نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۶۷-۶۱

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 1, Spring 2013, p. 61-67

بررسی قدرت آنتی اکسیدانی روغن پوست کلخونگ به عنوان منبع غذایی جدید در ایران

جواد توکلی[1*]- محمد حسین حداد خداپرست[2]- رضا اسماعیل زاده کناری[3]- محمود امین لاری[4]- علی شریف[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۶

چکیده

در این پژوهش قدرت آنتی‌اکسیدانی روغن پوست کلخونگ با روغنهای پوست بنه و کنجد که به عنوان روغنهایی با قدرت آنتی‌اکسیدانی بالا شناخته شده هستند، مقایسه شد. نسبت بین اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه به اسید های چرب اشباع روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۲۶ و ۳/۰۶ بود. مقدار ترکیبات فنلی روغنهای پوست کلخونگ، بنه و کنجد به ترتیب ۹۹/۶۷، ۶۴۵/۷۳ و ۸۱/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. میزان ترکیبات توکوفرولی روغن پوست کلخونگ (۲۱۵۴/۳) به صورت معنی‌داری بیشتر از روغنهای کنجد و پوست بنه (به‌ترتیب ۹۹۳/۶۹ و ۶۴۸/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. قدرت آنتی‌اکسیدانی سه روغن ذکر شده به کمک سه آزمون اندازه‌گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH، اندازه‌گیری قدرت احیا کنندگی آهن III و رنسیمت تعیین شد که در هر سه آزمون ذکر شده به صورت معنی‌داری بیشترین قدرت آنتی‌اکسیدانی مربوط به روغن پوست کلخونگ بود و بعد از آن به ترتیب روغن کنجد و پوست بنه قرار داشتند. همچنین رابطه مستقیم بین میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی سه روغن مطالعه شده در این پژوهش و قدرت آنتی اکسیدانی آنها تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: روغن پوست کلخونگ، قدرت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، روغن پوست بنه، روغن کنجد

مقدمه [1]

اکسایش لیپیدی شامل واکنشی‌هایی نامطلوب در روغن‌ها و چربیهای خوراکی است و معمولاً به عنوان عامل اصلی کاهش عمر انباری مواد غذایی در دوره نگهداری آنها شناخته می‌شود (Loliger, 1992). به منظور کاهش اثرات منفی این واکنشها، معمولا از آنتی‌اکسیدان های سنتزی استفاده می‌شود. کاربرد این آنتی اکسیدان‌ها، به خاطر تشکیل ترکیبات سمی و سرطان زا که طی تجزیه شدن انها به وجود می آید، با محدودیت روبه رو شده است. از طرف دیگر اثرات ضد سرطانی، ضد جهش زایی و ضد تصلب شرایین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نیزبه خوبی شناخته شده است. بنابراین استفاده از روغنها و چربی‌های خوراکی و مواد غذایی حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، در بین مصرف کنندگان در حال افزایش است (Kinsella *et al.*, 1993). امروزه در سراسر جهان محققان زیادی برای شناسایی و استخراج آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی فعالیت می‌کنند. تحقیقات مختلفی در مورد پایداری اکسایشی و قدرت آنتی‌اکسیدانی گونه های مختلف پسته و روغن آنها صورت نیز گرفته است (Tomaino *et al.*, 2010؛ Durmaz and Gokmen, 2011). از یازده گونه شناخته شده پسته، سه گونه پسته در ایران وجود دارد که شامل شامل *P. vera* Linnaeus، *P. Khinjuk* Stocks و *P. atlantica* Desf می‌باشد. دو گونه *P. Khinjuk* و *P. atlantica* به صورت وحشی رشد می کنند که در ایران به ترتیب به کلخونگ و بنه معروف هستند. وسعت درختان کلخونگ، بیش از ۷۰۰ هزار هکتار می‌باشد و عمدتا در نواحای غربی و جنوب غرب، مرکزی و شرقی کشور دیده می شوند. ارتفاع این درختان به بیش از ۳ متر می‌رسد و میوه آن به شکل گرد و طول و عرض آن به ترتیب ۶/۶ تا ۱۲/۳ و ۴/۸ تا ۹/۶ میلی‌متر می باشد (Sabeti, 1994; Atli and Arpact, 1998). کلخونگ و بنه از نظر ظاهری به هم شبیه هستند. کلخونگ نیز مانند بنه دارای مغز، پوست سخت و چوبی و پوست نرم بیرونی(با رنگ سبز روشن) می باشد که به ترتیب تقریبا ۳۷، ۲۶ و ۳۷ درصد ازکل میوه را شامل می‌شوند. میزان بازدهی روغن پوست نرم بیرونی کلخونگ بیش از ۴۰ درصد می‌باشد. در مورد

