کاربرد روش فراصوت در استخراج عصاره‌های گیاهی

Application of ultrasonic method in extracting plant extracts

فاطمه کاویان[۱]، محمد مسجدی [۲]

دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

چکیده

عصاره‌های طبیعی حاصل از گیاهان، یکی از مهمترین منابع اولیه برای تهیه مواد نگهدارنده، طعم دهنده، موادآرایشی، عطرسازی، رنگ‌ها و همچنین داروها هستند. استخراج مواد موثره و عصاره‌های طبیعی از گیاهان مختلف، امر بسیار مهمی است که پژوهشگران حوزه‌های مختلف، توجه ویژه‌ای به آن دارند. با توجه به نیاز جوامع به استخراج ترکیبات موثر گیاهی، موجب پژوهش‌های گسترده‌تر درزمینه معرفی فرآیندهای استخراجی شده است. برای استخراج ترکیبات فعال گیاهی، روش-های عصاره‌گیری مختلفی وجود دارد. روش‌های سنتی دستیابی به ترکیبات طبیعی گیاهان، مثل تقطیر آبی یا بخار آب و استخراج با حلال آلی، معایبی مانند اتلاف ترکیبات فرار، بازده کم، زمان استخراج طولانی، تخریب ترکیبات غیراشباع و باقی ماندن حلال سمی را به دنبال دارند به همین دلیل برای بهبود بازدهی استخراج مواد موثره از گیاهان دارویی، روش‌های جدیدی ابداع شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از امواج فراصوت می‌باشد. هدف از این مطالعه شناخت بیش‌تر شیوه نوین استخراج به کمک امواج فراصوت، به همراه مزایا و معایب آن با سایر روش‌ها پرداخته شده است. با توجه به نتایج این مطالعه روش استخراج فراصوت به عنوان یک روش نوین، سریع، کارامد و مقرون به صرفه، جهت استخراج ترکیب‌های موثره از بافت های گیاهی هستند.

کلمات کلیدی: استخراج، عصاره گیاهی، امواج فراصوت، روش نوین، محصولات طبیعی.

مقدمه:

روش‌های مرسوم استخراج عصاره گیاهی بر اساس قرار دادن گیاه در یک حلال مناسب است که با هم زدن یا حرارت دادن تسریع می‌شود. این روش‌ها شامل سوکسله، تقطیر و پرکولاسیون است (Ghobani *et al.*, 2017). روش‌های سنتی استخراج که برای بدست آوردن ترکیبات طبیعی گیاهی مانند تقطیر با آب یا بخار و همچنین استخراج با حلال آلی دارای معایبی هستند از جمله از دست دادن ترکیبات فرار، راندمان پایین، زمان استخراج طولانی، تخریب ترکیبات غیراشباع و باقیمانده حلال سمی (Khajenoori and Haghighi Asl, 2014). تقاضای فزآینده برای جایگزین‌های مواد طبیعی که فاقد ترکیبات سمی هستند،

[۱] دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

[۲] دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم پزشکی و علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران

نویسنده مسئول مکاتبه کننده: rezvane.kavian@gmail.com

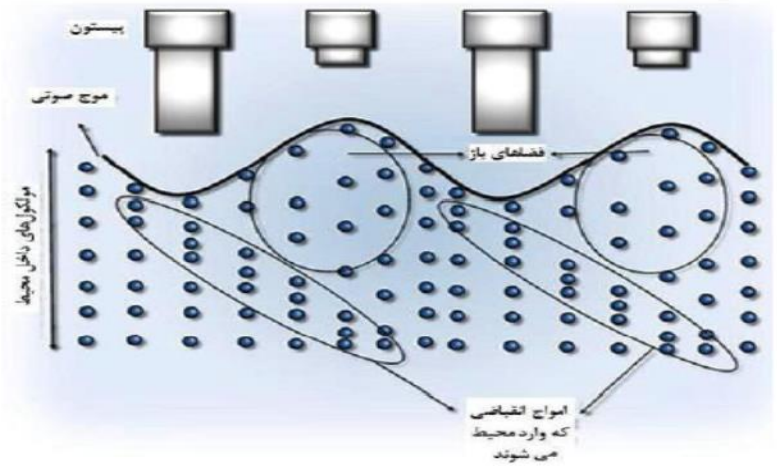
تهدیدی برای سلامت و محیط زیست انسان نیستند که توجه صنایع را به روش‌های استخراج غیرسمی و قابل اعتماد جلب کرده است (ملکی،1400). نیاز مداوم انسان به استخراج ترکیبات فعال زیستی گیاهان منجر به انجام مطالعات گسترده در زمینه معرفی تکنیک‌های استخراج کارآمدتر و مقرون به صرفه‌تر شده است. بنابراین، روش‌های استخراج مختلفی به صورت تجاری برای استخراج چنین مواد گیاهی با ارزشی توسعه یافته‌اند. آنها عمدتاً بر روی راه‌حل‌های جدید برای کاهش یا حتی حذف استفاده از حلال‌ها متمرکز هستند.

یکی از روشهای استخراج استفاده از قدرت و انرژی امواج مافوق صوت (Ultrasound) است که از جمله روش‌های نوین استخراج می‌باشد که تکنیکی سریع، آسان و ارزان می‌باشد (Shuming *et al*., 2004). استخراج به کمک امواج فراصوت یکی از مهمترین روش های استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی و حیوانی است و در مقیاس بزرگ و کوچک (صنعتی و آزمایشگاهی) قابل اجرا می باشد (Alzorqi *et al*., 2017).

