مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۳، سال ۱۳۹۳

ترکیب‌های فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی ارقام گلابی آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd.) در شرایط آب و هوایی تهران

Phenolic Compounds and Antioxidant Acttivity of some Asian Pear (*Pyrus serotina* Rehd.) Cultivars Under Tehran Climatic Conditions

مریم مقدوری[۱]، کاظم ارزانی[۲] و داود بخشی[۳]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۲

چکیده

مقدوری، م.، ارزانی، ک. و بخشی، د.۱۳۹۳. ترکیب‌های فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی ارقام گلابی آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd.) در شرایط آب و هوایی تهران. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۰ (۳):** ۳۲۶- ۳۱۵.

ترکیبات فنلی به علت نقش مهم در فیزیولوژی گیاه و تغذیه (نقش آنتی‌اکسیدانی) در تولید میوه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. ترکیبات فنلی تحت تاثیر ژنوتیپ و محیط کشت و پرورش نیز قرار می‌گیرند. در این پژوهش میزان فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و برخی ترکیبات فنلی اصلی میوه شامل کلروژنیک اسید، کاتچین و فلوریدزین در سه رقم گلابی آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd.) شامل KS_6، KS_9 و KS_{13} بررسی شد. ارقام گلابی آسیایی مورد مطالعه یازده ساله و پیوند شده روی پایه‌های دانهالی گلابی اروپایی (*Pyrus communis* L.) بودند که در باغ کلکسیون گلابی آسیایی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس و با تراکم بیش از ۵۰۰۰ درخت در هکتار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت شده‌اند. نتایج نشان داد که ارقام انتخاب شده از نظر تمامی ترکیبات به جز میزان فلوریدزین دارای اختلاف معنی‌داری بودند. رقم KS_6 دارای بیشترین میزان کلروژنیک اسید و کاتچین بود. رابطه مثبتی بین مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برقرار بود. در میان ارقام مورد آزمایش، رقمKS_{13} بیشترین میزان IC_{50} و رقم KS_9 بیشترین میزان فنل کل را داشتند.

واژه‌های کلیدی: گلابی آسیایی، فنل کل، فعالیت آنتی اکسیدانی، کلروژنیک اسید، کاتچین، فلوریدزین.

نویسنده مسئول: arzani_k@modares.ac.ir تلفن: ۰۲۱۴۸۲۹۲۰۹۴

مقدمه

در بین مواد فیتوشیمیایی، فنل‌ها به علت نقش آنتی‌اکسیدانی که دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (D-Abrosca *et al*., 2007). ترکیبات فنلی متابولیت‌های ثانویه هستند (Stafford, 1991)، از اسیدآمینه فنیل‌آلانین سنتز می‌شوند (Wrolstad, 2005) و طی رشد و نمو گیاه با هدایت عوامل ژنتیکی و در پاسخ به محرک‌های محیطی از جمله آلودگی، زخم و تابش نور فرا بنفش ساخته می‌شوند (Stalikas, 2007). این ترکیبات نقش مهمی در سیستم دفاعی و فیزیولوژی گیاه دارند (Stafford, 1991). ترکیبات فنلی بخش جدانشدنی در رژیم غذایی بشر هستند. در مجموع در میان عوامل مؤثر در خصوصیات حسی میوه، علاقمندی به ترکیبات فنلی به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد آن‌هاست (Shahidi, 2000). رادیکال‌ها در نتیجه بخشی از متابولیسم عادی تولید می‌شوند، ترکیباتی با الکترون‌های آزاد (جفت‌نشده) هستند، بسیار فعال‌اند و چنانچه مهار نشوند باعث آسیب اکسیداتیو به مولکول‌های درون سلول می‌شوند و به همین دلیل اثر منفی روی متابولیسم سلولی دارند. فراوانی رادیکال‌ها باعث آسیب اکسیداتیو می‌شود. ترکیباتی که می‌توانند رادیکال‌ها را جارو کنند به عنوان آنتی‌اکسیدان شناخته شده‌اند (Bakhshi *et al*., 2011). آنتی‌اکسیدان‌ها موادی سنتزی و یا طبیعی هستند که توان ایجاد تأخیر و یا کند کردن سرعت اکسیداسیون مواد قابل اکسید شدن را دارند (Diplock *et al*., 1998). بیشتر مطالعاتی که در دهه‌های گذشته چه در شرایط درون شیشه (*In vitro*) و چه در شرایط مزرعه‌ای (*In vivo*) انجام شده تأثیر سودمند میوه‌ها و سبزی‌ها را بر سلامتی انسان نشان داده است (D-Abrosca *et al*., 2007). میوه‌ها و سبزی‌ها منبع آنتی‌اکسیدان‌های فنلی طبیعی هستند و درسال‌های اخیر توجه بیشتری به خواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شده است (Bakhshi *et al*., 2011).

