

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

شادی بصیری<sup>1\*</sup>، فخری شهیدی<sup>2</sup>، رضا فرهوش<sup>2</sup>، رسول کدخدایی<sup>3</sup>

<sup>1</sup>عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

<sup>2</sup>استاد گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>3</sup>عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: 1391/5/22

تاریخ دریافت: 1391/3/12

## چکیده

هسته‌ی انار، حاوی ترکیبات زیست فعال با ارزش تغذیه‌ای 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 روش‌های کلاسیک و دستگاهی استفاده شد. نتایج، نشان داد که مقادیر گرانروی، ضریب شکست و رنگ (قرمزی/ زردی) روغن هسته‌ی انار به ترتیب 155/57 سانتی پواز، 1/5095 – 1/5088 و 6/71 و اسیدهای پونسیک، لینولئیک و اولئیک اسیدهای چرب غالب در روغن بودند. تری گلیسریدهای روغن هسته‌ی انار در پنج گروه با اکی والان کربن نامبر برابر 36، 38، 40، 42 و بیش تر یا مساوی 44 دسته بندی شدند. بیش ترین میزان تری گلیسرید اندازه‌گیری شده با اکی والان کربن نامبر مساوی 36، بود. روغن هسته‌ی انار حاوی ترکیبات فنلی، توکولی و استرولی با مقادیر به ترتیب 168/13، 425/95 و 5981/7 میلی گرم در هر کیلوگرم روغن بود. تعیین خواص فیزیکی روغن و همچنین رفتارهای حرارتی و محاسبه‌ی میزان انرژی‌های آزاد شده و یا جذب 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 می‌باشد. 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، ویژگی‌های حرارتی.

**1- مقدمه**

هسته‌ای سخت حاوی روغن ارزشمند می‌باشد. مقدار هسته در ارقام مختلف انار از نظر وزنی متفاوت بوده، در محدوده‌ی 30 الی 143 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 70 الی 110 گرم بر کیلوگرم وزن خشک هسته‌ها است (20). در حدود 80 درصد از اسیدهای چرب روغن هسته‌ی انار از نوع غیراشباع هستند (14). روغن هسته‌ی انار، یکی از معدود منابع گیاهی است که دارای اسیدهای چرب مزدوج سه‌تایی به نام اسید لینولنیک مزدوج<sup>1</sup> بوده که از نظر بیولوژیکی از اسیدهای لینولنیک مزدوج<sup>2</sup> قوی تر هستند. اسید چرب مزدوج 18 کربنه در روغن هسته‌ی انار، اسید پونیسیک نام دارد. اسید پونیسیک دارای خواص ضدالتهابی و تسکین دهنده‌ی دردهای عضلانی است (38) همچنین، باعث تقویت سیستم ایمنی بدن شده در مبارزه با بیماری‌هایی نظیر سرطان، چاقی مفرط، دیابت و بیماری‌های قلبی و بهبود کشسانی پوست و ترمیم بافت‌های تخریب شده بسیار موثر است (7). روغن هسته‌ی انار غنی‌ترین منبع گیاهی شناخته شده از ترکیبات استروئیدی با خاصیت آنتی-اکسیدانی قوی می‌باشد. همچنین، مقادیر قابل توجهی ترکیبات استروئیدی از جمله بتا-سیتوسترول، استیگماسترول و کمپسترول و نیز ترکیبات توکولی از نوع آلفا، بتا و گاما در این روغن وجود دارد (16).

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 فیزیوشیمیایی روغن استحصال شده از هسته‌ی انار رقم بومی منطقه سبزوار، انجام شد.

**2- مواد و روش‌ها**

نمونه‌ی انار مورد استفاده در این پژوهش از رقم بومی ملس با وزن تقریبی هر میوه 250 گرم با شاخص رسیدگی تجاری از منطقه‌ی خسروجرد از توابع شهرستان سبزوار، تهیه گردید.

**1-2- جداسازی هسته از میوه**

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 6 متر می‌رسد. در اقلیم‌های خشک و نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای رشد می‌کند و باردهی خوبی دارد با مناطق دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد سازگار است و از مقاومت نسبتاً زیادی نسبت به عوامل اکولوژی بر خوردار می‌باشد. بومی ایران، اسپانیا، مصر، روسیه، فرانسه، آرژانتین، چین، ژاپن، آمریکا، هند و مناطق مدیترانه‌ای است (36).

