



تأثیر پیش تیمار برشته کردن به روش مایکروویو بر راندمان استخراج و ویژگی‌های کیفی روغن پسته

بی‌تا فرج‌پور^۱، صدیقه سلیمانی فرد^{۲*}، سید محمد احمدی^۳، سمیه نیک نیا^۴، علی دینی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

۲- *دکتری، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

۳- دکتری، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

۴- دکتری، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

۵- دکتری، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، سرپرست مدیریت نظارت بر فرآورده های خوراکی، آشامیدنی، آرایشی و بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۱

کلمات کلیدی:

پایداری حرارتی،

اکسایش،

آنیزیدین،

روغن پسته.

روغن مغز پسته، روغنی مقاوم به اکسایش و دارای خواص درمانی است. با توجه به اینکه فرایند پیش تیمار مایکروویو در شرایط بهینه می‌تواند سبب افزایش راندمان و کیفیت روغن استحصالی شود. لذا در این پژوهش تأثیر فرایند پیش تیمار برشته کردن پسته با استفاده از مایکروویو در توان‌های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات در سه سطح رطوبت ۰/۵، ۲ و ۳/۵ درصد انجام شد. راندمان استخراج روغن و هم‌چنین پارامترهای کیفی از جمله میزان پلی‌فنل‌ها، کلروفیل و کاروتنوئیدها، آزمون مهارکنندگی DPPH، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، میزان کل ترکیبات قطبی و پایداری حرارتی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمایش کورت خرد شده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد آنالیز شد. نتایج نشان داد که با افزایش توان مایکروویو و مقدار رطوبت راندمان استحصال روغن افزایش می‌یابد، میزان پلی‌فنل‌ها، کلروفیل، کاروتنوئیدها، میزان کل ترکیبات قطبی و هم‌چنین فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH با افزایش توان و کاهش رطوبت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج هم‌چنین آشکار کرد اگرچه افزایش توان و کاهش رطوبت باعث افزایش عدد پراکسید تیمارهای مورد بررسی شد، اما عدد آنیزیدین و پایداری حرارتی به‌طور معنی‌داری به ترتیب کاهش و افزایش یافت. این نتایج حکایت از پایداری اکسیداتیو بیش‌تر روغن پسته استحصالی در توان‌های بالاتر مایکروویو داشت. بالاترین میزان شاخص پایداری حرارتی به نمونه‌های تیمار شده با توان ۹۰۰ وات و محتوی رطوبت ۰/۵ درصد تعلق داشت.

DOI:10.22034/FSCT.22.162.58.

* مسئول مکاتبات:

s.soleimanifard@uoz.ac.ir

۱-مقدمه

جدید و مهم در زمینه فرایند مواد غذایی، استفاده از مایکروویو است.

امواج مایکروویو، تشعشعات الکترومغناطیسی هستند که تحت تأثیر خواص دی الکتریک و مغناطیسی مواد تبدیل به گرما می شوند. در واقع گرمایش مایکروویو نتیجه جذب انرژی مایکروویو توسط ماده ای است که در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار می گیرد [۷]. از مزایای مایکروویو می توان به کاهش هزینه های فراوری، کیفیت بهتر، تولید محصولات جدید، بهبود سلامت انسان، کاهش آسیب های زیست محیطی در مقایسه با روش های معمول ذکر نمود [۸ و ۹]

هو و همکاران (۲۰۱۸) به طور کلی پیش تیمار مایکروویو را یک روش مطمئن برای بهبود میزان استحصال روغن، ارتقاء کیفی روغن بادام زمینی با ماندگاری بالاتر و طعم بهتر معرفی کردند [۱۰]. هم چنین کارایی استفاده از مایکروویو در بهبود راندمان استخراج، ارزش تغذیه ای، خواص فیزیکی شیمیایی و حسی روغن های کلزا، نخل، سویا، سبوس برنج، پنبه دانه، دانه مورینگا اولیفر، سیاه دانه، دانه چیا، و فندق شیلیایی را نشان دادند

شاهی چهرخ و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که می توان از امواج مایکروویو به عنوان پیش تیمار جهت افزایش راندمان استحصال روغن از دانه های روغنی استفاده کرد، نتایج نشان داد که استفاده از این امواج کم ترین اثرات نامطلوب را بر روغن استحصالی داشته و هم چنین باعث بهبود کیفیت کنجاله شده است [۸].

با توجه به بررسی منابع انجام شده، از آنجا که پژوهشی در خصوص تأثیر تابش مایکروویو بر کیفیت روغن پسته انجام نشده است، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر پیش تیمار

پسته از خانواده *Anacardiaceae*^۱ و جنس *Pistacia*^۲ است که منشأ آن به آسیای مرکزی و جنوب غربی برمی گردد. مغز پسته واریته های بومی استان کرمان، حاوی حدود ۵۰ درصد چربی است. روغن مغز پسته حاوی مقادیر قابل توجهی اسیدهای اولئیک، لینولئیک و لینولنیک می باشد که دارای خواص درمانی مهمی هم چون کاهش دهنده میزان تری آسید گلیسرول ها، کلسترول دانسیته پائین، کلسترول کل و شاخص گلیسمی است [۱]. روغن پسته به دلیل داشتن محتوای بالای اسید اولئیک و مقادیر کم اسیدهای چرب چند غیراشباع، روغن مقاوم در برابر اکسایش محسوب می شود و می تواند روغن مناسبی برای پخت و پز و سرخ کردن باشد. علاوه بر این دارای ویتامین های محلول در چربی (A و E) و مقادیر قابل توجهی ترکیبات فنولی از جمله آنتوسیانین ها، فلاونوئیدها و پروآنتوسیانیدین ها است [۲] و حاوی توکوفرول ها و استرول ها نیز می باشد [۳]. از آنجا که مقدار روغن پسته و اثرات سلامت بخشی آن به دلیل ترکیبات موجود در آن، بسیار زیاد است، استخراج روغن پسته می تواند بسیار کارآمد و مفید باشد.

یکی از فرایندها قبل از استخراج روغن مغز انواع آجیل، برشته کردن است. فرایند برشته کردن به دلیل ایجاد عطر و طعم خاص، که عامل تعیین کننده در پذیرش مصرف کننده می باشد، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [۴]. برشته کردن هم چنین باعث تسهیل استخراج روغن، غیر فعال سازی آنزیم ها و تجزیه مواد آلرژی زا می شود [۵]. فرایند برشته کردن آجیل ها با استفاده از روش های مختلفی شامل: استفاده از هوای گرم، مایکروویو، اشعه مادون قرمز و روش های ترکیبی هوای گرم با مایکروویو و مادون قرمز انجام می شود [۶] که در این بین، یکی از تکنولوژی های

میکرولیتر محلول کربنات سدیم (۲۰ درصد وزنی-حجمی) به محتوای لوله آزمایش افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان دادن درون حمام آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، میزان جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر (CARY 100 Scan) در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون، اسید گالیک با غلظت های ۰/۰۴ تا ۰/۴ میلی گرم تهیه شد و جذب نمونه‌ها در ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. مقدار کل فنول موجود در روغن پسته، به صورت میلی گرم اسید گالیک بر گرم روغن بیان شد [۱۲ و ۱۳].