استخراج به کمک امواج فراصوت

فراصوت امواج مکانیکی است که برای پراکندگی به محیط الاستیک نیاز به صداهایی با فرکانس موجی متفاوت دارد. صداها در فرکانس شنوایی انسان (از ۱۶ هرتز تا ۱۶-۲۰ کیلوهرتز) هستند، درحالی‌که فراصوت فرکانس‌هایی بالاتر از شنوایی انسان، اما پایین‌تر از فرکانس‌های مایکروویو (از ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز) دارد. مکانیسم اصلی استخراج با امواج فراصوت به پدیده کاویتاسیون (Cavitation) مربوط می‌شود. همان طور که یک موج صوتی از میان یک محیط الاستیک عبور می‌کند، باعث جابه‌جایی طولی ذرات شده، به‌عنوان یک پیستون در سطح محیط عمل کرده و در نتیجه یک توالی مراحل انقباض و انبساط صورت می‌گیرد. همانطور که در شکل(۱) در مقیاس مولکولی دیده می‌شود، به‌طور موقت مولکول‌ها از جایگاه اصلی خود جداشده و به‌عنوان موج صوتی عبور می‌کنند که می‌توانند با مولکول‌های اطراف برخورد کنند (Pawliszyn, 2012). سپس، در طی مرحله انبساط، اولین گروه از مولکول‌ها به عقب و سمت موقعیت اصلی خود کشیده می‌شود و انرژی جنبشی آن‌ها را بیشتر به عقب می‌کشد. بنابراین، مناطق انبساطی در محیط ایجاد می‌شود و از آن جا که هر محیط فاصله مولکولی بحرانی دارد، هنگامی که این فاصله بیش از حد شود، فعل و انفعالات مولکولی شکسته شده و حفره‌ها در مایع ایجاد می‌شوند. حفره-های ایجادشده در محیط، حباب‌های کاویتاسیون ناشی از فراصوت بوده که قادر به رشد در طول مراحل انبساط و کاهش اندازه در سیکل‌های انقباض هستند. هنگامی که اندازه این حباب‌ها به یک نقطه بحرانی می‌رسد، آن‌ها در طول چرخه انقباض متلاشی شده و مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. دما و فشار در لحظه متلاشی شدن تا ۵۰۰۰ کلوین و ۵۰۰۰ اتمسفر در حمام اولتراسونیک در دمای اتاق تخمین زده می‌شود، ایجاد این نقاط داغ می‌تواند به‌طور چشمگیری واکنش‌های شیمیایی را در محیط تسریع بخشد. وقتی این حباب‌ها روی سطح مواد جامد متلاشی می‌شوند، فشار و دمای بالای آزاد شده به‌طور مستقیم

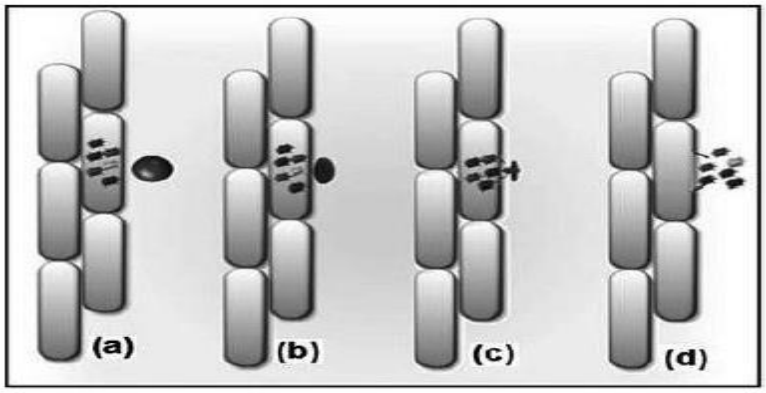
میکروجت‌ها و امواج شوک را در سطح جامد تولید می‌کند. اصابت این میکروجت‌ها به سطح باعث سایش، شکستگی و تخریب آن می‌گردد (Shotipruk *et al*., 2001).



