Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره ۳۷، بهار ۱۳۹۴ / صفحات: ۹-۱

سنجش میزان محتوی فنول کل و فعالیت ضداکسایشی در قسمت‌های مختلف میوه بنه (*Pistacia atlantica* subsp. *Kurdica*)

علی‌اصغر حاتم‌نیا*[۱]، پرویز ملک‌زاده[۲]

[۱]استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ایلام

[۲]استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه قم

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲٤ تاریخ پذیرش:۹۳/۱۰/۱۱

چکیده

در این تحقیق محتوی فنول کل و فعالیت ضداکسایشی در قسمت‌های مختلف میوه بنه با مبدأ استان کردستان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد در میان نمونه‌های آزمایش شده، عصاره پوست سبز بیرونی نسبت به مغز و پوست داخلی دارای بیشترین میزان محتوی فنول کل بود. همچنین ظریب همبستگی مثبتی بین محتوی فنول کل با ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت و قدرت احیاکنندگی عصاره قسمت‌های مختلف میوه مشاهده گردید. نتایج نشان داد که فعالیت ضداکسایشی عصاره پوست سبز بیرونی به‌طور معنی‌داری بیشتر از عصاره‌های مغز و پوست داخلی بوده که می‌توان آن را به میزان بالای محتوی فنول و فلاوونوئید نسبت داد. نتایج مربوط به شاخص EC_{50} (غلظتی از عصاره که در آن غلظت، میزان جمع‌آوری رادیکال ۵۰ درصد است) نیز نشان داد که عصاره پوست سبز بیرونی با پایین‌ترین میزان فعالیت ضداکسایشی وضعیت مناسبی دارد. سنجش‌های متفاوت ضداکسایشی در این تحقیق نشان داد که عصاره پوست سبز بیرونی با فعالیت ضداکسایشی قوی می‌تواند به‌عنوان منبعی از ضد اکساینده‌های طبیعی معرفی گردد.

واژه‌های کلیدی: پوست سبز بیرونی، پوست داخلی، فعالیت ضداکسایشی، فلاوونوئید، فنول کل، مغز، میوه

مقدمه

بنه (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) یک گونه از خانواده Ancardiaceae است که عمدتا در نواحی غرب و به میزان کمتری در شرق و مرکز ایران پراکنده شده و ناحیه‌ای به وسعت ۱۲۰۰۰۰۰ هکتار را پوشش می‌دهند. جنس *Pistacia* دارای ۱۱ گونه می‌باشد که در میان آنها گونه‌های *P. vera*، *P. atlantica* و *P. lentiscus* var *chia* از لحاظ اقتصادی و دارویی دارای اهمیت فراوانی هستند (Farhoosh et al., 2008).

گونه *Pistacia atlantica* در ایران به عنوان بنه شناخته شده و دارای کاربردهای غذایی و دارویی می‌باشد. صمغ حاصل از درخت بنه را سقز می‌نامند که دارای خواص خوراکی، دارویی و صنعتی (تهیه آدامس، صنایع داروسازی، لاک، رنگ و پلیمر) فراوان می‌باشد. میوه آن بعد از آسیاب کردن و مخلوط کردن با افزودنی‌های دیگر به وسیله افراد بومی به مصرف می‌رسد. علاوه بر این از میوه‌های نارس آن برای

*نویسنده مسئول: hatamniya60@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

درست کردن مربا و از روغن‌های حاصل از پوست و مغز میوه به‌عنوان روغن سرخ شدنی استفاده می‌شود (Hatamnia et al., 2015b).

