

بررسی میزان ترکیبات فلاونوئیدی در دو مرحله بلوغ و رسیدگی میوه شش رقم مرکبات

جواد فتاحی مقدم^{۱*}، یوسف حمید اوغلی^۲، رضا فتوحی قزوینی^۲،
سمانه فتح‌الهی^۲، محمود قاسم‌نژاد^۲ و داود بخشی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷)

چکیده

کیفیت میوه مرکبات علاوه بر خواص فیزیکی و شیمیایی، به ترکیبات آنتی‌اکسیدانی چون آسکوربیک اسید، فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنزیمهای آنتی‌اکسیدانی نیز بستگی دارد. گروه فلاونوئیدها بهویژه فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در مرکبات غالباً دارند و بازدارنده بیماری‌های مزمن چون سرطان و عارضه‌های قلبی و عروقی هستند. در این مطالعه میزان فلاونوئیدهای کل و همچنین نارینجین، هسپریدین، نوہسپریدین، کوئرستین و کاتچین در میوه‌های بالغ و رسیده شش رقم مرکبات (تامسون، سیاورز، مورو، سانگینلو، تاراکو و نارنگی پیچ) با دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که همه ارقام در اوج مقدار فلاونوئیدکل بودند. مقدار نارینجین در زمان بلوغ ارقام تامسون و تاراکو بالاترین (به ترتیب با مقادیر $452/8$ و $436/3$ میکروگرم در گرم) بود. به طور کلی تجمع هسپریدین در ارقام خونی بیشتر از ارقام غیرخونی بود. ارقام سانگینلو و سیاورز از نظر میزان نوہسپریدین به خصوص در حالت رسیده در سطح بالای قرار داشتند. میزان کاتچین گوشت رقم تاراکو در شهریور با $24/36$ میکروگرم در گرم در بالاترین سطح و بعد از آن رقم سیاورز با مقدار $10/6$ میکروگرم در گرم قرار داشت. میزان کوئرستین در میوه‌های نارس و در ارقام تامسون، سیاورز و تاراکو بالاتر بود. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم تاراکو سطوح بالاتری از ترکیبات فلاونوئیدی را در حالت بلوغ و یا رسیده داشتند.

واژه‌های کلیدی: زمان برداشت، مرکبات، رسیدن، بلوغ، فلاونوئیدها و HPLC

۱. استادیار پژوهش بخش تحقیقاتی فنی و مهندسی، مؤسسه تحقیقات مرکبات کشور، رامسر

۲. به ترتیب استادیار، استاد، استادیار، دانشجوی دکتری علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jfattahim@yahoo.com

مقدمه

بررسی شد. نتایج نشان داد که در این دو نوع نارنگی و یک پرتقال، هسپریدین (Hesperidin) سهمی حدود ۱۸/۵-۳۸/۵ درصد از فل کل را دارا بود، در حالی که نارینجین (Naringin) با سهم ۵۳/۷ درصدی فقط در رقم هیبرید مشاهده شد (۱). براساس تحقیق زو و همکاران (۲۸) مشخص شد که همزمان با بلوغ میوه‌های پونکن و نوعی گریپفروت (Hyou (Hyou)) اسیدهای فنلی موجود در پوست و گوشت نیز کاهش یافت، ولی در نهایت میزان آنها در پوست بیشتر از گوشت بود. هم‌چنین میزان فل کل در دامنه ۱۸۰ میکروگرم در گرم وزن خشک (در مرحله رسیدگی گوشت میوه رقم گریپفروت) تا ۵۰۶۰ میکروگرم در گرم وزن خشک در پوست میوه نارس پونکن بود. هم‌چنین نتایج این گزارش نشان داد که حداکثر میزان اسیدهای فنلی در مرحله نارس گوشت میوه تشکیل شده بود. با مقایسه ارقام، همواره میزان این ترکیبات در پونکن بیشتر از گریپفروت بود (۲۲).

در یک مطالعه مشخص شد که هسپریدین در پرتقال والنسیا و نارنجین در گریپفروت از جمله ترکیبات فلاونوئیدی اصلی هستند که تحت تأثیر کیفیت تغذیه‌ای درخت قرار گرفتند (۱۴). نارینجین و نئوهسپریدین فلاوانون (Neohesperidin flavanon) گلیکوزیدهای اصلی در مركبات گروه ترش و متمایل به طعم تلخ هستند. در این رابطه، پوست لیمو منبع غنی از فلاونوئیدهای گلیکوزیدی است. با مطالعه روی نقش فلاونوئیدهای در طعم و مزه مركبات گزارش شده که در میان نئوهسپریدیدها در طعم و مزه مركبات گزارش شده که در میان برگاموت، گریپفروت و پرتقال‌های تلخ موجود است. در میان روتینوزایدها (Rutinosides)، می‌توان به هسپریدین، ناریروتین (Didymin)، و دیدایمین (Narirutin) در عصاره برگاموت، پرتقال، نارنگی و لیموترش اشاره نمود (۱۳).