۱، ۲ و ۵- دانشجوی دکتری، استاد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: Ja_tavakoli@Yahoo.com)
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و صنایع طبیعی ساری
۴- استاد دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز

روغن پوست کلخونگ تا به حال هیچ تحقیق جامعی انجام نشده است اما تحقیقاتی که توسط فرهوش و همکاران در مورد روغن پوست بنه که شبیه‌ترین گونه در بین گونه‌های مختلف پسته به کلخونگ است انجام شد، نشان داد که روغنی با فعالیت آنتی-اکسیدانی مناسب می‌باشد (Farhoosh *et al.*, 2011). بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی قدرت آنتی‌اکسیدانی روغن پوست کلخونگ رشد کرده در ایران می‌باشد که از دو روغن پوست بنه (روغنی با پایداری اکسایشی بسیار بالا و شبیه ترین گونه به کلخونگ) و روغن دانه کنجد به عنوان یکی از پایدارترین روغنهای خوراکی) به عنوان شاهد استفاده شد. واریته انتخاب شده کنجد دزفول[1] بود که یکی ازارقام رایج کنجد در ایران است.

مواد و روش ها

مواد اولیه

نمونه‌های میوه کلخونگ و بنه واریته موتیکا[2] به ترتیب از جنگلهای شهرستانهای میمند و مرودشت در استان فارس (پاییز ۲۰۱۱) تهیه شد. همچنین دانه‌های کنجد از مزرعه ای در دزفول در استان خوزستان (تابستان ۲۰۱۱) جمع‌آوری شد. روغن سویا بدون آنتی اکسیدان نیز از کارخانه سه گل نیشابور تهیه شد. نمونه های اشاره شده تا زمان آزمایشات در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد. همه استانداردها، مواد شیمیایی و حلالهای مورد استفاده در این تحقیق از دو کمپانی مواد شیمیایی سیگما و مرک تهیه گردید.

استخراج روغن

در ابتدا پوست نرم سبز کلخونگ و بنه به کمک دستگاه پوست-گیر از پوسته سخت چوبی جدا شد. سپس پوست نرم دو گونه پسته و همچنین دانه کامل کنجد در یک آسیاب تبدیل به پودر شد. به منظور انجام عملیات استخراج، پودرهای تهیه شده با نسبت وزنی حجمی ۱ به ۴ با حلال هگزان نرمال مخلوط شده و در محیط تاریک در دمای محیط، به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه شیکر قرار گرفت. در پایان به منظور حذف حلال، به مدت ۶ تا ۱۲ ساعت تحت خلأ در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت (Tavakoli *et al.*, 2010).

خالص سازی روغن سویا

به منظور حذف ترکیبات آنتی آکسیدانی از روغن سویا، ۲۰۰ گرم روغن از داخل ستون (۲۵ سانتیمتر طول و قطر داخلی ۲/۵ سانتیمتر) آلومینا ۶۰ (۱۰۰ گرم، فعال، خنثی) که قبل از استفاده به مدت ۳ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد فعال شده است، عبور کرد. برای عبور روغن، ستون آلومینا به به ارلن بوخنر متصل به خلا وصل شد. اطراف ستون و ارلن بوخنر با ورقه آلومینیومی پوشانیده شد تا از اکسایش روغن جلوگیری به عمل آید. برای اطمینان از حذف ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، روغن حاصل دوباره از ستون پر شده با آلومینای تازه عبور داده شد (Yoshida, 1992).