گلابی‌های آسیایی یا شرقی مانند گلابی‌های آسیایی، گلابی‌های قهوه‌ای آسیایی، گلابی‌های کره‌ای و گلابی‌های شینکو کره از درختان جنس Pyrus هستند.

در مطالعات قبلی میوه گلابی به جای تأثیر بیولوژیک بیشتر ترکیب شیمیایی میوه مورد بررسی قرار گرفته بود (Lin and Harnly, 2008). ترکیبات فنلی هر گیاه بر حسب گونه گیاهی و شرایط محیط رشد، متنوع و گاهی منحصر به همان تک گیاه مورد بررسی است. ترکیبات فنلی عمده در گلابی شامل اسید کلروژنیک، اسید کافئیک، اسید کوماریک، آربوتین، پروسیانامید، فلاونول و گلوکوزید هستند، این در حالی است که ترکیبات فنلی غالب در سیب عبارت از ترکیبات استری، اسید کوماریک، اسید کوئینیک، مونومرهای فلاونول، دی و الیگومراز، کوئرستین و گلوکوزید هستند (Diplock *et al*., 1998). بررسی‌ها گویای حضور ترکیبات فنلی مختلفی در گلابی‌های آسیایی و اروپایی است و معلوم شده است که ترکیبات فنلی و اجزاء متشکله آن‌ها در گلابی های آسیایی متفاوت از گلابی‌های اروپایی است. بر همین اساس ممکن است ترکیب شیمیایی و تأثیر

بیولوژیکی گلابی‌های آسیایی با گلابی‌های اروپایی متفاوت باشد (Lin and Harnly, 2008). بر این اساس درک اجزاء شیمیایی میوه‌ها به منظور دستیابی به اطلاعات پایه در مورد ساخت، حفاظت و فیزیولوژی گیاهی بسیار مهم است. اطلاعات در مورد ترکیب و اجزاء تشکیل دهنده میوه در گلابی‌های آسیایی بسیار محدودتر از گلابی‌های اروپایی است و تاکنون مطالعات منسجمی در زمینه تعیین اجزاء شیمیایی میوه‌های گلابی آسیایی انجام نشده است.

اخیراً تعداد هشت ترکیب فنلی در پوست میوه گلابی‌آسیایی شناسایی شده که شامل آربوتین (arbutin)، اسید مالاگزینیک، ۳ و ۴- اسید دی‌هیدروکسی‌بنزوئیک، اسید ترانس-کلروژنیک، اسید سیس-کلروژنیک، ایزورهامنتین ۳- اُ- بی- دی- گلوکوپیرانوزاید (isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside)، ۳ و ۵- اسید دی‌کافویل‌کوئینیک اسید (3,5-dicaffeoyl quinic acid) و بالاخره (-)- اپی‌کاتچین هستند که از بین آن‌ها اسید مالاگزینیک و اسید سیس- کلروژنیک برای اولین بار در گلابی شناسایی شدند (Kihoon *et al*., 2011). نتایج بررسی‌های انجام شده از طریق کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) حاکی از آن است که در ارقام الکساندر لوکاس (Alexander Lucas)، آنجو (Anjou) و ردبارتلت (Red Bartlet) مقدار آربوتین بسیار اندک بوده در حالی که ترکیب ایزورهامنتین-۳-گلوکوزاید به‌طور قابل ملاحظه‌ای در همه ارقام مورد بررسی بالا است (Schieber *et al*., 2001). پوست میوه گلابی نسبت به گوشت گلابی مقادیر متنوع‌تر و بیشتری از ترکیبات فنلی را داراست. بررسی‌های انجام شده با کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا نشان داد که در گلابی آسیایی رقم یالی (Ya Li) عمده ترکیبات فنلی در حین رشد به ترتیب شامل اسید کلروژنیک، سورین، کوئرستین و فلورتین گزیلوکوزاید بود (Chen *et al*., 2006). ولی در رقم الکساندر لوکاس بیشترین ترکیبات فنلی به ترتیب مربوط به اسید کلروژنیک (۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه)، گلوکوزیدهای ایزورهامنتین،کوئرستین، اپی‌کاتچین (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) و آربوتین (۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) بود. همچنین بررسی در رقم آنجو نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ترکیبات فنلی به ترتیب متعلق به اسید کلروژنیک (۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) و کوئرستین (۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) و برای رقم ویلیامز (Williams) به ترتیب بیشترین فنل اسید کلروژنیک (۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) و کمترین ترکیب فنلی آربوتین (۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه) بود (Schieber *et al*.,2001). پژوهشگران در بررسی ترکیبات فنلی موجود در میوه سیب، به، انار، نارنج و گلابی وحشی دریافتند که انار بیشترین مقدار فنل کل را داشته و بعد از آن به ترتیب گلابی وحشی و سپس سیب قرار دارند. انار هفت تا ۱۱ درصد فنل کل بیشتری را از سیب سبز نشان داد. پوست انار منبع باارزشی از آنتی‌اکسیدان‌های فنلی است. از اختلافات بین مقدار فنل کل و فعالیت

آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های هیدرولیز شده و نشده آشکار است که عمده‌ترین قدرت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در بیشترین مقدار فنل متمرکز شده بود (Tzanakis *et al*., 2006).