در تحقیقی ساخت ترکیبات فنلی طی نمو میوه از گیل ژاپنی بررسی شد. در میوه‌های جوان از گیل ژاپنی، فل کل هم از نظر غلظت و هم نوع ترکیب بالاترین (۲۵۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم

هرگونه شناخت از تغییرات بیوشیمیایی میوه‌های در حال رشد، به دلیل آگاهی از مراحل متابولیکی بلوغ تا رسیدگی، تغییر کیفیت ظاهری و ارزش غذایی میوه اهمیت زیادی دارد. نتایج حاصل از بررسی‌های مختلف نشان از تغییر در مقدار این ترکیبات در سال‌های مختلف و یا در ارقام مختلف از یک جنس دارد (۹، ۱۱ و ۱۲). ترکیبات فنلی میوه مركبات شامل فلاونوئیدها (Flavonoids) و اسیدهای فنلی است و در این میان فلاونوئیدهای گلیکوزیدی (Flavonoid glycosides) در مركبات غالیبیت دارند (۲). هم‌چنین میوه مركبات حاوی ترکیبات مفید دیگر همچون لیمونوئیدها (Limonoids)، پکتین (Pectin)، کومارین (Cumarin) و آنتی‌اکسیدان‌های معروف چون آسکوربیک‌اسید (Ascorbic acid) و کارتنوئیدها (Carotenoids) است که نقش مهمی در سلامت انسان دارند (۱۸ و ۲۱). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مركبات، بازدارنده بیماری‌های مزمون چون سرطان، عارضه‌های قلبی و عروقی هستند (۱، ۶ و ۱۲). به علاوه، ترکیبات فنلی میوه مركبات را از خسارت میکروبی، اشعه ماوراء بنفش و سایر عوامل تنفس زا طی رشد، مصون می‌دارند (۱۶).

در مركبات فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در برگ‌ها و میوه‌های جوان و طی مرحله تقسیم سلولی تشکیل می‌شود. بخش‌های چوبی گیاه عمل بیوسنتز ترکیبات فلاونوئیدی را ندارند، چون این ترکیبات در بافت ریشه و ساقه یافت نمی‌شوند. در طول دوره بزرگ شدن سلول‌ها و سپس بلوغ برگ و میوه‌ها، سنتز آنها کاهش می‌یابد. همان‌طورکه سلول‌های میوه توسعه یافته و بالغ می‌شوند، غلظت فلاونوئیدهای به دلیل اثرات رقيق شدگی کاهش می‌یابد. بر این اساس مثلاً میوه گریپ فروت در اوایل فصل تلخ‌تر از سایر مواقع فصل است که نشان می‌دهد غلظت فلاونوئیدهای نوع تلخ در مراحل رشد اولیه بالاتر بوده است (۲). ترکیبات فلاونوئیدی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی نیز هستند. در یک مطالعه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف میوه چهار رقم از مركبات در زمان رسیدگی میوه

آنتوسیانین‌ها وابسته به محیط کمی اسیدی است) و جهت پرتفال‌های تامسون و سیاورز و هم‌چنین نارنگی پیج از مтанول به تنهایی استفاده شد. آب میوه به صورت دستی تهیه و به نسبت ۱:۳ همراه با حلال در درون لوله فالکون و به صورت تمام شب (شرایط تاریک با دمای ۴ درجه‌سانسی گراد) قرار داده شد. بعد از گذشت این مدت، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (سانتریفیوژ مدل Mikro 22R) ساخت (آلمان) شدند. پس از سانتریفیوژ فاز رویی به آرامی برداشته و درون تیوب‌های درب‌دار در دمای ۸۰-درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری‌های بعدی نگهداری شدند (۵).