در طی چندین سال اخیر تحقیقات فراوانی روی فعالیت ضداکسایشی ترکیبات ثانویه گیاهان صورت گرفته که بیشتر تحقیقات روی میوه‌ها و دانه‌های گیاهی به‌ویژه میوه‌های فندوقه خوراکی از جمله گردو (Akbari et al., 2012)، بادام (Jahanban Sfahlan et al., 2009)، پسته (Tomaino et al., 2010)، *Pistacia khinjuk* (Hatamnia et al., 2015a) و غیره می‌باشد. مطالعات روی بنه بیشتر روی اسیدهای چرب و تری‌گلیسریدها (Farhoosh et al., 2008; Benhassaini et al., 2007)، ترکیبات شیمیایی الئورزین و روغن‌های ضروری (Benhassaini et al., 2008)، فلاوونوئیدها (Kawashty et al., 2002) انجام شده است. به هر حال بررسی‌های صورت گرفته روی ترکیبات فنولی به‌عنوان ضد اکسنده اندک می‌باشد (Farhoosh et al., 2011; Gourine et al., 2010; Hatamnia et al., 2015b).

گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی که سبب آسیب رساندن به لیپیدها، غشاها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود دخالت دارد. گونه‌های فعال اکسیژن نقش مهمی در شروع یا پیشرفت بیماری‌های مختلفی از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی- عروقی و التهابی ایفا می‌کنند (Kaur and Kapoor, 2001; Hu and Willett, 2002). بنابراین در سال‌های اخیر مطالعات زیادی روی پتانسیل ترکیبات گیاهی به عنوان ضد اکسایند در مبارزه با بیماری‌های مختلف انجام گرفته است. علاوه بر این این ثابت شده است که اثرات ضداکسایشی ترکیبات گیاهی به‌طور عمده به علت ترکیبات فنولی از قبیل اسیدهای فنولیک، فلاوونوئیدها، تانن‌ها و دی ترپن‌های فنولیک می‌باشد.

بسیاری از ضداکسایندهای سنتتیک و غیرطبیعی از جمله BHT (butylated hydroxytoluene)، BHA (butylated hydroxyanisol)، PG (propyl gallate) و TBHQ (tertiary butyl hydroxyl quinine) به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما این احتمال و گمان وجود دارد که این ترکیبات اثرات منفی روی سلامتی به همراه داشته باشند لذا تمایل برای استفاده از ضد اکسایندهای طبیعی روز به روز رو به افزایش است. لذا با توجه به مطالب فوق هدف از انجام این تحقیق بررسی محتوی فنول کل و فعالیت ضداکسایشی در قسمت‌های مختلف میوه بنه بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: میوه‌های بالغ بنه از شهر بانه (کوه آربابا در ارتفاع ۱۹۹٤ متری) از استان کردستان در شهریورماه سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شدند. پس از جمع‌آوری، سه قسمت میوه که شامل پوست سبز بیرونی (Hull)، پوست داخلی (Shell) و مغز (Kernel) می‌باشند از هم جدا شد و اجازه داده شد تا در دمای اتاق به طور کامل خشک شوند. بعد از آن نمونه‌ها آسیاب شده و به‌صورت پودر نرم در آمدند. سپس این نمونه‌ها تا موقع عصاره‌گیری در دمای اتاق نگهداری شدند.

عصاره‌گیری ترکیبات فنولی: ۱/۵ گرم از پودرهای آماده شده‌ی تمامی قسمت‌های میوه درون دستگاه سوکسله و با استفاده از متانول (۲۵ میلی‌لیتر) در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۳۰ دقیقه عصاره‌گیری شد (Wijeratne et al., 2006).

تعیین محتوای فنول کل: برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل از روش Tsantili و همکاران (۲۰۱۰) با اندکی تغییرات استفاده شد. به این ترتیب که ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده به ۲/٦ میلی‌لیتر آب مقطر

www.SID.ir

Archive of SID

و ۰/۲ میلی‌لیتر شناساگر فولین- سیوکالتئو (FCR) اضافه و کاملاً مخلوط شد. بعد از ۳ دقیقه ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن اضافه شد و به صورت دوره‌ای به‌مدت ۲ ساعت در دمای اتاق بهم زده شد. پس از ۹۰ دقیقه، جذب آن در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biowave, WPA S2100, England) اندازه‌گیری و مقدار آن با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه گردید.