تجزیه اسید های چرب

ترکیب اسید چربی نمونه های روغن به وسیله کروماتوگرافی گاز-مایع[3] تعیین و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. اسیدهای چرب استریفیه شده با استرهای متیل اسیدهای چرب[4] همخوانی داشت که از تکان دادن شدید محلول‌های روغن در هگزان (۰/۳ گرم در ۷ میلی لیتر) با ۲ میلی لیتر هیدراکسید پتاسیم متانولی در دمای ۵۰°C به مدت۱۰ دقیقه ایجاد شد. FAME با استفاده از کروماتوگراف HP-5890 (Hewlett-Packard, CA,USA) مجهز به ستونهای مویینه CP-FIL88 شیشه ای سیلیکا، ۶۰ متر طول در ۰/۲۲ میلی متر I.D، ۰/۲ میکرومتر ضخامت فیلم و شناساگر یونی شعله‌ای[5] شناسایی شد. گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۷۵ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد. آون در دمای ۱۹۸ °C و ترزیق کننده و شناساگر در دمای ۲۵۰ °C۲۵۰حفظ شد.

ترکیبات پلی فنلی کل[6]

مقدار ترکیبات پلی‌فنلی کل به روش توضیح داده شده توسط کاپانسی و همکاران براساس اسید گالیک تعیین شدند (Capannesi et al., 2000). در این روش از معرف فولین سیوکالچو استفاده شد. ابتدا منحنی کالیبراسیون رسم گردید و جذب نمونه های روغن پس از آماده سازی، در ۷۶۵ نانومتر خوانده شد.

ترکیبات توکوفرولی کل[7]

مقدار ترکیبات توکوفرولی کل روغنهای مطالعه شده به روش ونگ و همکاران بر اساس آلفا- توکوفرول تعیین شدند (Wong *et al.*, 1988). ابتدا منحنی کالیبراسیون رسم گردید و جذب نمونه‌های روغن پس از آماده سازی در ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

1- Dezful
2- *P. atlantica var. mutica*

3- Gas-liquid chromatography
4- FAME
5- FID
6- Total phenolics content (TP)
7- Total tocopherols content (TT)

اندازه گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH[1]

قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH روغنهای مطالعه شده در این پژوهش به روش توضیح داده شده توسط سیجر و همکاران تعیین شد. پس از ترسیم نمودار درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد در برابر غلظت ترکیب آنتی‌اکسیدانی، منحنی مناسب روی داده‌ها برازش داده شد و سپس غلظتی را که در آن، ترکیب آنتی اکسیدانی قادر به مهار کردن ۵۰ درصد رادیکالهای آزاد است، تحت عنوان EC_{50} محاسبه گردید (Siger *et al.*, 2007).

اندازه‌گیری قدرت احیا کنندگی آهن III (FRAP[2])

قدرت احیا کنندگی آهن III : نمونه های روغن به روش توضیح داده شده توسط بنزی و استرین تعیین شد (Benzie and Strain, 2007). ابتدا منحنی کالیبراسیون غلظت آهن II رسم گردید و قدرت احیا کنندگی آهن **III** نمونه های روغن پس از آماده سازی، در ۵۹۵ نانومتر مشخص شد.

آزمون رنسیمت

برای اندازه گیری شاخص اکسایش پذیری[3] نمونه های روغن از دستگاه رنسیمت مدل ۷۴۳ استفاده شد. برای هر آزمون، ۳ گرم نمونه روغن لازم بود و دما و سرعت جریان هوا در این دستگاه به ترتیب ۱۲۰ درجه سانتیگراد و ۱۵ لیتر بر ساعت تنظیم شد.

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شدند. میانگینها با نرم‌افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد ($p < ۰/۰۵$) مقایسه شدند. نمودارها با نرم افزار Microsoft Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