۲-۳- محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید

در این روش، ۷/۵ گرم روغن دقیقاً وزن شد، در سیکلوهگزان حل و به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسید. سپس میزان جذب محلول حاصل برای تعیین کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ۶۷۰ و ۴۷۲ نانومتر اندازه گیری شد و بر حسب میلی گرم در کیلوگرم روغن، با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد:

$$CCh_{tot} = \frac{A472 \times 10^6}{613 \times 100 \times d} \quad (1)$$

$$CCa_{tot} = \frac{A670 \times 10^6}{2000 \times 100 \times d} \quad (2)$$

در این رابطه CCh_{tot} و CCa_{tot} به ترتیب میزان کل کاروتنوئید و کلروفیل (ppm/kg oil)، $A472$ و $A670$ ، به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۲ و ۶۷۰ نانومتر می باشد [۱۴].

۲-۴- قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH^۲

برای انجام این آزمون، ۰/۲ میلی لیتر از نمونه روغن پسته به ۴ میلی لیتر از محلول متانولی 10^{-5} مولار

مایکروویو با شدت توان‌ها و رطوبت های مختلف بر ویژگی های کیفی روغن پسته بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه های پسته و استخراج روغن

دانه های پسته احمد آقایی انس ۲۵ و برداشت سال ۱۴۰۱، از پژوهشکده پسته دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان خریداری شد. دانه های پسته پس از پوست گیری اولیه در معرض آفتاب تا رطوبت ۴٪، خشک و تا زمان انجام آزمایشات در ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس پسته ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شدند و نمونه ها به مدت ۸ دقیقه در آب نمک ۱۷٪ قرار گرفتند و به مدت ۵ دقیقه آبگیری شدند و با رطوبت ۱۲٪ بر مبنای ماده خشک به دستگاه مایکروویو برای برشته کردن منتقل شدند. فرایند برشته کردن در مایکروویو در ۳ توان (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات) و تا رسیدن به رطوبت ۵۰٪ انجام شد. نمونه های پسته برشته تا فرایند روغن گیری در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. استخراج روغن نمونه های پسته پس از پوست گیری و خرد شدن با هاون به صورت مکانیکی توسط اعمال فشار با استفاده از دستگاه روغن گیری خانگی (مدل GOL SIRU) انجام شد [۱۱].

۲-۲- محتوای فنل کل

مقدار کل ترکیبات فنلی موجود در روغن پسته از طریق اسپکتروفتومتری به روش کولین - سیوکالچو اندازه گیری شد. اساس کار احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است. در این روش، ۲۰ میکرولیتر از روغن پسته درون لوله آزمایش با ۱/۱۶۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین - سیوکالچو مخلوط شد. بعد از گذشت حداکثر ۸ دقیقه، ۳۰۰

اندازه گیری شد. نتایج بر اساس معادله ذیل و به صورت میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن گزارش شد:

$$PV = \frac{(A_s - A_b) \times 40.39}{55.84 \times W \times 2} \quad (۴)$$

که A_s ، A_b و W به ترتیب نشان گر میزان جذب نمونه و شاهد، وزن نمونه و شیب منحنی استاندارد هستند [۱۶].

۷-۲- عدد پارا آنیزیدین^۶

در ابتدا ۱/۶ - ۰/۲ گرم از نمونه روغن پسته در یک بالن حجمی ۱۰ میلی لیتری با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و با محلول ایزو اکتان به حجم رسید. سپس ۵ میلی لیتر از نمونه رقیق شده با ایزو اکتان در یک بالن شیشه ای ۱۰ میلی لیتری درب دار و ۱ میلی لیتر از معرف پارا آنیزیدین ۲/۵ گرم در لیتر اسید استیک اضافه شد. پس از ۱۰ دقیقه نگهداری در تاریکی، جذب نمونه در طول موج ۳۵۰ نانومتر قرائت شد. مقدار عدد پارا آنیزیدین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$P - A.V = \frac{10 \times 1.2 A_s - A_b}{m} \quad (۵)$$

در رابطه فوق: m وزن نمونه، Ab نشان دهنده جذب نمونه روغن رقیق شده در ایزو اکتان، As جذب نمونه در طول موج ۳۵۰ نانومتر پس از افزودن معرف پارا آنیزیدین است [۱۷].

۸-۲- پایداری حرارتی

برای تعیین پایداری اکسایشی روغن پسته از دستگاه رنسیمت (Metrohm، مدل ۷۴۳) استفاده گردید. برای انجام آزمایش مقدار ۲/۵ گرم از نمونه های روغن در ظروف آزمایش دستگاه رنسیمت به دقت توزین شد. نمونه ها در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱۵ لیتر

رادیکال آزاد DPPH افزوده شد و جذب نمونه ها پس از سپری شدن زمان گرمخانه گذاری ۶۰ دقیقه ای در دمای اتاق و در تاریکی، در مقابل نمونه شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر (CARY 100 Scan) قرائت شد. اثر ممانعت کنندگی با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$\%RSA = \frac{(A_{control} - A_{sample})}{A_{control}} \times 100 \quad (۳)$$

که A_{Sample} و $A_{Control}$ به ترتیب میزان جذب نمونه و شاهد و RSA درصد مهار رادیکال آزاد است [۱۵].

۵-۲- محتوای کل ترکیبات قطبی

جهت اندازه گیری کل ترکیبات قطبی مقدار ۱۰ میلی لیتر از نمونه روغن در لوله های آزمایش ریخته شد و تا دمای ۷۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد. سپس با قرار دادن سنسور دستگاه TESTO 270 در نمونه آماده شده، مقدار کل ترکیبات قطبی اندازه گیری شد [۱۵].

۶-۲- عدد پراکسید^۴

عدد پراکسید با استفاده از روش اسپکتروفتومتری معرفی شده توسط شانته^۵ و همکاران تعیین شد. برای این کار مقدار ۰/۰۱ - ۰/۰۳ گرم از نمونه روغن با ۹/۸ میلی لیتر مخلوط متانول و کلروفرم (۳:۷ حجمی/حجمی) به مدت ۲ تا ۴ ثانیه ورتکس شدند. پس از آن تیوسیانات آمونیوم و ۵۰ میلی لیتر کلرید آهن ۲ به ترتیب اضافه گردیدند و بعد از افزودن هر کدام نمونه ها به مدت ۲ تا ۴ ثانیه ورتکس شدند. سپس جذب نمونه ها بعد از ۵ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای اتاق

6 -Para anisidine value

4 -Peroxide Value

5- Shantha

۳-۱- استخراج روغن

همانگونه که شکل ۱ نشان می‌دهد با افزایش توان مایکروویو، راندمان استحصال روغن تیمارهای مورد بررسی به طور معنی‌داری (جدول ۱) افزایش یافت. علت این امر اثر تابشی مایکروویو است که باعث دنا توره شدن پروتئین‌ها و بالتبع تغییراتی در دیواره سلولی حاوی چربی می‌شود که عبور روغن را از غشای سلولی تقویت کرده و منجر به بهبود راندمان آزادسازی روغن در طول فرآیند استخراج می‌شود [۹]. علاوه بر این، با افزایش توان مایکروویو، گرمای ایجاد شده در نمونه افزایش یافته که منجر به افزایش ضریب انتقال جرم و بالتبع آن افزایش راندمان استخراج روغن می‌شود [۱۸]. این یافته‌ها با نتایج شاهی چهرق (۲۰۲۲) مطابقت داشت.

