DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2871

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۹، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۵۱۵-۵۰۲ (۱۳۹۲)

بررسی ترکیب‌های شیمیایی هسته و خواص آنتی‌اکسیدانی روغن برخی از ارقام انار تجاری ایران

سعید داداشی[۱*]، مراد موسی‌زاده[۲]، سیدمحمد موسوی[۳] و علیرضا یاوری[٤]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
پست الکترونیک: Dadashis@ut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

٤- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۰ تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۰

چکیده

در این مطالعه ترکیب‌های شیمیایی هسته چهار رقم انار تجاری ایران شامل آبانماهی، ملس، پوست سفید و شهوار از لحاظ درصد پروتئین، روغن، کربوهیدرات، عناصر معدنی و ترکیب اسیدهای چرب مورد آنالیز قرار گرفت. همچنین خواص فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی روغن هسته‌های انار تعیین گردید. فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن هسته انار از طریق روش 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که رقم پوست سفید در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه از محتوای روغن (۱٦/۹٪)، فیبر خام (٤۲/٤٪) و ارزش تغذیه‌ای (٤٦۰/۷ کیلوکالری در صد گرم) بالاتری برخوردار است. رقم پوست سفید دارای بیشترین مقدار فسفر (۲۷٦٦/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و منیزیم (۲۰۵۲/۰ میلی‌گرم) بود، در حالی‌که بیشترین مقدار کلسیم (٦۷۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پتاسیم (۳۷۲٤/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به رقم شهوار بود. اسید چرب عمده شناسایی شده توسط کروماتوگرافی گازی، پونیسیک‌اسید بود که محدوده آن از ۷۲/۰۷٪ برای رقم شهوار تا ۷۳/۳۱٪ برای رقم ملس متغیر بود ($p < 0.05$). نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباع به اشباع و غیراشباع به اشباع در روغن هسته انار به‌ترتیب در محدوده ۹/۱۷٤ تا ۹/٤۵۰ و ۱۰/۳۲۵ تا ۱۰/۸٦۱ بدست آمد ($p < 0.05$). اندیس‌های اسیدیته (۸/۳٦-۳/۷۸٪)، پراکسید (۰/٤۸ meq O_2/Kg- ۰/۳۹)، یدی (۲۲۰/۳ g I_2/100g-۲۱٦/۹) و صابونی (۱۸۲/۵ mg KOH/g-۱۷۹/۳) برای روغن هسته انار تعیین گردید. همچنین اندیس شکست در ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ویسکوزیته و دانسیته روغن‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۱/۵۲۷-۱/٤٦۱، ۰/۰٦۳-۰/۰۳٦ و ۰/۹۲۰۲-۰/۹۳۱۱ بدست آمد. رقم ملس کمترین مقدار ارتو دی‌فنول (ODC) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. در تمام ارقام مورد مطالعه، رابطه بین درصد DPPH باقیمانده و محتوای ارتو دی‌فنول، همبستگی بالایی ($R^2= 0.98, p < 0.01$) را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: هسته انار، عناصر معدنی، پروفایل اسید چرب، مشخصات روغن، ارتو دی‌فنول، مهار رادیکال DPPH.

مقدمه

انار (*Punica granatum* L.) متعلق به خانواده Punicaceae، به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های خوراکی است که کاربرد گسترده‌ای در طب سنتی بسیاری از تمدن‌ها داشته‌است (Schubert *et al.*, 1999). این میوه بومی ایران است که به‌طور گسترده در ایران،

هند و ایالات متحده و به مقدار کمتر در بیشتر کشورهای خاورمیانه و خاور دور کشت می‌شود (Kyralan *et al*., 2009). کل تولید جهانی این محصول تقریباً ۱/۵ میلیون تن می‌باشد که ٤٧٪ آن مربوط به ایران است. به‌علاوه اینکه ایران رتبه اول در سطح زیر کشت، تولید و صادرات انار را دارا می‌باشد (FAO, 2009).

قسمت خوراکی میوه انار به‌صورت تازه و همچنین در تولید عصاره مصرف می‌شود. این میوه محتوی مقدار قابل‌توجهی هسته می‌باشد که برحسب رقم از ٤٠ تا ١٠٠ گرم در کیلوگرم میوه متغیر است (Hernandez *et al*., 2000؛ Fadavi *et al*., 2006). این هسته‌ها به‌عنوان محصول فرعی بعد از فرایند محسوب می‌شوند که محتوی مقدار قابل‌توجهی روغن، پروتئین، قند و مواد معدنی ضروری می‌باشند (El-Nemr *et al*., 1990).

هسته برخی ارقام انار غنی از روغن می‌باشد که بین ١٤٠ تا ٢٧٠ گرم در کیلوگرم ماده خشک متغیر است (Hernandez *et al*., 2000). یک علاقه فزاینده به منابع جدید روغن‌های صنعتی، اسیدهای چرب اساسی هسته‌های روغنی و جنبه‌های سمّیتی روغن‌های خوراکی وجود دارد. روغن هسته انار (PSO: Pomegranate Seed Oil) دارای چندین مشخصه بارز است که آن را به‌عنوان یک عامل تغذیه‌ای جذاب مطرح می‌کند، ازجمله نوظهوری، پذیرش مناسب از طرف مصرف‌کننده، دسترسی ارزان و ترکیب‌های فیتوشیمیایی امیدوارکننده آن است (Fadavi *et al*., 2006). روغن هسته انار ٢٠-١٠ درصد وزن کل دانه را تشکیل می‌دهد و دارای یک سطح غیراشباعی اسیدهای چرب ایده‌ال می‌باشد. این روغن دارای یکی از ایزومرهای نادر اسید لینولنیک مزدوج و پونیسیک اسید است که فعالیت آن علیه سندرم متابولیک و التهاب، طی چندین آزمایش در شرایط زنده به اثبات رسیده‌است (Melgarejo & Artes, 2000؛ Sassano *et al*., 2009).

علاوه‌براین، ترکیب‌های فنولی دسته‌ی دیگری از ترکیب‌های مهم موجود در قسمت‌های مختلف میوه انار، خصوصاً روغن هسته می‌باشند (Al-Maiman & Ahmad, 2002). Schubert و همکاران (١٩٩٩) نشان دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن هسته انار استخراج سرد شده، به‌دلیل وجود این ترکیب‌ها به‌طور چشمگیری بالاتر از شراب قرمز، چای سبز و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA (Butylated Hydroxy Anisole) بود.