تعیین محتوای فلاوونوئیدی کل: محتوای فلاوونوئیدی کل با استفاده از روش Yang و همکاران (۲۰۰٤) با اندکی تغییرات محاسبه شد. به این صورت که ۰/۲۵ میلی‌لیتر از عصاره‌های ۱۰ برابر رقیق شده با ۱/۲۵ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۰۷ میلی‌لیتر نیتریت سدیم ۵ درصد مخلوط شد. بعد از گذشت ۵ دقیقه، ۰/۱۵ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به آن اضافه و اجازه داده شد تا واکنش کامل شود. بعد از زمان ٦ دقیقه، ۰/۵ میلی‌لیتر هیدرواکسید سدیم یک مولار به آن اضافه شد. در پایان به تمامی لوله‌های آزمایش یک میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و بلافاصله جذب آن بوسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۰nm تعیین گشت. مقدار فلاوونوئیدی کل با استفاده از منحنی استاندارد کاتچین محاسبه شد.

ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH: برای سنجش میزان جمع‌آوری رادیکال DPPH (2,2-diphenyl- 1- picrylhydrazyl) از روش Wu و همکاران (۲۰۰۳) با اندکی تغییرات استفاده شد. طبق این روش ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ها با ۱/۵ میلی‌لیتر از DPPH (۱۵/ میلی‌مولار در اتانول ۹٦ درصد) مخلوط گردید. سپس بعد از انکوبه کردن در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه جذب آن در ۵۱۵ نانومترخوانده شد. سپس درصد جمع‌آوری رادیکال DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$RAS\% = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

در این معادله A_0 مربوط به شاهد (شامل تمامی عوامل واکنش به استثناء عصاره) و A_1 مربوط به محلول واکنش حاوی عصاره بود. EC_{50} غلظتی از عصاره می‌باشد که در آن غلظت میزان جمع‌آوری رادیکال ۵۰ درصد است.

ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت: برای محاسبه ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت از واکنش Griess Illosvoy استفاده شد (Garrat, 1964). مخلوط واکنش حاوی سدیم نیتروپروسید ۱۰ میلی‌مولار (۲ میلی‌لیتر)، بافر فسفات سالین (۰/۵ میلی‌لیتر) و عصاره (۵۰ میکرولیتر) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵۰ دقیقه انکوبه شد. بعد از انکوباسیون ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط واکنش با یک میلی‌لیتر از معرف سولفانیلیک اسید (۰/۳۳ درصد در استیک اسید گلاسیال ۲۰ درصد) مخلوط و اجازه داده شد برای مدت ۵ دقیقه واکنش کامل گردد. سپس یک میلی‌لیتر نفتیل اتیلن دی آمین دی هیدروکلرید به آن اضافه شد و برای مدت ۳۰ دقیقه مخلوط در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. در پایان به تمامی نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و جذب محلول در طول موج ۵٤۰ نانومتر خوانده شد. درصد جمع‌آوری از رابطه‌ی زیر بدست آمد.

$$\text{درصد جمع‌آوری رادیکال} = (A_{blank} - A_{sample})\ 100/A_{sample}$$

سنجش FRAP: قدرت احیاکنندگی عصاره قسمت‌های مختلف میوه با استفاده از سنجش FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) بر اساس روش Nilsson و همکاران (۲۰۰۵) تعیین گردید. ۵۰ میکرولیتر از عصاره‌های تهیه شده با ۳ میلی‌لیتر از معرف FRAP مخلوط شد. سپس در دمای اتاق به‌مدت ۳۰ دقیقه انکوبه گردید و جذب واکنش در ۵۹۳ نانومتر اندازه گیری شد و مقدار آن با استفاده از منحنی استاندارد اسید آسکوربیک محاسبه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

در این تحقیق اختلاف بین قسمت‌های مختلف میوه با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و تست Tukey در سطح آماری ۵ درصد (P<۰/۰۵) آنالیز گردید.

