

بررسی تأثیر امواج فراصوت و روش های پیش فراوری بر استخراج روغن از هسته انار

شادی بصیری^{۱*}، فخری شهیدی^۲، رسول کدخدایی^۳، رضا فرهوش^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱۷)

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 (استخراج با حلال باکمک فراصوت و استخراج با حلال بدون فراصوت)، زمان فرایند در ۳ سطح (۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه) و روش آماده سازی و پیش فراوری دانه ها در ۶ سطح (آسیاب، خیساندن و آسیاب، صوت و آسیاب، خیساندن و صوت و آسیاب، آسیاب و صوت و آبیگری، خیساندن و آسیاب و صوت و آبیگری) بودند. نتایج آزمایشات نشان داد که در بین دو روش مورد بررسی، استخراج با امواج فراصوت بدون این که تأثیری بر ترکیب اسیدهای چرب و مقدار کمی آنها داشته باشد، بازده استحصال بیشتری را بدست داد. همچنین آماده سازی دانه با آب گرم و فراصوت بازده استخراج روغن را به طور معنی داری افزایش داد. افزون بر این مشخص گردید که در حضور امواج فراصوت زمان استخراج به ۳۰ دقیقه کاهش یافت.

کلید واژگان: روغن، دانه انار، امواج فراصوت، راندمان استخراج، کاپیتاسیون.

۱- مقدمه

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، ریوفلاوین، نیاسین، ویتامین C، کلسیم و فسفر می باشد و غنی از آنتی اکسیدان های قوی پلی فنلیک، تانن ها، آنتوسیانین ها و اسیدالائیک است [۱].

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، ریوفلاوین، نیاسین، ویتامین C، کلسیم و فسفر می باشد و غنی از آنتی اکسیدان های قوی پلی فنلیک، تانن ها، آنتوسیانین ها و اسیدالائیک است [۱].

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 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

* مسئول مکاتبات: shbasiri35@yahoo.com

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 ساخته 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 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 [۸]. 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 [۷]. 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 شده 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 [۱۴]. در اکثر موارد به دلیل اثرات مکانیکی امواج فراصوت، غالباً از آنها به عنوان عامل کمکی در فرآیند استخراج استفاده می شود [۱۵]. 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 فراوری بر راندمان استخراج روغن از دانه انار انجام پذیرفت.

التهابی و تسکین دهندگی دردهای عضلانی می باشد. نتایج تحقیقات به عمل آمده حاکی از این است که اسید پونیسیک خاصیت آنتی اکسیدانی نیز دارد [۲]. در همین رابطه محققین گزارش کردند که در حضور اسید پونیسیک از اکسیداسیون اسیدهای چرب جلوگیری به عمل می آید [۳].

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 عملگرای موجود در روغن دانه انار باید 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 [۵]. 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، هموزنیاسیون، امولسیفیکاسیون، فیلتراسیون، کریستالیزاسیون، تسریع انتقال حرارت و ... بکار برده شده است [۶].

استخراج به کمک امواج فراصوت یکی از مهمترین روش های استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی است [۷] و در مقیاس بزرگ و کوچک (صنعتی و آزمایشگاه) قابل اجرا می باشد [۸]. 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 [۹]. 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 [۱۰].

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 [۱۱]. افزون بر این انفجار حباب ها باعث ایجاد اغتشاشات شدید موضعی و

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

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.

۱-۲-۱- 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 کتانی منتقل و تا زمان مصرف در $^{\circ}\text{C}$ ۱۸- نگهداری گردیدند.

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 $^{\circ}\text{C}$ ۱۰۵ 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 [۱۶]. متوسط مقدار روغن دانه ها، $17/35$ درصد برآورد گردید.

۲-۲- پیش فراوری دانه ها

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

۱-۲-۲- پیش فراوری دانه کامل با آسیاب

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

۲-۲-۲- پیش فراوری دانه کامل با آب گرم

دانه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب $^{\circ}\text{C}$ ۴۰ خیسانده و پس از آسیاب، روغن آنها استخراج گردید. لازم به ذکر است که در تمامی آزمایشات در پایان مرحله خیساندن رطوبت دانه ها تعیین و راندمان استحصال روغن بر مبنای وزن خشک دانه گزارش گردید.

