مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن دانه گوجه فرنگی پیش تیمار شده با امواج مایکروویو

زهرا ممیوند[۱]، آریو امامی‌فر[۲*]، مصطفی کرمی[۳]، فخرالدین صالحی[۴]

۱ -دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹

کلمات کلیدی:

روغن دانه گوجه‌فرنگی،
پیش‌تیمار مایکروویو،
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

DOI: 10.48311/fsct.2026.84021.0

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

چکیده

دانه‌های گوجه‌فرنگی به روش رسوبی از تفاله جدا و خشک گردیدند. پیش‌تیمار دانه‌ها با امواج مایکروویو (۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ وات) طی زمان‌های مختلف (۰، ۱، ۳ و ۵ دقیقه) انجام شد. روغن دانه‌ها با روش سوکسله و پرس (سرعت ۲۰ دور در دقیقه) استخراج گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی (بازده استخراج، ضریب شکست، مولفه‌های رنگی، شاخص زردی و ویسکوزیته) و شیمیایی (عدد پراکسید و عدد اسیدی) روغن استحصالی، ارزیابی گردید. پروفایل اسیدهای چرب روغن با دستگاه کروماتوگرافی گازی تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. بازده استخراج روغن در روش سوکسله (۲۵/۹۵ درصد) در مقایسه با پرس (۲۱/۱۵درصد) به شکل معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). مولفه روشنایی رنگ روغن دانه گوجه فرنگی استخراج شده با روش پرس (۹۱/۱۶) در مقایسه با سوکسله (۸۴/۴۷) بیشتر بود. مولفه زردی (۵۸/۸۶) و شاخص زردی (۹۲/۲۵) رنگ روغن روغن دانه گوجه فرنگی استخراج شده با روش پرس در مقایسه با سوکسله (مولفه زردی ۶۶/۶۷ و شاخص زردی ۱۱۰/۱۵) بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). ویسکوزیته روغن دانه گوجه فرنگی استخراج شده با روش سوکسله (۴۶/۹۰ سنتی پواز) در مقایسه با پرس (۵۰/۶۶ سنتی پواز) بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). افزایش توان (۵۰۰ وات) و زمان (۵ دقیقه) پیش‌تیمار مایکروویو در هر دو روش استخراج (سوکسله یا پرس)، بازده استخراج، ویسکوزیته و زردی روغن را افزایش و روشنایی آن را کاهش داد ($p<۰/۰۵$). بیشترین راندمان استخراج روغن از دانه گوجه فرنگی (۳۵/۶ ٪) با روش سوکسله و به کمک پیش تیمار مایکروویو دانه‌ها با توان ۵۰۰ وات و طی ۵ دقیقه حاصل شد. کیفیت روغن دانه گوجه‌فرنگی بدون پیش تیمار و استخراج شده با دو روش پرس وسوکسله و پس از پیش‌تیمار دانه‌ها با امواج مایکروویو (توان ۵۰۰ وات طی ۵ دقیقه) از نظر عدد پراکسید و اسیدی در محدوده مصرف مجاز استاندارد بود.

۱-مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum L*) با تولید سالانه بیش از ۲٤۱ میلیون تن در جهان، محصولی پر مصرف و پرطرفدار است. ۸۰ درصد کل گوجه فرنگی تولیدشده در جهان به صورت تازه خوری و۲۰ درصد به صورت فرآوری‌شده (رب، سس و ترشی) مصرف می‌شود[۱]. تفاله گوجه‌فرنگی یک محصول ضایعاتی طی فرآوری است که از سه بخش پالپ (٤۰ درصد)، پوست (۲۷ درصد) و دانه (۳۳ درصد) تشکیل شده است [۲]. بالا بودن ترکیبات آلی و رطوبت زیاد این محصول سبب بروز مخاطرات زیست محیطی زیادی برای اکوسیستم است. تفاله گوجه فرنگی اغلب به مصرف خوراک دام مصرف می‌رسد و یا گاهی به شکل کود گیاهی در تغذیه خاک کشاورزی به کار می‌رود [۳]. دانه گوجه‌فرنگی که حدود ۱ الی ۵ درصد وزن میوه را تشکیل می‌دهد، حاوی ترکیبات مغذی نظیر روغن خوراکی(حاوی بیشترین اسید چرب دو غیراشباع لینولئیک (امگا ٦) ، اسید چرب تک غیراشباع اولئیک (امگا ۹) و اسید چرب اشباع پالمیتیک)، پروتئین و لیکوپن است [٤ و ۱]. دانه گوجه فرنگی در مراحل خرد کردن گوجه فرنگی و یا صاف کردن و حذف آب گوجه فرنگی و از باقیمانده پشت فیلترهای صافی آب گوجه در کاخانه‌های تولید رب گوجه فرنگی قابل بازیافت است [۲]. عدم نیاز به زمین مورد برای کشت دانه‌های روغنی ازجمله مزایای تولید روغن از دانه گوجه‌فرنگی است که تقاضای تولید آن را افزایش داده است [۵]. هزینه تولید بالا، مدیریت ضایعات و از طرفی بازده کم تولید تا حدی کاربرد این روغن در صنعت غذا را با چالش مواجه کرده است [۱]. اخیراً توجه زیادی به توسعه فناوری-های استخراج با هدف افزایش بازده استخراج و از طرفی شناسایی ترکیبات و روش‌های مطلوب استفاده از این روغن در صنایع غذایی معطوف شده است. به طور کلی استخراج، یکی از فرایندهای کلیدی در تولید روغن از دانه‌های روغنی است که معمولا به دو روش پرس (اعمال نیروی مکانیکی فشاری بر دانه‌های روغنی) و یا سوکسله (اشباع شدگی حلال با روغن موجود در دانه‌روغنی) انجام می‌شود [٦]. استخراج روغن با پرس در مقایسه با حلال، بازده کمتر ولی ساده تر، ایمن تر و کم هزینه تراست. روش استخراج روغن با سوکسله (حلال هگزان) از دانه‌های روغنی، با موانعی نظیر زمان طولانی فرایند، هزینه زیاد، مسائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط و تا حدی افت کیفیت روغن تولیدی همراه است [۷]. لذا امروزه پیش تیمار دانه‌های روغنی پیش از استخراج با هدف افزایش بازده استخراج و بازیابی ترکیبات زیست فعال در روغن مورد توجه قرار گرفته است [۸]. انتخاب روش پیش تیمار بسته به ویژگی دانه-روغنی و کیفیت روغن استحصالی مورد نظر از آن متفاوت است. از جمله روش‌های پیش تیمار جدید مورد استفاده در فرایند استخراج دانه روغنی می‌توان به برشته کردن، هضم آنزیمی، حرارت دهی اهمیک، استفاده ازمیدان پالسی الکتریکی، امواج فراصوت و یا امواج مایکروویو اشاره کرد. هدف از این پیش تیمارها تغییر بافت سلول دانه‌روغنی با هدف دستیابی به حداکثر بازده استخراج و بهبود مشتری پسندی روغن است [۹]. امواج مایکروویو (فرکانس ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز) در محدوده امواج رادیویی و مادون قرمز در طیف الکترومغناطیس امواج الکترومغناطیس غیریونیزه قرار دارند. اصول حرارت دهی با مایکروویو تأثیر مستقیم امواج بر حلال و مواد قطبی به وسیله دو پدیده انتقال یونی و چرخش دوقطبی است[۱۰]. نفوذ مستقیم امواج مایکروویو درون دانه روغنی با افزایش سایش و اصطکاک بین مولکولی گرمای درونی مطلوبی را ایجاد می‌کند. این گرما با تبخیر آب درون سلولی و در ادامه افزایش فشار بخار آب آن، سبب انهدام سلول‌های دانه روغنی و در نهایت احتمال خروج روغن از آن-ها را افزایش می‌دهد [۱۱]. اثر پیش تیمار مایکروویو دانه‌های کلزا بر بازده استخراج روغن با پرس سرد توسط تقوایی و همکاران (۲۰۱٤) بررسی و گزارش گردید که پیش‌تیمار مایکروویو با افزایش تخریب