ایرانیان از حدود 3000 سال پیش با کشت انار آشنایی داشته‌اند و در کتیبه‌های تخت جمشید می‌توان کنده‌کاری‌هایی را به آن مشاهده کرد (3). بخش‌های وسیعی از ایران در نواحی کویر مرکزی (دشت کویر و کویر لوت) با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه گرمسیری، مناسب پرورش انار هستند.

بر اساس آمار سال 1385 وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت باغ‌های بارور انار در ایران 63730 هکتار، میزان تولید آن 705164 تن بوده است. مطابق بررسی‌های انجام شده حدود 760 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. مهم‌ترین ارقام تجاری انار که بیش از 95 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 می‌باشند (2 و 4).

میوه‌ی درخت انار، درشت و کروی 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 می‌شود (1). 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 می‌گیرند (25؛ 28؛ 42). وزن میوه بین 200 تا 750 گرم متغیر است. انار، دارای تعداد زیادی دانه‌ی حامل مایع اصلی میوه‌ی انار با طعمی ترش، شیرین یا ملس و

1. CLNA

2. CLA

## 2-7- ساختار اسیدچرب

اسیدهای چرب روغن با دستگاه گاز کروماتوگرافی ساخت شرکت Young Lin Acme کره‌ی جنوبی با ستون SGE 70(BPX- (با 60 مترطول، 0/25 میلی متر قطر و 0/25 میکرومتر اندازه ذرات، شناسایی شدند (13).

## 2-8- 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 کشور کره‌ی جنوبی با ستون RP-18 و 250 میلیمتر طول و 4 میلیمتر قطر و اندازه‌ی ذرات 5 میکرومتر صورت گرفت. تری گلیسیریدهای شناسایی شده بر اساس روش ECN که با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می‌شود دسته بندی شدند:

[ ( تعداد باندهای مضاعف در مولکول تری گلیسیرید) × 2 ] - تعداد کربن های موجود در تری گلیسیرید = ECN

## 2-9- اندازه گیری ترکیبات فنلی

مقدار ترکیبات فنلی نمونه‌ی مورد نظر به روش اسپکتوفتومتری با کمک معرف فولین سیو کالچو اندازه گیری شد (11).

## 2-10- 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 5 میکرومتر، طول 25 سانتیمتر و قطر داخلی 3 میلیمتر صورت گرفت (8).

## 2-11- ترکیبات توکولی

شناسایی و اندازه گیری ترکیبات توکولی نمونه‌ی روغن به کمک دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا، ساخت شرکت Young Lin مدل Acme 9000 کشور کره‌ی جنوبی با ستون Hypersil ODS C18 با اندازه ذرات 5 میکرومتر و طول ستون 25 سانتیمتر و قطر 4/6 میلیمتر صورت گرفت (21)

## 2-12- ترکیبات استرولی

پس از شست و شو 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 باقیمانده‌ی گوشت، هسته ها با آب شست و شو، سپس بر روی پارچه‌ی تمیز پهن شده و در دمای اتاق خشک گردیدند. هسته های خشک شده به کیسه‌ی کتان منتقل و تا زمان مصرف در فریزر  $18^{\circ}\text{C}$  - نگه داری شدند.

## 2-2- استخراج روغن

هسته های انار به کمک آسیاب به صورت پودر در آمد. پودر حاصل با حلال هگزان نرمال به نسبت 4 : 1 (وزنی به حجمی)، مخلوط و به مدت 24 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  $18^{\circ}\text{C}$  - برای انجام آزمایش های بعدی نگه داری شد.

## 2-3- اندازه گیری مقدار رطوبت و روغن هسته

مقدار رطوبت هسته های انار بر اساس روش AOAC به شماره‌ی 984/25 (6) و استخراج روغن با کمک حلال هگزان (مرک، آلمان) با روش سوکسله بر اساس روش پیشنهادی AOAC به شماره‌ی 963/15 صورت پذیرفت (6).

## 2-4- اندازه گیری عدد اسیدی روغن

عدد اسیدی بر طبق روش Aa 6-38 (5) محاسبه شد.