۲-۲-۳- پیش فراوری 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 $^{\circ}\text{C}$ ۲۵ در معرض امواج فراصوت قرار گرفت. در طول مدت سونیکاسیون آب $^{\circ}\text{C}$ ۲۵ 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 VCX750، 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 سونوترود استوانه ای شکلی از جنس تیتانیوم به قطر ۱۹ mm که تا عمق ۱ cm زیر سطح مایع غوطه ور می شد، استفاده گردید.

۲-۲-۴- پیش فراوری دانه کامل با آب گرم و فراصوت

ابتدا دانه های انار به مدت ۲۴ ساعت در آب $^{\circ}\text{C}$ ۴۰ 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 $^{\circ}\text{C}$ ۲۵ در معرض امواج فراصوت قرار گرفت. سپس دانه ها آسیاب و استخراج روغن انجام شد.

۲-۲-۵- پیش فراوری 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 $^{\circ}\text{C}$ ۲۵ در معرض امواج فراصوت قرار گرفت و به دنبال آن در آن در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۴۰ به آرامی آبیگری شد. در نهایت نمونه آماده شده تحت فرایند استخراج روغن قرار گرفت.

۲-۲-۶- پیش فراوری دانه آسیاب شده با آب گرم و فراصوت

ابتدا دانه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب $^{\circ}\text{C}$ ۴۰ 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، آبیگری و استخراج روغن همانند روش های قبل انجام پذیرفت.

گرفت. نتایج سنجش میزان هر یک از اسیدهای چرب موجود در نمونه روغن بر حسب درصد گزارش گردید.

۲-۵- 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. 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 تحلیل آماری نتایج به کار برده شدند.

۳- نتایج و بحث

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. افزایش راندمان استحصال روغن در پیش فراوری به روش آسیاب دانه خشک به نفوذ بهتر حلال بداخل بافت و خالی بودن منافذ و مجاری انتشار روغن مربوط می شود. خیساندن دانه در آب قبل از آسیاب باعث می شود بافت دانه مرطوب شده و از ورود حلال غیر قطبی و آب گریز بداخل و یا جریان یافتن روغن به خارج جلوگیری شود. تصور می شود چنانچه دانه ها پس از فراوری مرطوب خشک می شدند و سپس مورد استخراج قرار می گرفتند، بازده استحصال افزایش می یافت ولی به دلیل ملاحظات مصرف انرژی این فرایند انجام نشد. میانگین بازده استخراج روغن با و بدون استفاده از امواج فراصوت در جدول شماره ۱ آورده شده است.

۲-۳- 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.

۲-۳-۱- استخراج با حلال بدون فراصوت

در این روش ابتدا دانه های پیش فراوری شده در مراحل قبل به یک ظرف دو جداره منتقل و با ۳ برابر وزنی حلال هگزان مخلوط شدند. فرایند استخراج در دمای ثابت 25°C و همراه با هم زدن نمونه برای مدت زمان های مذکور انجام گردید. 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.

۲-۳-۲- استخراج با حلال به همراه فراصوت

در این روش از انرژی امواج فراصوت در استخراج روغن با حلال استفاده شد. به 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.

۲-۴- ساختار اسیدهای چرب روغن

استحصالی

ساختار اسیدهای چرب روغن استحصال شده (استخراج با حلال و استخراج با حلال و فراصوت) به شیوه کروماتوگرافی گازی (مدل Acme 6000 M، شرکت Young Lin، ساخت کره جنوبی) تعیین گردید [۱۷]. دتکتور دستگاه از نوع FID و گاز حامل هیدروژن مایع بود. ستون دستگاه از نوع قطبی مدل SGE (BPX-70) به طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر انتخاب گردید. افزایش درجه حرارت ستون از ۱۱۵ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد با آهنگ ۸ درجه سانتیگراد بر دقیقه و زمان ماند ۱۰ دقیقه برنامه ریزی شد و پس از آن تا ۲۴۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت. دمای انژکتور و دتکتور به ترتیب در ۲۲۰ و ۲۵۰ درجه سانتیگراد تنظیم شدند. تشخیص و تعیین استر متیل اسید های چرب (FAME) با مقایسه زمان ماند منحنی های استاندارد و نمونه مورد آزمایش صورت

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

*اعداد با حروف لاتین یکسان تفاوت معنی داری در سطح اطمینان $p < 0.01$ ندارند.

