



20th National Food Science & Industries Congress
Sharif University of Technology, Tehran, Iran

بررسی فراوری هسته انار با امواج فراصوت جهت استخراج روغن

شادی بصیری (عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)

Email: {shbasiri۳۵@yahoo.com}

رسول کدخدایی، فخری شهیدی، رضا فرهوش

Email: {rkadkhodae@yahoo.com}, {fshahidi@um.ac.ir}, {rfarhoosh@um.ac.ir}

چکیده

روغن دانه انار ارزش تغذیه ای بالایی داشته و غنی از ترکیبات مختلف می باشد و کاربردهای زیاد در صنایع خوراکی، دارویی و بهداشتی دارد. در این پژوهش تأثیر امواج پر قدرت فراصوت در فرکانس ۲۰ کیلوهرتز بر راندمان استخراج روغن از دانه انار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد مطالعه، شامل روش استخراج روغن در ۲ سطح، زمان فرایند در ۳ سطح و روش آماده سازی و پیش فراوری دانه ها در ۶ سطح بودند. نتایج نشان داد که استخراج با امواج فراصوت بدون داشتن تأثیر بر ترکیب اسید های چرب و مقدار کمی آنها، بازده استحصال بیشتری را به همراه دارد. همچنین آماده سازی دانه با آب گرم و فراصوت بازده استخراج روغن را به طور معنی داری افزایش داد. به علاوه مشخص گردید که در حضور امواج فراصوت زمان استخراج به ۳۰ دقیقه کاهش یافت.

کلمات کلیدی

روغن، دانه انار، امواج فراصوت، راندمان استخراج، کایتاسیون.

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانواده پونیکاسه^۱ بومی مناطق نیمه گرمسیری ایران می باشد. نتایج تحقیقات گوناگون، خواص مفید زیادی را به بخش های مختلف این میوه نسبت می دهند. انار منبع سرشاری از سدیم، ریبوفلاوین، نیاسین، ویتامین C، کلسیم و فسفر می باشد و غنی از آنتی اکسیدان های قوی پلی فنلیک، تانن ها، آنتوسیانین ها و اسیدالازیک است [۵].

دانه انار، حاوی ترکیب روغنی بسیار ارزشمند خوراکی است. روغن دانه انار، یکی از شش روغن گیاهی شناخته شده حاوی اسیدهای چرب کونژوگه مانند اسیدلینولئیک کونژوگه (CLA) می باشد. اسیدهای چرب کونژوگه دارای پیوندهای دوگانه متناوب هستند که مصرف آنها برای مقابله با انواع سرطان، چاقی مفرط، دیابت و بیماری های قلبی توصیه می شود. اسید چرب ۱۸ کربنه با سه باند مضاعف که به صورت عمده در روغن انار یافت می شود، اسید پونیسیک، است که به ابر CLnA معروف می باشد. از نقطه نظر ساختار شیمیایی اسید پونیسیک حاوی ۶۶ درصد بند دوگانه سیس و ۳۳ درصد بند دوگانه ترانس است. این اسید دارای خواص ضد التهابی و تسکین دهنده دردهای عضلانی می باشد. نتایج تحقیقات به عمل آمده حاکی از این است که اسید پونیسیک خاصیت آنتی اکسیدانی نیز دارد [۱۰]. در همین رابطه محققان گزارش کردند که در حضور اسید پونیسیک از اکسیداسیون اسیدهای چرب جلوگیری به عمل می آید [۱۱]. روغن انار غنی ترین منبع گیاهی شناخته شده از استروژن استروئیدی به نام استران می باشد. تحقیقات انجام شده مؤید این است که ترکیبات استروئیدی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی قوی هستند. روغن انار حاوی مقادیر قابل توجهی از استرول ها از جمله بتاسیتوسترول، استیگماسترول و کمپسترول و نیز توکوفرول های آلفا، بتا و گاما است [۴].

برای استفاده از مزایای ترکیبات عملگرایی موجود در روغن دانه انار با ید بافت سلولزی و سخت پوسته متلاشی شده و روغن آن استخراج گردد. به کارگیری روش های نوین از جمله مایکروویو، میدان های الکتریکی پالسی و امواج فراصوت غالباً باعث افزایش سرعت و راندمان استخراج روغن می شود [۸]. در سال های اخیر استفاده از امواج فراصوت کاربرد گسترده ای در صنایع غذایی پیدا کرده است و با اهداف گوناگون از جمله استخراج ترکیبات مختلف غذایی و دارویی، هموژنیزاسیون، امولسیفیکاسیون، فیلتراسیون، کریستالیزاسیون، تسریع انتقال حرارت و ... بکار برده شده است [۹].

