تعیین خواص فیزیکوشیمیایی و حرارتی روغن استخراج شده از هسته‌ی انار منطقه‌ی سبزوار

شادی بصیری [1*]، فخری شهیدی [2]، رضا فرهوش [2]، رسول کدخدایی [3]

[1] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران
[2] استاد گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[3] عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۲

چکیده

هسته‌ی انار، حاوی ترکیبات زیست فعال با ارزش تغذیه ای بالا است و به دلیل عدم فرآوری مناسب به عنوان ضایعات کارخانه‌های فرآوری انار، محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف شناسایی خواص فیزیکی (گرانروی، رنگ، ضریب شکست)، شیمیایی (ساختار اسیدهای چرب، تری گلیسرید و مقادیر و نوع ترکیبات فنلی، توکولی و استرولی) و حرارتی روغن هسته‌ی انار انجام شد. برای این منظور از روش های کلاسیک و دستگاهی استفاده شد. نتایج، نشان داد که مقادیر گرانروی، ضریب شکست و رنگ (قرمزی/ زردی) روغن هسته‌ی انار به ترتیب ۱۵۵/۵۷ سانتی پواز، ۱/۵۰۹۵ – ۱/۵۰۸۸ و ۶/۷۱ و اسیدهای پونیسیک، لینولئیک و اولئیک اسیدهای چرب غالب در روغن بودند. تری‌گلیسریدهای روغن هسته‌ی انار در پنج گروه با اکی والان کربن نامبر برابر ۳۶، ۳۸، ۴۰، ۴۲ و بیش تر یا مساوی ۴۴ دسته بندی شدند. بیش ترین میزان تری‌گلیسرید اندازه‌گیری شده با اکی والان کربن نامبر مساوی ۳۶، بود. روغن هسته‌ی انار حاوی ترکیبات فنلی، توکولی و استرولی با مقادیر به ترتیب ۱۶۸/۱۳، ۴۲۵/۹۵ و ۵۹۸۱/۷ میلی‌گرم در هر کیلوگرم روغن بود. تعیین خواص فیزیکی روغن و همچنین رفتار های حرارتی و محاسبه‌ی میزان انرژی‌های آزاد شده و یا جذبی آن به کمک آزمون تجزیه‌ی گرماسنجی افتراقی انجام شد. وجود نقاط ذوب و بلورین متعدد در این روغن در نتیجه‌ی نوع ساختار تری گلیسریدی آن می باشد. نتیجه‌ی کلی حاصل از اجرای پژوهش، نشان می‌دهد که روغن هسته‌ی انار ارزش تغذیه‌ای بالایی داشته و غنی در ترکیبات مختلف می‌باشد که کاربردهای زیاد در صنایع خوراکی، دارویی و بهداشتی دارند.

واژه‌های کلیدی: روغن هسته‌ی انار، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ، ویژگی های حرارتی.

---

[*] مسوول مکاتبات: shbasiri35@yahoo.com

۱- مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum L.* به خانواده Punicaceae تعلق دارد. این خانواده، یک جنس و دو گونه دارد. درخت انار کوچک و ارتفاع آن به حداکثر ۶ متر می‌رسد. در اقلیم‌های خشک و نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای رشد می کند و باردهی خوبی دارد با مناطق دارای تابستان های گرم و زمستان های سرد سازگار است و از مقاومت نسبتاً زیادی نسبت به عوامل اکولوژی برخوردار می‌باشد. بومی ایران، اسپانیا، مصر، روسیه، فرانسه، آرژانتین، چین، ژاپن، آمریکا، هند و مناطق مدیترانه ای است (۳۶) .

ایرانیان از حدود ۳۰۰۰ سال پیش با کشت انار آشنایی داشته‌اند و در کتیبه های تخت جمشید می توان کنده کاری‌هایی راجع به آن مشاهده کرد (۳). بخش‌های وسیعی از ایران در نواحی کویر مرکزی (دشت کویر و کویر لوت) با شرایط آب وهوایی خشک و نیمه گرمسیری ، مناسب پرورش انار هستند.

بر اساس آمار سال ۱۳۸۵ وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت باغ‌های بارور انار در ایران ۶۳۷۳۰ هکتار، میزان تولید آن ۷۰۵۱۶۴ تن بوده است. مطابق بررسی‌های انجام شده حدود ۷۶۰ رقم انار اعم از اهلی، وحشی و زینتی در اقصی نقاط کشور شناسایی شده است که هر یک از نظر رنگ، طعم، مزه، زمان رسیدگی، نحوه مصرف، بازارپسندی، قابلیت نگهداری و سازگاری متفاوت هستند. مهم ترین ارقام تجاری انار که بیش از ۹۵ درصد از صادرات را شامل می‌شود، ملس ساوه، شیشه‌ی کپ فردوس، خزر بردسکن، ملس یزد و بجستان هستند که دارای پوست قرمز و نسبتاً کلفت، دانه‌ی قرمز و مزه‌ی ملس متمایل به شیرین می باشند (۲ و ۴).