ویژگیهای شیمیایی

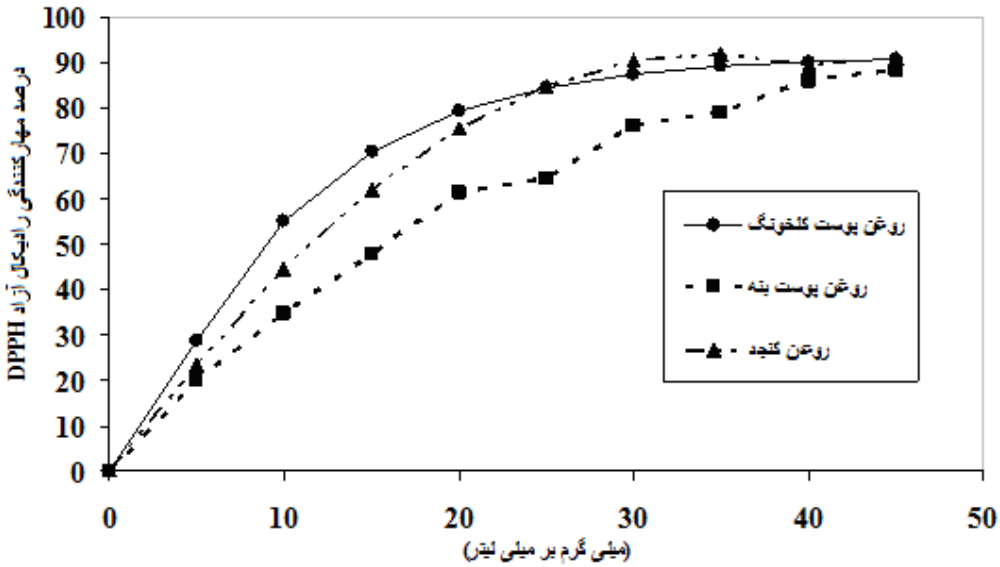
ویژگیها و ساختار شیمیایی روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد در جدول ۱ نشان داده شده است. ساختار اسید چربی یک روغن می تواند یکی از فاکتورهای موثر در پایداری اکسایشی و ارزش تغذیه ای آن باشد (Frankel, 1998). اسید چرب غالب در روغنهای پوست کلخونگ و پوست بنه ، اسید اولئیک بود (۵۲/۱۲–۵۲/۰۳ درصد) در حالیکه میزان این اسید در روغن کنجد ۳۰/۰۱ درصد بود. مقدار اسید پالمیتواولئیک در روغن پوست کلخونگ، روغن پوست بنه و روغن کنجد به ترتیب ۷/۷۴، ۱۴/۰۵ و ۰/۲۸ درصد بود که از نظر آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند. میزان اسید پالمیتواولئیک در روغن پوست کلخونگ و روغن پوست بنه بسیار بیشتر از مقدار گزارش شده برای روغنهای خوراکی رایج بود (Shahid, 2005). همچنین مقادیر ناچیزی از اسید مارگارولوئیک و اسید گادولئیک در ترکیب اسیدچربی این روغنهای مطالعه شده شناسایی شد. میزان اسیدهای چرب اشباع روغن پوست کلخونگ و روغن پوست بنه (به ترتیب ۲۵/۸۴ و ۲۵/۹۵ درصد) که از نظر آماری یکسان بودند، به صورت معنی‌داری بیشتر از روغن کنجد (۱۶/۸۷ درصد) بود. اسید پالمیتیک، اسید چرب اشباع غالب در هر سه روغن مطالعه شده بود و بعد از آن اسید استئاریک قرار داشت. بیشترین مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه (عمدتا اسید لینولئیک) در روغن کنجد (۵۲/۱۱ درصد) بود که به دنبال آن روغن پوست کلخونگ (۵۲/۱۳درصد) و روغن پوست بنه (۶/۵۱ درصد) قرار داشتند. بنابراین با توجه به ترکیب اسید چربی روغنهای مطالعه شده، مشخص شد که نسبت بین اسیدهای چرب دارای چند پیوند دوگانه به اسید های چرب اشباع روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۲۶ و ۳/۰۶ بود. بنابراین می توان انتظار داشت که روغن پوست کلخونگ روغنی با پایداری اکسایشی مناسب باشد.

ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش بسیار مهمی در پایداری اکسایشی روغنهای خوراکی ایفا می‌کنند. ترکیبات فنلی و توکوفرولی از مهمترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند. ترکیبات فنلی، آنتی-اکسیدانهای طبیعی هستند و از فاکتورهای مهم برای ارزیابی کیفیت روغنهای خوراکی می‌باشند. بین پایداری اکسایشی و ویژگیهای حسی روغنهای خوراکی و میزان ترکیبات فنولی رابطه مستقیم وجود دارد. همچنین این ترکیبات دارای نقش بیولوژیکی در بدن می باشند که با افزایش ظرفیت دفاعی آنتی‌اکسیدانی بدن انسان، مانع ایجاد بیماریهای ناشی از تشکیل زیاد رادیکالهای آزاد می شوند (Maleka, 2002; Elmadfa, 1995). مقدار ترکیبات فنلی این روغنها به صورت معنی داری متفاوت بود. روغن کنجد بیشترین غلظت ترکیبات فنلی(۶۴۵/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت که به دنبال آن روغن پوست کلخونگ (۹۹/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روغن پوست بنه (۸۱/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشتند.