با توجه به موارد یادشده و نیز اهمیت ترکیبات فنلی موجود در درختان میوه، به ویژه میوه ارزشمندی مانند گلابی در تامین سلامتی مصرف‌کننده‌ها، لزوم مطالعه ترکیبات فنلی ارقام وارداتی و تهیه اطلاعات دقیق بر اساس شرایط جغرافیایی ضروری به نظر می‌رسد. از آن‌جایی که ارقام گلابی آسیایی برای اولین بار در ایران مورد کشت و کار قرار می‌گیرند، در این مطالعه مقدار و نوع ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی چند رقم گلابی آسیایی وارداتی در منطقه تهران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ روی میوه‌های رسیده سه رقم (ژنوتیپ) مختلف گلابی آسیایی شامل KS_6، KS_9 و KS_{13} که در سال ۱۳۷۷ توسط گروه باغبانی دانشگاه تربیت مدرس در قالب طرح ملی سازگاری گلابی آسیایی با شرایط آب و هوایی ایران از بلژیک به ایران وارد شدند و در باغ تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس مورد پرورش قرار گرفتند (Khoshghalb *et al*., 2013؛ Bayati *et al*., 2010؛ Koushesh-Saba *et al*., 2008؛ Arzani, 2006؛ Arzani, 2005) انجام شد. درختان مورد مطالعه ۱۲ سال سن داشتند و با تراکم بیش از ۵۰۰۰ درخت در هکتار (Dehghani *et al*., 2013؛ Arzani, 2006) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی پایه‌های بذری گلابی درگزی (اروپایی) کشت شده‌اند.

از هر درختی پنج میوه بخش‌های مختلف شاخساره در زمان رسیدن فیزیولوژیک (بر اساس فاکتورهای مقدار مواد جامد محلول کل و رنگ پوست) برداشت شد و نمونه ترکیبی از پنج تکرار هر رقم تهیه شد. میوه‌ها بی‌درنگ به آزمایشگاه باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند و با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفتند، سپس در تاریکی نمونه‌های میوه به صورت ورقه‌ای، به قطعاتی با وزن ۲ گرم (پوست + لایه گوشت زیر پوست) با ضخامت بسیار کم (۲ میلی‌متر) تقسیم شدند، در داخل فویل آلومینیومی قرار گرفتند، و سپس در نیتروژن مایع فرو برده شدند و بلافاصله در فریزر ۸۰- تا زمان انجام آزمایش قرار گرفتند.

استخراج ترکیب‌های فنلی

برای استخراج ترکیب‌های فنلی از روش لیستر و همکاران (Lister *et al*., 1994) با کمی تغییر استفاده شد. بدین‌صورت که نمونه‌های ۲ گرمی منجمد شده با استفاده از نیتروژن مایع در تاریکی در هاون چینی کوبیده و پودر شدند. سپس ۲ میلی‌لیتر حلال استخراج متشکل از ۸۵ درصد متانول و ۱۵ درصد اسید استیک به آن اضافه شد. پس از مخلوط کردن، نمونه‌ها برای انجام عمل استخراج به مدت یک شبانه روز در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها داخل فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شدند و با سرعت

۱۰ هزار دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و حدود ۱ میلی‌لیتر از فاز روشناور هر نمونه با استفاده از فیلتر سرسرنگی ۰/۴۵ میکرومتر یک‌بار مصرف فیلتر شد.