نتایج

محتوی فنول کل قسمت‌های مختلف میوه بنه در جدول ۱ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد (P<۰/۰۵) در میزان محتوی فنول کل بین پوست سبز بیرونی و قسمت‌های دیگر میوه مشاهده شد، به طوری که پوست سبز بیرونی دارای بالاترین میزان فنول کل (۳۷/٦۵ میلی‌گرم/ گرم ماده خشک) بود که این میزان در پوست داخلی و مغز به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۱/۷۰ میلی‌گرم/ گرم ماده خشک می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محتوی فنول کل در پوست سبز بیرونی تقریباً به‌ترتیب ١٤ و ۲۲ برابر بیشتر از پوست داخلی و مغز می‌باشد.

محتوی فلاوونوئید کل قسمت‌های مختلف میوه بنه در جدول ۱ نشان داده شده است. محتوی فلاوونوئید در پوست سبز بیرونی بسیار بالاتر از مقدار آن در بخش پوست داخلی (تقریباً ۱۷ برابر) بوده، به علاوه اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد (P<۰/۰۵) در تمامی بخش‌های میوه مشاهده شد.

جدول ۱: محتوی فنول (میلی‌گرم گالیک اسید/گرم ماده خشک) و فلاوونوئید (میلی‌گرم کاتچین/گرم ماده خشک) در بین قسمت‌های مختلف میوه بنه. داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار می‌باشد.

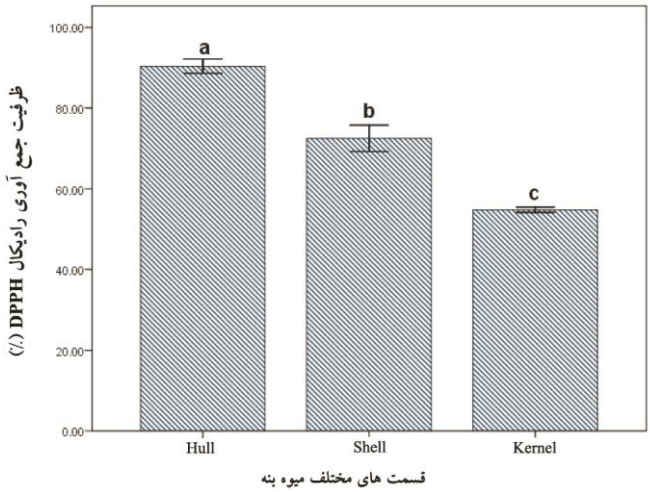
قسمت‌های مختلف میوه	محتوی فنول کل	محتوی فلاوونوئید
پوست سبز داخلی	۳۷/٦۵ ±۱/۲۵ a	۷/۷۳ ±۰/۷۲ a
پوست داخلی	۲/۷۲ ±۰/۷۱ b	۰/٤٦ ±۰/۰۷ c
مغز	۱/۷۰ ±۰/۷۳ b	۵/۸۲ ±۰/۷۱ b

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوتی هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

مقایسه میزان ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH در قسمت‌های مختلف میوه در شکل ۱ نشان داده شده است. در بررسی ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH قدرت عصاره‌های قسمت‌های مختلف میوه در توانایی بخشیدن به اتم‌های هیدروژن و یا الکترون به رادیکال DPPH بررسی شد. در تمامی عصاره‌های مورد بررسی تغییر رنگ از بنفش (رادیکال DPPH) به زرد (حالت خنثی) مشاهده شد، اما با این حال میزان تغییر رنگ بین قسمت‌های مختلف میوه متفاوت بوده که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین عصاره‌های مختلف می‌باشد. بیشترین و کمترین میزان ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH به‌ترتیب در عصاره پوست سبز بیرونی (۹۰/۷ درصد) و مغز (٥٤/۸ درصد) مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبتی در سطح احتمال ۱ درصد بین محتوی فنول کل و ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH (r =۰/۸۷٤) دیده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH در قسمت‌های مختلف میوه بنه. ستون‌های عمودی نشانگر میانگین و انحراف معیار هستند. میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوتی هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. Hull (پوست سبز بیرونی)، Shell (پوست داخلی)، Kernel (مغز).