بر ساعت در معرض اکسایش قرار گرفتند. نتایج به دست آمده تحت عنوان دوره القاء^۷ (بر حسب ساعت) که زمان مورد نیاز برای شکستن پراکسیدهای تولید شده در اکسایش روغن را بیان می‌کند، مورد مقایسه قرار گرفتند [۱۵].

۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی آماری اثر توان و مراحل نمونه‌برداری بر خواص کیفی روغن، از آرایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح معنی‌داری ۵٪ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

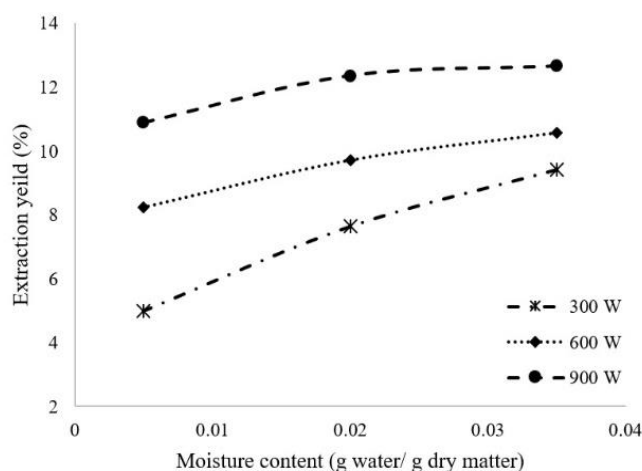


Figure 1- Oil extraction efficiency of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

۳-۲- مقدار پلی فنل کل

ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی می‌باشند که توانایی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها ناشی از حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختارشان است. این ترکیبات تجزیه اکسیداتیو لیپیدها را به تأخیر انداخته و از این رو کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند

نتایج هم‌چنین نشان داد (شکل ۱) که علاوه بر شدت توان مایکروویو، محتوای رطوبت دانه پسته نیز می‌تواند اثر معنی‌داری بر راندمان استحصال روغن آن داشته باشد (جدول ۱). به‌طوری‌که با گذشت زمان فرایند و کاهش محتوای رطوبت، میزان استحصال روغن کاهش نشان داد که دلیل آن می‌تواند به کاهش انعطاف‌پذیری مواد دانه‌ای و کاهش امکان جریان روغن مرتبط باشد [۱۲].

7 -Induction time

مولکول‌های قطبی نظیر ترکیبات فنلی به دلیل داشتن گشتاور دو قطبی، انرژی مایکروویو را به میزان زیادی جذب می‌کنند که نتیجه آن افزایش دما و وارد شدن هرچه بیشتر این ترکیبات به داخل روغن می‌شود [۱۹]. نتایج هم‌چنین نشان داد در هر ۳ توان مایکروویو اعمال‌شده، کمترین میزان پلی فنل کل در رطوبت ۳/۵ درصد مشاهده شد. بعبارت دیگر با افزایش مدت زمان فرایند و کاهش رطوبت نمونه، میزان استحصال ترکیبات پلی فنلی افزایش یافت. از آنجاکه رطوبت اصلی‌ترین جاذب موج مایکروویو در ماده غذایی است، با کاهش محتوای رطوبت، میزان جذب موج و در نهایت تولید حرارت کاهش یافته و ترکیبات فنولی که حساس به حرارت هستند، کمتر آسیب می‌بینند [۹].

[۱۹]. نتایج آزمون پلی فنل کل (شکل ۲) نشان داد که که میزان رطوبت و شدت توان‌های مایکروویو اعمال شده در فرایند برشته‌کردن پسته می‌تواند تفاوت معنی‌داری (جدول ۱) بر مقدار این ترکیبات زیست فعال ارزشمند داشته باشد. با افزایش توان مایکروویو مقادیر پلی فنل تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طوریکه بالاترین مقدار آن برای نمونه‌های پسته در توان ۹۰۰ وات اندازه‌گیری شد. این یافته‌ها با نتایج حجتی و همکاران (۲۰۱۵) بر روی دانه پسته و حیات و همکاران (۲۰۱۹) بر روی دانه رازیانه مطابقت داشت [۲۰ و ۲۱].

افزایش ترکیبات پلی فنلی تحت تأثیر امواج مایکروویو به شکستن پیوند بین این ترکیبات با اجزای سلولی و آزاد شدن آنها در روغن استحصالی نسبت داده می‌شود [۹]. هم‌چنین

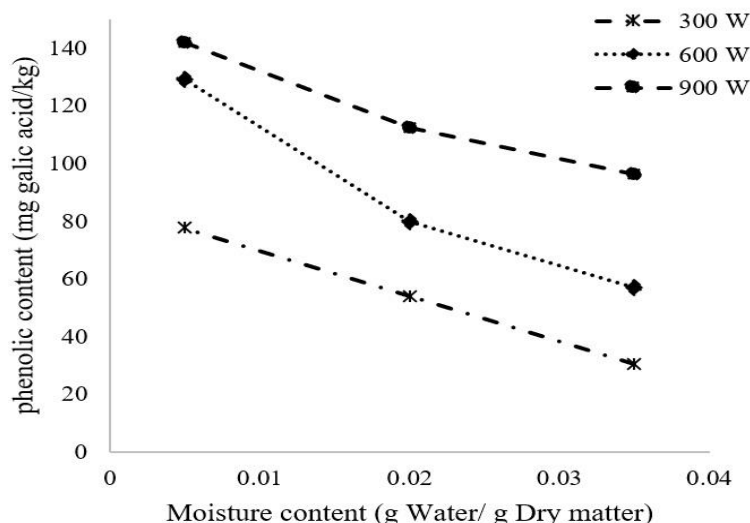
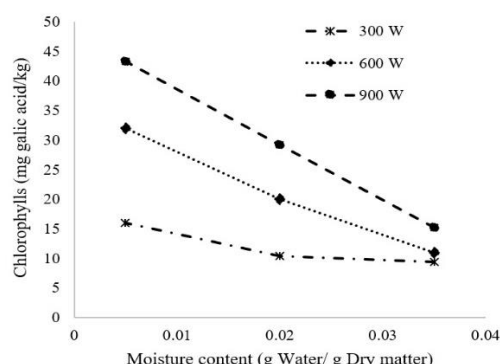


