگی بیشتر از انواع پرتقال بود. سهم اسید آسکوربیک از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دامنه ۲۶/۹ تا ۴۵/۹ درصد بود (Su *et al*., 2008; Abeysinghe *et al*., 2007). ترکیبات فنلی میوه مرکبات بیشتر مربوط به گروه فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی است که در این میان فلاونوئیدهای نوع گلیکوزیدی، فراوانی بیشتری دارند (Balasundram *et al*., 2006). پرتقال‌های توسرخ رنگ گوشت و پوست منحصر به فردی دارند که ناشی از رنگیزه فنلی متعلق به گروه آنتوسیانین‌ها است (Maccarone *et al*., 1985). پرتقال توسرخ نسبت به سایر پرتقال‌ها به دلیل وجود

رنگیزه‌هایش دارای توانایی آنتی‌اکسیدانی بیشتری است. آنتوسیانین اصلی در پرتقال توسرخ سیانیدین -۳- گلوکوزید است (Torres *et al.*, 2011). ترکیبات دیگر پرتقال‌های توسرخ شامل اسیدآسکوربیک، فلاونوئیدها و هیدروکسی سینامیک هستند که ظرفیت آنتی اکسیدانی بالایی دارند (Arena *et al.*, 2001). کاروتنوئیدها رنگیزه‌های مسئول رنگ پوست و بافت گوشت میوه در غالب مرکبات هستند. مقدار تجمع این رنگیزه‌ها نیز متاثر از ژنتیک و عوامل محیطی زمان رسیدن است (Alquézar *et al.*, 2008). به‌طوری‌که اشعه فعال فتوسنتزی و دما می‌تواند بر تجمع بتاکاروتن تأثیر بگذارد ولی مقدار بتاکاروتن میوه تحت تاثیر خود رقم نیز قرار می‌گیرد. رسیدگی برخی از میوه‌ها به خاطر بیوسنتز کاروتنوئید و کاهش رنگدانه‌های کلروفیل است (Tinyane *et al.*, 2013). میوه‌ها به خاطر خواص آنتی‌اکسیدانی جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی انسان دارند و اطلاع از چنین صفاتی، انتخاب میوه‌های ارزشمند را تسهیل می‌نماید. با توجه به اهمیت این موضوع، این آزمایش جهت بررسی کیفیت بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی میوه‌های پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت انجام شد.

مواد و روش ها

روش و زمان انجام تحقیق

این پژوهش به منظور بررسی کیفیت بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی میوه‌های پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت تهیه شده از موسسه تحقیقات مرکبات رامسر، از بهمن ماه ۱۳۹۷ تا اردیبهشت سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت انجام شد. میوه‌های مورد نظر در زمان رنگ‌گیری کامل میوه‌ها و هفته اول بهمن ماه برداشت و آزمایشات مورد نظر تا آخر اردیبهشت ماه خاتمه پذیرفت. در این پژوهش داده‌های مربوط به صفات پرتقال توسرخ رقم مورو، کامکوات و گریپ فروت از طریق نمونه‌برداری تصادفی و در سه تکرار به‌دست آمد. شاخص‌های مورد ارزیابی: پروتئین، اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، مقدار فنل و فلاونوئید، بود.

محتوای پروتئین کل

اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد (عسکری و همکاران، ۱۳۹۱) صورت گرفت. به ۱۰۰ میلی لیتر بافر تریس ۰/۵ مولار با pHمعادل ۶/۸، ۲ گرم SDS افزوده و حل گردید. ۲۰۰ میکرولیتر از بافر استخراج به نمونه گیاهی افزوده و توسط میله شیشه‌ای استریل له و مخلوط شدند. تمامی این مراحل در دمای ۴ درجه سانتی گراد انجام شد. سپس محلول‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند. به ۵ میلی لیتر محلول برادفورد، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره فوق اضافه و پس از ۳۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه، جذب عصاره فوق در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی استاندارد مقدار پروتئین بر حسب میلی گرم بر گرم محاسبه گردید. با حل نمودن ۱ میلی‌گرم پودر BSA درون ۵ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر، محلول استاندارد پروتئین تهیه شد. ۵ میلی لیتر محلول برادفورد و حجم‌های تعیین‌شده‌ای از ۲۰ تا ۲۰۰ میکرولیتر از محلول BSA استاندارد به ترتیب درون لوله‌های آزمایش ریخته و با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میکرولیتر رسانده شد. پس از آن جذب هر محلول رنگی استاندارد در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر SHIMADZO 160-UV خوانده شد (عسکری و همکاران، ۱۳۹۱).