میوه‌ی درخت انار، درشت وکروی با پوستی به رنگ زرد روشن تا قرمز تیره است. شکل میوه، علاوه بر رنگ پوست، مزه، درصد آب دانه‌ها و دوام و مقاومت به امراض، متاثر از نوع انار است. میوه‌ی انار بسته به نوع رقم از اواسط تابستان تا انتهای پاییز، آماده برداشت می شود (۱). انار و فرآورده‌های آن، علاوه بر مصرف تازه خوری به صورت رب، آبمیوه، کنسانتره، ژله، لواشک و نوشابه و به عنوان افزودنی در صنایع نساجی، بهداشتی و آرایشی مورد استفاده قرار می گیرند (۲۵؛ ۲۸؛ ۴۲). وزن میوه بین ۲۰۰ تا ۷۵۰ گرم متغیر است. انار، دارای تعداد زیادی دانه‌ی حامل مایع اصلی میوه‌ی انار با طعمی ترش، شیرین یا ملس و هسته‌ای سخت حاوی روغنی ارزشمند می‌باشد. مقدار هسته در ارقام مختلف انار از نظر وزنی متفاوت بوده، در محدوده‌ی ۳۰ الی ۱۴۳ گرم بر کیلوگرم وزن میوه می‌باشد. مقدار وزنی روغن و ترکیبات فعال موجود در هسته‌ی انار نیز بستگی به رقم میوه داشته و در محدوده‌ی ۷۰ الی ۱۱۰ گرم برکیلوگرم وزن خشک هسته‌ها است (۲۰). در حدود ۸۰ درصد از اسیدهای چرب روغن هسته‌ی انار از نوع غیراشباع هستند (۱۴). روغن هسته‌ی انار، یکی از معدود منابع گیاهی است که دارای اسیدهای چرب مزدوج سه‌تایی به نام اسید لینولنیک مزدوج[1] بوده که از نظر بیولوژیکی از اسیدهای لینولئیک مزدوج[2] قوی ترهستند. اسید چرب مزدوج ۱۸ کربنه در روغن هسته‌ی انار، اسید پونیسیک نام دارد. اسید پونیسیک دارای خواص ضدالتهابی و تسکین دهندگی دردهای عضلانی است (۳۸) همچنین، باعث تقویت سیستم ایمنی بدن شده در مبارزه با بیماری-هایی نظیر سرطان، چاقی مفرط، دیابت و بیماری‌های قلبی و بهبود کشسانی پوست و ترمیم بافت‌های تخریب شده بسیار موثر است (۷). روغن هسته‌ی انار غنی‌ترین منبع گیاهی شناخته شده از ترکیبات استروئیدی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد. همچنین، مقادیر قابل توجهی ترکیبات استرولی از جمله بتا-سیتوسترول، استیگماسترول وکمپسترول و نیز ترکیبات توکولی از نوع آلفا، بتا و گاما در این روغن وجود دارد (۱۶).

با توجه به اهمیت میوه‌ی انار، به منظور حداکثر استفاده از این محصول و پسماندهای حاصل از فراوری آن، پژوهش حاضر با هدف تعیین خواص فیزیکوشیمیایی روغن استحصال شده از هسته‌ی انار رقم بومی منطقه سبزوار، انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌ی انار مورد استفاده در این پژوهش از رقم بومی ملس با وزن تقریبی هر میوه ۲۵۰ گرم با شاخص رسیدگی تجاری از منطقه‌ی خسروجرد از توابع شهرستان سبزوار، تهیه گردید.

۲-۱- جداسازی هسته از میوه

پس از شست وشو و برش میوه به قطعات کوچک تر، دانه ها با دست از بافت جدا و از طریق مالش ملایم بر روی توری فلزی عصاره‌ی آن ها استخراج گردید. به منظور جداسازی ذرات

1 . CLNA
2 . CLA

باقیمانده‌ی گوشت، هسته ها با آب شست وشو، سپس بر روی پارچه‌ی تمیز پهن شده و در دمای اتاق خشک گردیدند. هسته های خشک شده به کیسه‌ی کتانی منتقل و تا زمان مصرف درفریزر ۱۸ °C- نگه داری شدند.

۲-۲-استخراج روغن

هسته های انار به کمک آسیاب به صورت پودر در آمد. پودر حاصل با حلال هگزان نرمال به نسبت ۴ : ۱ (وزنی به حجمی)، مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت، هم زده شد. مخلوط حلال حاوی روغن، در دمای محیط و زیر هود تبخیر شد و روغن باقیمانده به بطری شیشه ای منتقل و پس از جایگزینی هوای خالی بالای ظرف با گاز ازت، دربندی و در دمای $18^{\circ}C$- برای انجام آزمایش های بعدی نگه داری شد.

۲-۳- اندازه گیری مقدار رطوبت و روغن هسته

مقدار رطوبت هسته های انار بر اساس روش AOAC به شماره‌ی ۹۸۴/۲۵ (۶) و استخراج روغن با کمک حلال هگزان (مرک، آلمان) با روش سوکسله بر اساس روش پیشنهادی AOAC به شماره‌ی ۹۶۳/۱۵ صورت پذیرفت (۶).

۲-٤- اندازه گیری عدد اسیدی روغن

عدد اسیدی بر طبق روش Aa 6-38 (۵) محاسبه شد.

۲-۵ اندازه گیری عدد پراکسید روغن

عدد پراکسید با روش اسپکتوفتومتری تیوسیونات محاسبه گردید (۴۳).

۲-٦- شاخص پایداری اکسایشی روغن (OSI)

مقاومت اکسایشی روغن به کمک دستگاه رنسیمت[1] (مدل ۷۴۳، ساخت شرکت Metrohm Ltd. Herisau کشور سوئیس) تعیین گردید (۱۵).

۲-۷- ساختار اسیدچرب

اسیدهای چرب روغن با دستگاه گاز کروماتوگرافی ساخت شرکت Young Lin Acme کره‌ی جنوبی با ستون SGE (BPX-۷۰ (با ۶۰ مترطول، ۰/۲۵ میلی متر قطر و ۰/۲۵میکرومتر اندازه ذرات، شناسایی شدند (۱۳).

۲-۸- ساختار تری گلیسیریدی

اندازه گیری و شناسایی تری گلیسیریدهای روغن هسته‌ی انار با دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا به شیوه‌ی فاز معکوس، ساخت شرکت Young Lin HPLC System کشورکره‌ی جنوبی با ستون RP-18 و ۲۵۰ میلیمتر طول و ۴ میلیمتر قطر و اندازه‌ی ذرات ۵ میکرومتر صورت گرفت. تری گلیسیریدهای شناسایی شده بر اساس روشECN که با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می-شود دسته بندی شدند:

[(تعداد باندهای مضاعف در مولکول تری گلیسرید)×۲] - تعداد کربن های موجود در تری گلیسرید = ECN

۲-۹- اندازه گیری ترکیبات فنلی

مقدار ترکیبات فنلی نمونه‌ی مورد نظر به روش اسپکتوفتومتری باکمک معرف فولین سیوکالچو اندازه‌گیری شد (۱۱).

۲-۱۰- شناسایی و تعیین مقدار اجزاء ترکیبات فنلی

شناسایی و تعیین مقدار اجزاء ترکیبات فنلی نمونه توسط دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا، ساخت شرکت Young Lin مدل Acme 9000 کشور کره‌ی جنوبی با ستون C18 luna و اندازه‌ی ذرات ۵ میکرومتر، طول ۲۵ سانتیمتر و قطر داخلی ۳ میلیمتر صورت گرفت (۸).