Figure 2- The total phenolic compounds in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

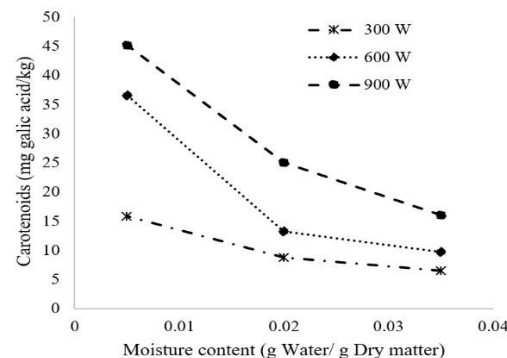
۳-۳- اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل و کاروتنوئید

درصد (به‌ترتیب ۴۳/۲۸ mg/kg و ۴۵/۱۲ mg/kg) و کم‌ترین مقدار برای نمونه تیمار شده با شدت توان ۳۰۰ و با رطوبت ۳/۵ درصد (به‌ترتیب ۹/۳۹ mg/kg و ۶/۴۶ mg/kg) به‌دست آمد. این نتایج با یافته‌های سوری و همکاران (۲۰۲۰) برای دانه کتان و هم‌چنین سوری و همکاران (۲۰۲۲) برای دانه سیاه‌دانه تیمار شده با توان‌های مختلف مایکروویو مطابقت داشت [۲۲ و ۲۳].

نتایج آزمون‌های اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئیدها (شکل ۳-الف و ب) نشان داد که همانند ترکیبات فنلی، مقادیر این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نیز با افزایش توان مایکروویو و کاهش محتوای رطوبت دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید برای نمونه تیمار شده با شدت توان ۹۰۰ وات و رطوبت ۰/۵



(A)



(B)

Figure 3- The chlorophyll (a) and carotenoid (b) contents in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

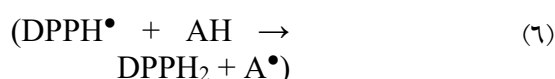
قوی دارند. در طول فرآیند حرارت دهی مایکروویو، پیوندهای دوگانه آنها می تواند به سهولت اکسید یا ایزومریزه و تجزیه شود و بنابراین میزان اکسایش با کاهش رطوبت دانه می تواند کاهش یابد [۹].

نتایج هم چنین نشان داد که با افزایش مدت زمان فرایند و کاهش میزان رطوبت دانه های پسته میزان کاروتنوئیدها و کلروفیل روغن تیمارهای مورد بررسی به طور معنی داری افزایش می یابد (اشکال ۳-الف و ب). کاروتنوئیدها دارای ساختار دی ان مزدوج هستند، بنابراین ظرفیت آنتی اکسیدانی

Table 1- Comparison of means of the effect of temperature and moisture content on quality parameters of pistachio oil

	Extraction yeild	Oxidation stability	Carotenoid	chlorophyll	Total phenolic	Anisidine value	Peroxide value	Total polar content	Antioxidant activity
Moisture content									
0.035	10.880 ^a	69564.00 ^c	9.110 ^c	10.582 ^c	61.077 ^c	2.209 ^a	0.033 ^b	7.000 ^c	735.88 ^b
0.02	9.901 ^b	94209.00 ^b	15.710 ^b	19.807 ^b	81.971 ^b	1.703 ^b	0.037 ^a	8.400 ^b	832.68 ^b
0.005	15.036 ^c	108893.00 ^a	32.503 ^a	30.376 ^a	116.13 ^a	0.467 ^c	0.039 ^a	10.333 ^a	1147.82 ^a
Power									
300	7.353 ^c	65509.00 ^c	10.372 ^c	11.897 ^c	53.863 ^c	0.889 ^b	0.030 ^b	7.833 ^c	695.82 ^b
600	9.505 ^b	94665.00 ^b	19.862 ^b	20.923 ^b	88.615 ^b	1.426 ^{ab}	0.038 ^{ab}	8.400 ^b	892.46 ^b
900	11.959 ^a	112492.00 ^a	27.089 ^a	27.944 ^a	116.70 ^a	2.064 ^b	0.042 ^a	9.500 ^a	1128.11 ^a

DPPH با کاهش جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قابل اندازه گیری می باشد:



نتایج نشان داد (شکل ۴) که با افزایش شدت توان مایکروویو و کاهش رطوبت فعالیت آنتی رادیکالی روغن پسته تیمار شده افزایش پیدا کرد. این افزایش در فعالیت آنتی اکسیدانی

۳-۴- قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH

در این آزمون مولکول های آنتی اکسیدان، الکترون / اتم هیدروژن را به رادیکال های ۲ و ۲- دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH[•]) انتقال داده، آن را به رادیکال خنثی ۱ و ۱- دی فنیل -۲- پیکریل هیدرازین (DPPH₂) تبدیل می کنند (واکنش ۱). بدین ترتیب قابلیت کاهندگی رادیکال

ارزیابی قرار دادند؛ آنها بین فعالیت آنتی اکسیدانی با محتوای پلی فنلی، فلاونوئیدها و توکوفرولها نمونه‌های پسته همبستگی مثبت مشاهده نمودند [۲۴].

می‌تواند به محتوای ترکیبات پلی فنلی و کاروتنوئیدها مرتبط باشد که مطابق با شکل ۳، روندی مشابه بین ترکیبات مذکور و شدت توان و میزان رطوبت وجود داشت. مارتینز و همکاران (۲۰۱۶) نمونه‌های پسته ارقام آرژانتینی را مورد

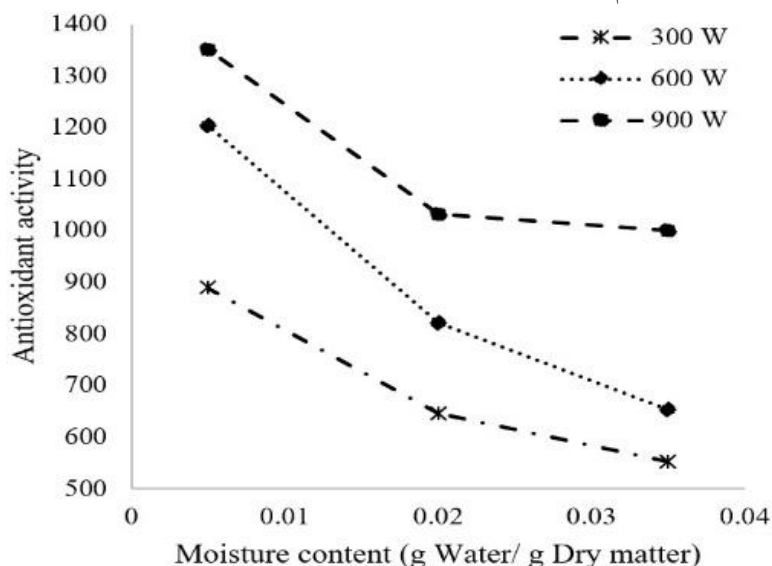


Figure 4- Antioxidant activity in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

نتایج آزمون‌های اندازه گیری ترکیبات پلی فنلی و کاروتنوئیدها (اشکال ۲ و ۳) حاکی از آن بود که مقادیر این ترکیبات آنتی اکسیدانی با افزایش توان مایکروویو به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و در توان ۹۰۰ وات به بیش‌ترین مقدار خود رسید. بنابراین این انتظار وجود داشت تا میزان عدد پراکسید تیمارهای مذکور کاهش یابد چرا که افزایش میزان پلی فنل‌ها و کاروتنوئیدها به معنای افزایش فعالیت آنتی رادیکالی می‌باشد. نتایج آزمون آنتی رادیکالی DPPH (شکل ۴) به خوبی این مطلب را تأیید می‌کند.