ارزیابی محتوای اسید آسکوربیک

اندازه‌گیری ویتامین C از طریق تیتراسیون با دی‌کلروفنول‌ایندوفنول انجام شد. مقدار ۲ گرم از بافت میوه به وسیله نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب گردید و سپس به آن ۱۰ میلی لیتر اسید متافسفریک ۳٪ به حجم ۱۰ میلی لیتر افزوده شد و به وسیله ۲ و ۶-دی‌کلروفنول‌ایندوفنول (DPIP) دارای بیکربنات سدیم تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ تیتر شد. مقدار ۵۰ میلی‌گرم DPIP (۰/۰۲۵درصد) را در آب مقطر حل نموده و به آن مقدار ۴۲ میلی‌گرم بیکربنات سدیم که به صورت جدا در آب مقطر (۵۰ میلی لیتر) حل شده بود، اضافه گردید و سپس با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد. برای استاندارد کردن، ۵ میلی‌لیتر از استاندارد اسیدآسکوربیک ۰/۰۱درصد را با ۵ میلی‌لیتر از اسیدمتافسفریک ۳درصد مخلوط کرده و با DPIP دارای بیکربنات سدیم تیتر انجام شد و سرانجام محتوای اسید آسکوربیک از فرمول زیر محاسبه گردید (Ladaniya, 2008).

$$\text{Vit C } (\text{mg}.100^{-1}) = \frac{e \times d \times b}{c \times a} \times 10$$

a = وزن نمونه

b = حجم متافسفریک مصرفی برای استخراج

c = حجم نمونه برداشتی برای تیتراسیون

d = فاکتور رنگ

e= میانگین DPIP مصرفی برای تیتراسیون

$$d = \frac{۰/۵}{\text{مقدار DIP مصرفی برای تیتر کردن آسکوربیک اسید}}$$

محتوای فنل کل

مقدار فنل کل با معرف فولن سیو کالتچو تعیین شد. برای سنجش مقدار ترکیبات فنل‌های کل، حدود ۱ گرم از برگ‌های تازه را در ۱۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲ دقیقه ساییده و محلول به دست آمده با کاغذ صافی، صاف شد. ۵ میلی‌لیتر فولن سیوکالتو رقیق شده (۱:۱۰ رقیق شده با آب مقطر) و سپس ۴ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم (۷/۵ درصد حجمی) به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده ($1:10\,\text{g ml}^{-1}$) اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه باقی ماند و جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (McDonald *et al*., 2001; Slinkard & Singleton, 1977). منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف اسید گالیک (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر) رسم شد و مقدار فنل کل از روی منحنی استاندارد و معادلهٔ خط حاصل از منحنی، برای هر نمونه محاسبه شد.

$$Y = 0.3281X - 0.5654$$
$$R^2 = 0.7172$$

اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین ۰/۵ گرم از هر نمونه توزین و در هاون چینی با ۵۰ میلی لیتر اسید اتانول- هیدروکلریک (۸۵ درصد اتانول ۹۵٪ + ۱۵٪ اسید هیدروکلریک) سائیده شد. سپس عصاره حاصل صاف شده و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده و

در ظروف کوچک شیشه‌ای (کووت) ریخته شد. این ظروف را مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد در یخچال نگه داشته شده و سپس بعد از خروج، ۲ ساعت در تاریکی قرار داده شد. برای تعیین مقدار آنتوسیانین عصاره‌ها در طول موج ۵۳۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد. سپس مقادیر آنتوسیانین تیمارها از فرمول زیر به دست آمد (Mazumdar & Majumder, 2003).

وزن نمونه (۰/۵ گرم) $= \frac{e \times b \times c}{d \times a} \times 100$

b = حجم برداشت شده برای اندازه‌گیری (۵ میلی لیتر)

c = حجم کل (۵۰ میلی لیتر)

d = کسر برداشت شده برای نمونه ۰/۱

e = عدد خوانده شده در طول موج ۵۳۵ نانومتر

$$\text{درصد مقدار آنتوسیانین کل در نمونه} = \frac{\text{کل جذب نمونه}}{۹۸/۲}$$

ارزیابی محتوای فلاونوئید کل

برای سنجش فلاونوئید ۰/۱ گرم نمونه منجمد شده در ۱۰میلی‌لیتر اتانول اسیدی (اتانول و اسید استیک به نسبت ۹۹ به ۱)، خوب سائیده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. پس از صاف کردن، محلول رویی به ارلن جدیدی منتقل شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. مقدار جذب نمونه‌ها پس از سرد شدن، توسط اسپکتروفتومتر در سه طول موج، ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر خوانده شد. از اتانول اسیدی به عنوان شاهد استفاده شد. برای محاسبه‌ی غلظت فلاونوییدها، از ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر استفاده شد (Humadi *et al*., 2008).

$$A=\varepsilon bc$$

ε:ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر

b: عرض کوت برابر یک سانتی‌متر

c: محتوای فلاونویید کل بر حسب مول بر گرم

A: مقدار جذب

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز

ارزیابی فعالیت پراکسیداز به روش Addy & Goodman (1972) انجام شد. محلول واکنش حاوی ۳ میلی لیتر پیروگالول (۰/۰۵ M پیروگالول در ۰/۱ M بافر فسفات (pH معادل ۷) و ۰/۵ میلی لیتر H_2O_2 ۱٪ تهیه و به ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیمی افزوده شده و تغییر OD در ۴۳۰ نانومتر در هر۳۰ ثانیه به مدت دو دقیقه یادداشت شد. فعالیت پراکسیداز با استفاده از ضریب تخریب پیروگالول اکسیده شده (۴/۵ لیتر در مول) محاسبه شد.