۲-۱۱- ترکیبات توکولی

شناسایی و اندازه گیری ترکیبات توکولی نمونه‌ی روغن به کمک دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا، ساخت شرکت Young Lin مدل Acme 9000 کشورکره‌ی جنوبی با ستون Hypersil ODS C18 با اندازه ذرات ۵ میکرومتر و طول ستون ۲۵ سانتیمتر و قطر ۴/۶ میلیمتر صورت گرفت (۲۱)

۲-۱۲- ترکیبات استرولی

برای اندازه گیری ترکیبات استرولی از دستگاه گازکروماتوگرافی مدل 6100، ساخت شرکت Young Lin Acme ، کره‌ی جنوبی با ستون DB-5 (5% phenyl methyl poly siloxane column)

1 . Rancimat instrument

Agilent Jand W, و ۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلیمتر قطر داخلی ، استفاده شد (۲۲).

۲-۱۳- ویژگی های حرارتی

مشخصات حرارتی روغن هسته‌ی انار با دستگاه DSC مدل DSC-F3 200 Maia ساخت شرکت NETZSCH آلمان اندازه‌گیری گردید. سرعت تغییرات درجه حرارت از ۱۳۰°C- تا ۳۰°C به میزان ۵°C در دقیقه بود.

۲-۱۴-گرانروی

گرانروی نمونه روغن به وسیله‌ی گرانروی سنج چرخشی[1] ، مدل LVDV-III Ultra Rheometer ساخت شرکت Brookfield Engineering کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

۲-۱۵- ضریب شکست[2]

ضریب شکست روغن هسته‌ی انار با استفاده از رفراکتومتر، مدل RX-7000α ساخت شرکت ATAGO کشور ژاپن در دمای C ۴۰° اندازه گیری شد (۲۳).

۲-۱۶- رنگ

رنگ نمونه‌ی روغن با استفاده از رنگ سنج تینتومتر لاویباند[3] مدل PFX 995 ساخت کشور انگلیس اندازه گیری شد. نمونه‌ی روغن به یک سل ۱۰ میلیمتری انتقال و رنگ آن در دمای ۳۰°C با انطباق بر اسلاید های رنگی استاندارد، اندازه گیری گردید (۲۷).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص فیزیکوشیمیایی روغن هسته‌ی انار

مشخصات هسته و برخی ویژگی های روغن هسته‌ی انار در جدول ۱ آورده شده است. با تعیین ویژگی های روغن و چربی می‌توان ارزیابی دقیقی ازکیفیت تغذیه ای و پایداری اکسایشی آن ها به منظور تعیین زمان مناسب نگه داری و کاربرد آن ها انجام داد.

میانگین مقدار روغن موجود در دانه‌ی انار ۱۷/۳۳ درصد در ماده‌ی خشک بود. این مقدار روغن در مقایسه با دانه های مشابه مانند سیاهدانه با ۴۰ – ۵/ ۲۸ درصد (۱۲) و روغن بزرک با ۲۸-۹ درصد (۳۵) قابل توجه بوده و ارزش اقتصادی خوبی دارد. پاراشار و همکاران نیز در سال ۲۰۱۰ مقادیر روغن موجود در هسته ۲۵ رقم مختلف انار را محدوده ی۱۹/۳– ۶/۶ درصد گزارش نمودند.

میزان اسیدهای چرب آزاد و عدد پراکسید روغن به ترتیب ۰/۵۵ میلی گرم هیدروکسیدپتاسیم برگرم روغن و ۰/۷۹ میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن بودند که نشان دهنده‌ی کیفیت مناسب و غیر اکسایشی روغن مورد مطالعه می‌باشند.

شاخص پایداری روغن هسته‌ی انار در دمای ۱۱۰ درجه‌ی سانتیگراد به طور میانگین ۳/۰۳ ساعت اندازه گیری گردید. در مقایسه با شاخص های پایداری روغن دانه‌ی بزرک (۱/۵۷ ساعت) (۱۰) و روغن هسته‌ی انگور (۱۹/۷ ساعت) (۲۶)، مشخص می گردد که شاخص پایداری روغن هسته‌ی انار در محدوده‌ی قابل قبول است. عوامل مختلف نظیر مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در روغن ها نقشی مهمی را در تعیین پایداری اکسیداتیو آن ها بر عهده دارند. از آن جا که ۹۲/۸ درصد اسیدهای چرب روغن هسته انار غیر اشباع هستند بنابراین، پایداری آن نسبتاً پایین می باشد.

یکی از ویژگی های اساسی یک روغن، گرانروی آن می باشد که مقدار آن مستقیماً به ساختار اسیدچرب روغن بستگی دارد (۱۷). روغن هسته‌ی انار در درجه ی حرارت اتاق، مایع بوده و گرانروی آن ۱۵۵/۵۷ سانتی پواز می‌باشد که در مقایسه با روغن های مشابه مانند روغن آفتاب گردان (۳۲/۶ سانتی پواز)، روغن سویا (۳۲/۹ سانتی پواز) (۳۹) بسیار زیاد می باشد. وجود اسیدهای چرب کونژوگه در روغن هسته‌ی انار به عنوان یک عامل موثر در خصوصیات عملکردی می‌تواند علت اصلی گرانروی بالای این روغن باشد (۳۳).

رنگ از جمله ویژگی های مهم روغن بوده و به عنوان راهنما در تصفیه‌ی روغن های خوراکی استفاده می شود. متوسط مقادیر شاخص های رنگی روغن هسته‌ی انار R، Y و B به ترتیب ۱/۹، ۱۲/۷۵ و صفر بودند. اعداد R ، Y و B ، به ترتیب میزان قرمزی (کدورت) و زردی (شفافیت) و سبزی روغن را نشان می دهند. در سیستم رنگ سنجی لاویباند، رنگ روغن را به صورت نسبت Y/R (نسبت درجه زردی به قرمزی) محاسبه می شود (۴۰) مقدار این عدد در روغن هسته‌ی انار، ۶/۷۱ تعیین گردید.

