به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴
صفحه‌های ۵۸۱-۵۷۱

بررسی رابطهٔ تجمع ترکیبات فنولی میوه در ارقام پرتقال 'سالوستیانا' و 'ایتالیایی' با میوهٔ پایه‌های آنها

نسترن همتی[۱*]، عظیم قاسم‌نژاد[۲]، جواد فتاحی مقدم[۳]، پونه ابراهیمی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. استادیار گروه باغبانی، دانشکدهٔ تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. استادیار، مؤسسهٔ تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکدهٔ مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.
۴. استادیار گروه شیمی، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۴

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی همبستگی تغییرات بیوشیمیایی میوهٔ درخت پیوندی با میوهٔ پایه، در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. بدین منظور فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار فنول کل و فلاونوئید کل میوه‌های چهار پایهٔ 'یوزو'، 'شل‌محله'، 'نارنج' و 'سیترواملو' در مقایسه با میوه‌های درخت پیوندی پرتقال 'ایتالیایی' و 'سالوستیانا' روی پایه‌های یادشده در بخش‌های مختلف میوه اعم از پوست و گوشت بررسی شد. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. براساس نتایج، صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح ۱ درصد تحت تأثیر پایه، رقم و بافت میوه قرار داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار فنول کل (۲۱/۳۸ میلی‌گرم در گرم) در پوست رقم 'ایتالیایی' پیوندشده روی پایهٔ شل‌محله مشاهده شد. همچنین بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۵/۷۱ درصد) در پوست پایهٔ 'سیترواملو' و بیشترین مقدار فلاونوئید کل (۰/۳۳۷ میلی‌گرم در گرم) در پوست رقم 'سالوستیانا' پیوندشده بر روی پایهٔ 'یوزو' بود. براساس نتایج، توانمندی تجمع فنول کل در میوهٔ پایه در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوهٔ درخت پیوندی مؤثر است و همبستگی مثبت دارد. با اینکه بین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوهٔ درخت پیوندی با پایه تفاوت معناداری وجود داشت، هیچ‌گونه رابطهٔ مشخصی بین آنها مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد این تفاوت ناشی از ویژگی‌های ترکیبی و فیزیولوژیکی هر میوه (رقم پیوندی یا پایه) باشد.

کلیدواژه‌ها: پوست و گوشت میوه، خواص ضداکسیداسیونی، فلاونوئید کل، فنول کل، مرکبات.

* نویسنده مسئول
Email: nastaran_hemmati@yahoo.com

۱. مقدمه

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه‌اند که از مسیر شیکمات و متابولیسم فنیل‌پروپانوئید مشتق شده‌اند [۶ ، ۴]. ترکیبات فنولی براساس تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل و حضور ترکیبات دیگر به چند گروه تقسیم می‌شوند. از نظر حلالیت به دو صورت ترکیبات فنولی محلول (اسیدهای فنولی، فنیل‌پروپانوئیدها، فلاونوئیدها و کینون‌ها) و ترکیبات فنولی نامحلول (تانن‌های متراکم، لیگنین و غیره) طبقه‌بندی می‌شوند [۱۲ ، ۹].

گونه‌های مختلف مرکبات، غنی از ترکیبات فلاونوئیدی‌اند. مطالعات متعدد بالینی نشان می‌دهد که این ترکیب‌ها، خواص ضدالتهاب، ضداکسیداسیون، ضدسرطان و ضدباکتری دارند. برخی از این فلاونوئیدها نظیر نارینجین[1] و نئوهسپریدین[2] که جزء مواد تلخ موجود در پوست میوهٔ مرکبات هستند، به شیرین‌کننده‌های بسیار قوی تبدیل می‌شوند؛ این دو به‌ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ برابر از ساکارز شیرین‌ترند و در صنایع غذایی و دارویی به مصرف می‌رسند [۱۵ ، ۲]. ترکیبات فنولی میوهٔ مرکبات شامل فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی است و در این میان، فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در مرکبات غالب‌اند. همچنین میوهٔ مرکبات حاوی ترکیبات مفید دیگر مانند لیمونوئیدها، فلاونوئیدها، پکتین، کومارین و آنتی‌اکسیدان‌های مهم نظیر اسید آسکوربیک و کاروتنوئیدهاست که تأثیر مهمی در سلامت انسان دارند [۲۰ ، ۱۹]. به‌علاوه، ترکیبات فنولی، میوهٔ مرکبات را از خسارت میکروبی، پرتو فرابنفش و دیگر عوامل تنش‌زا طی رشد، مصون می‌دارد [۱۷]. سلول‌های گیاهی برای حفاظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو، به نوعی سیستم جاروکنندهٔ رادیکال‌های آزاد مجهزند که از این میان می‌توان به اسید آسکوربیک اشاره کرد. اسید آسکوربیک از آنتی‌اکسیدان‌های بسیار قوی است که با احیای رادیکال‌های آزاد موجب بازدارندگی آنها می‌شود و تأثیر بسیار مهمی در مسیر آسکوربات – گلوتاتیون و حذف گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست و سیتوسول دارد [۱۳].