## 2-5- اندازه گیری عدد پراکسید روغن

عدد پراکسید با روش اسپکتوفتومتری تیوسیونات محاسبه گردید (43).

## 2-6- شاخص پایداری اکسایشی روغن (OSI)

مقاومت اکسایشی روغن به کمک دستگاه رنسیمت<sup>1</sup> (مدل 743، ساخت شرکت Metrohm Ltd. Herisau کشور سوئیس) تعیین گردید (15).

ارزیابی دقیقی از کیفیت تغذیه‌ای و پایداری اکسایشی آن‌ها به منظور تعیین زمان مناسب نگه‌داری و کاربرد آن‌ها انجام داد.

میانگین مقدار روغن موجود در دانه‌ی انار 17/33 درصد در ماده‌ی خشک بود. این مقدار روغن در مقایسه با دانه‌های مشابه مانند سیاهدانه با 40 - 28/5 درصد (12) و روغن بزرک با 28-9 درصد (35) قابل توجه بوده و ارزش اقتصادی خوبی دارد. پاراشار و همکاران نیز در سال 2010 مقادیر روغن موجود در هسته 25 رقم مختلف انار را محدوده 6/6-19/3 درصد گزارش نمودند.

میزان اسیدهای چرب آزاد و عدد پراکسید روغن به ترتیب 0/55 میلی گرم هیدروکسیدپتاسیم بر گرم روغن و 0/79 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 110 درجه‌ی سانتیگراد به طور میانگین 3/03 ساعت اندازه‌گیری گردید. در مقایسه با شاخص‌های پایداری روغن دانه‌ی بزرک (1/57 ساعت) (10) و روغن هسته‌ی انگور (19/7 ساعت) (26)، مشخص می‌گردد که شاخص پایداری روغن هسته‌ی انار در محدوده‌ی قابل قبول است. عوامل مختلف نظیر مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در روغن‌ها نقشی مهمی را در تعیین پایداری اکسیداتیو آن‌ها بر عهده دارند. از آن‌جا که 92/8 درصد اسیدهای چرب روغن هسته‌ی انار غیر اشباع هستند بنابراین، پایداری آن نسبتاً پایین می‌باشد.

یکی از ویژگی‌های اساسی یک روغن، گرانیروی آن می‌باشد که مقدار آن مستقیماً به ساختار اسیدچرب روغن بستگی دارد (17). روغن هسته‌ی انار در درجه‌ی حرارت اتاق، مایع بوده و گرانیروی آن 155/57 سانتی پواز می‌باشد که در مقایسه با روغن‌های مشابه مانند روغن آفتاب گردان (32/6 سانتی پواز)، روغن سویا (32/9 سانتی پواز) (39) بسیار زیاد می‌باشد. وجود اسیدهای چرب کونژوگه در روغن هسته‌ی انار به عنوان یک عامل موثر در خصوصیات عملکردی می‌تواند علت اصلی گرانیروی بالای این روغن باشد (33).

رنگ از جمله ویژگی‌های مهم روغن بوده و به عنوان راهنما در تصفیه‌ی روغن‌های خوراکی استفاده می‌شود. متوسط مقادیر شاخص‌های رنگی روغن هسته‌ی انار R، Y و B به ترتیب 1/9، 12/75 و صفر بودند. اعداد R، Y و B، به ترتیب میزان قرمزی

برای اندازه‌گیری ترکیبات استرولی از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل 6100، ساخت شرکت Young Lin Acme، کره‌ی جنوبی با ستون (5% phenyl methyl poly siloxane column) Agilent Jand W, DB-5 و 30 متر طول، 0/25 میلیمتر قطر داخلی، استفاده شد (22).

## 2-13- ویژگی‌های 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  $-130^{\circ}\text{C}$  تا  $30^{\circ}\text{C}$  به میزان  $5^{\circ}\text{C}$  در دقیقه بود.

## 2-14- گرانیروی

گرانیروی نمونه روغن به وسیله‌ی گرانیروی سنج چرخشی<sup>1</sup>، مدل Brookfield LVDV-III Ultra Rheometer ساخت شرکت Engineering کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

## 2-15- ضریب شکست<sup>2</sup>

ضریب شکست روغن هسته‌ی انار با استفاده از رفاکتومتر، مدل RX-7000a ساخت شرکت ATAGO کشور ژاپن در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  اندازه‌گیری شد (23).