تعیین مقدار و اجزای ترکیب‌های فنلی

شناسایی اجزای ترکیب‌های فنلی با یک سیستم کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا HPLC (Breez system, Waters, MA, USA) مجهز به شناساگر (Waters Dual λ UV-Visible Absorbance 2487) با ستون Symentery C18 (۲۵۰ × ۴/۶ میلی‌متر با قطر منافذ ۵ میکرومتر (Waters, Dublin Ireland) انجام شد. فاز حامل متشکل از دو حلال: A (۹۵ درصد آب: ۵ درصد متانول) و B (۵ درصد آب و ۹۵ درصد متانول) با pH حدود ۳ بود که با سرعت یک میلی‌متر در دقیقه جریان داشت. حلال‌های مورد استفاده برای استخراج و اسپکتروفتومتری دارای درجه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا و تولید شرکت مرک (Merck) بودند. ترکیب‌های فنلی اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل اسید کلروژنیک، کاتچین و فلوریدزین بود و از استانداردهای (+)- کاتچین (Extrasynyheses، فرانسه)، اسید کلروژنیک (Cayman Chemical Co.) و فلوریدزین (Sigma Chemical Co.) استفاده شد. برای اندازه‌گیری ترکیب‌های فوق، شناساگر به ترتیب در طول موج‌های ۳۲۰، ۲۸۰ و ۲۸۰ نانومتر تنظیم شد. برای ارزیابی این ترکیب‌ها در عصاره تهیه شده از پوست میوه‌ها، مقدار ۵۰ میکرولیتر از نمونه‌های تهیه شده، به دستگاه تزریق شدند. به منظور شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده مواد فنلی و اندازه‌گیری مقدار آن‌ها، کروماتوگرام‌های حاصل از تزریق هر نمونه در هر تیمار با کروماتوگرام‌های به دست آمده از تزریق استانداردهای مربوطه مقایسه و در نهایت غلظت این ترکیب‌ها بر حسب میکروگرم در یک گرم بافت تازه محاسبه شد.

تعیین میزان فنل کل

میزان فنل کل در عصاره‌ها با روش فولین شکالت (Folin-ciocalteu) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. در این آزمایش ابتدا به ۶۵ میکرولیتر از هر یک از این نمونه‌ها ۱۳۵ میکرولیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر فولین یک‌دهم نرمال اضافه و بعد از ۶ دقیقه ۸۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵٪ نیز به آن‌ها اضافه شد. محلول به دست آمده به مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد. سپس میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (BIO RAD, USA) و در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و استاندارد بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در صد گرم بافت تازه بیان شد. درصد رقیق کردن نیز در محاسبه‌ها منظور شد (Ghorbani *et al*., 2011).

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) (Sigma-Aldrich) تعیین

شد. در روش DPPH فعالیت خنثی کنندگی رادیکال ۲ و ۲- دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل توسط عصاره نمونه با روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. میزان فعالیت خنثی کنندگی رادیکال DPPH با چهار غلظت متفاوت عصاره میوه از فرمول درصد بازدارندگی رادیکال DPPH $(\%DPPH_{SC} = (\frac{A_{cont} - A_{samp}}{A_{cont}}) \times 100$ محاسبه شد. در این معادله $DPPH_{sc}$٪: درصد بازدارندگی، A_{cont}: میزان جذب DPPH، A_{samp}: میزان جذب نمونه به علاوه DPPH بود و از متانول به عنوان بلانک استفاده شد. با داشتن درصد بازدارندگی مربوط به چهار غلظت مختلف و رسم خط رگرسیون، مقدار IC_{50} برای هر نمونه محاسبه شد (Fattahi Moghadam *et al.*, 2011).

تجزیه آماری

آزمایش اندازه‌گیری میزان فنل کل، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی (آزمایش اندازه‌گیری میزان فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی با پنج تکرار و آزمایش ترکیبات فنلی با دو تکرار) انجام شد. تجزیه واریانس نتایج حاصل از آزمایش به وسیله نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون توکی و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

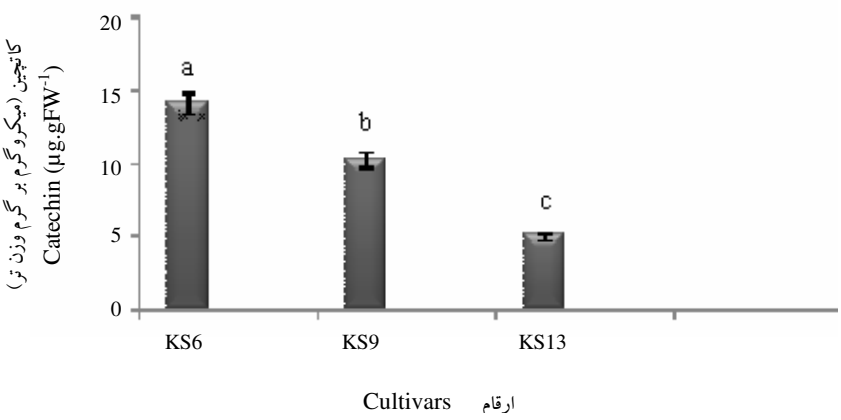
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام موجود از نظر همه ترکیبات اندازه‌گیری شده به جز مقدار فلوریدزین بود. وجود تفاوت در ترکیبات فنلی ارقام مختلف تأییدکننده نقش ژنتیک در سنتز ترکیبات فنلی است، زیرا مقدار پلی‌فنل‌ها به وسیله ژنوتیپ، پایه و شرایط آب و هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Mainla *et al.*, 2011). علاوه بر آن مقادیر متفاوت ترکیبات فنلی و درجات متنوع فعالیت آنتی‌اکسیدانی بستگی به رسیدن میوه نیز دارد (Wang *et al.*, 2006).

