مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

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

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۱

کلمات کلیدی:

پایداری حرارتی،

اکسایش،

آنیزیدین،

روغن پسته.

DOI:10.22034/FSCT.22.162.58.

* مسئول مکاتبات:

s.soleimanifard@uoz.ac.ir

چکیده

روغن مغز پسته، روغنی مقاوم به اکسایش و دارای خواص‌درمانی 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 پلی فنل‌ها، کلروفیل و کاروتنوئیدها، آزمون مهارکنندگی DPPH، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، میزان کل ترکیبات قطبی و پایداری حرارتی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمـایش کرت 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 ترکیبات‌قطبی و هم‌چنین فعالیت مهار کنندگی 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.

۱-مقدمه

پسته از خانواده *آناکاردیاسه*[1] و جنس پستشیا[2] است که منشأ آن به آسیای مرکزی و جنوب غربی برمی‌گردد. مغز پسته واریته‌های بومی استان کرمان، حاوی حدود ۵۰ درصد چربی است. روغن مغز پسته حاوی مقادیر قابل توجهی اسیدهای اولئیک، لینولئیک و لینولنیک می‌باشد که دارای خواص درمانی مهمی هم‌چون کاهش دهنده میزان تری‌آسیل گلیسرول‌ها، کلسترول دانسیته پائین، کلسترول کل و شاخص گلایسمی است [۱]. روغن پسته به دلیل داشتن محتوای بالای اسید اولئیک و مقادیر کم اسیدهای چرب چند غیراشباع، روغن مقاوم در برابر اکسایش محسوب می‌شود و می‌تواند روغن مناسبی برای پخت و پز و سرخ کردن باشد. علاوه براین دارای ویتامین‌های محلول در چربی (A و E) و مقادیر قابل توجهی ترکیبات فنولی از جمله آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و پروآنتوسیانیدین‌ها است [۲] و حاوی توکوفرول‌ها و استرول‌ها نیز می‌باشد [۳]. از آنجاکه مقدار روغن پسته و اثرات سلامت بخشی آن به دلیل ترکیبات موجود در آن، بسیار زیاد است، استخراج روغن پسته می‌تواند بسیار کارآمد و مفید باشد.

یکی از فرایندها قبل از استخراج روغن مغز انواع آجیل، برشته‌کردن است. فرایند برشته‌کردن به‌دلیل ایجاد عطر و طعم خاص، که عامل تعیین کننده در پذیرش مصرف کننده می‌باشد، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [٤]. برشته‌کردن هم‌چنین باعث تسهیل استخراج روغن، غیر فعال‌سازی آنزیم‌ها و تجزیه مواد آلرژی‌زا می‌شود [٥]. فرایند برشته‌کردن آجیل‌ها با استفاده از روش‌های مختلفی شامل: استفاده از هوای‌گرم، مایکروویو، اشعه مادون‌قرمز و روش‌های ترکیبی هوای گرم با مایکروویو و مادون قرمز انجام می‌شود [٦] که در این بین، یکی از تکنولوژی‌های جدید و مهم در زمینه فرایند موادغذایی، استفاده از مایکروویو است.

امواج مایکروویو، تشعشعات الکترومغناطیسی هستند که تحت تأثیر خواص دی‌الکتریک و مغناطیسی مواد تبدیل به گرما می‌شوند. در واقع گرمایش مایکروویو نتیجه جذب انرژی مایکروویو توسط ماده‌ای است که در معرض میدان الکترومغناطیسی قرار می‌گیرد [۷]. از مزایای مایکروویو می‌توان به کاهش هزینه‌های فراوری، کیفیت بهتر، تولید محصولات جدید، بهبود سلامت انسان، کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی در مقایسه با روش‌های معمول ذکر نمود [۸ و ۹]

هو و همکاران (۲۰۱۸) به‌طور 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]. هم‌چنین کارایی استفاده از مایکروویو در بهبود راندمان استخراج، ارزش تغذیه‌ای، خواص فیزیکوشیمیایی و حسی روغن‌های کلزا، نخل، سویا، سبوس برنج، پنبه‌دانه، دانه مورینگا اولیفرا، سیاه‌دانه، دانه چیا، و فندق‌شیلیایی را نشان دادند

شاهی چهرغ و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که می‌توان از امواج مایکروویو به‌عنوان پیش‌تیمار جهت افزایش راندمان استحصال روغن از دانه‌های روغنی استفاده‌کرد، نتایج نشان داد که استفاده از این امواج کم‌ترین اثرات نامطلوب را بر روغن استحصالی داشته و هم‌چنین باعث بهبود کیفیت کنجاله شده است [۸].