---

[1] . Rotational viscometer
[2] . Refractive index
[3] . Lovibond Tintometer

جدول ۱- مشخصات هسته‌ی انار و برخی ویژگی های روغن هسته‌ی انار

کمیت اندازه گیری شده	مقدار
مقدار رطوبت هسته (گرم در ۱۰۰ گرم)	۳/۷۵ ± ۰/۲۰
مقدار روغن هسته (وزن خشک)	۱۷/ ۳۳ ± ۱/۳۳
ویژگی‌های روغن هسته انار	
اسیدهای چرب آزاد (میلی گرم هیدروکسید پتاسیم بر گرم روغن)	۰/۵۵۹ ± ۰/۰۱
عدد پراکسید (میلی اکی والان کرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن)	۰/ ۷۹۱± ۰/۱۹
شاخص پایداری اکسایشی (OSI)	۳/۰۳± ۰/۱۵
ضریب شکست	۱/۵۰۹۵ -۱/۵۰۸۸
گرانروی ظاهری (سانتی پواز)	۱۵۵/ ۵۷± ۰/۳
رنگ (زردی به قرمزی)	۶/۷۱± ۰/۱۶

یکی از شاخص‌های اولیه‌ی تشخیص نوع روغن، ضریب شکست می باشد. ضریب شکست روغن هسته‌ی انار در محدوده‌ی (۱/۵۰۹۵- ۱/۵۰۸۸) بود که در مقایسه با ضریب شکست روغن های کلزا، پنبه دانه به ترتیب (۱/۴۶۷۰ – ۱/۴۶۴۰) و (۱/۴۶۶۰ – ۱/۴۵۸۰)، بالا بوده و نشان دهنده‌ی مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع روغن می باشد. هر چه میزان غیر اشباع بودن روغن بیش تر باشد، ضریب شکست آن نیز بیش تر خواهد بود.

۳-۲- ساختار اسید چرب

ساختار اسید چربی روغن هسته‌ی انار در جدول ۲ گزارش شده است. اسید های چرب موجود در روغن هسته‌ی انار شامل اسیدهای چرب پالمتیک (۸۹/ ۳ درصد)، استئاریک (۲/۸۱ درصد)، اولئیک (۴۸/ ۸ درصد)، لینولئیک (۵۶/ ۸ درصد)، لینولنیک (۰/۶۵درصد) و پونیسیک (۱۱/ ۷۵ درصد) بودند. این روغن، دارای ۷/۲ درصد اسیدهای چرب اشباع (SFA) و ۹۲/۸ درصد اسید های چرب غیر اشباع (USFA) بوده که از این مقدار ۸۴/۳۲ درصد چند غیراشباع و ۸/۴۸ درصد تک غیر اشباع می-باشد. نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع (USFA/SFA) معمولا به عنوان معیاری از میزان سیرناشدگی روغن ها و چربی ها و نیز تمایل آن ها به خود اکسایش لیپیدی در نظر گرفته می شود (۲۹).

یاماساکی و همکاران در سال ۲۰۰۶، گزارش نمودند که مقدار اسید پونیسیک موجود در دانه‌ی انار ۸۳/۱ درصد می‌باشد. اسید پونیسیک توانایی زیادی در مقابله با رشد سلول های سرطانی دارد. تاثیر محافظتی اسید پونیسیک علیه سرطان در ارتباط با چربی اکسید شده می باشد. مقدار بالای این اسید با درجه‌ی غیر اشباعی بالا باعث ایجاد حساسیت در روغن نسبت به اکسیداسیون می شود، این حساسیت به اکسیداسیون موجب بروز خاصیت عملگرایی روغن دانه‌ی انار در بیماری‌های سرطانی می گردد. در یک آزمایش تکمیلی، پژوهشگران با افزودن آنتی اکسیدان به روغن هسته‌ی انار مانع از اکسیداسیون آن شدند ولی در نهایت این روغن اثرات محافظت کنندگی خود را علیه بیماری سرطان از دست داد (۱۸).

اسید های چرب لینولئیک و اولئیک با مقادیر به ترتیب ۸/۵۶ و ۸/۴۸ درصد در روغن هسته‌ی انار بعد از اسید پونیسیک بیش ترین مقدار را دارا بودند. نتایج به دست آمده از تحقیقات میرتنزتالکوت و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان داد که مقادیر اسید های لینولئیک و اولئیک در روغن هسته‌ی انار به ترتیب ۵/۸ و ۵/۹ درصد بودند. این نتیجه، علی رغم تفاوت مقداری نشان می‌دهد که نتایج حاصل از تحقیق فعلی خارج از محدوده نمی‌باشد. نایاک و پاتر طی تحقیقی در سال ۲۰۱۰، به این نتیجه رسیدند که اختلافات موجود در مقادیر روغن به دست آمده از میوه های انار جمع آوری شده از مناطق مختلف و ترکیب اسیدهای چرب آنها، به رقم میوه، شرایط مختلف آب وهوایی، موقعیت و نحوه پرورش درختان بستگی دارد.

جدول ۲- ترکیب اسید چرب روغن دانه‌ی انار

اسید چرب	مقدار (درصد)
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۳/۸۹
اسید استئاریک ($C_{18:0}$)	۲/۸۱
اسید آراشیدیک ($C_{20:0}$)	۰/۵۰
اسید اولئیک ($C_{18:1}$)	۸/۴۸
اسید لینولئیک ($C_{18:2}$)	۸/۵۶
اسید لینولنیک ($C_{18:3}$)	۰/۶۵
اسید پونیسیک ($C_{18:3}$)	۷۵/۱۱
اسیدهای چرب اشباع (SFA)	۷/۲
اسیدهای چرب غیر اشباع (USFA)	۹۲/۸
اسیدهای چرب تک غیر اشباع	۸/۴۸
اسید چرب چند غیر اشباع (PUFA)	۸۴/۳۲
USFA/SFA	۱۲/۸۸

۳-۳- ساختار تری‌گلیسیریدی (تری آسیل گلیسرول)

توزیع تری‌گلیسیریدهای روغن هسته انار در جدول ۳، با ۵ گروه تری گلیسیرید (۴۴≥ و ۴۲، ۴۰، ۳۸، ۳۶ =ECN[1]) مشاهده می شود. مکانیسم جداسازی تری گلیسریدها بر اساس طول زنجیره و همچنین درجه‌ی غیر اشباعی اسیدهای چرب می باشد (۱۹).