عوامل جغرافیایی و اقلیمی بر تولید متابولیت‌های ثانویه و ویژگی‌های مورفولوژی گیاهان مؤثرند. مواد مؤثره با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی تجمع آنها تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر نور، درجهٔ حرارت، ارتفاع و بارندگی قرار می‌گیرد. عوامل محیطی بر مقدار مواد مؤثره، عناصر تشکیل‌دهندهٔ مواد مؤثره و مقدار تولید وزن خشک و مورفولوژی گیاه تأثیر می‌گذارند [۲۱]. پایه و ژنوتیپ و شرایط آب‌وهوایی بر مقدار فلاونوئیدها و خواص ضداکسیداسیونی رقم‌های سیب اثر معناداری داشت و بیشترین ترکیبات فنولی مربوط به کوئرستین و کوئرستین گالاکتوزید بود [۱۴]. همچنین توانمندی آنتی‌اکسیدانی میوه در ارقام مختلف و پایه‌های مختلف متفاوت است [۹]. در یک تحقیق، دو نمونه پیوندک *Citrus macrophylla* L. و *Citrus aurantium* بر روی پایهٔ لیموی 'ورنا'[3] استفاده شد. پیوندک *Citrus aurantium* و میان‌پایه‌های برنا و واشنگتن ناول مناسب‌ترین گونه‌ها برای لیمو بودند. در مقایسهٔ انواع فلاونوئیدها ۶، ۸–دی–سی گلیکوزیل دیوسمتین[4] بیشترین تأثیرپذیری از پیوندک را داشت [۱۰]. گیاهان با تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها افزون بر حفظ ساختارهای سلولی خود در برابر رادیکال‌های فعال تولیدشده در شرایط تنش توسط آنزیم سوپراکسید دیسموتاز این رادیکال‌ها را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده و سپس توسط آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون‌ردوکتاز درکلروپلاست به آب تبدیل می‌کنند [۲۰].

1 . Naringin
2 . Neohesperidin
3 . "Verna"
4 . 6,8-di-C-glucosyl diosmetin

هدف پژوهش حاضر، بررسی خواص ضداکسیداسیونی، فنول کل و فلاونوئید کل بافت‌های میوهٔ چهار پایه ('یوزو'، 'شل‌محله'، 'نارنج' و 'سیترومیلو') و ارقام پیوندی پرتقال ('ایتالیایی' و 'سالوستیانا') روی پایه‌های مذکور بود و سعی شد با بررسی و مقایسهٔ توانمندی آنتی‌اکسیدانی و مقدار این ترکیبات در میوهٔ پایه و درخت پیوندی، نقش پایه و ارقام پیوندی در بهبود خصوصیات کیفی در ارقام مرکبات بررسی شود.

۲. مواد و روش‌ها

این طرح در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت.

۲. ۱. مواد گیاهی

در این پژوهش، از میوهٔ چهار رقم پایه ('سیترومیلو'[1]، 'نارنج'[2]، 'شل‌محله'[3] و 'یوزو'[4]) و دو رقم پیوندی ('ایتالیایی'[5] و 'سالوستیانا'[6]) روی پایه‌های مذکور واقع در ایستگاه تحقیقات مرکبات کترا واقع در شهر تنکابن وابسته به مؤسسهٔ تحقیقات مرکبات کشور در سال ۹۳-۱۳۹۲ استفاده شد. میوه‌ها براساس مقدار مواد جامد محلول[7] که برابر ۱۰ در نیمه‌های آذر بود برداشت و به بخش تحقیقات آزمایشگاهی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. بخش‌های مورد ارزیابی میوه شامل پوست و گوشت بود.

۲. ۲. اندازه‌گیری فنول کل

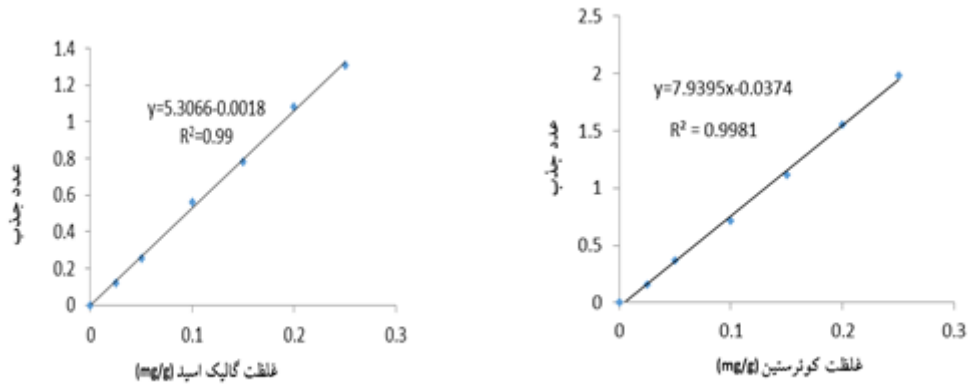
برای اندازه‌گیری فنول کل ابتدا ۲۰ میکرولیتر از عصارهٔ متانولی (۱ گرم در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد) با ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو[8] و ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و پس از پنج تا هشت دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کربنات‌سدیم یک مولار (۱۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به آن اضافه شد. محلول به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. برای شاهد نیز به‌جای عصاره، از متانول ۸۰ درصد استفاده شد. از این محلول برای کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 2800 UV/VIS) استفاده شد و سپس نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد [۷]. برای رسم منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های متفاوت استاندارد گالیک اسید (محلول گالیک اسید[9] در متانول: آب (۵۰:۵۰)) استفاده شد (شکل ۱).