تجزیه اسپکتروفتومتریک فلاونوئید کل

میزان فلاونوئید کل با روش کالریمتری آلومینیوم کلرايد اندازه‌گیری شد (۵). پنجاه میکرولیتر از عصاره مтанولی گوشت و پوست میوه با ۱۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرايد (۱۰٪)، میکرولیتر پتاسیم استات (۱ مولار)، ۲۸۰ میکرولیتر آب دیونیزه مخلوط شد. نمونه‌ها پس از ورتكس شدن در دمای اتاق به مدت ۴۰ دقیقه نگهداری شدند. همزمان ۶ غلاظت مختلف (۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۱۵ میلی‌لیتر) از کوئرستین (Quercetin) با هدف تهیه منحنی استاندارد تهیه شد (شکل ۱). جذب مخلوط واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل بلانک شامل آب دیونیزه به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودرایپ (مدل ND-1000) ساخت آمریکا در سه تکرار خوانده شد. میزان فلاونوئید کل براساس منحنی استاندارد کوئرستین تعیین شد. نتایج بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن‌تر گوشت میوه بیان شد.

HPLC اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی اصلی به روش تجزیه HPLC مراحل استخراج ترکیبات فلاونوئیدی با هدف تجزیه به روش HPLC مشابه مراحل استخراج فلاونوئید کل بود. تفاوت فقط در نوع حلال مтанول و اسید استیک بود که در این آزمایش از مtanول با درجهٔ خلوص بسیار بالا و ویژه HPLC استفاده شد.

وزن‌تر) بود ولی به طور تدریجی طی رشد میوه تا ۲ تا ۴ هفته قبل از برداشت کاهش یافت. چنین کاهشی در میوه‌های سیب، هل و انگور نیز گزارش شده است (۸).

هر گونه تغییر در ترکیبات زیست‌فعال در میوه می‌تواند متأثر از عوامل مختلف ژنتیکی و محیطی باشد. چون این ترکیبات دارای ارزش غذایی برای مصرف‌کننده هستند لذا شناخت و ردیابی این خصوصیات در حین رسیدن میوه، به مدیریت کنترل کیفیت میوه کمک شایانی می‌نماید. بنابراین نیاز است که ارقام مختلف مورد آزمایش قرار گرفته تا تفاوت آنها و نقش زمان رسیدن میوه روی این ترکیبات مشخص شود. هدف از این آزمایش مطالعه میزان فلاونوئیدهای اصلی در میوه شش رقم مركبات در دو مرحله بالغ و رسیده و مقایسه آنها با هم تحت شرایط محیطی شمال کشور بود.

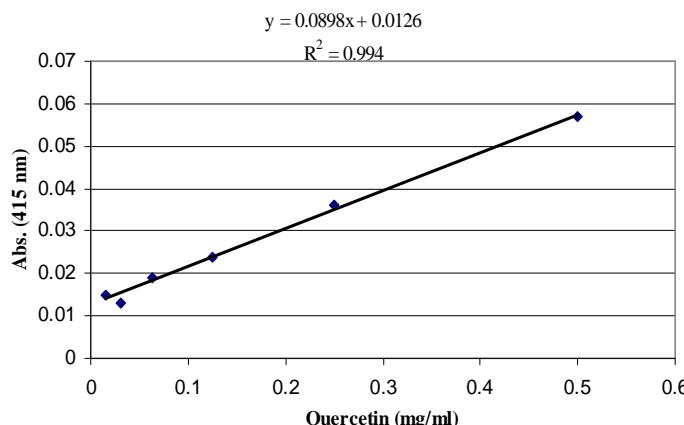
مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش از میوه شش رقم مركبات شامل دو رقم پرتفال غیرخونی (تامسون ناول (Thomson navel) و سیاورز (Moro (محلی)), سه رقم پرتفال خونی (Moro (Sanguinello) و تاراکو (Tarocco)) و یک رقم نارنگی پیج (Page) (روزهای ۱۴۰ (بلوغ فیزیولوژیکی) و ۲۳۰ روز (زمان رسیدن) بعد از تمام گل (Full bloom) بود. بدین منظور درختان بارور پیوند شده روی پایه نارنج واقع در باغ‌های تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات مركبات کشور انتخاب شدند. میوه‌ها (۳۰ عدد برای هر تکرار) از جهات مختلف درخت و تا حد امکان یکسان تهیه شد و سپس به آزمایشگاه جهت ارزیابی‌های مختلف فیزیکوشیمیایی منتقل شدند.

