نشریه علمی فناوری و گیاهان دارویی ایران
دوره۵- شماره ۲- پیاپند ۹-پائیز و زمستان ۱۴۰۱

تاثیر روش‌های نوین استخراج (فراصوت و میدان پالس‌الکتریک) بر ترکیبات زیست‌فعال پوست انار

The effect of novel extraction methods (ultrasound and pulse-electric) on the bioactive compounds of pomegranate peel

پروین شرایعی[1*]، ساناز غلامپور[2]، طاها شوشتری[3]

۱. دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. کارشناس بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۳. دانشجو، مقطع پزشکی حرفه‌ای، دانشکده پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/mpt.2024.365796.1153

چکیده

شرایعی، پ.، غلامپور، س.، شوشتری، ط.*، . تاثیر روش‌های نوین استخراج (فراصوت و میدان پالس‌الکتریک) بر ترکیبات زیست‌فعال پوست انار
نشریه علمی فناوری وگیاهان دارویی ایران، دوره ۵ - شماره ۲- پیاپند ۹-پائیز و زمستان ۱۴۰۱ صفحه: ۱۰۷-۹۰

میزان تولید میوهٔ انار، به دلیل افـزایش آگـاهی مصرف کننده از خواص بالقوه و سلامتی زای آن رو به افزایش است به طوریکه تخمین زده می شود تا سال ۲۰۳۰، ارزش بازار جهانی انار به حدود ۳۳۸/۶ میلیون دلار برسد. قسمت عمده میوهٔ تولیدی علاوه برمصرف تازه خوری به مصرف تولید آب میوه می رسد اما تقریبا ٥٤ درصد میوه طی زنجیره تولید آب میوه به پسماند کشاوررزی تبدیل می شود. پوست میوه، قسمت عمدهٔ این ضایعات را تشکیل می دهد که حاوی ترکیبات زیست فعال با خاصیت ضدمیکروبی و فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد. استخراج ترکیبات زیست‌فعال با حداکثر راندمان با روش های مختلفی انجام می شود. روش های سنتی استخراج نیاز به صرف زمان طولانی و مقادیر زیادی حلال دارند؛ در حالیکه روش های استخراج نوین همانند استخراج به کمک فراصوت و میدان پالس الکتریک روش های سریع و پربازده تری هستند. بنابراین، دانش فنی، آگاهی و استفادهٔ بهینه از روش های نوین استخراج ترکیبات زیست فعال، ضمن ارتقای علمی، سبب گسترش و توسعه اقتصادی و صنعتی کشور و کاهش آلودگی زیست محیطی خواهد شد.

واژه های کلیدی: استخراج، فراصوت، میدان پالس‌الکتریک، ترکیبات زیست‌فعال.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: p.sharayei@areeo.ac.ir

مقدمه

انار با نام علمی *punica granatum* از خانواده پونیکاسه، به طور گسترده در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می شود (Atabik et al., 2022). ایران مرکز تنوع ارقام و یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان انار در جهان است. براساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت باغات انار در سال ۱۴۰۲ دود ۹۷ هزار هکتار (۹۲ هزار هکتار بارور و مابقی غیربارور) با تولید ۱/۲ میلیون تن می‌باشد. متوسط عملکرد هر هکتار باغ انار در همان سال ۹ تن گزارش شده است. میزان صادرات هشت ماهه انار کشور در سال ۱۴۰۲ معادل ۱۲ هزار و ۶۰۰ تن با ارزش شش میلیون دلار است این میزان صادرات نسبت به مدت مشابه سال ۱۴۰۱، ۷۰ درصد از نظر وزنی و بیش از ۱۲۰ درصد به لحاظ ارزشی رشد داشته است. تجارت جهانی انار در سال ۲۰۲۱، ۲۳۵/۹۴ میلیون دلار گزارش شده است و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۳۰ این رقم به۳۳۸/۶ میلیون دلار افزایش یابد (Kyquest, 2023). آمار ذکر شده اهمیت اقتصادی این محصول را نشان می دهد.

معمولاً انار را به صورت تازه یا فرآوری شده به صورت آب میوه مصرف می‌شود. هنگام تولید آب میوه، مقدار زیادی ضایعات تولید می‌شود که پوست حدود ۴۳ درصد و هسته حدود ۱۱ درصد از وزن کل این ضایعات را به خود اختصاص می‌دهند (Ko et al., 2021; Bertolo et al., 2021; Ain et al., 2023).

نتایج مطالعات متعدد نشان داده است، پوست انار حاوی بسیاری از ترکیبات زیست‌فعال مانند پلی فنل ها، فیبرهای غذایی، ویتامین ها، مواد معدنی و غیره است (Singh et al., 2018; El-Hadary and Ramadan, 2019) که دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی و مزایای سلامتی مانند فعالیت آنتی اکسیدانی، ضد التهابی، ضدسرطان و غیره هستند (Liu et al., 2019). علاوه بر این، وجود ترکیبات زیست‌فعال با پیشگیری و درمان چندین بیماری متابولیک مزمن از جمله بیماری های قلبی عروقی، دیابت و چاقی همراه است (Ko et al., 2021). بنابراین استفاده از این منبع ضایعاتی برای تولید ترکیبات زیست‌فعال، علاوه بر کاهش ضایعات محصولات کشاورزی سبب ایجاد ارزش افزوده و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز خواهد شد.

روش استخراج عصاره های گیاهی، از جمله عواملی است که می‌تواند خواص ترکیبات موثر عصاره‌ها را تحت تاثیر قرار دهد روش های مختلفی برای استخراج عصاره های گیاهی و میوه ها وجود دارد اما استفاده از روش‌های نوین و کاربردی همانند فرآیند فراصوت دهی و پالس الکتریک برای استخراج عصاره هایی با کیفیت بالاتر، پایدارتر، محلول در آب و سایر حلال های ایمن به همراه کاهش هزینه های مرتبط (کارآیی بالا و میزان مصرف انرژی و آب پایین)، ضروری به نظر می رسد.

بنابراین، با تخمین تولید سالیانه حدود ۱۲۰ هزار تن پوست انار در ایران (با احتساب اینکه ۲۵ درصد میوه فرآوری می‌شود و ۴۳

شکل 1- اجزای تشکیل دهنده بخش‌های مختلف گیاه انار

درصد وزن میوه را پوست تشکیل می‌دهد) و با توجه به برنامه‌های کشور در خصوص کاهش ضایعات و استفاده بهینه از آن ها، مطالعه و بررسی ویژگی‌ها و عملکرد ترکیبات زیست‌فعال کلیدی موجود در پوست انار و هم چنین ارائه روش های کارآمد برای استخراج این ترکیبات در اقتصاد کنونی از اهمیت ویژه ی برخوردار است. از طرف دیگر با افزایش فرآورده‌های جانبی انار می توان بازار مصرف آن را افزایش داده و حتی در کشورهای خارجی نیز بازار مناسبی برای آن تامین نمود. در این بررسی سعی شده است تا ضمن بررسی ترکیبات زیست‌فعال موجود در پوست میوۀ انار، اثر روش های مختلف استخراج بر میزان و عملکرد این ترکیبات مورد بررسی قرار گیرد.

