تاثیر عصاره نعنا فلفلی بر کیفیت روغن سویا در طی حرارت‌دهی مایکروویو

رضا فرهمندفر[۱*]، علی امینی[۲]، شیرین فقیه نصیری[۳]، مریم اثنی عشری[۴]

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ایران
۳- اداره کل استاندارد مازندران، ایران
٤- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۱)

چکیده

اکسیداسیون روغن‌ها به روش‌های مختلفی همچون سرخ کردن و حرارت‌دهی مایکروویو تسریع می‌شود و منجر به کاهش کیفیت و ارزش تغذیه‌ای آنها می‌گردد. افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها یکی از مؤثرترین روش‌ها در جلوگیری یا به تأخیر انداختن اکسیداسیون روغن‌ها است. در این پژوهش، اثر حفاظتی عصاره نعنا فلفلی روی روغن سویا طی حرارت‌دهی مایکروویو بررسی شد. برای دست یافتن به این منظور عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی به روش غوطه‌وری تهیه و آنالیز ترکیبات شیمیایی آن به روش GC-MS انجام شد. قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره به وسیله آزمون‌های مهار رادیکال آزاد DPPH و OSI تعیین شد. پارامترهای کیفی روغن همچون عدد پراکسید و عدد اسیدی و همچنین، آنالیز پروفایل اسیدهای چرب طی حرارت‌دهی با مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که عصاره نعنا فلفلی دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی همچون منتون و منتول است به طوری که باعث افزایش قدرت مهارکنندگی DPPH و شاخص OSI می‌گردد. با افزایش مدت حرارت‌دهی مایکروویو، عدد اسیدی و عدد پراکسید روغن سویا افزایش یافت. در حالی که با افزودن سطوح مختلفی از عصاره، سرعت افزایش این روند، کاهش چشمگیری یافت. با افزایش مدت زمان حرارت‌دهی مایکروویو، مقدار اسید لینولئیک، اسید آلفا-لینولنیک، PUFA، USFA، عدد یدی، شاخص Cox، PUFA/SFA و USFA/SFA کاهش و مقدار اسید پالمتیک، اسید استئاریک و SFA افزایش یافت. با افزودن عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی به روغن سویا، مقدار اسید لینولئیک، اسید آلفا-لینولنیک و اسید اولئیک افزایش و در نتیجه مقدار USFA، PUFA، MUFA، عدد یدی و شاخص Cox روند صعودی به خود گرفت. به طور کلی، افزودن عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی توانست به طور قابل توجهی میزان اکسیداسیون روغن سویا را کاهش دهد.

کلید واژگان: اکسیداسیون، حرارت‌دهی مایکروویو، روغن سویا، ساختار اسید چرب، عصاره

* مسئول مکاتبات: r.farahmandfar@sanru.ac.ir

۱- مقدمه

روغن‌های گیاهی یکی از مهمترین منابع چربی در رژیم غذایی هستند که استفاده از آنها در فرآیندهای مرتبط به پخت و پز به اثبات رسیده است [۱]. بر اساس آمارنامه رسمی دپارتمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA)، در طی سال‌های اخیر به ترتیب روغن‌های پالم، سویا، کلزا (و کانولا) و آفتابگردان در صدر فهرست تولید روغن‌های گیاهی در دنیا قرار دارند. به عبارت دیگر، فراوانی، ارزانی، کیفیت و بازده بالای روغن و محصول پروتئینی با ارزش بجا مانده از روغنکشی باعث شده است که روغن سویا به عنوانی یکی از روغن‌های برتر در بازارهای جهانی مطرح گردد [۲]. روغن سویا مخلوط پیچیده‌ای از اسیدهای چرب (اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، استئاریک و پالمیتیک) است به طوری که این روغن به ترتیب دارای ۵۳/۷، ۲۳/۳ و ۷/٦ درصد اسید لینولئیک، اسید اولئیک و اسید لینولنیک می‌باشد، لذا می‌توان گفت که این روغن به گروه اسیدهای لینولئیک تعلق دارد [۲]. وجود مقادیر نسبتا زیاد اسید لینولنیک (۱۸:۳) پایداری روغن در مقابل اکسیداسیون را کاهش می‌دهد. روغن سویا منبع غنی اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ٦ است که این اسیدهای چرب از طریق کاهش سنتز LDL، باعث کاهش کلسترول خون می‌شوند و در تنظیم متابولیسم چربی و جلوگیری از تنگی عروق و سرطان نقش بسیاری در بدن دارند [۲].