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

1- *Anacardiaceae*

2 -*Pistacia*

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

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌های پسته و استخراج روغن

دانه‌های پسته احمد آقایی انس ۲۵ و برداشت سال ۱۴۰۱، از پژوهشکده پسته دانشگاه علوم‌پزشکی رفسنجان خریداری شد. دانه‌های پسته پس از پوست‌گیری اولیه در معرض آفتاب تا رطوبت ٤٪، خشک و تا زمان انجام آزمایشات در ٤ درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس پسته‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شدند و نمونه‌ها 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، ٦۰۰ و ۹۰۰ وات) و تا رسیدن به رطوبت ۰/۵٪ انجام شد. نمونه‌های پسته برشته تا فرایند روغن‌گیری در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری گردید. استخراج روغن نمونه‌های پسته پس از پوست گیری و خردشدن با هاون به‌صورت مکانیکی توسط اعمال فشار با استفاده از دستگاه روغن‌گیری 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 ـ سیوکالچو اندازه‌گیری 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 ۱/۱٦۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین ـ سیوکالچو مخلوط شد. بعد از گذشت حداکثر ۸ دقیقه، ۳۰۰ 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 ٤۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، میزان جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر (CARY 100 Scan) در طول موج ۷٦۰ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون، اسید گالیک با غلظت های ۰/۰٤ تا ۰/٤ میلی گرم تهیه شد و جذب نمونه‌ها در ۷٦۰ نانومتر خوانده شد. مقدار کل فنول موجود در روغن پسته، به‌صورت میلی‌گرم 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 میلی‌لیتر رسید. سپس میزان جذب محلول حاصل برای تعیین کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج‌های ٦۷۰ و ٤۷۲ نانومتر اندازه گیری شد و بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم روغن، با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد:

$$CCh_tot = \frac{A472 \times 10^6}{613 \times 100 \times d} \quad (۱)$$

$$CCa_tot = \frac{A670 \times 10^6}{2000 \times 100 \times d} \quad (۲)$$

در این رابطه CCa_tot و CCh_tot به ترتیب میزان کل کاروتنوئید و کلروفیل (ppm/kg oil)، A472 و A670، به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های٤۷۲ و ٦۷۰ نانومتر می‌باشد [١٤].

۲-٤- قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH[3]

برای انجام این آزمون، ۰/۲ میلی‌لیتر از نمونه روغن پسته به ٤ میلی‌لیتر از محلول متانولی ٦×10^{-5} مولار

3- DPPH free radical scavenging assay

رادیکال آزاد DPPH افزوده شد و جذب نمونه‌ها پس از سپری شدن زمان گرمخانه‌گذاری ٦٠ دقیقه‌ای در دمای اتاق و در تاریکی، در مقابل نمونه شاهد در طول موج ٥١٧ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر (CARY 100 Scan) قرائت شد. اثر ممانعت کنندگی با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$\%\mathrm{RSA} = \frac{(A_{Control} - A_{Sample})}{A_{Control}} \times 100 \qquad (٣)$$

که A_{Sample} و $A_{Control}$ به ترتیب میزان جذب نمونه و شاهد و RSA درصد مهار رادیکال آزاد است [١٥].

۲-۵- محتوای کل ترکیبات قطبی

جهت اندازه گیری کل ترکیبات قطبی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه روغن در لوله‌های 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].

۲-٦- عدد پراکسید[4]

عدد پراکسید با استفاده از روش اسپکتروفتومتری معرفی شده توسط شانتا[5] و همکاران تعیین شد. برای این کار مقدار ۰/۰۱ -۰/۰۳ گرم از نمونه روغن با ۹/۸ میلی‌لیتر مخلوط متانول و کلروفرم (۳:۷ حجمی/حجمی) به مدت ۲ تا ٤ 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 به مدت ۲ تا ٤ ثانیه ورتکس شدند. سپس جذب نمونه ها بعد از ۵ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای اتاق اندازه گیری شد. نتایج بر اساس معادله ذیل و به صورت میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن گزارش شد:

$$\mathrm{PV} = \frac{(A_s - \mathrm{A}_b) \times 40.39}{55.84 \times \mathrm{W} \times 2} \qquad (٤)$$

که A_b، A_S، W و m به‌ترتیب نشان‌گر میزان جذب نمونه و شاهد، وزن نمونه و شیب منحنی استاندارد هستند [١٦].