طی سال‌های گذشته، بیشتر محققان تنها نوع و مقدار اسیدهای چرب را در روغن هسته انار تعیین کردند و هیچ مطالعه‌ای روی مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن انجام ندادند. برای مثال El-shaarawy و Nahapetian (١٩٨٣) نشان دادند که ٨٪ اسیدهای چرب این روغن اشباع شده، ١٠٪ تک غیراشباع، ١٠٪ دو غیراشباع و ٧٠٪ اسید مزدوج است که احتمالاً پونیسیک‌اسید بود. El-Nemr و همکاران (١٩٩٠) نشان دادند که ٨٣/٦٪ اسیدهای چرب آن اشباع و ١٦/٣٪ غیراشباع است. Melgarejo و همکاران (١٩٩٥) با مطالعه شش رقم انار اسپانیا گزارش کردند که ٣٠-٣٣/٨ درصد اسیدهای چرب اشباع شده و ٦٦/٢-٦٩ درصد آنها غیراشباع است. در یک مطالعه دیگر، Kyralan و همکاران (٢٠٠٩) ترکیب اسیدهای چرب ١٥ رقم انار تجاری را که در ترکیه پرورش داده می‌شوند گزارش کردند.

براساس مطالعات ما، گزارشی از اندازه‌گیری دقیق مشخصات فیزیکی و شیمیایی روغن هسته انار ارائه نشده‌است. بنابراین، در این تحقیق هسته چهار رقم تجاری انار ایرانی براساس آنالیز برخی خواص شیمیایی هسته و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن آن مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روشها

تهیه نمونه

حدود ۱۵ کیلوگرم (٤۰ عدد) میوه انار با اندازه متوسط (٤۰۰-۳۵۰ گرم) از چهار رقم به اسامی آبانماهی، ملس، پوست سفید و شهوار، در پاییز ۱۳۸۸ از بین میوه‌های رسیده در مرکز تحقیقات کشاورزی استان یزد انتخاب شد. برای هر رقم ابتدا پنج درخت انتخاب و از هر درخت چهار میوه از قسمت داخلی و چهار میوه از قسمت بیرونی برداشت شد. میوه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شده و براساس مشخصات ظاهری (برای مثال عدم داشتن آفتاب سوختگی و ترک) دسته‌بندی شدند. هسته‌ها از کیسه‌های عصاره جدا، با آب مقطر شستشو و در یک آون تحت خلأ با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تا حصول محتوای رطوبت ثابت خشک شدند.

ترکیب‌های شیمیایی

حلال‌ها و ترکیب‌های شیمیایی استفاده شده در این مطالعه دارای درجه آنالیتیکال بوده و از شرکت‌های مرک (Darmstadt, Germany)، سیگما (Oakville, ON, Canada) و فیشر (Ottawa, Ontario, Canada) خریداری شدند.

ترکیب‌های شیمیایی هسته

یک نمونه خشک شده از هر رقم برای مطالعه تهیه شد. نمونه‌ها آسیاب و ۵ گرم از هر کدام توزین و در ادامه با استفاده از حلال پترولیوم اتر و دستگاه سوکسله و طبق روش استاندارد AACC، چربی آنها استخراج و بر حسب درصد چربی در ماده خشک شد (AACC, 1987).

محتوای نیتروژن با روش کجلدال تعیین و با استفاده از ضریب تبدیل ٦/۲۵ به محتوای پروتئین تبدیل شد.

برای اندازه‌گیری خاکستر، ۲ گرم (پودر) از هر رقم توزین و کربن نمونه‌ها با سوزاندن آنها در بوته چینی و بعد در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ ساعت حذف شد. در ادامه، نمونه‌ها در دسیکاتور سرد گردیده و توزین شده و محتوای خاکستر بر حسب درصد در ماده خشک گزارش شد.

غلظت عناصر معدنی شامل آهن (Fe)، مس (Cu)، منگنز (Mn)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و روی (Zn) بر طبق روش توصیف شده توسط Agte و همکاران (۱۹۹۵) با اندکی تغییر تعیین گردید و غلظت عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Perkin-Elmer, Model 2380, USA) تعیین شد. محتوای سدیم (Na) و پتاسیم (K) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY Limited, Dunmow Essex, UK) با ولتاژ و قدرت به‌ترتیب ۲۳۰/۱۱۵V و ۱۳VA تعیین شد. محتوای فسفر (P) با استفاده از روش phosphomolybdate تعیین گردید (AOAC, 1990).

فیبر خام با هضم ۲ گرم نمونه در H_2SO_4 و NaOH و سوزاندن باقیمانده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990).

محتوای کربوهیدرات با کم کردن مجموع سایر ترکیب‌ها از ۱۰۰ بدست آمد (مجموع درصد پروتئین، چربی، فیبر خام، خاکستر و رطوبت – ۱۰۰).

محتوای انرژی با ضرب کردن میانگین مقادیر پروتئین خام، چربی خام و کربوهیدرات کل در فاکتورهای تصحیح به‌ترتیب ٤، ۹ و ٤ بدست آمد و برحسب کیلوکالری در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شد.

استخراج روغن

استخراج روغن مورد استفاده برای تعیین پروفایل اسیدهای چرب و سایر اندیس‌های روغن، مطابق روش گزارش شده توسط Kornsteiner و همکاران (۲۰۰٦) با اندکی تغییرات انجام شد.

تهیه متیل‌استر اسیدهای چرب

متیل‌استر اسیدهای چرب از طریق ترانس متیلاسیون، مطابق با روش ISO-5500 (۱۹۷۸) و با استفاده از KOH ۲ مولار و در بستر متانول و *n*– هپتان تهیه شد.

شرایط دستگاهی GC

ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگرافی گازی (Agilent 6890, UK) مجهز به یک آشکارساز FID (Flame Ionization Detector) و یک ستون کاپیلاری (BPX-70, 120 m, 250 µm i.d., 0.2 µm film thickness) تعیین شد. دمای آون روی ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد (ایزوترمال) تنظیم و به مدت ٦ دقیقه در آن نگهداری شد. سپس به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در ۲۰°C/min رسید و به مدت ۱۰ دقیقه نگهداری شد و دوباره تا ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد در ۲۰°C/min افزایش یافت. دمای تنظیم‌کننده و آشکارساز به‌ترتیب روی ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. از نیتروژن به‌عنوان گاز حامل با فشار ورودی ۳۳/۳ psi استفاده شد. مقدار کمّی اسیدهای چرب مطابق درصد نسبی مساحت آنها تعیین گردید.

اندیس‌های روغن

عدد یدی (IV)، عدد اسیدی (AV)، عدد صابونی (SV)، عدد پرکسید (PV)، محتوای ارتودی فنول (ODC)، اندیس شکست (RI)، ویسکوزیته (ŋ) و عدد دانسیته (n_D^{20}) اندیس‌هایی بودند که در این مطالعه برای روغن‌های استخراجی اندازه‌گیری شدند.

