Archive of SID

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم سیب زمینی شیرین (*Ipomoea batatas L.*)

فریده حسام[a]، غلامرضا بلالی[b]، سید مهدی سیدین اردبیلی[c*]، رضا طاهری تهرانی[d]، مهدی امین افشار[e]

[a]دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
[b]دانشیار گروه پژوهشی بیوتکنولوژی سیب‌زمینی، دانشگاه اصفهان
[c] استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
[d] کارشناس ارشد گروه پژوهشی بیوتکنولوژی سیب‌زمینی، دانشگاه اصفهان
[e] استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۹

چکیده

مقدمه: مطالعات نشان داده که متابولیت‌های گیاهی مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها، پلی‌فنل‌ها و آلکالوئیدها به علت قدرت مهار واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌ها می‌توانند در آینده به عنوان آنتی‌اکسیدان های موثر در درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار بگیرند. هدف از این مطالعه ارزیابی قدرت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیکی موجود در عصاره‌های متانولی دو رقم سیب‌زمینی شیرین می‌باشد.

مواد و روش‌ها: میزان فنولیک کل با روش فولین سیوکالتو تعیین گردید و سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیکی نمونه‌ها با استفاده از دو روش درصد مهار اکسیداسیون لینولئیک اسید در سیستم تیوسیانات و سنجش غلظت مهارکنندگی۵۰٪ در روش خنثی سازی رادیکال آزاد ۲و۲ دی فنیل پیکریل هیدرازیل، صورت پذیرفت.

یافته‌ها: میزان ترکیبات فنولیک کل در دو رقم (قرمز و سفید) سیب‌زمینی شیرین به ترتیب معادل ۱۰۸و ۱۷۴ میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک بدست آمد. عصاره‌های دو نمونه قرمز و سفید دارای ۹۵ و ۹۶ درصد اثر مهارکنندگی در ممانعت از اکسیداسیون لینولئیک‌اسید و غلظت مهارکنندگی۵۰٪ معادل ۱۱/۶۴و۱۲/۹۷ میکروگرم گالیک‌اسید در میلی‌لیتر عصاره در سیستم مهار رادیکال آزاد بودند. در ارتباط با آلفاتوکوفرول، در سیستم تیوسیانات اثر مهارکنندگی ۸۵٪ و در سیستم مهار رادیکال آزاد غلظت معادل ۱۲/۶۱ میکروگرم گالیک‌اسید در میلی‌لیتر محلول بدست آمد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این پژوهش، غلظت ترکیبات فنولیکی در رقم سفید نسبت به رقم قرمز بیشتر بود. تفاوت معنی‌داری بین قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین و آلفاتوکوفرول در سیستم تیوسیانات به‌دست آمد ($p<0/05$). همچنین عصاره های سیب‌زمینی شیرین و آلفا توکوفرول از لحاظ اثر مهارکنندگی رادیکال های آزاد دارای قدرت یکسانی بودند. بین میزان ترکیبات فنولیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل همبستگی وجود نداشت، اما بین میزان غلظت ترکیبات فنولیک کل و اثر مهار کنندگی رادیکال آزاد همبستگی مشخصی به دست آمد ($p< 0/01$).

واژه های کلیدی: *ترکیبات فنولیک کل، سیب زمینی شیرین، فعالیت آنتی اکسیدانی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mahdi_seyedain@yahoo.com