## 2-16- رنگ

رنگ نمونه‌ی روغن با استفاده از رنگ سنج تینتومتر لایبوند<sup>3</sup> مدل PFX 995 ساخت کشور انگلیس اندازه‌گیری شد. نمونه‌ی روغن به یک سل 10 میلیمتری انتقال و رنگ آن در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  با انطباق بر اسلاید‌های رنگی استاندارد، اندازه‌گیری گردید (27).

## 3- نتایج و بحث

### 3-1- خواص فیزیکوشیمیایی روغن هسته‌ی انار

مشخصات هسته و برخی ویژگی‌های روغن هسته‌ی انار در جدول 1 آورده شده است. با تعیین ویژگی‌های روغن و چربی می‌توان

1. Rotational viscometer

2. Refractive index

3. Lovibond Tintometer

و نیز تمایل آن‌ها به خود اکسایش لیبیدی در نظر گرفته می‌شود (29).

(کدورت) و زردی (شفافیت) و سبزی روغن را نشان می‌دهند. در سیستم رنگ سنجی لایویناند، رنگ روغن را به صورت نسبت Y/R (نسبت درجه زردی به قرمزی) محاسبه می‌شود (40) مقدار این عدد در روغن هسته‌ی انار، 6/71 تعیین گردید.

جدول 1- مشخصات هسته‌ی انار و برخی ویژگی‌های روغن هسته‌ی انار

مقدار	کمیت اندازه گیری شده
3/75 ± 0 /20	مقدار رطوبت هسته (گرم در 100 گرم)
17/33 ± 1 /33	مقدار روغن هسته (وزن خشک)
0/559 ± 0 /01	ویژگی‌های روغن هسته انار
0/791 ± 0 /19	اسیدهای چرب آزاد (میلی گرم هیدروکسید پتاسیم بر گرم روغن)
3/03 ± 0 /15	عدد پراکسید (میلی اکی والان کرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن)
1/5095 -1 /5088	شاخص پایداری اکسایشی (OSI)
155/57 ± 0 /3	ضریب شکست
6/71 ± 0 /16	گرانروی ظاهری (سانتی پواز)
	رنگ (زردی به قرمزی)

یاماساکی و همکاران در سال 2006، گزارش نمودند که مقدار اسید پونیسیک موجود در دانه‌ی انار 83/1 درصد می‌باشد. اسید پونیسیک توانایی زیادی در مقابله با رشد سلول‌های سرطانی دارد. تاثیر محافظتی اسید پونیسیک علیه سرطان در ارتباط با چربی اکسید شده می‌باشد. مقدار بالای این اسید با درجه‌ی غیر اشباعی بالا باعث ایجاد حساسیت در روغن نسبت به اکسیداسیون می‌شود، این حساسیت به اکسیداسیون موجب بروز خاصیت عملگرایی روغن دانه‌ی انار در بیماری‌های سرطانی می‌گردد. در یک آزمایش تکمیلی، پژوهشگران با افزودن آنتی‌اکسیدان به روغن هسته‌ی انار مانع از اکسیداسیون آن شدند ولی در نهایت این روغن اثرات محافظت‌کنندگی خود را علیه بیماری سرطان از دست داد (18).

اسیدهای چرب لینولئیک و اولئیک با مقادیر به ترتیب 8/56 و 8/48 درصد در روغن هسته‌ی انار بعد از اسید پونیسیک بیشترین مقدار را دارا بودند. نتایج به دست آمده از تحقیقات میرتترتالکوت و همکاران در سال 2006 نشان داد که مقادیر اسیدهای لینولئیک و اولئیک در روغن هسته‌ی انار به ترتیب 5/8 و 5/9 درصد بودند. این نتیجه، علی‌رغم تفاوت مقداری نشان می‌دهد که نتایج حاصل از تحقیق فعلی خارج از محدوده نمی‌باشد.