نتایج نشان داد که از نظر میزان کاتچین بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به ارقام KS_6 و KS_{13} بود (شکل ۱).

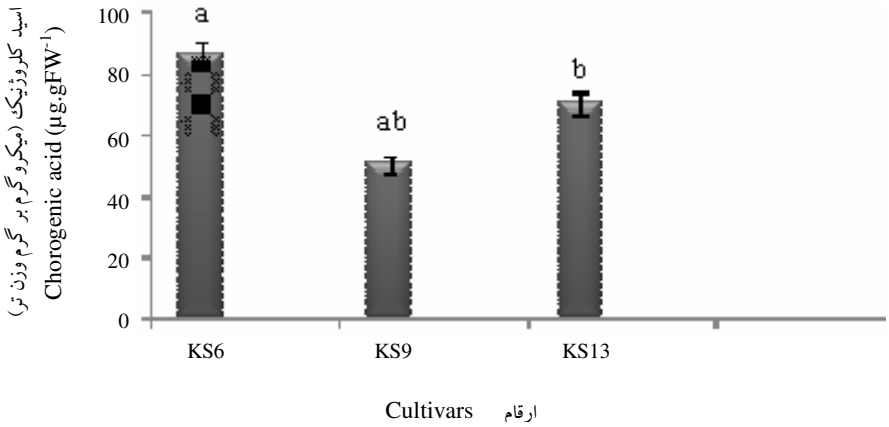
که نشان‌دهنده نقش مهم ژنوتیپ در سنتز این ترکیب است. بررسی‌ها نشان داد که کاتچین نقش مهمی در جذب اشعه آسیب رسان UV دارد (Solovchenko *et al.*, 2001).و مقدار کاتچین علاوه بر ژنوتیپ تحت تأثیر عوامل محیطی نیز هست (Ghorbani and Bakhshi, 2011).

در بین ترکیبات فنلی اندازه‌گیری شده بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کلروژنیک اسید بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است رقم KS_6 بیشترین مقدار اسید کلروژنیک را داشت و بعد از آن به ترتیب ارقام KS_9 و KS_{13} قرار داشتند. فنیل‌آلانین پیش‌ماده سنتز ترکیبات فنلی (اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها) است. سنتز ترکیبات فنلی شامل دو مسیر فنیل پروپانوئید (سنتز اسیدهای فنلی) و مسیر سنتز فلاونوئیدهاست (Bakhshi *et al.*, 2011). با توجه به وجود این دو مسیر، احتمالاً فنیل آلانین حاصل از مسیر شیکیمات در رقم KS_6 نسبت به رقم KS_{13} بیشتر وارد مسیر سنتز اسید کلروژنیک شده است که اثبات این امر نیازمند مطالعات روی ارقام



شکل ۱- مقدار کاتچین در ارقام گلابی آسیایی
Fig. 1. Catechin contents in Asian pear cultivars

ستون‌ها با حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.
Columns with different letters are significantly different at 5% probability level.



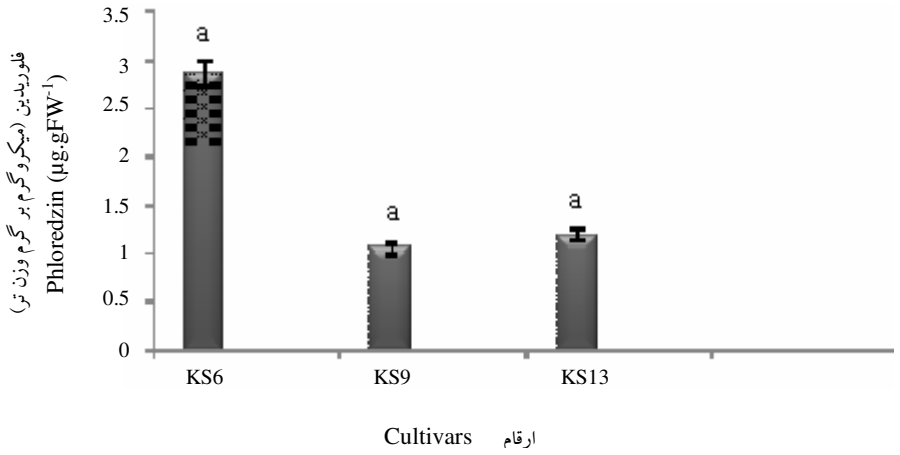
شکل ۲- مقدار کلروژنیک اسید در ارقام گلابی آسیایی
Fig. 2. Chlorogenic acid contents in Asian pear cultivars

ستون‌ها با حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.
Columns with different letters are significantly different at 5% probability level.

مختلف در مناطق آب و هوایی متفاوت است (Ghorbani and Bakhshi, 2011).