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، یک گرم از بافت گیاهی در ۴ میلی لیتر اتانول سائیده شد. عصاره به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ شد. سپس ترکیبی مشتمل بر ۰/۰۱ مولار بافر فسفات (pH معادل ۷)، ۰/۵ میلی لیتر H_2O_2 ۰/۲

مولار، ۰/۴ میلی لیتر H_2O تهیه شد و بر ۰/۵ میلی لیتر از عصاره آنزیمی اضافه شد. واکنش با افزودن ۲ میلی لیتر معرف اسیدی (ترکیب دی کرومات/اسید استیک) خاتمه یافت. معرف اسیدی با ترکیب دی‌کرومات پتاسیم ۵٪ با اسید استیک گلاسیال (۳:۱ حجمی) تهیه شد. میزان جذب در طول موج ۶۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Chance & Maehly, 1995).

سنجش ظرفیت آنتی اکسیدانی

به منظور انجام این آزمایش یک گرم از گیاه را در فویل پیچیده و در نیتروژن مایع به مدت ۲ تا ۳ دقیقه قرار داده شد. سپس با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۵٪ سائیده شد و بعد به مدت یک‌ساعت نمونه‌ها در دمای اتاق قرار داده شد. سوسپانسیون حاصل در لوله‌های آزمایش ریخته شد و به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور سانتریفوژ شد. مایع رویی با کاغذ صافی واتمن صاف شد. از این مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر برداشته و به آن ۸۵۰ میکرولیتر DPPH اضافه گردید. محلول حاصل به سرعت به هم زده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق در شرایط تاریکی نگهداری گردید. بعد از گذاشتن بلانک و بعد از صفر کردن دستگاه بار اول در کووت فقط DPPH ریخته شد و عدد قرائت شده یادداشت گردید. سپس نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد (Ramandeep & Savage, 2005).

تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌ها براساس طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام شده و نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel رسم گردید و جهت برآورد همبستگی (ضریب هبستگی پیرسون) از برنامهٔ SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

محتوای پروتئین میوه‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از تفاوت معنی‌دار بین انواع مرکبات از نظر مقدار پروتئین در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین مرکبات به لحاظ مقدار پروتئین نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین مربوط به پرتقال توسرخ با ۰/۶۳ درصد بود و کمترین مقدار پروتئین هم مربوط به گریپ فروت با ۰/۳۰ درصد بود (جدول ۲). براساس نتایج این پژوهش مقدار پروتئین در پرتقال توسرخ دو برابر میوه گریب فروت بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه مرکبات مورد مطالعه (پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت)

Table 1. Analysis of variance of the traits of citrus fruits (blood orange, kumquat and grapefruit)

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین	ویتامین ث	فنل	آنتوسیانین	فلاونوئید ۳۳۰نانومتر	فلاونوئید ۳۰۰نانومتر	فلاونوئید ۲۷۰نانومتر	آنزیم پراکسیداز	آنزیم کاتالاز	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
تیمار	۲	۰/۰۹*	۳۴۰/۵۴**	۰/۳۵۱**	۲۵۱۲۶/۳۶**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۰۱**	۱۱۴/۶۰**
خطا	۶	۰/۰۱	۱۰/۲۳	۰/۰۰۱	۴۳۰/۹۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰	۴/۱۳
ضریب‌تغییرات	-	۲۷/۰۴	۳/۳۸	۱/۷۹	۲۰/۱۴	۱/۶۷	۱/۱۰	۰/۴۰	۳/۸۳	۲۴/۰۱	۳/۷۸

^{ns}: اختلاف غیر معنی دار**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

^{ns}: non-significant; *: significant at the P < 0.05 level; **: significant at the P < 0.01 level.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در میوه مرکبات مورد مطالعه (پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت)

Table 2. Means comparison for the recorded traits of citrus fruits (blood orange, kumquat and grapefruit)

تیمار	پروتئین (٪)	ویتامین ث (میلی‌گرم بر ۱۰۰گرم تر)	فنل(میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)	آنتوسیانین (میلی‌گرم بر ۱۰۰گرم تر)	آنزیم پراکسیداز (UNIT[1])	آنزیم کاتالاز (UNIT[1])	ظرفیت آنتی اکسیدانی (DPPH%)
پرتقال‌توسرخ	۰/۶۳^{a}	۸۳/۳۷^{c}	۱/۶۷^{a}	۲۰۴/۵^{a}	۰/۲۹^{c}	۰/۰۱۰۷^{b}	۵۰/۲۲^{b}
کامکوات	۰/۴۰^{ab}	۱۰۴/۶^{a}	۱/۰۰^{c}	۷۷/۸۹^{b}	۰/۳۷^{a}	۰/۰۱۴۰^{b}	۵۰/۳۰^{b}
گریپ‌فروت	۰/۳۰^{b}	۹۵/۵۳^{b}	۱/۲۳^{b}	۲۶/۷۹^{b}	۰/۳۱^{b}	۰/۰۲۵۷^{a}	۶۰/۹۷^{a}

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است. ([1]واحد آنزیم پراکسیداز و کاتالاز (UNIT): میکرومول H_2O_2 مصرف شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین).

Means with similar letter(s) in each column did not differ significantly (LSD 5%). [1.] Catalase and peroxidase expressed in micro moles of H2O2 consumed per minute per milligram of protein.