کافمن و ویسمن در سال ۲۰۰۷، ساختار تری‌گلیسیریدها را در روغن هسته‌ی انار تعیین نمودند. نتایج به دست آمده شباهت زیاد با پژوهش حاضر دارد.

۳-۴- ترکیبات فنلی

روغن هسته‌ی انار حاوی ۱۶۸/۱۳ میلی گرم ترکیبات فنلی در هر کیلوگرم روغن بود. ترکیبات فنلی موجود در روغن های تخم خربزه و تخم کدو به ترتیب ۱۸ و ۱۸/۷ میلی گرم بر کیلوگرم بودند (۳۴). ترکیبات فنلی شناسایی شده و مقادیر آنها در جدول ۴ به صورت جداگانه گزارش شده است. اسیدهای فرولیک و وانیلیک غالب ترین اسیدهای فنلی به همراه ترکیبات دیگر مانند اسیدکلروژنیک و اسید پارا هیدروکسی بنزوئیک در گیاهان هستند (۴۴). اهمیت وجود ترکیبات فنلی در یک ماده به واسطه‌یث خاصیت آنتی اکسیدانی آن ها می باشد.

۳-۵- ترکیبات توکولی

مقادیر توکوفرول‌ها و توکوتری‌انول‌های موجود در روغن هسته‌ی انار در جدول ۵، آورده شده‌اند. مقادیر کلی توکول ها در روغن هسته‌ی انار ۴۲۵/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن بود که در مقایسه با نمونه هایی از روغن نظیر هسته‌ی پالم (۵۱۵/۴ میلی گرم بر کیلوگرم) و تخم کدو (۸۰۶ میلی گرم بر کیلوگرم) (۳۴) مقدار پایین ولی ارزشمند می‌باشد. توکوفرول ها کاربرد وسیعی در صنایع مختلف غذایی، دارویی، بهداشتی و خوراک دام دارند. در صنایع غذایی از توکوفرول‌ها به عنوان آنتی اکسیدان به صورت افزودنی در تولید مارگارین، روغن سرخ کردنی و اسنک ها استفاده می شود. اجزای مختلف توکولی به عنوان آنتی اکسیدان، زنجیره‌ی رادیکالی را در ممبران ها و لیپوپروتئین های پلاسما و غذا شکسته ، باعث کاهش ابتلا به بیماری های قلبی و انواع خاصی از سرطان ها می شود (۴۱).

جدول ۳- ترکیب تری گلیسریدی (TAG) روغن هسته‌ی انار

ECN	مقدار (گرم در ۱۰۰گرم)	ترکیب تری گلیسریدی*
منو و دی گلیسریدها	۱/۲۶	-
۳۶	۶۱/۲۵	PnPnPn, PnLnPn
۳۸	۱۰/۸۴	PnLPn, PnLLn, LnLLn,
۴۰	۱۶/۸۷	PnPPn, PnOPn,LPnL, PPP
۴۲	۹/۷۰	LLL, OPnL, PnPL, PnSPn
۴۴≥	۰/۱	PPnP, SPnL, LOL,OPnO

*Pu, punicic acid; Ln, linolenic acid; L, linoleic acid; O, oleic acid; P, palmitic acid; S, stearic acid.

1. Equivalent Carbon Number

۳-٦- ترکیبات استرولی

استرول های گیاهی گروهی از الکل های استروئیدی بوده که بخش عمده فاز صابونی‌ناشونده روغن های گیاهی را تشکیل می-دهند. یکی از شاخص های شناسایی روغن های گیاهی به منظور تعیین کیفیت، اندازه گیری مقادیر فیتواسترول های آن ها می‌باشد. همان گونه که در جدول ۶، مشاهده می‌شود مقدار کلی استرول ها در روغن هسته‌ی انار در این پژوهش۵۹۸/۱۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم روغن تعیین شد. این مقدار در مقایسه با مقادیر استرول های موجود در روغن های تخم کدو (۲۷۳میلی گرم در ۱۰۰ گرم روغن) (۳۴) و هسته پالم (۳۳۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم روغن) (۳۲)، مقدار قابل ملاحظه ای می باشد. فراوان ترین استرول موجود در روغن هسته‌ی انار سیتوسترول (۶۷/ ۴۵۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم روغن) و بعد از آن کمپسترول (۵۱/۱۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم روغن) است. کمپسترول با ساختار شیمیایی مشابه کلسترول، کاهش دهنده‌ی میزان کلسترول خون بوده و همچنین با داشتن قدرت ضد التهابی بالا از بروز بسیاری التهاب های اولیه در بدن جلوگیری می کند.

جدول ٤- ترکیبات فنلی روغن هسته‌ی انار

ترکیب فنلی	مقدار (گرم در ۱۰۰ گرم)
اسید وانیلیک	۹/۱۱
اسیدسیرینجیک	۰/۹۵
اسید پارا کوماریک	۱/۰۹
اسید فرولیک	۲/۴۰
اسید کوماریک	۵/۱۳
اسید آلفا اپی کالاژین	۱۰/۶۶
اسید بتا اپی کالاژین	۱۱/۳۷
اسید گالیک	۱ /۸۴
تریمر های ناشناخته	۷/۴۸

۳-۷- مشخصات حرارتی روغن

آزمون تجزیه ی گرماسنجی افتراقی DSC[1] یک روش ساده، سریع و مستقیم به منظور ارزیابی کیفی روغن می‌باشد. این آزمون به منظور مطالعه تری گلیسیریدهای تشکیل دهنده‌ی روغن و تعیین خواص ذوبی و کریستالی آن با استفاده از رفتار های حرارتی و محاسبه‌ی میزان انرژی‌های آزاد شده و یا جذبی می باشد (۹). در شکل۱، منحنی های حرارتی روغن هسته‌ی انار را در حالات گرمایی و سرمایی با سرعت تغییرات ۵°C در دقیقه، نشان می دهد. در قسمت گرماگیر منحنی، سه پیک مرکب و در قسمت گرمازای منحنی، دو پیک مرکب مشاهده می شود.