۲. ۳. اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئیدی، ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ متانولی تهیه‌شده (۱ گرم در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد) با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد در اتانول (۱۰ گرم کلرید آلومینیوم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول و آب مقطر)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات - پتاسیم یک مولار (۲/۴۱ گرم در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. برای تهیهٔ شاهد به‌جای عصارهٔ متانولی، تنها از متانول خالص استفاده شد. مخلوط نیم ساعت در تاریکی قرار گرفت و سپس بی‌درنگ در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 2800 UV/VIS) قرائت و مقدار فلاونوئید کل براساس خط استاندارد کوئرستین تعیین شد [۷]. بدین منظور، غلظت‌های مختلف از استاندارد کوئرستین[10] ساخته و بعد از خوانده شدن عدد جذب، خط استاندارد رسم شد (شکل ۱).

1.Citrus paradisi X Poncirus trifoliata
2. Citrus aurantium
3. Citrus sinensis var. shel mahalleh
4. Citrus junos
5 .Citrus sinensis var. italian
6 .Citrus sinensis var. salustiana
7. TSS

8. Folin ciocalteu
9. Gallic acid
10. Quercetin



شکل ۱. نمودار استاندارد کوئرستین و گالیک اسید به‌ترتیب برای فلاونوئید کل و فنول کل

۴.۲. اندازه‌گیری درصد مهار رادیکال‌های آزاد به‌روش DPPH[1]

در این آزمایش، از روش درصد مهار رادیکال‌های دی پی پی اچ (DPPH) استفاده شد [۷]. ابتدا ۲ میلی‌لیتر از DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار (۴ میلی‌گرم رادیکال به ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) به لولهٔ آزمایش اضافه و سپس ۲ میلی‌لیتر از عصارهٔ متانولی تهیه‌شده به آن افزوده شد. سپس لوله‌های آزمایش به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. بعد از پایان واکنش، جذب نمونه‌ها بی‌درنگ با دستگاه اسپکتروفتومتر[2] (مدل 2800 UV/VIS) در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت و از متانول به‌عنوان بلانک استفاده شد. افزون‌بر نمونه‌های مذکور، یک لولهٔ آزمایش به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شد که تنها حاوی ۲ میلی‌لیتر DPPH و ۲ میلی‌لیتر متانول بود. فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال محاسبه شد:

$$DPPH = ۱۰۰ (۱ - A_S/A_C) \quad (۱)$$

در این رابطه، A_C جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به‌عنوان کنترل و A_S جذب DPPH به‌علاوه نمونه است.

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
2 .Spectrophotometer

۵.۲. تجزیهٔ آماری

این طرح براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل پایه در چهار سطح، رقم در سه سطح و نوع بافت میوه در دو سطح بود. میانگین‌های حاصل با استفاده از آزمون LSD و نرم‌افزار آماری SAS مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

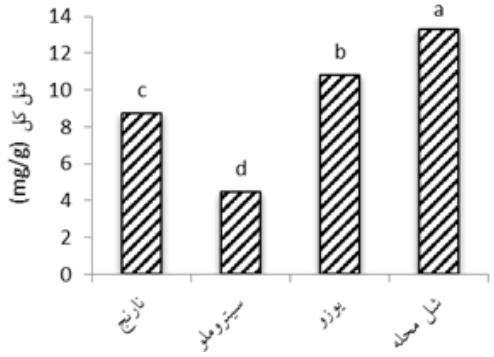
۱.۳. تجزیهٔ واریانس ارقام مورد آزمایش و نوع بافت بر صفات اندازه‌گیری‌شده

براساس تجزیهٔ واریانس نوع پایه بر مقدار فنول کل، فلاونوئید کل و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح ۱ درصد معنادار بود. ارقام، نوع بافت میوه، پایه و اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانهٔ آنها با ۹۹ درصد اطمینان تأثیر معناداری بر متغیرهای اندازه‌گیری‌شده داشت.

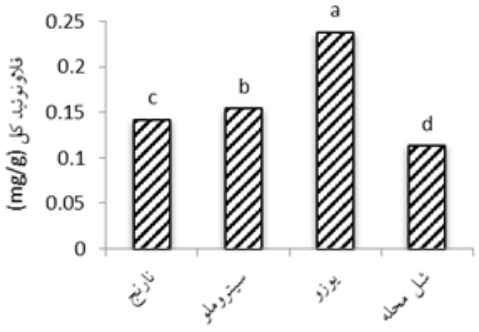
۲.۳. مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در میوهٔ چهار پایهٔ بذری مرکبات

براساس نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، بیشترین مقدار فنول کل در پایهٔ 'شل‌محله' (۱۴/۵ میلی‌گرم در گرم) و کمترین آن