اعداد یدی و صابونی مطابق روش استاندارد AOAC تعیین شد (AOAC, 1990). عدد اسیدی با استفاده از روش Cd 3d-63 of AOCS Official Methods of Analysis تعیین گردید (AOCS, 1998). عدد پراکسید به روش اسپکتروفتومتری و بر پایه روشی از فدراسیون بین‌المللی لبنیات تعیین شد (Shantha & Decker, 1994).

ویسکوزیته روغن‌ها با استفاده از یک ویسکومتر دیجیتالی Brookfield (USA model DV-II+Pro,) اندازه‌گیری شد. اندیس شکست نمونه‌ها در دمای اتاق و مطابق AOAC (۱۹۹۰) و با استفاده از رفراکتومتر Abbe (model G manufactured by Carl-Zeiss, Germany) مورد آنالیز قرار گرفت. دانسیته نیز با استفاده از یک هیدرومتر وزن مخصوص (Proton, model 72082, Barcelona, Spain) در ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید.

محتوای ارتودی‌فنول روغن هسته‌های انار در عصاره متانولی و مطابق روش توصیف‌شده توسط

Gutfinger (۱۹۸۱) مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت ارتودی‌فنول در عصاره متانولی با استفاده از مولیبدات تعیین شد.

فعالیت مهارکنندگی روغن‌های استخراجی نسبت به رادیکال آزاد 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) مطابق روش توصیف شده توسط Martinez و Maestri (۲۰۰۸) ارزیابی شد. فعالیت مهارکنندگی نسبت به $DPPH^{\bullet}$ با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید:

$$DPPH_{r}^{\bullet} = 1 - \left(\frac{A_{Blank} - A_{Sample}}{A_{Blank}} \times 100 \right)$$

A میزان جذب و $DPPH^{\bullet}_{r}$ مقدار رادیکال باقیمانده در بستر بعد از تخلیه آنتی‌اکسیدان‌ها از روغن می‌باشد.

آنالیز آماری

کلیه آزمایشها در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنادار (LSD) در سطح اطمینان ۹۵٪ و با سیستم تجزیه و تحلیل آماری (SAS) (SAS Institute, Inc., Cary, NC) ۹,۱ انجام گردید.

نتایج

ترکیب‌های شیمیایی

در جدول ۱ غلظت ترکیب‌های شیمیایی و عناصر معدنی موجود در هسته چهار رقم انار مورد مطالعه نشان داده شده‌است. همان‌طور که در جدول نیز نشان داده شده، بین مقادیر مختلف محتوای روغن، پروتئین خام، کربوهیدرات و خاکستر تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) وجود داشت. فیبر خام بیشترین جزء در تمام نمونه‌ها بود که محدوده آن از ۳۶/۵٪ برای رقم شهوار تا ۴۲/۴٪ برای رقم پوست سفید متغیر بود. محتوای چربی نمونه‌های مورد آنالیز از ۱۳/۵٪ برای رقم شهوار تا ۱۶/۹٪برای رقم پوست سفید بود.

مقادیر بدست‌آمده برای پروتئین خام برای ارقام آبانماهی، شهوار، پوست سفید و ملس به‌ترتیب عبارت بودند از: ۸/۵٪، ۱۰/۵٪، ۱۰/۷٪ و ۱۱/۳٪. محتوای کربوهیدرات نمونه‌ها در محدوده ۲۴/۰۹٪ تا ۳۳/۴۱٪ بود که ترتیب ارقام به‌صورت شهوار > آبانماهی > ملس > پوست سفید بود. همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود بین محتوای انرژی چهار رقم، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به‌هرحال مقدار این پارامتر بین ۴۴۳/۳ تا ۴۶۰/۷ کیلوگالری در ۱۰۰ گرم نمونه متغیر بود. از آنجا که رقم پوست سفید بالاترین مقدار روغن (۱۶/۹٪) را داشت، در نتیجه محتوی بیشترین مقدار انرژی (۴۶۰/۷ Kcal/100g) نیز بود.

بنابراین به نظر می‌رسد هسته‌های انار منبع خوبی از عناصر معدنی باشند (جدول ۱). به‌طوری‌که چهار رقم مورد مطالعه از لحاظ محتوای عناصر معدنی نیز دارای تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بودند. پتاسیم بالاترین مقدار و به دنبال آن فسفر، منیزیم، کلسیم و سدیم قرار داشتند. مقدار پتاسیم رقم شهوار (۳۷۲۴/۶۷ mg/Kg) بیشتر از مقادیر بدست‌آمده برای ارقام آبانماهی (۳۰۷۰/۰۰ mg/Kg)، ملس (۲۶۷۷/۳۳ mg/Kg) و پوست سفید (۲۰۲۴/۶۷ mg/Kg) بود. در این مطالعه مشخص شد که وجود پتاسیم بالا در رقم شهوار می‌تواند دلیل مقدار بالای خاکستر آن باشد. در کنار عناصر ماکرو که مورد اشاره قرار گرفت، مقدار برخی عناصر میکرو نظیر روی، آهن، منگنز و مس نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

غلظت و محدوده این عناصر به‌ترتیب ۷۰/۹۵۷–۷/۱۷۳، ۳۱/۲۹–۱۶/۲۸۰، ۱۲/۴۳۷–۷/۵۴۰ و ۶/۹۰–۵/۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. به‌طورکلی بیشتر عناصر در رقم آبانماهی اندکی کمتر از سایر ارقام بود.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی و غلظت عناصر معدنی در هسته ارقام مورد مطالعه