اندازه‌گیری مقدار فلوریدزین در ارقام KS_6، KS_9 و KS_{13} نشان داد که تفاوت معنی‌داری از این نظر بین ارقام مرد بررسی وجود نداشت (شکل ۳). در ارقام مورد مطالعه همواره مقدار اسید کلروژنیک بیشتر از کاتچین و از آن نیز بیشتر از فلوریدزین بود، بنابراین ترتیب تحت تأثیر ژنوتیپ قرار نگرفته است.

زمانی که فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد DPPHبررسی شد مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد افزایش پیدا کرد. همان طور که شکل ۴ نشان می‌دهد بین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با مقادیر نمونه یک افزایش خطی مشاهده می‌شود. ارقام مورد مطالعه از نظر مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز

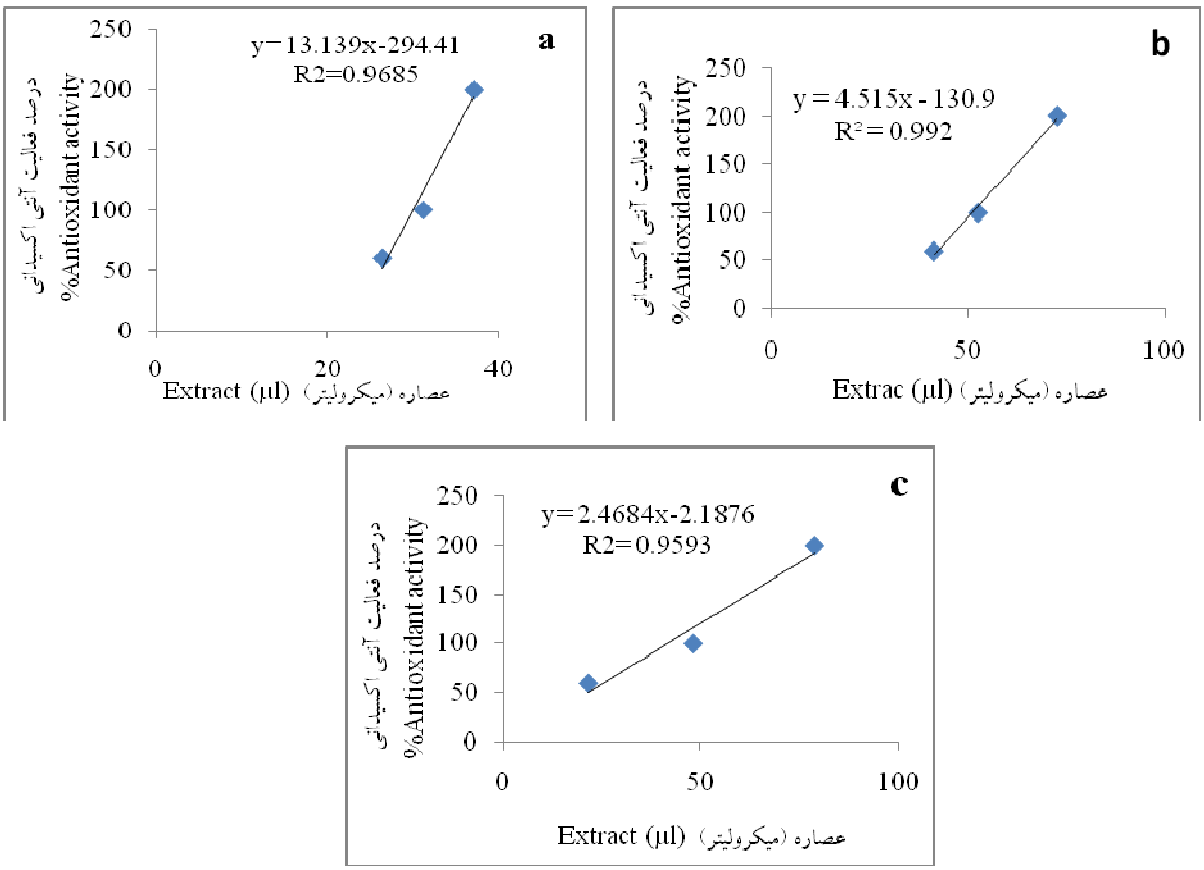


شکل۳- مقدار فلوریدزین در ارقام گلابی آسیایی

Fig. 3. Phloredzin contents in Asian pear cultivars

ستون‌ها با حروف متفاوت در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

Columns with different letters are significantly different at 5% probability level.