jftn.srbiau.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر مثل آنیون سوپر اکسید، رادیکال هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن طی فرایندهای متابولیک طبیعی در بدن و یا توسط عوامل خارجی ایجاد شده و می‌توانند به راحتی آغازگر فرایند پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و تولید پراکسیدهای لیپیدی باشند. این رادیکال‌ها قادر به آسیب‌رساندن به گروه وسیعی از مولکول‌های زیستی هستند (Halliwell & Gutteridge, 1990). آنتی اکسیدان‌ها موادی هستند که قادر به جلوگیری یا به تاخیر انداختن اکسیداسیون مواد قابل اکسیده شدن سلولی هستند (Halliwell *et al*., 1992). آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته سنتزی و طبیعی تقسیم می‌شوند. عموماً آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی دارای ساختار فنولیک (توکوفرول‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک)، ترکیبات نیتروژنی (آلکالوئیدها، مشتقات کلروفیل، اسیدهای آمینه و آمین‌ها) یا کاروتنوئیدها می‌باشند (Velioglu *et al*., 1998). با توجه به نگرانی‌هایی که در مورد اثرات سمیت زائی مربوط به آنتی اکسیدان‌های سنتزی مانند بوتیل‌هیدروکسی‌آنیزول[1]، بوتیل‌هیدروکسی‌تولوئن[2]، ترت‌بوتیل هیدروکسی کینون[3] و پروپیل گالات[4] ابراز شده است، استفاده از آن‌ها در مواد غذایی محدود شده است. جستجوی جایگزین‌های طبیعی برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، منجر به بررسی آنتی‌اکسیدان‌های متعددی از منابع گیاهی شده است. میوه‌ها، سبزی ها، ادویه ها، دانه ها، آجیل ها، برگ‌ها، ریشه‌ها و پوسته درختان به عنوان منابع بالقوه آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در نظر گرفته می‌شوند (Kaur & Larson, 1988; Namiki, 1990; Kapoor, 2002). فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیاری از مواد گیاهی طی سال‌های اخیر گزارش شده است (Amarowicz *et al*., 1996; Cao *et al*., 1996; Oomah & Mazza, 1996; Bergman *et al*., 2001; Duh & Yen, 1997) و جستجو برای یافتن منابع آنتی‌اکسیدانی به‌ویژه از منابع طبیعی در حال افزایش است.

سیب‌زمینی شیرین (*Ipomoea batatas*) یک گیاه دولپه‌ای[5] علفی رونده است که به خانواده نیلوفریان[6] تعلق دارد (Woolf, 1992). خاستگاه آن مناطق آمریکای جنوبی یا مرکزی است. اما اکنون در سرتاسرجهان در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کاشت می‌شود (Loebenstein & Thottappilly, 2009). سیب‌زمینی شیرین یکی از محصولات غذایی مهم در دنیا به عنوان منبعی خوب از آنتی‌اکسیدان و ترکیبات فنولیکی معرفی شده است. علاوه برآنتوسیانین ها، ترکیبات فنولیکی (برای مثال کلروژنیک و دی کافئوایلکونیک اسید[7]) در فعالیت آنتی اکسیدانی و دیگر اثرات سلامتی بخش سیب زمینی های شیرین موثرند (Oki *et al*., 2002). در کنار نشاسته‌های ساده، سیب‌زمینی شیرین از لحاظ کربوهیدرات‌های پیچیده، فیبررژیمی، بتاکاروتن، ویتامین C و ویتامین B6 غنی می‌باشد. سیب‌زمینی شیرین براساس داده‌های منتشر شده توسط سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی (FAO)، ششمین محصول غذایی مهم در جهان است و در بین ۴۳ سبزی دیگر از لحاظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی در حد میانه است (Haung *et al*., 2006). سیب زمینی شیرین ریشه‌های ذخیره‌ای زیرزمینی تولید می‌کند که به‌طورمعمول ۴-۳ ماه بعد از کاشت، آماده برداشت است. این گیاه در بسیاری از شرایط کاشت رشد کرده و دشمنان طبیعی کمی دارد. نیاز به علف کش به ندرت اتفاق می افتد. این گیاه در اکثر خاک‌ها رشد می کند، در خاک‌های فقیر می توان با کمی کود آن را پرورش داد (Woolfe, 1992). به دلیل اینکه این گیاه بیشتر از طریق قلمه تکثیر می‌شود تا کشت بذر یا غده، کاشت آن نسبتاً آسان است. به‌دلیل رشد سریع قسمت‌های رونده هم روی علف‌های هرز سایه می‌افکند و وجین کمی مورد نیاز است و هم باعث جلوگیری از فرسایش سطحی خاک می‌شود. این گیاه به شرایط نامساعد مقاوم است و می‌توان آن را در انواع سیستم‌های کاشت به‌عنوان محصول زراعی قابل اطمینان مورد استفاده قرار داد (Loebenstein & Thottappilly, 2009). در سال‌های اخیر مطالعات انجام شده بر روی سیب زمینی شیرین به سه جنبه معطوف شده است:

الف) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن (Oki & Masuda, 2006) به‌دلیل حضور آنتوسیانین‌ها (Oki *et al*., 2002)

[1] BHA [2] BHT [3] TBHQ [4] PG [5] Dicotyledonous [6] Convolvulacea [7] Dicaffeoylqunic acid

www.SID.ir

Archive of SID

مشتقات کافئوایلکونیک اسید و کافئوایلدوسیک اسید (Dini *et al.*, 2009).