یکی از شاخص‌های اولیه‌ی تشخیص نوع روغن، ضریب شکست می‌باشد. ضریب شکست روغن هسته‌ی انار در محدوده‌ی (1/5088 - 1/5095) بود که در مقایسه با ضریب شکست روغن‌های کلزا، پنبه دانه به ترتیب (1/4670 - 1/4640) و (1/4660 - 1/4580)، بالا بوده و نشان دهنده‌ی مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع روغن می‌باشد. هر چه میزان غیر اشباع بودن روغن بیش تر باشد، ضریب شکست آن نیز بیش تر خواهد بود.

### 3-2- ساختار اسید چرب

ساختار اسید چربی روغن هسته‌ی انار در جدول 2 گزارش شده است. اسیدهای چرب موجود در روغن هسته‌ی انار شامل اسیدهای چرب پالمیتیک (89/3 درصد)، استئاریک (81/2 درصد)، اولئیک (48/8 درصد)، لینولئیک (56/8 درصد)، لینولئیک (65/0 درصد) و پونیسیک (11/75 درصد) بودند. این روغن، دارای 7/2 درصد اسیدهای چرب اشباع (SFA) و 92/8 درصد اسیدهای چرب غیر اشباع (USFA) بوده که از این مقدار 84/32 درصد چند غیر اشباع و 8/48 درصد تک غیر اشباع می‌باشد. نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع (USFA/SFA) معمولاً به عنوان معیاری از میزان سیرناشدگی روغن‌ها و چربی‌ها

مقدار (درصد)	اسید چرب
3/89	اسید پالمیتیک (C 16:0)
2/81	اسید استئاریک (C 18:0)
0/50	اسید آراشیدیک (C20:0)
8/48	اسید اولئیک (C 18:1)
8/56	اسید لینولئیک (C 18:2)
0/65	اسید لینولئیک (C 18:3)
75/11	اسید پونیسیک (C 18:3)
7/2	اسیدهای چرب اشباع (SFA)
92/8	اسیدهای چرب غیر اشباع (USFA)
8/48	اسیدهای چرب تک غیر اشباع
84/32	اسید چرب چند غیر اشباع (PUFA)
12/88	USFA/SFA

نایاک و پاتر طی تحقیقی در سال 2010، 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 و هوایی، موقعیت و نحوه پرورش درختان بستگی دارد.

#### جدول 2- ترکیب اسید چرب روغن دانه‌ی انار

#### 3-3- ساختار تری گلیسیریدی (تری آسیل گلیسرول)

توزیع تری گلیسیریدهای روغن هسته انار در جدول 3، با 5 گروه تری گلیسیرید ( $\geq 44$  و 36، 38، 40، 42) مشاهده می شود. مکانیسم جداسازی تری گلیسیریدها بر اساس طول زنجیره و همچنین درجه‌ی غیر اشباعی اسیدهای چرب می باشد (19).

کافمن و ویسمن در سال 2007، ساختار تری گلیسیریدها را در روغن هسته‌ی انار تعیین نمودند. نتایج به دست آمده شباهت زیاد با پژوهش حاضر دارد.

#### 3-4- ترکیبات فنلی

روغن هسته‌ی انار حاوی 168/13 میلی گرم ترکیبات فنلی در هر کیلوگرم روغن بود. ترکیبات فنلی موجود در روغن های تخم خربزه و تخم کدو به ترتیب 18 و 18/7 میلی گرم بر کیلوگرم بودند (34). ترکیبات فنلی شناسایی شده و مقادیر آنها در جدول 4 به صورت جداگانه گزارش شده است. اسیدهای فرولیک و وانیلیک غالب ترین اسیدهای فنلی به همراه ترکیبات دیگر مانند اسید کلروژنیک و اسید پارا هیدروکسی بنزوئیک در گیاهان هستند (44). اهمیت وجود ترکیبات فنلی در یک ماده به واسطه‌ی خاصیت آنتی اکسیدانی آن ها می باشد.