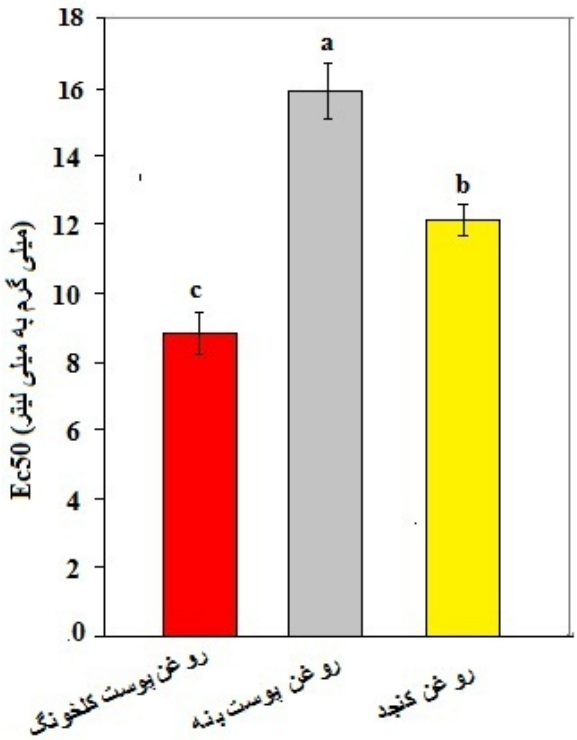
توکوفرولها، ترکیبات محلول در روغن هستند و دارای فعالیتهای ویتامینی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. بیشترین فعالیت ویتامینی آنها به نوع آلفا (۱/۰) و سپس انواع بتا (۰/۵)، گاما (۰/۱) و دلتا (۰/۰۳) تعلق دارد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها عکس این ترتیب می‌باشد (Mohamed and Awatifb, 1998). میزان ترکیبات توکوفرولی کل روغن پوست کلخونگ (۲۱۵۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به صورت معنی داری در بین سه روغن مطالعه شده بیشترین بود و به دنبال آن

1- 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl
2- Ferric reducing activity of plasma
3- Oil/oxidative stability index

به ترتیب روغن کنجد و روغن پوست بنه (به ترتیب، ۹۹۳/۶۹ و ۶۴۹/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشتند. روغن پوست کلخونگ به عنوان منبع ارزشمند از توکوفرولها ملاحظه می‌شود، چراکه میزان توکوفرولهایش بسیار بیشتر از مقداری که برای روغنهای گیاهی معمول مانند روغن های آفتابگردان، پنبه دانه، سویا، کنجد و پالم گزارش شده است، بود (Shahidi, 2005). با توجه به میزان ترکیبات فنلی و توکوفرولی سه روغن مطالعه شده در این پژوهش، مشخص شد که بیشترین میزان ترکیات آنتی‌اکسیدانی به صورت آماری در روغن پوست کلخونگ مشاهده شد و بعد از آن به ترتیب روغن کنجد و روغن پوست بنه قرار داشتند.



شکل۱- میزان مهارکنندگی (٪) رادیکال آزاد DPPH روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد



شکل۲- میزان Ec50 (میلی گرم بر میلی لیتر) حاصل از آزمون اندازه گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد. ستونهای دارای حروف مشترک لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P<0.05$)