استخراج به کمک امواج فراصوت یکی از مهمترین روش های استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی است [۱۴] و در مقیاس بزرگ و کوچک (صنعتی و آزمایشگاه) قابل اجرا می باشد [۱۵] در مقایسه با سایر روش های استخراج از جمله استخراج بر پایه مایکروویو، استفاده از امواج فراصوت ارزان تر بوده و کاربرد آنها ساده تر است [۲]. سامانه هایی که با این امواج کار می کنند به دو صورت حمام و پروب هستند که در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی قابل استفاده می باشند [۱۵].

¹.Punicacea

مکانیسم اصلی استخراج با امواج فراصوت به پدیده کاویتاسیون^۱ مربوط می شود که طی آن حباب های بسیار ریزی در توده مایع تشکیل شده و به سرعت تا یک اندازه بحرانی رشد می کنند و سپس منفجر می گردند. انفجار این حباب ها اغلب با آزاد شدن مقدار زیادی انرژی همراه است که به شکل تنش برشی به محیط اطراف اعمال می شود. افزون بر این انفجار حباب ها باعث ایجاد اغتشاشات شدید موضعی و تلاطم های گرداب گونه شده که از این طریق انتقال جرم را افزایش می دهد. شایان ذکر است که مطالعات انجام شده توسط محققان مختلف مشخص نموده است که انفجار حباب ها در مجاورت ذرات جامد نامتقارن می باشد به طوری که موجب می شود جریانی از مایع با سرعت بسیار زیاد به سمت سطح ذرات کشیده شود. اصابت این میکرو جت ها^۲ به سطح باعث سایش، شکستگی و تخریب آن می گردد [۱۲].

امواج فراصوت، مراحل فرآیند استخراج یعنی تورم بافت به منظور جذب حلال و نیز خروج ترکیبات از بافت به حلال را از طریق ایجاد تخلخل و منافذ در دیواره سلول ها و بهبود انتشار و انتقال جرم تسهیل و تسریع می کنند [۱۵]. از این رو استفاده از این امواج در استخراج ترکیبات مختلف از بافت های گیاهی، راندمان عمل و سرعت فرایند استخراج را افزایش داده و مصرف حلال را کاهش می دهد [۱۴]. در همین رابطه گزارش شده که استخراج روغن از دانه کلزا با کمک امواج فراصوت با سرعت بیشتری صورت می گیرد. از سوی دیگر مشخص گردیده که نوع حلال راندمان استخراج با امواج فراصوت را تحت تأثیر قرار می دهد [۱۳].

در مطالعه ای بر روی تأثیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا بر استخراج روغن از دانه های آسیاب شده زیتون مشخص شد که در حضور این امواج دیواره سلول ها و بافت های گیاهی تخریب شده و ترکیبات آنتی اکسیدانی (پلی فنل ها و توکوفرول ها) و رنگدانه های (کلروفیل و کاروتنوئید) بیشتری به داخل روغن راه یافتند و باعث افزایش ارزش تغذیه ای گردیدند [۷].

در اکثر موارد به دلیل اثرات مکانیکی امواج فراصوت، غالباً از آنها به عنوان عامل کمکی در فرآیند استخراج استفاده می شود. معمولاً برای استخراج روغن های با ارزش اقتصادی بالا، از جمله دانه انار که از نظر تغذیه ای نیز بسیار با اهمیت است، شرایط به گونه ای فراهم می شود که ضمن دستیابی به حداکثر راندمان استحصال، فرایند نیز در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود تا کمترین آسیب به روغن وارد گردد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر امواج فراصوت و پیش فرآوری بر راندمان استخراج روغن از دانه انار انجام پذیرفت.

۲. مواد و روش ها

۲-۱. مواد

^۱ . Cavitation
^۲ . Micro-jet

نمونه انار مورد استفاده در این پژوهش از رقم بومی ملس با وزن تقریبی هر میوه ۲۵۰ گرم با شاخص رسیدگی تجاری، از منطقه خسروجرد از توابع شهرستان سبزوار تهیه گردید. حلال مورد استفاده جهت روغن کشی، هگزان بود که از شرکت مرک خریداری شد.