این نتایج به خوبی نشان می دهد که در حضور امواج فراصوت راندمان استخراج روغن به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یافت. مقایسه میزان روغن استحصالی در روش استخراج با حلال و فراصوت با میانگین کلی ۱۶/۹۷۲٪ و روش استخراج با حلال و بدون فراصوت با میانگین کلی ۱۶/۱۱۲٪ نشان دهنده افزایش ۵ درصدی بازده استخراج است که از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. از سوی دیگر داده های جدول مذکور حاکی از این است که پیش فرآوری دانه با آب گرم و فراصوت بیشترین بازده را در روش استخراج با فراصوت به همراه داشت، با این حال به نظر می رسد که استفاده از امواج فراصوت در فرآیند استخراج تا حدود زیادی جبران کننده اختلاف بین روش های پیش فرآوری است.

افزایش میزان استحصال روغن در حضور امواج فراصوت را می توان به ایجاد کائیتاسیون 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. از طریق همین مجاری حلال به داخل نفوذ و روغن به بیرون انتشار می یابد. همچنین در اثر ارتعاش دیواره حباب ها و نیز گرداب ها و جریان های موضعی ناشی از تشکیل و فروپاشی حباب ها، از اشباع شدن لایه مرزی اطراف دانه ها جلوگیری به عمل آمده و به این ترتیب با ایجاد گردابان غلظت انتقال جرم تسریع می شود.

بررسی داده های مربوط به میانگین بازده استخراج حاکی از این است که با گذشت زمان میزان کلی 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 می باشد، اما زمان و سرعت رسیدن به آن از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است. 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 [۵ و ۱۱]. اعتقاد بر این است که تشکیل، رشد و انفجار حباب ها گرداب ها و جریان های اغتشاشی را در سرتاسر توده سیال ایجاد می کند که باعث تعدیل گرادیان غلظت و افزایش سرعت انتقال جرم و در نتیجه کاهش زمان استخراج می گردد. به علاوه تخریب بافت و نفوذ حلال به داخل آن موجب تماس حلال-روغن شده و سرعت انتقال جرم را تشدید می کند [۵].

جدول ۲ تأثیر روش استخراج و زمان فرآیند بر میانگین

راندمان استحصال روغن

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

*اعداد با حروف لاتین یکسان تفاوت معنی داری در سطح اطمینان $p < 0.01$ ندارند.

۴- ساختار اسید چربی

ساختار اسید چربی روغن هسته انار که با استفاده از حلال و با و یا بدون کمک امواج فراصوت استخراج گردیده در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ ساختار اسید چربی روغن استحصالی با حلال

مقدار (درصد)		اسیدچرب
بدون فراصوت	با فراصوت	
۳/۸۸	۳/۸۹	C16:0
۲/۶۶	۲/۸۱	C18:0
۷/۵۴	۸/۴۸	C18:1c
۰/۳۰	۰/۳۱	C18:2t
۷/۵۱	۸/۲۵	C18:2c
۰/۳۷	۰/۵۰	C20:0
۰/۶۲	۰/۶۵	C18:3c
۷۷/۱۲	۷۵/۱۱	Punicic acid (C18:3 conjugated)

چنان 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. در بین اسید های چرب؛ اسیدهای پونیسیک، اولئیک و لینولئیک به ترتیب بیشترین مقدار را به خود اختصاص می دهند و در مجموع بالغ بر ۹۰ درصد ترکیب اسید چرب روغن هسته انار را شامل می شوند. 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 محققین که گزارشات مشابهی را در این رابطه منتشر کرده اند مطابقت دارد [۱۸ و ۱۹]. احتمال می رود علت عدم تأثیر امواج فراصوت بر روغن پایداری بسیار کم و طول عمر کوتاه رادیکال های آزاد هیدروکسی و تشکیل آنها در فاز آبی باشد که دسترسی آنها را به فاز روغنی با محدودیت مواجه می سازد.