ساختار سلول گیاهی میزان استخراج روغن دانه‌ها را تا حدود ۱۰ درصد افزایش داد. باندورا و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر امواج مایکروویو بر خواص بیوشیمیایی و زیستی روغن سویا و کلزا اعلام کردند که پیش تیمار مایکروویو زمان استخراج روغن دانه‌های سویا و کلزا تا ۷۰ درصد کاهش و راندمان استخراج را تا ۳۰ درصد افزایش داد [۱۳]. حبیبی‌نوده و همکاران (۲۰۱۰) اثر پیش‌تیمار امواج مایکروویو (فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز) بر کیفیت روغن استخراجی از دانه کلزا را طی ۲ و ٤ دقیقه و سپس روغن گیری با پرس سرد را بررسی و گزارش کردند که نمونه‌های پیش‌تیمار شده با مایکروویو به مدت ٤ دقیقه در مقایسه با سایر نمونه‌ها، بازده استخراج روغن (۱۰ درصد)، محتوای کلروفیل (۵/۳ درصد) و پایداری اکسیداتیو بیشتری داشتند [۱٤]. ابراهیم و احمدزیانی (۲۰۱۸) راندمان استخراج روغن از دانه کرچک با نسبت‌های مختلف حلال به دانه تحت تیمار مایکروویو و مخلوط حلال ۵ درصد اتانول در هگزان با سه سطح توان ۱۶۰، ۲۳۰ و ۳۳۰ وات و طی ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه بر استخراج روغن دانه کرچک بررسی و اعلام کردند که بیشترین بازده استخراج (۳۷ درصد) در سطح توان ۲۳۰ وات طی ۲۰ دقیقه حاصل شد [۱۵]. هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو دانه‌های گوجه-فرنگی بر بازده استخراج و برخی ویژگی‌های فیزیکی روغن حاصله بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- خالص سازی دانه گوجه فرنگی

تفاله گوجه‌فرنگی از یک کارگاه تولید رب گوجه‌فرنگی تهیه شد. جداسازی دانه‌ها از تفاله بر اساس روش زورو و همکاران (۲۰۱۳) با کمی‌تغییرات انجام شد [۱۶]. تفاله‌ها درون ظرف بزرگ پلاستیکی پر ازآب غوطه ور شدند. به دلیل اختلاف دانسیته دانه‌ها با آب و تفاله، دانه‌ها در ته ظرف رسوب کردند و بقیه تفاله در سطح آب قرار گرفت. دانه‌های جدا شده در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی گراد) طی ٦ ساعت خشک و در کیسه‌های مقاوم به نفوذ رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند.

۲-۲- آزمون‌های فیزیکی شیمیایی دانه گوجه فرنگی

رطوبت (AACC Approved Methods of Analysis 44-15.02)، خاکستر (AACC Approved Methods of Analysis 08-01.01)، چربی (AACC Approved Methods of Analysis 30-25.01) و پروتئین (AACC Approved Methods of Analysis 46-12.01) دانه‌های گوجه‌فرنگی بر اساس استاندارد انجمن جهانی غلات و دانه‌ها (۱۹۹۸) (AACC) اندازه گیری گردید [۱۷].

۲-۳- پیش تیمار مایکروویو

۸۰ گرم از دانه‌های گوجه‌فرنگی به صورت لایه نازک با قطر حدود ۳۰ میلی‌متر بر روی سطح ظرف پیرکس شیشه‌ای مقاوم به امواج مایکروویو توزیع و در آون مایکروویو آزمایشگاهی ۵۰ لیتری (NN-C2002W, Japan) قرار داده شدند. نمونه‌ها طی ۱، ۳ و ۵ دقیقه به ترتیب تحت تابش امواج مایکروویو در دو سطح توان ۲۰۰ و ۵۰۰ وات (فرکانس ۲۴۵۰ مگا هرتز) قرارگرفته و پس از خنک شدن در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی گراد) در بسته‌های پلاستیکی با روکش پارچه‌ای تا قبل از مرحله استخراج روغن و در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. دانه‌های گوجه‌فرنگی اشعه ندیده به عنوان نمونه شاهد استفاده شدند [۱۸].

۲-٤- استخراج روغن دانه‌ها به روش پرس

استخراج روغن دانه‌های گوجه فرنگی (۸۰ گرم) در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد طی ۱۰ دقیقه با دستگاه مینی پرس تک مارپیچ (بکردانه، ایران) با سرعت ۲۰ دور در دقیقه به روش یلماز و گونسر (۲۰۱۷) با کمی‌تغییرات انجام شد [۱۹]. (شکل ۱).

Fig.1. Mini press oil extractor

۲-۵- استخراج روغن دانه‌ها به روش سوکسله

استخراج روغن دانه‌های گوجه فرنگی (۸۰ گرم) با استفاده از دستگاه سوکسله اتوماتیک و با حلال ان هگزان (مرک، آلمان) و روش استاندارد انجمن جهانی غلات و دانه‌ها (AACC Approved Methods of Analysis 30-1998) (25.01) با کمی‌تغییرات انجام شد [۱۷].

۲-۶- آزمون‌های فیزیکی روغن دانه گوجه‌فرنگی

۲-۶-۱- بازده استخراج روغن

بازده استخراج روغن با تقسیم وزن روغن استخراجی از دانه‌ها بر وزن اولیه آن‌ها بر حسب درصد محاسبه گردید [۲۰].

۲-۶-۲- ضریب شکست روغن

ضریب شکست روغن دانه‌گوجه‌فرنگی با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال دستی (Kruss DR201-95, Germany) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-۶-۳- ویژگی‌های رنگ روغن

در ارزیابی رنگ از روش پردازش تصویر استفاده گردید. حدود ۱۰ میلی‌لیتر از هر نمونه روغن درون پتری دیش شیشه‌ای (قطر ۵ سانتی‌متر) ریخته شد و با کمک دوربین عکاسی (Canon, Japan) در فاصله ثابت ۲۰ سانتی‌متر تصویربرداری شد. ابتدا تصاویر با فرمت JPG و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته‌شده توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA) و برنامه آن (Color –Space –Converter) از فضای رنگی RGB به مولفه‌های رنگی روشنایی (L^*)، قرمزی- سبزی(a^*) و زرد-آبی (b^*) تبدیل‌گردیدند [۲۱]. شاخصه زردی (Yellowness Index) رنگ روغن ($YI = \frac{142.86\,L}{b}$) نیز با توجه به شاخصه‌های اصلی رنگ محاسبه شد [۱۸].

۲-۶-۴- ویسکوزیته روغن

ویسکوزیته نمونه‌های روغن دانه‌گوجه فرنگی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (Brookfield-DV2T) مجهز به آداپتور (UL) و با استفاده از اسپیندل استوانه‌ای (SC4-21) اندازه‌گیری و حسب واحد سنتی پوآز گزارش گردید [۲۲].

۲-۷- آزمون‌های شیمیایی روغن دانه گوجه‌فرنگی

پروفایل اسیدهای چرب روغن بر اساس روش استاندارد (AOAC, 969.33 Method, 2005) با مشتق‌سازی اسیدهای چرب نمونه‌ها به متیل استر با استفاده از حلال ان هگزان و محلول پتاس اتانولی در دستگاه کروماتوگرافی گازی (Shimadzo 2014, Japan) مجهز به آشکار ساز شعله-ای(FID) تعیین شد. گاز نیتروژن به عنوان حامل با دبی ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد [۲۳]. عدد پراکسید روغن استخراجی بر اساس روش استاندارد (AOAC, 965.33 Method, 2005) اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌اکی‌والان‌گرم

اکسیژن در هر کیلوگرم روغن گزارش گردید. [۲۳]. عدد اسیدی روغن استخراجی بر اساس روش استاندارد (AOAC, 969.17 Method, 2005) تعیین و بر حسب میلی گرم هیدرواکسید پتاسیم لازم برای خنثی کردن اسید های چرب آزاد در یک گرم نمونه روغن گزارش شد [۲۳].