Component (%)	Varieties				Significant level	Mean value
	AB	MS	PS	SH		
Oil	14.6 ± 0.08 c	15.6 ± 0.09 b	16.9 ± 0.11 a	13.5 ± 0.08 d	*	15.15 ± 1.145
Crude protein	8.5 ± 0.029 d	11.3 ± 0.064 a	10.7 ± 0.052 b	10.5 ± 0.034 c	*	10.28 ± 1.21
Crude fiber	38.9 ± 2.24 ab	40.1 ± 3.22 ab	42.4 ± 2.80 a	36.5 ± 1.99 b	*	39.49 ± 2.42
Carbohydrate	32.19 ± 1.76 a	26.63 ± 1.44 b	24.09 ± 1.26 b	33.41 ± 2.02 a	*	29.08 ± 4.44
Ash	1.653 ± 0.004 c	1.592 ± 0.006 d	1.675 ± 0.006 b	1.887 ± 0.007 a	*	1.70 ± 0.13
Energy(Kcal/100g)	450.0 ± 16.80 a	452.8 ± 19.44a	460.7 ± 17.47 a	443.3 ± 16.88 a	ns	451.69 ± 7.19
Mineral (mg/kg)						
Ca	378.00 ± 10.82 c	674.00 ± 7.00 a	628.00 ± 5.20 b	675.33 ± 8.51 a	*	587.50 ± 143.61
Cu	5.49 ± 0.86 b	6.99 ± 1.12 b	9.81 ± 1.00 a	6.45 ± 0.95 b	*	7.15 ± 1.92
Fe	31.227 ± 1.54 a	29.017 ± 1.41 ab	16.280 ± 1.11 c	28.150 ± 1.78 b	*	26.47 ± 6.89
K	3070.00 ± 6.56 b	2677.33 ± 7.51 c	2024.67 ± 9.50 d	3724.67 ± 10.07 a	*	2874.75 ± 712.82
Mg	1327.67 ± 15.63 c	1824.00 ± 22.00 b	2052.00 ± 25.00 a	1819.67 ± 20.84 b	*	1757.50 ± 304.59
Mn	8.600 ± 1.69 b	9.497 ± 1.64 b	12.437 ± 1.35 a	7.540 ± 1.39 b	*	9.76 ± 1.82
Na	211.33 ± 3.51 a	144.00 ± 2.00 b	84.50 ± 0.56 d	127.33 ± 3.06 c	*	141.80 ± 52.60
P	2283.67 ± 19.30 c	2416.67 ± 17.01 b	2766.33 ± 22.72 a	2194.00 ± 18.73 d	*	2417.50 ± 250.25
Zn	29.173 ± 1.44 c	31.273 ± 1.66 bc	70.957 ± 2.30 a	34.540 ± 1.82 b	*	41.86 ± 19.55

*: سطح معنی‌داری در ۵٪؛ ns: بدون تفاوت معنی‌دار؛ a، b، c: تفاوت معنی‌دار در سطر

ترکیب اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب مورد مطالعه در روغن هسته انار شامل ۱۵ اسید چرب بود (جدول ۲). به‌نحوی‌که تفاوت اندکی در محتوای اسیدهای چرب در بین روغن‌های مورد مطالعه وجود داشت؛ به‌طوری‌که مقادیر اشباعیت کل (SFA)، غیراشباعیت کل (USFA)، تک غیراشباعی (NUFA) و چند غیراشباعی (PUFA) اسیدهای چرب تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. اسید چرب اشباع عمده بین ارقام مورد مطالعه پالمیتیک اسید بود که مقدار آن از ۴/۰۴٪ در رقم پوست سفید تا ۴/۴۶٪ در رقم ملس متغیر بود. استئاریک و آراشیدیک اسید، دیگر اسیدهای چرب اشباع موجود در روغن‌ها بودند که محدوده آنها به‌ترتیب ۳–۲/۸۱٪ و ۰/۶۴– ۰/۶۰٪ بود. سایر اسیدهای چرب اشباع نظیر لوریک، میریستیک و مارگاریک که در روغن مورد شناسایی قرار گرفتند، دارای تفاوت معنی‌دار نبوده و محدوده آنها شامل ۰/۰۱٪ برای لوریک، ۰/۰۴–۰/۰۳٪ برای میریستیک و ۰/۰۱٪ برای مارگاریک اسید بود. همه نمونه‌های روغن مورد مطالعه دارای مقدار قابل‌توجهی اسیدهای چرب غیراشباع بودند. اسید چرب تک غیراشباع اصلی میان همه ارقام، اولئیک‌اسید بود که مقدار آن از ۸/۳۱٪ در رقم ملس تا ۹/۷۷٪ در رقم پوست سفید متغیر بود.

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب (%, w/w)

Fatty acids	Varieties				Significant level	Mean value
	AB	MS	PS	SH		
Lauric $C_{12:0}$	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	ns	0.01 ± 0.00
Myristic $C_{14:0}$	0.03 ± 0.00 b	0.03 ± 0.00 b	0.03 ± 0.00 b	0.04 ± 0.00 a	*	0.03 ± 0.01
Palmitic $C_{16:0}$	4.35 ± 0.2 a	4.46 ± 0.3 a	4.04 ± 0.1 a	4.41 ± 0.2 a	ns	4.32 ± 0.19
Palmitoleic $C_{16:1}$	0.06 ± 0.00 d	0.07 ± 0.00 c	0.09 ± 0.00 a	0.08 ± 0.00 b	*	0.08 ± 0.01
Margaric $C_{17:0}$	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	n.s	0.01 ± 0.00
Margaroleic $C_{17:1}$	0.02 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 b	0.01 ± 0.00 b	0.02 ± 0.00 a	*	0.02 ± 0.01
Stearic $C_{18:0}$	2.99 ± 0.1 a	2.88 ± 0.2 a	3.00 ± 0.4 a	2.81 ± 0.1 a	ns	2.92 ± 0.09
Oleic $C_{18:1c}$	9.06 ± 0.3 b	8.31 ± 0.3 c	9.77 ± 0.3 a	9.36 ± 0.3 ab	*	9.13 ± 0.62
Elaidic $C_{18:1t}$	0.07 ± 0.00 a	0.06 ± 0.00 b	0.06 ± 0.00 b	0.07 ± 0.00 a	*	0.07 ± 0.01
Linoleic $C_{18:2c}$	8.11 ± 0.5 b	8.53 ± 0.4 ab	8.13 ± 0.1 b	9.03 ± 0.3 a	*	8.45 ± 0.43
Linoelaidic $C_{18:2t}$	0.33 ± 0.02 ab	0.35 ± 0.02 a	0.30 ± 0.01 b	0.31 ± 0.01 b	*	0.32 ± 0.02
α-Linolenic $C_{18:3}$	0.04 ± 0.00 b	0.04 ± 0.00 b	0.04 ± 0.00 b	0.1 ± 0.00 a	*	0.06 ± 0.03
Punicic $C_{18:3}$	73.15 ± 0.4 a	73.31 ± 0.5 a	72.71 ± 0.4 ab	72.07 ± 0.3 b	*	72.81 ± 0.55
Arachidic $C_{20:0}$	0.62 ± 0.08 a	0.60 ± 0.03 a	0.64 ± 0.07 a	0.62 ± 0.06 a	ns	0.62 ± 0.02
Gadoleic acid $C_{20:1}$	0.98 ± 0.01 b	1.08 ± 0.02 a	0.98 ± 0.01 b	0.90 ± 0.01 c	*	0.99 ± 0.07
SFA**	8.01 ± 0.18 a	7.99 ± 0.07 a	7.73 ± 0.37 a	7.90 ± 0.16 a	ns	7.91 ± 0.13
USFA**	91.82 ± 1.19 a	91.76 ±0.24 a	92.09 ± 0.8 a	91.94 ± 0.3 a	ns	91.90 ± 0.15
MUFA/PUFA**	0.123 ± 0.00 ab	0.117± 0.00 b	0.133 ±0.00 a	0.127±0.00 ab	*	0.13 ± 0.01