شکل ۱- سیکل های فشرده و باز ایجادشده با امواج صوتی

Figure 1- Compressed and open cycles created by sound waves

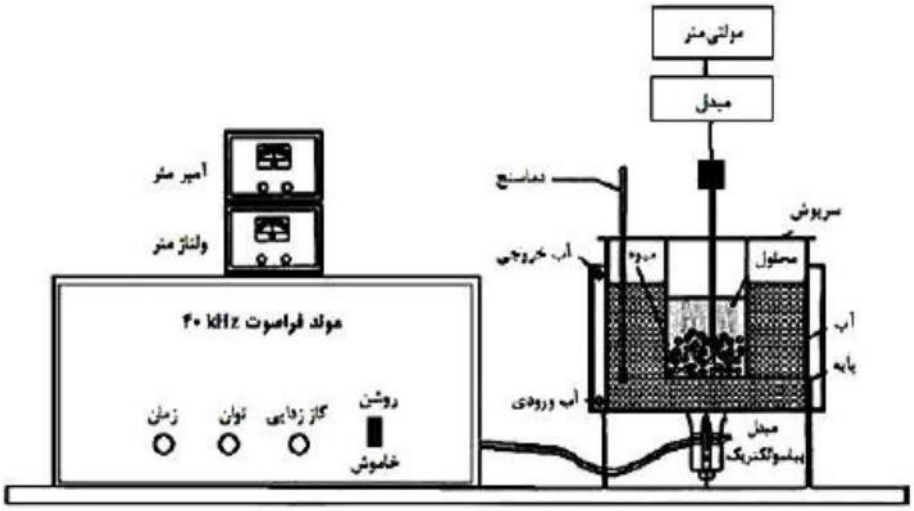
امواج فراصوت، مراحل فرایند استخراج ترکیبات گیاهی، یعنی تورم بافت به‌منظور جذب حلال و نیز خروج ترکیبات از بافت به حلال را از طریق ایجاد تخلخل و منافذ در دیواره سلول‌ها بهبود می‌بخشد و انتقال جرم را تسهیل و تسریع می‌کند (Vinatoru, 2001). حباب کاویتاسیون تولید شده نزدیک به سطح موادگیاهی (a) در طول چرخه انقباض (b) متلاشی می‌شود و میکروجت را به‌طور مستقیم به سطح وارد می‌کند (c). فشار و دمای بالای به کار گرفته شده در این فرآیند، دیواره‌های سلولی ماتریس گیاهی را پاره کرده و محتوای آن‌ها را در محیط (d) آزاد خواهد کرد (شکل ۲). برخلاف شیوه‌های مرسوم، امواج صوتی باعث تخریب دیواره سلولی در یک مدت زمان کوتاه شده و عصاره گیاهی در طول دیواره سلولی انتشار می‌یابد. مشخصات گیاهی مثل میزان رطوبت، اندازه ذرات و نوع حلال مورداستفاده، به منظور به‌دست آوردن استخراج کارامد و موثر مهم هستند. به‌علاوه فاکتورهای زیادی شامل فرکانس، فشار، دما و زمان، کارکرد امواج صوتی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Wang and Weller, 2006).



شکل۲- فروپاشی حباب کاویتاسیون و آزادسازی مواد گیاهی

Figure 2- Collapse of cavitation bubble and release of plant material

سیستم‌های استخراج به کمک امواج فراصوت متداول‌ترین تجهیزات فراصوت برای مقاصد استخراج از منابع گیاهی حمام خالص‌سازی اولتراسونیک و سیستم پروب است که در مقیاس صنعتی و آزمایشگاهی قابل اجرا می‌باشند (شکل ۳). در حالی که بسیاری از تلاش‌های تحقیقاتی در استخراج به کمک امواج فراصوت بر روی خود فراصوت متمرکز شده‌اند، برخی مطالعات، اتصال بین فراصوت و روش‌های دیگر را نیز مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال استفاده از امواج فراصوت در ترکیب با انرژی مایکروویو لقا و همکاران (Lagha *et al*., 1999)، استخراج سیال فوق بحرانی هو وهمکاران (Hu *et al*., 2007) و یا با روش‌های مرسوم از قبیل استخراج سوکسله لوکو- گارسیا و همکاران (Luque-García *et al*., 2004) به‌کار گرفته شده است. هنگامی‌که با استخراج سیال فوق بحرانی ترکیب می‌شود، امواج فراصوت انتقال جرم گونه‌های با ارزش را از فاز جامد به حلال مورد استفاده برای استخراج افزایش می‌دهد. استخراج سوکسله، هم‌چنین می‌تواند با فراصوت اصلاح شود. هنگامی که در منطقه کارتریج قبل از مسیر سیفون اعمال گردد، در نتیجه امکان حذف بخش‌های چربی را از ماتریس‌های بسیار فشرده فراهم می‌سازد. بازدهی ترکیب مایکروویو و فراصوت به وضوح در کاربردهایی مانند استخراج مس و روش کجلدال (Kjeldahl method) برای تعیین نیتروژن کل در موادغذایی نشان داده شده است (Chemat *et al*., 2004).



شکل ۳- سیستم استخراج فراصوت آزمایشگاهی

Figure 3- Laboratory ultrasound extraction system

مزایا و معایب روش استخراج به کمک امواج فراصوت

از مزایای استخراج به کمک امواج فراصوت، افزایش قطبیت سیستم (شامل استخراج کننده، آنالیت‌ها و ماتریس) و افزایش بازدهی استخراج با حفره‌زایی است که می‌تواند مشابه یا بزرگتر نسبت به استخراج با سوکسله باشد. استخراج با کمک امواج فراصوت امکان افزودن یک استخراج‌کننده کمکی را فراهم می‌سازد و موجب افزایش قطبیت فاز مایع می‌شود. فراصوت می‌تواند دمای عملیاتی را کاهش دهد و امکان استخراج ترکیبات حساس به حرارت را فراهم سازد که تحت شرایط عملیاتی استخراج سوکسله تغییر می‌کند. زمان استخراج نسبت به استخراج سوکسله کوتاه‌تر است. از مزایای استخراج با کمک امواج فراصوت نسبت به استخراج با کمک امواج مایکروویو می‌توان به سریع‌تر و ساده‌تر بودن این روش اشاره کرد. به‌طوری که عملیات کمتری درگیر آن بوده و در نتیجه آلودگی آن کم‌تر است. در جذب اسید، روش فراصوت نسبت به مایکروویو ایمن‌تر است، به‌طوری که به دماها و فشارهای بالا نیاز ندارد. استخراج به کمک امواج فراصوت نسبت به استخراج سیال فوق بحرانی تجهیزات بسیار ساده‌تری را نیاز دارد. بنابراین هزینه کل فرایند استخراج بسیار پایین‌تر است. استخراج با کمک فراصوت می‌تواند با هر حلالی برای استخراج دامنه وسیعی از ترکیبات طبیعی استفاده شود. از طرف دیگر، استخراج با سیال فوق بحرانی به‌طور انحصاری CO_2 برای استخراج استفاده می‌کند، بنابراین دامنه آن بهتر از آنالیت‌های غیرقطبی محدود است. از معایب استخراج به کمک امواج فراصوت نسبت به روش سوکسله، عدم تجدیدپذیری حلال در سیستم‌های ناپیوسته در طول فرآیند است. بنابراین بازده آن تابعی از ضریب توزیع است. از طرف دیگر شستشو و صاف‌کردن بعد از استخراج نسبت به زمان کل فرآیند طولانی است و مصرف حلال را افزایش داده و احتمال اتلاف و یا آلودگی عصاره در طول جابه‌جایی وجود دارد. استخراج سوکسله تکرار پذیرتر است. به‌طور معمول، استخراج به کمک امواج فراصوت نسبت به استخراج توسط امواج مایکروویو ضعیف-