۲-۸- روش آماری

این تحقیق بر اساس روش فاکتوریل و بر طبق طرح آماری کاملاً تصادفی با سه عامل توان پیش تیمار مایکروویو (صفر، ۲۰۰و ۵۰۰ وات)، زمان پیش تیمار مایکروویو (۰، ۱، ۳ و ۵ دقیقه) و نوع روش (پرس سرد و سوکسله) استخراج روغن دانه‌های گوجه فرنگی و در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری (SPSS) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی دانه گوجه فرنگی

نتایج حاصل از آزمایش‌های برخی ویژگی‌های شیمیایی دانه گوجه فرنگی شامل رطوبت (۰/۱± ۳/۶ درصد)، خاکستر (۰/۳ ± ۳/۲ درصد)، پروتئین (۰/۷± ۱۴/۹ درصد)، و چربی (۱/۱± ۲۶/۱ درصد) با گزارش‌های آکسویلو ازبک و همکاران (۲۰۲۰) [۳]، سنگتا و همکاران (۲۰۲۳) [۱] و گوفری و کاپوسکاله (۲۰۱۶) [۵] مطابقت داشت.

۳-۲- بازده استخراج روغن از دانه گوجه فرنگی

افزایش بازده استخراج روغن از دانه‌های روغنی به دلیل بهبود کارایی اقتصادی و از سوی دیگر افزایش نسبت ترکیبات موثره و فراسودمند در روغن استحصالی مورد توجه است [۱۸]. متوسط میزان بازده استخراج روغن از دانه گوجه فرنگی با استفاده از دو روش سوکسله و پرس به ترتیب معادل ۲۵/۹۵ و ۲۱/۱۵ درصد محاسبه گردید (شکل ۲). شائو و همکاران (۲۰۱۲) نیز بازده استخراج روغن دانه گوجه‌فرنگی با استفاده از حلال را حدود ۲۰/۳۵ درصد گزارش کردند [۲۴]. سنگتا و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که بازده استخراج روغن دانه گوجه‌فرنگی با توجه به عواملی نظیر رطوبت، شرایط نگهداری دانه‌ها و میزان رسیدگی میوه حاوی آن‌ها در محدوده ۲۰ الی ۳۶/۶ درصد متغیر است [۱]. سنگتا و همکاران (۲۰۱۹) بازده استخراج روغن دانه گوجه-فرنگی با روش حلال را حدود ۲۵ درصد گزارش و اعلام کردند که با استفاده از پیش‌تیمارهایی نظیر حرارت دهی اهمیک این راندمان تا ۳۶ درصد قابل افزایش است [۲۵]. بر طبق شکل ۲ بازده استخراج روغن دانه گوجه‌فرنگی در روش سوکسله در مقایسه با پرس به شکل معنی داری افزایش یافت ($p<0/05$). یلماز و گونسر (۲۰۱۷) نیز کاهش ۵۰ درصدی بازده استخراج روغن از دانه لیمو به روش پرس سرد در مقایسه با روش حلال را گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۱۹]. افزایش توان پیش‌تیمار مایکروویو (از ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات) در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس، میزان استخراج روغن را به شکل معنی‌داری افزایش داد ($p<0/05$). با افزایش زمان پیش‌تیمار دانه‌ها در مایکروویو از صفر تا ۵ دقیقه نیز بازده استخراج روغن به طور معنی‌داری روند افزایشی داشت ($p<0/05$). بیشترین بازده استخراج روغن دانه‌ها (۳۵/۶ درصد) طی استخراج با سوکسله به همراه ۵ دقیقه پیش تیمار مایکروویو دانه‌ها با توان ۵۰۰ وات و کمترین راندمان استخراج روغن دانه‌ها (۲۱/۱۵ درصد) طی استخراج با پرس و بدون پیش-تیمار مایکروویو دانه‌ها اندازه‌گیری شد ($p<0/05$). انرژی امواج مایکروویو با تاثیر بر مولکول‌های قطبی به ویژه آب موجود در دانه‌های روغنی سبب تبخیر آب موجود شده و با افزایش فشار بخار آب در دانه‌ها، دیواره سلولی را منهدم کرده و درنتیجه بازده استخراج روغن از دانه‌های روغنی را افزایش می‌دهد [۱۰]. رطوبت دانه‌های روغنی طی استخراج رابطه مستقیمی‌بر شدت و زمان پیش‌تیمار مایکرویوو مورد استفاده دارد. علاوه بر آن، پیش تیمار طولانی مدت مایکروویو دانه‌ها روغنی، بازده استخراج روغن از آن‌ها با

افزایش تبخیر روغن محتوی دانه‌ها کاهش می‌دهد [۲۶]. کازکه و همکاران (۲۰۲۰) اثر پیش‌تیمار مایکرویوو بر بازده استخراج روغن دانه هسته انار را بررسی و اعلام کردند که افزایش توان و زمان مایکرویوو بازده استخراج روغن دانه‌ها را ۱۰ الی ۱٤ درصد افزایش داد. همچنین گزارش کردند که روش استخراج روغن، واریته دانه‌ها و شرایط رشد دانه‌ها بر بازده استخراج روغن اثر معنی داری داشت [۱۸].

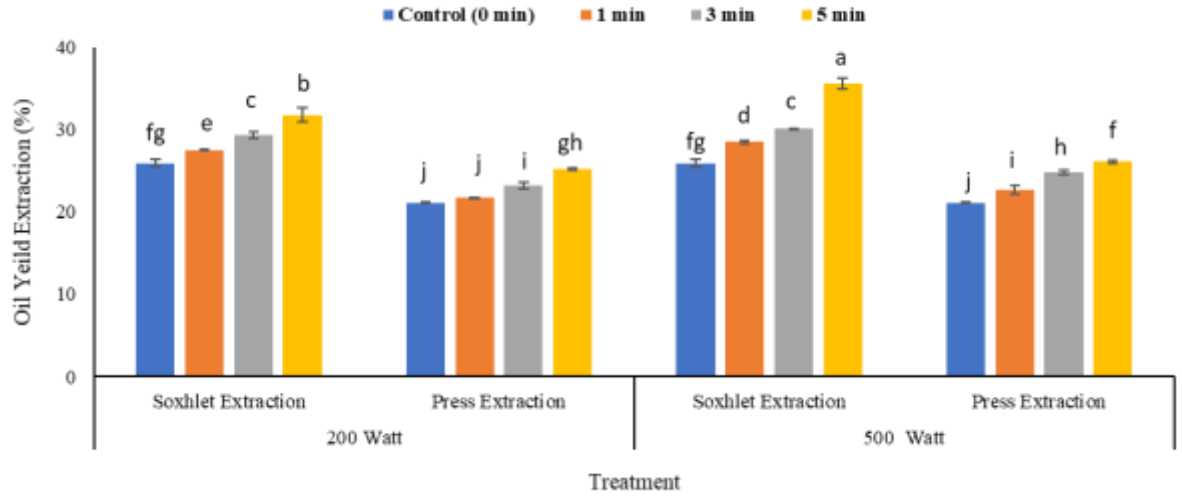


Fig. 2. Effect of extraction method, microwave pretreatment time and power on oil extraction yield of tomato seed. Different letters indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