ترکیبات زیست‌فعال گیاه انار

گیاه انار منبع غنی از انواع آنتی اکسیدان‌هاای قوی می‌باشد، تمام بخش‌های این گیاه (گل، برگ، ساقه های سبز و جوان، ریشه، پوست میوه، دانه و آب انار) دارای ترکیبات زیست فعال با فعالیت آنتی اکسیدانی می باشند (شکل ۱). Shahbazi (۲۰۱۷)، فعالیت ضدباکتریایی و آنتی اکسیدانی میوه‌های مختلف غنی از ترکیبات فنلی مانند سیب، انگور و انجیر را با میوه انار را بررسی نمود. نتایج حاکی از آن بود که میزان ترکیبات فنلی کل میوه انار(۲۵۳ میلی گرم اسیدگالیگ بر گرم) در مقایسه با سایر میوه‌ها مانند انگور (۱۴۶/۴ میلی‌گرم اسیدگالیگ بر گرم)، سیب (۹۳/۱۶ میلی گرم اسیدگالیگ بر گرم) و انجیر (۴۵/۸۹ میلی گرم اسیدگالیگ بر گرم) بیشتر است (Shahbazi, 2017).

جدول۱- حدود تقریبی ترکیبات پوست انار (تازه و پودر شده)

ترکیب (واحد)	تازه	خشک
میزان رطوبت (درصد)	۷۰/۷۴ -۷۶/۱۲	۶/۹۵ -۱۳/۷۰
خاکستر (درصد)	۱/۰۳ -۱/۰۵	۳/۳۰ -۵/۹۲
فیبرخام (درصد)	۳/۳۲-۱۱/۰۰	۱۱/۲۲-۲۳/۲۸
کربوهیدرات (درصد)	۲۰/۱۷-۲۴/۷۴	۷۹/۰۱-۸۳/۸۲
پروتئین	۲/۴۷-۳/۴	۲/۵۹ -۸/۹۷
چربی	۰/۱۹-۰/۹۸	۰/۱۵-۱/۷۳

پوست انار و ترکیبات شیمیایی آن

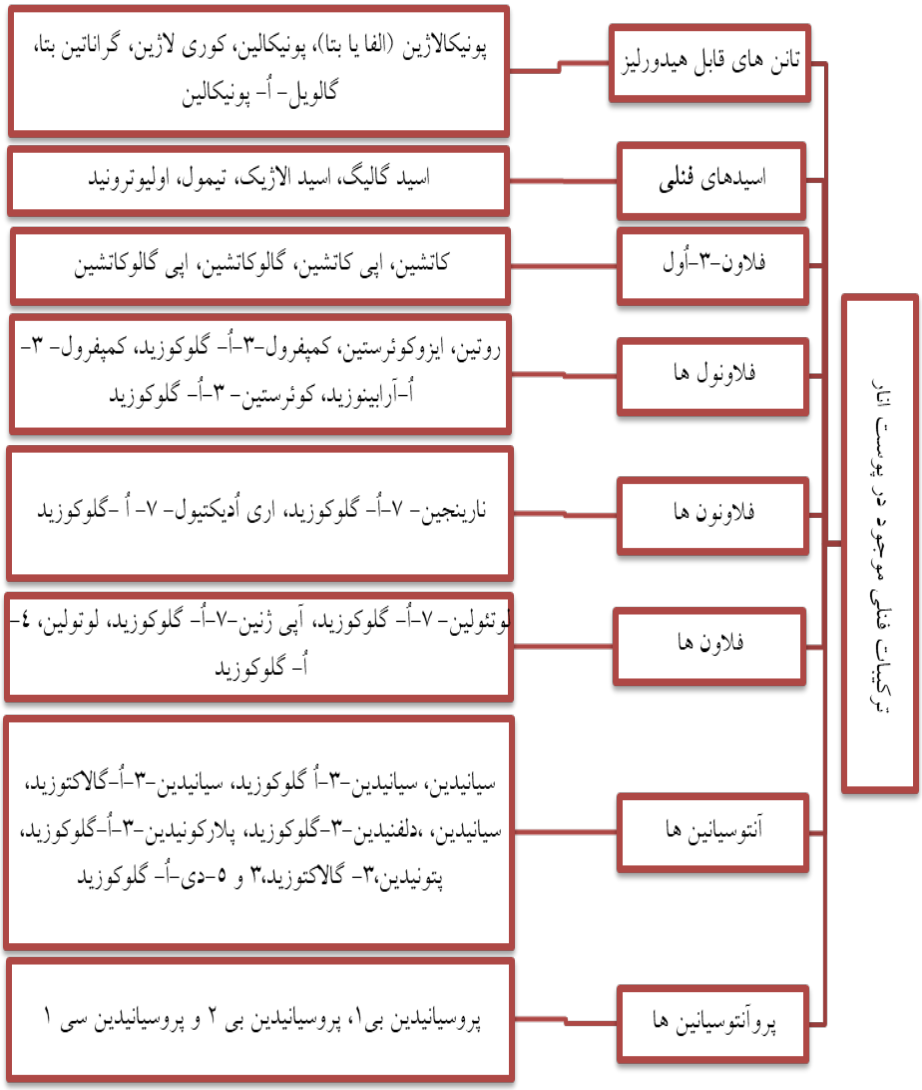
پوست انار یکی از مهم‌ترین محصولات جانبی کارخانه‌های فرآوری میوهٔ انار (عمدتاً کارخانه های آب انارگیری) است. حدود تقریبی اجزاء تشکیل دهندهٔ پوست انار (تازه، خشک و پودر شده) در جدول ۱ نشان داده شده است (Wanderley et al.,2023; El-Hamamsy and El-khamissi, 2020; Rakshit and Srivastav, 2021;dos Santos et al., 2022).

