

تأثیر پیش‌فرایند ریزموج بر پایداری اکسایشی و برخی خصوصیات کمی و کیفی روغن استخراج‌شده از دانه‌های گلزا

معصومه مقیمی^۱، عادل بیگ بابایی^۲، حمید بخش‌آبادی^۳، مرتضی محمدی^۴، شیلان رشیدزاده^۵

۱- استادیار، گروه شیمی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران
۲- استادیار، گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۳- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران
۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
* نویسنده مسئول (mohamadi2003@yahoo.com)
۵- مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه غیرانتفاعی ساعی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۶

واژه‌های کلیدی

پایداری اکسایشی
پیش‌تیمار ریزموج
راندمان استخراج
روغن گلزا

چکیده

روغن گلزا در مقایسه با روغن‌های آفتاب‌گردان، ذرت و سویا به دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع و فاقد کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای بالاتری برخوردار است. در این تحقیق، اثر زمان فرایند ریزموج (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰ و ۲۷۰ ثانیه) را بر میزان ترکیبات فنلی، پایداری اکسایشی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن گلزا از قبیل راندمان استخراج روغن، دانسیته، ضریب شکست و اسیدیته روغن با استفاده از طرح کاملاً تصادفی ساده با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان فرایند ریزموج، دانسیته و شاخص رنگ روغن افزایش یافت. افزایش زمان فرایند ریزموج در ابتدا منجر به افزایش راندمان استخراج روغن، اسیدیته، پایداری اکسایشی و فنل کل گردید و سپس آنها را کاهش داد. برای مثال با افزایش زمان ریزموج تا ۲۴۰ ثانیه، راندمان استخراج روغن افزایش ولی با افزایش بیشتر زمان فرایند منجر به کاهش راندمان استخراج روغن شد. آنالیز واریانس داده‌های حاصل از ضریب شکست روغن‌ها نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر ضریب شکست روغن‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). با توجه به اطلاعات به دست آمده از این تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده از فرایند ریزموج (برای ۱۵۰ ثانیه) به منظور تیماردهی دانه‌های گلزا قبل از استخراج روغن با پرس ماریپیچی در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی روغن حاصله مؤثر واقع گردید.

مقدمه

کنجاله و اسیداروسیک روغن موجود در آنها به ترتیب کمتر از ۳۰ میکرومول و کمتر از ۲ درصد در هر گرم روغن می‌باشد. گلزا پس از سویا و نخل روغنی، سومین منبع تولید روغن‌نباتی جهان بشمار می‌رود. روغن کانولا در مقایسه با روغن‌های آفتاب‌گردان، ذرت و سویا به دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع و فاقد

کانولا یا گلزای^۱ اصلاح‌شده از ارقام *براسیکاناپوس*^۲ و *براسیکاراپا*^۳ تولید می‌شود که میزان گلوکوزینولات^۴

¹ Canola or rapeseed

² *Brassica napu*

³ *Brassica rapa*

⁴ Glucosinolate

مگه‌ترت‌ز تا ۳۰۰ گیگاهرتز هستند و میان اشعه رادیویی و اشعه مادون قرمز در طیف الکترومغناطیسی قرار دارند که از دو میدان عمودی نوسانی یعنی میدان الکتریکی و مغناطیسی ساخته می‌شوند. حرارت‌دهی معمولی وابسته به پدیده هدایت-جابجایی بوده و سرانجام مقدار زیادی از انرژی حرارتی از طریق محیط از دست می‌رود درحالی‌که با این امواج، حرارت‌دهی در یک مسیر مشخص و انتخابی و بدون اتلاف حرارت به محیط اتفاق می‌افتد یعنی همانند حرارت‌دهی که در یک سیستم بسته صورت می‌گیرد. اصول حرارت‌دهی با ریزموج‌ها، براساس تأثیر مستقیم امواج با حلال و مواد قطبی بوده و به‌وسیله دو پدیده انتقال یونی و چرخش دوقطبی اثر می‌گذارد که در بیشتر موارد هم‌زمان اتفاق می‌افتد (Mandal et al., 2007). این امواج همچنین موجب تبخیر آب از ساختار مواد گیاهی و افزایش فشار در محیط داخلی آنها می‌گردند. Bakhshabadi و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانه به کمک پیش‌تیمار ریزموج از زمان‌های مختلف فرایند (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) و توان‌های مختلف (۱۸۰، ۵۴۰ و ۹۰۰ وات) استفاده کردند و بعد از اعمال این پیش‌تیمارها، روغن دانه‌ها را با پرس ماریچی و با سرعت‌های متفاوت (۱۱، ۳۴ و ۵۷ دور در دقیقه) استخراج نمودند و میزان کارایی فرایند استخراج، پایداری اکسایشی^۲، شاخص پراکسید و اسیدیته، مقدار مقدار توانایی مهار رادیکال‌های DPPH^۳ و ضریب شکست نمونه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش توان ریزموج و زمان فرایند، کارایی فرایند استخراج، شاخص اسیدیته و پراکسید روغن افزایش ولی میزان پایداری اکسایشی در روغن کاهش یافت. Anjum و همکاران (۲۰۰۶)، اثرات ریزموج‌ها را روی ترکیبات فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسایشی روغن دانه آفتاب‌گردان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه‌ها نشان داد که امواج ریزموج میزان روغن باقی‌مانده در کنجاله‌ها، عدد یدی و میزان توکوفرول‌ها را کاهش ولی میزان اسیدهای چرب آزاد، دانسیته و مقدار رنگ روغن‌ها را افزایش داد. باتوجه‌به

کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای بالاتری برخوردار است (Shahidi, 2005). کنجاله کُزاً تقریباً ۵۸-۵۰ درصد وزن دانه‌ها را برحسب ماده خشک تشکیل می‌دهد که دارای ۳۸-۴۳ درصد پروتئین می‌باشد. در تهیه ایزوله پروتئینی از آنجایی‌که از ارقام دو صفر (کانولا) استفاده می‌گردد، مقدار گلوکوزینولات آن در کنجاله و در نتیجه ایزوله پروتئینی آن در حد بسیار پایین و مجاز خواهد بود (Dua & Kaur, 1993). روغن گرفته‌شده از کُزاً حاوی یک پروفایل مطلوب از اسیدهای چرب با سطح پایین اسیدهای چرب اشباع‌شده (۷ درصد)، سطح بالای اسیدهای چرب غیراشباع تک‌باندی (حدود ۶۱ درصد) و سطح متوسطی از اسیدهای چرب غیراشباع چندباندی (حدود ۳۲ درصد) می‌باشد. با این ترکیب روغن کُزاً واجد شرایط لازم جهت مصارف خوراکی می‌باشد (شریعتی و قاضی شهنی‌زاده، ۱۳۷۹). در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، سطح زیرکشت کُزاً در کشور حدود ۴۰/۲ هزار هکتار بود که از این مقدار، ۸۴/۸۷ درصد آن به کشت آبی و ۱۵/۱۳ درصد به کشت دیم اختصاص داشت. استان اردبیل با ۱۶/۵۹ درصد تولید کُزاً در جایگاه نخست تولید کُزاً در گلستان، خوزستان، مازندران و قزوین قرار گرفته‌اند (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۴). دانه کُزاً با ۸ درصد رطوبت، حاوی ۳۸ تا بیش از ۴۰ درصد روغن می‌باشد. لذا مؤثرترین روش استخراج روغن کُزاً، مانند سایر دانه‌های با درصد روغن بالا نظیر آفتاب‌گردان، پرس مکانیکی گرم و سرد و به دنبال آن استخراج با حلال می‌باشد (رستمی و همکاران، ۱۳۹۴). اما درعین حال استفاده از حلال، معایبی همچون زمان طولانی فرایند، هزینه‌های بالا، مسائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط و کیفیت پایین محصولات فراوری‌شده در دماهای بالا را نیز به همراه دارد (Anderson, 1996). استفاده از پرس در استخراج روغن به‌تنهایی ناکافی بوده زیرا میزان زیادی از روغن در خوراک باقی می‌ماند که سپس از طریق حلال استخراج می‌گردد. ریزموج‌ها^۱، امواج الکترومغناطیسی غیریونیزه با فرکانس بین ۳۰۰

² Oxidative Stability³ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl¹ Microwave

استخراج گردید و روی این روغن‌ها، آزمایش‌های مختلف، صورت گرفت.

راندمان استخراج روغن

با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ و با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد (Bakhshabadi et al., 2017).

رابطه (۱)

$$R = \frac{Q}{X} \times 100$$

در رابطه (۱)، R: راندمان روغن کشی به درصد، Q: مقدار روغن استخراج شده به گرم، X: وزن دانه‌های اولیه به گرم می‌باشد.

شاخص رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفوتومتری استفاده شد. برای این منظور میزان جذب نور، روغن را در طول موج‌های ۴۶۰، ۵۵۰، ۶۲۰ و ۶۷۰ نانومتر اندازه‌گیری و سپس از رابطه (۲) برحسب رنگ زرد لایباند^۳ مقدار رنگ اندازه‌گیری شد (AOCS, 1993).