پروتئین‌ها از گروه مواد غذایی اصلی و ضروری برای سلامت هستند که در بدن به اسیدآمینه تجزیه می‌شوند و به بهبود رشد سلولی کمک می‌کنند. میوه‌های تازه و سبزی‌ها اهمیت زیادی را به عنوان منبع پروتئین دارند. میوه‌ها دارای محتوای آب بالا و سطوح پایین پروتئین و چربی هستند. محتوای پروتئین میوه‌ها برای حمایت از رشد و نمو انسان ناکافی است (Slavin & Lloyd, 2012).

محتوای اسید آسکوربیک

براساس تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اختلاف معنی داری بین انواع مرکبات از نظر محتوای اسید آسکوربیک در سطح ۱٪ مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان می‌دهد که کامکوات با ۱۰۴/۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیشترین و پرتقال توسرخ با ۸۳/۳۷ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر کمترین محتوای اسید آسکوربیک را داشت (جدول ۲).

ویتامین ث یکی از قوی ترین آنتی‌اکسیدان‌ها است و در حذف گونه‌های اکسیژن فعال و باززایی آلفا توکوفرول (یک آنتی اکسیدان لیپیدی قوی) نقش دارد و از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (Lang *et al*., 2005). کشاورز (۱۳۹۰) در پژوهش خود نشان دادند که محتوای اسید آسکوربیک در گوشت و پوست میوه کامکوات بیشتر از سایر مرکبات بود که همسو با نتایج حاضر است. مقدار تغییرات ویتامین ث در میوه‌ها به فاکتورهای مختلفی از جمله رقم، گونه، شرایط کشت و منطقه و شرایط برداشت بستگی دارد. تغییرات دمایی محیط، فرآیند فتوسنتز، رطوبت نسبی، استرس‌های اکسیداتیوی و قرارگیری درمقابل نور آفتاب نیز بر مقدار ویتامین ث تاثیر دارد. همچنین می‌تواند این مقدار در مرحله رسیدن میوه کاهش، افزایش و یا بدون تغییر بماند (Ben Ahmed *et al*., 2009).

محتوای فنل کل

نتایج تجزیهٔ واریانس محتوی فنل کل نشان داد که بین میوه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) بیشترین محتوی فنل با ۱/۶۷ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم مربوط به پرتقال توسرخ بود و کمترین محتوی با ۱ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم هم مربوط به کامکوات بود. بیشترین محتوی فنل در این پژوهش مربوط به پرتقال توسرخ بود که با نتایج Ghasemi *et al*., (2009) در مورد تاثیر گونه بر فعالیت آنتوسیانین، تجمع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی مرکبات را گزارش نموده‌اند، مطابقت دارد. آنها نیز بیشترین محتوی فنل را در پرتقال توسرخ (سانگین) گزارش نمودند. در پژوهش حاضر کمترین محتوی فنل هم مربوط به کامکوات بود که این نتیجه با نتایج Wang *et al*., (2007) که کامکوات را دارای بالاترین محتوی فنل در بین چندین رقم مرکبات در کشور تایوان معرفی کردند، تناقض دارد. Lesschaeve & Noble (2005) در تحقیقی بیان کرد فنل‌ها عامل تلخی در گریپ فروت هستند. رنگ بسیاری از میوه‌ها جزء ترکیبات فنلی است. قهوه‌ای شدن نامطلوب ممکن است در طول پیری و یا در نتیجه زخم شدن میوه‌های حاوی ترکیبات فنلی ایجاد شود (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

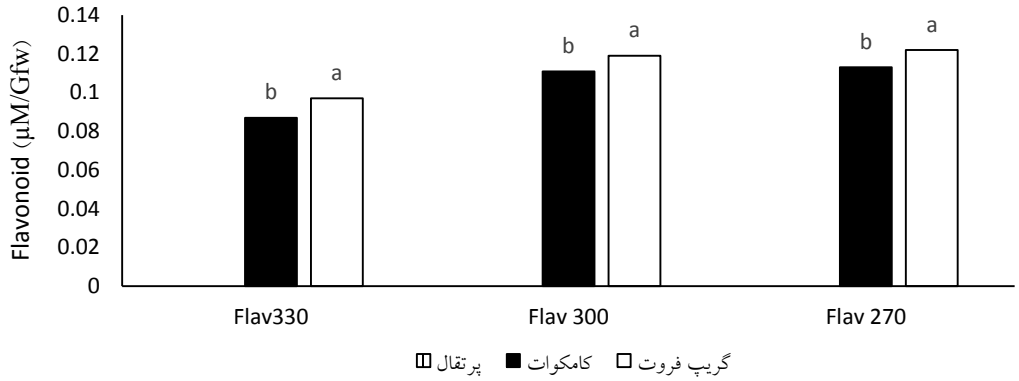
محتوای آنتوسیانین

جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بین انواع مرکبات از نظر محتوی آنتوسیانین وجود داشت. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین محتوی آنتوسیانین مربوط به پرتقال توسرخ (۲۰۴/۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) بوده و کمترین محتوی (۲۶/۷۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) مربوط به گریپ فروت بوده است. وجود رنگیزه آنتوسیانین در پرتقال توسرخ باعث افزایش کیفیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن نسبت به ارقام