۳-۳- ضریب شکست روغن دانه گوجه‌فرنگی

ضریب شکست یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های روغن‌های خوراکی است که به شکل غیر مستقیم در ارزیابی کیفیت آن‌ها نقش دارد [۲۷]. ضریب شکست در ارزیابی میزان پیشرفت فرایندهای هیدروژناسیون و ایزومریزاسیون و یا شدت اکسیداسیون روغن‌ها قابل ارزیابی است [۲۸]. متوسط ضریب شکست روغن دانه گوجه‌فرنگی با استفاده از دو روش سوکسله و پرس معادل ۱/٤٦٤ اندازه‌گیری شد (شکل ۳). ضریب شکست روغن دانه گوجه‌فرنگی در محدوده ضریب شکست اعلام شده برای اغلب روغن‌های گیاهی بود که از آن جمله می‌توان به روغن زیتون (۱/٤٧١–۱/٤٦٨)، کلزا (۱/٤٦٩–۱/٤٦٥) و آفتابگردان (۱/٤٦٩–۱/٤٦٧) اشاره کرد [۱٤و ۵]. آکسویلوازبک و همکاران (۲۰۲۰) نیز میزان ضریب شکست روغن دانه گوجه‌فرنگی را به ترتیب معادل ۱/٤٦٣٢ و ۱/٤٧٣٥ اعلام کردند که با نتایج این پژوهش هماهنگ بود [۳]. مطابق با شکل ۳، ضریب شکست روغن دانه گوجه‌فرنگی استخراج شده با سوکسله در مقایسه با پرس تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. رضوانخواه و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که استخراج روغن دانه کنف با حلال و پرس تغییر معنی‌داری بر ضریب شکست روغن حاصله نداشت که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد [۲۹]. افزایش توان و زمان پیش تیمار مایکروویو در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس، تاثیری بر ضریب شکست روغن حاصل نداشت. سقلی و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که شدت پیش‌تیمار مایکرویوو و فراصوت بر دانه‌های آفتابگردان قبل از روغن‌کشی تاثیر معنی‌داری بر میزان ضریب شکست روغن حاصله نداشت که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد [۳۰]. فتحی آچاچلویی و همکاران (۲۰۱۹) عدم تغییر در میزان ضریب شکست روغن حاصل از دانه‌های خار مریم پس از پیش تیمار با مایکروویو را تایید کردند [۳۱].

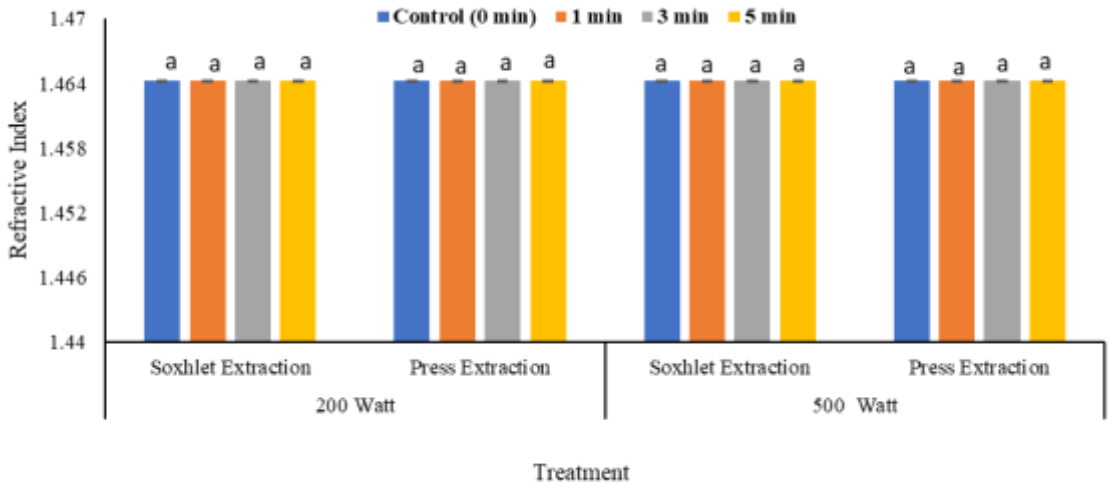


Fig .3. Effect of extraction method, microwave pretreatment time and power on refractive index of tomato seed oil. Different letters indicate statistically significant differences ($p<0.05$)

۳-٤- شاخص‌های رنگی روغن دانه گوجه فرنگی

رنگ روغن خوراکی یکی از ویژگی‌های ارزشمند و مهم در انتخاب و ترجیح مصرف کننده در هنگام خرید است. شاخص زردی (YI) علاوه بر مولفه‌های روشنایی (L^*)، قرمز-سبزی (a^*)، زرد- آبی (b^*)، یکی از فاکتورهای مهم در سنجش کیفیت رنگ روغن است که نشان دهنده تاثیر شرایط فرآیند و اعمال انواع پیش‌تیمارها بر دانه‌های روغنی پیش از استخراج است [۱۸]. روشنایی یا تیرگی روغن‌های گیاهی بسته به نوع و واریته دانه‌روغنی و حرارت اعمال شده طی روش استخراج متفاوت است. میزان زردی یا سبزی روغن نیز به ترتیب به میزان ورود کاروتنوئید و کلروفیل موجود در دانه‌روغنی به روغن استحصالی بستگی دارد [۵]. نتایج جدول ۱ نشان دهنده اثر معنی دار نوع روش استخراج (پرس و یا سوکسله) بر شاخص‌های رنگی روغن دانه گوجه‌فرنگی است ($p<۰/۰۵$). مولفه روشنایی (L^*) روغن دانه گوجه‌فرنگی استخراج شده با روش پرس (۹۱/۱۶) در مقایسه با روش سوکسله (۸۶/۴۷) بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). همچنین مولفه زردی (b^*) و شاخص زردی (YI) روغن دانه گوجه‌فرنگی استخراج شده به ترتیب در روش پرس معادل۵۸/۸۶ و ۹۲/۲۵ ودر روش سوکسله معادل ٦٦/٦٧ و ۱۱۰/۱۵ اندازه‌گیری شد. مولفه سبزی (a^*) روغن دانه گوجه‌فرنگی استخراج شده با روش پرس (۱۸/۳۵-) در مقایسه با روش حلال (۱۷/٤۱-) به طور معنی داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). ایوانجلیسا و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که روغن استخراج شده از دانه گیاه کاکتوس با استفاده از روش پرس روشن‌تر از روغن استخراج شده با روش حلال بود [۳۲]. بتنگر و کریشنا (۲۰۱٤) کاهش میزان روشنایی روغن دانه سیاه دانه در روش استخراج با حلال در مقایسه با روش پرس به دلیل افزایش میزان استخراج ترکیبات چرب قطبی حاوی ترکیبات رنگی حاصل از قهوه ای شدن غیر آنزیمی‌و یا افزایش استخراج ترکیباتی با خاصیت کدرکنندگی روغن را تایید کردند [۳۳]. افزایش توان پیش‌تیمار مایکروویو (از ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات) در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس، میزان شاخص‌های رنگی روغن را به شکل معنی‌داری افزایش داد (جدول ۱). افزایش میزان شاخص‌های رنگی روغن استخراجی با اعمال پیش تیمار مایکروویو بر دانه‌های گوجه‌فرنگی را می‌توان به افزایش میزان آزاد سازی ترکیبات رنگی به درون روغن مرتبط دانست [۳۰]. افزایش زمان پیش‌تیمار دانه‌ها در مایکروویو تا ۵ دقیقه سبب افت روشنایی و افزایش زردی و سبزی روغن بدست آمده گردید ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان مولفه روشنایی (٦٦/۳٤) در روغن دانه‌ها طی استخراج با

سوکسله به همراه با پیش تیمار مایکروویو دانه‌ها طی ۵ دقیقه در توان ۵۰۰ وات و بیشترین میزان مولفه روشنایی (۹۱/۱۱) طی استخراج با پرس و بدون پیش تیمار مایکرویو حاصل شد ($p<۰/۰۵$). رکاس و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که شاخص زردی روغن استحصالی از دانه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو به دلیل افزایش میزان استخراج رنگدانه‌های روغنی نظیر کاروتنوئیدها در روغن استحصالی افزایش یافت [۳٤]. سوری وهمکاران (۲۰۲۲) اعلام کردند که افزایش توان و زمان پیش‌تیمار مایکرویو بر دانه‌های سیاه دانه قبل از استخراج به دلیل افزایش میزان استخراج رنگدانه‌ها، مولفه روشنایی روغن استحصالی را کاهش و مولفه سبزی را افزایش داد [۳۵]. به طور کلی اعمال پیش تیمار مایکرویو بر دانه‌های گوجه فرنگی پیش از استخراج به دلیل تسریع در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمیو افزایش میزان استخراج رنگدانه کلروفیل از دانه‌ها تیرگی و مولفه سبزی روغن استحصالی را افزایش داد. کارار و همکاران (۲۰۲۰) افزایش تیرگی و زردی روغن حاصل از دانه گوروم پیش‌تیمار شده با مایکرویو را افزایش واکنش‌های میلارد و تخریب فسفولیپیدها طی حرارت دهی با امواج مایکرویو بیان داشتند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت[۳٦]. سوندار و همکاران (۲۰۲۳) بیان داشتند که افزایش توان و زمان پیش‌تیمار مایکرویو دانه‌های چیا با شکستن پیوند بین پروتئین و رنگدانه‌ها در دانه روغنی میزان ورود رنگدانه‌ها به روغن را افزایش داد و افزایش شدت امواج مایکرویو نیز بر شدت واکنش‌های میلارد و در نتیجه تیرگی روغن حاصله افزود [۳۷].