تر بوده، به‌طوری که کهنگی سطح پروب فراصوت می‌تواند بازده استخراج را تغییر دهد. اندازه ذرات، یک فاکتور مهم در کاربردها به کمک فراصوت است. روش استخراج با سیال فوق بحرانی ساده‌تر و سریع‌تر نسبت به برخی روش‌های فراصوت حلال مایع است. برخلاف برخی از حلال‌های استفاده شده برای فراصوت (مانند سیکلوهگزان، تتراهیدروفوران و مخلوط های دوتایی مانند دی کلرومتان واستون)، CO^2 فوق بحرانی برای محیط خطرناک نیست. به‌طور معمول روش‌های هیدروتقطیر مایکروویو عاری از حلال نسبت به استخراج با کمک فراصوت دقت بیش‌تری دارند که احتمالا به دلیل استفاده آن‌ها از حمام به جای سیستم نوع پروب است. کاربرد روش فراصوت به‌عنوان یک روش آزمایشگاهی برای استخراج موادگیاهی به‌طور گسترده بررسی شده است. دامنه کاربردهای استخراج منتشرشده با این روش، شامل مواد موثره گیاهی، روغن، پروتئین و ترکیبات فعال زیستی از موادگیاهی می‌باشند (Vinatoru, 2001).

مطالعات انجام شده بر استخراج ترکیبات گیاهی به روش فراصوت

امواج فراصوت یکی از روش‌های جدید برای استخراج فنولیک و سایر ترکیبات ارزشمند از غذاها در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی است (Jerković *et al.*, 2007).مسجدی و همکاران (Masjedi et al., 2022) به بهینه سازی استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی، فلاونوئیدها و فنل کل، از قارچ *گانودرما لوسیدوم* با پیش تیمار فراصوت پرداختند. برای انجام این کار، متغیرهای مستقل شامل نوع حلال (اتیل استات، اتانول ۵۰ درصد و اتیل استات ۵۰ درصد)، زمان استخراج (۶، ۹ و ۱۲ دقیقه) و قدرت فراصوت (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ وات) استفاده شد. نتایج نشان داد که شرایط بهینه همزمان برای به دست آوردن حداکثر محتوای فلاونوئید (۱۴/۳۳۴۸ میلی‌گرم بر گرم) و محتوای فنلی کل (۲۴/۶۶۴۸ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین IC50 (۲/۳۹۸۷ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) با ۱۰۰ درصد مطلوبیت شامل قدرت فراصوت ۲۵۰ وات، زمان فراصوت ۱۲ دقیقه و حلال اتانول مشاهده شد. محققین دیگری به بررسی اثر نوع حلال (۱: اتانول و ۲: آب)، زمان (۳، ۶، ۹ دقیقه) و قدرت فراصوت (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ وات) بر روی میزان استخراج فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، IC50 از گلنارفارسی پرداختند. به منظور طراحی تیمارها، تجزیه و تحلیل و بهینه سازی متغیر وابسته از طرح فاکتوریل کامل استفاده شد. نتایج بهینه سازی چندگانه متغیرهای مستقل نشان داد که بیشترین مقدار فلاونوئیدها در عصاره گلنارفارسی (۹/۰۵۰۲ میلی گرم در میلی لیتر) و مقدار آنتوسیانین (۵/۳۶۶۹ میکرومول در گرم) و کمترین مقدارIC50 یا بالاترین میزان مهار رادیکال های آزاد در (۸/۰۴۵۲ میلی گرم در میلی لیتر) با ۸۸/۹۹ درصد مطلوبیت در ۳۰۰ وات، به مدت ۹ دقیقه و با استفاده از متانول به عنوان حلال مشاهده شد (Maleki *et al.*, 2022).

گوانجویک و همکاران (Gunjevic *et al.*, 2019) از فن آوری امواج فراصوت برای استخراج آنتوسیانین ها از تفاله انگور با استفاده از حلال یوتکتیک عمیق استفاده کردند و گزارش کردند که بالاترین راندمان استخراج در ۵۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه و با حلال ۳۰ درصد حجمی/حجمی آب به دست آمد. گواندالینی و همکاران (Guandalini *et al.*, 2019) استخراج متوالی ترکیبات فنولیک و پکتین از پوست انبه به روش فراصوت را مورد بررسی قرار داده است. در مرحله ی اول تاثیر حلال اتانول و