عملکرد آنتی اکسیدانی ترکیبات فنلی پوست انار

میوهٔ انار شامل فلاونوئیدهای متنوعی است که حدود ۰/۲ تا ۱ درصد وزن میوه را به خود اختصاص می‌دهند. پوست انار حاوی بیشترین میزان ترکیبات فنلی در مقایسه با سایر بخش‌های ساختمانی میوه است و حدود۳۰ درصد کل این ترکیبات، مخصوصاً آنتوسیانیدین‌ها[۱] (دلفینیدین، سیانیدین[۲]، پلارگونیدین۳ گلوکوزید[۳]، پلارگونیدین[۳] و ۵ دی گلوکوزید) بسته به نوع و مرحلهٔ رشد میوه، در پوست میوه تجمع یافته و سبب تغییر رنگ پوست می‌شوند (Fischer et al., 2011; Kumari et al., 2012; Zhao et al., 2013; Coronado-Reyes et al., 2021). به طور کلی، ترکیبات فنلی پوست انار متنوع بوده و دارای ترکیبات فنلی با وزن مولکولی کم و یا متوسط مانند آنتوسیانین ها، گالوتانین‌ها[۴]، هیدروکسی سینامیک اسید[۵] هیدروبنزوئیک اسید[۶] و یا ترکیبات فنلی با جرم مولکولی بالا همانند الایژیتانن[۷]، استرهای گالاژیل[۸]و پروآنتوسیانیدین ها[۹] می باشد (Ismail et al., 2012). ساختار برخی از ترکیات فنلی مهم پوست انار در شکل۳ نشان داده شده است.

ترکیبات فنلی، به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود، دارای خصوصیات ضداکسایشی و ضدمیکروبی هستند. به‌طور کلی، قابلیت نسبی ترکیبات فنلی عصارهٔ پوست انار

۱ anthocyanidins
۲ cyanidin
۳ pelargonidin
٤ gallotannins
٥ hydroxycinnamic acids
٦ hydroxybenzoic acids
٧ ellagitannins
٨ gallagyl esters
٩ proanthocyanidins

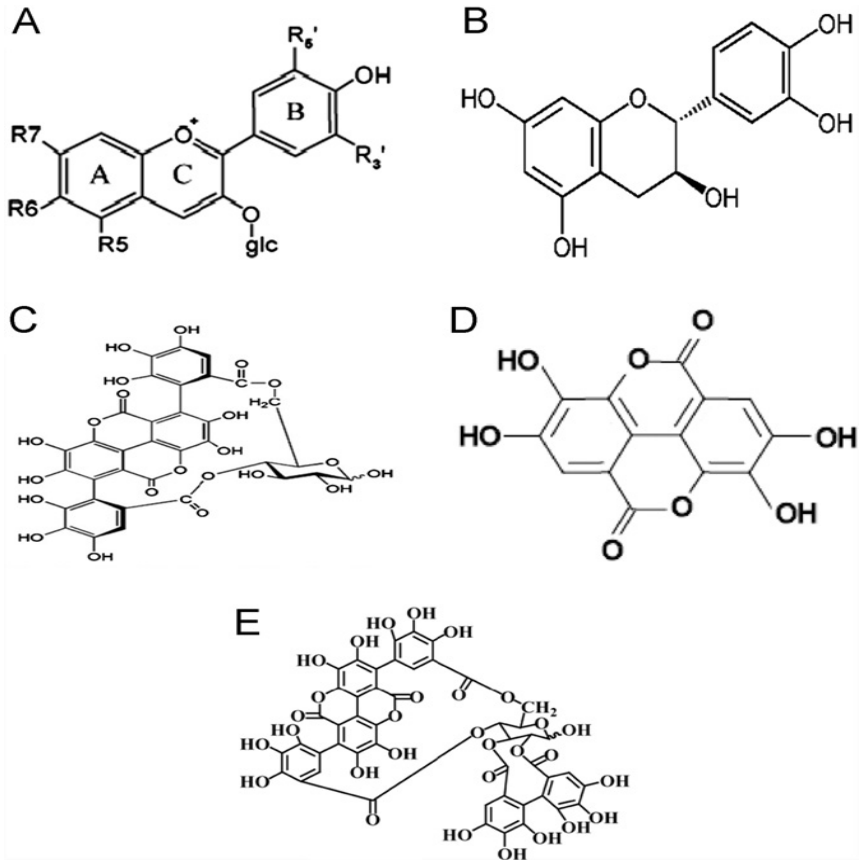


شکل 2- ترکیبات فنلی پوست انار

برای عمل‌کردن به عنوان آنتی‌اکسیدان، به تعداد و قرارگیری گروه‌های هیدروکسیل آن مربوط است. این گروه ها، مانند گروه های هیدروکسیل موجودر در کاتکول[1]، با قابلیت گیرندگی آهن و فلزات واسطه از انتشار رادیکال های آزاد حاصل از واکنش اکسایش جلوگیری به عمل می آورند. پلیمر شدن ترکیبات فنلی مانند پروسیانیدین‌ها، کارآیی قابلیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد را بهبود می‌بخشد. همچنین این پدیده در دی‌مرها و تری‌مرهای پروسیانیدین‌ها نیز قابل مشاهده است (de la Rosa et al., 2019; de Araújo et al., 2021). هیچ‌گونه ارتباط و همبستگی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مشخصات رنگی (مثلاً شدّت قرمزی که با تمرکز آنتوسیانین‌ها متناسب است) میوه‌های برداشت شده از ارقام متفاوت مشاهده نشده است (Karaaslan et al., 2014).

نتایج تحقیقات نشان داده است پلی‌فنل‌های قابل هیدرولیز به خصوص الاژیتانن ها و ترکیبات حاصل از هیدرولیز آن از

[1] catechol



شکل 3- ساختار ترکیات فنلی مهم پوست انار A: آنتوسیانین، B: کاتشین، C: پونیکالین، D: الاژیک اسید، E: پونیکالاژین

فعال‌ترین آنتی اکسیدان‌های موجود در پوست انار هستند. الایژیتانن‌ها، ترکیبات فنلی حل شونده در آب با جرم مولکولی بالا هستند که به آسانی هیدرولیز می شوند و فرآورده‌های جانبی متفاوتی مانند الایژیک اسید، پونیکالاژین، پونیکالین[1] و گالاژیک اسید[2] را تولید می‌کنند. الایژیک اسید، ترکیب فنلی مونومری با ساختاری نسبتا پایدار می‌باشد که قدرت آنتی اکسیدانی بالایی دارد (Giamogante et al., 2018; Giri et al., 2023).