۲-۷- عدد پارا آنیزیدین[6]

در ابتدا ۱/٦ - ۰/۲ گرم از نمونه روغن پسته در یک بالن حجمی ۱۰ میلی‌لیتری با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و با محلول ایزو اکتان به حجم رسید. سپس ۵ میلی‌لیتر از نمونه رقیق شده با ایزو اکتان در یک بالن شیشه‌ای ۱۰ میلی‌لیتری درب‌دار و ۱ میلی‌لیتر 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:

$$P - A.V = \frac{10 \times 1.2\, A_s - A_b}{m} \qquad (٥)$$

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].

۲-۸- پایداری حرارتی

برای تعیین پایداری اکسایشی روغن پسته از دستگاه رنسیمت (Metrohm، مدل ٧٤٣) استفاده گردید. برای انجام آزمایش مقدار ۲/۵ گرم از نمونه‌های روغن در ظروف آزمایش دستگاه رنسیمت به‌دقت توزین شد. نمونه‌ها در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱۵ لیتر

4 -Peroxide Value

5- Shantha

6 -Para anisidine value

بر ساعت در معرض اکسایش قرارگرفتند. نتایج به دست‌آمده 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 خواص‌کیفی روغن، از آرایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ انجام‌شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح معنی‌داری ۵ ٪ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

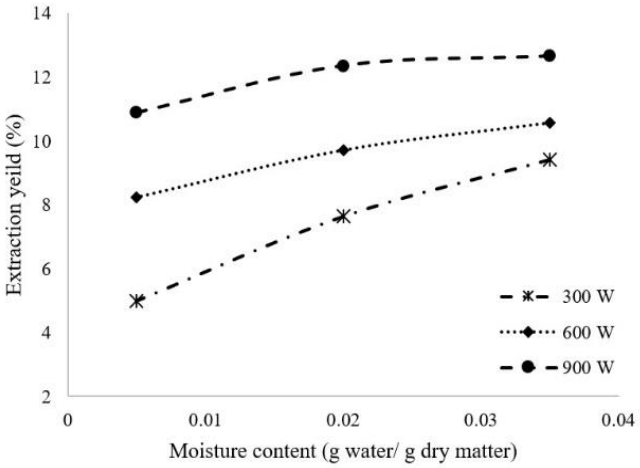


Figure 1- Oil extraction efficiency of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

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 محتوی رطوبت، میزان استحصال روغن کاهش نشان داد که دلیل آن می‌تواند به کاهش انعطاف‌پذیری مواد دانه‌ای و کاهش امکان جریان روغن مرتبط باشد [۱۲].

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) افزایش‌یافت. علت این امر اثر تابشی مایکروویو است که باعث دناتوره‌شدن پروتئین‌ها و بالتبع تغییراتی در دیواره سلولی حاوی چربی می‌شود که عبور روغن را از غشای‌سلولی تقویت‌کرده و منجربه بهبود راندمان آزادسازی روغن در طول فرآیند استخراج می‌شود [۹]. علاوه‌براین، 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.

۳-۲- مقدار پلی‌فنل 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 این‌رو کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند

7 -Induction time

[۱۹]. نتایج آزمون پلی‌فنل 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 پلی‌فنل تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافت. 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 پلی‌فنلی 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 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 هم¬چنین نشان داد در هر ۳ توان مایکروویو اعمال‌شده، کمترین میزان پلی فنل‌کل در رطوبت ۳/۵ درصد مشاهده شد. بعبارت دیگر با افزایش مدت زمان فرایند و کاهش رطوبت نمونه، میزان استحصال ترکیبات پلی‌فنلی 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].