مشخصات حرارتی منحنی های ذوبی و انجمادی DSC روغن هسته‌ی انار به ترتیب در جداول ۷ و ۸ آورده شده است. وجود سه پیک ذوبی مشخص در نتیجه‌ی وجود تری گلیسریدهای مختلف با مقادیر مختلف اسیدهای چرب می باشد.

جدول ٥- ترکیبات توکولی روغن هسته‌ی انار

ترکیب توکولی	مقدار (میلی گرم در کیلوگرم)
آلفا توکوفرول	۲۷/۳۸
بتا توکو.فرول	۵/۷
گاما توکوفرول	۱۴۰/۲۶
دلتا توکوفرول	۱۸۷/۷۲
آلفا توکوتری انول	۴۶/۸۴
بتا و گاما توکوتری انول	۲/۱۴
دلتا توکوتری انول	۷/۷۱
شناسایی نشده	۸/۲
جمع	۴۲۵/۹۵

جدول ٦- ترکیبات استرولی روغن هسته‌ی انار

ترکیب استرولی	مقدار (گرم در۱۰۰گرم)
کلسترول	۰/۱۸
براسیکاسترول	۰/۱۴
کلروسترول	۰/۷۱
کمپسترول	۸/۵۵
استیگماسترول	۴/۹۰
سیتوسترول	۷۶/۰۱
Δ^5 اونسترول	۶/۸۴
$\Delta^{5,23}$ استیگماستادی انول	۱/۲۹
Δ^7 استیگماسترول	۰/۵۹
Δ^7 اونسترول	۰/۷۷
جمع	۵۹۸۱/۷۶ (mg/kg)

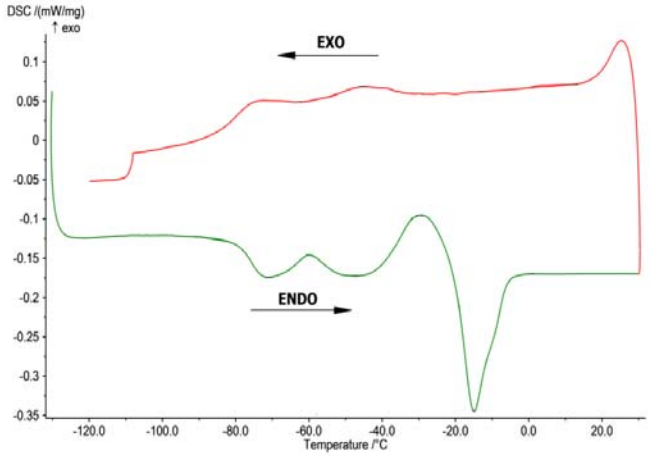
1 . Differential Scanning Calorimetery

تن و چی من در سال ۲۰۰۲، در خصوص رابطه‌ی نوع تری گلیسرید و دما گزارش نمودند که تری گلیسرید های دارای اسیدهای چرب اشباع (SSS) در درجه حرارت های بالاتری نسبت به تری گلیسریدهای با اسیدهای چرب غیر اشباع (UUU) ذوب می شوند و نقطه‌ی ذوب تری گلیسریدهای SSU و SUU در محدوده‌ی ذوبی بین دو گروه قرار می گیرند.

پیک اول منحنی با کم ترین نقطه‌ی ذوب در مقایسه با سایر پیک ها، شامل تری گلیسریدهایی است که دارای اسیدهای چرب چند غیراشباع بیش تر می باشد. بر اساس جدول ۳ که ساختار تری گلیسریدی روغن هسته‌ی انار را نشان می دهد می‌توان گفت، به احتمال زیاد، تری‌گلیسریدهای با ECN برابر ۳۶ با اسیدهای چرب عمده PnPnPn و PnLnPn در این محدوده (پیک) قرار می‌گیرند. پیک دوم منحنی ذوبی، می تواند مربوط به تری گلیسریدهای با ECN برابر ۳۸ با اسیدهای چرب عمده PnLPn, PnLLn, LnLLn و پیک سوم مربوط به تری گلیسریدهای با ECN برابر ۴۰ و ۴۲ با اسیدهای چرب عمده PnPPn, PnOPn, LPnL, PPP و LLL, OPnL, PPnL PnSPn باشند. در این پیک ها به علت وجود اسیدهای چرب با میزان غیراشباعی کم تر نسبت به پیک اول، نقاط ذوب بالاتر هستند.

تن و چی من در سال ۲۰۰۰ گزارش نمودند که ذوب دو یا چند ترکیب تری گلیسریدی در یک محدوده‌ی دمایی مشخص می تواند به صورت توام در یک زمان، صورت گرفته و در منحنی DSC به صورت پیک مرکب مشاهده شود. در نتیجه‌ی این رخداد، نقاط ذوب تری گلیسریدها همپوشانی[1] داشته و یک منطقه‌ی مشخص را به صورت پیک پهن تری نشان می دهند. تن و چی من در سال ۲۰۰۲ دلیل این موضوع را چنین بیان نمودند که زمانی که نمونه‌ی روغن گرم می شود، تری گلیسریدهایی که مقاومت کمی به درجه حرارت دارند، در دمای پایین تر ذوب شده و مابقی تری گلیسریدهای موجود در روغن، تغییر آرایش داده و باعث ایجاد کریستال های جدید می شوند.

همچنین مطابق آنچه در بحث ذوب شدن مطرح گردید تفاوت ساختار تری گلیسریدی موجود در روغن هسته‌ی انار، به طور یقین عامل بروز ۲ پیک مرکب در مرحله‌ی گرمازایی منحنی حرارتی می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- ترموگرام روغن هسته‌ی انار، EXO (گرمازا) و ENDO (گرماگیر)

کریستالیزاسیون اولین گروه تری گلیسریدها از نقطه‌ی C ۱۲/۶° شروع شده و دارای نقطه‌ی آغازین C ۰/۶°- و آنتالپی کریستالینه شدن ۰/۱۴۱ ژول بر گرم بود. این پیک به احتمال زیاد مربوط به تری گلیسریدهای اشباع (PPP) و همینطور تری-گلیسریدهای حاوی اسیدهای چرب اشباع (PPnL، PnPPn) می باشد. هرچه درجه‌ی اشباعی تری گلیسرید بیش تر، انجماد زودتر و در دمای بالاتری صورت می گیرد. گروه دوم تری گلیسریدها که شامل تری گلیسریدهای غیر اشباع می باشددر نقطه‌ی C ۴۵/۲°- کریستاله شدند و در دمای C ° ۵۶/۵- به صورت کامل جامد شدند.