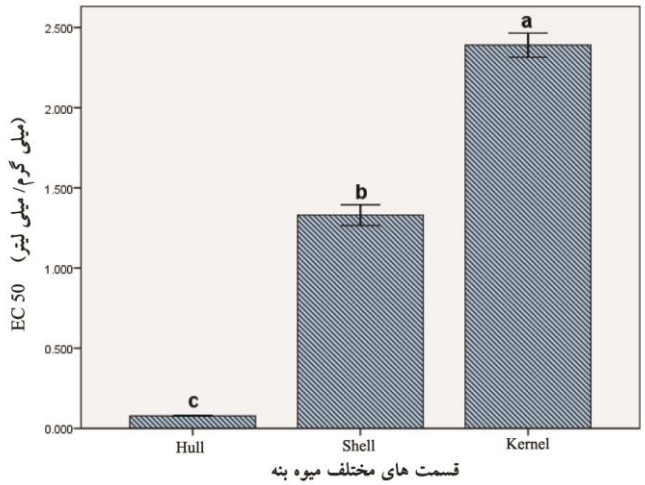
نتایج مربوط به شاخص EC_{50} در شکل ۲ ارائه شده است. میزان شاخص EC_{50} رابطه منفی با فعالیت‌های ضداکسایشی دارد، چنانچه شاخص EC_{50} پایین تر نشان دهنده فعالیت ضداکسایشی بالاتر و بر عکس می‌باشد. میزان شاخص EC_{50} برای عصاره پوست سبز بیرونی (۰/۰۷۸ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر)، پوست داخلی (۱/۳۳ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) و مغز (۲/۳۹ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) بدست آمد.

بر اساس نتایج به دست آمده از ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت، اختلاف معنی‌دار بین قسمت‌های مختلف میوه در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲). به طوری‌که، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت در عصاره پوست سبز بیرونی، پوست داخلی و مغز به‌ترتیب ۹۴/۱، ۷۲/۷ و ۷۰ درصد اندازه‌گیری شد. همبستگی مثبت معنی‌دار بین محتوی فنول کل و ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت (r =۰/۹۹٤) مشاهده گردید (جدول ۳).

همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در قسمت‌های مختلف میوه از نظر فعالیت سنجش FRAP تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت سنجش FRAP در پوست سبز بیرونی (۵/٤۷ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) مشاهده شد که این میزان تقریباً ۱۳/٦ و ۱۱/٦ برابر بیشتر نسبت به پوست داخلی و مغز بود. نتایج حاصله نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت سنجش FRAP با محتوی فنول کل (r =۰/۹۹۸) و محتوی فلاوونوئید کل (r =۰/۷۰٤) وجود دارد (جدول ۳). بین ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت و سنجش FRAP با شاخص EC_{50} همبستگی منفی و معنی‌دار (به‌ترتیب، r= −۰/۹۵۵، r= −۰/۹۲۸ و r= −۰/۸۸۱) بدست آمد (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: شاخص EC_{50} در قسمت‌های مختلف میوه بنه. ستون‌های عمودی نشانگر میانگین و انحراف معیار هستند. میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوتی هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. Hull (پوست سبز بیرونی)، Shell (پوست داخلی)، Kernel (مغز).

جدول ۲: ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت (درصد) و سنجش FRAP (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) در بین قسمت‌های مختلف میوه بنه. داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار می‌باشد.

قسمت‌های مختلف میوه	ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت	سنجش FRAP
پوست سبز داخلی	۹٤/۱ ±۰/۱۹ a	۵/٤۷ ±۰/۱۱ a
پوست داخلی	۷۲/۷ ±۰/٦۹ b	۰/٤۰ ±۰/۰۱ b
مغز	۷۰/۰ ±۰/۱٤ c	۰/٤۷ ±۰/۰٤ b

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوتی هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۳: همبستگی بین محتوی فنول کل، محتوی فلاوونوئیدها، سنجش FRAP، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH و EC_{50} در قسمت‌های مختلف میوه.