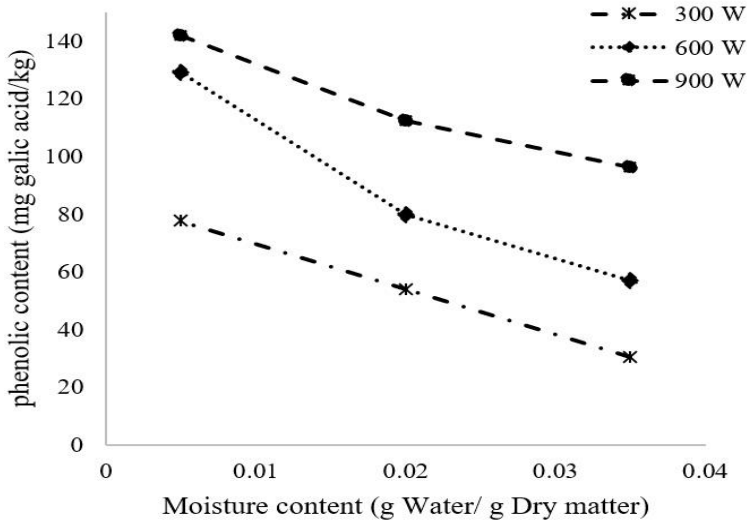
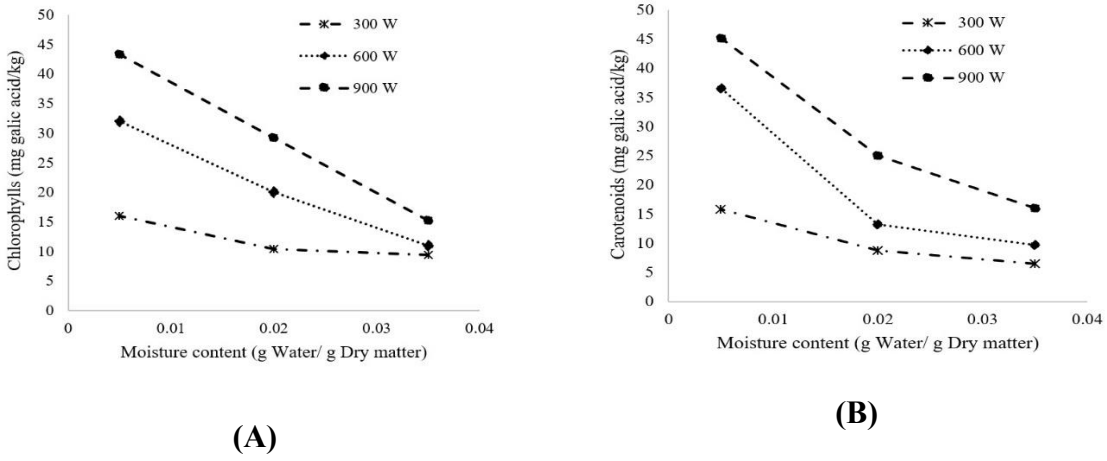


Figure 2- The total phenolic compounds in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

۳-۳- اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل و کاروتنوئید

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 محتوی رطوبت دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید برای نمونه تیمارشده با شدت توان ۹۰۰ وات و رطوبت ۰/۵ 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 هم¬چنین سوری و همکاران (۲۰۲۲) برای دانه سیاه‌دانه تیمارشده با توان‌های مختلف مایکروویو مطابقت داشت [۲۲ و ۲۳].



(A) **(B)**

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

نتایج هم¬چنین نشان داد که با افزایش مدت زمان فرایند و کاهش میزان رطوبت دانه‌های پسته میزان کاروتنوئیدها و کلروفیل روغن تیمارهای مورد بررسی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (اشکال ۳-الف و ب). کاروتنوئیدها دارای ساختار دی‌ان مزدوج هستند، بنابراین ظرفیت آنتی اکسیدانی قوی دارند. در طول فرآیند حرارت دهی مایکروویو، پیوندهای دوگانه آنها می‌تواند به سهولت اکسید یا ایزومریزه و تجزیه شود و بنابراین میزان اکسایش با کاهش رطوبت دانه می‌تواند کاهش یابد [۹].

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

	Extraction yeild	Oxidation stability	Carotenoid	chlorophyl	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}

۳-٤- قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH

در این آزمون مولکول‌های آنتی‌اکسیدان، الکترون/ اتم هیدروژن را به رادیکال‌های ۲ و ۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل ($DPPH^{\bullet}$) انتقال داده، آن را به رادیکال خنثی ۱ و ۱- دی فنیل -۲- پیکریل هیدرازین ($DPPH_2$) تبدیل می‌کنند (واکنش ۱). بدین ترتیب قابلیت کاهندگی رادیکال DPPH با کاهش جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قابل اندازه گیری می‌باشد:

$$(DPPH^{\bullet} + AH \rightarrow DPPH_2 + A^{\bullet}) \quad (٦)$$

نتایج نشان داد (شکل ٤) که با افزایش شدت توان مایکروویو و کاهش رطوبت فعالیت آنتی‌رادیکالی روغن پسته تیمارشده افزایش پیداکرد. این افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی

می‌تواند به محتوای ترکیبات پلی‌فنلی 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 (۲۰۱٦) نمونه‌های پسته ارقام آرژانتینی را مورد ارزیابی قرار دادند؛ آنها بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با محتوای پلی فنلی، فلاونوئیدها و توکوفرول‌ها نمونه‌های پسته همبستگی مثبت مشاهده نمودند [۲٤].