جدول ۱- ویژگیهای شیمیایی روغن پوست کلخونگ، روغن پوست بنه و روغن کنجد

ویژگی شیمیایی	روغن پوست کلخونگ	روغن پوست بنه	روغن کنجد
اسید چرب (٪)			
اسید میریستیک (۱۴:۰)	–	-	۰/۰۸±۰/۱۳
اسید پالمیتیک (۱۶:۰)	۲۳/۴±۰/۲۴ a	۲۲/۵۵±۰/۰۷ a	۱۰/۲±۰/۳۲ b
اسید پالمیتواولئیک (۱۶:۱)	۷/۷۴±۰/۰۷ b	۱۴/۰۵±۰/۲۲ a	۰/۲۸±۰/۱ c
اسید مارگاریک (۱۷:۰)	۰/۰۵±۰/۰۸ b	۰/۴±۰/۰۳ a	-
اسید مارگارولوئیک (۱۷:۱)	۰/۲±۰/۱۶ a	۰/۲۴±۰/۱۳a	-
اسید استئاریک (۱۸:۰)	۲/۳۹±۰/۰۵ c	۳±۰/۱۴ b	۵/۷۱±۰/۲۲ a
اسید اولئیک (۱۸:۱)	۵۲/۰۳±۰/۱۶ a	۵۲/۱۲±۰/۱۷ a	۳۰/۰۱±۰/۴۲ b
اسید لینولئیک (۱۸:۲)	۱۲/۰۲±۰/۲ b	۵/۳۵±۱/۰۲ c	۴۷/۱±۰/۶۹ a
اسید لینولنیک (۱۸:۳)	۱/۵±۰/۱۹ b	۱/۱۶±۰/۱۲ b	۵/۰۱±۰/۴۵ a
اسید گادولئیک (۲۰:۱)	۰/۲۵±۰/۰۵ b	۰/۷۶±۰/۰۶ a	۰/۴۴±۰/۱۱ b
اسید بهنیک (۲۲:۰)	-	-	۰/۵۹±۰/۲۲
نسبت بین اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه به اسید های چرب اشباع	۰/۵۲±۰/۰۳ b	۰/۲۶±۰/۰۲ c	۳/۰۶±۰/۰۵ a
ترکیبات پلی فنلی (میلی گرم در کیلوگرم روغن	۹۹/۶۷±۷/۰۷ b	۸۱/۷۳±۹/۸۵ c	۶۴۵/۷۳±۱۶/۵ a
ترکیبات توکوفرولی (میلی گرم در کیلوگرم روغن)	۲۱۵۴/۳±۲۱/۳۶ a	۶۴۹/۹۱±۱۲/۲ c	۹۹۳/۶۹±۱۶/۵ b

اعداد (± خطای استاندارد) دارای حروف مشترک در هر سطر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P<0/05$)

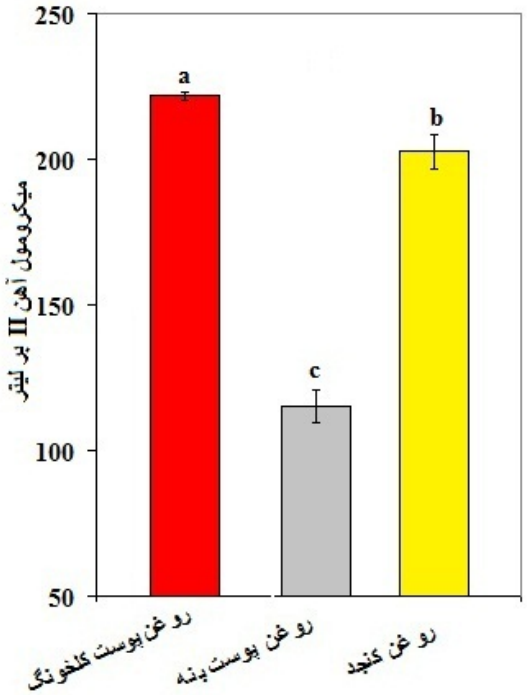
قدرت آنتی اکسیدانی

قدرت آنتی‌اکسیدانی روغنهای مورد مطالعه در این پژوهش به کمک سه آزمون اندازه گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH، اندازه گیری قدرت احیا کنندگی آهن III و رنسیمت تعیین شدند. قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد روغنهای پوست کلخونگ، بنه و کنجد در شکل۱ آورده شده است. در تمامی روغنهای مذکور با افزایش غلظت آنها، قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد افزایش یافت. مهار کردن رادیکالهای آزاد از جمله مکانیسم‌های بسیار رایج آنتی-اکسیدانها و روغنهای آنتی‌اکسیدانی است. میزان EC_{50} روغنهای پوست کلخونگ، بنه و کنجد به ترتیب ۸/۷۴، ۱۵/۹ و ۱۱/۷۴ میلی-گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد (شکل ۲). همان طور که مشاهده می-شود، در بین روغنهای مطالعه شده قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد روغن پوست کلخونگ به صورت معنی داری بیشترین مقدار بود و بعد از آن به ترتیب روغن کنجد و روغن پوست بنه قرار داشتند. بنابراین می‌توان انتظار داشت روغن پوست کلخونگ از قدرت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به روغنهای کنجد و پوست بنه برخوردار باشد.