۲-۲. استحصال و آماده سازی دانه ها

پس از شستشوی میوه و برش آن به قطعات کوچکتر، دانه ها با دست از بافت جدا شده و از طریق مالش ملایم بر روی توری فلزی عصاره آنها استخراج گردید. به منظور جداسازی ذرات باقیمانده گوشت، دانه ها با آب شستشو، سپس بر روی پارچه تمیز پهن گردیدند و در دمای اتاق خشک شدند. دانه های خشک شده به کیسه کتان منتقل و تا زمان مصرف در 18°C - نگهداری گردید.

قبل از انجام آزمایش های اصلی درصد رطوبت و روغن دانه ها با ۳ تکرار تعیین مقدار گردیدند. به منظور سنجش رطوبت، وزن معینی از دانه به مدت ۲۴ ساعت (زمان لازم برای ثابت شدن وزن نمونه) در دمای 105°C نگهداری و مجدداً توزین شد. میانگین مقدار رطوبت دانه ها $3/74$ درصد تعیین گردید. میزان روغن موجود در دانه ها با استفاده از روش سوکسله و حلال دی اتیل اتر اندازه گیری شد [۱]. متوسط مقدار روغن دانه ها، $17/35$ درصد برآورد گردید.

۳-۲. پیش فرآوری دانه ها

به منظور بررسی تأثیر فر ایند آماده سازی بر راندمان استخراج، دانه ها به روش های ذیل مورد پیش فرآوری قرار گرفتند:

۱-۳-۲. پیش فرآوری دانه کامل با آسیاب

دانه ها به مدت ۳۰ ثانیه توسط آسیاب تیغه ای خرد و سپس روغن آنها استخراج گردید.

۲-۳-۲. پیش فرآوری دانه کامل با آب گرم

دانه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب 40°C خیسانده و پس از آسیاب، روغن آنها استخراج گردید. لازم به ذکر است که در تمامی آزمایش ها در پایان مرحله خیساندن رطوبت دانه ها تعیین و راندمان استحصال روغن بر مبنای وزن خشک دانه گزارش گردید.

۳-۳-۲. پیش فرآوری دانه کامل با فراصوت

ابتدا دانه ها به ظرف دو جداره مخصوص اعمال فراصوت از جنس استیل ضد زنگ منتقل و سه برابر وزنی به آنها آب اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۶۰ دقیقه در بیشینه توان اسمی دستگاه و دمای 25°C در معرض امواج فراصوت قرار گرفت. در طول مدت سونیکاسیون آب 25°C در جدار ظرف در جریان بود و دما ثابت نگه داشته شد. سپس دانه ها آسیاب و روغن آنها

استخراج گردید. لازم به ذکر است که تولید امواج فراصوت توسط یک سونیکاتور آزمایشگاهی (مدل VCX۷۵۰، ساخت شرکت Sonics کشور آمریکا) با توان اسمی ۷۵۰ وات و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز انجام شد و برای انتقال امواج از ترانس دیوسر (مبدل) به نمونه از سونوتروود استوانه ای شکلی از جنس تیتانیوم به قطر ۱۹ mm که تا عمق ۱ cm زیر سطح مایع غوطه ور می شد، استفاده گردید.

۲-۳-۴. پیش فرآوری دانه کامل با آب گرم و فراصوت

ابتدا دانه های انار به مدت ۲۴ ساعت در آب 40°C خیسانده شدند و سپس به ظرف دو جداره مخصوص اعمال فراصوت منتقل و سه برابر وزنی آب به آنها اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۶۰ دقیقه در بیشینه توان اسمی دستگاه و دمای 25°C در معرض امواج فراصوت قرار گرفت. سپس دانه ها آسیاب و استخراج روغن انجام شد.

۲-۳-۵. پیش فرآوری دانه آسیاب شده با فراصوت

ابتدا دانه ها آسیاب شدند و پس از انتقال به ظرف دو جداره مخصوص اعمال فراصوت، سه برابر وزنی به آنها آب اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۶۰ دقیقه در بیشینه توان اسمی دستگاه و دمای 25°C در معرض امواج فراصوت قرار گرفت و به دنبال آن در آن در دمای 40°C به آرامی آگیری شد. در نهایت نمونه آماده شده تحت فرایند استخراج روغن قرار گرفت.