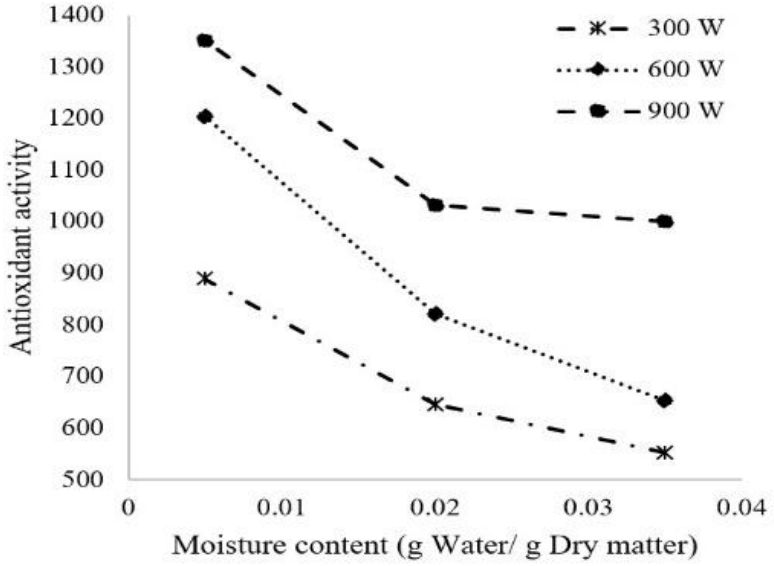


Figure 4- Antioxidant activity in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture content

۳-۵- عدد پراکسید

تنها محصولاتی که در مراحل اولیه اکسایش لیپیدی در رژیم سینتیکی 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 تیمارشده در توان‌های ٦۰۰ و ۹۰۰ وات مشاهده نشد. این یافته‌ها با نتایج سوری و همکاران (۲۰۲۲) و هو و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب بر روغن‌های استخراج‌شده از دانه‌های سیاه‌دانه و بادام‌زمینی تیمار شده با شدت‌های مختلف مایکروویو مطابقت داشت [۱۰ و ۲۲].

نتایج آزمون‌های‌اندازه گیری ترکیبات پلی‌فنلی و کاروتنوئیدها (اشکال ۲ و ۳) حاکی از آن بود که مقادیر این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی 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 کاهش‌یابد چرا که افزایش میزان پلی‌فنل‌ها و کاروتنوئیدها به معنای افزایش فعالیت آنتی‌رادیکالی می‌باشد. نتایج آزمون آنتی‌رادیکالی DPPH (شکل ٤) به خوبی این مطلب را تأئید 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. هم¬چنین بین نرخ واکنش‌های پراکسید با سطوح توان مایکروویو یک هم‌بستگی مثبت به‌دست آمده است. به عبارت دیگر، تابش

مایکروویو در دماهای بالا، تشکیل رادیکال‌های آزاد را تسریع می‌کند. با این وجود، بررسی تأثیر تیمار مایکروویو بر استخراج روغن دانه کتان نشان‌داد علی‌رغم افزایش میزان پراکسید با افزایش توان مایکروویو، روغن استحصالی 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 می‌کند.

نتایج هم¬چنین نشان داد که میزان پراکسید نمونه های تیمار شده متاثر از میزان رطوبت، نیز می‌تواند به‌طور معنی‌داری متفاوت باشد. با افزایش میزان رطوبت دانه‌های پسته تا ۳/۵ درصد میزان پراکسید در هر ۳ توان اعمال شده به طور معنی‌داری کاهش‌یافت. گزارش شده است که در طول فرایند مایکروویو با گذشت زمان و کاهش محتوی رطوبت به علت افزایش واکنش‌های اکسایش و آب‌کافتی روغن در حضور رطوبت، مقدار پراکسیدها افزایش یافته است [۱۷ و ۲۳].