** SFA saturated fatty acid, USFA unsaturated fatty acid, MUFA monounsaturated fatty acid, PUFA polyunsaturated fatty acid; *: significant levels at 5%; ns: not significant; a, b, c letters indicate the statistical difference in rows

همچنین مقدار این اسید چرب در ارقام آبانماهی و شهوار به‌ترتیب ۹/۰۶٪ و ۹/۳۶٪ بود. گادولئیک‌اسید (C20:1) یکی دیگر از اسیدهای تک غیراشباع بود که در روغن هسته انار مورد شناسایی قرار گرفت و محدوده آن ۱/۰۸-۰/۹۰٪ بود. رقم ملس بالاترین مقدار این اسید چرب (۱/۰۸٪) را به خود اختصاص داد و به دنبال آن ارقام آبانماهی (۰/۹۸٪)، پوست سفید (۰/۹۸٪) و شهوار (۰/۹۰٪) قرار داشتند. در کنار اسیدهای چرب تک غیراشباعی که در بالا اشاره شد، تعداد دیگری از اسیدهای چرب تک غیراشباع نظیر پالمیتولئیک (C16:1)، مارگارولئیک (C17:1) و الائیدیک (C18:1t) با محدوده غلظتی به‌ترتیب ۰/۰۹-۰/۰۶، ۰/۰۲-۰/۰۱ و ۰/۰۷-۰/۰۶ درصد نیز مورد شناسایی قرار گرفتند که در حد ناچیزی بودند.

مطابق جدول ۲، روغن هسته انار غنی از پونیسیک‌اسید (C18:3) به‌عنوان یک اسید چرب چند غیراشباع می‌باشد. پونیسیک اسید بالاترین سطح را بین تمام اسیدهای چرب داشت و مقدار آن برای ارقام مختلف عبارت بود از: ۷۳/۳۱٪ برای رقم ملس، ۷۳/۱۵٪ برای رقم آبانماهی، ۷۲/۷۱٪ برای رقم پوست سفید و ۷۲/۰۷٪ برای رقم شهوار.

سطح اسیدهای چرب لینولئیک (C18:2c) و لینوالائیدیک (C18:2t) به‌ترتیب در محدوده ۸/۱۱٪ برای رقم آبانماهی تا ۹/۰۳٪ برای رقم شهوار و ۰/۳۰٪ برای رقم پوست سفید تا ۰/۳۵٪ برای رقم ملس متغیر بودند. آلفا-لینولئیک‌اسید (C18:3) نیز در نمونه‌های روغن مورد شناسایی قرار گرفت که مقدار آن بسیار ناچیز بود. بالاترین مقدار این اسید چرب در رقم شهوار به میزان ۰/۱٪ بود، درحالی‌که مقدار آن در سایر ارقام ۰/۰۴٪ بود.

جدول ۳- برخی خواص فیزیکوشیمیایی روغن هسته‌های انار

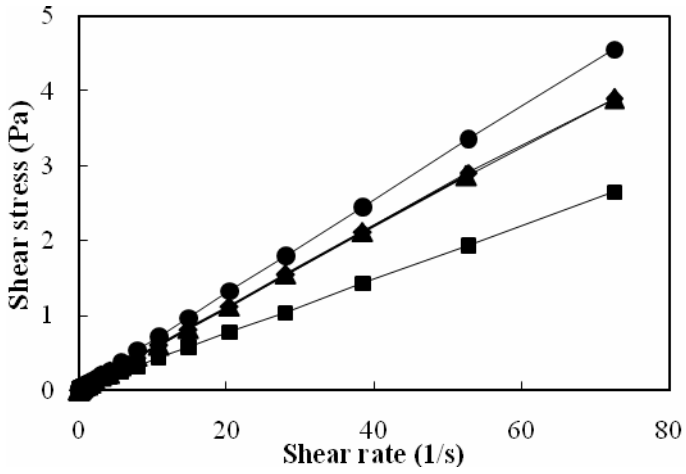
Sample	IV	AV	PV	SV	RI	(n_D^{20})	ŋ
AB	220.34 ± 4.9 a	8.36 ± 0.06 a	0.48 ± 0.11 a	181.1 ± 0.08 a	1.500 ± 0.028 a	0.9245 ± 0.0015 bc	0.054 ± 0.003 ab
MS	219.89 ± 6.4 a	3.78 ± 0.11 d	0.44 ± 0.05 a	182.5 ± 0.32 a	1.461 ± 0.048 a	0.9311 ± 0.0009 a	0.036 ± 0.002 b
PS	217.25 ± 4.2 a	5.25 ± 0.07 c	0.50 ± 0.11 a	179.3 ± 0.26 a	1.527 ± 0.016 a	0.9202 ± 0.0031 c	0.063 ± 0.004 a
SH	216.95 ± 8.5 a	5.84 ± 0.08 b	0.39 ± 0.07 a	182.0 ± 0.12 a	1.495 ± 0.035 a	0.9288 ± 0.0021 b	0.054 ± 0.001 ab

a, b, c, d letters indicate the statistical difference in columns
Iodine value (g I_2/100g oil); acid value (% oleic acid); peroxide value (meq O_2 /kg oil); saponification value (mg KOH/g); ortho-diphenols content (mM ortho-diphenols/kg oil); refractive index (at 25°C); (n_D^{20}) density at 20°C (g/cm^3); viscosity (Pa.s)

خواص فیزیکوشیمیایی روغن‌ها

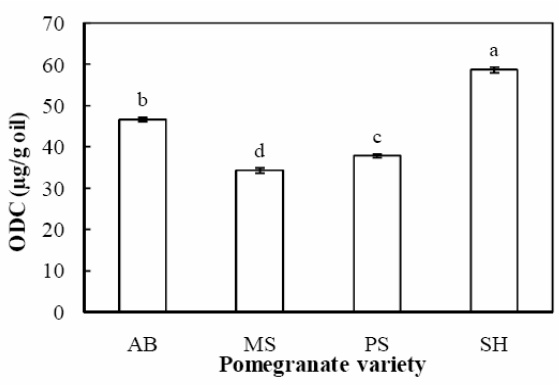
مشخصات فیزیکی و شیمیایی روغن‌های استخراجی به روش سرد، مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج در جدول ۳ درج گردید.

حالت روغن‌ها در دمای اتاق به‌صورت مایع و رنگ آنها زرد طلایی بود. اندیس شکست در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شامل: ۱/٤٦١ برای رقم ملس، ۱/٤٩٥ برای رقم شهوار، ۱/۵۰۰ برای رقم آبانماهی و ۱/۵۲۷ برای رقم پوست سفید بود. آنالیز رفتار جریانی به‌منظور تعیین ویسکوزیته روغن‌ها، یک رفتار رئولوژیکی نیوتونی را نشان داد (شکل ۱). نتایج نشان داد که رقم شهوار دارای بالاترین سطح از ویسکوزیته روغن (۰/۰٦۳ Pa.S) می‌باشد، درحالی‌که کمترین ویسکوزیته (۰/۰۳٦ Pa.S) مربوط به رقم ملس بود (جدول ۳). البته دانسیته روغن‌ها به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) در محدوده ۰/۹۲۰۲-۰/۹۳۱۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب در بین ارقام مختلف متفاوت بود.