هر چند ترکیبات فنلی پوست انار، بیشتر از دیدگاه بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد توجه قرار گرفته اند اما این ترکیبات نیز دارای فعالیت‌های بیولوژیکی مهم در موجودات زنده می باشند و آثار سودمندی در مبارزه با بیماری‌های مرتبط با تولید رادیکال اکسیژن با غلظت‌های بیش از ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن انسان و اثرات ضد میکروبی نیز نشان داده اند. الایژیتانن‌های موجود در پوست انار و برخی از ترکیبات پلی فنلی دیگر، دارای فعالیت بازدارندگی ویروس در مقابل گونه‌های ویروسی مختلف همانند ویروس تب خال[3]، ویروس های H_5N_1، HIV و ویروس آنفلونزا، هپاتیت B، C و ضد باکتریایی

۱ punicalin
۲ gallagic acid
۳ Herpes Simplex HSV

بر تعداد زیادی از پاتوژن‌های موجود در غذا و میکروارگانیسم‌های واگیردار مانند استافیلوکوکوس اورئوس[۱] می باشند (Liu et al., 2022; Melgarejo-Sánchez et al., 2021; Mo et al., 2022).

استخراج ترکیبات زیست‌فعال از پوست انار

استخراج ترکیبات زیست فعال از گیاهان به روش های مختلفی انجام می گیرد که هر روش ممکن است بر راندمان استخراج و فعالیت مادهٔ حاصل اثر بگذارد. بنابراین، استخراج ترکیبات زیست‌فعال از منابع مختلف حائز اهمیت است.

روش های متعارف استخراج

روش‌های متعارف استخراج ترکیبات زیست‌فعال گیاهان شامل روش هایی همانند استخراج با روش سوکسله[۲]، ماسراسیون[۳] و تقطیر[۴] می باشند (Zhang et al., 2018). بیشتر این روش‌ها بر پایهٔ قدرت حلال‌های متفاوت، دما و هم‌زدن استوار هستند. روش سوکسله نخستین بار توسط شیمیدان آلمانی، فرانزریتروان[۵] معرفی شد. این روش ابتدا برای استخراج لیپیدها در نظر گرفته شده بود؛ اما امروزه از آن به طور گسترده، برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند از منابع طبیعی نیز استفاده می شود (López-Bascón& De Castro, 2020). روش استخراج ماسراسیون، روشی معمول و کم‌هزینه برای استخراج عصاره‌های گیاهی و ترکیبات زیست‌فعال می باشد. در این روش استخراج با استفاده از حلال‌های مختلف انجام می شود. حلال با توجه به قطبیت و نوع ماده مورد نظر انتخاب می گردد. عواملی مانند همبستگی مولکولی حلال و حل‌شونده، انتقال جرمی، استفاده از حلال کمکی، امنیت محیطی، سمی نبودن برای انسان و امکان‌پذیری اقتصادی نیز در انتخاب حلال، موثر هستند (Gulsunoglu et al., 2019; Maroun et al 2017). تحقیقات متعددی از روش های مرسوم و بویژه روش ماسراسیون به تنهایی و یا همراه با سایر روش‌ها برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال پوست استفاده کردند که در ادامه به چند مورد از آن‌ها اشاره شده است. Zarezadeh Mehrizi و همکاران (۲۰۱۴)، از پوست خشک سه رقم انار ایرانی توسط چهار حلال آلی و به روش سوکسله عصاره گیری کردند. نتایج نشان داد پوست انار حاوی آنتوسیانین های منوگلوکوزیدی بیشتری نسبت به آنتوسیانین های دی گلوکوزیدی است و عصارهٔ اتانولی رقم پوست سیاه اردستان بیشترین میزان آنتوسیانین منوگلوکوزیدی شامل دلفینیدین ۳ گلوکوزید (۲۰۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، سیانیدین ۳ گلوکوزید (۲۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم) و پلارگونیدین ۳ گلوکوزید(۱۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم) را دارا بود.

Liu و همکاران (۲۰۲۲) روش استخراج ماسراسیون یک مرحله ایی در دمای محیط (حلال اتانول ۵۳ درصد، نسبت مواد جامد به

۱ *Staphylococcus aureus*
۲ Soxhlet
۳ maceration
٤ Hydrodistillation
٥ Franz Ritter von

مایع: ۱ به ۲۲ وزنی/حجمی، زمان استخراج ۱۴۴۰ دقیقه) برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال پوست انار استفاده کردند. میزان پونیکالاژین حاصل از این روش حدود ۳۷۰/۹۱ میلی گرم بر گرم پوست خشک انار گزارش شده است. Kafeel و همکاران (۲۰۲۳)، از حلال اتانول۱۰ درصد، اتانول و آب ۷۰ و ۵۰ درصد با نسبت مواد جامد به مایع ۱۵ به ۱۰۰ وزنی/حجمی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال پوست انار استفاده نمودند. نتایج نشان داد میزان ترکیبات فنلی از ۲۸۴ تا ۶۶۷/۱۴ میلی گرم بر گرم متغیر بود و حلال اتانول ۱۰۰ درصد، بیشترین میزان ترکیبات فنلی را طی ۳۶۰ دقیقه استخراج نمود.

Ferrieria و Santos (۲۰۲۳) از حلال اتانول با نسبت ۱ به ۲۰ وزنی/حجمی برای استخراج ترکیبات زیست فعال پوست انار استفاده نمودند. میزان ترکیبات فنلی طی ۱۸۰ دقیقه، حدود ۲۷۵ میلی گرم بر گرم گزارش شد.

روش های غیرمتعارف[۱] استخراج

استخراج با روش های سنتی دارای معایبی مانند نیاز به زمان زیاد، حلال‌های پر هزینه با خلوص بالا، تبخیر مقدار زیادی از حلال، انتخاب‌پذیری پایین و جداسازی ساختارهای ناپایدار در اثر گرما می باشد. برای غلبه بر این معایب، روش های نوین و موثری برای استخراج معرفی شده‌اند که از آن‌ها به عنوان روش های غیرمتعارف استخراج یاد می‌شود. برخی از این روش ها عبارتند از: استخراج با کمک امواج فراصوت[۲]، استخراج به کمک آنزیم‌ها[۳]، استخراج به کمک امواج مایکروویو[۴]، استخراج با میدان پالس الکتریک[۵]، استخراج با سیال فوق بحرانی[۶] و استخراج با مایع تحت فشار[۷]. برخی از این روش ها به دلیل استفاده از مواد شیمیایی و حلال‌های کم خطرتر، طراحی به منظور افزایش بازده انرژی، استفاده از مواد مصرفی قابل تجدید، کاهش تولید فرآورده‌های جانبی، با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مطابقت داشته و به عنوان "روش های سبز" محسوب می‌شوند (Panja, 2018).