#### 3-5- ترکیبات توکولی

مقادیر توکوفرولها و توکوتریانولهای موجود در روغن هسته‌ی انار در جدول 5، آورده شده‌اند. مقادیر کلی توکولها در روغن هسته‌ی انار 425/95 میلی گرم بر کیلوگرم روغن بود که در مقایسه با نمونه‌هایی از روغن نظیر هسته‌ی پالم (515/4 میلی گرم بر کیلوگرم) و تخم کدو (806 میلی گرم بر کیلوگرم) (34) مقدار پایین ولی ارزشمند می باشد. توکوفرولها کاربرد وسیعی در صنایع مختلف غذایی، دارویی، بهداشتی و خوراکی دام دارند. در صنایع غذایی از توکوفرولها به عنوان آنتی اکسیدان به صورت افزودنی در تولید مارگارین، روغن سرخ کردنی و اسنکها استفاده می شود. اجزای مختلف توکولی به عنوان آنتی اکسیدان، زنجیره‌ی رادیکالی را در ممبرانها و لیپوپروتئینهای پلاسما و غذا شکسته، باعث کاهش ابتلا به بیماریهای قلبی و انواع خاصی از سرطانها می شود (41).

جدول 3- ترکیب تری گلیسیریدی (TAG) روغن هسته‌ی انار

ترکیب تری گلیسیریدی*	مقدار (گرم در 100 گرم)	ECN
-	1/26	منو و دی گلیسیریدها
PnPnPn, PnLnPn	61/25	36
PnLPn, PnLLn, LnLLn,	10/84	38
PnPpPn, PnOPn,LPnL, PPP	16/87	40
LLL, OPnL, PnPL, PnSPn	9/70	42
PPnP, SPnL, LOL,OPnO	0/1	44 $\geq$

آزمون تجزیه‌ی گرماسنجی افتراقی DSC<sup>1</sup> 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 رفتارهای حرارتی و محاسبه‌ی میزان انرژی‌های آزاد شده و یا جذب می‌باشد (9). در شکل 1، منحنی‌های حرارتی روغن هسته‌ی انار را در حالات گرمایی و سرمایی با سرعت تغییرات 5°C در دقیقه، نشان می‌دهد. در قسمت گرماگیر منحنی، سه پیک مرکب و در قسمت گرمایزای منحنی، دو پیک مرکب مشاهده می‌شود.

مشخصات حرارتی منحنی‌های ذوبی و انجمادی DSC روغن هسته‌ی انار به ترتیب در جداول 7 و 8 آورده شده است. وجود سه پیک ذوبی مشخص در نتیجه‌ی وجود تری گلیسیریدهای مختلف با مقادیر مختلف اسیدهای چرب می‌باشد.

جدول 5- ترکیبات توکولی روغن هسته‌ی انار

مقدار (میلی گرم در کیلوگرم)	ترکیب توکولی
27/38	آلفا توکوفرول
5/7	بتا توکوفرول
140/26	گاما توکوفرول
187/72	دلتا توکوفرول
46/84	آلفا توکوتری انول
2/14	بتا و گاما توکوتری انول
7/71	دلتا توکوتری انول
8/2	شناسایی نشده
425/95	جمع

جدول 4- ترکیبات فنلی روغن هسته‌ی انار

مقدار (گرم در 100 گرم)	ترکیب فنلی
9/11	اسید وانیلیک
0/95	اسیدسیرینجیک
1/09	اسید پارا کوماریک
2/40	اسید فرولیک
5/13	اسید کوماریک
10/66	اسید آلفا اپی کالائین
11/37	اسید بتا اپی کالائین
1/84	اسید گالیک
7/48	تریمرهای ناشناخته

جدول 6- ترکیبات استرولی روغن هسته‌ی انار

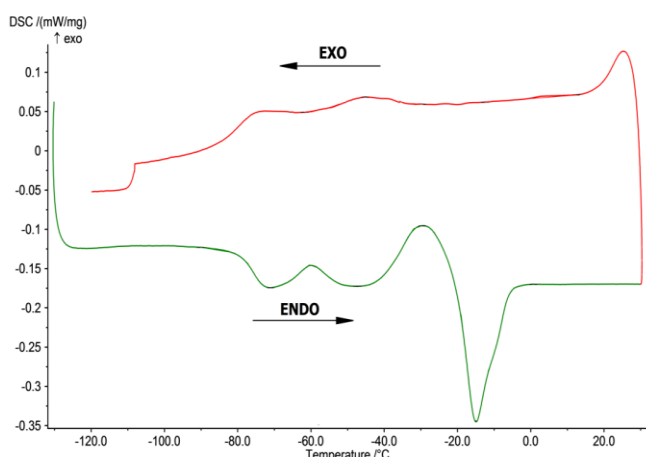
مقدار (گرم در 100 گرم)	ترکیب استرولی
0/18	کلسترون
0/14	براسیکاسترون
0/71	کلروسترون
8/55	کمپسترون
4/90	استیگماسترون
76/01	سیتوسترون
6/84	$\Delta^5$ اونسترون