استخراج فلاونوئیدها

به منظور استخراج فلاونوئید کل ارقام خونی (سانگینلو تاراکو) از حلال مtanول و استیک اسید به نسبت ۱۵:۸۵ درصد (پایداری



شکل ۱. منحنی و معادله خط جذب غلظت‌های مختلف محلول استاندارد کوئرستین

جدول ۱. برنامه گرادیان تعریف شده برای اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی

زمان	سرعت جریان	حالت A (درصد)	حالت B (درصد)
۰	۱	۹۵	۵
۰-۱۰	۱	۹۰	۱۰
۱۰-۳۰	۱	۶۰	۴۰
۳۰-۴۰	۱	۴۵	۵۵
۴۰-۴۵	۱	۲۰	۸۰
۴۵-۵۰	۱	۰	۱۰۰

نتایج

فلاونوئید کل

مقایسه میانگین‌های فلاونوئید کل ارقام مختلف مرکبات در شکل ۲ آمده است. کلیه ارقام الگوی معینی از تجمع فلاونوئیدها در مراحل بلوغ تا رسیدگی نشان دادند. بدین صورت که همه ارقام در زمان رسیدن سطح بالایی از فلاونوئیدها را دارا بودند. فلاونوئید کل در پرتوال تاراکو و نارنگی پیچ در زمان رسیدن بالاترین بود. رقم سیاورز نیز در مرحله بلوغ با این که تفاوت معنی‌داری با رقم تاراکو نداشت لیکن نسبت به سایر ارقام در سطح بالاتری قرار داشت. کمترین میزان تجمع فلاونوئیدی به میزان ۱/۱۸٪ میلی‌گرم در گرم در رقم سانگینلو بالغ وجود داشت.

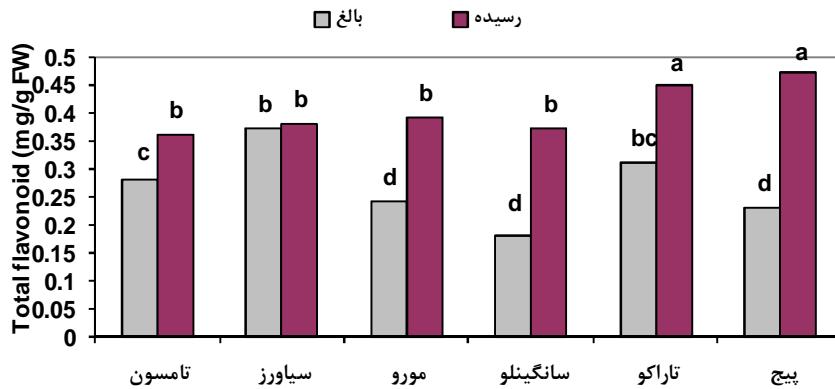
میزان ترکیبات فلاونوئیدی اصلی

در این آزمایش میزان ترکیبات فلاونوئیدی اصلی موجود در مرکبات شامل نارینجین، هسپریدین، نشوه‌سپریدین، کاتچین و

نمونه‌ها قبل از تزریق با فیلتر ۴۵٪ میکرون فیلتر شدند.

اندازه‌گیری برخی ترکیبات فلاونوئیدی (نارینجین، هسپریدین، نشوه‌سپریدین، کوئرستین و کاتچین) بهوسیله روش HPLC انجام شد. سیستم مورد استفاده مدل 1525 Waters با پمپ از نوع Binary و دتکتور با مشخصات Waters 2487 Dual λ Absorbance بود. ستون این سیستم به طول ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر با منافذی به اندازه ۵ میکرومتر بود. حالت A شامل آب مقطر و حالت B محلول متانول بود. روش کار بهصورت حالت با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه در دو طول موج ۲۸۰ و ۳۵۰ (جهت کوئرستین) نانومتر تعریف شد. حجم تزریقی برابر ۶۰ میکرولیتر بود. بهطور خلاصه برنامه گرادیان بهصورت جدول ۱ تعریف شد.

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



شکل ۲. میزان فلاؤنوتیدکل در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (%) هستند.



شکل ۳. میزان نارینجین در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (%) هستند.

رسیدن با مقادیر $12/53$ و $16/74$ میکروگرم در گرم وزن تر هسپریدین از جایگاه بالاتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند. به طورکلی به نظر می‌رسد ارقام خونی تجمع هسپریدین بیشتری دارند. ارقام سانگینلو و پیچ از نظر میزان هسپریدین در هر دو مرحله بلوغ و رسیدن تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴).