ب) فعالیت ضد ویروسی آن به دلیل وجود مشتقات کافئوایلکونیک اسید (Kwon *et al.*, 2000). محققین در دو موسسه در آمریکا سیب‌زمینی‌های شیرین اصلاح شده به طرق ژنتیکی حاوی واکسن خوراکی علیه هپاتیت ب و ویروس نوروالک تولید کرده‌اند که می‌تواند حفاظت ارزان را برای مردم فقیر در دنیا فراهم کند. (Loebenstein & Thottappilly, 2009).

ج) ویژگی های ضد دیابتی آن (Miyazaki *et al.*, 2005) به دلیل حضور فلاون‌ها (Zhao *et al.*, 2007) و پروتئین‌ها(Berberich *et al.*, 2005).

بر خلاف نام شیرین، این گیاه برای افراد دیابتی مفید است. زیرا بر اساس تحقیقات انجام شده روی حیوانات می‌تواند سطح قند خون را ثابت نگه داشته و میزان مقاومت به انسولین را کاهش دهد. به همین خاطر انتظار می‌رود که تجارت آن طی سال های پیش رو افزایش یابد (Loebenstein & Thottappilly, 2009). تمامی این ویژگی‌ها و به‌خصوص اقتصادی بودن آن برای کشورهای فقیر و در حال توسعه، تلاش مضاعفی را برای درک عمیق و کامل پتانسیل این محصول زراعی در بین محققین به دنبال داشته است. در ایران سیب‌زمینی شیرین بیشتر اطراف میناب و بندرجاسک و در سیستان و بلوچستان کاشت شده و در جنوب کشور با نام پندال و در بلوچستان با نام قجرلاهوری شناخته می‌شود. در مورد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولیکی سیب‌زمینی شیرین کاشت شده در ایران گزارشی در دست نیست. این تحقیق می‌تواند در معرفی این محصول زراعی از لحاظ خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و سلامتی‌بخش و توسعه کشت آن و وارد کردن آن در رژیم غذایی ایرانیان موثر باشد. هدف از این مطالعه، ارزیابی قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی دو رقم سیب‌زمینی شیرین کشت شده در ایران و مقایسه فعالیت عصاره های سیب‌زمینی شیرین با یک آنتی‌اکسیدان تجاری در دسترس (آلفا توکوفرول) می‌باشد.

مواد و روش ها

- آماده سازی نمونه ها

ابتدا نمونه‌های سیب‌زمینی شیرین شستشو داده شده و از عرض به صورت قطعات با ضخامت حدود دو سانتی‌متر برش داده شدند و در۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه به منظور جلوگیری از قهوه‌ای شدن بخاردهی شدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، پوست گیری با دست صورت پذیرفت. پس از آن در خشک‌کن تصعیدی مدل DW8 (Heto Holten, Denmark) قرار داده شدند و در مرحله بعدی برای دستیابی به یک پودر نرم و ریز با آسیاب خانگی آسیاب شده و پودر حاصل از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد. سپس پودر به‌دست آمده در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شده و در فریزر ۲۰- درجه سانتیگراد تا زمان مصرف ذخیره سازی شد (Rumbaoa *et al.*, 2009).

- استخراج عصاره های متانولی

به منظور استخراج ترکیبات فنولیکی ۵ گرم از پودر سیب‌زمینی شیرین با ۸۰ میلی‌لیتر متانول مخلوط شده و به مدت یک شب نگهداری گردید. سپس سوسپانسیون حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شده و ترکیبات عبور کرده از فیلتر با متانول به حجم۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول نمونه‌ها در ۴ درجه سانتیگراد در شیشه‌های تیره‌رنگ نگهداری شد تا به‌عنوان محلول استوک با غلظت۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر برای آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گیرد (Hsu *et al.*, 2003).

- تعیین میزان فنولیک کل

برای تعیین مقدار ترکیبات فنولیکی از روش فولین- سیوکالتو[1] استفاده گردید. ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه با ۱/۴ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین- سیوکالتو مخلوط گردید. بعد از گذشت حداقل ۳۰ ثانیه (اما نباید بیشتر از ۸ دقیقه به طول انجامد)، میزان ۳۰۰ میکرولیتر از محلول ٪۲۰ کربنات سدیم به آن اضافه شد و مخلوط برای ۲ ساعت در درجه حرارت محیط نگهداری شد. سپس میزان جذب در ۷۶۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر دو پرتوئی مرئی - ماورابنفش مدل BioawaveII مورد سنجش قرار گرفت. محلول های استاندارد گالیک اسید (۱۰۰ppm- ۱۰) به طور مشابه

[1] Folin- ciocalteu assay

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه شد و برای تهیه منحنی کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به‌صورت معادل میلی‌گرم گالیک اسید[1] در ۱۰۰ گرم نمونه خشک بیان گردید (Rumbaoa *et al.*, 2009).

- تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش فریک تیوسیانات استفاده گردید. میزان یک میلی‌لیتر از محلول ۱۰ میلی‌گرم در میلی لیتر نمونه به یک ظرف درب دار منتقل شد و با ۱ میلی‌لیتر از محلول لینولئیک اسید $(\frac{v}{v})$ ۲/۵۱٪ در اتانول $(\frac{w}{v})$ ۹۹/۵٪ و ۲ میلی‌لیتر از بافرفسفات ۰/۰۵ مولار با pH=۷ و یک میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد. این مخلوط در تاریکی در ۴۰ درجه سانتیگراد نگهداری گردید. محلول کنترل توسط جایگزینی یک میلی‌لیتر متانول به جای نمونه آماده گردید. سپس در مرحله دوم ۰/۱ میلی‌لیتر از مخلوط با ۹/۷ میلی‌لیتر اتانول $(\frac{v}{v})$ ۷۵٪ و ۰/۱ میلی‌لیتر محلول $(\frac{w}{v})$ ۳۰٪ تیوسیانات‌آمونیوم و ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول ۲۰ میلی‌مولار کلریدآهن در اسید کلریدریک $(\frac{v}{v})$ ۳/۵٪ مخلوط گردید. پس از ۳ دقیقه، میزان جذب در ۵۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر دو پرتوئی مرئی- ماورابنفش مدل BioawaveII اندازه گیری شد. فرایند (مرحله دوم)، در ساعت اول و پس از آن طی فواصل زمانی ۲۴ ساعته، تکرار گردید تا میزان جذب محلول کنترل به میزان بیشینه برسد. کلیه مراحل بالا در مورد محلول آلفا توکوفرول (۹۰-۱۱۰ ppm) (بر اساس معادل میکروگرم گالیک‌اسید در نمونه‌های سیب‌زمینی شیرین) نیز انجام شد. درصد بازدارندگی به صورت زیر محاسبه گردید. ΔA میزان افزایش جذب را نشان می داد (Huang *et al.*, 2006).

۱۰۰ (شاهد ΔA / ΔA نمونه)-۱=درصد فعالیت

- تعیین فعالیت خنثی سازی رادیکال های آزاد ۲و۲ دی فنیل پیکریل هیدرازیل[2]

محلول نمونه‌های حاوی معادل ۲۰- ۱ میکروگرم گالیک‌اسید از محلول اولیه تهیه گردید. یک میلی‌لیتر از آن با یک میلی‌لیتر از محلول تازه تهیه شده ۸۰ قسمت در میلیون DPPH در متانول، مخلوط شده و سپس این مخلوط در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد و میزان جذب در ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر دو پرتوئی‌مرئی- ماورابنفش مدل Bioawave II سنجیده شد. فعالیت خنثی سازی رادیکال آزاد آلفا توکوفرول (۱۰ - ۵۰ ppm) نیز تعیین گردید. درصد فعالیت با استفاده از این تساوی محاسبه شد :

۱۰۰ (جذب شاهد / جذب نمونه)-۱ = درصد فعالیت

ارزش EC50، غلظت نمونه در ۵۰٪ فعالیت، با استفاده از درون‌یابی تعیین‌گردید. هرچه جذب کمتر بود اثر خنثی سازی بالاتری مشاهده گردید (Haung *et al.*, 2005b).

تجزیه و تحلیل آماری

در مرحله اول مقایسه بین دو رقم بر اساس روش مقایسه میانگین T (در صورت نرمال بودن داده ها) و یا آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس (نرمال نبودن داده ها) صورت پذیرفت. در مرحله دوم به منظور مقایسه تفاوت بین تیمارها (ارقام سیب‌زمینی و آلفاتوکوفرول) از آنالیز واریانس تیمارها بر اساس میکروگرم آنالیز شونده در یک طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تکرار در هر تیمار بهره گرفته شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد انجام شد. از آزمون همبستگی پیرسون در سطح احتمال ۰/۰۱ استفاده گردید. نرم افزار مورد استفاده در این پژوهش SPSS و Minitab بود.