معمولی گردیده است (Davies, 1994). تحقیقات و مطالعات Choi *et al.*, (2002) نشان داد که رابطهٔ بالایی بین شاخص رنگ قرمز و محتوای آنتوسیانین وجود دارد. بیشترین مقدار این رنگدانه در پرتقال مورو و سپس سانگین و تاراکو با درجه بلوغ مشخص گزارش شده است. آنتوسیانین‌ها به مقدار کمی تحت تاثیر پایه قرار دارند. نمو پیگمان‌ها به‌طور عمده وابسته به شرایط آب و هوایی و رقم مرکبات است. در مناطق گرم و مرطوب آنتوسیانین‌های قرمز فراوان، در حالی‌که در مناطق خشک شدت رنگ کمتر است و غلظت آنتوسیانین در میوه سریعا با بلوغ افزایش می‌یابد (Ladaniya, 2008). با توجه به نتایج بررسی محتوای آنتوسیانین ارقام مورد مطالعه در این پژوهش، نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهشگران ذکر شده مطابقت دارد و در این پژوهش هم بیشترین محتوی آنتوسیانین مربوط به پرتقال توسرخ بود.

محتوای فلاونوئید

اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوی فلاونوئید سه رقم مرکبات مشاهده شد (جدول ۱). در این پژوهش محتوی فلاونوئید در سه طول موج (۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر) مورد ارزیابی واقع شد نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گریپ فروت بیشترین محتوی فلاونوئید را در هر سه طول موج داشت که نشان از بالا بودن همه انواع ترکیبات فلاونوئیدی در گریپ‌فروت دارد و کمترین فلاونوئید هم مربوط به کامکوات بود (شکل ۱).



شکل ۱- محتوی فلاونوئید در میوه مرکبات مورد مطالعه (پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت) در سه طول موج با سه تکرار براساس طرح کاملا تصادفی

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

Figure 1. Flavonoid content in the studied citrus fruit (blood orange, kumquat and grapefruit) in three wavelengths with three replications based on a completely randomized design.

Means with similar letter(s) on columns did not differ significantly (LSD 5%).

در بین میوه‌ها، مرکبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی بوده و به‌عنوان ذخایر مهم ترکیبات فلاونوئیدی که از جمله مهمترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند، شناخته شده‌اند (Mokbel *et al.*, 2006). پایین بودن محتوی فلاونوئید در

کامکوات مطابق با نظر Kanes *et al.*, (1993) بود که براساس نتایج آنها، کامکوات در مقایسه با سایر ارقام مرکبات، کمترین محتوی را نشان داده بود. در پژوهش Wang *et al.*, (2007) نیز درخصوص محتوای فلاونوئید در کامکوات نتیجهٔ مشابهی گرفتند و نتایج تحقیق حاضر با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. همچنین Wang *et al.*, (2008) محتوی فلاونوئید کامکوات را با داشتن مقدار (۱/۳۷ ±۰/۴۱ میلی‌گرم در گرم) در بین چند رقم مرکبات مورد بررسی در حد متوسط اعلام نمودند.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز بین میوه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) نشان می‌دهد. براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز از میوه کامکوات با ۰/۳۷ واحد (میکرومول H_2O_2 مصرف شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) بدست آمد و کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز هم مربوط به پرتقال با ۰/۲۹ واحد بود. با وجوداینکه تجمع مواد موثره با اثر دارویی در میوه رقم‌های مختلف مرکبات به تفاوت ژنتیکی آنها مرتبط است، اما نوع رقم و منطقه کاشت نقش مهمی در کمیت و کیفیت مواد موثره میوه مرکبات ایفا می‌کند. پژوهش‌ها در این زمینه نشان داده است که در مرکبات بیش از بیست صفت تحت تاثیر رقم قرار می‌گیرد (Castle, 1987). آنزیم پراکسیداز یکی از آنزیم‌هایی است که در مقابل تنش‌های محیطی، نقش مهمی را ایفا می‌نماید. این آنزیم، کاهش پراکسیدهیدروژن را با استفاده از گلوتاتیون احیا شده (GSH) کاتالیز می‌کند و بدین وسیله از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از اکسایش حفاظت می‌کند (شافعی، ۱۳۸۴).

فعالیت آنزیم کاتالاز

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آنزیم کاتالاز در انواع مرکبات مورد مطالعه (جدول ۱) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. آنزیم کاتالاز در میوه گریپ فروت با ۰/۰۲۵۷ واحد (میکرومول H_2O_2 مصرف شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین) بیشترین فعالیت را داشت و کمترین فالیت آنزیم کاتالاز با ۰/۰۱۰۷ واحد مربوط به پرتقال بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کامکوات با ۰/۰۱۴۰ واحد نداشت (جدول ۲). Molinari *et al.*, (2004) علت بالا بودن کاتالاز را در برخی از ارقام مرکبات ناشی از وجود مقدار ترکیبات فنلی گزارش کردند و اذعان داشتند که کاتالاز در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی سنتز می شوند اما در ژنوتیپ‌ها و شرایط محیطی مختلف مقدار آن‌ها در سلول تغییر می‌کند. این ترکیبات از شواهد فیزیولوژیکی ارزشمند در تعیین اختلاف واریته‌های مختلف به شمار می‌روند و استفاده از روش‌های بیوشیمیایی در تشخیص تفاوت ژنتیکی ارقام، نقش کلیدی این ترکیبات را در اثر متقابل گیاه و محیط نشان می‌دهد (Tattini *et al.*, 2006).