هو و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که تأثیر امواج مایکروویو بر لیپیدها منجر به تولید رادیکال‌های آزاد در طی فرایند می‌شود که نتیجه آن حساس‌تر شدن ترکیبات لیپیدی به اکسایش در مقایسه با حرارت‌دهی معمولی می‌شود. در این رابطه اثر تابش مایکروویو بر روغن پنبه‌دانه، اکسایش سریع و افزایش میزان پراکسید را در پی داشت. هم‌چنین بین نرخ واکنش‌های پراکسید با سطوح توان مایکروویو یک همبستگی مثبت به‌دست آمده است. به عبارت دیگر، تابش

۳-۵- عدد پراکسید

تنها محصولاتی که در مراحل اولیه اکسایش لیپیدی در رژیم سیتیکی تشکیل می‌شوند، هیدروپراکسیدها هستند [۸]. هیدروپراکسیدها پایدارتر از گونه‌های رادیکالی هستند اما همچنان عوامل اکسیدشونده ضعیفی می‌باشند که به دلیل ناپایداری به رادیکال‌های پراکسیل و آلکوکسیل تجزیه می‌شوند [۸]. نمودار ۵ نشان می‌دهد که با افزایش توان مایکروویو بالاتر از ۳۰۰ وات میزان پراکسید تیمارها به طور فاحشی افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان آن در ۹۰۰ وات اندازه گیری شد. هرچند که اختلاف معنی‌داری بین عدد پراکسید نمونه‌های تیمار شده در توان‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ وات مشاهده نشد. این یافته‌ها با نتایج سوری و همکاران (۲۰۲۲) و هو و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب بر روغن‌های استخراج شده از دانه‌های سیاه‌دانه و بادام‌زمینی تیمار شده با شدت‌های مختلف مایکروویو مطابقت داشت [۱۰ و ۲۲].

نتایج هم-چنین نشان داد که میزان پراکسید نمونه های تیمار شده متأثر از میزان رطوبت، نیز می تواند به طور معنی داری متفاوت باشد. با افزایش میزان رطوبت دانه های پسته تا ۳/۵ درصد میزان پراکسید در هر ۳ توان اعمال شده به طور معنی داری کاهش یافت. گزارش شده است که در طول فرایند مایکروویو با گذشت زمان و کاهش محتوی رطوبت به علت افزایش واکنش های اکسایش و آب کافی روغن در حضور رطوبت، مقدار پراکسیدها افزایش یافته است [۱۷ و ۲۳].

مایکروویو در دماهای بالا، تشکیل رادیکال های آزاد را تسریع می کند. با این وجود، بررسی تأثیر تیمار مایکروویو بر استخراج روغن دانه کتان نشان داد علی رغم افزایش میزان پراکسید با افزایش توان مایکروویو، روغن استحصال از پایداری اکسیداتیو بالاتری در مقایسه با روغن استخراج شده با روش سوکسله بوده است [۹]. نتایج آزمون پایداری حرارتی در تحقیق حاضر (شکل ۸) این مطلب را تایید می کند.

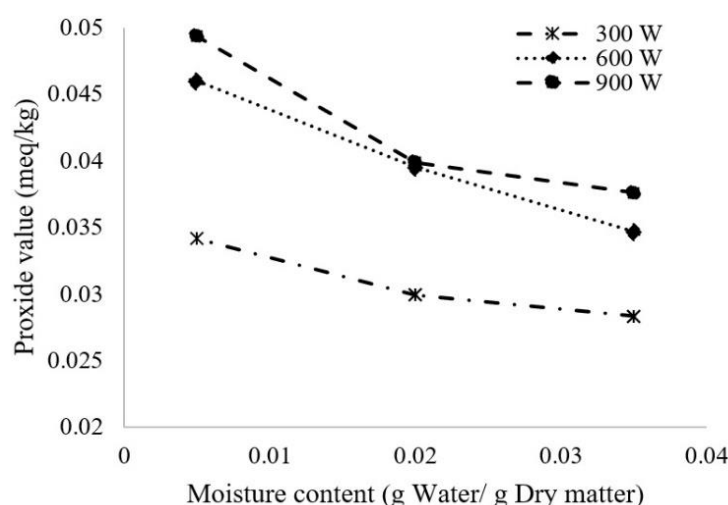


Figure 5- Peroxide value in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۳-۶- عدد آنیزیدین

میسل های روغن تحت تأثیر امواج مایکروویو مرتبط باشد. بررسی تأثیر تابش مایکروویو بر روغن کلزا نشان داده است که علی رغم اینکه عدد پراکسید اولیه روغن کلزای تیمار شده با مایکروویو بالاتر از عدد پراکسید کلزای تیمار نشده بود، اما نمونه تیمار شده پس از نگهداری به مدت ۳۲ روز، دارای میزان پراکسید کمتری در مقایسه با نمونه تیمار نشده بود (هو و همکاران ۲۰۱۸). بنابراین می توان استنباط نمود که نمونه های تیمار شده با مایکروویو به دلیل پایداری میسلی بالاتر دارای محصولات اکسایشی ثانویه کمتری در مقایسه با نمونه های تیمار نشده باشند. در واقع تابش مایکروویو می تواند باعث افزایش پایداری اکسایشی روغن تیمارهای مورد بررسی شود [۱۰]. نتایج آزمون رنسیمت (شکل ۸) هم به خوبی این مطلب را تایید می کند.

در مقایسه با عدد پراکسید، مقدار عدد آنیزیدین یک آزمایش با اهمیت تر است زیرا تجمع محصولات اکسایش ثانویه را اندازه گیری می کند. مقدار عدد آنیزیدین برای تیمارها در توان های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات در مایکروویو با میزان رطوبت متفاوت طی برشته کردن در شکل ۶ نشان داده شده است. روند تغییر عدد آنیزیدین تیمارهای مورد بررسی با عدد پراکسید متفاوت بود. به طوری که برعکس نتایج پراکسید، میزان عدد آنیزیدین با افزایش توان مایکروویو و کاهش رطوبت کاهش پیدا کرد. مشابه این نتایج توسط علی و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص تأثیر تابش مایکروویو بر ویژگی های روغن دانه کدو تنبل گزارش شده است [۲۵]. کاهش میزان عدد آنیزیدین تیمارها در توان های بالاتر علی رغم میزان پراکسید بیش تر، می تواند به پایداری بیش تر

دانه‌ها بستگی دارد. به طوری که با کاهش رطوبت میزان عدد آنزیدین روند کاهشی داشت و این کاهش در رطوبت پائین‌تر از ۲ درصد مشهودتر بود.