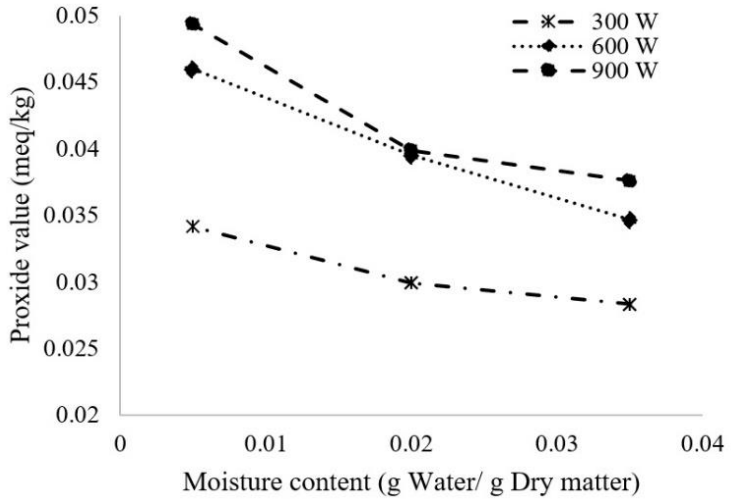


Figure 5- Peroxide value in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۳-٦- عدد آنیزیدین

در مقایسه با عدد پراکسید، مقدار عدد آنیزیدین یک آزمایش با اهمیت‌تر است زیرا تجمع محصولات اکسایش ثانویه را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار عدد آنیزیدین برای تیمارها در توان‌های ۳۰۰، ٦۰۰ و ۹۰۰ وات در مایکروویو با میزان رطوبت متفاوت طی برشته کردن در شکل ٦ نشان‌داده شده است. روند تغییر عدد آنیزیدین تیمارهای مورد بررسی با عدد پراکسید متفاوت بود. به‌طوری 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 ویژگی‌های روغن دانه کدو تنبل گزارش شده‌است [۲۵].

کاهش میزان عدد آنیزیدین تیمارها در توان‌های بالاتر علی‌رغم میزان پراکسید بیش‌تر، می‌تواند به پایداری بیش‌تر میسل‌های 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 می‌توان استنباط نمود که نمونه‌های تیمارشده با مایکروویو به‌دلیل 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 می‌کند.

شاهی چهرق و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی اثر مایکروویو بر روغن گلرنک نتیجه گرفتند که با افزایش توان مایکروویو 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 میکروامولسیونی در روغن تقویت می‌کنند. در واقع این ترکیبات، توکوفرول‌ها را به‌همراه خود به مکان انجام اکسایش منتقل می‌کنند [۹]. علاوه براین، 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 ٦) هم¬چنین نشان داد که میزان عدد آنیزیدین تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری به محتوای رطوبت دانه‌ها بستگی‌دارد. به طوری که با کاهش رطوبت میزان عدد آنیزیدین 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 مایکروویو در رطوبت‌های بالا نیز ممکن است باعث ناپایداری ساختارهای میسلی روغن شود. هم¬چنین آب ممکن است سبب هیدرولیز تری‌آسیل گلیسرول‌ها و تشکیل منو و دی آسیل گلیسرول و اسیدهای چرب شود که این ترکیبات ممکن است اثر سویی بر پایداری ساختارهای میسلی داشته باشند [۲٦].

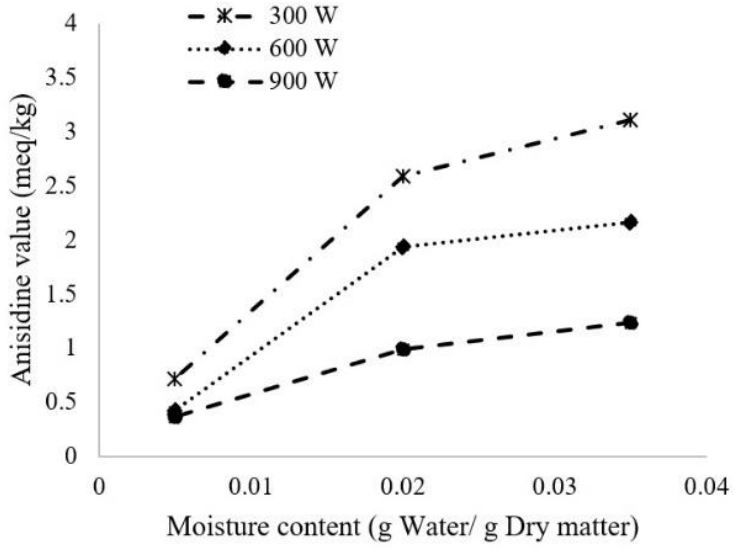


Figure 6- Anisidine value value in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۳-۷- محتوای کل ترکیبات قطبی