### 3-6- ترکیبات استرولی

استرول‌های گیاهی گروهی از الکل‌های استروئیدی بوده که بخش عمده فاز صابونی‌ناشونده روغن‌های گیاهی را تشکیل می‌دهند. یکی از شاخص‌های شناسایی روغن‌های گیاهی به منظور تعیین کیفیت، اندازه‌گیری مقادیر فیتواسترول‌های آن‌ها می‌باشد. همان‌گونه که در جدول 6، مشاهده می‌شود مقدار کلی استرول‌ها در روغن هسته‌ی انار در این پژوهش 598/17 میلی گرم در 100 گرم روغن تعیین شد. این مقدار در مقایسه با مقادیر استرول‌های موجود در روغن‌های تخم کدو (273 میلی گرم در 100 گرم روغن) (34) و هسته پالم (336 میلی گرم بر 100 گرم روغن) (32)، مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. فراوان‌ترین استرول موجود در روغن هسته‌ی انار سیتوسترون (67/454 میلی گرم در 100 گرم روغن) و بعد از آن کمپسترون (14/51 میلی گرم در 100 گرم روغن) است. کمپسترون با ساختار شیمیایی مشابه کلسترون، کاهش دهنده‌ی میزان کلسترون خون بوده و همچنین با داشتن قدرت ضد التهابی بالا از بروز بسیاری التهاب‌های اولیه در بدن جلوگیری می‌کند.

<sup>1</sup>. Differential Scanning Calorimetry

و مابقی تری گلیسریدهای موجود در روغن، تغییر آرایش داده و باعث ایجاد کریستال‌های جدید می‌شوند. همچنین مطابق آنچه در بحث ذوب شدن مطرح گردید تفاوت ساختار تری گلیسریدی موجود در روغن هسته‌ی انار، به طور یقین عامل بروز 2 پیک در مرحله‌ی گرمایی منحنی حرارتی می‌باشد (شکل 1).



شکل 1- ترموگرام روغن هسته‌ی انار، EXO (گرمزا) و ENDO (گرماگیر)

کریستالیزاسیون اولین گروه تری گلیسریدها از نقطه‌ی  $12/6^{\circ}\text{C}$  شروع شده و دارای نقطه‌ی آغازین  $0/6^{\circ}\text{C}$  و آنتالپی کریستالیزاسیون  $0/141$  ژول بر گرم بود. این پیک به احتمال زیاد مربوط به تری گلیسریدهای اشباع (PPP) و همینطور تری-گلیسریدهای حاوی اسیدهای چرب اشباع (PnPPn, PPnL) می‌باشد. هرچه درجه‌ی اشباعی تری گلیسرید بیش تر، انجماد زودتر و در دمای بالاتری صورت می‌گیرد. گروه دوم تری گلیسریدها که شامل تری گلیسریدهای غیر اشباع می‌باشد در نقطه‌ی  $45/2^{\circ}\text{C}$  کریستالیزاسیون شدند و در دمای  $56/5^{\circ}\text{C}$  به صورت کامل جامد شدند.

#### 4- نتیجه‌گیری

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

1/29	$\Delta^{5,23}$ استیگمستادی
	انول
0/59	$\Delta^7$ استیگمسترویل
0/77	$\Delta^7$ اونسترویل
5981/76 (mg/kg)	جمع

تن و چی من در سال 2002، در خصوص رابطه‌ی نوع تری گلیسرید و دما گزارش نمودند که تری گلیسریدهای دارای اسیدهای چرب اشباع (SSS) در درجه حرارت‌های بالاتری نسبت به تری گلیسریدهای با اسیدهای چرب غیر اشباع (UUU) ذوب می‌شوند و نقطه‌ی ذوب تری گلیسریدهای SSU و SUU در محدوده‌ی ذوبی بین دو گروه قرار می‌گیرند.