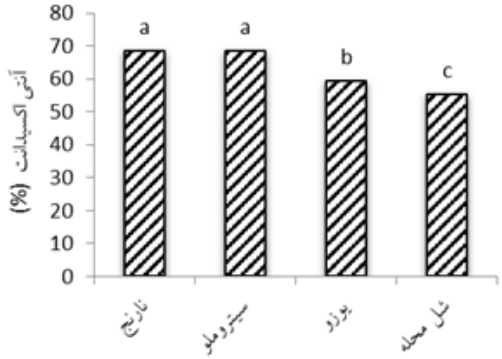
در پایهٔ 'سیترومِلو' (۴/۴۷ میلی‌گرم در گرم) به‌دست آمد (شکل ۲). فلاونوئید کل در پایهٔ 'یوزو' (۰/۲۳۸ میلی‌گرم در گرم) بیشتر از 'شل‌محله' (۰/۱۱۳ میلی‌گرم در گرم) تولید شده بود (شکل ۳). بیشترین خواص آنتی‌اکسیدانی در میوهٔ پایهٔ 'سیترومِلو' و 'نارنج' (به‌ترتیب ۶۸/۵۱ و ۶۸/۴۷ درصد) و کمترین آن، در پایهٔ 'شل‌محله' (۵۵/۲۶ درصد) وجود داشت (شکل ۴). در تحقیقات بر روی پایه‌های مرکبات، مقدار آنتی‌اکسیدان، فنول کل و فلاونوئید کل در میوهٔ ارقام و پایه‌های برخی مرکبات اختلاف معناداری داشت و این ترکیبات تحت تأثیر شرایط آب‌وهوایی نیز قرار گرفتند [۵].



شکل ۲. تأثیر پایه بر مقدار فنول کل



شکل ۳. تأثیر پایه بر مقدار فلاونوئید کل

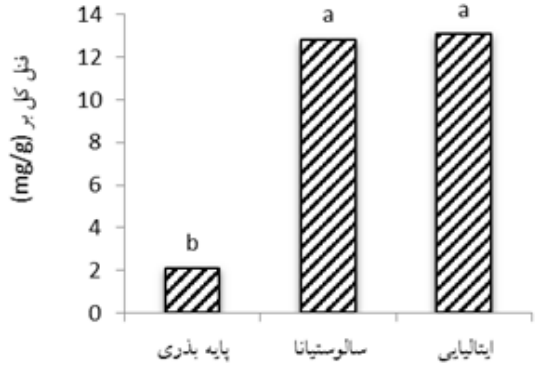


شکل ۴. تأثیر پایه بر مقدار آنتی‌اکسیدانت

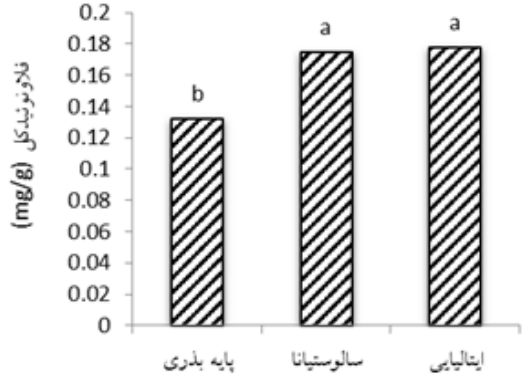
۳.۳. مقایسهٔ میانگین تأثیر ارقام بر صفات اندازه‌گیری‌شده

براساس مقایسهٔ میانگین LSD، فنول کل، فلاونوئید کل و آنتی‌اکسیدان در ارقام مختلف متفاوت بود، به‌طوری که بیشترین مقدار فنول کل (به‌ترتیب ۱۳/۰۷ و ۱۲/۸۴ میلی‌گرم در گرم) در پرتقال 'ایتالیایی' و 'سالوستیانا' و کمترین آن (۲/۱ میلی‌گرم در گرم) در میوهٔ پایه‌های بذری تولید شد (شکل ۵). بین پرتقال 'سالوستیانا' و 'ایتالیایی' از نظر آماری اختلاف معناداری وجود نداشت. بیشترین مقدار فلاونوئید کل (به‌ترتیب ۰/۱۷۸ و ۰/۱۷۵ میلی‌گرم در گرم) نیز همانند فنول کل در میوهٔ پرتقال 'ایتالیایی' و 'سالوستیانا' و کمترین (۰/۱۳۲ میلی‌گرم در گرم) در میوه‌های پایه‌های بذری به‌وجود آمد که بین 'سالوستیانا' و 'ایتالیایی' اختلاف معناداری وجود نداشت (شکل ۶). بیشترین خواص آنتی‌اکسیدانی در میوهٔ پایه‌ها (۶۹/۴۲ درصد) و کمترین آن (۵۶/۸۵ درصد) در پرتقال 'ایتالیایی' تولید شد (شکل ۷).