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 مایکروویو و کاهش محتوای رطوبت، میزان کل ترکیبات قطبی افزایش یافت. این نتایج با یافته های ختو و همکاران (۲۰۲۲) و عباس‌علی و همکاران (۲۰۱٦) که تاثیر عملیات حرارتی مایکروویو 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 هم¬چنین آزمون عدد آنیزیدین (شکل

٦) این ادعا را تأئید می‌کند. عدد آنیزیدین که شاخص ترکیبات ثانویه اکسایش می‌باشد، با افزایش توان مایکروویو و رطوبت دانه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود دلیل افزایش ترکیبات قطبی کل تیمارها با افزایش توان مایکروویو می‌تواند عمدتاً به میزان ترکیبات پلی فنلی مرتبط باشد. با این وجود استفاده از مایکروویو می‌تواند منجر به وقوع طیف وسیعی از واکنش‌های‌شیمیایی شود که تشکیل ترکیباتی با وزن مولکولی و قطبیت بالا را در پی دارد [۲۱]. در این خصوص می‌توان به تغییر ساختاری کاروتنوئید آستاگزانتین از فرم ترانس به سیس بعد از جذب انرژی مایکروویو در روغن بادام‌زمینی اشاره نمود [۱۰]. هم¬چنین تحت تأثیر امواج مایکروویو، لیپیدها می‌توانند پس از پراکسیداسیون به محصولات اکسایش ثانویه قطبی یعنی آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدها و الکل‌ها تبدیل شوند [۲۸].

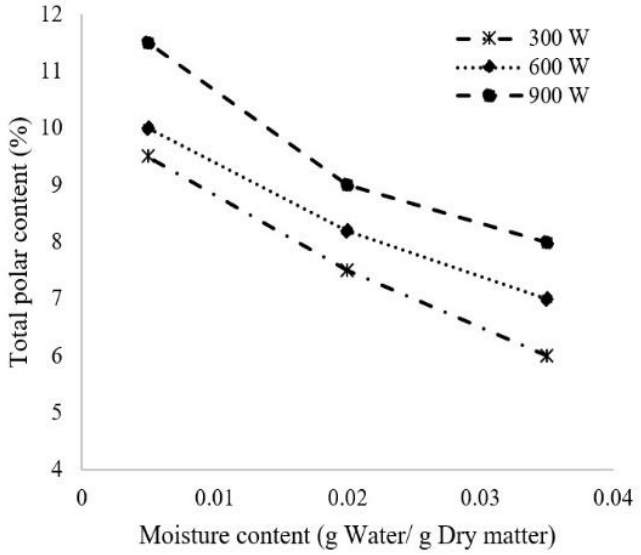


Figure 7- Total polar content in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

۳-۸- شاخص پایداری اکسیداتیو

شاخص پایداری اکسیداتیو نشان دهنده حساسیت روغن به اکسایش است که عمدتاً به درجه غیر اشباعی و سطح ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در روغن بستگی دارد [۳]. طبق شکل ۸ پایداری اکسیداتیو تیمارهای مورد بررسی با افزایش توان مایکروویو و کاهش رطوبت دانه‌های پسته، افزایش پیدا کرد. به‌طوری‌که بالاترین میزان مقاومت در برابر اکسایش در این آزمون مربوط به تیمار برشته‌شده با توان ۹۰۰ و میزان رطوبت ۰/۵درصد اندازه گیری شد که در مقایسه با نمونه تیمار شده با توان ۳۰۰ وات با رطوبت یکسان ٦۲ درصد افزایش نشان داد و از ۲۱/٥٤ ساعت برای نمونه تیمار شده با توان۳۰۰ وات به ۳٤/۹۳ ساعت در توان ۹۰۰ رسید. این نتایج با یافته‌های هو و همکاران (۲۰۱۸) مشابهت داشت.