محتوای رطوبت یکی از عواملی است که بر ناپایداری پراکسیدها تأثیر دارد. آب از طریق تأثیر بر اجسام میسلی نیز اکسایش لیپیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش حرارت دهی میکروویو در رطوبت‌های بالا نیز ممکن است باعث ناپایداری ساختارهای میسلی روغن شود. هم‌چنین آب ممکن است سبب هیدرولیز تری‌آسیل گلیسرول‌ها و تشکیل منو و دی‌آسیل گلیسرول و اسیدهای چرب شود که این ترکیبات ممکن است اثر سویی بر پایداری ساختارهای میسلی داشته باشند [۲۶].

شاهی چهرق و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی اثر میکروویو بر روغن گلرنگ نتیجه گرفتند که با افزایش توان میکروویو میزان فسفاتیدهای روغن گلرنگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. پیشنهاد شده است فسفولیپیدها در حضور میزان کم آب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آلفاتوکوفرول را با تشکیل اجسام میکروامولسیون در روغن تقویت می‌کنند. در واقع این ترکیبات، توكوفرول‌ها را به‌همراه خود به مکان انجام اکسایش منتقل می‌کنند [۹]. علاوه بر این، فسفولیپیدها که نقش امولسیفایری دارند، قادرند با کاهش کشش سطحی و انرژی آزاد بین سطحی در روغن‌ها از تجمع پراکسیدها ممانعت به عمل آورده، با دور نگه داشتن آنها از یکدیگر، سرعت واکنش آنها را کم کنند.

نتایج (شکل ۶) هم‌چنین نشان داد که میزان عدد آنزیدین تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری به محتوای رطوبت

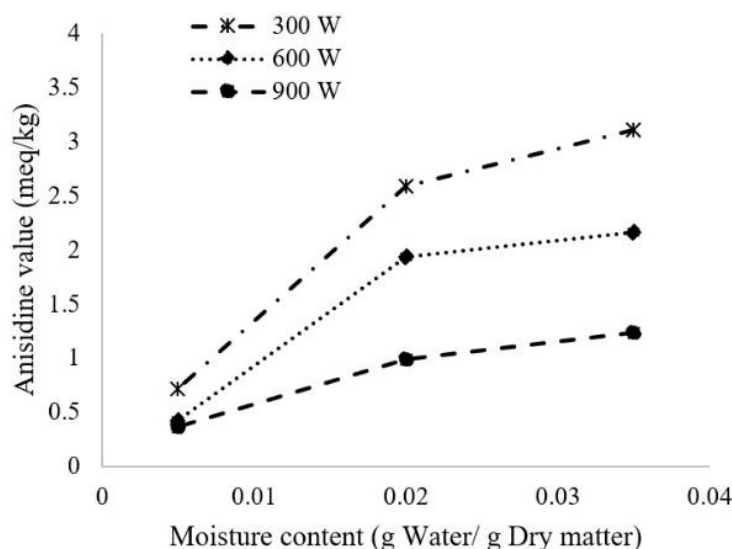


Figure 6- Anisidine value value in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۷-۳- محتوای کل ترکیبات قطبی

(۲۰۱۶) که تأثیر عملیات حرارتی میکروویو را به ترتیب بر دانه کینوا و روغن دانه ذرت مطالعه کردند، مطابقت داشت [۲۷ و ۲۸]. این افزایش در ترکیبات قطبی در روغن پسته می‌تواند به شکستن پیوندهای مولکولی در ماتریکس سلولی و بالارفتن حلالیت مولکول‌هایی نظیر ترکیبات پلی فنل مرتبط باشد [۲۷ و ۲۸]. نتایج آزمون اندازه‌گیری ترکیبات پلی‌فنلی (شکل ۲) و هم‌چنین آزمون عدد آنزیدین (شکل

محتوای کل ترکیبات قطبی اندازه‌گیری شده تیمارها در شکل ۷ نشان داده شده است. همان گونه که در نمودار مذکور قابل مشاهده است، با افزایش توان میکروویو و کاهش محتوای رطوبت، میزان کل ترکیبات قطبی افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های ختو و همکاران (۲۰۲۲) و عباس‌علی و همکاران

مولکولی و قطبیت بالا را در پی دارد [۲۱]. در این خصوص می توان به تغییر ساختاری کاروتنوئید آستاگزانتین از فرم ترانس به سیس بعد از جذب انرژی مایکروویو در روغن بادام زمینی اشاره نمود [۱۰]. هم چنین تحت تأثیر امواج مایکروویو، لیپیدها می توانند پس از پراکسیداسیون به محصولات اکسایش ثانویه قطبی یعنی آلدئیدها، کتونها، اسیدها و الکل ها تبدیل شوند [۲۸].

این ادعا را تأیید می کند. عدد آنیزیدین که شاخص ترکیبات ثانویه اکسایش می باشد، با افزایش توان مایکروویو و رطوبت دانه ها به طور معنی داری کاهش یافت. بنابراین می توان نتیجه گیری نمود دلیل افزایش ترکیبات قطبی کل تیمارها با افزایش توان مایکروویو می تواند عمدتاً به میزان ترکیبات پلی فنلی مرتبط باشد. با این وجود استفاده از مایکروویو می تواند منجر به وقوع طیف وسیعی از واکنش های شیمیایی شود که تشکیل ترکیباتی با وزن

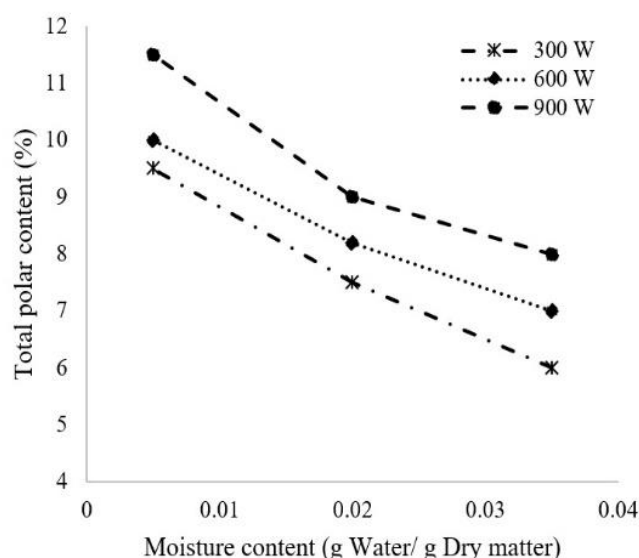


Figure 7- Total polar content in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۳-۸- شاخص پایداری اکسیداتیو

۹۰۰ رسید. این نتایج با یافته های هو و همکاران (۲۰۱۸) مشابهت داشت.