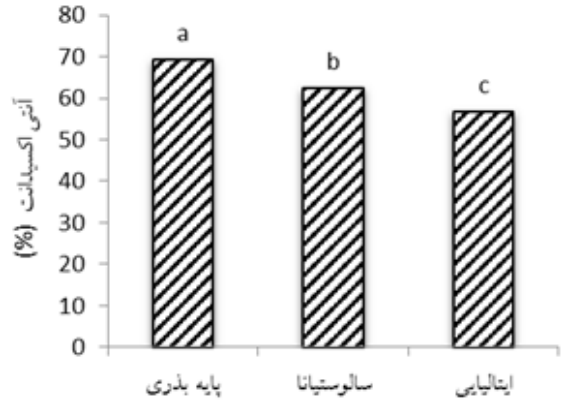
ترکیبات فلاونوئیدی (نارینجین و هسپریدین) در ارقام مختلف مرکبات متفاوت بود، به‌طوری که بیشترین مقدار نارینجین در نارنج و گریپ‌فروت و بیشترین مقدار هسپریدین در میوهٔ ارقام پرتقال و نارنگی در دو منطقهٔ جیرفت و تنکابن تولید شد [۱۱]. همچنین میزان خواص آنتی‌اکسیدانی رقم 'تامسون' ناول به‌طور معناداری از رقم نارنگی 'پیج' کمتر بود [۳]. نتایج پژوهش حاضر با آزمایش تأثیر گونه در فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تجمع ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی مرکبات، مطابقت داشت [۸].



شکل ۵. تأثیر ارقام بر مقدار فنول کل



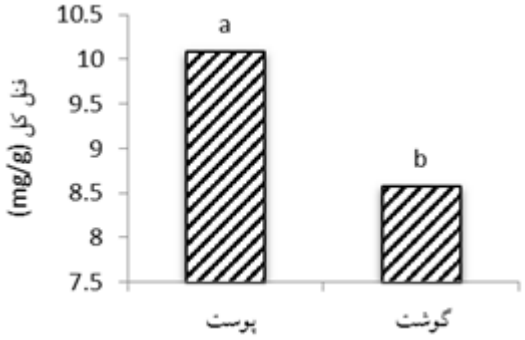
شکل ۶. تأثیر ارقام بر مقدار فلاونوئید کل



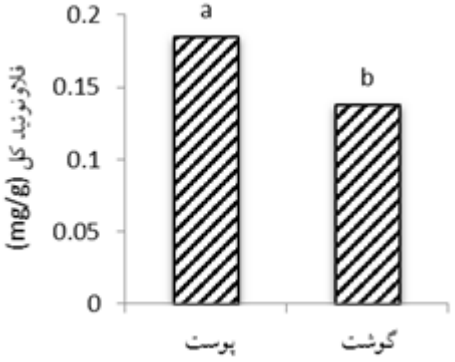
شکل ۷. تأثیر ارقام بر مقدار آنتی‌اکسیدانت

۴.۳. مقایسهٔ تأثیر نوع بافت بر صفات اندازه‌گیری‌شده

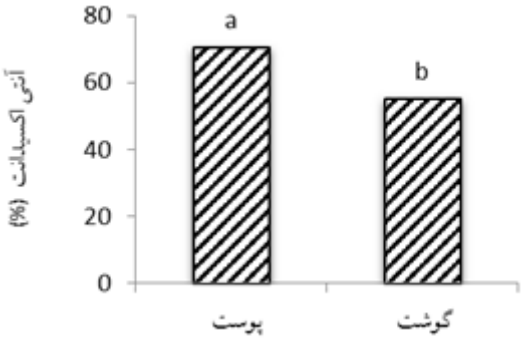
با توجه به اندازه‌گیری فنول کل و فلاونوئید کل و آنتی‌اکسیدان در پوست و گوشت، نتایج نشان داد بیشترین مقدار فنول کل و فلاونوئید کل و خواص آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب (۱۰/۰۹ میلی‌گرم در گرم، ۰/۱۸۵ میلی‌گرم در گرم و ۷۰/۶۲ درصد) در پوست میوهٔ ارقام مورد آزمایش تولید شد و کمترین آن به‌ترتیب (۸/۵۸ میلی‌گرم در گرم، ۰/۱۳۸ میلی‌گرم در گرم و ۵۵/۲۴ درصد) در گوشت میوه تولید شد (شکل‌های ۸ تا ۱۰). بافت‌های میوهٔ مرکبات از نظر تولید مواد مؤثره متفاوت بود و پوست میوه به‌دلیل داشتن غده‌های روغنی و رنگ زرد دارای بیشترین مقدار فنول کل، فلاونوئید کل و آنتی‌اکسیدان نسبت به گوشت بود. همچنین به‌دلیل رقیق بودن مواد در گوشت میوه نسبت به پوست میزان متغیرهای اندازه‌گیری‌شدهٔ فوق در گوشت کمتر بود [۱].