Table 1 .Effect of extraction method, microwave pretreatment time and power on color parameters and Yellowness Index of tomato seed oil. Different letters indicate statistically significant differences (p<0.05).

		Pretreatment Power (Watt)			
		200		500	
Parameters	Pretreatment Time (s)	Soxhlet Extraction	Press Extraction	Soxhlet Extraction	Press Extraction
L *	0	86.47 ± 0.25 ^{c}	91.16 ± 0.25 ^{a}	86.47 ± 0.24 ^{c}	91.11 ± 0.32 ^{a}
	1	84.68 ± 0.08 ^{e}	90.62 ± 0.10 ^{a}	80.60 ± 0.21 ^{h}	83.69 ± 0.30 ^{f}
	3	81.21 ± 0.15 ^{g}	87.91 ± 0.19 ^{b}	71.05 ± 0.28 ^{k}	78.36 ± 0.19 ^{i}
	5	74.68 ± 0.38 ^{j}	85.40 ± 0.30 ^{d}	66.34 ± 0.31 ^{l}	75.14 ± 0.38 ^{j}
a *	0	-17.41 ± 0.05 ^{a}	-18.35 ± 0.18 ^{def}	-17.41 ± 0.18 ^{a}	-18.35 ± 0.18 ^{def}
	1	-17.50 ± 0.07 ^{a}	-19.03 ± 0.16 ^{g}	-17.47 ± 0.16 ^{a}	-18.44 ± 0.15 ^{ef}
	3	-18.00 ± 0.23 ^{bcd}	-18.39 ± 0.07 ^{def}	-17.68 ± 0.28 ^{ab}	-18.15 ± 0.01 ^{cde}
	5	-17.76 ± 0.28 ^{abc}	-18.58 ± 0.18 ^{f}	-18.28 ± 0.18 ^{def}	-19.75 ± 0.33 ^{h}
b *	0	66.67 ± 0.40 ^{f}	58.86 ± 0.28 ^{h}	66.67 ± 0.40 ^{f}	58.86 ± 0.28 ^{h}
	1	68.39 ± 0.22 ^{e}	62.43 ± 0.69 ^{g}	70.29 ± 0.16 ^{d}	67.39 ± 0.22 ^{f}
	3	70.12 ± 0.18 ^{d}	66.51 ± 0.49 ^{f}	77.34 ± 0.25 ^{b}	70.06 ± 0.69 ^{d}
	5	73.34 ± 0.31 ^{c}	68.88 ± 0.80 ^{e}	79.09 ± 0.19 ^{a}	73.95 ± 0.25 ^{c}
Yellowness Index (YI)	0	110.15 ± 0.34 ^{g}	92.25 ± 0.19 ^{j}	110.15 ± 0.34 ^{g}	92.25 ± 0.19 ^{j}
	1	115.38 ± 0.26 ^{f}	98.41 ± 0.82 ^{i}	124.59 ± 0.03 ^{d}	115.03 ± 0.81 ^{f}
	3	123.35 ± 0.08 ^{d}	108.07 ± 0.51 ^{h}	155.49 ± 0.12 ^{b}	127.61 ± 1.90 ^{d}
	5	140.28 ± 0.13 ^{c}	115.20 ± 1.30 ^{f}	170.31 ± 0.37 ^{a}	140.55 ± 0.17 ^{c}

۳-۵- ویسکوزیته روغن دانه گوجه فرنگی

سنجش ویسکوزیته روغن دانه‌های روغنی در ارزیابی واکنش روغن‌ها در برابر تغییرات دمایی طی فرآیندهای غذایی بسیار تاثیرگذار است. متوسط میزان ویسکوزیته روغن دانه گوجه‌فرنگی با استفاده از دو روش سوکسله و پرس به ترتیب معادل ٤٦/۹۰ و ۵۰/٦٦ سنتی‌پوآز اندازه‌گیری شد (شکل ٤). زابو و همکاران (۲۰۲۱) ویسکوزیته روغن دانه گوجه‌فرنگی را بسته به نوع روش پیش فرآیند در تولید دانه‌های گوجه‌فرنگی در محدوده ۵۲/۲ تا ٦۳/۵ سنتی‌پواز اعلام

کردند که با نتایج این پژوهش هماهنگ بود [۳۸]. سنگتا و همکاران (۲۰۲۳) میزان ویسکوزیته روغن دانه گوجه‌فرنگی را حدود ۵۲ سنتی‌پوآز گزارش کردند [۱]. ویسکوزیته روغن دانه گوجه‌فرنگی در روش پرس در مقایسه با روش سوکسله به شکل معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافت (شکل ٤). حضور باقیمانده حلال در روغن استخراجی در روش حلال، از جمله دلایل کاهش ویسکوزیته روغن‌های استخراج شده با روش سوکسله در مقایسه با روش پرس می‌باشد [۳۹]. پردومو و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان داشتند که روغن استخراج شده از دانه‌های کرچک با روش پرس در مقایسه با روش حلال ویسکوزیته بالاتری داشت. این دانشمندان دلیل افزایش ویسکوزیته روغن حاصل از پرس در مقایسه با حلال را اختصاصی بودن روش استخراج روغن با حلال با هدف استخراج ترکیبات چرب غیر قطبی بیان و اعلام داشتند که استخراج ترکیبات غیر اختصاصی نظیر صمغ‌ها و فیبرها در طی استخراج روغن با پرس افزایش ویسکوزیته روغن استحصالی را به دنبال دارد [٤٠]. یلماز و گونسر (۲۰۱۷) گزارش کردند که ویسکوزیته روغن دانه لیمو استخراج شده به روش پرس در مقایسه با روش حلال بیشتر بود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۱۹]. دلفان حسینی و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ویسکوزیته روغن استخراج شده با روش پرس در مقایسه با روش حلال را به افزایش احتمال جذب رطوبت توسط صمغ‌ها طی مراحل استخراج مرتبط دانستند [٤١]. شکل ٤ نشان دهنده افزایش معنی دار($p<0.05$) میزان ویسکوزیته روغن استخراج شده از دانه‌های گوجه فرنگی با افزایش سطح توان پیش‌تیمار مایکروویو (از ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات) در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس است (شکل ٤). با افزایش زمان پیش‌تیمار دانه‌ها در مایکروویو تا ۵ دقیقه، ویسکوزیته روغن حاصله به شکل معنی داری روند افزایشی داشت ($p<0.05$). بیشترین ویسکوزیته روغن دانه‌ها (٦٦/٢ سنتی‌پوآز) طی استخراج با پرس و همراه با پیش تیمار مایکروویو دانه‌ها طی ۵ دقیقه در توان ۵۰۰ وات و کمترین ویسکوزیته روغن دانه‌ها (٤٦/٩ سنتی‌پوآز) طی استخراج با سوکسله و بدون پیش تیمار مایکرویو حاصل شد ($p<0.05$). افزایش توان و یا زمان پیش‌تیمار مایکرویو بر دانه‌های گوجه فرنگی منجر به افزایش حرارت دانه‌ها می‌گردد که به دنبال آن احتمال تشکیل مونومر، دیمر و یا پلیمرهای حلقوی در روغن استحصالی افزایش یافته که افزایش ویسکوزیته روغن استحصالی را به دنبال خواهد داشت [٤٢]. سوری و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که افزایش توان و زمان پیش تیمار مایکرویو بر دانه سیاه‌دانه ویسکوزیته روغن استحصالی را به دلیل افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع بلند زنجیره در ساختار روغن افزایش داد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۵].