فرایند فراصوت بر استخراج ترکیبات فنولیک بررسی شد و نتایج نشان داد که استفاده از فراصوت تاثیر قابل توجهی بر راندمان استخراج این ترکیبات نداشته است، بیشترین راندمان استخراج زمانی بود که حلال استخراج حاوی ۵۰٪ اتانول در آب بوده است و از فراصوت استفاده نشده است، بقایای حاصل از این استخراج برای استخراج پکتین به روش فراصوت استفاده شد. چن و همکاران (Chen *et al*., 2020) استخراج ترکیبات آنتوسیانین کل از میوه Rubia sylvatica Nakai و خاصیت مهار رادیکال‌ها توسط عصاره را بررسی نمودند. برای این منظور استخراج ترکیبات آنتوسیانین و ترکیبات فنولیک کل با استفاده از روش فاکتوریل کامل بهینه‌سازی شد. برای این منظور از پارامترهای قدرت فراصوت، نسبت حلال به جامد، غلظت اتانول، مقدار pH، دما و زمان استخراج استفاده شد. عصاره تهیه شده تحت فرایند فراصوت فعالیت بسیار خوبی برای اصلاح رادیکال DPPH به نمایش گذاشت. نتایج نشان می‌دهد که میوه R. sylvatica سرشار از آنتوسیانین است و پتانسیل قابل توجهی را به عنوان منبع رنگ‌آمیزی برای استفاده در صنایع‌غذایی نشان می‌دهد رومرو-دای و همکاران (Romero-Díe *et al*., 2018) از پیش تیمارهای مایکروویو و فراصوت برای استخراج ترکیبات آنتوسیانین از رسوب‌های شراب استفاده کردند. در این مقاله بیان شده است که رسوبات شراب حاوی ترکیبات آنتوسیانین بالایی هستند که خواص تغذیه‌ای دارد و به عنوان رنگدانه نیز استفاده می‌شود. تاثیر پارامترهای مختلف مانند دما، نسبت جامد به حلال و نوع حلال (مخلوط‌های هیدروالکلی) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور افزایش عملکرد استخراج از پیش تیمار مایکروویو و فراصوت نیز استفاده شده است. حداکثر راندمان استخراج پس از ۱۵ دقیقه استخراج در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۰٪ مخلوط اتانول به دست آمده است. فراصوت و مایکروویو توانستند زمان استخراج را کاهش دهند. ابراهیم زاده و همکاران (Ebrahim zadeh et al., 2008) در ارزیابی اثرات روش‌های مختلف عصاره‌گیری (خیساندن و فراصوت) بر روی محتوی فنول کل و فلاونوئیدهای گیاه salicaria Lythrum نشان دادند که محتوی فنول کل در عصاره فراصوت بیش از عصاره حاصل از روش خیساندن بود.سیف الله و همکاران (Saifullah *et al*., 2020) روش های مرسوم استخراج را با روش استخراج فراصوت برای ریکاوری ترکیبات فنولیک از برگ های درخت چای معطر لیمو مقایسه نمود. وی در این پژوهش تاثیر نه حلال و پارامترهای موثر بر راندمان استخراج ترکیبات فنولیک از برگ چای لیمو به روش فراصوت شامل دما، زمان و قدرت فراصوت را بررسی کرد و شرایط استخراج بهینه را با روش خیساندن در آب مقایسه نمود. نتایج نشان داد که حلال تاثیر معناداری را بر راندمان ترکیبات فنولیک و خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره داشته است و حلال آب: استون(۵۰:۵۰) حلال مناسبی بوده است. شرایط بهینه استخراج با فراصوت زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و قدرت سونیکاسیون ۲۰۰ وات بوده است. استفاده از فرایند فراصوت بیشترین کارایی را در استخراج ترکیبات فنولیک و همچنین بروز خواص آنتی‌اکسیدانی داشته است. ونگ و همکاران (Wang *et al*., 2018) تاثیر فرایند فراصوت با شدت بالا بر آسکوربیک اسید، فنل‌کل، فلاونوئیدها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره کیوی را بررسی کردند. نتایج بیان داشت که استفاده از فراصوت با قدرت ۴۰۰ وات و ۲۵ کیلوهرتز به مدت ۱۶ دقیقه، موجب افزایش معنادار مقادیر، فنل کل، فلاونوئیدها و ظرفیت

آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با نمونه‌های شاهد شده است. ما و همکاران (Ma *et al*., 2013) شرایط استخراج پلی‌ساکارید از قارچ *گانودرما لوسیدیوم* با استفاده از فرایند فراصوت را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که استفاده از قدرت فراصوت ۳۲۰ وات، زمان ۳۴ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بهترین شرایط برای استخراج پلی‌ساکاریدها از *گانودرما لوسیدیوم* بوده است. تاین و همکاران (Tain *et al*., 2012) استخراج با فراصوت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پلی ساکاریدهای بازیابی شده از پایه قارچ *Agaricus bisporus* را بررسی و بیان داشتند که در قدرت فراصوت ۲۳۰وات، دمای استخراج ۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان استخراج ۶۲ دقیقه و نسبت آب به ماده برابر با ۳۰ بالاترین راندمان استخراج ترکیبات پلی ساکاریدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شده است. همیمول و همکاران (Hemwimol *et al*., 2006) استخراج آنتراکینون‌ها از ریشه موریندا سیتریفولیا با استفاده از روش استخراج با کمک امواج فراصوت را برای بهبود استخراج با حلال بررسی کردند. نتایج نشان داد که استخراج با کمک امواج فراصوت در یک سیستم (آب-متانول)، ۷۵ ٪ کاهش را در زمان و بازدهی استخراج در مقایسه با نمونه‌های تیمارنشده با امواج فراصوت ایجاد کرد. محققین دیگری مارتینو و همکاران (Martino *et al*., 2006) بر روی گیاه شبدر تحقیقی انجام دادند و تاثیر روش مایکروویو، فراصوت و سوکسله را در مورد استخراج کومارین (Coumarin) و ترکیبات مشابه بررسی نمودند. بهترین نتایج برای روش مایکروویو (با اتانول آبی ۵۰ ٪ دو سیکل حرارتی ۵ دقیقه ای و دمای ۵۰ درجه سلسیوس با سیستم مایکروویو محفظه بسته) به‌دست آمد. هم چنین در بررسی زمان‌های مختلف (۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه) و حلال-های مختلف (اتانول ۵۰٪، متانول ۵۰ ٪ و آب جوش) بر روی استخراج این ترکیبات با استفاده از حمام فراصوت، بهترین حالت برای زمان ۶۰ دقیقه و با حلال اتانول آبی ۵۰٪ بود که در مقایسه با روش سوکسله، بازدهی استخراج بالاتری داشت. مطالعه‌ای دیگری بر روی تاثیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا بر استخراج روغن از دانه‌های آسیاب شده زیتون انجام دادند. مشخص گردید که در حضور این امواج، دیواره سلول‌ها و بافت‌های گیاهی تخریب شده وترکیبات آنتی‌اکسیدانی (پلی‌فنل‌ها وتوکوفرول‌ها) و رنگدانه‌های (کلروفیل و کارتنوئید) بیشتری به داخل روغن راه یافتند و باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای گردیدند (Jimenez and Beltran, 2007). روسانگلا و همکاران (Rosangela *et al*., 2007) ترکیب شیمیایی عصاره‌های چای میت (Mate) برگ‌های ایلکس پاراگارنسیس (*Ilex paraguariensis*) را با روش استخراج با کمک فراصوت را بررسی کردند. تاثیر به‌کارگیری امواج فراصوت منجر به بهبود بازدهی میزان کافئین و اسید پالمیتیک در حلال متانول شد. در بررسی دیگری محققین بر روی بهینه‌سازی شرایط استخراج ترکیبات فنولی از پوسته گندم با استفاده از حمام فراصوت انجام دادند. بهترین شرایط استخراج، غلظت اتانول ۶۴ درصد، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و زمان ۲۵ دقیقه گزارش شد که زمان استخراج، مهم‌ترین پارامتر برای فرایند بود (Wang *et al*., 2008). کونجکیاپایبون و گریتساناپان (Kongkiatpaiboon and Gritsanapan, 2003) به استخراج آلکالوئید آفتکش‌های دایدهیدروستموفولاین (Didehydrostemofoline) از عصاره ریشه ستمونا کولینسای (*Stemona collinsiae root*) به پنج روش استخراج مختلف (فراصوت، رفلاکس، سوکسله، خیساندن و نفوذ) با اتانول ۷۰ ٪ مطالعه کردند.

نتایج نشان داد که فراصوت و رفلاکس بالاترین مقدار بازده را در استخراج دایدهیدروستموفولاین دارند. افزایش گرما یا انرژی فراصوت در طول فرآیند استخراج می‌تواند زمان استخراج را کاهش داده و به افزایش بازده کمک کند.

محققین دیگری در این راستا شرافتی-چالشتی و همکاران (Sherafati-chaleshati *et al*., 2009) از گل میمونی، حکیمی و همکاران (1399) از گیاه مرزه اورامانی، خدادوست و همکاران (1399) از گیاه پرسیاوشان، حسین و همکاران (Hossain *et al*., 2012) از گیاه مرزنجوش، موقیمی و همکاران (Moghimi *et al*., 2018) از زیره سیاه، پروماجک و همکاران (Prommajak *et al*., 2014) از گیاه Houttuynia cordata Thunb، قربانی و همکاران (Ghorbani *et al*., 2017) از عصاره رازیانه، رضایی پاینده و همکاران (1394) از پوست ۱۰ رقم انار ایرانی، مهدی نیا لیچانی و همکاران (1396) از Ferula persica، لی-فلوچ و همکاران (Le- Fluch *et al*., 1998) از برگ زیتون و خادمی و مردانی نژاد (1394) از سنجد خاردار به روش فراصوت جهت استخراج ترکیبات موثره گیاهان استفاده کردند.

نتیجه گیری:

در سال‌های اخیر استفاده از امواج فراصوت کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی پیدا کرده است و با اهداف گوناگون از جمله استخراج ترکیبات مختلف گیاهی، به کار برده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استخراج به کمک امواج فراصوت یکی از مهمترین روش های استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی است که در مقیاس بزرگ و کوچک (صنعتی و آزمایشگاهی) قابل اجرا می باشد. افزایش استخراج به وسیله امواج فراصوت به پدیده کاویتاسیون نسبت داده شده است. به دلیل اثرات مکانیکی امواج فراصوت غالبا از آن به عنوان عامل کمکی در فرایند استخراج استفاده می شود. به علاوه مزایایی از جمله بالا رفتن سرعت و بازدهی استخراج، کاربرد آسان و ارزان بودن، افزایش عملکرد استخراج آبی به خصوص در شرایطی که نمی‌توان از حلال استفاده کرد، افزایش بازده استخراج ترکیبات حساس به حرارت و کاهش مقدار حلال مصرفی امکان استفاده از امواج فراصوت را به عنوان یک روش جدید و کمکی در فرایند استخراج فراهم کرده است. بنابراین استخراج به کمک امواج فراصوت یک روش کارآمد و مقرون به صرفه برای استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی است.