	محتوی فنول کل	محتوی فلاوونوئید	FRAP سنجش	ظرفیت‌جمع‌آوری رادیکال نیتریت	ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH	EC_{50}
محتوی فنول کل	۱	۰/٦۸۰*	۰/۹۹۸**	۰/۹۹٤**	۰/۸۷٤**	-۰/۸۹۹**
محتوی فلاوونوئید		۱	۰/۷۰٤*	۰/٦۱۷	۰/۲٤۸	-۰/۲۹۸
سنجش FRAP			۱	۰/۹۹۲**	۰/۸۵۵**	-۰/۸۸۱**
ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت				۱	۰/۹۰٤**	-۰/۹۲۸**
ظرفیت جمع‌آوری رادیکالDPPH					۱	-۰/۹۵۵**
EC_{50}						۱

* همبستگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. ** همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق محتوی فنول و فلاوونوئید کل بخش پوست سبز خارجی میوه بنه از سایر بخش‌ها بیشتر بود که مطالعات صورت گرفته توسط Hatamnia و همکاران (a ۲۰۱۵) و Tomaino و همکاران (۲۰۱۰) تأیید کننده این امر می‌باشد. از طرف دیگر مطالعات زیادی نشان می‌دهد که بین محتوی فنول کل و فعالیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد رابطه مستقیمی وجود دارد (Akbari et al., 2012; Gourine et al., 2010; Hatamnia et al., 2015a, 2015b).

ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH به عنوان یکی از فاکتورهای مهم جهت بررسی میزان فعالیت ضداکسایشی استفاده می‌شود (Prior et al., 2005). در این تحقیق رادیکال DPPH به‌وسیله‌ی ترکیبات ضداکساینده احیاء شده و تغییر رنگ از بنفش (رادیکال) به زرد (حالت خنثی) در طول موج ۵۱۵ نانومتر مورد بررسی قرار گرفت، با این حال میزان تغییر رنگ بین قسمت‌های مختلف میوه متفاوت بوده به‌طوری‌که عصاره پوست سبز بیرونی نسبت به پوست داخلی و مغز تغییر رنگ بیشتری را نشان داد که این امر نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین عصاره‌های مختلف بود. در گزارش‌های قبلی نیز نشان داده شده که ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH در بخش پوست سبز بیرونی بیشتر است (Akbari et al., 2012; Hatamnia et al., 2015a).

نیتریک اکسید حاصل از نیتروپروسید با اکسیژن واکنش داده و رادیکال نیتریت را تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر عصاره‌های فنولی به عنوان مواد ضد اکساینده در رقابت با نیتریک اکسید با اکسیژن ترکیب شده بنابراین تشکیل رادیکال نیتریت را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد که در نتیجه آن نیتریک اکسید به محصولات احیایی آن تبدیل می‌شود (Marcocci et al., 1994). در این مطالعه بین ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت و محتوی فنول کل همبستگی مثبت معنی‌دار بدست آمد. این نتایج بیانگر این امر است که در قسمت‌های مختلف میوه بنه میزان ترکیبات فنولی متفاوت بوده به‌طوری‌که عصاره پوست سبز بیرونی نسبت به دو قسمت دیگر میوه دارای ترکیبات فنولی بیشتر نتیجه ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت بالاتری می‌باشد. در نتیجه عصاره پوست سبز بیرونی در رقابت با نیتریک اکسید برای ترکیب شدن با اکسیژن نسبت به پوست داخلی و مغز موفق تر بوده بنابراین تشکیل رادیکال نیتریت را به میزان قابل توجهی کاهش داد. نتایج حاصله از این مطالعه در تطابق با نتایج Hatamnia و همکاران (a ۲۰۱۵) می‌باشد.