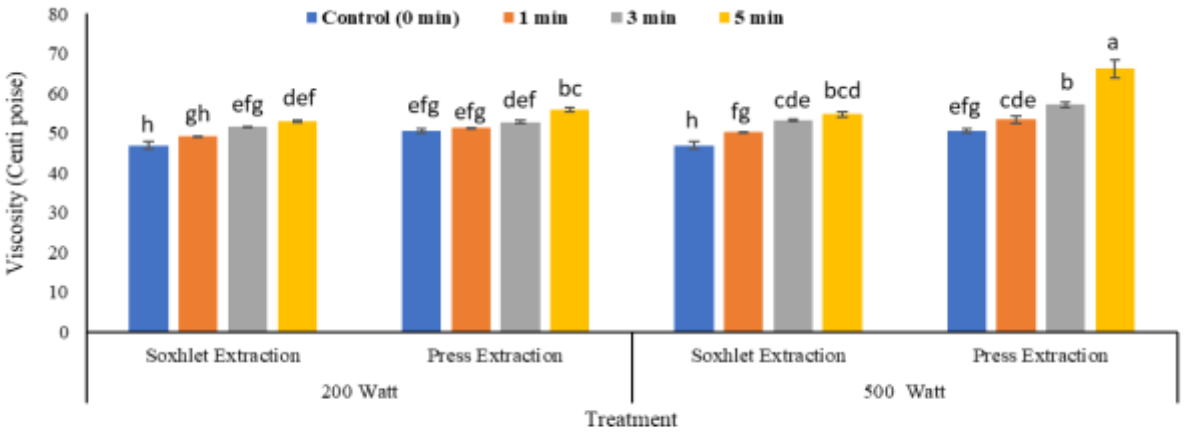
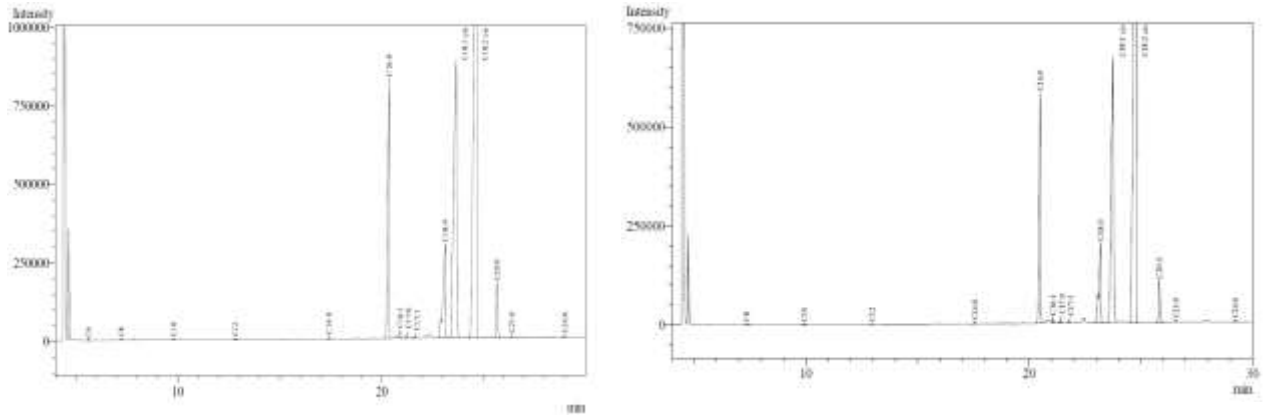


Fig. 4. Effect of extraction method, microwave pretreatment time and power on viscosity of tomato seed oil. Different letters indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

۳-٦- آزمون‌های شیمیایی روغن

کروماتوگرام‌های روغن دانه‌گوجه‌فرنگی استخراج شده با روش پرس و سوکسله در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. استفاده از روش کروماتوگرافی گازی تقریباً تمامی پیک‌های اسیدهای چرب را به شکل مناسبی طی ۳۰ دقیقه تفکیک کرد. روغن استخراج شده از دانه گوجه‌فرنگی با هر دو روش پرس و سوکسله به طور متوسط حاوی بیشترین اسید چرب اشباع پالمیتیک (۱۲/۸٤ درصد)، اسید چرب تک غیراشباع اولئیک (۲۵/۸۵ درصد) و اسید چرب دو غیراشباع لینولئیک (۵۱/۷۳ درصد) بود. آکسویلوازبک و همکاران (۲۰۲۰) نیز میزان اسیدهای چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک روغن تفاله گوجه فرنگی را معادل ۱۲/۱۷، ۲۸/۲ و ۵۰/۷۷ درصد گزارش کردند که با نتایج این پژوهش تا حد زیادی هماهنگ بود [۳]. افزایش توان (از ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات) و زمان (تا ۵ دقیقه) پیش‌تیمار مایکروویو دانه‌های گوجه‌فرنگی در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس، عدد پراکسید روغن استحصالی را به شکل معنی‌داری افزایش داد ($p<0/05$). بیشترین عدد پراکسید (٦/٤۱ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن) در روغن دانه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو طی ۵ دقیقه و با توان ۵۰۰ وات طی استخراج با روش سوکسله اندازه‌گیری شد. کمترین عدد پراکسید (۰/۵۸ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن) نیز مربوط به روغن استخراج شده با روش پرس و بدون پیش‌تیمار مایکروویو بود ($p<0/05$). سوندار و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که افزایش توان وزمان پیش‌تیمار مایکروویو دانه‌های چیا سبب افزایش عدد پراکسید روغن استخراجی به دلیل تشدید تجزیه اکسیداتیو و هیدرولیز تری‌گلیسریدها گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۷]. بر طبق جدول ۲، تفاوت معنی‌داری در متوسط عدد اسیدی روغن دانه‌های بدون پیش‌تیمار مایکروویو (نمونه شاهد) و استخراج شده با دو روش پرس (۰/۱ میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم در هرگرم روغن) و سوکسله (۰/۱٤ میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم در هرگرم روغن) مشاهده نگردید. افزایش توان (از ۲۰۰ تا ۵۰۰ وات) و زمان (تا ۵ دقیقه) پیش‌تیمار مایکروویو دانه‌ها در هر دو روش استخراج با سوکسله و یا پرس، عدد اسیدی روغن استخراج شده را به شکل معنی‌داری افزایش داد ($p<0/05$). بیشترین عدد اسیدی (۲/٤۱ میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم در هرگرم روغن) در در روغن دانه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو طی ۵ دقیقه و با توان ۵۰۰ وات طی استخراج با روش سوکسله اندازه‌گیری شد (جدول ۲). کرار و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزایش توان و زمان پیش تیمار دانه‌های گواران با امواج مایکروویو عدد اسیدی روغن استحصالی را با تسریع در واکنش‌های اکسیداسیون و هیدرولیزی به دلیل افزایش حرارت درونی دانه‌های اشعه دیده افزایش داد [۳٦]. گرجی و همکاران (۲۰۱۵) دلیل افزایش عدد اسیدی روغن‌های استخراج شده با روش حلال در مقایسه با سایر روش‌ها را افزایش زمان استخراج در این روش و لذا فراهم شدن فرصت مناسب برای اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع اعلام کردند [٤۳]. بر اساس استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۱۳۳۹۲ و ۹۱۳۱ کیفیت روغن دانه گوجه فرنگی استخراج شده با دو روش پرس وسوکسله و پس از پیش تیمار دانه‌ها با امواج مایکروویو (توان ۵۰۰ وات طی ۵ دقیقه) از نظر عدد پراکسید (حداکثر ۱۰ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن) و عدد اسیدی (حداکثر ۳ میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم در هر گرم روغن) در محدوده مجاز مصرف استاندارد قرار داشت[٤۵و ٤٤].



(b) (a)

Fig. 5. GC chromatograms of tomato seed oil extracted by press (a) and Soxhlet (b) methods.

Table 2 .Effect of extraction method, microwave pretreatment time and power on Peroxide values and Acid values of tomato seed oil. Different letters indicate statistically significant differences (p<0.05).