میزان نثوهسپریدین
ارقام سانگینلو و سیاورز با این که هسپریدین کمتری داشتند ولی از نظر میزان نثوهسپریدین به خصوص در حالت رسیده (گوشت) در سطح بالای نسبت به سایر ارقام قرار داشتند. به طورکلی میزان نثوهسپریدین میوه غالب ارقام در حالت رسیده بیشتر از مرحله بلوغ میوه بود. رقم تامسون نیز در مرحله بلوغ میزان نثوهسپریدین بالاتری نسبت به سایر ارقام داشت هرچند

کوئرستین در گوشت میوه ارقام مختلف در دو مرحله رشدی بالغ و رسیده اندازه‌گیری شد.

میزان نارینجین

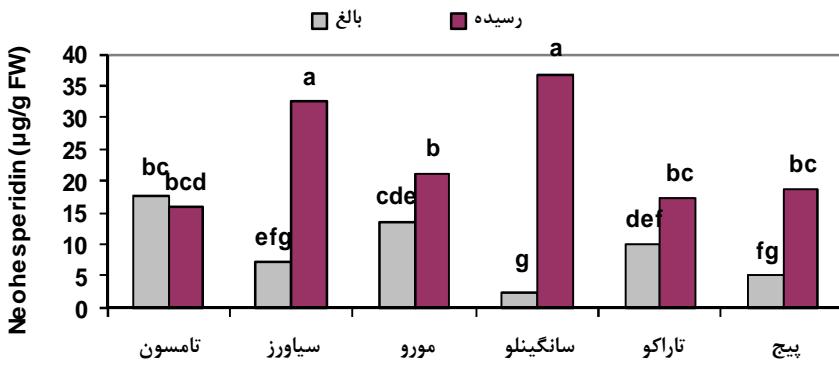
نتایج نشان داد که میزان نارینجین در بین رقم‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارند. بر این اساس نارینجین در زمان بلوغ ارقام تامسون و تاراکو بالاترین (به ترتیب با مقادیر $45/2/8$ و $436/3$ میکروگرم در گرم) بود. رقم محلی سیاورز نیز از نظر میزان نارینجین تفاوت معنی‌داری با تاراکو نداشت (شکل ۳)، در ارقام خونی مورو و سانگینلو و هم‌چنین نارنگی پیچ این ترکیب در زمان رسیدن در مقایسه با مرحله بلوغ میوه به میزان بیشتری در گوشت تجمع یافته است.

میزان هسپریدین

میوه رقم تاراکو در مرحله‌ی بلوغ و رقم مورو در مرحله



شکل ۴. میزان هسپریدین در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (%) هستند.



شکل ۵. میزان نئوهسپریدین در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (%) هستند.

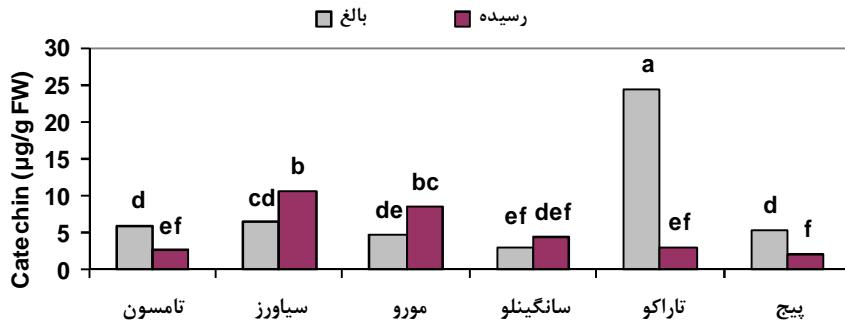
ارقام تامسون، سیاورز و تاراکو بود. در مرحله رسیدن تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورو، سانگینلو، تاراکو و پیج از نظر میزان کوئرستین وجود نداشت (شکل ۷).

میزان کاتچین

به طور کلی میزان کاتچین در میوه مرکبات به میزان کمتری نسبت به سایر ترکیبات فلاونوئیدی وجود داشت. میوه رقم تاراکو در مرحله بلوغ با ۲۴/۳۶ میکروگرم در گرم در بالاترین سطح و بعد از آن رقم سیاورز با مقدار ۱۰/۶ میکروگرم در گرم کاتچین قرار داشت. در ارقام مورو و سیاورز علاوه بر این که میزان کاتچین در زمان رسیدن در مقایسه با بلوغ افزایش نسبی داشت همچنین در مقایسه با سایر ارقام نیز این برتر بودن مشاهده شد (شکل ۶).