سنجش FRAP روشی ساده، قابل تکرار، سریع و بدون هزینه می‌باشد که قدرت احیاء کنندگی ترکیبات ضد اکسایندە را اندازه‌گیری می‌کند.این روش سبب احیاء یون Fe^{+3} به یون Fe^{+2} می‌شود و یکی از پارامترهای مهم برای بررسی میزان فعالیت ضداکسایشی می‌باشد (Prior and Cao, 1999). در گزارش‌های قبلی نیز نشان داده شده بود که میزان سنجش FRAP در قسمت‌های مختلف میوه بنه متفاوت بوده و این میزان در بخش پوست سبز بیرونی بیشتر است (Hatamnia et al., 2015a).

همان‌گونه که در جدول ۳ مشخص است همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روش‌های متفاوت اندازه‌گیری فعالیت ضداکسایشی (ظرفیت جمع‌آوری رادیکال DPPH، ظرفیت جمع‌آوری رادیکال نیتریت و سنجش FRAP) وجود دارد، که بیانگر اهمیت این روش‌ها در تعیین فعالیت ضداکسایشی می‌باشد. در مطالعات انجام گرفته توسط Hatamnia و همکاران (b و a ۲۰۱۵) نیز این همبستگی بین روش‌های متفاوت ضداکسایشی به‌دست آمده که با نتایج حاصل

www.SID.ir

Archive of SID

از این تحقیق مطابقت دارد. از طرف دیگر با وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوی فنول کل و روش‌های متفاوت اندازه‌گیری فعالیت ضداکسایشی به نظر می‌رسد که محتوی فنول کل می‌تواند عامل اصلی فعالیت ضداکسایشی این عصاره‌ها باشد که این نتایج قبلاً توسط محققین دیگر اثبات شده است (Ferreira et al., 2007; Gourine et al., 2010; Hatamnia et al., 2015a, 2015b; Yang et al., 2004).

وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص EC_{50} با روش‌های متفاوت اندازه‌گیری فعالیت ضداکسایشی نشان‌دهنده این واقعیت است که کاهش شاخص EC_{50} با افزایش فعالیت ضداکسایشی همراه می‌باشد. این واقعیت توسط محققان دیگری از جمله Akbari و همکاران (۲۰۱۲) و Hatamnia و همکاران (a و b ۲۰۱۵) نیز تأیید شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

هدف از این مطالعه ارزیابی محتوی فنول کل و فعالیت ضداکسایشی قسمت‌های مختلف میوه بنه بود. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین محتوی فنول کل و فعالیت‌های ضداکسایشی وجود دارد که می‌توان میزان فعالیت‌های ضداکسایشی را به میزان محتوی فنول کل نسبت داد، در این رابطه پوست سبز بیرونی نسبت به دو بخش دیگر میوه (پوست داخلی و مغز) دارای مقادیر بالاتری از محتوی فنول کل بوده و میزان فعالیت‌های ضداکسایشی آن نیز بیشتر می‌باشد. به هر حال پوست سبز بیرونی با سطوح بالایی از ترکیبات فنولیک دارای فعالیت ضد رادیکالی قوی می‌باشد که می‌تواند در پزشکی و سایر صنایع مرتبط کاربردهای فراوانی داشته باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس بختیار محمد امین زاده به‌دلیل کمک در جمع‌آوری نمونه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند. همچنین از دانشگاه ایلام به دلیل حمایت‌های پژوهشی تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

Akbari, V., Jamei, R., Heidari, R. and Jahanban Sfahlan, A. (2012). Antioxidant activity of different parts of Walnut (*Juglans regia* L.) fruit as a function of genotype. Food Chemistry. 135: 2404– 2410.

Benhassaini, H., Bendahmane, M. and Benchalgo, N. (2007). The chemical composition of fruits of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. Atlantica from Algeria. Chemistry of Natural Compounds. 43: 121–124.

Benhassaini, H., Bendeddouche, F.Z., Mehdadi, Z. and Romane, A. (2008). GC/MS analysis of the essential oil from the oleoresin of *Pistacia atlantica* Desf. *Subsp*. Atlantica from Algeria. Natural Product Communications. 3: 929–932.