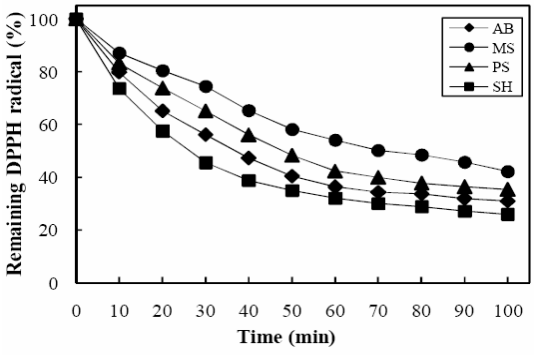


شکل ۱- رفتار رئولوژیکی روغن بدست‌آمده از چهار رقم انار

در جدول ۳ نتایج آنالیز خواص شیمیایی روغن هسته‌های انار نشان داده شده‌است. عدد یدی (g I_2/ 100g oil) سطح غیر اشباعی و پتانسیل حساسیت روغن‌ها نسبت به اکسیداسیون را نشان می‌دهد (Moodley *et al.*, 2007). عدد یدی نمونه‌های مورد آنالیز از ۲۱۶/۹۵ برای رقم شهوار تا ۲۲۰/۳٤ برای رقم آبانماهی متغیر بود. همچنین این فاکتور برای ارقام پوست سفید و ملس به‌ترتیب ۲۱۷/۲۵ و ۲۱۹/۸۹ بود. این مقادیر بالای عدد یدی به دلیل سطح بالای پونیسیک‌اسید در روغن هسته انار می‌باشد. بنابراین روغن هسته انار مستعد فساد اکسیداتیو است. عدد اسیدی نمونه‌های مورد آنالیز در محدوده ۳/۷۸ برای رقم ملس تا ۸/۳٦ برای رقم آبانماهی قرار داشت. عدد اسیدی رقم آبانماهی به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بالاتر از سایر ارقام بود. این پارامتر برای روغن ارقام شهوار، پوست سفید و ملس به‌ترتیب ۵/۸٤، ۵/۲۵ و ۳/۷۸ بود.



شکل ۲- الف



شکل ۲- ب

شکل ۲- محتوای ارتو دی‌فنول (الف) و ظرفیت مهارکنندگی رادیکال DPPH (ب)

همان‌طور که اطلاعات درج شده در شکل ۲- الف نشان می‌دهد، تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بین مقدار ارتودی‌فنول استخراجی از روغن ارقام مختلف بدست آمد. به‌طورکلی بیشترین مقدار ارتودی فنول از روغن رقم شهوار به میزان ۵۸/۷ میکروگرم در گرم روغن بدست آمد، درحالی‌که کمترین مقدار از روغن رقم ملس به میزان ۳٤/۳ میکروگرم در گرم روغن حاصل شد. یک ارزیابی کینتیکی به‌وسیله جذب اسپکتروفتومتری به‌منظور ارزیابی درصد مهارکنندگی روغن‌ها برای رادیکال DPPH انجام شد (شکل ۲- ب). نتایج تست فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که روغن رقم شهوار بالاترین کارایی و فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH را دارد و به دنبال آن ارقام آبانماهی، پوست سفید و ملس قرار دارند. به‌علاوه یک همبستگی مثبت و بالا بین محتوای ارتودی‌فنول و درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH یافت شد ($R^2 = 0.98, p < 0.01$). البته این موضوع نشان‌دهنده این است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن هسته‌های انار مربوط به وجود ترکیب‌های فنولی مخصوصاً ارتودی‌فنول‌ها می‌باشد.

بحث

ترکیب‌های شیمیایی

طبق جدول ۱، درحالی‌که خاکستر کمترین جزء تشکیل‌دهنده را به خود اختصاص داد؛ بالاترین مقدار خاکستر در رقم شهوار (۱/۸۸۷٪) و پایین‌ترین مقدار در رقم ملس (۱/۵۹۲٪) اندازه‌گیری شد. نتایج بدست‌آمده برای فیبر خام و خاکستر تا حدودی با یافته‌های El-Nemr و همکاران (۱۹۹۰) که به‌ترتیب مقادیر ۳۵/۵٪ و ۲٪ را گزارش کرده بودند مطابقت داشت.

Kyralan و همکاران (۲۰۰۹) محتوای روغن هسته ۱۵ رقم انار تجاری را در محدوده ۲۴/۱۳–۱۳/۹۵٪ گزارش کردند که تطابق جزئی با نتایج این مطالعه داشت. به‌هرحال مقادیر بدست‌آمده برای محتوای چربی در این مطالعه مطابق نتایج El-shaarawy و Nahapetian (۱۹۸۳) و Fadavi و همکاران (۲۰۰۵) بود. تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند مربوط به واریته، سال برداشت، شرایط محیطی و موقعیت مکانی و همراه با تغییرات دما، بارندگی و نور باشد که می‌توانند ترکیب‌های شیمیایی میوه‌جات را تحت تأثیر قرار دهند (Parcerisa *et al*., 1995). نتایج بدست‌آمده در مورد پروتئین خام برای ارقام آبانماهی، شهوار، پوست سفید و ملس کمتر از مقادیر گزارش شده توسط El-Nemr و همکاران (۱۹۹۰) (۱۳/۲٪) بود.

یک همبستگی مثبت معنی‌داری ($p < 0.05$) بین محتوای خاکستر و محتوای پتاسیم یا فسفر قابل استنباط است. پتاسیم یکی از عناصر بسیار مهم داخل سلولی است؛ این عنصر مسئول بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی می‌باشد (Olaniyi *et al*., 1993). ترکیب‌های شیمیایی هسته انار نشان می‌دهد که این محصول فرعی می‌تواند ارزشمند باشد. همچنین به‌منظور بهینه‌سازی استخراج روغن از هسته انار، مطالعه خواص مختلف آن ضروریست.