منابع: **References**

۱. **حکیمی، ل.، معصومی گودرزی، م. ۱۳۹۹.** اثر روش استخراج بر میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره مرزه ارومانی *(Satureja avromanica Maroofi)*. تولیدات گیاهی، 43(1): 128-119.

۲. **خادمی، س.، مردانی‌نژاد، ش. ۱۳۹۴.** تأثیر شرایط استخراج به کمک اولتراسوند بر میزان استخراج فنول ها و فلاونوئیدها از چتر سنجد، مجله تغذیه و فناوری غذایی. 12(2): 32-23.

۳. **خدادوست، س.، احمدوندی، ف.، زراعت‌پیشه، ف. ۱۳۹۹**. بهینه‌سازی استخراج ترکیبات فنل و فلاونوئید از گیاه پرسیاوشان به کمک امواج فراصوت. فصلنامه گیاهان دارویی، 19(75): 326-312.

۴. **رضایی پاینده، م.، گیویان راد، م.ح. ، میرسعید قاضی، ح. ۱۳۹۴**. استخراج عصاره پوست ۱۰ رقم انار ایرانی به روش سوکسله و سونوگرافی و اندازه‌گیری آنتوسیانین کل، بیست و سومین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران قوچان.

۵. **ملکی، ع. ۱۴۰۰**. بررسی اثر روش‌های پیش‌فرآوری بر میزان استخراج ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی عصاره گلنار فارسی و امکان جایگزینی آن به جای نیتریت در سوسیس. رساله دکتری دانشگاه کشاورزی واحد ورامین- پیشوا.

۶. **مهدی نیا لیچایی، ب.، اسماعیل‌زاده کناری، ر.، دین‌پناه، غ.ر. ۱۳۹۶**. بهینه سازی استخراج عصاره گیاه Ferula persicaبا استفاده از روش اولتراسوند و سیال فوق بحرانی و بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره آن، مجله علوم و صنایع غذایی، 73(14):59 -51.

7. **Alzorqi, I., Singh, A., Manickam, S., Haidar F., Al-Qrimlic. 2017.** Optimization of ultrasound assisted extraction (UAE) of β-d-glucan polysaccharides from Ganoderma lucidum for prospective scale-up.Resource-Efficient Technologies. 3 (1): 46-54.
8. **Chemat, S., Lagha, A., Ait Amar, H., Chemat, F. 2004.** Ultrasound assisted microwave digestion. Ultrasonics Sonochemistry, 11; 5-8.
9. **Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F., Hafezi, S. 2008.** Antioxidant activities of Iranian corn silk. Turkish Journal of Biology, 32: 43-49.
10. **Guandalini, B.B.V., Rodrigues, N.P., Marczak, L.D.F. 2019**. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. Food Research International, 119: 455-461.
11. **Ghorbani, M., Aboonajmi, M., Ghorbani-Javid, M., Arabhosseini, A. 2017**. Effect of ultrasound extraction conditions on yield and antioxidant properties of the fennel seed (Foeniculum vulgare) extract, Journal of Food Science and Technology. 14(67): 63-73.
12. **Gunjevic, V., Panic, M., Cravotto, G., Redovnikovic, I.R. 2019**. Enabling technologies for the extraction of grape-pomace anthocyanins using natural deep eutectic solvents in up-to-half-litre batches Extraction of grape-pomace anthocyanins using NADES, Food chemistry. 300: 125-185.
13. **Hemwimol, S., Pavasant, P., Shotipruk, A. 2006.** Ultrasonic-assisted extraction of anthraquinones from roots of Morinda citrifolia. Ultrasonics Sonochemistry, 13: 543-548.
14. **Hossain, M. B., Brunton, N. P., Patras, A., Tiwari, B. O., Donnell, C. P., MartinDiana, A. B. and Barry-Ryan, V. 2012.** Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from marjoram (Origanum majorana L.) using response surface methodology. Ultrasonics sonochemistry, 19(3): 582-590.

15. **Hu, A., J., Zhao, S., Liang, H., Qiu, T., Chen, G. 2007.** Ultrasound assisted supercritical fluid extraction of oil and coixenolide from adlay seed. Ultrasonics Sonochemistry, 14: 219-224.

16. **Jimenez, A. and 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.

17. **Jerković, I., Mastelić, J., Marijanović, Z., Klein, Ž., Jelić, M. 2007.** Comparison of hydrodistillation and ultrasonic solvent extraction for the isolation of volatile compounds from two unifloral honeys of Robinia pseudoacacia L. and Castanea sativa L. Ultrason sonochem, 14(6): 750-756.

18. **Khajenoori, M. and Haghighi Asl, A. 2014.** Review of extraction of plant natural components by Microwaves and ultrasounds. Innovative Food Technologies. 1(3):81-93.

19. **Kongkiatpaiboon, S. and Gritsanapan, W. 2013**. Optimized extraction for high yield of insecticidal didehydrostemofoline alkaloid in Stemona collinsiae root extracts. Industrial Crops and Products. 41: 371–374.

20. **Lagha, A., Chemat, S., Bartels, P., Chemat, F. 1999**. Microwave-ultrasound combined reactor suitable for atmospheric sample preparation procedure of biological and chemical products. Analysis, 27:452- 457.

21. **Le-Floch, F., Tena, MT., Rios, A., Valcarcel, M. 1998**. Supercritical Fluid Extraction of Phenol Compounds from Olive Leaves, Department Of Analytical Chemistry, Faculty of Science, University Of Cordoba, E-14004 Cordoba, spain. 46(5): 1123-1130.