عدد رنسیمت روغن پسته ارقام کله فوجی، رقم فندق، اکبری و آقیا رفسنجان به ترتیب ۱۲/۶۸، ۱۲/۹۵، ۱۲/۲۴ و ۱۴/۷۵ ساعت و رقم های کله فوجی و اکبری آذربایجان به ترتیب با میزان حداکثر ۱۶ و ۱۶/۴ ساعت گزارش شده است [۳]. دلیل افزایش پایداری حرارتی تیمارها با افزایش توان مایکروویو می تواند به وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی بیش تر مرتبط باشد. نتایج آزمون های پلی فنل کل، کاروتنوئیدها (اشکال ۲ و ۳-ب) این موضوع را تایید می نماید. علاوه بر این دلیل دیگر پایداری اکسایشی تیمارهای مورد بررسی ممکن است به حضور ترکیبات اکسیدانی با خصوصیات حمله ای بهتر (مقاومت حرارتی بالاتر) در توان های بالاتر در

شاخص پایداری اکسیداتیو نشان دهنده حساسیت روغن به اکسایش است که عمدتاً به درجه غیر اشباعی و سطح ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در روغن بستگی دارد [۳]. طبق شکل ۸ پایداری اکسیداتیو تیمارهای مورد بررسی با افزایش توان مایکروویو و کاهش رطوبت دانه های پسته، افزایش پیدا کرد. به طوری که بالاترین میزان مقاومت در برابر اکسایش در این آزمون مربوط به تیمار برشته شده با توان ۹۰۰ و میزان رطوبت ۰/۵ درصد اندازه گیری شد که در مقایسه با نمونه تیمار شده با توان ۳۰۰ وات با رطوبت یکسان ۶۲ درصد افزایش نشان داد و از ۲۱/۵۴ ساعت برای نمونه تیمار شده با توان ۳۰۰ وات به ۳۴/۹۳ ساعت در توان

افزایش پایداری حرارتی تیمارها ممکن است به پایداری بیشتر ساختارهای میسلی روغن در توان های بالاتر مرتبط باشد که دلیل آن در بخش نتایج عدد آنیزیدین توضیح داده شد.

مقایسه با توان های میکروویو پائین تر باشد که قادر بودند تولید رادیکال های آلکیل جدید را از طریق انتقال اتم هیدروژن (HAT) به رادیکال های پراکسید به تعویق اندازد [۲۹]. هم چنین با توجه به اینکه آزمون رنسیمت بر اساس اندازه گیری ترکیبات فرار حاصل از اکسایش استوار است،

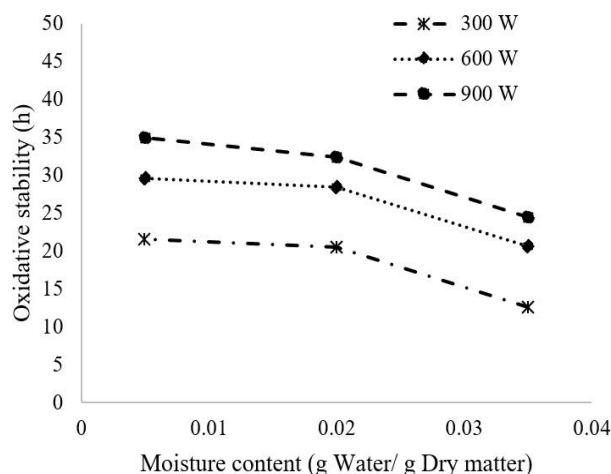


Figure 8- Oxidative stability in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

شاخص عدد آنیزیدین و بالاترین پایداری حرارتی به تیمار ۹۰۰ وات تعلق داشت.

۴- نتیجه گیری کلی

در این تحقیق میزان راندمان استخراج و کیفیت روغن پسته برشته شده با میکروویو در توان های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات و محتوای رطوبتی ۰/۵، ۲ و ۳/۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش توان میکروویو، راندمان استحصال روغن دانه پسته به طور معنی داری افزایش یافت. و بیش ترین راندمان به توان ۹۰۰ وات تعلق داشت. فنل ها، کلروفیل و کاروتنوئید اندازه گیری شده در توان های بالاتر و مقدار رطوبت پایین تر افزایش نشان دادند. در واقع افزایش توان میکروویو اثر تخریبی بر ترکیبات مذکور ندارد. بنابراین استفاده از میکروویو در تهیه روغن پسته، روغنی غنی تر از ترکیبات آنتی اکسیدانی زیست فعال خواهد بود. اگرچه با افزایش توان میکروویو، عدد پراکسید نمونه های تیمار شده افزایش یافت. اما نتایج عدد آنیزیدین و هم چنین پایداری حرارتی نشان داد که پایداری اکسایشی نمونه ها با افزایش توان میکروویو، افزایش یافته است و کمترین

۵- تشکر و قدردانی

هزینه تحقیقاتی این پژوهش از محل پژوهانه دانشگاه زابل به شماره (IR-UOZ-GR-0946) تأمین شده است.