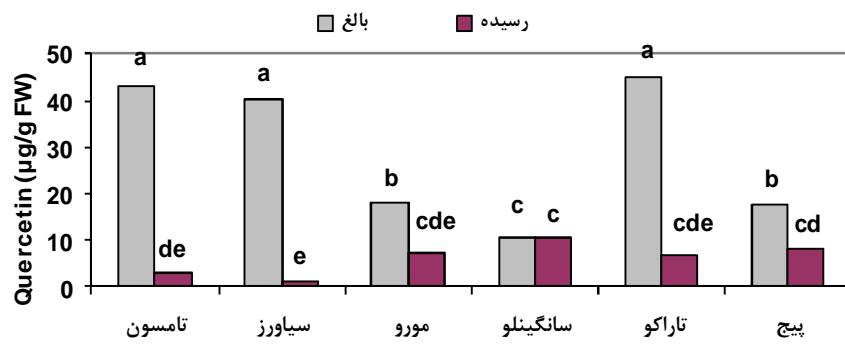
میزان کوئرستین

در گوشت کلیه ارقام میزان کوئرستین در میوه‌های بالغ (برداشت در ۱۴۰ روز بعد از تمام گل) بالاتر از رسیده (۲۳۰ روز بعد از تمام گل) بود که بیشترین میزان مربوط به



شکل ۶. میزان کاتچین در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات

ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵%) هستند.



شکل ۷. میزان کوئرستین در مراحل بلوغ و رسیدن میوه شش رقم مرکبات

ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵%) هستند.

فلاونوئیدهای این ارقام در زمان رسیدن مربوط به نارینجین و نثوهسپریدین باشد چراکه براساس نتایج بیان شده در شکل ۱ و ۳، مقدار این ترکیبات در میوه‌های رسیده در سطح بالاتری نسبت به سایر ترکیبات فلاونوئیدی است.

تجزیه HPLC فلاونوئیدهای مهم
در مرکبات حدود ۶۰ نوع ترکیب از گروه فلاونوئیدها شناسایی شده‌اند. ترکیباتی چون نارینجین، هسپریدین، نثوهسپریدین، کوئرستین و برخی آنتوسیانین‌ها (پرتفاکل‌های خونی) از مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در مرکبات هستند (۱۹). بسیاری از منابع، وجود این ترکیبات در مرکبات را گزارش نموده‌اند. بر این اساس در یک مطالعه که در زمان رسیدن میوه و در پنج رقم مرکبات صورت گرفت وجود و مقدار ترکیبات فلاونوئیدی بررسی شد. نتایج حاکی از شناسایی هفت ترکیب فلاونوئیدی

شده است که رقم انشو از سطح ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بالایی برخوردار بوده و علت مقاومت به سرمای بالای آن را نیز وجود همین ویژگی ذکر نموده‌اند. بنابراین نزدیک بودن رقم پیچ به انشو علاوه بر دارا بودن سطح ترکیبات زیست‌فعال بالا، از نقطه نظر تحمل سرما در شرایط شمال ایران (وجود سرمای ناگهانی) نیز اهمیت می‌یابد. در گزارشی دیگر میزان فلاونوئید کل در هفت رقم از مرکبات بررسی شد که در این میان دامنه فلاونوئید کل از ۸/۴۱ (کامکوات) تا ۲۱/۶ (لمون) برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک متغیر بود (۲۰). گزارشی مبنی بر بررسی روند تولید این ترکیبات طی رسیدن در مرکبات مشاهده نشد لیکن با مقایسه میزان فلاونوئیدهای ارگانامور مطالعه با نتایج سایر محققین در زمان رسیدن مشخص می‌شود که وضعیت فلاونوئیدی این ارقام به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدان با سایر گزارش‌ها برابری می‌کند. از طرفی به نظر می‌رسد غالب

کاهش یافته است. با این حال مقدار آن هر چند محدود در زمان رسیدن میوه می تواند از نظر ارزش غذایی میوه اهمیت داشته باشد.

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که میزان و نوع ترکیبات، بسته به نوع رقم و زمان برداشت می تواند متفاوت باشد. در این رابطه طی تحقیقی خصوصیات ترکیبی و فعالیت آنتی اکسیدانی گوشت ارقام مختلف مرکبات بررسی شد. نتایج نشان داد ارقام نیز از نظر میزان این ترکیبات متفاوت هستند طوری که میوه رقم تاراکو بیشترین میزان هسپریدین را داشت (۱۷). لزوماً آنچه در گوشت وجود دارد، ممکن است در پوست نباشد و یا مقادیر آنها با هم فرق داشته باشد. براساس تحقیقی مشخص شد که با این که بذرهای لمون غنی از اریوسیترین و هسپریدین بود، ولی پوست غنی از نواریوسیترین، نارینجنین و نئوهسپریدین بود. به علاوه غلظت این ترکیبات در پوست و گوشت و یا بسته به رقم متفاوت بود. با اینکه نارینجنین در بذرها و پوست لمون یافت شد ولی در عصاره این میوه‌ها موجود نبود (۱۵).