رابطه (۲)

$$\text{شاخص رنگ} = 1/29A_{460} + 7/69A_{550} + 41/28A_{620} - 56/4A_{670}$$

تعیین دانسیته

برای اندازه‌گیری دانسیته روغن‌ها از پیکنومتر و روش AOCs Cc 10a-25 استفاده شد (AOCS, 1993).

ضریب شکست

ضریب شکست روغن با دستگاه رفاکتومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مطابق روش AOCs Cc 7-25 (AOCS, 1993) تعیین شد.

اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته از روش AOCs Cd 3-63 (AOCS, 1993) استفاده شد.

اینکه تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه استخراج روغن از دانه‌های کُلا با استفاده از ریزموج‌ها به‌عنوان پیش‌تیمار پرس ماریچی صورت نگرفته است به‌همین دلیل در پژوهش حاضر سعی شده است تأثیر زمان فرایند ریزموج را بر خصوصیات روغن حاصل از دانه‌های کُلا مورد بررسی قرار دهند.

مواد و روش‌ها

دانه‌های کُلا (واریته‌های یولا ۴۰۱) مورد استفاده در این تحقیق از استان گلستان، شهرستان گنبدکاووس تهیه و برای تولید روغن به دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبدکاووس انتقال یافتند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق شامل: هگزان، هیدروکسیدسدیم، فنل فتالین، فولین سیوکالتو^۱، کربنات سدیم و الکل اتیلیک که از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق شامل دستگاه اسپکتروفوتومتر (Biochrom، ساخت انگلستان)، الکترونیک آزمایشگاهی، دستگاه آسیاب (Huddinge 14105، ساخت سوئد)، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، ساخت آلمان)، پیکنومتر، ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان)، دستگاه ریزموج (LG، ساخت کره جنوبی)، دستگاه رنسیمت^۲ (Metrohm، ساخت سوئیس) و پرس ماریچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، ساخت آلمان) می‌باشند.

آماده‌سازی نمونه و استخراج روغن

در این تحقیق، دانه‌های کُلا (حاوی ۴۲/۳ درصد روغن) پس از تهیه، بوجاری شده و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایش‌ها نگهداری شدند. سپس، آنها تحت تأثیر زمان‌های مختلف ریزموج (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۵۰ و ۲۷۰ ثانیه) قرار گرفتند (توان و فرکانس دستگاه ریزموج به ترتیب ۵۴۰ وات و ۲۴۵۰ مگاهرتز بود). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس ماریچی و با سرعت ۳۳ دور در دقیقه

^۱ Folin Ciocalteu

^۲ Rancimat

^۳ Lovibond

آزمون پایداری اکسایشی

میزان پایداری اکسایشی روغن‌ها به وسیله دستگاه رنسیمت برای ۲/۵ گرم نمونه و مطابق روش (AOCS, 1993)، در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت جریان هوا ۲۵ لیتر بر ساعت اندازه‌گیری گردید.

ترکیبات فنلی کل

برای اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی کل از روش Bail و همکاران (۲۰۰۸) استفاده گردید. در این روش از معرف فولین سیو کالچو^۱ استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

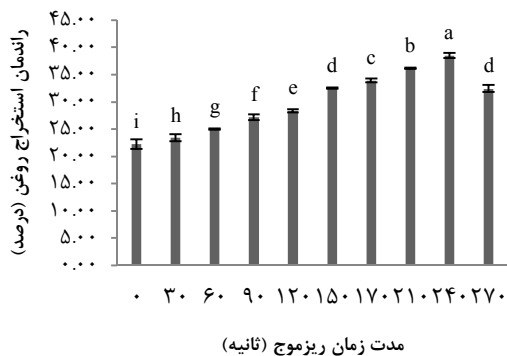
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی ساده با ۳ تکرار انجام گردید. از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۳.۱ برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

راندمان استخراج روغن

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر راندمان استخراج روغن اثر معنی‌دار داشت ($P < 0.01$). مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن بیانگر این بود که با افزایش زمان فرایند ریزموج تا ۲۴۰ ثانیه، راندمان استخراج روغن به علت تبخیر بیشتر آب از ساختار مواد گیاهی و افزایش فشار در محیط داخلی دانه‌ها در نتیجه تجزیه و گسیختگی غشاء سلولی (Aguilera & Stanley, 1999)، افزایش و با افزایش بیشتر زمان فرایند به علت تخریب هرچه بیشتر بافت داخلی و بسته شدن روزنه‌های خروج روغن منجر به کاهش راندمان استخراج روغن شد (شکل ۱). Momeny و همکاران (۲۰۱۲)، اثر ریزموج‌ها را بر دانه‌های انبه به عنوان پیش‌تیمار قبل از استخراج روغن توسط حلال مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه از زمان‌های مختلف فرایند (۷۰، ۹۰، ۱۳۰ و ۱۸۰ ثانیه) و توان‌های مختلف (۳۰۰ و ۴۰۰ وات) استفاده کردند. نتایج نشان داد که کارایی فرایند