		Pretreatment Power (Watt)			
		200		500	
Parameters	Pretreatment Time (s)	Soxhlet Extraction	Press Extraction	Soxhlet Extraction	Press Extraction
Peroxide value	0	2.32 ± 0.16 ^{e}	0.58 ± 0.02 ^{j}	2.2 ± 0.02 ^{e}	0.58 ± 0.02 ^{j}
	1	3.55 ± 0.24 ^{d}	0.72 ± 0.09 ^{ij}	3.97 ± 0.04 ^{c}	1.00 ± 0.05 ^{hi}
	3	4.17 ± 0.08 ^{bc}	1.14 ± 0.04 ^{gh}	4.50 ± 0.12 ^{b}	1.43 ± 0.04 ^{fg}
	5	4.42 ± 0.06 ^{b}	1.36 ± 0.02 ^{fgh}	6.41 ± 0.16 ^{a}	1.71 ± 0.01 ^{f}
Acid value	0	0.14 ± 0.007 ^{j}	0.10 ± 0.02 ^{j}	0.14 ± 0.007 ^{j}	0.10 ± 0.02 ^{j}
	1	0.63 ± 0.04 ^{e}	0.27 ± 0.14 ^{i}	1.27 ± 0.07 ^{d}	0.31 ± 0.005 ^{hi}
	3	1.30 ± 0.03 ^{d}	0.36 ± 0.05 ^{ghi}	1.58 ± 0.10 ^{c}	0.40 ± 0.02 ^{fgh}
	5	2.41 ± 0.004 ^{b}	0.42 ± 0.006 ^{fg}	2.83 ± 0.01 ^{a}	0.48 ± 0.13 ^{f}

٤-نتیجه گیری

روغن دانه گوجه فرنگی به عنوان روغنی خوارکی با کیفیت تغذیه‌ای بسیار بالا شناخته شده است. در این پژوهش از دو روش سوکسله و پرس برای استخراج روغن دانه گوجه-فرنگی استفاده شد. همچنین اثر پیش‌تیمار امواج مایکروویو بر بازده استخراج، ضریب شکست، مولفه‌های رنگی و ویسکوزیته روغن حاصله بررسی شد. نتایج نشان داد که روغن دانه گوجه فرنگی استخراج شده با پرس در مقایسه با سوکسله بازده کمتر، رنگ روشن‌تر و زردی کمتر و ویسکوزیته بیشتری داشت($p<۰/۰۵$). پیش تیمار مایکروویو در هر دو روش استخراج (سوکسله یا پرس)، بازده استخراج، ویسکوزیته و زردی روغن را افزایش و روشنایی آن را کاهش داد ($p<۰/۰۵$). نوع روش استخراج و استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو بر ضریب شکست روغن استحصالی تغییر معنی داری ایجاد نکرد. بیشترین بازده استخراج روغن (۳۵/٦ درصد) در روش استخراج با سوکسله و با پیش تیمار مایکروویو در توان ۵۰۰ وات و طی ۵ دقیقه حاصل شد. به طوری کلی نتایج نشان داد که روغن دانه گوجه‌فرنگی از نظر ویژگی‌های فیزیکی قابلیت جایگزینی با روغن‌های گیاهی را می‌تواند داشته باشد که البته استفاده از پیش تیمار مایکروویو تحت شرایط بهینه قابلیت افزایش بازده استخراج روغن را دارد.

۵-منابع

[1] Lasekan, A., Bakar, F. A., & Hashim, D. (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste management*, *33*(3), 552-565.

[2] Fatima, S., Mir, M. I., Khan, M. R., Sayyed, R. Z., Mehnaz, S., Abbas, S., ... & Masih, R. (2022). The optimization of gelatin extraction from chicken feet and the development of gelatin based active packaging for the shelf-life extension of fresh grapes. *Sustainability*, *14*(13), 7881.

[3] Mokrejš, P., Mrázek, P., Gál, R., & Pavlačková, J. (2019). Biotechnological preparation of gelatines from chicken feet. *Polymers*, *11*(6), 1060.

[4] Kaewdang, O., Benjakul, S., Kaewmanee, T., & Kishimura, H. (2014). Characteristics of collagens from the swim bladders of yellowfin tuna (Thunnus albacares). *Food Chemistry*, *155*, 264-270.

[5] Shahidi, F., & Botta, J. R. (2012). *Seafoods: chemistry, processing technology and quality*. Springer Science & Business Media.

[6] Nik Aisyah, N. M., Nurul, H., Azhar, M. E., & Fazilah, A. (2014). Poultry as an alternative source of gelatin. *Health and the Environment Journal*, *5*(1), 37-49.

[7] Bichukale, A. D., Koli, J. M., Sonavane, A. E., Vishwasrao, V. V., Pujari, K. H., & Shingare, P. E. (2018). Functional properties of gelatin extracted from poultry skin and bone waste. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, *6*(4), 87-101.

[8] Gál, R., Mokrejš, P., Mrázek, P., Pavlačková, J., Janáčová, D., & Orsavová, J. (2020). Chicken heads as a promising by-product for preparation of food gelatins. *Molecules*, *25*(3), 494.

[9] Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. A., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food hydrocolloids*, *25*(8), 1813-1827.

[10] Abedinia, A., Nafchi, A. M., Sharifi, M., Ghalambor, P., Oladzadabbasabadi, N., Ariffin, F., & Huda, N. (2020). Poultry gelatin: Characteristics, developments, challenges, and future outlooks as a sustainable alternative for mammalian gelatin. *Trends in Food Science & Technology*, *104*, 14-26.

[11] Damrongsakkul, S., Ratanathammapan, K., Komolpis, K., & Tanthapanichakoon, W. (2008). Enzymatic hydrolysis of rawhide using papain and neutrase. *Journal of industrial and Engineering Chemistry*, *14*(2), 202-206.

[12] Sarbon, N. M., Badii, F., & Howell, N. K. (2015). The effect of chicken skin gelatin and whey protein interactions on rheological and thermal properties. *Food Hydrocolloids*, *45*, 83-92.

[13] Liu, T., Dai, H., Ma, L., Yu, Y., Tang, M., Li, Y., ... & Zhang, Y. (2019). Structure of Hyla rabbit skin gelatin as affected by microwave-assisted extraction. *International journal of food properties*, *22*(1), 1594-1607.

[14] Park, J. H., Choe, J. H., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Yeo, E. J., ... & Kim, C. J. (2013). Effects of various extraction methods on quality characteristics of duck feet gelatin. *Food Science of Animal Resources*, *33*(2), 162-169.

[15] Moret, S., Conchione, C., Srbinovska, A., & Lucci, P. (2019). Microwave-based technique for fast and reliable extraction of organic contaminants from food, with a special focus on hydrocarbon contaminants. *Foods*, *8*(10), 503.

[16] Sabzi, F., Varidi, M. J., Varidi, M., & Asnaashari, M. (2024). Effect of verjuice (Vitis vinifera L.) on physicochemical and textural properties of beef M. biceps femoris. *Food Science & Nutrition*, *12*(8), 5497-5517.

[17] Erge, A., & Zorba, Ö. (2018). Optimization of gelatin extraction from chicken mechanically deboned meat residue using alkaline pre-treatment. *Lwt*, *97*, 205-212.

[18] Farahmandfar, R., Asnaashari, M., Amraie, M., & Salehi, M. (2019). Color and weight changes of fresh-cut banana slices coated by quince seed gum: Effect of concentration, storage temperature and duration. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *14*(6), 75-85.

[19] Farahmandfar, R., Mohseni, M., & Asnaashari, M. (2017). Effects of quince seed, almond, and tragacanth gum coating on the banana slices properties during the process of hot air drying. *Food science & nutrition*, *5*(6), 1057-1064.

[20] Ma, M., Ma, L., Yu, W., Zhang, X., Shen, Y., & Zhang, Y. (2018). Research on rapid gelatinization of rabbit skin collagen as effect of acid treatment. *Food Hydrocolloids*, *77*, 945-951.

[21] Hao, S., Li, L., Yang, X., Cen, J., Shi, H., Bo, Q., & He, J. (2009). The characteristics of gelatin extracted from sturgeon (Acipenser baeri) skin using various pretreatments. *Food Chemistry*, *115*(1), 124-128.