براساس منابع همه فلاونوئیدهای مرکبات فعالیت آنتی اکسیدانی دارند ولی ممکن است بسته به هیدروفیلیک و یا لیپوفیلیک بودن محیط، میزان فعالیت آنها با هم متفاوت باشد. برخی مولکول‌ها چون نئوهسپریدین، هسپریدین و دیدایمین در محیط لیپوفیلیک ظرفیت آنتی اکسیدانی کمتری داشته در حالی که ترکیباتی چون نارینجنین، نارینجنین، نواریوسیترین و ناریروتین در این محیط فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارند (۱۹). با این حال با این‌که این ترکیبات در مقادیر کم در گونه‌های مرکبات وجود دارند ولی به دلیل نقشی که این ترکیبات در مهار رادیکال‌ها در بدن دارند می توانند از نظر ارزش غذایی و بهبود سلامت جامعه مورد توجه و قابل توصیه باشند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که میوه مرکبات می تواند به عنوان یک منبع غنی از فلاونوئیدها مطرح باشد چرا که این ترکیبات از نظر

شامل اریوسیترین (Eriocitrin)، نواریوسیترین (Neoeriocitrin) ناریوتین (Narirutin)، نارینجنین، هسپریدین، نئوهسپریدین و دیدایمین (Didimin) در بافت گوشت مرکبات بود. به طور مشابه در این آزمایش نیز ترکیبات نارینجنین، هسپریدین و نئوهسپریدین در میوه‌های بالغ و رسیده شناسایی شد. مجموع ترکیبات فلاوانول گلیکوزاید شناسایی شده در دامنه ۷/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در پرتقال سانگینلو بود. در این آزمایش پرتقال واشنگتن ناول حاوی ۱۵۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر نارینجنین و نارنگی کلمانتین و پرتقال سانگینلو فاقد این ترکیب بودند (۷). در مطالعه حاضر میزان نارینجنین در گوشت تامسون ناول نزدیک به نتایج این گزارش بود، ولی سانگینلو با میزان ۳۲۷/۱ میکرو‌گرم در گرم وزن تر نارینجنین، وضعیت مغایری با گزارش فوق داشت. هم‌چنین براساس گزارش کاماردا و همکاران (۷) بیشترین هسپریدین با مقدار ۳۰/۸ در سانگینلو و سپس ناول با ۱۶/۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. نارنگی کلمانتین حاوی ۵/۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر هسپریدین بود. ترکیب نئوهسپریدین در هیچ‌یک از ارقام مورد مطالعه شناسایی نشد (۷). در این آزمایش، میزان هسپریدین در سانگینلو، تامسون ناول و نارنگی پیچ بسیار کمتر از میزان گزارش فوق بود، ولی مقادیر قابل توجه‌ای از نئوهسپریدین در ارقام مورد مطالعه در این آزمایش مشاهده شد. ممکن است دلیل کاهش هسپریدین، مرحله رشدی میوه باشد. به نظر می‌رسد هسپریدین در مراحل اولیه رشد میوه (فندقه) در سطح بالاتری قرار دارد. در این رابطه، فقیه‌نصیری و همکاران (۱۰) در پژوهش خود بالاترین عملکرد هسپریدین را در دو رقم پرتقال محلی و نارنگی کلمانتین در زمان ۵۰ تا ۶۰ روز بعد از مرحله تمام گل (فندقه بودن میوه) گزارش نمودند. آنها پرتقال محلی را برای استخراج هسپریدین مناسب تشخیص دادند (۱۰). در آزمایش حاضر - در زمان بلوغ که تقریباً ۱۲۰ روز بعد از تمام گل هست و از مرحله فندقه میوه گذشته است - در هر دو رقم پرتقال محلی سیاورز و نارنگی پیچ میزان هسپریدین به شدت نسبت به سایر ارقام

عوامل مختلف مؤثر در میزان این ترکیبات مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

مواد گیاهی و شیمیایی مورد نیاز در این مطالعه براساس پژوهه تحقیقاتی با شماره مصوب ۱۷-۸۸۰۱۱-۲۱۷-۲۰۱۷ توسط مؤسسه تحقیقات مركبات کشور فراهم شد که بدین وسیله از این مجموعه قدردانی می شود.