پیک اول منحنی با کم‌ترین نقطه‌ی ذوب در مقایسه با سایر پیک‌ها، شامل تری گلیسریدهایی است که دارای اسیدهای چرب چند غیر اشباع بیش تر می‌باشد. بر اساس جدول 3 که ساختار تری گلیسریدی روغن هسته‌ی انار را نشان می‌دهد می‌توان گفت، به احتمال زیاد، تری گلیسریدهای با ECN برابر 36 با اسیدهای چرب عمده PnLnPn و PnPnLn در این محدوده (پیک) قرار می‌گیرند. پیک دوم منحنی ذوبی، می‌تواند مربوط به تری گلیسریدهای با ECN برابر 38 با اسیدهای چرب عمده PnLPn, PnLLn, LnLLn و پیک سوم مربوط به تری گلیسریدهای با ECN برابر 40 و 42 با اسیدهای چرب عمده PnPPn, LLL, OPnL, PPnL, PnSPn و PnOPn, LPnL, PPP باشند. در این پیک‌ها به علت وجود اسیدهای چرب با میزان غیر اشباعی کم تر نسبت به پیک اول، نقاط ذوب بالاتر هستند.

تن و چی من در سال 2000 گزارش نمودند که ذوب دو یا چند ترکیب تری گلیسریدی در یک محدوده‌ی دمایی مشخص می‌تواند به صورت توأم در یک زمان، صورت گرفته و در منحنی DSC به صورت پیک مرکب مشاهده شود. در نتیجه‌ی این رخداد، نقاط ذوب تری گلیسریدها همپوشانی<sup>1</sup> داشته و یک منطقه‌ی مشخص را به صورت پیک پهن تری نشان می‌دهند. تن و چی من در سال 2002 دلیل این موضوع را چنین بیان نمودند که زمانی که نمونه‌ی روغن گرم می‌شود، تری گلیسریدهایی که مقاومت کمی به درجه حرارت دارند، در دمای پایین تر ذوب شده

<sup>1</sup>. Overlapping



بر کیلوگرم روغن)، ترکیبات استرولی (5981/7 میلی گرم بر کیلوگرم روغن) می باشد.

### 5- منابع

1- بهزادی شهربابکی، حبیب. 1377. پراکنندگی و تنوع ارقام انار در ایران، نشر آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی. سازمان

های مختلف می باشد. 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.

جدول 7- مشخصات حرارتی منحنی های ذوبی DSC روغن هسته‌ی انار

مشخصات	پیک اول	پیک دوم	پیک سوم
دمای آغازین (درجه سانتیگراد)	-78/8	-59	-21/3
دمای ذوب (درجه سانتیگراد)	-71	-47/4	-14/8
آنتالپی ذوبی (ژول بر گرم)	5/068	10/65	24/74

جدول 8- مشخصات حرارتی منحنی های انجمادی DSC روغن هسته‌ی انار

مشخصات	پیک اول	پیک دوم
دمای آغازین (درجه سانتیگراد)	-0/6	-56/5
دمای انجماد (درجه سانتیگراد)	12/6	-45/2
آنتالپی انجماد (ژول بر گرم)	0/141	2/557

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. کرج، ایران.

2- بی نام. 1385. آمارنامه های کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات دفتر فناوری و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.

3- بی نام. 1389. شناسنامه‌ی تصویری انار. وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات دفتر امور میوه ها، 43 صفحه.

4- وارسته، ف.، ارزانی، ک.، زمانی، ذ. 1387. بررسی تغییرات فصلی فیزیکوشیمیایی میوه‌ی انار (*Punica granatum L.*) رقم ملس ترش ساوه. مجله‌ی علوم باغبانی ایران، 39 (1): 29-38

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

نتایج، نشان داد که از 92/8 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 می شود. در بین تری گلیسریدهای موجود در روغن هسته‌ی انار PnLnPn و PnPnPn با ECN=36 بیش ترین فراوانی (61/25 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 (168/13 میلی گرم بر کیلوگرم روغن)، ترکیبات توکولی (425/95 میلی گرم

content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. *CIHEAM-Options Mediterraneennes*.

21. ISO. 9936. 1997. Animal and vegetable 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, 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.

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 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. Sunflower 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

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.
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.
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. *JAOAC 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.