[22] Chakka, A. K., Muhammed, A., Sakhare, P. Z., & Bhaskar, N. (2017). Poultry processing waste as an alternative source for mammalian gelatin: Extraction and characterization of gelatin from chicken feet using food grade acids. *Waste and Biomass Valorization*, *8*, 2583-2593.

[23] Choe, J., & Kim, H. Y. (2018). Effects of chicken feet gelatin extracted at different temperatures and wheat fiber with different particle sizes on the physicochemical properties of gels. *Poultry Science*, *97*(3), 1082-1088.

[24] Benjakul, S., Thiansilakul, Y., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Kishimura, H., Prodpran, T.,

& Meesane, J. (2010). Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagens from the skin of bigeye snapper (Priacanthus tayenus and Priacanthus macracanthus). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(1), 132-138.

[25] Cao, S., Wang, Y., Xing, L., Zhang, W., & Zhou, G. (2020). Structure and physical properties of gelatin from bovine bone collagen influenced by acid pretreatment and pepsin. *Food and Bioproducts Processing*, *121*, 213-223.

[26] Aykın-Dinçer, E., Koç, A., & Erbaş, M. U. S. T. A. F. A. (2017). Extraction and physicochemical characterization of broiler (Gallus gallus domesticus) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin. *Poultry Science*, *96*(11), 4124-4131.

[27] Sae-Leaw, T., Benjakul, S., & O'Brien, N. M. (2016). Effect of pretreatments and defatting of seabass skins on properties and fishy odor of gelatin. *Journal of Food Biochemistry*, *40*(6), 741-753.

[28] Badii, F., & Howell, N. K. (2006). Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food hydrocolloids*, *20*(5), 630-640.

[29] Ahmad, M., & Benjakul, S. (2011). Characteristics of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket (Aluterus monoceros) as influenced by acid pretreatment and extraction time. *Food Hydrocolloids*, *25*(3), 381-388.

[30] Li, S., Zeng, W., Li, R., Hoffman, L. C., He, Z., Sun, Q., & Li, H. (2018). Rabbit meat production and processing in China. *Meat science*, *145*, 320-328.

[31] Kim, T. K., Ham, Y. K., Shin, D. M., Kim, H. W., Jang, H. W., Kim, Y. B., & Choi, Y. S. (2020). Extraction of crude gelatin from duck skin: effects of heating methods on gelatin yield. *Poultry science*, *99*(1), 590-596.

[32] Feng, X., Dai, H., Ma, L., Fu, Y., Yu, Y., Zhu, H., ... & Zhang, Y. (2021). Effect of microwave extraction temperature on the chemical structure and oil-water interface properties of fish skin gelatin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *74*, 102835.

[33] Duan, R., Zhang, J., Liu, L., Cui, W., & Regenstein, J. M. (2018). The functional properties and application of gelatin derived from the skin of channel catfish (Ictalurus punctatus). *Food chemistry*, *239*, 464-469.

[34] Balti, R., Jridi, M., Sila, A., Souissi, N., Nedjar-Arroume, N., Guillochon, D., & Nasri, M. (2011). Extraction and functional properties of gelatin from the skin of cuttlefish (Sepia officinalis) using smooth hound crude acid protease-aided process. *Food Hydrocolloids*, *25*(5), 943-950.

[35] Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Shahidi, F. (2010). Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. *Food hydrocolloids*, *24*(2-3), 164-171.

[36] Muyonga, J. H., Cole, C. G. B., & Duodu, K. G. (2004). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (Lates niloticus). *Food chemistry*, *86*(3), 325-332.

[37] Guo, L., Harnedy, P. A., Zhang, L., Li, B., Zhang, Z., Hou, H., ... & FitzGerald, R. J. (2015). In vitro assessment of the multifunctional bioactive potential of Alaska pollock skin collagen following simulated gastrointestinal digestion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(7), 1514-1520.

[38] Sántiz-Gómez, M. A., Mazorra-Manzano, M. A., Ramírez-Guerra, H. E., Scheuren-Acevedo, S. M., Navarro-García, G., Pacheco-Aguilar, R., & Ramírez-Suárez, J. C. (2019). Effect of acid treatment on extraction yield and gel strength of gelatin from whiptail stingray (Dasyatis brevis) skin. *Food Science and Biotechnology*, *28*, 751-757.

[39] Kanwate, B. W., & Kudre, T. G. (2017). Effect of various acids on physicochemical and functional characteristics of gelatin from swim bladder of rohu (Labeo rohita). *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 2540-2550.

[40] Usman, M., Sahar, A., Aadil, R. M., & Shahid, M. (2024). Extraction and physicochemical characterization of native and broiler chicken feet gelatin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *104*(14), 8939-8944.

[41] Shyni, K., Hema, G. S., Ninan, G., Mathew, S., Joshy, C. G., & Lakshmanan, P. T. (2014). Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (Katsuwonus pelamis), dog shark (Scoliodon sorrakowah), and rohu (Labeo rohita). *Food hydrocolloids*, *39*, 68-76.

[42] Ab Rahim, H., Ahmad, H., & Ab Rahim, M. H. (2021). Extraction of Gelatin from Different Parts of Gallus Gallus Domesticus. *Current Science and Technology*, *1*(1), 50-55.

[43] Widyasari, R., & Rawdkuen, S. (2014). Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. *Food and Applied Bioscience Journal*, *2*(1), 85-97.

[44] Rahman, M. N. A., & Jamalulail, S. A. S. K. A. (2012). Extraction, physicochemical characterizations and sensory quality of chicken feet gelatin. *Borneo Science*, *30*, 1-13.

[45] Al-Hassan, A. A. (2020). Gelatin from camel skins: Extraction and characterizations. *Food Hydrocolloids*, *101*, 105457.

[46] da Almeida, P. F., da Silva Lannes, S. C., Calarge, F. A., da Brito Farias, T. M., & Santana, J. C. C. (2012). FTIR characterization of gelatin from chicken feet. *Journal of chemistry and chemical engineering*, *6*(11), 1029.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of physicochemical properties of tomato seed oil pretreated with microwaves

Zahra Mamivand[1], Aryou Emamifar [2]*, Mostafa Karami[3], Fakhreddin Salehi[4]

1–Graduated Student of Food Sciences and Technology, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2*-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3–Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
4–Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2025/04/13

Accepted:2025/07/20

Keywords:

Tomato seed oil,

Microwave pretreatment,

Physicochemical properties.

DOI: **10.48311/fsct.2026.84021.0**

*Corresponding Author E-

a.emamifar@basu.ac.ir

ABSTRACT

Tomato seeds were separated from the pulp by sedimentation method and dried. The seeds were treated with microwaves using various power levels (0, 200 and 500 W) and process times (0, 1, 3 and 5 minutes). Seed oil was extracted by Soxhlet and press (20 rpm) methods. The effectiveness of microwave-assisted extraction of tomato seed oil was evaluated based on some physical (oil yield, refractive index, color indexes, yellowness index and viscosity) and chemical (peroxide value and acid value) properties of oil samples. Fatty acids composition of oils was determined by gas chromatography. The data were analyzed with factorial treatment structure in a Completely Randomized Design in three replications. The oil yield of tomato seed extracted using Soxhlet (25.95%) was higher than that of press method (21.15%) ($p<0.05$). The L value (91.16) of oil obtained by press method was higher than that of Soxhlet (86.47). However, the b-value (58.86) and yellowing index (92.25) of oil obtained by the pressing method were lower than those obtained by the Soxhlet (66.67 and 110.15, respectively). The average viscosity of oil extracted by the Soxhlet method (46.90 centipoise) was lower than that of the pressing (50.66 centipoise). Increasing the microwave power (from 200 to 500 W) and processing time (from 0 to 5 minutes) of tomato seeds in both Soxhlet and press extraction methods increased the yield of extract, viscosity and yellowness and decreased the L value of oil ($p<0.05$). The highest oil yield (35.6%) was obtained with the microwave-assisted Soxhlet extraction method at a power of 500 W and a duration of 5 minutes. The quality of the tomato seed extracted oil by two methods of pressing and Soxhlet and following microwave pretreatment seeds (500 W for 5 min) in terms of peroxide and acid value was in the standard range recommended.