۶-منابع

- [1] Terzo, S., Baldassano, S., Caldara, G. F., Ferrantelli, V., Lo Dico, G., Mulè, F., & Amato, A. (2019). Health benefits of pistachios consumption. *Natural Product Research*, 33(5), 715–726.
- [2] Valasi, L., Zafeiri, E. C., Thanou, I., & Pappas, C. S. (2023). Study of volatile compounds in Greek pistachio (*Pistacia vera* L. 'Aegina' cultivar) oils using Soxhlet and ultrasound assisted extraction. *Heliyon*, 9(5).
- [3] Yahyavi, F., Alizadeh-Khaledabad, M., & Azadmard-Damirchi, S. (2020). Oil quality of pistachios (*Pistacia vera* L.) grown in East Azarbaijan, Iran. *NFS Journal*, 18, 12–18.
- [4] Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Alvarruiz, A., & Pardo, J. E. (2017). Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. *LWT-Food Science and Technology*, 83, 79–85.
- [5] Durmaz, G., & Gökmen, V. (2010). Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. *Lipid Technology*, 22(8), 179–182.
- [6] Asadi, S., Aalami, M., Shoeibi, S., Kashaninejad, M., Ghorbani, M., & Delavar, M. (2020). Effects of different roasting methods on formation of acrylamide in pistachio. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2875–2881.
- [7] Su, T., Zhang, W., Zhang, Z., Wang, X., & Zhang, S. (2022). Energy utilization and heating uniformity of multiple specimens heated in a domestic microwave oven. *Food and Bioproducts Processing*, 132, 35–51.
- [8] Shahi Chehragh, A., Raftani Amiri, Z., & Esmailzadeh Kenari, R. (2022). Investigation of the effect of microwave pretreatment on oil extraction efficiency from safflower oilseed and physicochemical properties of produced oil and meal. *Journal of Food Research*, 32(4), 103–120.
- [9] Hu, Q., He, Y., Wang, F., Wu, J., Ci, Z., Chen, L., Xu, R., Yang, M., Lin, J., & Han, L. (2021). Microwave technology: A novel approach to the transformation of natural metabolites. *Chinese Medicine*, 16, 1–22.
- [10] Hu, H., Liu, H., Shi, A., Liu, L., Fauconnier, M. L., & Wang, Q. (2018). The effect of microwave pretreatment on micronutrient contents, oxidative stability and flavor quality of peanut oil. *Molecules*, 24(1), 62.
- [11] Catalan, L., Alvarez-Ortí, M., Pardo-Giménez, A., Gomez, R., Rabadan, A., & Pardo, J. E. (2017). Pistachio oil: A review on its chemical composition, extraction systems, and uses. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(5), 1600126.
- [12] Ojeda-Amador, R. M., Fregapane, G., & Salvador, M. D. (2018). Composition and properties of virgin pistachio oils and their by-products from different cultivars. *Food Chemistry*, 240, 123–130.
- [13] Ojeda-Amador, R. M., Trapani, S., Fregapane, G., & Salvador, M. D. (2018). Phenolics, tocopherols, and volatiles changes during virgin pistachio oil processing under different technological conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), 1800221.
- [14] Borello, E., & Domenici, V. (2019). Determination of pigments in virgin and extra-virgin olive oils: a comparison between two near UV-vis spectroscopic techniques. *Foods*, 8(1), 18.
- [15] Dini, A., Falahati-pour, S. K., & Hashemipour, H. (2023). Oxidation kinetic studies of virgin and solvent extracted pistachio oil under Rancimat test conditions. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1), 653–663.
- [16] Shantha, N. C., & Decker, E. A. (1994). Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, 77(2), 421–424.
- [17] Dini, A. (2021). Optimization of the Pistachio Roasting Process with Hot Air Using the Response Surface Methodology. *Pistachio and Health Journal*, 4(4), 4–27.
- [18] Alizadeh Khaledabad, M. (2020). Effect of roasting and microwave pre-treatments of pistachios on the yield and the quality of the extracted oil. *Journal of food science and technology (Iran)*, 17, 43–51.
- [19] Abadi, Z. D., Mortazavi, S. A., Moghimi, M., Sekhbabadi, H., & Steari, S. H. (2018). Optimization of oil extraction process from safflower seeds with microwave pavement and estimation of process parameters by artificial neural network. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 10(4).
- [20] Hojjati, M., Noguera-Artiaga, L., Wojdyło, A., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2015). Effects of microwave roasting on physicochemical properties of pistachios

- (Pistaciavera L.). *Food Science and Biotechnology*, 24, 1995–2001.
- [21] Hayat, K., Abbas, S., Hussain, S., Shahzad, S. A., & Tahir, M. U. (2019). Effect of microwave and conventional oven heating on phenolic constituents, fatty acids, minerals and antioxidant potential of fennel seed. *Industrial Crops and Products*, 140, 111610.
- [22] Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P., & Singh, N. (2020). Influence of microwave roasting on chemical composition, oxidative stability and fatty acid composition of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil. *Food Chemistry*, 326, 126974.
- [23] Suri, K., Singh, B., & Kaur, A. (2022). Impact of microwave roasting on physicochemical properties, maillard reaction products, antioxidant activity and oxidative stability of nigella seed (*Nigella sativa* L.) oil. *Food Chemistry*, 368, 130777.
- [24] Martínez, M. L., Fabani, M. P., Baroni, M. V., Huaman, R. N. M., Ighani, M., Maestri, D. M., Wunderlin, D., Tapia, A., & Feresin, G. E. (2016). Argentinian pistachio oil and flour: a potential novel approach of pistachio nut utilization. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 2260–2269.
- [25] Ali, M. A., Nargis, A., Othman, N. H., Noor, A. F., Sadik, G., & Hossen, J. (2017). Oxidation stability and compositional characteristics of oils from microwave roasted pumpkin seeds during thermal oxidation. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2569–2580.
- [26] Budilarto, E. S., & Kamal-Eldin, A. (2015). The supramolecular chemistry of lipid oxidation and antioxidation in bulk oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(8), 1095–1137.
- [27] Kheto, A., Joseph, D., Islam, M., Dhua, S., Das, R., Kumar, Y., Vashishth, R., Sharanagat, V. S., Kumar, K., & Nema, P. K. (2022). Microwave roasting induced structural, morphological, antioxidant, and functional attributes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), e16595.
- [28] Abbas Ali, M., Hadi Bin Mesran, M., Abd Latip, R., Hidayu Othman, N., & Nik Mahmood, N. A. (2016). Effect of microwave heating with different exposure times on the degradation of corn oil. *International Food Research Journal*, 23(2).
- [29] Tsimogiannis, D. I., & Oreopoulou, V. (2004). Free radical scavenging and antioxidant activity of 5,7,3',4'-hydroxy-substituted flavonoids. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(4), 523–528.



Scientific Research

Effect of microwave roasting pretreatment on extraction efficiency and quality characteristics of pistachio oil

B. Farajpour¹, S. Soleimani Fard^{2*}, S. M. Ahmadi³, S. Niknia⁴, A. Dini⁵

- 1- MSc student of department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, P.O. Box 98615-538, Zabol, Iran.
- 2- *Ph.D., Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
- 3- Ph.D., assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
- 4- Ph.D., assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
- 5- Ph.D., Assistant Professor, Department of Food Science and Industry, Head of Food, Beverage, Cosmetic and Health Products Supervision Management, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2024/1/17

Accepted: 2024/7/11

Keywords:

Thermal stability,
Oxidation,
Anisidine,
Pistachio oil.

DOI: 10.22034/FSCT.22.162.58.

*Corresponding Author E-
s.soleimanifard@uoz.ac.ir

Pistachio oil is an oxidation-resistant oil known for its healing properties. The application of a microwave pretreatment process under optimal conditions can enhance both the efficiency and quality of the extracted oil. This process was conducted using microwave powers of 300, 600, and 900 watts, along with three levels of moisture content (0.5%, 2%, and 3.5%). The oil extraction efficiency, as well as qualitative parameters such as polyphenol content, chlorophyll levels, carotenoid concentrations, DPPH inhibition capacity, peroxide value, anisidine value, total polar compound content, and thermal stability, were measured. The data were analyzed using split-plot testing within a completely randomized block design, employing SAS software version 9.4. Mean values were compared using Duncan's method at a 5% significance level. The results indicated that oil extraction efficiency increases with both microwave power and moisture content, as well as with the levels of polyphenols, chlorophyll, carotenoids, and the total amount of polar compounds. Additionally, DPPH radical inhibition activity significantly increased with higher power and lower humidity. Furthermore, the findings revealed that while increasing power and decreasing humidity led to a rise in the peroxide value in the examined treatments, the levels of anisidine and thermal stability exhibited a significant decrease and increase, respectively. These results suggest enhanced oxidative stability of pistachio oil extracted at higher microwave powers. The highest thermal stability index was observed in samples treated with 900 watts of power and 0.5% moisture content.