شکل ۴- درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گلابی آسیایی (a): رقم KS_9؛ (b): رقم KS_6؛ (c): رقم KS_{13}

Fig. 4. Antioxidant activity of extract from Asian pear (a): KS_9 cultivar; (b): KS_6 cultivar; (c): KS_{13} cultivar

دارای اختلاف معنی‌داری بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیان‌گر وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام مورد مطالعه از نظر مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. در این مطالعه رقم KS_9 بیشترین مقدار فنل کل را دارا بود و بعد از آن به ترتیب ارقام KS_6 و KS_{13} قرار گرفتند. ارقام دارای فنل کل بیشتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری هم داشتند. فعالیت بازدارندگی عصاره با استفاده از آزمون مهار رادیکال‌های DPPH به صورت IC_{50} بیان شده است. دامنه‌ی این متغیر بین ۲۳/۳۴ تا ۴۴/۳۲ به ترتیب در KS_{13} و KS_6 بود (جدول ۱). ارقامی که دارای عدد IC_{50} پایینی هستند کارآیی آنتی‌اکسیدانی بالاتری را دارا هستند. بدین معنا که مقادیر کمتری ازعصاره‌ی میوه قادر به مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های DPPH بوده است.

جدول ۱- مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام گلابی آسیایی

Table 1. Total phenolic content and antioxidant potential of Asian pear cultivars

ارقام Cultivars	مقدار فنل کل (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تر) Total phenolic content (mg.100 g^{-1}FW)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی IC_{50} (µl)
KS_6	463.98b	44.33a
KS_9	484.73a	29.65b
KS_{13}	426.23b	23.34b

در ستون فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد و در ستون فنل کل، اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Within IC_{50} column means followed by the same letters are not significantly different at 1% and Within Total phenolic content column means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level.

ترکیبات فنلی هر گیاه بسته به گونه و شرایط محیطی متنوع و گاهی منحصر به همان گیاه است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسته به نوع ترکیب فنلی متفاوت است. برخی نیز در تقابل با هم فعالیت داشته و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل را افزایش می‌دهند (Rice-Evans *et al.*, 1995). به طور کلی، ترکیبات فنلی به خاطر نقش بالقوه‌شان در حفاظت در برابر اشعه ماورای بنفش، فعالیتشان به عنوان جلب‌کننده و به عنوان عوامل دفاعی در برابر بیمارگرها و شکارگرها بیشتر در بافت‌های پوستی اندام‌های گیاهی تجمع می‌یابند (Liu *et al.*, 2005). یافته‌های حاصل از اشعه‌دهی به گوشت سیب نشان داده است که عوامل محیطی تأثیر بسیار شدیدی بر سنتز این ترکیبات دارند، به طوری که چنانچه گوشت نیز در معرض نور قرار گیرد گروه‌های مختلف ترکیبات فنلی را سنتز خواهد کرد (Bakhshi and Arakawa, 2006). در واقع می‌توان چنین بیان کرد که نور سبب تحریک و افزایش سنتز ترکیبات فنلی می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد ارقام با فنل بیشتر از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نیز برخوردارند. بیشترین مقدار فنل به ترتیب در ارقام KS_9 و KS_6 مشاهده شد. با توجه به نقش ترکیبات فنلی در پیشگیری از بسیاری بیماری‌ها استفاده از این ارقام

می‌تواند در سلامتی بشر نقش مؤثری ایفا کند.

سپاسگزاری

مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش از طرح ملی به شماره ۴۲۲۵ (شورای علمی کشور) و همچنین طرح ملی به شماره ۸۴۰۰۶ (صندوق حمایت از پژوهشگران کشور) تحت عنوان مطالعه سازگاری چند رقم گلابی آسیایی با شرایط آب و هوایی ایران: فاز ۲ بررسی سازگاری در چند نقطه آب و هوایی کشور که در دانشگاه تربیت مدرس در حال اجراست تأمین شده است که بدینوسیله تشکر می‌شود. همچنین از کمک‌های آزمایشگاهی خانم مهندس قربانی دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Arzani, K. 2005. Progress in national Asian pear project: Study on adaptation of some Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars under Iran environmental condition. Acta Horticulturae 671: 209-212.

Arzani, K. 2006. Introduction, propagation quarantine inspection and evaluation and onset of study on the adaptation of some of Asian pear (*Pyrus serotina*) cultivars in Iran, Phase 1: Germplasm introduction and propagation. Final Report on the National Research Project (Grant No. NRCI 4225), Tarbiat Modares University (TMU) & National Research Council of Islamic Republic of Iran. 140 pp.

Bakhshi, D., and Arakawa, O. 2006. Induction of phenolic compounds biosynthesis with light irradiation in the flesh of red and yellow apples. Journal of Applied Horticulture 8: 101-104.

Bakhshi, D., Hatamzadeh, A., and Ghorbani, E. 2011. Phenolic compound Biochemistry. Guilan University Publication, Rasht, Iran. 285 pp. (in Persian).

Bayati, M., Arzani, K., and Moharramipoor, S. 2010. Evaluation of resistance of Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars to pear Lace Bug (*Stephanitis pyri* F.) and investigate the population flactuations of the pest under environmental conditions of Tehran. Seed and Plant Improvement Journal 26-1 (4): 531-544 (in Persian).