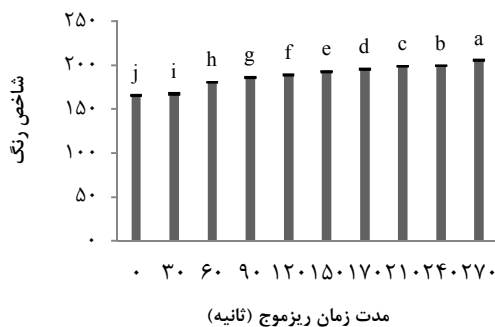
استخراج در حدود ۸/۹ درصد نسبت به روش مرسوم استخراج افزایش یافت.



شکل ۱- تأثیر زمان فرایند ریزموج بر میزان راندمان استخراج روغن از دانه‌های گلزا
داده‌ها عبارت است از میانگین ۳ تکرار $\pm SD$ و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

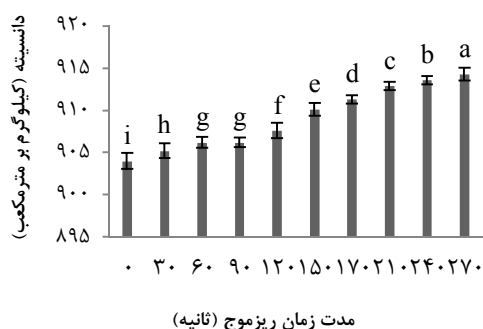
شاخص رنگ

نتایج به دست آمده از این تحقیق پیرامون شاخص رنگ روغن‌های استخراج شده از دانه‌های گلزا نشان داد که با افزایش زمان فرایند ریزموج به عنوان پیش‌تیمار روغن‌کشی شاخص رنگ روغن افزایش معنی‌داری ($P < 0.01$) یافت (شکل ۲). در بین روغن‌ها بیشترین میزان شاخص رنگ (۲۰۵/۳۳ درصد) متعلق به روغن حاصل از دانه‌ای بود که برای ۲۷۰ ثانیه در معرض فرایند ریزموج قرار داشت.



شکل ۲ - تأثیر زمان فرایند ریزموج بر شاخص رنگ روغن‌ها
داده‌ها عبارت است از میانگین ۳ تکرار $\pm SD$ و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

^۱ Folin-Ciocalteu



شکل ۳ - تأثیر زمان فرایند ریزموج بر دانسیته روغن‌ها
داده‌ها عبارت است از میانگین \pm تکرار ۳ SD و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

ضریب شکست

گزارش شده است که ضریب شکست اغلب به‌عنوان ملاکی از خلوص روغن استفاده می‌گردد. این پارامتر با افزایش طول زنجیر (گرچه رابطه خطی نیست) و درجه غیراشباعیت افزایش می‌یابد. روغن‌ها و چربی‌های مختلف ضریب شکست خاص خود را دارند از این‌رو، این ویژگی، برای تشخیص هویت و تعیین خلوص روغن‌ها و چربی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب شکست در کنترل پیشرفت واکنش‌ها نظیر هیدروژن و ایزومریزه‌شدن کاتالیزوری روغن‌ها مفید است. همچنین برای تشخیص اکسایش روغن نیز از ضریب شکست استفاده می‌شود درجه حرارت و اشباعیت از عوامل مؤثر بر ضریب شکست هستند (بخش‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۶). تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ضریب شکست روغن‌ها نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر ضریب شکست روغن‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت ($P > 0.05$). مشخص شد که افزایش زمان ریزموج هیچ‌گونه تأثیری بر ضریب شکست روغن‌ها نداشت. یافته‌های حاصل از این تحقیق با نتایج گزارش‌شده توسط دیگر محققین مبنی بر عدم تأثیر فرایند ریزموج بر ضریب شکست روغن‌ها کاملاً مطابقت داشت (Bakhshabadi et al., 2017).