یافته ها

میزان ترکیبات فنولیک کل در دو رقم قرمز و سفید سیب‌زمینی شیرین به ترتیب۳/۹۲ ± ۱۰۸و ۵/۹۸ ± ۱۷۴ معادل میلی‌گرم گالیک اسید در صد گرم نمونه خشک بود. بازدارندگی اکسیداسیون لینولئیک‌اسید توسط روش فریک تیوسیانات مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد بازدارندگی در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در

[1] GAE = mg gallic acid equivalent/100 g dry sample

[2] DPPH

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی درصد بازدارندگی بر اساس آزمون مقایسه میانگین T نشان داد که دو رقم مختلف در ایفای نقش آنتی‌اکسیدانی با هم تفاوت معنی‌دار ندارند ($p>۰/۰۵$).

به منظور مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی دو رقم سیب زمینی شیرین و آنتی‌اکسیدان تجاری در دسترس (آلفاتوکوفرول) از آنالیز واریانس درصد فعالیت آنها بر اساس میکروگرم آنالیز شونده در میلی‌لیتر نمونه استفاده گردید. نتایج آنالیز واریانس براساس میکروگرم آنالیز شونده نشان‌داد که تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهند ($p<۰/۰۵$). برای مقایسه میانگین درصد فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های سیب زمینی شیرین و آلفا توکوفرول بر اساس میکروگرم آنالیز شونده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد (جدول۲).

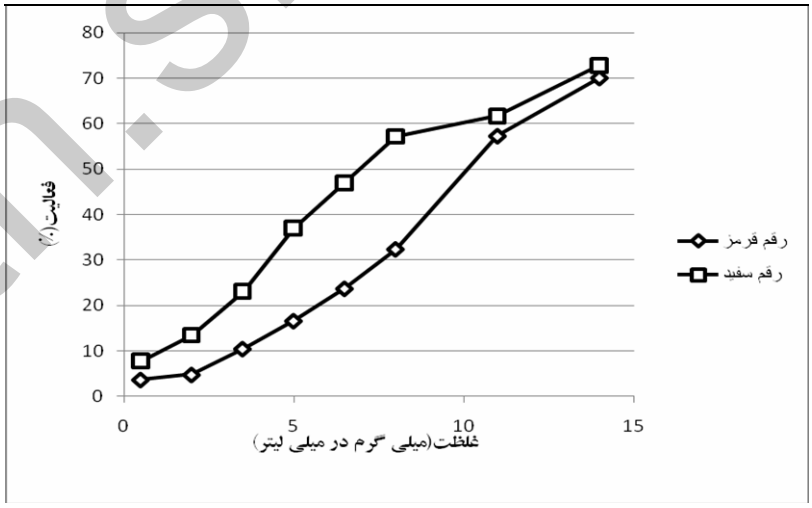
نتیجه آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان غلظت ترکیبات فنولیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین همبستگی وجود ندارد ($r= -۰/۳۰۶$ و$p> ۰/۰۵$). توانائی مهار رادیکال‌های آزاد توسط آزمایش DPPH بررسی شد. در این آزمایش با افزایش غلظت نمونه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به صورت سیگموئیدی بین ۱۴- ۰/۵ میلی‌گرم نمونه افزایش یافت (نمودار۱).

جدول۱- فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های دو رقم سیب‌زمینی شیرین در سیستم تیوسیانات و مهار رادیکال DPPH

رقم	بازدارندگی در غلظت (۵۰ میلی لیتردرمیلی گرم)	ارزش EC50 (ظرفیت خنثی کنندگی رادیکال DPPH)
قرمز	۹۶/۳۹±۱/۲۷	۱۱/۰۲ ± ۲/۳۴
سفید	۹۵/۶۲±۱/۰۱	۷/۶۵ ± ۲/۰۰

جدول ۲- میانگین درصد فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های سیب‌زمینی شیرین و آلفا توکوفرول بر اساس میکروگرم آنالیز شونده در مدل سیستم تیوسیانات (دانکن- احتمال۵ درصد)

تیمارها	میانگین (درصد فعالیت آنتی اکسیدانی)
رقم قرمز	۵۴/۱۳ c
رقم سفید	۸۷/۳۶ b
آلفا توکوفرول	۱۰۰ a