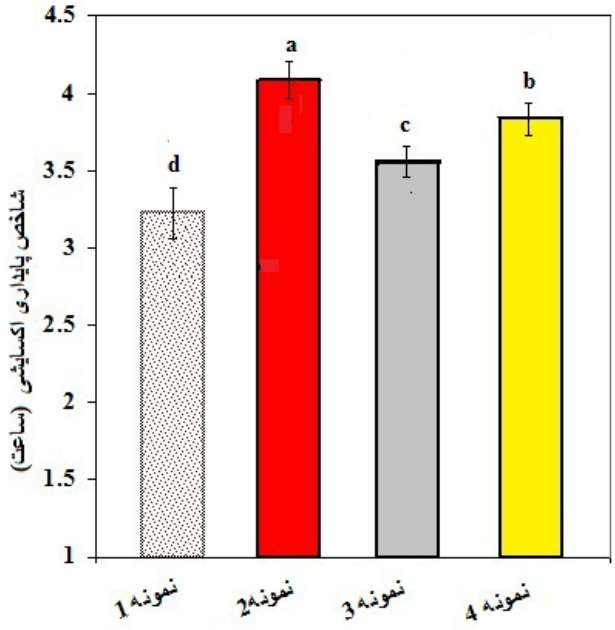
قدرت احیا آهن III روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد در شکل ۳ نشان داده شده است. روغن پوست بنه به طور معنی‌داری از قدرت احیاکنندگی بیشتری در بین روغنهای مورد مطالعه برخوردار بود و پس از آن به ترتیب روغنهای کنجد و پوست بنه قرار داشتند. آنتی‌اکسیدان‌هایی با قدرت احیاکنندگی آهن بالاتر دارای توانایی بیشتری در پایان دادن به واکنشهای مخرب زنجیره‌ای رادیکالی هستند (Frankel, 1998). بنابراین می‌توان گفت روغن پوست کلخونگ در بین روغنهای مورد مطالعه، از توانایی بیشتری در پایان دادن به واکنشهای مخرب زنجیره‌ای رادیکالی برخوردار هستند. نتایج اندازه‌گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد با نتایج اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی آهن نسبت مستقیم داشت و روغنهای با قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد بیشتر حائز قدرت احیا کنندگی آهن بیشتری نیز بودند.

اثر افزودن روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد بر شاخص پایداری اکسایشی روغن تخلیص شده سویا در شکل ۴ ترسیم شده است. تمام روغنهای مورد مطالعه به طور معنی‌داری پایداری اکسایشی روغن تخلیص شده سویا را افزایش دادند.

با اضافه کردن ۰/۵ درصد از روغنهای پوست کلخونگ، بنه و کنجد به روغن تخلیص شده سویا، شاخص پایداری اکسایشی این روغن (۳/۲۶ ساعت) به ترتیب ۲۵/۸، ۸/۹ و ۱۶ درصد افزایش پیدا کرد. روغن پوست کلخونگ در بین روغنهای مورد مطالعه حائز بیشترین اثر پایدارکنندگی بود و بعد از آن به ترتیب روغنهای کنجد و پوست بنه قرار گرفتند. همان طور که مشاهده می‌شود ترتیب روغنها از لحاظ قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد و قدرت احیا آهن با ترتیب آنها از لحاظ اثر پایدار کنندگی در آزمون رنسیمت مشابه است و روغنی که بیشترین قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد و احیا آهن را داشت، حائز بیشترین اثر پایدارکنندگی در آزمون رنسیمت نیز بود. بنابراین به نظر می‌رسد اثر پایدارکنندگی روغنها در آزمون رنسیمت از مکانیسم مهار کردن رادیکالهای آزاد و پایان دادن به واکنشهای مخرب زنجیره ای رادیکالی تبعیت می‌نماید.