اسیدیته روغن‌ها

شکل (۴) نشان‌دهنده تأثیر زمان فرایند ریزموج بر میزان اسیدیته روغن‌ها می‌باشد. همان‌طور که

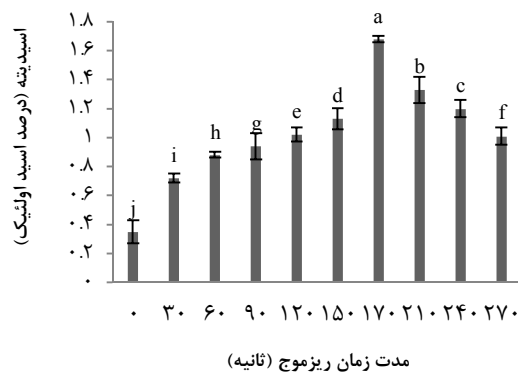
در این راستا Li و همکاران (۲۰۰۴) اثر دماهای مختلف برشته‌کردن دانه‌های گلرنگ را بر تغییرات رنگ روغن آن مورد بررسی قرار دادند. آنها اظهار داشتند که تشکیل رنگ در روغن، تحت تأثیر دماهای برشته‌کردن بود به‌طوری‌که با افزایش دما، رنگ روغن حاصله نیز از زردروشن به قهوه‌ای تیره تغییر کرد. Anjum و همکاران (۲۰۰۶) نیز تغییرات رنگ روغن آفتاب‌گردان را طی تیماردهی دانه با ریزموج، از زردروشن تا قهوه‌ای گزارش نمودند. آنها اظهار داشتند که این تغییرات رنگی می‌تواند با توسعه مواد قهوه‌ای در روغن همراه با افزایش زمان برشته‌کردن همراه باشد. Yoshida و Kojimoto (۱۹۹۴) نیز افزایش مشخص رنگ روغن جوانه برنج و کنجد را هم‌زمان با افزایش دمای برشته‌کردن گزارش نمودند. همچنین Hassanein و همکاران (۲۰۰۳) نیز تشکیل مواد قهوه‌ای را نتیجه‌ای از تخریب فسفولیپیدها در طول حرارت‌دهی با ریزموج‌ها گزارش کردند.

میزان دانسیته

تعیین آن دسته از ویژگی‌های محصول که منجر به کسب اطلاعاتی از خصوصیات آن شود، سبب افزایش کیفیت فراورده نهایی خواهد شد که خود تأثیر عمده‌ای بر کاهش ضایعات و افزایش ارزش افزوده محصول خواهد داشت. در این زمینه، استفاده از ویژگی‌های فیزیکی جهت تشخیص کیفیت و طبقه‌بندی آن می‌تواند بسیار مفید باشد (Hassanein et al., 2003). در شکل (۳) تأثیر زمان فرایند ریزموج بر دانسیته روغن‌های استخراج‌شده نمایش داده شده است. تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر دانسیته روغن‌های مورد آزمایش تأثیر چشمگیری داشت ($P < 0.01$). همان‌طور که مشخص است افزایش زمان فرایند ریزموج منجر به افزایش دانسیته روغن‌ها شد، به‌گونه‌ای که نمونه شاهد (بدون اعمال تیمار) کمترین مقدار دانسیته را به خود اختصاص داده بود. بدیهی است که هرچه دما در طول فرایند استخراج روغن بالاتر باشد، میزان مواد ریز موجود در روغن بیشتر افزایش یافته و در نتیجه دانسیته روغن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

می‌باید و باعث تولید طعم و بوی نامطلوب در روغن می‌شود. اکسایش باعث ایجاد فساد می‌شود که بوی نامطلوب و کاهش کیفیت غذا را به دنبال دارد. روش‌های متعددی برای ارزیابی مواد حاصل از فرایندهای حرارتی که دارای آثار زیادی بر خواص شیمیایی، فیزیکی و تغذیه‌ای روغن هستند، وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آنها شاخص پایداری اکسایشی است (White, 1991). از طرفی اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی طی فرایندهای حرارتی روغن‌ها به‌تنهایی برای ارزیابی کیفیت روغن‌ها کافی نیست اما اطلاعاتی درخصوص وضعیت اولیه نمونه روغن در اختیار می‌گذارد (Matthaus, 2006). تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر میزان پایداری اکسایشی تأثیر کاملاً معنی‌دار داشت ($P < 0.01$). همان‌طور که در شکل (۵) آورده شده است با افزایش زمان فرایند ریزموج تا ۱۵۰ ثانیه پایداری اکسایشی افزایش یافت که این مسأله احتمالاً با بالاتر بودن ترکیبات توکوفرولی در نمونه‌های روغن استخراج‌شده در ارتباط است. Lee و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که اعمال تیمار ریزموج بر گلرنگ، افزایش پایداری روغن حاصله را به همراه داشت. همچنین آنها بیان کردند که پایداری بالاتر روغن به‌دست‌آمده از نمونه تیمار شده در ریزموج ممکن است با تشکیل محصولات واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی، طی فرایند برشته‌کردن در ارتباط باشد. مطالعه‌های صورت‌گرفته روی محصولات حاصل از واکنش میلارد نشان داد که این ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی می‌باشند. همان‌طور که مشخص است، بیشینه پایداری اکسایشی (۵/۲۶ ساعت) زمانی به‌دست آمد که زمان فرایند ریزموج به‌عنوان پیش‌تیمار ۱۵۰ ثانیه بود. با افزایش زمان فرایند ریزموج از ۱۵۰ ثانیه تا ۲۷۰ ثانیه کاهش پایداری اکسایشی روغن‌ها اتفاق افتاد. علت کاهش پایداری اکسایشی را احتمالاً می‌توان به کاهش میزان ترکیبات ضد اکسند در اثر افزایش دمای ناشی از فرایند ریزموج نسبت داد.