Chen, J. L., Yan, Sh., Feng, Z., Xiao, L., and Hu, X. S. 2006. Changes in the volatile compounds and chemical and physical properties of Ya Li pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) during storage. Food Chemistry 97: 248-255.

D-Abrosca, B., Pacifico, S., Cefarelli, G., Mastellone, C., and Fiorentino, A. 2007. 'Limoncella' apple, an Italian apple cultivar: Phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. Food Chemistry 104: 1333-1337.

Dehghani, B., Arzani, K., and Sarikhani Khorami, S. 2013. Pomological and seasonal variation in fruit growth and development of some Asian pear cultivars under Tehran environmental conditions. Seed and Plant Production Journal 29-2 (4): 419-433 (in Persian).

Diplock, A. T. , Charleux, J. L., Crozier-Willi, G., Kok, F. J., Rice-Evans, C., Roberfroid, M., Stahl, W., and Vina-Ribes, J. 1998. Functional food science and defence againts reactive oxidative species. British Journal of Nutrition 1: 77-112.

Fattahi Moghadam, J., Hamidoghli, Y., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasemnezhad, M., and Bakhshi, D. 2011. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of fruit peel of some commercial citrus varieties. Journal of Horticultural Science 25: 211-217 (in Persian).

Ghorbani, E., and Bakhshi, D. 2011. Evaluation of content of chlorogenic acid, flavonoids and antioxidant potential of 13 native and foreign apple cultivars. Plant Production Technology 11: 53-62 (in Persian).

Ghorbani, E., Bakhshi, D., Hajnajari, H., and Ghasemnezhad, M. 2011. Evaluation of quantitative and qualitative properties of flavonoid compounds and antioxidant activity in some apple cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 12: 193-204 (in Persian).

Khoshghalb, H., Arzani, K., Malakouti, M. J., and Barzegar, M. 2013. Effect of Ca, Zn and B spray application on preharvest fruit drop, sugar and nutrient contents and some of quantitative and qualitative fruit characterestics of some Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science 44 (2): 149-159 (in Persian).

Kihoon, L., Cho, J. Y., Lee, H. J., Park, K. Y., Ma, Y. K., Lee, S. H., Cho, J. A., Kim, W. S., Park, K. H., and Moon, J. H. 2011. Isolation and identification of phenolic compounds from an Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) fruit peel. Food Science Biotechnology 20: 1539-1545.

Koushesh-Saba, M., Arzani, K., and Jalali-Javaran, M. 2008. The study of some asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars incompatibility S alleles by PCR Technique. Seed and Plant 24 (3): 445-456 (in Persian).

Lin, L. Z., and Harnly, J. H. 2008. Phenolic compounds and chromatographic profiles of pear skins (*Pyrus* spp.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 9094-9101.

Lister, C. E., Lancaster, J. E., and Sutton, K. H. 1994. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. Journal of the Science of Food and Agriculture 64: 155-161.

Liu, R. H., Liu, J., and Chen, B. 2005. Apples prevent mammary tumors in rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 2341–2343.

Mainla, L., Moor, U., Karp, K., and Püssa, T. 2011. The effect of genotype and rootstock on polyphenol composition of selected apple cultivars in Estonia. Žemdirbystė=Agriculture 98: 63-70.

Rice-Evans, S. C., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M., and Pridham, J. B. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. Free Radical Research 22: 375-383.

Schieber, A., Keller, P., and Carle, R. 2001. Determination of phenolic acids and flavonoids of apple and pear by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography 910: 265-273.

Shahidi, F. 2000. Antioxidants in food and food antioxidants. Nahrung 44: 158-163.

Stafford , H. A. 1991. Flavonoid evolution : An enzymic approach. Plant Physiology 96: 680-685.

Stalikas, C. D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. Journal of Separation Science 30: 3268-3295.

Solovchenko, A. E., Chivkunova, O. B., Merzlyak, M. N., and Reshetnikova, I. V. 2001. A spectrophotometric analysis of pigment in apples. Russian Journal of Plant Physiology 48: 693-700.

Tzanakis, E., Kalogeropoulos, T., Tzimas, S., Chatzilazarou, A., and Katsoyannos, E. 2006 . Phenols and antioxidant activity of apple, quince, pomegranate, bitter orange and almond-leaved pear methanolic extracts. E-Journal of Science and Technology 1: 16-28.

Wang, H., Chen, F., Yang, H., Chen, Y., Zhang, L., and An, H. 2012. Effects of ripening stage and cultivar on physicochemical properties and pectin nanostructures of jujubes. Carbohydr. Polym 89: 1180-1188.

Wrolstad, R. E. 2005. Bioactive food components. pp. 456-470. In: Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. and Sporns, P. (eds.) Hand Book of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture and Bioactive Food Components. Incorporated, Hoboken, New Jersey, USA.