۲-۳-۶. پیش فرآوری دانه آسیاب شده با آب گرم و فراصوت

ابتدا دانه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب 40°C خیسانده شده و سپس آسیاب گردیدند. پس از آن دانه های آسیاب شده به ظرف دو جداره مخصوص اعمال فراصوت منتقل و ۳ برابر وزنی به آنها آب اضافه گردید. اعمال فراصوت، آگیری و استخراج روغن همانند روش های قبل انجام پذیرفت.

۲-۴-۴. استخراج روغن

استحصال روغن به دو روش استخراج با حلال بدون فراصوت و استخراج با حلال به همراه فراصوت در سه سطح زمانی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه انجام شد.

۲-۴-۱. استخراج با حلال بدون فراصوت

در این روش ابتدا دانه های پیش فرآوری شده در مراحل قبل به یک ظرف دو جداره منتقل و با ۳ برابر وزنی حلال هگزان مخلوط شدند. فوایند استخراج در دمای ثابت 25°C و همراه با هم زدن نمونه برای مدت زمان های مذکور انجام پذیرفت. پس از آن با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ و پمپ خلاء مخلوط حلال و روغن از باقیمانده دانه ها جدا شد. حذف حلال به کمک تبخیرکننده دوار تحت خلاء و در دمای 30°C انجام گردید.

۲-۴-۲. استخراج با حلال به همراه فرا صوت

در این روش از انرژی امواج فراصوت در استخراج روغن با حلال استفاده شد. برای این منظور همانند روش استخراج با حلال عمل گردید با این تفاوت که در طول فرایند، امواج فراصوت به مخلوط دانه های آسیاب شده و حلال هگزان اعمال گردید.

۲-۵. ترکیب اسیدهای چرب روغن استحصالی

ترکیب اسیدهای چرب روغن استحصال شده (استخراج با حلال و استخراج با حلال و فرا صوت) به شیوه کروماتوگرافی گازی (مدل ۶۰۰۰ M Acme، شرکت Young Lin، ساخت کره جنوبی) تعیین گردید [۳]. دتکتور دستگاه از نوع FID و گاز حامل هیدروژن مایع بود. ستون دستگاه از نوع قطبی مدل (SGE (BPX-۷۰) به طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر انتخاب گردید. نتایج سنجش میزان هر یک از اسیدهای چرب موجود در نمونه روغن بر حسب درصد گزارش شد.

۲-۶. روش آماری طرح

تأثیر پیش فراوری دانه ها، روش استخراج و زمان فرآیند بر راندمان استخراج روغن به صورت کاملاً تصادفی و در قالب آزمون فاکتوریل در ۳ تکرار بررسی گردید. تجزیه واریانس در سطح اطمینان $p < 0/05$ و مقایسه میانگین ها در سطح معنی دار $p < 0/01$ به کمک آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد. نرم افزارهای SAS نسخه ۹/۱ و MSTAT-C برای مدیریت داده ها و تجزیه آماری نتایج مورد استفاده قرار گرفتند.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. تأثیر تیمارها بر راندمان استخراج

نتایج تحلیل واریانس تأثیر نحوه پیش فراوری، روش استخراج و زمان فرآیند بر راندمان استحصال روغن نشان داد که هر سه فاکتور مورد بررسی در سطح اطمینان ۱ درصد تأثیر معنی داری بر بازده استخراج روغن داشتند. در بین روش های پیش فراوری مورد بررسی خرد کردن و کاهش اندازه دانه خشک بالاترین بازده استحصال روغن را بدست داد، با این حال بین این روش و پیش فراوری دانه کامل با آب گرم و یا آب گرم و فراصوت اختلاف معنی داری مشاهده نشد. لازم به ذکر است که سایر روش های پیش فراوری (فرآیندهای ۳، ۵ و ۶) از نظر میزان روغن استخراجی در مراتب بعدی قرار گرفتند، ولی از نظر آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند.

میانگین بازده استخراج روغن با و بدون استفاده از امواج فراصوت در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱- تأثیر نحوه پیش فراوری دانه و روش استخراج بر میانگین راندمان استخراج روغن

پیش فراوری	استخراج با فراصوت	استخراج بدون فراصوت
۱	ab ۱۷/۱۶۶±۰/۲۰۰	cde ۱۶/۵۵۶±۰/۴۴۶
۲	abc ۱۷/۰۶۵±۰/۶۴۹	de ۱۶/۲۷۳±۰/۶۲۷

۱۵/۷۳۲±۰/۹۲۸	f	۱۷/۰۳۱±۰/۳۸۷	abc	۳
۱۶/۰۸۷±۰/۵۶۸	f	۱۷/۳۸۴±۰/۳۴۳ a		۴
۱۵/۶۲۳±۰/۱۰۶	f	۱۶/۷۵۳±۰/۱۹۲	bcd	۵
۱۶/۴۰۳±۰/۵۲۶	de	۱۶/۴۳۲±۰/۱۸۵	de	۶

*اعداد با حروف لاتین یکسان تفاوت معنی داری در سطح اطمینان $p < 0/01$ ندارند.