نشان داده شده است با افزایش زمان فرایند ریزموج تا ۱۷۰ ثانیه اسیدیته روغن‌ها افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر زمان فرایند از مقدار اسیدیته کاسته شد. این افزایش میزان اسیدیته با افزایش درجه حرارت (در اثر استفاده از فرایند ریزموج)، به اثر تجزیه شیمیایی تری‌گلیسریدها و بالارفتن میزان اسیدهای چرب آزاد مربوط می‌شود. آنزیم‌های لیپولیتیک^۱ درست در زیر پوسته نازک دانه واقع شده‌اند و در سلول‌های صدمه‌نندیده قادر نخواهند بود به چربی‌ها حمله کنند اما از آنجایی که دماهای بالا، باعث ایجاد تغییرات فیزیکی در سلول می‌شود این آنزیم‌ها فعالیت خود را آغاز می‌نمایند (Ghavami et al., 2003; Grosch et al., 1983). افزایش اسیدیته، بدون شک ناشی از شکستن اتصالات استری مولکول‌های تری‌گلیسریدی ناشی از حرارت‌دهی است (Bruhn, 1995). علت کاهش اسیدیته با افزایش هرچه بیشتر زمان فرایند را نیز می‌توان به غیرفعال‌سازی بیشتر آنزیم لیپاز در نتیجه حرارت‌دهی نسبت داد.



شکل ۴ - تأثیر زمان فرایند ریزموج بر اسیدیته روغن‌ها

داده‌ها عبارت است از میانگین ۳ تکرار \pm SD و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

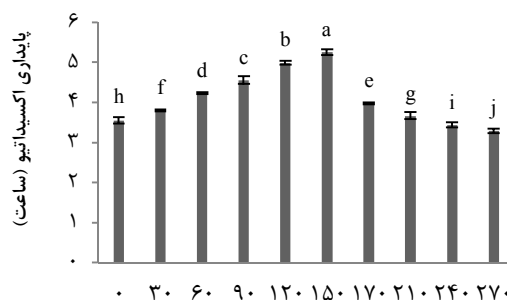
پایداری اکسایشی

پایداری اکسایشی عبارت است از مدت زمان لازم برای رسیدن به نقطه‌ای که در آن یکی از کمیت‌های اکسایشی مانند عدد پراکسید یا عدد کربونیل^۲ پس از طی نمودن روند افزایشی خود به‌طور ناگهانی افزایش

^۱ Lipolytic enzymes

^۲ peroxide or carbonyl value

ثانویه گیاهی می‌باشند که توانایی آنتی‌اکسیدانی آنها ناشی از حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختارشان است. توجه و کاربرد فنل‌های طبیعی در صنعت غذا روبه‌افزایش است. زیرا این ترکیبات تجزیه‌اکسیداتیو لیپیدها را به تأخیر انداخته و از این‌رو، کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند (Muanda *et al.*, 2011).

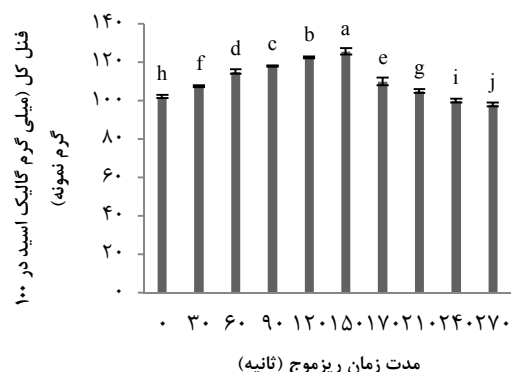


شکل ۵ - تأثیر زمان فرایند ریزموج بر پایداری اکسایشی روغن‌ها

داده‌ها عبارت است از میانگین ۳ تکرار \pm SD و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