ظرفیت آنتی اکسیدانی

نتایج تجزیهٔ واریانس ظرفیت آنتی اکسیدانی نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). داده‌های حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۶۰/۹۷ درصد DPPH) مربوط به میوه گریپ فروت بود و کمترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به پرنقال (۵۰/۲۳ درصد DPPH) و کامکوات (۵۰/۳۰ درصد DPPH) بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند.

در پژوهشی با مقایسه ۱۳ رقم از مرکبات عنوان شد که اختلاف معنی‌دار در رابطه با مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل و فلاونوئید بین ارقام مختلف مرکبات وجود دارد. همچنین گزارش شد که اگرچه میوه‌ها از نظر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی متنوع هستند لیکن میوه‌هایی که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا دارند، معمولا حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدان بیشتری هستند (Ghasemi *et al*., 2009). Orazem *et al*., (2011) گزارش کردند که با افزایش رشد و نمو میوه مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد که افزایش و تغییر در میزان محتوای آن به مراحل بلوغ، نوع رقم، و منشا ژنتیکی پایه یا به عبارتی قدرت پایه بستگی دارد.

ضریب همبستگی پیرسون بین صفات مورد آزمایش مرکبات

بررسی همبستگی صفات مورد آزمایش (جدول ۳) نشان می‌دهد که رابطه بین مقدار ویتامین ث با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید (۲۷۰ نانومتر) و فنل معنی‌دار بود و این رابطه منفی بود. اما همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار ویتامین ث و آنزیم پراکسیداز (r=۰/۹۴۴) وجود داشت. علامت مثبت همبستگی‌ها، نشان دهنده افزایش مقادیر یک صفت همزمان با افزایش دیگری بوده و به عبارت دیگر این تغییرات هم جهت هستند. همبستگی بالای بین صفات این امکان را ایجاد می‌کند تا از طریق اندازه‌گیری هریک به وضعیت صفت دوم آگاه شد (Adolkar *et al*., 2007). براساس نتایج بدست آمده از جدول همبستگی بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش، بین آنزیم پراکسیداز با فلاونوئید و فنل رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت. یعنی با افزایش آنزیم پراکسیداز محتوی فلاونئید و فنل در میوه کاهش می‌یابد. رابطه بین محتوی آنتوسیانین در میوه با فنل معنی‌دار بود و رابطه بین آنها رابطه‌ای مثبت (r=۰/۸۱۶) بود. همچنین همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد بین فلاونوئید (۳۰۰ نانومتر) با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود داشت که رابطه بین آنها رابطه‌ای مثبت (r=۰/۸۷۱) بود. رابطه بین فلاونوئید (۲۷۰نانومتر) با فنل در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود که این رابطه مثبت بود (r=۰/۷۲۹) یعنی افزایش محتوی فلاونوئید با مقدار فنل رابطه مستقیم دارد. اکسو و همکاران (۲۰۰۸) فلاونوئیدها را بخش عمدهٔ ترکیبات فنلی موجود در مرکبات اعلام نمودند که با توجه به نتایج حاصل از اندازه گیری محتوی فنول و فلاونوئید در میوهٔ ارقام مورد بررسی، تا حدودی این ارتباط بین آنها برقرار است.

جدول ۳- همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در میوه‌های پرتقال توسرخ، کامکوات و گریپ فروت

Table 3. Simple correlation between studied traits in blood orange, kumquat and grapefruit

	پروتئین	ویتامین ث	آنزیم کاتالاز	آنزیم پراکسیداز	آنتوسیانین	فلاونوئید ۳۳۰	فلاونوئید ۳۰۰	فلاونوئید ۲۷۰	فنل	ظرفیت آنتی اکسیدانی
پروتئین	۱									
ویتامین ث	-۰/۴۲۴	۱								
آنزیم کاتالاز	۰/۳۰۰	-۰/۰۱۱	۱							
آنزیم پراکسیداز	-۰/۳۳۲	۰/۹۴۴**	-۰/۰۷۵	۱						
آنتوسیانین	۰/۲۵۷	-۰/۷۲۸*	-۰/۱۴۰	-۰/۵۰۵	۱					
فلاونوئید ۳۳۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۵	۰/۲۸۹	-۰/۲۱۷	-۰/۴۶۲	۱				
فلاونوئید ۳۰۰	-۰/۲۲۹	۰/۰۵۵	۰/۱۳۶	-۰/۲۶۰	-۰/۶۳۱	۰/۷۵۶*	۱			
فلاونوئید ۲۷۰	۰/۲۲۹	-۰/۸۳۳**	۰/۰۶۱	-۰/۹۶۴**	۰/۲۸۶	۰/۳۷۸	۰/۵۰۰	۱		
فنل	۰/۴۴۶	-۰/۹۷۹**	-۰/۰۴۰	-۰/۸۷۹**	۰/۸۱۶**	-۰/۱۶۹	-۰/۲۲۸	۰/۷۲۹*	۱	
ظرفیت آنتی اکسیدانی	-۰/۳۲۷	۰/۰۴۵	-۰/۱۸۳	-۰/۱۹۴	-۰/۵۵۵	۰/۳۷۸	۰/۸۷۱**	۰/۴۳۱	-۰/۲۰۸	۱