Farhoosh, R., Tavakoli, J. and Khodaparast, M.H.H. (2008). Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. Journal of the American Oil Chemit's Society. 85: 723– 729.

Farhoosh, R., Tavassoli- Kafrani, M.H. and Sharif, A. (2011). Antioxidant activity of the fractions separated from the unsaponifiable matter of bene hull oil. Food Chemistry. 126: 583–589.

Ferreira, I.C.F.R., Baptista, P., Vilas-Boas, M. and Barros, L. (2007). Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal. Food Chemistry. 100: 1511–1516.

Garrat, D.C. (1964). The quantitative analysis of drugs (Vol. 3). pp. 456–458. Japan: Chapman and Hall.

Gourine, N., Yousfi, M., Bombarda, I., Nadjemi, B., Stocker, P. and Gaydou, E.M. (2010). Antioxidant ativities and chemical composition of essential oil of *Pistacia atlantica* from Algerian. Industrial Ctops and Products. 31:203–208.

www.SID.ir

Archive of SID

Hatamnia, A.A., Rostamzad, A., Malekzadeh, P., Darvishzadeh, R., Abbaspour, N., Hosseini, M., Nourollahi, Kh. and Sheikh Akbari Mehr, R. (2015a). Antioxidant activity of different parts of *Pistacia khinjuk* Stocks fruit and its correlation to phenolic composition. Natural Product Research. Article in Press.

Hatamnia, A.A., Rostamzad, A., Hosseini, M., Abbaspour, N., Darvishzadeh, R., Malekzadeh, P. and Mohammad Aminzadeh, B. (2015b). Antioxidant capacity and phenolic composition of leaves from ten Bene (*Pistacia atlantica* subsp. kurdica) genotypes. Natural Product Research. Article in Press.

Hu, F.B. and Willett, W.C. (2002). Optimal diets for prevention of coronary heart disease. Journal of the American Medical Informatics Association. 288: 2569–2578.

Jahanban Sfahlan, A., Mahmoodzadeh, A., Hasanzadeh, A., Heidari, R. and Jamei, R. (2009). Antioxidant and antiradicals in almond hull and shell (*Amygdalus communis* L.) as a function of genotype. Food Chemistry. 115: 529–533.

Kaur, C. and Kapoor, H.C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – the millenium's health. International Journal of Food Science and Technology. 36: 70–725.

Kawashty, S.A., Mosharrafa, S.A.M., EL-Gibali, M. and Saleh, N.A.M. (2000). The flavonoids of four Pistacia species in Egypt. Biochemical Systematic and Ecology. 28: 915– 917.

Marcocci, L., Packer, L., Droy-Lefai, M.T., Sekaki, A. and Gardes-Albert, M. (1994). Antioxidant action of *Ginkgo biloba* extracts EGb 761. Methods in Enzymology. 234:462-475.

Nilsson, J., Pillai, D., Onning, G., Persson, C., Nilsson, A. and Akesson, B. (2005). Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazo-line-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing anti-oxidant power (FRAP) methods to asses the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. Molecular Nutrition and Food Research. 49: 239–246.

Prior, R.L. and Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. Free Radical Biology and Medicine. 27: 1173–1181.

Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53: 4290–4302.

Tomaino, A., Martorana, M., Arcoraci, T., Monteleone, D., Giovinazzo, C. and Saija, A. (2010). Antioxidant activity and phenolic profile of Pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins. Biochimie. 92: 1115–1122.

Tsantili, E., Shin, Y., Nock, J.F. and Watkins, C.B. (2010). Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. Postharvest Biology and Technology. 57: 27–34.

Wijeratne, S.S.K., Abou-Zaid, M.M. and Shahidi, F. (2006). Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54:312–318.

Wu, H.C., Chen, H.M. and Shiau, C.Y. (2003). Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). Food Research International. 36: 949–957.

Yang, J., Meyers, K.J., van der Heide, J. and Liu, R.H. (2004). Varietal differences in phenolic content and antioxidant and anti proliferative activities of onions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 6787–6793.

www.SID.ir