عدد رنسیمت روغن پسته ارقام کله قوچی، رقم فندقی، اکبری و آقایا رفسنجان به ترتیب ۱۲/٦۸، ۱۲/۹٥، ۱۲/۲٤ و ۱٤/۷٥ ساعت و رقم های کله قوچی و اکبری آذربایجان به ترتیب با میزان حداکثر ۱٦ و ۱٦/٤ ساعت گزارش شده‌است [۳]. دلیل افزایش پایداری حرارتی تیمارها با افزایش توان مایکروویو می‌تواند به وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بیش‌تر مرتبط باشد. نتایج آزمون های پلی‌فنل کل، کاروتنوئیدها (اشکال ۲ و ۳-ب) این موضوع را تایید می‌نماید. علاوه بر این دلیل دیگر پایداری اکسایشی تیمارهای مورد بررسی ممکن است به حضور ترکیبات اکسیدانی با خصوصیات حملی بهتر (مقاومت حرارتی بالاتر) در توان های بالاتر در

مقایسه با توان‌های مایکروویو پائین‌تر باشد که قادر بودند تولید رادیکال‌های آلکیل جدید را از طریق انتقال اتم هیدروژن (HAT) به رادیکال‌های پراکسید به تعویق اندازد [۲۹]. هم¬چنین با توجه به اینکه آزمون رنسیمت بر اساس اندازه‌گیری ترکیبات فرار حاصل از اکسایش استوار است، افزایش پایداری حرارتی تیمارها ممکن‌است به پایداری بیشتر ساختارهای میسلی روغن در توان های بالاتر مرتبط باشد که دلیل آن در بخش نتایج عدد آنیزیدین توضیح داده شد.

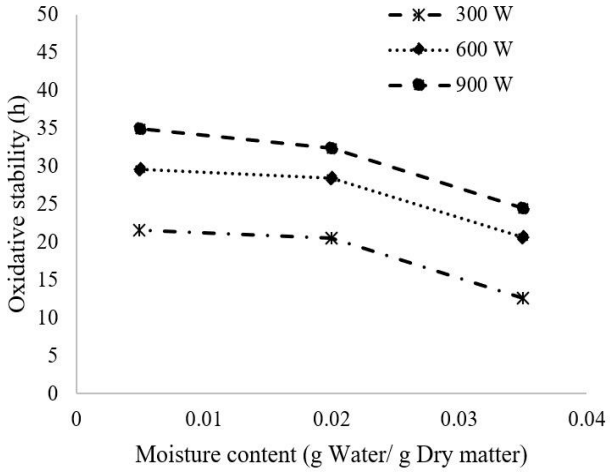


Figure 8- Oxidative stability in the oil of microwave roasted pistachio samples at different moisture contents

٤- نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق میزان راندمان استخراج و کیفیت روغن پسته برشته شده با مایکروویو در توان‌های ۳۰۰، ٦۰۰ 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 مایکروویو، راندمان استحصال روغن دانه پسته به طور معنی‌داری افزایش یافت. و بیش‌ترین راندمان به توان ۹۰۰ وات تعلق داشت. فنل‌ها، کلروفیل و کاروتنوئید اندازه‌گیری‌شده در توان‌های بالاتر و مقدار رطوبت پایین‌تر افزایش نشان دادند. در واقع افزایش توان مایکروویو اثر تخریبی بر ترکیبات مذکور ندارد. بنابراین استفاده از مایکروویو در تهیه روغن پسته، روغنی غنی‌تر از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی زیست فعال خواهد بود. اگرچه با افزایش توان مایکروویو، عدد پراکسید نمونه‌های تیمار شده افزایش یافت. اما نتایج عدد آنیزیدین و هم¬چنین پایداری حرارتی نشان داد که پایداری اکسایشی نمونه ها با افزایش توان مایکروویو، افزایش یافته است و کمترین شاخص عدد انیزیدین و بالاترین پایداری حرارتی به تیمار ۹۰۰ وات تعلق داشت.

٥- تشکر و قدردنی

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

٦-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., & Esmaeilzadeh 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.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

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

B. Farajpour[1], S Soleimani Fard[2*], S. M. Ahmadi[3], S. Niknia[4], A. Dini[5]

1- MSc student of department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Univercity of Zabol, P.O. Box 98615-538, Zabol, Iran.
2- *Ph.D., Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Univercity of Zabol, Zabol, Iran.
3- Ph.D., assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Univercity of Zabol, Zabol, Iran.
4- Ph.D., assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Univercity 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

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

ABSTRACT

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.