فنل کل

نتایج تجزیه‌واریناس نشان داد که زمان فرایند ریزموج بر میزان فنل کل تأثیر معنی‌دار داشت ($P < 0.01$). شکل (۶) نشان می‌دهد که با افزایش زمان فرایند ریزموج از صفر به ۱۵۰ ثانیه به میزان ۲۲/۹۷ درصد ترکیبات فنلی افزایش یافت. افزایش زمان بیشتر از ۱۵۰ ثانیه منجر به کاهش میزان ترکیبات فنلی شد. علت این افزایش و یا کاهش را می‌توان به آزادسازی و یا تخریب بیشتر این ترکیبات نسبت داد. عدم پذیرش افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی از سوی مصرف‌کنندگان به دلیل سرطان‌زایی و سمیت احتمالی، منجر به پژوهش‌های گسترده در زمینه کشف ترکیبات فعال طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی شده است. ترکیبات طبیعی قادر به افزایش عمر نگهداری مواد غذایی از طریق بازدارندگی رشد میکروارگانیسم‌های پاتوژن و فاسدکننده مواد غذایی و نیز حفاظت مواد غذایی از آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو می‌باشند (Padmashree *et al.*, 2007). ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت‌های



شکل ۶ - تأثیر زمان فرایند ریزموج بر محتوی فنل کل روغن‌ها

داده‌ها عبارت است از میانگین ۳ تکرار \pm SD و اعداد دارای حروف متفاوت روی هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

افزایش زمان فرایند ریزموج به‌عنوان پیش‌تیمار استخراج روغن، منجر به افزایش دانسیته و شاخص رنگ روغن می‌شود. ولی راندمان استخراج روغن، میزان اسیدیته، پایداری اکسایشی و فنل کل ابتدا روند افزایشی و بعد از آن کاهشی از خود نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده از فرایند ریزموج (برای ۱۵۰ ثانیه) به‌منظور تیماردهی دانه‌های گلزا قبل از استخراج روغن با پرس مارپیچی در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی روغن حاصله مؤثر واقع گردید.

منابع

آمارنامه کشاورزی. (۱۳۹۴). دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی (صفحه ۱۲۳). جلد اول: محصولات زراعی،

بخش‌آبادی، ح.، میرزایی، ح.ا.، قدس‌ولی، ع.ر.، جعفری، س.م.، ضیایی‌فر، ا.م. و بیگ بابایی، ع. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن از سیاه‌دانه با پیش‌ تیمار میدان الکتریکی متناوب (PEF). *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، ۶ (۳)، ۲۳۴-۲۲۱.

رستمی، م.، استکی، م.، قدس‌ولی، ع.ر.، بوژمهرانی، ا. و بخش‌آبادی، ح. (۱۳۹۴). تأثیر دمای پخت دانه بر برخی از خصوصیات کیفی روغن و کنجاله حاصل از دانه کُلازا. *نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، ۷(۱)، ۷۷-۸۴.

شریعتی، ش. و قاضی‌شهنی‌زاده، پ. (۱۳۷۹). کُلازا، (۴۰ صفحه). انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.

Agricultural Statistics. (2015). *Office of Statistics and Information Technology*, (pp. 123, Volume 1). Ministry of Jihad-e-Agriculture. Crop products. (in Persian)

Aguilera, J., & Stanley, D. (1999). *Microstructural principles of food processing and engineering* Gaithersburg. (P. 102-125): MD: Aspen Publishers Inc.

Anderson, D. (1996). *A primer on oils processing technology*. In Y.H. Hui (ed) *Bailey's industrial oil and fat products*. (pp. 10-17): JohnWiley and Sons, Inc., New York.

Anjum, F., Anwar, F., Jamil, A., & Iqbal, M. (2006). Microwave roasting effects on the physico-chemical composition and oxidative stability of sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(9), 777-784. doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-006-5014-1>

AOCS. (1993). *Official methods and recommended practices of the American oil chemists' society*. (pp. 762): AOCS Press, Champaign, IL.

Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H., & Buchbauer, G. (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Journals. Food Chemistry*, 108(3), 1122-1132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.063>

Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaifar, A.M., & Bigbabaie, A. (2017). Optimizing the extraction process of oil from black cumin seeds by using pulsed electric field (PEF) pretreatment. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 6(3), 221-234. (in Persian)

Bakhshabadi, H., Mirzaei, H.O., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaifar, A.M. & Farzaneh. V. (2017). The effect of microwave pretreatment on some physico-chemical properties and bioactivity of black cumin seeds' oil. *Industrial Crops and Products*, 97, 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.005>

Bruhn, C.M. (1995). Consumer attitudes and market response to irradiated food. *Journal of Food Protection*, 58(2), 175-181. doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-58.2.175>

Dua, S., & Kaur, M. (1993). Functional properties of two pollutant grown green alga. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 30(1), 25-28.