استخراج با کمک امواج فراصوت و میدان پالس الکتریک

امواج فراصوت دسته‌ای خاص از امواج فراتر از محدودهٔ شنوایی انسان و در علم شیمی معمولاً مابین ۲۰ تا ۱۰۰ مگاهرتز می‌باشد و مانند دیگر امواج، به وسیلهٔ ایجاد انقباض و انبساط عبور می‌کنند. این فرآیند پدیده‌ای به نام کاویتاسیون[۸] را ایجاد که به معنی ساختن، بزرگ کردن و ترکاندن حباب است. حباب‌ها باعث دسترسی آسان تر حلال به اجزای سلولی بخش‌های گیاه می شوند .(Islam et al., 2023) استخراج با امواج فراصوت شامل دو پدیدهٔ فیزیکی شکستن و یا خنثی کردن دیوارهٔ سلول و محلول کردن محتویات سلول پس

۱ Non-conventional

۲ ultrasound assisted extraction
۳ enzyme-assisted extraction
٤ microwave-assisted extraction
٥ pulsed electric field
٦ supercritical fluid extraction
۷ pressurized liquid extraction
۸ Cavitation

جدول ۲- شرایط و نتایج استخراج ترکیبات زیست فعال پوست انار با کمک روش های میدان پالسالکتریک و فراصوت

	شرایط آزمایش	میزان ترکیبات زیست‌فعال	منبع
پالس الکتریک	حداکثر ولتاژ (کیلوولت): ۴۰ فاصله الکترود: (۴۰ میلی‌متر) قطر الکترود: (۱۰۵ میلی‌متر) شدت: ۱۰ کیلوولت بر سانتیمتر دما (درجه سلسیوس): ۵ ± ۵۰ نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۱۰ حلال: آب زمان (دقیقه): ۷	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار): ۳۹±۲	Rajha و همکاران (۲۰۱۹)
فراصوت	ساختار فراصوت: پروب فرکانس (کیلوهرتز): ۲۴ – ۰ توان اسمی (وات) : ۴۰۰ دامنه (درصد): ۱۰ – ۱۰۰ دما (درجه سلسیوس): ۵۰±۵۰ زمان (دقیقه): ۷ قطر پروب (میلی‌متر): ۱۴ حلال: آب نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۱۰	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار): ۱۴/۵±۰/۸	Rajha و همکاران (۲۰۱۹)
فراصوت	فرکانس (کیلوهرتز): ذکر نشده است توان اسمی (وات): ذکر نشده است دامنه (درصد): ذکر نشده است دما (درجه سلسیوس): ۲۳ مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۴۵ قطر (میلی‌متر): ذکر نشده است نسبت جامد/مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۲:۶۰ حلال‌ها: آب، ۷۰ درصد اتانول، ۱۰۰درصد اتانول، ۷۰درصد استون و ۱۰۰ درصد استون	حلال های استون ۷۰ درصد، اتانول ۷۰ درصد و آب به ترتیب بیشترین میزان ترکیبات فنلی را دارا بودند. میزان ترکیبات فنلی کل استخراج شده با استون ۷۰ درصد (میلیگرم بر گرم وزن خشک پوست انار): ۱۲۵ میزان ترکیبات فنلی کل استخراج شده با حلال آب (میلیگرم بر گرم وزن خشک پوست انار): ۸۶	Hasnaoui و همکاران (۲۰۲۱)
فراصوت	ساختار فراصوت: پروب فرکانس (کیلوهرتز): ۲۴ توان اسمی (وات): ذکر نشده است دامنه (درصد):ذکر نشده است مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۲ تا ۱۰ دقیقه سطح شدت (وات بر سانتی متر مربع) : ۵۰ تا ۱۰۵ قطر (میلی‌متر): ۱۴	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار) در شرایط بهینه (زمان ۱۰ دقیقه، سیکل ۵۰ درصد و شدت ۱۰۵ وات بر سانتی متر مربع): ۳۱۸/۷۱	Kazemi و همکاران (۲۰۲۲)

	چرخه سیکل(درصد): ۵۰ تا ۹۰ حلال: اتانول ۷۰ درصد نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۱۰		
فراصوت	ساختار فراصوت: پروب فرکانس (کیلوهرتز): ۲۰ توان اسمی (وات): ۷۵۰ دامنه (درصد): ۳۰ تا ۵۰ درصد دما (درجه سلسیوس): ۲۰ تا ۴۰ مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۵ تا ۱۵ سطح شدت (وات بر سانتی متر مربع): ذکر نشده است قطر (میلی‌متر): ۱۳ حلال: آب نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۳۲	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار) در شرایط بهینه (دما ۳۸/۱۸ سلسیوس، شدت صوت ۵۰ درصد و زمان ۱۵ دقیقه): ۱۲۴/۶	Ordaz-Rodríguez و همکاران (۲۰۲۲)
فراصوت	ساختار فراصوت: ذکر نشده است فرکانس (کیلوهرتز): ذکر نشده است توان اسمی (وات): ۲۴۰ دامنه (درصد): ذکر نشده است دما (درجه سلسیوس): ۵۰ مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۶۰ سطح شدت (وات بر سانتی متر مربع): ذکر نشده است قطر (میلی‌متر): ذکر نشده است حلال: آب، اتانول ۳۰ درصد، اتانول ۵۰ درصد، اتانول ۸۰ درصد نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۲۵	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار) در حلال ۵۰ درصد: ۱۶۵/۸۵	Feng و همکاران (۲۰۲۲)
فراصوت	ساختار فراصوت: پروب فرکانس (کیلوهرتز): ۲۰ توان اسمی (وات): ۴۰۰ دامنه (درصد): ۷۰ دما (درجه سلسیوس): ۴۰ مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۳۰ سطح شدت (وات بر سانتی متر مربع): ذکر نشده است قطر (میلی‌متر): ذکر نشده است حلال: اتانول ۷۰ درصد نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۳۰	میزان ترکیبات فنلی کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک پوست انار) در حلال ۵۰ درصد: ۲۱۷/۶	Rashid و همکاران (۲۰۲۲)

فراصوت	ساختار فراصوت: ذکر نشده است فرکانس (کیلوهرتز): ذکر نشده است توان اسمی (وات): ۵۰۰ تا ۱۰۵۰ دامنه (درصد): ذکر نشده است دما (درجه سلسیوس): ۲۵ مشخصات دما: ذکر نشده است زمان (دقیقه): ۱۰ تا ۵۰ سطح شدت (وات بر سانتی متر مربع): ذکر نشده است قطر (میلی‌متر): ذکر نشده است حلال: اتانول ۴۰ تا ۸۰ درصد نسبت جامد به مایع (گرم بر میلی‌لیتر): ۱:۱۰ تا ۱:۵۰	میزان پونیکالاژین (میلیگرم بر گرم وزن خشک پوست انار) در شرایط بهینه استخراج (اتانول ۵۳ درصد، نسبت مواد جامد به مایع: ۱: ۲۵، توان اسمی ۷۵۷ وات و زمان ۲۵ دقیقه): ۵۰۵/۸۹	Liu و همکاران (۲۰۲۲)