شکل ۸. تأثیر بافت بر مقدار فنول کل



شکل ۹. تأثیر بافت بر مقدار فلاونوئید کل



شکل ۱۰. تأثیر بافت بر مقدار آنتی‌اکسیدانت

در مقایسهٔ ۱۳ رقم از مرکبات، در پوست میوهٔ مرکبات، مقدار فنول و فلاونوئید بیشتری نسبت به گوشت میوه تولید شد [۸]. همچنین پوست آلو و شلیل مقدار بیشتری فنول و فلاونول نسبت به بافت گوشت دارند [۹]. سطح ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در پوست گوجه‌فرنگی بیشتر از گوشت آن است [۲۰]. همچنین پوست میوهٔ انار از فنول و فلاونوئید بیشتری نسبت به گوشت آن برخوردار است [۱۳]. احتمالاً مواد فنولی تمایل به تجمع در بافت‌های اپیدرمی گیاه دارند؛ زیرا وظایف اصلی این ترکیبات حفاظت از گیاه در برابر پرتو فرابنفش، حشرات و بیماری‌هاست و همین می‌تواند عاملی برای بیشتر بودن مقدار این ترکیبات در بخش پوست میوه باشد [۱].

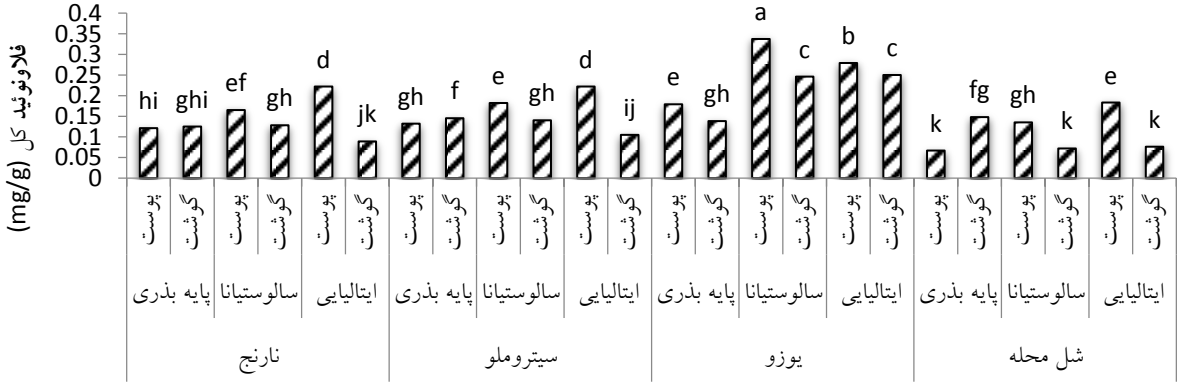
تحقیقات بر روی پرتقال تامسون نشان داد که قسمت پوست میوهٔ تامسون پیوندشده روی پایهٔ سیترنج از بیشترین مقدار فلاونوئید برخوردار است [۳]. مقدار فلاونوئید در پوست غنی‌تر از عصارهٔ میوهٔ پرتقال و نارنگی است [۱۶]. ازآنجا که نور در بیوسنتز ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی تأثیر دارد و در واقع این مواد نقش محافظتی در برابر نور به‌ویژه طول موج کوتاه دارند، این ترکیبات در قسمت پوست بیشترند. در نهایت اینکه پوست ارقام مرکبات فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌نسبت قوی‌ای دارد و می‌تواند به‌عنوان منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مطرح باشد که نتایج تحقیق حاضر با گزارش‌های مذکور مطابقت دارد [۱].

۵.۳. اثر متقابل بافت میوه، پایه و ارقام پیوندی بر صفات اندازه‌گیری‌شده

براساس نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، بیشترین مقدار فنول کل (به‌ترتیب ۲۱/۳۸ و ۲۰/۹ میلی‌گرم در گرم) در پوست و گوشت رقم 'ایتالیایی' روی پایهٔ 'شل‌محله' و کمترین مقدار فنول کل (۱/۳۹ میلی‌گرم در گرم) در گوشت پایهٔ بذری 'یوزو' تولید شد (شکل ۱۱). فلاونوئید کل تحت تأثیر بافت میوه و ارقام روی پایه بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن (۰/۳۳۷ میلی‌گرم در گرم) در پوست رقم 'سالوستیانا' بر روی پایهٔ 'یوزو' و کمترین آن (۰/۰۶۷، ۰/۰۷۶ و ۰/۰۷۲ میلی‌گرم در گرم) در پوست میوهٔ پایهٔ بذری 'شل‌محله' و گوشت رقم 'ایتالیایی' و 'سالوستیانا' روی پایهٔ 'شل‌محله' مشاهده شد (شکل ۱۲). همچنین بیشترین خواص آنتی‌اکسیدانی (۸۵/۷۱ درصد) در پوست پایهٔ بذری 'سیترواملو' و کمترین آن (۲۳/۹۵ و ۲۴/۹۳ درصد) در گوشت پایهٔ بذری 'یوزو' و گوشت رقم 'ایتالیایی' روی پایهٔ 'شل‌محله' مشاهده شد (شکل ۱۳). در بررسی تأثیر هشت نوع پایهٔ متفاوت بر کیفیت دو نوع گریپ‌فروت گزارش شد که میوه‌های پیوندشده بر روی پایهٔ نارنج دارای بیشترین مقدار مواد جامد محلول‌اند [۱۸]. نتایج آزمایش حاضر و همچنین یافته‌های محققان دیگر بیانگر این مطلب است که تأثیر پایه بر کیفیت گونهٔ پیوندی با نوع گونه و پایه و اثر متقابل بین آنها ارتباط دارد [۱۸ ، ۳].