نمودار۱- فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین (مقادیر حاصل میانگین ۱۵ تکرار است)

www.SID.ir

Archive of SID

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از غلظت مهاری ۵۰٪[1]، غلظتی که در آن فعالیت خنثی‌کنندگی ۵۰٪ است، مورد بررسی قرار گرفت (جدول۱). بر اساس آزمون مقایسه میانگین T بین فعالیت خنثی کنندگی رادیکال DPPH دو رقم سیب‌زمینی شیرین با یکدیگر تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). به منظور مقایسه فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH دو رقم سیب‌زمینی شیرین و آنتی اکسیدان تجاری در دسترس (آلفا توکوفرول) از آنالیز واریانس غلظت مهارکنندگی آن‌ها بر اساس میکروگرم آنالیز شونده در میلی‌لیتر نمونه استفاده گردید. نتایج مقایسه‌ها و رده‌بندی حروف دانکن نشان داد که عصاره‌های دو رقم سیب‌زمینی شیرین و آلفاتوکوفرول دارای توانائی یکسانی در به‌دام انداختن رادیکال آزاد DPPH هستند (جدول۳).

جدول۳- مقایسه میانگین فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین و آلفا توکوفرول بر اساس میکروگرم آنالیزشونده (دانکن- احتمال۵ درصد)

تیمارها	میانگین
رقم قرمز	^{a} ۱۱/۶۴
رقم سفید	^{a} ۱۲/۹۷
آلفا توکوفرول	^{a} ۱۲/۶۱

نتیجه آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان غلظت ترکیبات فنولیکی و توانائی خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین همبستگی وجود داشت ($r = -۰/۸۷۷$ و $p<۰/۰۱$).

بحث

میزان ترکیبات فنولیک کل در دو رقم قرمز و سفید سیب‌زمینی شیرین به ترتیب۳/۹۲ ± ۱۰۸و ۵/۹۸ ± ۱۷۴معادل میلی‌گرم گالیک اسید در صد گرم نمونه خشک بود. Rumbaoa و همکاران میزان ترکیبات فنولیک موجود در چند واریته سیب زمینی شیرین فیلیپینی را ۱۱۵۹ - ۱۹۲/۷ معادل میلی‌گرم گالیک‌اسید در صد گرم نمونه خشک گزارش کردند (Rumbaoa *et al.*, 2009). یوشیموتو این میزان را ۱۸-۲ معادل میلی‌گرم کلروژنیک اسید در گرم نمونه یا ۸۶۴/۲۶ - ۹۶/۰۳ معادل (اکی‌والانت) گالیک اسید در صد گرم نمونه خشک گزارش‌کرد (Yoshimoto, 1999). Vinson و همکاران مقدار ۱۰۵/۴۷± ۲۳۳/۰۶ معادل میلی‌گرم کلروژنیک‌اسید در صد گرم نمونه خشک را برای یک نمونه سیب زمینی شیرین به‌دست آوردند (Vinson *et al.*, 1998). میزان فنولیک کل در دو رقم مورد بررسی نسبت به اعداد ذکر شده در بالا در حد متوسط بود. اما نسبت به انواع سیب‌زمینی‌های شیرین مورد آزمون توسط تئو و همکاران که این میزان را ۴۲/۲-۰/۱ میلی‌گرم اکی والانت (معادل) گالیک اسید در صد گرم نمونه خشک و لاکو و همکاران که آن را ۴۳-۱۴ میلی‌گرم اکی والانت (معادل) گالیک‌اسید در صد گرم نمونه خشک بیان کرده بودند، در مرتبه بالاتری قرار داشت (Lako *et al.*, 2007; Teow *et al.*, 2007). تفاوت در میزان ترکیبات فنولیکی در بین دو رقم ممکن است به دلیل تفاوت موجود بین ژنوتیپ باشد، که تجمع ترکیبات فنولیکی را توسط سنتز مقادیر متفاوت آن و یا نوع ترکیبات فنولیک تحت تاثیر قرار می‌دهد (Rumbaoa *et al.*, 2009). همچنین شرایطی که گیاه در آن رشد نموده نیز می‌تواند نقش مهمی در تشکیل متابولیت‌های ثانویه، شامل فنولیک‌اسیدها، داشته باشد (Teow *et al.*, 2007).