ترکیب اسیدهای چرب

نتایج بدست‌آمده در مورد اسیدهای چرب اشباع همخوانی خوبی با نتایج گزارش شده توسط Melgarejo و Artes (۲۰۰۰) داشت. درصورتی‌که این نتایج با مطالعات Kyralan و همکاران (۲۰۰۹) تطابقی ندارد. از طرف دیگر، نتایج در مورد اسیدهای چرب تک غیراشباع با نتایج تعدادی از پژوهش‌های قبلی همخوانی ندارد که می‌تواند مربوط به رقم، سطح رسیدگی، ترکیب خاک و عرض جغرافیایی باشد (Parcerisa *et al*., 1995). Melgarejo و Artes (۲۰۰۰) برای اسیدهای چرب اولئیک و پالمیتولئیک موجود در هسته روغن انار به‌ترتیب مقادیر ۲۰/۲۵–۳/۸۱٪ و ۲/۸۸–۰/۹۲٪ را گزارش کردند. مقادیر گزارش شده توسط Sassano و همکاران (۲۰۰۹) برای اولئیک (۷/۱۷–۶/۸۲٪) و گادولئیک اسید (۰/۶۶–۰/۶۴٪) کمتر از مقادیر بدست‌آمده در این مطالعه بودند. در مورد روغن هسته انار، Kyralan و همکاران (۲۰۰۹) مقادیر مشابهی را برای پونیسیک‌اسید (۷۶/۱۷–۷۰/۴۲٪) گزارش کردند. این در حالیست که Melgarejo و Artes (۲۰۰۰) و Fadavi و همکاران (۲۰۰۶) به‌ترتیب مقادیر بالاتر و پایین‌تر از مقادیر بدست‌آمده در این مطالعه را بدست آورده بودند. از لحاظ تغذیه‌ای، روغن هسته انار به‌دلیل سطح بالای پونیسیک‌اسید، روی عملکرد ایمنی و متابولیسم لیپیدها مؤثر است (Yamasaki *et al*., 2006). بنابراین نه تنها عصاره انار دارای خواص عملگرایی

است، بلکه روغن آن نیز به‌عنوان یک غذای عملگرا و دارای اثرهای سلامت‌بخش فراوان مطرح است.

مقدار غیراشباعیت کل (USFA) در روغن استخراج شده از رقم پوست سفید حدود ۹۲/۰۹٪ بود که بیشتر از روغن ارقام ملس با سطح ۹۱/۷۶٪، آبانماهی با سطح ۹۱/۸۲٪ و شهوار با سطح ۹۱/۹٤٪ بود. علاوه‌براین، نسبت تک غیراشباعی (MUFA) به چند غیراشباعی (PUFA) یکی از پارامترهای مهم پایداری در روغن‌های دارای غیراشباعیت بالا می‌باشد (Kodad & Company., 2008). این نسبت در چهار رقم مورد مطالعه شبیه هم بوده و بین ۰/۱۱۷ برای رقم ملس و ۰/۱۳۳ برای رقم پوست سفید متغیر بود. مقادیر متناظر برای ارقام آبانماهی و شهوار به‌ترتیب ۰/۱۲۳ و ۰/۱۲۷ بود. این مقادیر نشان می‌دهد که این ارقام دارای محتوای بالایی از اسیدهای چرب چند غیراشباع می‌باشند که می‌تواند آنها را برای مصرف‌کننده که تمایل به مصرف این گونه اسیدهای چرب را دارد جذاب‌تر کند.

خواص فیزیکوشیمیایی روغن‌ها

نتایج حاصل از بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی روغن‌های استخراجی به روش سرد، با مطالعه قبلی که توسط El-Nemr و همکاران (۱۹۹۰) صورت گرفته بود، مطابقت داشت. El-shaarawy و Nahapetian (۱۹۸۳) اندیس شکست روغن هسته انار را ۱/۵۱۸–۱/٤۷۷ گزارش کرده بودند که مطابق با نتایج این مطالعه بود. نتایج بدست‌آمده برای عدد یدی و اسیدی دارای تفاوت چشمگیری با نتایج گزارش شده توسط El-shaarawy و Nahapetian (۱۹۸۳) و El-Nemr و همکاران (۱۹۹۰) بود.

عدد صابونی بدست‌آمده نشان داد که این روغن‌ها نسبت به سایر روغن‌های خوراکی دارای وزن مولکولی پایین‌تری می‌باشند. این ویژگی از روغن بستگی به وجود اسیدهای چرب بیشتر و سطح غیراشباعی دارد. تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بین مقادیر عدد صابونی (۱۷۹/۳–۱۸۲/۵ mgKOH/g) در روغن هسته انار مشاهده نشد. عدد پراکسید اندیس ارزشمندی برای تعیین کیفیت روغن می‌باشد. اگر عدد پراکسید بیشتر از meq/100goil ۹ باشد، نشان‌دهنده این است که فساد اکسیداتیو در روغن اتفاق افتاده است (Ozcan, 2009). همان‌طور که در جدول ۳ نیز می‌توان مشاهده کرد، مقدار عدد پراکسید برای ارقام مورد مطالعه در محدوده ۰/۳۹ برای رقم شهوار تا ۰/۵۰ برای رقم پوست سفید بود که نشان‌دهنده شرایط مناسب استخراج و نگهداری است. البته در سطح اطمینان ۹۵٪، تفاوت معنی‌داری بین اعداد پراکسید روغن‌های مورد مطالعه بدست نیامد. عدد پراکسید بستگی به فاکتورهایی ازجمله وضعیت اکسیداسیون (مقدار اکسیژن مصرفی)، روش مورد استفاده جهت استخراج و نوع اسیدهای چرب موجود در روغن دارد. برای مقایسه اعداد پراکسید روغن هسته‌های انار بدست‌آمده در این مطالعه، هیچ مطالعه قبلی یافت نشد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت، این مطالعه نشان داد که هسته‌های انار غنی از پروتئین خام، چربی خام، فیبر رژیمی و عناصر معدنی نظیر پتاسیم، فسفر، منیزیم و کلسیم است. کاربرد هسته انار برای استخراج روغن و تولید پروتئین می‌تواند برخی کمبودهای غذایی را جبران و نیز درآمدی برای کشاورزان باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که روغن‌های بدست‌آمده از هسته چهار رقم انار ایرانی از لحاظ خواص فیزیکوشیمیایی کاملاً شبیه