از شکستن دیوارهٔ سلولی می باشد. از عوامل موثر بر استخراج توسط امواج فراصوت می‌توان جدارهٔ سلولی، دمای جداسازی، اندازه ذرات و نوع حلال را نام برد. مکانیسم احتمالی فشرده سازی، فرکانس جرمی(شدت صوت دهی) و زمان صوت دهی[1]، از عوامل تعیین کنندهٔ عملکرد امواج فراصوت است. استخراج با امواج فراصوت همچنین در کنار روش‌های متعارف دیگر نیز می تواند به‌کار رود و باعث کاهش زمان استخراج، کاهش مصرف انرژی، کاهش میزان مصرف حلال، مخلوط کردن بهتر، انتقال سریع‌تر انرژی، استخراج انتخابی، آغاز سریع استخراج، و افزایش بازده شود (Zabot et al., 2021; Silva and Saldaña, 2020; Peng et al., 2022).

میدان پالس الکتریک، شامل اعمال پالس های کوتاه و ولتاژ بالا بین دو الکترود است که منافذی را در غشای سلولی ایجاد می کند و آزادسازی ترکیبات درون سلولی را تسهیل می کند (Ghazanfari et al., 2023; Ricci et al., 2018; Mitchaleaw et al., 2024). شدت میدان االکتریکی به مقدار ولتاژ ورودی به الکترودها و فاصله بین دو الکترود بستگی دارد. استخراج در دماهای محیط انجام می شود و این کاهش دما مانع تخریب یا از بین رفتن ترکیبات حساس به حرارت می شود (Karabin et al., 2015). این روش استخراج مصرف انرژی کمتری دارد از این رو مقرون به صرفه تر است. هم چنین این روش دما را حین استخراج افزایش نمی‌دهد (معمولاً کمتر از ۱ درجه سلسیوس) و امکان استخراج ترکیبات حساس با ارزش بالا را مقدور می سازد. با این حال به عنوا یک روش نسبتا جدید، ممکن است به تجهیزات و ماشین آلات خاصی نیاز داشته باشد که در حال حاضر ممکن است گران باشد (Bozinou et al., 2019).

تحقیقات متعددی از امواج فراصوت برای استخراج ترکیبات زیست فعال پوست انار استفاده کرده اند اما در جستجوی سایت های علمی، تنها یک مقاله در مورد استخراج ترکیبات زیست‌فعال پوست انار با میدان پالس الکتریک یافت شد (Rajha et al., 2019) در جدول ۲ نتایج برخی تحقیقات اخیر

۱ sonication exposure time

انجام شده در این زمینه ها، آورده شده است.

کاربرد تجاری پوست انار

در حال حاضر پوست انار در ایران کاربرد تجاری نداشته و یا اطلاعات آن در دسترس نیست. اما کاربردهای تجاری پوست انار که در اینترنت موجود است، شامل پوست انار خشک و یا پودر شده برای تهیه چای، پودر پوست انار به عنوان مکمل برای عملکرد بهتر روده، هضم بهتر، سلامت دهان و آنتی‌اکسیدان با علامت تجاری Bixa Botanical، عصاره پوست انار پودر شده برای سفید کردن پوست از برند محصولات طبیعی و گیاهی می باشد که برجسته هستند. با این حال، هنوز پوست انار در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی به اندازه کافی مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است. در سال های اخیر استفاده از عصاره پوست انار در مواد غذایی به دلیل افزایش زمان ماندگاری، توسعه مواد غذایی عملگرا، و ماده افزودنی طبیعی مورد توجه محققان قرار گرفته است. برخی از این تحقیقات شامل استفاده از عصاره پوست انار در ماست (Temiz, 2023 & Ersoz)، استفاده از عصاره پوست انار به عنوان آنتی اکسیدان در برگرهای گوشتی (Rodríguez et al., 2022 Ordaz–)، استفاده از عصاره پوست انار بعنوان ترکیب ضدمیکروب در جوانه یونجه (CruzValenzuela et al., 2022) و استفاده از عصاره پوست انار بعنوان یک ترکیب ضدمیکروب در کیک روغنی، (Sharayei, 2019) می باشند. اما استفاده از عصاره‌های پلی‌فنلی در مواد غذایی به دلیل حساس بودن این ترکیبات به تغییرات pH، دماهای بالا، نور و اکسیژن چالش برانگیز است و باید به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. هم چنین اغلب ترکیبات فنلی دارای طعم تند و نامطبوعی هستند و استفاده از آن‌ها بر ویژگی‌های حسی محصولات غذایی تأثیر خواهد گذاشت، که این موضوع نیز باید مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

نتیجه گیری کلی

پیش‌بینی می‌شود تولید پوست اناربه عنوان یک محصول جانبی به دلیل رونق بازار تولید و تجارت انار افزایش یابد. پوست میوه انار به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از ترکیبات زیست‌فعال، پتانسیل تبدیل به محصولات با ارزش افزوده بالاتر، تولید ثروت برای بهره بردار و اشتغال زایی را دارد. فناوری‌های نوظهوری مانند فراصوت و میدان پالس الکتریک با بهره‌وری مصرف انرژی سبب بهبود استخراج ترکیبات زیست‌فعال در مدت زمان کوتاه تر می شوند. ترکیبات استخراج شده قابلیت کاربرد در مواد غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی دارند.

References:

Ain, H. B. U., Tufail, T., Bashir, S., Ijaz, N., Hussain, M., Ikram, A., and Saewan, S. A. 2023. Nutritional importance and industrial uses of pomegranate peel: A critical review. Food Science & Nutrition, 11(6): 2589-2598.

Anonymous, 2023. Agricultural statistics, volume three. Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center, 163 pages. (In Persian)

Atabik,A., Muqtada,M.R., Rohman,A. 2022. Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits in the Quranic Hermeneutics and scientific perspectives, Food Research, 6 : 1-13.

Bertolo, M. R., Martins, V. C., Plepis, A. M. G., and Junior, S. B. 2021. Utilization of pomegranate peel waste: Natural deep eutectic solvents as a green strategy to recover valuable phenolic compounds. Journal of Cleaner Production, 327: 129471.

Bozinou, E., Karageorgou, I., Batra, G., G. Dourtoglou, V., and I. Lalas, S. 2019. Pulsed electric field extraction and antioxidant activity determination of Moringa oleifera dry leaves: A comparative study with other extraction techniques. Beverages, 5(1): 8.