خواص دارویی و غذایی اهمیت دارند. از طرفی مقدار و نوع ترکیبات فلاونوئیدی بسته به رقم و مرحله رشدی متفاوت است، طوری که در یک رقم و یا در یک مرحله رشدی ممکن است میزان یک ترکیب کمتر باشد ولی در مقابل سایر ترکیبات مفید بالاتر باشند. بنابراین مقدار کل این ترکیبات را چه در مراحل رشد اولیه میوه با هدف استخراج و استفاده در صنایع دارویی و چه در مرحله رسیدگی با هدف تازه‌خواری میوه باید مد نظر قرار گیرد. پیشنهاد می شود که در پژوهش‌های آینده، سایر ترکیبات زیست‌فعال مركبات چون لیمونوئیدها و تأثیر

منابع مورد استفاده

1. Abeysinghe, D. C., X. Li, C. D. Sun, W. S. Zhang, C. H. Zhou and K. S. Chen. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. *Food Chemistry* 104: 1338–1344
2. Balasundram, N., K. Sundram and S. Samman. 2006. Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* 99: 191–203.
3. Bennett, J. O., O. Yu, L. G. Heatherly and H. B. Krishnan. 2004. Accumulation of genistein and daidzein, soybean isoflavones implicated in promoting human health, is significantly elevated by irrigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 7574-7579.
4. Berhow, M. A. 2000. Effects of early plant growth regulator treatments on flavonoid levels in grapefruit. *Plant Growth Regulation* 30: 225–232
5. Bor, J. Y., H. Y. Chen and G. C. Yen. 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.
6. Calabro, M. L., V. Galtieri, P. Cutroneo, S. Tommasini, P. Ficarra 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. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 35: 349–363.
7. Camarda, L., V. D. Stefano, S. F. D. Bosco and D. Schillaci. 2007. Antiproliferative activity of Citrus juices and HPLC evaluation of their flavonoid composition. *Fitoterapia* 78: 426–429
8. Ding C.K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori and C.Y. Wang. 2001. Metabolism of phenolic compounds during Loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 2883–2888
9. Downey, M. O., J. S. Harvey and S. P. Robinson. 2004. The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10: 55-73.
10. FaghikhNasiri, M., R. Omidbaigi, Y. Ebrahimi and Z. A. BashiriSadr. 1381. The effect of harvesting time on hesperidin rate of some citrus kinds taken from the north of Iran. *Seedling and Seed* 18: 306-315
11. Giorgi, M., F. Capocasa, J. Scalzo, G. Murri, M. Battino and B. Mezzetti. 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). *Scientia Horticulturae* 107: 36-42.
12. Hertog, M. G. L., E. J. M. Feskeens, C. H. Holmann, M. B. Katan and D. Kromhout. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen elderly study. *Lancet* 342: 1007–1011.
13. Horowitz, R. M. 1986. Taste effects of flavonoids. *Progress in Clinical and Biological Research* 213: 163–175.
14. Manthey, J. A., K. Grohmann, M. A. Berhow and Br. Tisserat. 2000. Changes in citrus leaf flavonoid concentrations resulting from blight-induced zinc-deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry* 38: 333–343.
15. Ooghe, W. C. and C. M. Detavernier. 1997. Detection of the addition of *Citrus reticulata* and hybrids to *Citrus sinensis* by flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1633–1637.
16. 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 985-1012.
17. Proteggente, A. R., A. Sajja, A. De Pasquale and C. Rice Evans. 2003. The compositional characterisation and antioxidant activity of fresh juices from Sicilian sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) varieties. *Free Radical Research* 37: 681–687.

18. Rapisarda, P., P. Pannuzzo, G. Romano and G. Russo. 2003. Juice components of a new pigmented citrus hybrid *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, *Citrus clementina*. Hort. ExTan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 1611–1616.
19. Tripoli, E., M. L. Guardia, S. Giannanco, D. D. Majo and M. Giannanco. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A Review. *Food Chemistry* 104: 466–479.
20. Wang, Y.C., Y.C. Chuang and Y. H. Ku. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chemistry* 102: 1163–1171.
21. Xu, G., D. Liu, J. Chen, X. Yea, Y. Ma and J. Shi. 2008a. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry* 106: 545–551.
22. Xu, G., X. Ye, D. Liu, Y. Ma 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. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 382– 389.