مدل سیستم تیوسیانات، به بررسی توانائی عصاره‌ها در شکستن واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون چربی از طریق احیا رادیکال‌های چربی می‌پردازد. هر دو عصاره در این مدل سیستم، اثر آنتی اکسیدانی مطلوبی را نشان دادند. عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین نسبت به آلفا توکوفرول عمل بازدارندگی بهتری براساس میکروگرم آنالیز شونده داشتند. آلفاتوکوفرول به فعالیت ۸۵/۱۷٪ در غلظت ۱۰۰میکروگرم/ میلی‌لیتر برحسب میکروگرم آنالیز شونده (معادل میکروگرم گالیک‌اسید در نمونه های سیب‌زمینی شیرین) می‌رسید. در حالیکه دو رقم سیب‌زمینی شیرین در غلظت‌های پائین‌تر فعالیت بیشتری را نشان می‌دادند. رقم سفید به فعالیت۹۵/۶۲٪ در غلظت ۸۷/۳۶ µgGAE /ml و رقم قرمز به فعالیت ۹۶/۳۹٪ در ۵۴/۱۳ µgGAE /ml دست می‌یافت. Haung و

[1] EC50 Value

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران نیز تفاوت آنتی اکسیدانی مشخص(۹۰٪<) را برای عصاره های آبی و اتانولی سیب‌زمینی شیرین گزارش کردند(Haung *et al*., 2004).

Rumbaoa و همکاران فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۹۹/۴-۸۷/۴ درصد را برای عصاره‌های متانولیکی پنج واریته مختلف سیب زمینی شیرین فیلیپینی گزارش کردند (Rumbaoa *et al*., 2009). عدم همبستگی میان غلظت ترکیبات فنولیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین می‌تواند به‌دلیل حضور دیگر ترکیبات غیرفنولیکی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی مثل آسکوربیک‌اسید و کاروتنوئیدها باشد که در واریته‌های مختلف سیب‌زمینی شیرین حضور دارند (Haung *et al*., 2005b; Kalt, 2005 ; Lako *et al*., 2007).

مدل سیستم DPPH توانائی عصاره‌ها را در به‌دام انداختن و غیرفعال‌کردن رادیکال‌های آزاد نشان می‌داد. عصاره‌ها در این مدل سیستم نیز قدرت آنتی‌اکسیدانی مناسبی را نشان می‌دادند. بر اساس نمودار ۱ با افزایش غلظت نمونه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به صورت سیگموئیدی بین ۱۴- ۰/۵ میلی گرم نمونه افزایش می‌یافت. این روند توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Haung *et al*., 2005b; Rumbaoa *et al*., 2009). بر اساس داده های مندرج در جدول ۱ رقم سفید توانائی بیشتری در به دام انداختن رادیکال آزاد DPPH، بر اساس غلظت مهارکنندگی ۵۰٪ داشت. میزان غلظت مهار کنندگی۵۰٪ در تحقیقات Rumbaoa و همکاران در گستره ۶/۴-۰/۷ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره و در تحقیقات Haung و همکاران در گستره ۵/۲۳-۰/۴۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره گزارش شده است (Rumbaoa *et al*., 2009; Haung *et al*., 2005) اعداد به‌دست آمده در تحقیقات بالا به میزان ترکیبات فنولیک واریته‌های مورد سنجش بستگی داشته است به طوریکه هر چه میزان غلظت ترکیبات فنولیکی واریته‌ای بالاتر باشد در غلظت‌های پائین‌تری به غلظت مهارکنندگی ۵۰٪ دست می‌یابد. نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاصل با نتایج دیگر محققین همخوانی داشت (Rumbaoa *et al*., 2009; Haung *et al*., 2005). عصاره‌های دو رقم سیب‌زمینی شیرین و آلفاتوکوفرول دارای توانائی یکسانی در به دام انداختن رادیکال‌آزاد DPPH هستند. بنابراین عصاره‌ها می‌توانند از صدمه رسیدن به غشای سلول‌ها و ماکرومولکول‌های حیاتی توسط رادیکال هیدروکسیل جلوگیری نمایند (Rumbaoa *et al*., 2009). وجود همبستگی میان غلظت ترکیبات فنولیکی و فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌آزاد DPPH عصاره‌های سیب‌زمینی شیرین نشان داد که ترکیبات فنولیکی از عوامل فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکالی آن‌ها هستند. وجود این همبستگی توسط برخی دیگر از محققین گزارش شده است (Rumbaoa *et al*., 2009; Haung *et al*., 2004; Teow *et al*., 2007).

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ذکرشده، عصاره‌های متانولی سیب‌زمینی شیرین قادرند در جلوگیری از اکسیداسیون و مهار رادیکال‌های آزاد موثر باشند. بدین ترتیب می‌توان دو رقم سیب‌زمینی شیرین حاصل را به عنوان گیاه دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی معرفی نمود و این اثر را ناشی از حضور ترکیبات فنولیکی در آن دانست.