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج این مطالعه خصوصیات بیوشیمیایی و مواد موثر آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات فلاونوئیدی و پلی‌فنل‌ها، پروتئین، و آنتوسیانین‌ها که از عوامل موثر بر کیفیت مرکبات هستند همانند مطالعات گذشته به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع میوه قرار داشته است و همین امر می‌تواند دیدگاه مصرف کننده نسبت به انتخاب نوع میوه مصرفی را تحت تاثیر قرار دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین، فنل و آنتوسیانین مربوط به میوه پرتقال توسرخ، بیشترین مقدار ویتامین ث و فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به کامکوات و بیشترین مقدار فلاونوئید، آنزیم کاتالاز و ظرفیت آنتی اکسیدانی از میوه گریپ فروت بدست آمد. لذا می‌توان گفت که هریک از مرکبات مورد مطالعه برتری‌های خاصی دارند و نباید صریحا یکی از آنها را از همه جهات برتر از بقیه معرفی نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت سپاسگزاری می‌کنند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی ندارند.

منابع

Asadi Kangarshahi, A., Savaghebi, G. R., Samar, S. M., and Akhlaghi Amiri, N. (2013). Effects of waterlogging stress on catalase activity and chlorophyll reading change trend in Satsuma mandarin with different rootstocks in soils of East Mazandaran. Iranian Journal of Soil and Water Research, 44(3), 299-309. (In Persian)

Shafeei, S. (2013). Investigating the effect of water deficit stress on some physiological, biochemical and agronomic characteristics of different soybean cultivars. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj branch. (In Persian)

Askari, M., Nori, M., Beigi, F. and Amini, F. (2012) .Evaluation of the Phytoremediation of Robinia pseudoacacia L. in Petroleum- contaminated Soils with Emphasis on the Some Heavy Metals. Cell and Tissue Journal, 2(4), 437-442. (In Persian)

Fotuhi Qazvini, R. and Fatahi Moghadam, J, (2009). Citrus cultivation in Iran. Gilan University Publications. 305 p. (In Persian)

Keshavarz, M. (2011). Comparison of some fruit biochemical compounds and molecular analysis in four ornamental citrus species. Master's thesis. Faculty of Agriculture. Islamic Azad University, Rasht branch. (In Persian)

Golein, B. and Adouli, P. (2011). Citrus fruits. Novin Poya Press. 160 pp. (In Persian)

Citrus and Subtropical Fruits Research Center. (2014). Introduction and production of superior citrus varieties and commercial rootstoocks. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 138 p. (In Persian)

Abeysinghe, D. C., Li, X., Sun, C., Zhang, W., Zhou, C., and Chen, K. (2007). Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food chemistry 104(4): 1338-1344.

Addy, S.K., and Goodman, R.N. (1972). Polyphenol oxidase and peroxidase activity in apple leaves inoculated with a virulent or an avirulent strain of *Erwinia amylovora*. Indian Phytopathology 25(4): 575-579.

Adolkar, V. V., Raina, S. K., and Kimbu, D. M. (2007). Evaluation of various mulberry *Morus* spp. International Journal of Tropical Insect Science 27(1): 6-14.

Alquézar, B., Rodrigo, M.J., Zacarías, L. (2008). Carotenoid biosynthesis and its regulation in citrus fruits. Tree and Forestry Science and Biotechnology 2: 23–35.

Arena, E., Fallico, B., and Maccarone, E. (2001). Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage. Food Chemistry 74(4): 423-427.

Balasundram, N., Sundram, K., and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99(1): 191-203.

Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., and Boukhriss, M. (2009). Saline water irrigation effects on fruit development, quality, and phenolic composition of virgin olive oils, cv. Chemlali. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(7): 2803-2811.

Castle, W.S. (1987). Citrus rootstocks. In: Rom R.C. and Carlson R.F. (ed. Rootstocks for fruit crops) Pp. 361-399. John Wiley and Sons, New York.

Chance, B., and Maehly, A. C. (1995). Assay of catalase and peroxidase. In: Colowick S. P., and N. D. Kaplan. (ed. Methods in Enzymology) Pp. 764-791. Academic Press, New York.

Choi, M.H., Kim, G.H., and Lee, H.S. (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. Food Research International 35(8):753-759.

Dasberg, S. (1987). Nitrogen fertilization in citrus orchards. Plant and Soil Interfaces and Interactions 100:1-9.

Davies, F. S., and Albrigo, L. G. (1999). Citrus. CAB International 254 p.

Felsot, A. S. (2004). Factors influencing antioxidant levels in plants. Horticulture 409 Seminar. Washington State University, Richland, WA. 6 September.

Ghasemi, K., Ghasemi, Y., and 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.

Hodges, D.M. (2003). Postharvest oxidative stress in horticultural crops. New York Food Production Press 284p.

Humadi, S.S., and Istudor, V. (2008). Quantitative analysis of bio-active compound in *Hibiscus sabdariffa* L. Extracts. Note I quantitative analysis of flavonoids. Farmacia 56(6): 699-707.

Kanes, K., Tisserat, B., Berhow, M., and Vandercook, C. (1993). Phenolic composition of various tissues of Rutaceae species. Phytochemistry 32(4): 967-974.

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

Lang, P., Zhang, C. K., Ebel, R. C., Dane, F., and Dozier, W. A. (2005) Identification of cold acclimated genes in leaves of Citrus unshiu by mRNA differential display. Gene 359: 111-118.

Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E., Eisele, T., Giusti, M.M., Hach, J., Hofsommer, H., Koswig, S., Krueger, D.A., Kupina, S., Martin, S.K., Martinsen, B.K., Miller, T.C., Paquette, F., Ryabkova, A., Skrede, G., Trenn. U., and Wightman, J.D. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC International 88(5): 1269-1278.

Lesschaeve, I., and Noble, A.C. (2005). Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences, The American Journal of Clinical Nutrition 81(1): 330–335.

Maccarone, E., Maccarrone, A. and Rapisarda, P. (1985). Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. Journal of Food Science 50: 901-904.

Mazumdar, B. C. and Majumder, K. (2003). Methods on physcochemical analysis of fruits. Pp.136-150. Calcutta, University College of Agriculture.

McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M., and Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry 73(1): 73-84.

Mokbel M.S., Watanabe Y., Hashinaga F. and Suganuma, T. (2006). Purification of antioxidant and antimicrobial substance of Ethyl acetate from Buntan (*Citrus grandisosbeck*) Fruit peel. Pakistan Journal of Biological Sciences 9: 1445-150.

Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Bespalhok Filho, J. C., Kobayashi, A. K., Pileggi, M., Júnior, R. P. L., and Vieira, L. G. E. (2004). Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. x *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. Plant Science 167(6): 1375-1381.

Orazem, P., Stampar, F., and Hudina, M. (2011). Quality analysis of 'Redhaven' peach fruit grafted on 11 rootstocks of different genetic origin in a replant soil. Food Chemistry 124(4): 1691-1698.

Ramandeep, K. T., and Savage, P. G. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food research International 38(5): 487-494.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., and Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine 20(7): 933-956.

Slavin, J. L., and Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. Advances in nutrition 3(4): 506–516.

Shahidi, F., and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. Journal of Functional Foods 8 (part B): 820-897.

Singh, J., Upadhyay, A. K., Prasad, K., Bahadur, A., and Rai, M. (2007). Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables. Journal of Food Composition and Analysis 20(2): 106-112.

Slinkard, K., and Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture 28(1): 49-55.

Su, M. S., Shyu, Y. T., and Chien, P. J. (2008). Antioxidant activities of citrus herbal product extracts. Food Chemistry 111(4): 892-896.

Tattini, M., Remorini, D., Pinelli, P., Agati, G., Saracini, E., Traversi, M. L., and Massai, R. (2006). Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustments in response to root zone salinity stress and high solar

radiation in two Mediterranean evergreen shrubs, *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus*. New Phytologist 170(4): 779-794.

Tinyane, P.P., Sivakumar, D., and Soundy, P. (2013). Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars. Scientia Horticulturae 161: 340–349.

Torres, B., Tiwari, B. K., Patras, A., Cullen, P. J., Brunton, N., and O'donnell, C. P. (2011). Stability of anthocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies 12(2): 93-97.

Wang, Y. C., Chuang, Y. C., and Hsu, H. W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. Food Chemistry 106(1): 277-284.

Wang, Y. C., Chuang, Y. C., and Ku, Y. H. (2007). Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chemistry 102(4): 1163-1171.

Xu, G., Ye, X., Liu, D., Ma, Y., and Chen, J. (2008). Composition and distribution of phenolic acids in Ponkan (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka) and Huyou (*Citrus paradisi* Macf. Changshanhuyou) during maturity. Journal of Food Composition and Analysis 21(5): 382-389.

Comparison of biochemical and antioxidant compounds of blood orange, kumquat and grapefruit

Sh. Sedaghathoor[1*], S. A. Sajjadi[2], S. Kh. Abbasnia Zare[3]

Received: 2021.12.27
Accepted: **2022.05.21**

Abstract

Introduction: In addition to providing significant amounts of nutrients in our diet, plants reduce the risk of many diseases. The beneficial effects of their consumption are due to the presence of various antioxidant compounds such as vitamin C, polyphenols and flavonoids.

Materials & Methods*:* The antioxidant properties of fruits are directly related to the presence of these compounds in plants. For this purpose, a study was conducted to evaluate the biochemical and antioxidant quality of blood orange, kumquat and grapefruit. In this study, data of blood orange "Moro", kumquat and grapefruit were analyzed in three replications. Evaluated traits included: protein, vitamin C, anthocyanin, antioxidant capacity, catalase and peroxidase activities, polyphenols and flavonoid content. Random sampling was performed to evaluate the characteristics, and the data were subjected under analysis of variance in a completely randomized design with three replications.

Results & discussion*:* The results showed that the highest amount of protein, polyphenols and anthocyanin was found in blood orange fruit, the highest amount of vitamin C and peroxidase was related to kumquat and the highest amount of flavonoids, catalase activity and antioxidant capacity was obtained from grapefruit.

Conclusion*:* Although blood orange is a valuable fruit, but, the highest amount of vitamin C and peroxidase was related to kumquat and the highest antioxidant capacity was obtained from grapefruit.

Keywords: Anthocyanin, Antioxidant, Blood orange, Kumquat, Vitamin C.

---

1 Associate professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
(* corresponding authorEmail: sedaghathoor@iaurasht.ac.ir)
2 Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
3 Ph.D. of Floriculture, Education and Training Office of Lahijan, Lahijan, Iran