Ghavami, M., Gharachorloo, M., & Ezatpanah, H. (2003). Effect of frying on the oil quality properties used in the industry potato chips. *Journal of Agricultural Science*, 9(1), 1-15.

Hassanein, M.M., El-Shami, S.M., & El-Mallah, M.H. (2003). Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *International Journal of Fats and Oils*, 54(4), 343-349. doi: <https://doi.org/10.3989/gya.2003.v54.i4.219>

Laskawy, G., Senser, F., & Grosch, W. (1983). Storage stability of roasted hazelnuts. *CCB Review for Chocolate, Confectionery and Bakery*, 8, 21-23.

Lee, Y.C., Oh, S.W., Chang, J., & Kim, I.H. (2004). Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chemistry*, 84(1), 1-6. doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00158-4)

Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37(7), 731-738. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.02.016>

- Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. (2007). Microwave assisted extraction—an innovative & promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 8-14.
- Matthaus, B. (2006). Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(3), 200-211. doi: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500249>
- Momeny, E., Rahmati, S., & Ramli, N. (2012). Effect of microwave pretreatment on the oil yield of mango seeds for the synthesis of a cocoa butter substitute. *Journal of Food Processing & Technology*, 3(7), 1-7. doi: <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000164>
- Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B., & Dicko, A. (2011). Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *stevia rebaudiana* bertonii leaves. *Food Science and Technology*, 44(9), 1865-1872. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.002>
- Padmashree, A., Roopa, N., Semwal, A.D., Sharma, G.K., Agathian, G., & Bawa, A.S. (2007). Star-anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants. *Food Chemistry*, 104(1):59-66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.074>
- Rostami, M., Estaki, M., Ghodsvali, A.R., Boujmehrani, A., & Bakhshabadi, H. (2014). Effect of cooking temperature on some of the qualitative characteristics of oil and seed meal from rapeseed. *Journal of Food Science and Technology*, 7(1), 77-84. (in Persian)
- Shahidi, F. (2005). *Bailey's industrial oil and fat products*. (pp. 402-403): Wiley- Interscience Publication.
- Shariati, S., & Ghazi Shanizadeh, P. (1999). *Ministry of Agriculture Press*, (pp.40). (in Persian)
- White, P.J. (1991). Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology*, 45, 75-80.
- Yoshida, H., & Kojimoto, G. (1994). Microwave heating effects composition and oxidative stability of sesame (*Sesamum indicum*). *Journal of Food Science*, 59(3), 616-625. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05575.x>

The Effect of Microwave Pretreatment on the Oxidative Stability and Some Quantity and Quality of Extracted Oil from Rapeseeds

Masoumeh Moghimi¹, Adel Beig Babaei², Hamid Bakhshabadi³,
Morteza Mohamadi^{4*}, Shilan Rashidzadeh⁵

- 1- Assistant Professor, Department of Chemistry, Gonbad Kavoods Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoods, Iran
- 2- Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
- 3- Young Researchers and Elites Club, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran
- 4- Young Researchers and Elites Club, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- * Corresponding author (mohamadi2003@yahoo.com)
- 5- Department of Food Science and Technology, Sae Institute of Higher Education, Gorgan, Iran

Abstract

Canola or rapeseeds oil, comparing to sunflower oil, corn oil and soybean oil, is more qualified because of existence of unsaturated fatty acids and lack of cholesterol in its ingredients. In this study, the effect of the microwave time (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 and 270 seconds) on the phenolic compounds, oxidative stability and physicochemical properties of rapeseed oil such as oil extraction yield, density, refractive index and acidity of the oil using a completely randomized design with three replications. The results showed that by increasing the microwave time, density and color index increased. By increasing the microwave time at first to increase the oil extraction yield, acidity, oxidative stability and total phenol were then reduced. For example, by increasing the microwave time to 240 seconds, the oil extraction yield increased, but further increase in microwave time led oil extraction yield reduction. The analysis of variance results showed that the studied microwave time had no effect on the refractive index ($P>0.05$). According to the information obtained from this study, it can be concluded that the microwave time (for 150 seconds) for pretreatment of rapeseeds to extract oil via screw press was effective in improving the quantitative and qualitative characteristics of the oil achieved.

Keywords: Microwave Pretreatment, Oil Extraction Yield, Oxidative Stability, Rapeseed Oil