منابع

Amarowicz, R., Naczk, M. & Shahidi, F. (2000). Antioxidant activity of crude tannins of canola and rapeseed hulls. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77(9): 957-961.

Berberich, T., Takagi, T., Miazaki, A., Otani, M., Shimada, T. & Kusano, T. (2005). Production of mouse adiponectin, a anti-diabetic protein, in transgenic sweet potato plants. Journal of plant Physiology, 162: 1169-1176.

Bergman, M., Varshavsky, L., Gottlieb, H. & Grossman, S. (2001). The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. Phytochemistry, 58(1): 143-152.

Cao, G., Sofic, E. & Prior, R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 3426–3431.

Dini, I., Tenore, G. & Dini, A. (2009). Saponins in Ipomoea batatas tubers:

www.SID.ir

Archive of SID

Isolation, characterization, quantification and antioxidant properties. Food Chemistry, 113(2): 411-419.

Duh, P. & Yen, G. (1997). Antioxidative activity of three herbal water extracts. Food Chemistry, 60(4): 639-645.

Halliwell, B. & Gutteridge, J. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. Methods in enzymology, 186: 1-85.

Halliwell, B. (1999). Food-derived antioxidants. Evaluation of their importance in food and in vivo. Food Science and Agricultural Chemistry, 1: 67–109.

Hsu, C. L., Chen, W., Weng, Y. M. & Tseng, C. Y. (2003). Chemical composition physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chemistry, 83; 85–92.

Huang, D. J., Lin, C. D., Chen, H. J. & Lin, Y. H. (2004). Antioxidant and-antiproliferative activities of sweet potato (Ipomoea batatas [L.] Lam 'Tainong 57') constituents. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 45: 179–186.

Huang, Y., Chang, Y. & Shao, Y. (2006). Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. Food Chemistry, 98(3): 529-538.

Kalt, W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and

vegetable antioxidants. Journal of Food Science, 70: 11–19.

Kaur, C. & Kapoor, H. C. (2002). Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. International Journal of Food Science and Technology, 37:153-161.

Kwon, H. C., Jung, C. M., Shin, C, G., Lee, J. K., Choi, S. U. & Kim, S. Y. (2003). A new caffeoyl quinic acid from Aster scaber and its inhibitory activity against human immune deficiency virus-1 (HIV-1) integras. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 48: 1796-1798.

Lako, J., Trenerry, V. C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S . &

Prenier, R. (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. Food Chemistry, 101:1727–1741.

Larson, R. (1988). The antioxidants of higher plants. Phytochemistry, 27(4): 969-978.

Loebenstein, G. & Thottappilly, G. (2009). The sweet potato, Springer, Berlin, pp. 3-18.

Miyazaki, Y., Kusano, S., Doi, H. & Aki, O. (2005). Effects on immune response of antidiabetic ingredients from white-skinned sweet potato (Ipomoea batatas L.). Nutrition, 21(3): 358-362.

Namiki, M. (1990). Antioxidants/ antimutagens in food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 29(4): 273-300.

Oki, T., Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y., Terahara, N. & Suda, I. (2002). Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical scavenging activity of purple- fleshed sweet potato cultivars. Journal of Food Science, 67: 1752–1756.

Oki, T. & Masuda, M. (2006). Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. Journal of Food Science, 67(5): 1752-1756.

Oomah, B. & Mazza, G. (1996). Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. J. Agric. Food Chem, 44(7): 1746-1750.

Rumbaoa, R., Cornago, D. & Geronimo, I. (2009). Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (Ipomoea batatas) varieties. Food Chemistry, 113(4): 1133-1138.

Teow, C., Truong, V., McFeeters, R., Thompson, R., Pecota, K. & Yencho, G. (2007). Antioxidant activities, phenolic and [beta]-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chemistry, 103(3): 829-838.

Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L. & Oomah, B. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agric. Food Chem, 46(10): 4113-4117.

Woolfe, J. (1992). Sweet potato: An untapped food resource, Cambridge Univ Press.

Yoshimoto, M. (1999). Antimutagenicity of sweet potato (Ipomoea batatas) roots. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 63: 537–541.

Zhao, R. Li, Q., Long, L., Li, J., Yang, R. & Gao, D. (2007). Antidiabetic activity of flavones from Ipomoea *batatas* leaf in non-insulin dependent diabetic rats. International Journal of Food Science and Technology, 42: 80-85.

www.SID.ir