شکل۳- قدرت احیا کنندگی آهن روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد (غلظتهای ۱۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر). ستونهای دارای حروف مشترک لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، P <۰/۰۵)



شکل ٤- اثر افزودن ۰/۵ درصد روغنهای پوست کلخونگ، پوست بنه و کنجد بر شاخص پایداری اکسایشی روغن تخلیص شده سویا در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و سرعت جریان هوای ۱۵ لیتر بر ساعت. ستونهای دارای حروف مشترک لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، P <۰/۰۵). **نمونه ۱: روغن تخلیص شده سویا، نمونه ۲: روغن تخلیص شده سویا حاوی ۰/۵ درصد روغن پوست کلخونگ، نمونه ۳: روغن تخلیص شده سویا حاوی ۰/۵ درصد روغن پوست بنه، نمونه ٤:روغن تخلیص شده سویا حاوی ۰/۵ درصد روغن کنجد**

نتیجه‌گیری

از بررسی کلی نتایج فوق می توان دریافت که بین میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی روغنهای مطالعه شده در این پژوهش و قدرت آنتی اکسیدانی آنها رابطه مستقیم وجود دارد. روغن پوست کلخونگ بالاترین قدرت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به روغنهای دیگر دارا بود و بعد از آن به ترتیب روغنهای کنجد و پوست بنه قرار داشتند که در تحقیقات گذشته این دو روغن به عنوان روغنهای با پایداری اکسایشی بسیار بالا در بین روغنهای خوراکی شناخته شده بود. قدرت آنتی اکسیدانی بسیار زیاد روغن پوست کلخونگ را می‌توان به میزان بسیار زیاد ترکیبات آنتی اکسیدانی آن به ویژه ترکیبات توکوفرولی نسبت داد. بنابراین می توان روغن پوست کلخونگ را به عنوان منبع غذایی جدید و بومی ایران با ویژگیهای آنتی اکسیدانی ارزشمند در نظر گرفت.

منابع

Atli, H. S. & Arpact, S., 1998, Improvement of rootstocks for irrigated pistachio trees trough controlled hybridization with some Pistacia species. Annual Report. Pistachio Research

Benzie, I. F. F., & Strain, J. J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239, 70-76.

Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M. & Parenti, A., 2000, Electrochemicalsensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. Journal of Food Chemistry, 71,553–562.

Durmaz, G. & Gokmen, V., 2011, Changes in oxidative stability, antioxidant capacity and phytochemical composition of *Pistacia terebinthus* oil with roasting. Journal of Food Chemistry , 128, 410-414.

Elmadfa, I., 1995, Physiological importance of unsaponifiable components in dietary fats. Fat Science Technology, 97, 85–90.

Farhoosh, R., Tavassoli-Kafrani M. H. & Sharif, A., 2011, Antioxidant activity of sesame, rice bran and bene hull oils and their unsaponifiable matters. European Journal of Lipid Science and Technology, 113, 506-512.

Frankel, E.N., 1998, Lipid Oxidation. The Oily Press LTD

Kinsella J. E., Frankel, E., German, B. & Kanner, J., 1993, Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. Food Technology 4, 85–89.

Loliger, J., 1992, The use of antioxidants in foods. In Free Radicals and Food Additives O. I. Aruoma and B. Halliwell (eds), ch 6, pp 121-150.

Malecka, M., 2002, Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. Food Chem 79: 327–330.

Mohamed H. M. A., Awatifb II ., 1998, The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. Journal of Food Chemistry , 62, 269-276.

Sabeti, H., 1994, Forest, trees, and shrubs of Iran, 2nd edition, Iran University of Science and Technology Press, 514-579.

Shahidi, F., 2005, Baile's Industrial Oil and Fat Productions. 6nd ed. Wiley Interscience.

Siger, A., Nogala-kalucka, M. & Lampart-Szczapa, E., 2007, The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. Journal of Food Lipids, 15,137-149.

Tavakoli, J. & Pazhouhanmehr, S., 2010, Fatty acid composition of oils from fruits of three Pistacia Species growing in Iran. Journal of Chemistry of Natural Compounds, 46,623-624.

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

Wong, M.L., R.E, Timms. & Goh E.M., 1988, Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. Journal of American Oil Chemistry Society , 65, 258–261.

Yoshida, H., Kondo, I., & Kajimoto, G., 1992, Participation of free fatty acid in the oxidation of purified soybean oil during microwave heating. Journal of the American.