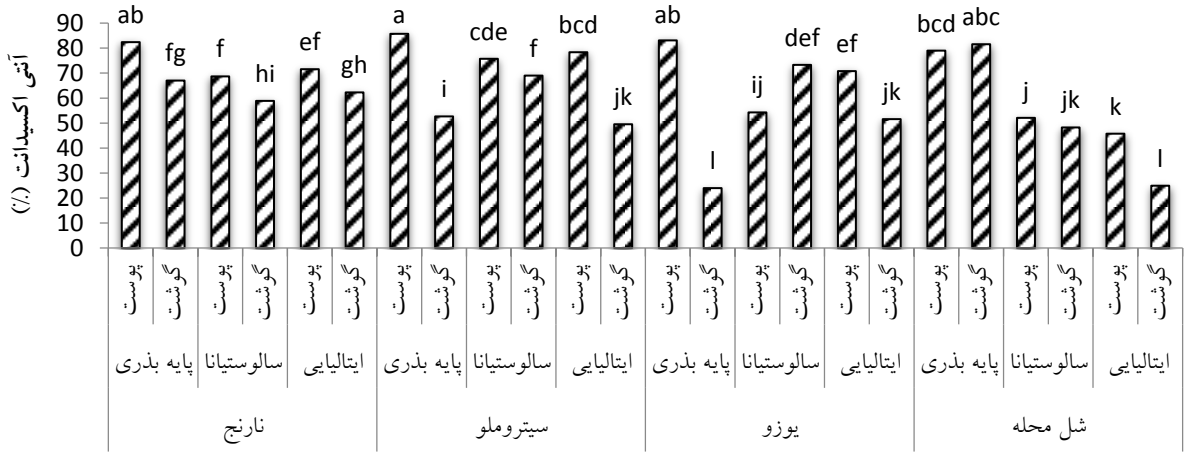
شکل ۱۱. تأثیر نوع بافت میوه، پایه و ارقام پیوندی بر فنول کل

* حروف مشترک با هم اختلاف معناداری ندارند.



شکل ۱۲. تأثیر نوع بافت میوه، پایه و ارقام پیوندی بر فلاونوئید کل

* حروف مشترک با هم اختلاف معناداری ندارند.



شکل ۱۳. تأثیر نوع بافت میوه، پایه و ارقام پیوندی بر مقدار آنتی‌اکسیدان

* حروف مشترک با هم اختلاف معناداری ندارند.

۳.۶. همبستگی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی پایه و درخت پیوندی

بررسی همبستگی نتایج نشان داد که مقدار فنول کل میوهٔ درخت پیوندی با فنول کل میوهٔ پایه، فلاونوئید کل پایه با فنول کل پایه و فنول کل درخت پیوندی همبستگی معناداری ندارد (جدول ۱). مقدار فلاونوئید کل درخت پیوندی با فنول کل پایه همبستگی منفی و با فلاونوئید کل پایه در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت دارد. خواص آنتی‌اکسیدانی پایه با فنول کل پایه در سطح ۱ درصد و با فنول کل درخت پیوندی در سطح ۵ درصد همبستگی معناداری دارد. همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی درخت پیوندی با فنول کل درخت پیوندی، همبستگی معکوس و با فلاونوئید کل درخت پیوندی در سطح ۱ درصد همبستگی مثبت دارد. به بیان دیگر، هرچه مقدار فلاونوئید کل پایه بیشتر باشد، مقدار فلاونوئید کل درخت پیوندی بیشتر خواهد شد و هر قدر میزان خواص آنتی‌اکسیدانی پایه بیشتر باشد، مقدار فنول کل در پایه و درخت پیوندی بیشتر می‌شود.

جدول ۱. همبستگی بین فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده بین پایه و درخت پیوندی

صفات	فنول کل پایه	فنول کل درخت پیوندی	فلاونوئید کل پایه	فلاونوئید کل درخت پیوندی	آنتی‌اکسیدان پایه	آنتی‌اکسیدان درخت پیوندی
فنول کل پایه	۱					
فنول کل درخت پیوندی	۰/۰۹۲^{ns}	۱				
فلاونوئید کل پایه	-۰/۰۴۰^{ns}	-۰/۱۶۴^{ns}	۱			
فلاونوئید کل درخت پیوندی	-۰/۳۳۲*	۰/۱۵۶^{ns}	۰/۲۷۵*	۱		
آنتی‌اکسیدان پایه	۰/۸۵۶**	۰/۲۷۹*	-۰/۰۷۷^{ns}	-۰/۱۰۵^{ns}	۱	
آنتی‌اکسیدان درخت پیوندی	-۰/۰۸۳^{ns}	-۰/۵۲۱**	۰/۱۰۰^{ns}	۰/۴۱۰**	-۰/۰۱۴^{ns}	۱