Coronado-Reyes, J. A., Cortes-penagos, C. D. J., and González-Hernández, J. C. 2021. Chemical composition and great applications to the fruit of the pomegranate (*Punica granatum*): a review. Food Science and Technology, 42, e29420.

Cruz-Valenzuela, M. R., Ayala-Soto, R. E., Ayala-Zavala, J. F., Espinoza-Silva, B. A., González-Aguilar, G. A., Martín-Belloso, O., and Bernal-Mercado, A. T. 2022. Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts as antimicrobial and antioxidant additives used in alfalfa sprouts. Foods, 11(17): 2588.

de Araújo, F. F., de Paulo Farias, D., Neri-Numa, I. A., and Pastore, G. M. 2021. Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential. Food chemistry, 338, 127535.

de la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., and Alvarez-Parrilla, E. 2019. Phenolic compounds. In Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables (pp. 253-271). Woodhead publishing.

dos Santos, J. A., Acevedo, A. F. G., and Vieites, R. L. 2022. Caracterização físico-química, nutricional e compostos bioativos de romã. Research, Society and Development, 11(2): e18511222777.

El-Hadary, A. E., and Ramadan, M. F. 2019. Phenolic profiles, antihyperglycemic, antihyperlipidemic, and antioxidant properties of pomegranate *(Punica granatum*) peel extract. Journal of food biochemistry, 43(4): e12803.

El-Hamamsy, S. M. A., and El-Khamissi, H. A. Z. 2020. Phytochemicals, antioxidant activity and identification of phenolic compounds by HPLC of pomegranate (*Punica granatum* L.) Peel extracts. Journal of Agricultural chemistry and biotechnology, 11(4): 79-84.

El-Hamamsy, S. M. A., and El-Khamissi, H. A. Z. 2020. Phytochemicals, antioxidant activity and identification of phenolic compounds by HPLC of pomegranate (*Punica granatum* L.) Peel extracts. Journal of Agricultural chemistry and biotechnology, 11(4): 79-84.

Feng, Y., Lin, J., He, G., Liang, L., Liu, Q., Yan, J., and Yao, Q. 2022. Compositions and biological activities of pomegranate peel polyphenols extracted by different solvents. Molecules, 27(15): 4796.

Ferreira, S. M., and Santos, L. 2023. Incorporation of phenolic extracts from different by-products in yoghurts to create fortified and sustainable foods. Food Bioscience, 51: 102293.

Fischer, U. A., Carle, R., and Kammerer, D. R. 2011. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate *(Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MSn. Food chemistry, 127(2): 807-821.

Ghazanfari, N., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., and Mohammadi, M. 2023. Using pulsed electric field pre-treatment to optimize coriander seeds essential oil extraction and evaluate antimicrobial properties, antioxidant activity, and essential oil compositions. LWT, 182: 114852.

Giamogante, F., Marrocco, I., Cervoni, L., Eufemi, M., Chichiarelli, S., and Altieri, F. 2018. Punicalagin, an active pomegranate component, is a new inhibitor of PDIA3 reductase activity. Biochimie, 147: 122-129.

Giri, N. A., Gaikwad, N. N., Raigond, P., Damale, R., and Marathe, R. A. 2023.

Exploring the potential of pomegranate peel extract as a natural food additive: A Review. Current Nutrition Reports, 12(2): 270-289.

Gulsunoglu, Z., Karbancioglu-Guler, F., Raes, K., and Kilic-Akyilmaz, M. 2019. Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. International Journal of Food Properties, 22(1): 1501-1510.

Hasnaoui, N. 2022. Pomegranate peel phenolics: One step water extraction, in vitro antiproliferative activity, and effect on sensory attributes of muffins and cheese. Food Chemistry, 392: 133297.

Ismail, T., Sestili, P., and Akhtar, S. 2012. Pomegranate peel and fruit extracts: a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. Journal of ethnopharmacology, 143(2): 397-405.

Kafeel, S., Inam-ur-Raheem, M., Khan, M.R., Faisal,M.N. 2023. Phytochemical characterization and antioxidant capacities of pomegranate peel, International Journal of Food Science & Technology, 58: 4543-4550.

Karabin, M., Jelinek, L., Prusova, N., Ovesna, J., and Stranska, M. Pulsed Electric Field Treatment Applied to Barley Before Malting–Does Reduction of Fusarium Pathogens Compromise the Quality of the Final Malt?. Available at SSRN 4795437.

Kazemi, M., Karim, R., Mirhosseini, H., and Hamid, A. A. 2016. Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranate peel of Malas variety: Punicalagin and hydroxybenzoic acids. Food chemistry, 206: 156-166.

Ko, K., Dadmohammadi, Y., and Abbaspourrad, A. 2021. Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: A review. Foods, 10(3): 657.

Ko, K., Dadmohammadi, Y., and Abbaspourrad, A. 2021. Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: A review. Foods, 10(3): 657.

Kumari, A., Dora, J., Kumar, A., and Kumar, A. 2012. Pomegranate (*Punica granatum*)—overview. Int. J. Pharm. Chem. Sci, 1(4): 1218-1222.

Kyquest. 2023. Global Pomegranate Market Size, Share, Growth Analysis, By

Application (Food and Beverage, Pharmaceutical), By Category (Organic, Conventional), By Product (Pomegranate Powder, Pomegranate Juice)- Industry Forecast 2023 - 2030,

Liu, C., Guo, H., DaSilva, N. A., Li, D., Zhang, K., Wan, Y., and Ma, H. 2019. Pomegranate (*Punica granatum*) phenolics ameliorate hydrogen peroxide-induced oxidative stress and cytotoxicity in human keratinocytes. Journal of functional foods, 54: 559-567.

Liu, Y., Kong, K. W., Wu, D. T., Liu, H. Y., Li, H. B., Zhang, J. R., and Gan, R. Y. 2022. Pomegranate peel-derived punicalagin: Ultrasonic-assisted extraction, purification, and its α-glucosidase inhibitory mechanism. Food chemistry, 374:131635.

Liu, Y., Kong, K. W., Wu, D. T., Liu, H. Y., Li, H. B., Zhang, J. R., and Gan, R. Y. 2022. Pomegranate peel-derived punicalagin: Ultrasonic-assisted extraction, purification, and its α-glucosidase inhibitory mechanism. Food chemistry, 374: 131635.

López-Bascón, M. A., & De Castro, M. L. 2020. Soxhlet extraction. In Liquid-phase extraction (pp. 327-354). Elsevier.

Maroun, R. G., Rajha, H. N., Vorobiev, E., and Louka, N. 2017. Emerging technologies for the recovery of valuable compounds from grape processing by-products. Handbook of grape processing by-products, 155-181.