همانطور که نتایج نشان می دهند در حضور امواج فراصوت راندمان استخراج روغن به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یافت. افزایش میزان استحصال روغن در حضور امواج فراصوت را می توان به ایجاد کاپیتاسیون و انفجار حباب ها در توده حلال و نیز در مجاورت سطح دانه ها مربوط دانست. پدیده اخیر باعث ایجاد جریان های پرسرعت حلال به طرف دانه ها شده که در اثر برخورد آنها به سطح، بافت متلاشی شده و منافذ و کانال های متعددی در آن بوجود آید. بررسی داده های مربوط به میانگین بازده استخراج حاکی از این است که با گذشت زمان میزان کل روغن استحصالی افزایش یافت، اما آهنگ انتشار آن روند کاهشی داشت (جدول ۲)، که چندان دور از انتظار نیست و به علت خروج کامل روغن از بخش های سطحی و سهل الوصول دانه و در نتیجه طولانی تر و سخت تر شدن مسیر انتشار آن به خارج و نیز افت گرادیان غلظت در محیط پیرامونی دانه می باشد. وقوع این وضعیت در فرایندهای استخراج امری اجتناب ناپذیر است، اما زمان و سرعت رسیدن به آن از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار می باشد. داده های جدول ۲ مؤید این است که در غیاب امواج فراصوت، سرعت استحصال روغن بعد از ۴۵ دقیقه کاهش چشمگیری از خود نشان داد، زیرا راندمان استخراج در ۳۰ دقیقه اول فرایند و در سطح اطمینان ۹۹ درصد به صورت معنی داری کمتر از ۴۵ دقیقه بود، اما مقدار روغن استحصالی در زمان های ۴۵ و ۶۰ دقیقه اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. از سوی دیگر در حضور امواج فراصوت این زمان به ۳۰ دقیقه کاهش یافت و اختلاف معنی داری بین راندمان استخراج روغن در ۳ زمان ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه مشاهده نشد.

تأثیر امواج فراصوت در کاهش زمان استخراج توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است [۷].

جدول ۲- تأثیر روش استخراج و زمان فرآیند بر میانگین راندمان استحصال روغن

زمان	استخراج با فراصوت	استخراج بدون فراصوت
۳۰ دقیقه	۱۶/۹۱۳±۰/۴۲۲ a	۱۵/۵۷۰±۰/۵۸۷c
۴۵ دقیقه	۱۶/۹۶۰±۰/۵۱۴a	۱۶/۳۴۱±۰/۵۱۶ b
۶۰ دقیقه	۱۷/۰۴۴±۰/۴۷۰a	۱۶/۴۲۶±۰/۵۰۵b

*اعداد با حروف لاتین یکسان تفاوت معنی داری در سطح اطمینان $p < 0/01$ ندارند.

۳-۲. ترکیب اسید چرب

ترکیب اسید چرب روغن هسته انار در جدول ۳ آورده شده است. همانطور که از این داده ها پیداست ترکیب و نوع اسیدهای چرب در هر دو روش استخراج یکسان بوده و فقط تفاوت جزئی در مقدار کمی آنها مشاهده می شود. یکسان بودن ترکیب اسید چرب و تشابه مقدار کمی آنها در دو روش استخراج مؤید این است که امواج فراصوت اثر تخریبی و اکسایشی بر روغن ندارند. این نتایج با یافته های دیگر محققان که گزارش های مشابهی را در این رابطه منتشر کرده اند مطابقت دارد [۸ و ۱۶].