٤-نتیجه گیری

اطلاعات و تجربیات به دست آمده در زمینه‌ی شناسایی ترکیبات و اجزای تشکیل دهنده‌ی روغن هسته‌ی انار و بررسی خواص آن، تلاشی در جهت یافتن کاربردهای صنعتی این محصول در زمینه های مختلف می‌باشد. هسته‌ی انار به عنوان محصول فرعی و جانبی کارخانه‌های صنعتی فرآوری انار، منبع خوبی از ترکیبات ارزشمند غذایی بوده و به عنوان افزودنی خوراکی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم می تواند کاربردهای زیادی داشته باشد. با توجه به این که اطلاعات زیادی از ترکیبات زیست فعال روغن هسته‌ی انار ایرانی در دسترس نبود، نیاز به انجام تحقیقات شناسایی ترکیبات انار رقم بومی وجود داشت.

1 . Overlapping

جدول ۷- مشخصات حرارتی منحنی های ذوبی DSC روغن هسته‌ی انار

مشخصات	پیک اول	پیک دوم	پیک سوم
دمای آغازین (درجه سانتیگراد)	-۷۸/۸	-۵۹	-۲۱/۳
دمای ذوب (درجه سانتیگراد)	-۷۱	-۴۷ /۴	-۱۴ /۸
آنتالپی ذوبی (ژول بر گرم)	۵ /۰۶۸	۱۰/۶۵	۲۴/۷۴

جدول ۸- مشخصات حرارتی منحنی های انجمادی DSC روغن هسته‌ی انار

مشخصات	پیک اول	پیک دوم
دمای آغازین (درجه‌ی سانتیگراد)	-۰/۶	-۵۶/۵
دمای انجماد (درجه‌ی سانتیگراد)	۱۲/۶	-۴۵/۲
آنتالپی انجماد (ژول بر گرم)	۰/۱۴۱	۲/۵۵۷

نتایج، نشان داد که از ۹۲/۸ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع روغن هسته‌ی انار، اسید پونیسیک، بیش ترین میزان اسیدهای چرب غیر اشباع را به خود اختصاص می دهد. وجود این اسید و حساسیت آن به اکسیداسیون باعث بروز خواص زیست فعالی در آن می‌شود. در بین تری گلیسریدهای موجود در روغن هسته‌ی انار PnPnPn و PnLnPn با ECN =۳۶ بیش ترین فراوانی (۶۱/۲۵ درصد) را دارند.

اسیدپونیسیک اسید چرب با ساختار غیر اشباع، دارای نقطه‌ی ذوب پایین می باشد. لذا تری گلیسرید ساخته شده از آن نقطه‌ی ذوب بسیار کم داشته و روغن هسته‌ی انار با داشتن مقادیر قابل ملاحظه از این اسید چرب دارای خواص فیزیکو شیمیایی مشابه اسیدپونیسیک می باشد. از آن جا که روغن هسته‌ی انار نقطه‌ی ذوب پایین داشته و در دمای محیط مایع می باشد، لذا کاربرد زیاد در تهیه‌ی محصولات آرایشی و بهداشتی دارد. روغن مورد مطالعه، دارای مقادیر قابل توجه ترکیبات فنلی (۱۶۸/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم روغن)، ترکیبات توکولی (۴۲۵/۹۵ میلی گرم بر کیلوگرم روغن)، ترکیبات استرولی (۵۹۸۱/۷ میلی گرم بر کیلوگرم روغن) می باشد.

۵- منابع

۱- بهزادی شهربابکی، حبیب. ۱۳۷۷. *پراکندگی وتنوع ارقام انار در ایران*، نشر آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. کرج، ایران.

۲-بی نام. ۱۳۸۵. *آمارنامه های کشاورزی*، وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات دفتر فناوری و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.

۳-بی نام. ۱۳۸۹. *شناسنامه‌ی تصویری انار*. وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات دفتر امور میوه ها، ۴۳ صفحه.

۴-وارسته، ف.، ارزانی ، ک.، زمانی، ذ. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات فصلی فیزیکوشیمیایی میوه‌ی انار (Punica granatum L.) رقم ملس ترش ساوه. *مجله‌ی علوم باغبانی ایران*، ۳۹ (۱) : ۳۸- ۲۹

5. AOCS. 1993. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*. 4th Ed. Method Aa 6-38. The Society: Champaign, IL.

6. AOAC. 2005. *Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists*. VA: Assoc of Anal Chem Inc.

7. Aslam, M. N., Lansky, E. P., Varani, J. 2006. Pomegranate as a cosmeceutical source: Pomegranate fractions promote proliferation and procollagen synthesis and inhibit matrix metalloproteinase-1 production in human skin cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 103: 311–318.

8. Bendini, A., Bonoli, M., Cerretani, L., Biguzzi, B., Lercker, G., & Gallina Toschi, T. 2003. Liquid-liquid and solid-phase extractions of phenols from virgin olive oil and their separation by chromatographic and electrophoretic methods. *Journal of Chromatography A*, 985(1-2), 425-433.

9. Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E. and Hamadi, A. 2004. "Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction", *Food Chemistry*, 84: 577-584.

10. Bozan, B. and Temelli, F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and

antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food chemistry*. DOI: 10.1016/j.foodchem.03.040

27. Manral, M., Pandey, M. C., Jayathilakan, K., Radhakrishna, K. and Bawa, A. S. 2008. Effect of fish (Catla catla) frying on the quality characteristics of sunflower oil. *Food Chemistry*, 106 (2): 634-639.

28. Martinez, J. J., Melgarejo, P., Hernandez, F., Salazar, D. M. and Martinez, R. 2006. Seed characterization of five new pomegranate varieties. *Scientia Horticulturae*. 110: 241–246.

29. Mendez, E., Sanhueza, J., Speisky, H., and Valenzuela, A. 1996. Validation of the Rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73: 1033-1037.

30. Mertens-Talcott, S. U., Jilma-Stohlawetz, P., Rios, J., Hingorani, L., and Derendorf, H. 2006. Absorption, Metabolism, and Antioxidant Effects of Pomegranate (Punica granatum L.) Polyphenols after Ingestion of a Standardized Extract in Healthy Human Volunteers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8956-8961.