* و **: به‌ترتیب معرف سطوح معناداری در سطح ۱ و ۵ درصد است.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مقدار فنول کل، فلاونوئید کل و خواص آنتی‌اکسیدانی پایه و درخت پیوندی متفاوت بود و در برخی مواقع رابطهٔ مشخصی بین اثر پایه بر مقدار ترکیبات وجود داشت. بیشترین مقدار فنول کل (۲۱/۳۸ میلی‌گرم در گرم) در پوست و گوشت رقم 'ایتالیایی' روی پایهٔ 'شل‌محله'و همچنین بیشترین مقدار فلاونوئید کل (۰/۳۳۷ میلی‌گرم در گرم) در پوست رقم 'سالوستیانا' بر روی پایهٔ 'یوزو' مشاهده شد. به‌علاوه توانمندی آنتی‌اکسیدانی پوست پایهٔ بذری 'سیترومیلو' از سایر پایه‌ها بیشتر بود. نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که بین فلاونوئید کل در پایه و درخت پیوندی رابطهٔ مستقیم وجود دارد. بررسی‌ها بیانگر این است که توانمندی تجمع فنول کل در میوهٔ پایه در شدت فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوهٔ درخت پیوندی مؤثر است و همبستگی مثبت دارد. با این‌حال، نبود روند مشخص در همبستگی تغییرات ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوهٔ درخت پیوندی با میوهٔ پایه را، با وجود تفاوت‌های معنادار در مقایسهٔ میانگین‌ها، می‌توان به تغییرات دیگر ترکیبات میوه و شرایط فیزیولوژیکی آن نسبت داد.

منابع

۱. فتاحی مقدم ج، حمیداوغلی ی، فتوحی قزوینی ر، قاسم‌نژاد م و بخشی د (۱۳۹۰) ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۲): ۲۱۷-۲۱۱.

۲. فتوحی‌قزوینی ر و فتاحی‌مقدم ج (۱۳۸۵) پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان، گیلان. ۳۰۵ ص.

۳. قاسم‌نژاد ع، قاسمی ی، همتی خ، ابراهیم‌زاده م و قاسمی ک (۱۳۹۱) مطالعهٔ اثر پایه و بافت میوه بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی نارنگی پیج و پرتقال تامسون ناول. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹(۳): ۵۳-۴۳.

4. Cushine TP and Lamb AJ (2005) Antimicrobial activity of flavonoids. Antimicrobials Agent. 26(5): 343-356.

5. Davise FS and Albrigo LG (1994) Citrus. CAB International. Wallingford, UK. 30-33.

6. Dixon RA and Paiva NI (1995) Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell . 7(7): 1085-1097.

7. Ebrahimzadeh MA, Hosseinimehr SJ and Hamidinia A (2008) Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sallowiana fruits peel and leaves. Pharmacology Online. 1: 7-14.

8. Ghasemi K, Ghasemi Y and Ebrahimzadeh MA (2009) Antioxidant activity of phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. Pharmacy Science. 22(3): 277-281.

9. Gil M, Tomas-Barberan AT, Hess-Pierce B and Kader AA (2002) Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C content of nectarine and plum cultivars from California. Agricultural and Food Chemistry. 50(17): 4976-4982.

10. Gil-Izquierdo A, Riquelme MT, Porras I and Ferreres F (2004) Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) *Burm*.) on the flavonoid content of lemon juice. Agricultural and Food Chemistry. 52(2): 324-331.

11. Hemmati Kh, Omidbiagi R, Bashirisadr Z and Ebrahimi Y (2003) Effect of climate and harvesting time in quantities and qualities flavonoids certain in Citrus cultivars. Modarres University Publisher. Ph.D. Thesis.

12. Horowitz RM and Gentili B (1986) Taste effects of flavonoids. Progress in Clinical and Biological Research. 213: 163-175.

13. Li Y, Guo C, Yang J, Wei J, Xu J and Cheng S (2006) Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. Food Chemistry. 96(2): 254-260.

14. Manila L, Moor U, Karp K and Pusa T (2011) The effect of genotype and rootstock on polyphenol composition of selected apple cultivars in Estonia. *Žemdirbystė= Agric*. 98(1): 63-70.

15. Nazakato M, Kobayashi C, Yamajima Y, Kawano M and Yasuda K (2001) Determination of neohesperidin dihydrochalcone in foods. The Food Hygienic Society of Japan. 42(1): 40-44.

16. Oogheh WC, Oogheh SJ, Detavernier CM and Huygebaert A (1994) Characterization of Orange juice (*Citrus sinensis*) by flavanone glucoside. Agricultural and Food Chemistry. 42(10): 2183-2190.

17. Ortuno A, Reynaldo I, Fuster MD, Botia J, Puig DJ, Sabater F, Lindon AQ, Porras I and Del Rio JL (1997) Citrus cultivars with high flavonoid contents in the fruits. Scientia Horticulturae. 68(1): 231-236.

18. Ramin AA and Alirezanezhad A (2005) Effects of citrus rootstocks on fruit yield and quality of Ruby Red and Marsh grapefruit. Fruits. 60(5): 311-317.

19. Renaldo I (1999) Flavonoids found in several citrus species cultivated in Cuba and Spain for the industrial application. Cultivos Tropicales. 20(3): 73-75.

20. Toor RK and Savage GP (2005) Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food Research International. 38(5): 487-494.

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