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش دو روش استخراج روغن (استخراج با حلال به تنهایی و استخراج با حلال در حضور امواج فراصوت) از دانه انار مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمایش ها

حاکی از این بود که استحصال روغن با استفاده از امواج فراصوت، راندمان تولید را افزایش و زمان آن را کوتاه تر می کند، بدون این ترکیب اسید های چرب و مقدار کمی آنها را تحت تأثیر قرار دهد. 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 و موجب تسهیل تماس بین حلال و روغن و در نتیجه 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 و نیز گرداب ها و جریان های سراسری 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 مؤثر 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.

۶- منابع

- [1] Al-Maiman, S. A. and Ahmad, D. 2002. Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. *Food Chemistry* 76(4): 437-441.
- [2] Mukherjee, C., Bhattacharyya, S. 2002. Dietary Effects of Punicic Acid on the Composition and Peroxidation of Rat Plasma Lipid. *J Oleo Sci* 51(8): 513-522.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Mason, T. J. 1998. Power ultrasound in food processing – the way forward. In M. J. W. Povey and T. J.
- [6] Mason, T. J., Riera, E. 2005. Application of Ultrasound. In: Da-Wen S, editor. *Emerging*

- [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] Jiménez, A., Beltran, G. 2007. High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry* 14(6): 725-731.
- [15] Mason, T. J., Paniwnyk, L. 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry* 3(3): S253-S260.
- [16] AOAC (2005). Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists. VA, Assoc Off Anal Chem Inc.
- [17] Christie, W. W. (1993). Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. . *Advances in lipid methodology*. W. W. Christie. Dundee, Oily Press: pp 69-111.
- [18] Li, H., Pordesimo, L. 2004. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food research international* 37(7): 731-738.
- [19] Zhang, Z.-S and Wang, L.-J. 2008. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Separation and Purification Technology* 62(1): 192-198.
- Technologies for Food Processing. London: Academic Press, pp: 323-51.
- [7] Vilku, K and Mawson, R. 2008. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry -- A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 9(2): 161-169.
- [8] Vinatoru, M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* 8(3): 303-313.
- [9] Chen, L., Jin, H., Ding, L. 2008. Dynamic microwave-assisted extraction of flavonoids from *Herba Epimedii*. *Separation and Purification Technology* 59(1):50-56.
- [10] Wu, J., Lin, L., Chau, F-t. 2001. Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry* 8(4):347-52.
- [11] Ji, J.-b., Lu, X.-h. 2006. Improvement of leaching process of Geniposide with ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry* 13(5): 455-462.
- [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.

An investigation on the effect of ultrasound waves and pretreatment methods on the extraction of oil from pomegranate seeds

Basiri, SH. ^{1*}, Shahidi, F. ¹, Kadkhodae, R. ², Farhosh, R. ¹

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, P.

2. Khorasan Research Institute for Food Science and Technology

(Received: 89/11/7 Accepted:90/5/17)

Pomegranate seed oil is rich in functionally and nutritionally important compounds and hence has a wide application in food, pharmaceutical and cosmetic industries. In this study the effect of high power ultrasonic waves and pretreatment method on the extraction efficiency of oil from pomegranate seeds was investigated at a frequency of 20 kHz. Variables in question were extraction procedure at 2 levels (solvent extraction with and without ultrasound), extraction time at 3 levels (30, 45 and 60 minutes) and pretreatment of seeds and sample preparation at 6 levels (grinding, soaking and grinding, sonication and grinding, soaking, sonication and grinding, grinding, sonication and dehydration, and soaking, grinding, sonication and dehydration). The results showed that ultrasound significantly increased the extraction efficiency with no effect on the composition of fatty acids and their quantitative values. It was also found that pretreatment of whole seeds by sonicating them in hot water led to highest extraction efficiency. Moreover, the extraction time decreased to 30 min in the presence of ultrasound waves.

Keywords: oil, pomegranate seed, ultrasound waves, extraction efficiency, cavitation.

*Corresponding Author E-Mail address: shbasiri35@yahoo.com