31. Mukherjee, C. and Bhattacharyya, S. 2002. Dietary Effects of Punicic Acid on the Composition and Peroxidation of Rat Plasma Lipid. *J Oleo Sci*, 51(8): 513-522.

32. Nehdi, I. 2011. Characteristics, chemical composition and utilisation of Albizia julibrissin seed oil. *Industrial Crops and Products,* 33(1), 30-34.

33. Nugteren, D. and Christ-Hazelhof, E. 1987. Naturally occurring conjugated octadecatrienoic acids are strong inhibitors of prostaglandin biosynthesis. *Prostaglandins*, 33:403–417.

34. Nyam, K. L., Tan, C. P., Lai, O. M., Long, K. and Che Man, Y. B. 2009. Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT - Food Science and Technology,* 42: 1396–1403.

35. Oomah, B. D. and Sitter, L. 2008. Characteristics of flaxseed hull oil. 2008. *Food Chemistry*, 114: 623–628.

36. Ozgen, M., Durgac, C., Serce, S. and Kaya, C. 2008. Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Food Chem*. 111, 703-706.

37. Parashar, A., Sinha, N. and Singh, P. 2010. Lipid contents and fatty acids composition of seed oil from twenty five pomegranates varieties grown in India. *Advance Journal of Food Science and technology*, 2 (1): 12-15.

38. Saha, S. S. and Ghosh, M. 2009. Comparative study of antioxidant activity of [alpha]-eleostearic acid and punicic acid against oxidative stress generated by sodium arsenite. *Food and Chemical Toxicology*, 47(10): 2551-2556.

39. San Jose´ Alonso, J., Lo´pez Sastreb, J. A., Romero-A´ Vila, C. and Lo´pez, E. 2008. A note on the combustion of blends of diesel and soya, sunflower and rapeseed vegetable oils in a light boiler. *Biomass and Bioenergy,* 32 (9): 880-886.

40. Satyanarayana, A., Rao, P. P., and Rao, D. G. 2010. Influence of source and quality on the color characteristics of annatto dyes and formulations. *LWT - Food Science and Technology,* 43(9): 1456-1460.

poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, 99 (14): 6354-6359.

11. Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M., & Parenti, A. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chemistry*, 71(4): 553-562.

12. Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C., Attia, H. 2007. Nigella sativa L.: Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Food Chemistry*, 101 (2): 673-681.

13. Christie, W. W. 1993. Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. . In: *Advances in lipid methodology*. (W. W. Christie ed), Oily Press, P: 69–111.

14. El-Nemr, S. E., Ismail, I.A., Ragab, M., 1990. Chemical composition of juice and seed of pomegranate fruit. *Die Nahrung* 34, 601 .606.

15. Farhoosh, R. 2007. The Effect of Operational Parameters of the Rancimat Method on the Determination of the Oxidative Stability Measures and Shelf-Life Prediction of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(3), 205-209.

16. Faria, A and Calhau C. 2010. Pomegranate in Human Health: An Overview. In: Ronald Ross W, Victor RP, editors. *Bioactive Foods in Promoting Health*. San Diego: Academic Press, pp: 551-63.

17. Grompone, M. A. 2005. Sunflpwer oil (Sixth Edition), In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, (Shahidi, F. ed), John Wiley & Sons, Inc.

18. Grossmann, M. E., Mizuno, N. K., Schuster, T., Cleary, M. P. 2010. Punicic acid is an omega-5 fatty acid capable of inhibiting breast cancer proliferation. *International Journal Oncology*. 36(2): 421-6.

19. Gutierrez, V.R. and Barron, L.J.R. 1995. Method for analysis of triacylglycerols. *Journal of Chromatography B*: Biomedical Sciences and Applications 671: 133-168.

20. Hernandez, P., Melgarejo, J., Olias, M., Artes, F. 1998. Fatty acid composition and total lipid content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. CIHEAM-Options Mediterraneennes.

21. ISO. 9936. 1997. Animal and vgetable fats and oil-Determination of tocopherols and tocotrienols content – Method using high performance liquid chromatography.

22. ISO. 12228: 1999, Animal and vegetable fats and oils – Determination of individual and total sterol contents – Gas chromatographic method.

23. Jiménez, E., Cabanas, M., Segade, L., García-Garabal, S. and Casas, H. 2001. Excess volume, changes of refractive index and surface tension of binary 1,2-ethanediol + 1- propanol or 1-butanol mixtures at several temperatures. Fluid Phase Equilibria, 180 (1-2): 151-164.

24. Kaufman, M and Wiesman, Z. 2007. Pomegranate oil analysis with emphasis on MALDI-TOF/MS triacylglycerol fingerprinting. *J Agriculture of Food Chemistry,* 55(25): 10405-13.

25. Lansky, E. P., Newman, R. A. 2007. Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2): 177-206.

26. Lutterodt, H., Slavin, M., Whent , M., Turner , E. and Yu, L. 2011. Fatty acid composition, oxidative stability,

41. Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V and Lampi, A-M. 2008. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2): 152-161.
42. Seeram, N.P., Schulman, R. N. and Heber, D. 2006. Pomegranates: Ancient roots to modern medicine. CRC Press, Boca Raton, FL.
43. Shantha, N. C., and Decker, E. A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids*. J AOAC Int,* 77(2), 4.
44. Siger, A., Nogala-Kalucka, M., and Lampart-Szczapa, E. 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of Food Lipids*, 15: 137–149.
45. Suzuki, R., Noguchi, R., Ota, T., Abe, M., Miyashita, K., and Kawada, T. 2001. Cytotoxic effects of conjugated trienoic fatty acids on mouse tumor and human monocytic leukemia cells. *Lipids* 36: 477-482.
46. Tan, C. P., and Che Man, Y. B. 2000. Differential scanning calorimetry analysis of edible oils: comparison of thermal properties and chemical composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77**:** 143–155.
47. Yamasaki, M., Kitagawa, T., Koyanagi, N., Chujo, H., Maeda, H., Kohno-Murase, J. and Yamada, K. 2006. Dietary effect of pomegranate seed oil on immune function and lipid metabolism in mice. *Nutrition*, 22(1): 54-59.