22. **Luque-García, J.L. and Luque de Castro, M.D. 2004**. Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: an expeditive approach for solid sample treatment: Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. Journal of Chromatography A, 1034; 237-242.

23. **Ma, C.W., Feng, M., Zhai, X., Hu, M., You, L., Luo, W., Zhao, M. 2013.** Optimization for the extraction of polysaccharides from Ganoderma lucidum and their antioxidant and antiproliferative activities. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 44(6): 886-894.

24. **Maleki, A., Nateghi, L., rajaei, P. 2022.** Optimization of extraction conditions by ultrasound-assist on the ratio of flavonoids, anthocyanins content and antioxidant and antimicrobial activity of Punica granatum Var. Pleniflora (Persian Golnar) extract. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering.

25. **Martino, E., Ramaiola, I., Urbano, M. 2006**. Microwave-assisted extraction of coumarin and related compounds from Melilotus officinalis (L.) Pallas Alternative to Soxhlet and ultrasound-assisted extraction. Journal of Chromatography, 1125:147-151.

26. **Masjedi, M., Nateghi, L., Berenjy, SH., Eshaghi, M.R. 2021**. Determination of Antioxidant and Antimicrobial Compounds of *Ganoderma lucidum* Extract in Laboratory Different Conditions. Chemical Methodologies. 6:212-227

27. **Moghimi, M., Farzaneh, V., Bakhshabadi, H. 2018.** The effect of ultrasound pretreatment on some selected physicochemical properties of black cumin (Nigella Sativa). Nutrire, 4(18): 2-8.

28. **Pawliszyn, J. 2012.** Comprehensive Sampling and Sample Preparation, in: Pingret, D., Fabiano-Tixier A.S., Chemat F., Accelerated Methods for Sample Preparation in Food, Academic Press,University of Waterloo, Ontario, 441-455.

29. **Porommajak, T., Surawang, S., Rattanapanone, N. 2014.** Ultrasouic assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (Houttuynia cordata thunb). Songklanakarin journal of science and technology, 36(1).

30. **Rosangela, J., Lisiane, F., Valeria, P., Claudio, D., Ana Paula, O., Jose, O. 2007.** The use of ultrasound in the extraction of Ilex paraguariensis leaves: a comparison with maceration. Ultrasonics Sonochemistry, 14: 6-12.

31. **Saifullah, M., McCullum, R., McCluskey, A., Vuong, Q. 2020.** Comparison of conventional extraction technique with ultrasound assisted extraction on recovery of phenolic compounds from lemon scented tea tree (Leptospermum petersonii) leaves. Heliyon, 6(4): e03666.

32. **Sherafati-chaleshati, R., Sherafati-chaleshati, F., Sherafati-Chaleshati, A. and Ashrafi, K. 2009.** Antimicrobial effect and determination of phenolic and flavonoid compounds of Scrophularia striata ethanol extract. The Journal of Shahrekord University of Medical Sciences, 11(4), 37-32.

33. **Shotipruk, A. and Kaufman, P.B. 2001.** Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable Menthax piperata using ultrasonic extraction. Biotechnology Progress, 17(5): 924-928.

34. **Shuming, H., Xinlin, Y., Ziqiang, ZH., Jianlan, Xu., Hesun, Zhu. 2004.** Study on ultrasonic circulation technique to extraction of triterpenods from *Ganoderma lucidum*.Chinese Traditional and Herbal Drugs, 35(5):508-510.

35. **Tian, Y., Zeng, H., Xu, Z., Zheng, B., Lin, Y., Gan, C., Lo, Y.M. 2012**. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity of polysaccharides recovered from white button mushroom (Agaricus bisporus). Carbohydrate Polymers, 88(2): 522-529.

36. **Vinatoru, M. 2001**. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principlws from herbs. Ultrasonics Sonochemistry, 8l: 303-313.

37. **Wang, L. and Weller, C.L. 2006**. Resent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science & Technology, 17: 300-312.

38. **Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y., Li, X. 2008.** Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. Food Chemistry, 106; 804-810.

39. **Wang, T.Y., Li, Q., Bi, K.S. 2018**. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 13(1): 12-23.

Application of ultrasonic method in extracting plant extracts

Fatemeh Kavian[3] , Mohammad Masjedi[4]

Received: 2021/10/23 Accepted:2022/03/09

ABSTRACT:

Natural extracts from plants are one of the most important primary sources for the preparation of preservatives, flavorings, cosmetics, perfumery, dyes, and medicines. Extracting effective substances and natural extracts from different plants is a very important thing that researchers in different fields pay special attention to. Considering the need of societies to extract effective plant compounds, it has led to wider researches in the field of introducing extraction processes. There are various extraction methods to extract active plant compounds. Traditional methods of obtaining natural compounds of plants, such as water distillation or steam extraction and extraction with organic solvent, have disadvantages such as loss of volatile compounds, low efficiency, long extraction time, destruction of unsaturated compounds and the remaining toxic solvent. In order to improve the efficiency of extracting effective substances from medicinal plants, new methods have been invented. One of these methods is the use of ultrasound waves. The purpose of this study is to know more about the new method of extraction with the help of ultrasound waves, along with its advantages and disadvantages compared to other methods. According to the results of this study, ultrasonic extraction method is a new, fast, efficient and cost-effective method for extracting effective compounds from plant texture.

Key words: extraction, herbal extract, ultrasound waves, new method, natural products.

[3] PhD in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

[4] PhD in Food Science and Technology, Faculty of Medical Sciences and Basic Sciences, Islamic Azad University, Qom, Iran

Corresponding author: Email: rezvane.kavian@gmail.com