Melgarejo-Sánchez, P., Núñez-Gómez, D., Martínez-Nicolás, J. J., Hernández, F., Legua, P., and Melgarejo, P. 2021. Pomegranate variety and pomegranate plant part, relevance from bioactive point of view: A review. Bioresources and Bioprocessing, 8: 1-29.

Mitchaleaw, M., Juntrapirom, S., Bunrod, A., Kanjanakawinkul, W., Yawootti, A., Charoensup, W., and Chaiyana, W. 2024. Antimicrobial Properties Related to Anti-Acne and Deodorant Efficacy of *Hedychium coronarium* J. Koenig Extracts from Pulsed Electric Field Extraction. Antibiotics, 13(1): 108.

Mo, Y., Ma, J., Gao, W., Zhang, L., Li, J., Li, J., and Zang, J. 2022. Pomegranate peel as a source of bioactive compounds: A mini review on their physiological functions. Frontiers in Nutrition, 9: 887113.

Ordaz-Rodríguez, S. B., Abadía-García, L., Huerta-Manzanilla, E. L., and

Mendoza-Sánchez, M. 2022. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate peel antioxidants: A green process to obtain a meat preservative. Journal of Food Processing and Preservation, 46(7): e16712.

Ordaz-Rodríguez, S. B., Abadía-García, L., Huerta-Manzanilla, E. L., and Mendoza-Sánchez, M. 2022. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate peel antioxidants: A green process to obtain a meat preservative. Journal of Food Processing and Preservation, 46(7): e16712.

Peng, K., Tian, S., Zhang, Y., He, Q., and Wang, Q. 2022. Penetration of hydroxyl radicals in the aqueous phase surrounding a cavitation bubble. Ultrasonics Sonochemistry, 91: 106235.

Rajha, H. N., Abi-Khattar, A. M., El Kantar, S., Boussetta, N., Lebovka, N., Maroun, R. G., and Vorobiev, E. 2019. Comparison of aqueous extraction efficiency and biological activities of polyphenols from pomegranate peels assisted by infrared, ultrasound, pulsed electric fields and high-voltage electrical discharges. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 58: 102212.

Rakshit, M., and Srivastav, P. P. 2021. Optimization of pulsed ultrasonic-assisted extraction of punicalagin from pomegranate (*Punica granatum*) peel: A comparison between response surface methodology and artificial neural network-multiobjective genetic algorithm. Journal of Food Processing and Preservation, 45(1): e15078.

Rashid, R., Masoodi, F. A., Wani, S. M., Manzoor, S., and Gull, A. 2022. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate peel, their nanoencapsulation and application for improvement in shelf life extension of edible oils. Food Chemistry, 385: 132608.

Ricci, A., Parpinello, G. P., and Versari, A. 2018. Recent advances and applications of pulsed electric fields (PEF) to improve polyphenol extraction and color release during red winemaking. Beverages, 4(1): 18.

Sharayei, P., and Azarpajooh, Elham. 2018. Investigating the antioxidant and antimicrobial properties of aqouuese extract of pomegranate peel in laboratory and food conditions. Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology), 11(42): 52-66. (In Persian)

Silva, E. K., Meireles, M. A. A., and Saldaña, M. D. 2020. Supercritical carbon

dioxide technology: A promising technique for the non-thermal processing of freshly fruit and vegetable juices. Trends in Food Science and Technology, 97: 381-390.

Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., and Singh, N. 2018. Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review. Food chemistry, 261: 75-86.

Temiz, H., and Ersöz, E. B. 2023. Determination of Some Quality Characteristics and Rheological Properties of Yoghurts Made Using Cow Milk and Soy Drink Mixture Enriched with Pomegranate Peel Extract. Journal of Agricultural Sciences, 29(2): 561-572.

Wanderley, R. D. O. S., de Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. D. M., Dos Santos, F. S., Paiva, Y. F., Ferreira, J. P. D. L., and Maracajá, P. B. 2023. The temperature influence on drying kinetics and physico-chemical properties of pomegranate peels and seeds. Foods, 12(2): 286.

Zabot, G. L., Viganó, J., and Silva, E. K. 2021. Low-frequency ultrasound coupled with high-pressure technologies: Impact of hybridized techniques on the recovery of phytochemical compounds. Molecules, 26 (17): 5117.

Zarezadeh Mehrizi, R., Imam Juma, Z., Shahidi Bagh Khandan, M., Looni, A., Akhwan, H., Biabani, J. 2014. Quantitative and qualitative identification of anthocyanins in pomegranate peel extract. Journal of Food Sciences and Industries. 12(49): 40-31. (In Persian)

Zhang, Q. W., Lin, L. G., and Ye, W. C. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. Chinese medicine, 13: 1-26.

Zhao, X., Yuan, Z., Fang, Y., Yin, Y., and Feng, L. 2013. Characterization and evaluation of major anthocyanins in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel of different cultivars and their development phases. European Food Research and Technology, 236: 109-117.

The effect of novel extraction methods (ultrasound and pulse-electric) on the bioactive compounds of pomegranate peel

Parvin Sharayei [1*], Sanaz Gholampour[2], Taha Shooshtari [3]

1. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran, (Corresponding author)
2. Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. Medical student, Mashhad University of Medical Sciences (MUMS), Mashhad, Iran

Received: May 2023 Accepted: June 2024 - DOI: 10.22092/mpt.2024.365796.1153

Abstract

Sharayei, P., Gholampour, S., Shooshtari, T., . The effect of novel extraction methods (ultrasound and pulse-electric) on the bioactive compounds of pomegranate peel
Iranian Medicinal Plants and Technology, Vol 5, No. 2, 2022-23 0-12: 90-107(in Persian)

Abstract

The production of pomegranate fruit is increasing because of growing consumer awareness of its potential health benefits. It is estimated that the global pomegranate market will reach a value of approximately $338.6 million by 2030. In addition to fresh consumption, most of the produced fruit is used to make juice, but approximately 54% is turned into agricultural waste during the juice production chain. Fruit skin is the main part of these wastes, which contains bioactive compounds with antimicrobial properties and antioxidant activity. Different methods do theextraction of bioactive compounds with maximum efficiency. Traditional extraction methods require a long time and large amounts of solvent; While novel extraction methods such as extraction with the help of ultrasound and electric pulse field are faster and more efficient methods. Therefore, technical knowledge, awareness, and optimal use of new methods of extraction of bio-active compounds, along with scientific promotion, will cause economic and industrial development of the country and reduce environmental pollution.

Keywords: Extraction, Ultrasound, Pulse electric field, Bioactive compounds.

Email address of the corresponding author: p.sharayei@areeo.ac.ir