جدول ۳ - ترکیب اسیدهای چرب روغن استحصالی با حلال و امواج فراصوت

مقدار (درصد)		اسیدچرب
بدون فراصوت	با فراصوت	
۳/۸۸	۳/۸۹	C۱۶:۰
۲/۶۶	۲/۸۱	C۱۸:۰
۷/۵۴	۸/۴۸	C۱۸:۱c
۰/۳۰	۰/۳۱	C۱۸:۲t
۷/۵۱	۸/۲۵	C۱۸:۲c
۰/۳۷	۰/۵۰	C۲۰:۰
۰/۶۲	۰/۶۵	C۱۸:۳c
۷۷/۱۲	۷۵/۱۱	Punicic acid (C۱۸:۳ conjugated)

۴. جمع بندی

در این پژوهش دو روش استخراج روغن (استخراج با حلال با و بدون استفاده از امواج فراصوت) از دانه انار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش ها نشان دادند که استحصال روغن با استفاده از امواج فراصوت، راندمان تولید را افزایش و زمان آن را کوتاه تر می کند، بدون آنکه روی ترکیب و مقدار اسید های چرب آن تأثیر بگذارد. همچنین مشخص شد که پیش فراوری با فراصوت و آب گرم برای دانه های روغنی با دیواره چوبی و سخت نظیر دانه انار بسیار مؤثر است باعث افزایش سرعت انتقال جرم و بازده استخراج می گردد. مکانیسم اصلی افزایش راندمان استخراج روغن در حضور امواج فراصوت پدیده کاویتاسیون می باشد که از طریق تخریب دیواره سلولی و کمک به نفوذ حلال به داخل بافت باعث ایجاد اغتشاش و تسریع انتقال جرم و خروج روغن می گردد. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه مؤید این است که استخراج روغن انار با کمک امواج فراصوت یک روش موثر در

تولید این روغن ارزشمند می باشد که می تواند به عنوان یک روش کارا در فرایند استخراج صنعتی روغن و همچنین سایر ترکیبات مؤثره گیاهی مد نظر قرار گیرد.

۵. منابع

[۱] AOAC. *Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists*. VA, Assoc Off Anal Chem Inc. ۲۰۰۵.

[۲] Chen, L., Jin, H., Ding, L. *Dynamic microwave-assisted extraction of flavonoids from Herba Epimedii*. *Separation and Purification Technology* ۵۹(۱), ۲۰۰۸: ۵۰-۵۶.

[۳] Christie, W. W. *Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis*. *Advances in lipid methodology*. W. W. Christie. Dundee, Oily Press: pp ۶۹-۱۱۱. ۱۹۹۳.

[۴] Faria, A and Calhau C. *Pomegranate in Human Health: An Overview*. In: Ronald Ross W, Victor RP, editors. *Bioactive Foods in Promoting Health*. San Diego: Academic Press, pp: ۵۵۱-۶۳. ۲۰۱۰.

[۵] Gil, M and Barberan, T. *Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Process*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ۴۸(۱۰), ۲۰۰۰: ۴۵۸۱-۹.

[۶] Hemwimol, S and Pavasant, P. *Ultrasound-assisted extraction of anthraquinones from roots of Morinda citrifolia*. *Ultrasonics Sonochemistry* ۱۳(۶), ۲۰۰۶: ۵۴۳-۵۴۸.

[۷] Jiménez, A., Beltran, G. *High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics*. *Ultrasonics Sonochemistry* ۱۴(۶), ۲۰۰۷: ۷۲۵-۷۳۱.

[۸] Li, H., Pordesimo, L. *High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans*. *Food research international* ۳۷(۷), ۲۰۰۴: ۷۳۱-۷۳۸.

[۹] Mason, T. J., Riera, E. ۲۰۰۵. *Application of Ultrasound*. In: Da-Wen S, editor. *Emerging Technologies for Food Processing*. London: Academic Press, pp: ۳۳۳-۵۱.

[۱۰] Mukherjee, C., Bhattacharyya, S. ۲۰۰۲. *Dietary Effects of Punicic Acid on the Composition and Peroxidation of Rat Plasma Lipid*. *J Oleo Sci* ۵۱(۸): ۵۱۳-۵۲۲.

[11] 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.

[12] Shotipruk, A and Kaufman, P. B. 2001. Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable *Mentha x piperata* using ultrasonic extraction. *Biotechnol Prog* 17(5): 924-928.

[13] Stanisavljevic, I. T and Lazic, M. L. 2007. Ultrasonic extraction of oil from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry* 14(5): 646-652.

[14] Vilkuh, K and Mawson, R. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry -- A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 9(2, 2008): 161-169.

[15] Vinatoru, M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* 1(3), 2001: 303-313.

[16] Zhang, Z.-S and Wang, L.-J. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Separation and Purification Technology* 62(1), 2008: 192-198.