همدیگر بوده و تفاوت اندکی بین آنها مشاهده می‌شود. در هر حال بین ارقام مورد مطالعه، رقم شهوار از لحاظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیب‌های فنولی نظیر ارتودی‌فنول، بهترین رقم می‌باشد. با توجه به محبوبیت فزاینده روغن هسته انار به‌عنوان منبع غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباع و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، این ارزیابی می‌تواند در تعیین کیفیت روغن هسته انار و همچنین به‌عنوان نقطه شروعی برای تدوین استانداردهای روغن هسته انار که در حال حاضر به‌صورت خاص وجود ندارد کاربرد داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- AACC, 1987. Method 46-11. Approved methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, Inc., St Pau, Minn. Press, Champaign.
- Agte, V.V., Gokhale, M.K., Paknikar, K.M. and Cheplonkar, S., 1995. Assessment of pearl millet vs rice-based diets for bioavailability of four trace metals. Plant Foods for Human Nutrition, 48(2): 149-158.
- Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D., 2002. Change in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. Food Chemistry, 76(4): 437-441.
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA.
- AOCS, 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. AOCS Press, Champaign, USA.
- El-Nemr, S.E., Ismail, I.A. and Ragab, M., 1990. Chemical composition of juice and seed of pomegranate fruit. Journal Nahrung, 34(7): 601-606.
- El-shaarawy, M.I. and Nahapetian, A., 1983. Studies on pomegranate seed oil. Fette, Seifen, Anstrichmittel, 85(3): 123-126.
- Fadavi, A., Barzegar, M., Azizi, M.H. and Bayat, M., 2005. Note. physicochemical composition of ten pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Iran. Food Science and Technology International 11(2), 113-119.
- Fadavi, A., Barzegar, M. and Azizi, M.H., 2006. Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. Journal of Food Compostion and Analysis, 19(6-7): 676-680.
- FAO., 2009. Food Agriculture Organization of the United Nations. Project document for a regional standard for Pomegranate, Rome, Italy.
- Gutfinger, T., 1981. Polyphenols in olive oils. Journal of the American Oil Chemists Society, 58(11): 966-968.
- Hernandez, F., Melgarejo, P., Olias, J.M. and Artes, F., 2000. Fatty acid composition and total lipid content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. Symposium on Production, Processing and Marketing of Pomegranate in The Mediterranean Region: advances in research and technology, Spain, 15-17 October, 1998: 205-209.
- ISO, 1978. Animal and vegetable fats and oils - preparation of methyl esters of fatty acids. Method ISO 5500.
- Kodad, O. and Company, R.S.I., 2008. Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and its relationship with kernel quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(11): 4096-4101.
- Kornsteiner, M., Wagner, K.H. and Elmadfa, I., 2006. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. Food Chemistry, 98(2): 381-387.
- Kyralan, M., Golukcu, M. and Tokgoz, H., 2009. Oil and conjugated linolenic acid contents of seeds from important pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86(10), 985-990.
- Martínez, M.L. and Maestri, D.M., 2008. Oil chemical variation in walnut (*Juglans regia* L.) genotypes grown in Argentina. European Journal of Lipid Science and Technology, 110(12): 1183-1189.
- Melgarejo, P. and Artes, F., 2000. Total lipid content and fatty acid composition of oil seed from lesser known sweet pomegranate clones. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80(10): 1452-1454.
- Melgarejo, P., Salazar, D.M., Amoros, A. and Artes, F., 1995. Total lipids content and fatty acid composition of seed oil from six pomegranate cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 69(2): 253-256.
- Moodley, R., Kindness, A. and Jonnalagadda, S.B., 2007. Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 42(5): 585-591.
- Olaniyi, A.A., Ayin, J.S.K., Ogundaini, A.O. and Olugbade, T.A., 1993. Essential Inorganic and Organic Pharmaceutical Chemistry. Shaneson C.I. Ltd., Ibadan, Nigeria.

- Ozcan, M.M., 2009. Some nutritional characteristics of fruit and oil of walnut (*Juglans regia* L.) growing in Turkey. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 28: 57-62.
- Parcerisa, J., Rafecas, M., Castellote, A., Codony, R., Farran, A., Garcia, J., Gonzalez, C., Lopez, A., Romero, A. and Boatella, J., 1995. Influence of variety and geographical origin on the lipid fraction of hazelnut (*Corylus avellana* L.) from Spain: (III) oil stability, tocopherol content and some mineral contents (Mn, Fe, Cu). Food Chemistry, 53: 71-74.
- Sassano, G., Sanderson, P., Franx, J., Groot, P., Straalen, V.J. and Bassaganya-Rierac, J., 2009. Analysis of pomegranate seed oil for the presence of jacaric acid. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89(6): 1046-1052.
- Schubert, S.Y., Lansky, E.P. and Neman, I., 1999. Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids. Journal of Ethnopharmacology, 66: 11-17.
- Shantha, N.C. and Decker, E.A., 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. Journal of AOAC International, 77(2): 421-424.
- Yamasaki, M., Kitagawa, T., Koyanagi, N., Chujo, H., Maeda, H., Kohno-Murase, J., Imamura, J., Tachibana, H. and Yamada, K., 2006. Dietary effect of pomegranate seed oil on immune function and lipid metabolism in mice. Nutrition, 22: 54-59.

Study on quality properties and antioxidant activity of the pomegranate seeds of some Iranian commercial varieties

S. Dadashi[1*], M. Mousazadeh[2], S.M. Mousavi[3] and A. Yavari[4]

1*- Corresponding author, M.Sc. Students, Department of Food Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, E- mail: Dadashis@ut.ac.ir
2- MSc. Students, Department of Food Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Department of Food Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: May 2011 Revised: November 2011 Accepted: December 2011

Abstract

The pomegranate seeds of four commercial varieties (Abanmahi (AB), Malas (MS), Pust Sefid (PS) and Shahvar (SH)) cultivated in Iran were evaluated in terms of quality properties including protein, oil, dietary fiber, mineral contents and fatty acid composition. Physicochemical properties and antioxidant activity of pomegranate seed oils (PSOs) also was determined. The oil antioxidant activity was measured by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity. Results showed that PS had the highest oil (16.9%) and crude fiber (42.4%), and nutritional value (460.7Kcal/100g) among the selected varieties. PS had the highest level of phosphorus (2766.3 mg/kg) and magnesium (2052.0mg/kg), while the highest calcium (675.3mg/kg) and potassium (3724.6mg/kg) were related to SH. The main fatty acid identified by gas chromatography was punicic acid ranged from 72.07% for SH to 73.31% for MS ($p<0.05$). The ratios of polyunsaturated/saturated and unsaturated/saturated fatty acids of PSOs were found to be between 9.174 and 9.450, and 10.325 and 10.861, respectively ($p<0.05$). PSOs obtained presented acid (3.78-8.36% punicic acid), peroxide (0.39-0.48meq O_2/kg), iodine (216.9-220.3g I_2/100g) and saponification (179.3-182.5mg KOH/g) values. Also, refractive index at 25°C, viscosity and density of PSOs varied from 1.461-1.527, 0.036-0.063Pa.s and 0.9202-0.9311g/cm^3, respectively. The oil obtained from MS showed the lowest level of ortho-diphenols (ODC) and DPPH radical scavenging capability. The relationship between percentage of remaining DPPH and ODC of PSOs also illustrated high correlation among all varieties (R^2 = 0.98, $p<0.01$).

Key words: Pomegranate seed, mineral content, fatty acid profile, oil characterization, ortho-diphenols, DPPH radical scavanging.