فرآیند اکسایش لیپیدی که منجر به ایجاد بد طعمی، کاهش کیفیت و افت ارزش تغذیه‌ای روغن‌ها و چربی‌ها می‌شود، یکی از اساسی‌ترین مشکلات صنعت روغن محسوب می‌شود. حرارت‌دهی شدید به صورت‌های مختلف همچون سرخ کردن و پخت با مایکروویو، موجب کاهش کیفیت و از دست رفتن ترکیبات ضروری در روغن‌های گیاهی می‌گردد [۱]. اکسایش روغن سویا از طرفی میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع را طی فرآیند اکسایش کاهش می‌دهد و از طرف دیگر با تولید محصولات اکسایشی و رادیکال‌های آزاد، پلیمرها و اسیدهای چرب ترانس، سلامت انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳].

روش‌های مختلفی برای جلوگیری از تشکیل اکسیداسیون استفاده می‌شوند که از مهمترین آنها می‌توان به افزودن آنتی-اکسیدان‌ها اشاره کرد. آنتی‌اکسیدان‌ها موادی هستند که با کند کردن و حتی توقف فرآیند اکسیداسیون می‌توانند به نحو مطلوبی از تغییر در رنگ و طعم ماده غذایی ناشی از واکنش-های اکسیداسیون جلوگیری کنند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی به عوامل زیادی همچون ساختار لیپید، غلظت آنتی‌اکسیدان، درجه حرارت و فشار اکسیژن و وجود آنتی‌اکسیدان‌های دیگر و غیره بستگی دارد [۲]. اخیراً استفاده از ترکیبات فنلی موجود در گیاهان به دلیل ویژگی‌های بالقوه آنتی‌اکسیدانی و اثرات سلامتی بخش، افزایش یافته است به طوری که برخی محققین اثرات مفید افزودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی را مورد توجه قرار دادند [٤-۷].

نعنا فلفلی از جمله گیاهان دارویی و معطری است که عصاره و اسانس آن خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد میکروبی، ضد عفونی کنندگی، ضد حشره کش، ضد التهاب، مخاط گلو و دهان، ضدخارش و سوزش، سوختگی‌های سطحی، گزیدگی‌ها و به عنوان یک داروی معطر ضد نفخ کاربرد وسیع دارد و در صنایع غذایی، بهداشتی و آرایشی، شیرینی سازی، نوشابه سازی و صنایع ادویه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. در کروماتوگرافی، وجود دی اتیل اتر و استیک اسید در عصاره گیاه به اثبات رسیده که میزان این ترکیبات به محیط رویش گیاه بستگی دارد. همچنین وجود شش ماده شیمیایی ایزومنتول، پلی گون، نئومنتول، منتول، پیپریتون و نئوایزومنتول در روغن گیاه مشخص شده است [۹]. منوترپن‌ها و سزکویی ترپن‌ها نیز در گیاه نعناع فلفلی سنتز می شود. ترکیبات منتول، اتیل استات و نئومنتول در اندام‌های مسن گیاه بیشتر وجود دارد در حالی که منتول و ایزومنتول در اندام‌های جوان یافت می شوند. همچنین در مقایسه با برگ‌ها، گل‌ها حاوی مقادیر بیشتری از منتوفورین هستند. وجود فلاونوئیدها نیز در برگ گزارش شده است. فلاونوئیدها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که در بسیاری از فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه شامل فعالیت‌های دفاعی گیاه دخالت دارند. شش فلاونوئید شامل اریوسیتین، ناریروتین، هیسپریدین، لوتیولین ۷-او-روتینوساید، ایزورویفولین، دیوسمین و همچنین رزماریک اسید در جنس *M. pipertia* وجود دارد. وجود ترکیب منتوفرولاکتون نیز در اندام‌های هوایی نعناع فلفلی گزارش شده است [۱۰].

با توجه به لزوم استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها در سیستم‌های غذایی و اثرات مفید آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در حفظ سلامت و ایمنی غذاها و بدن، مطالعه حاضر با هدف شناسایی ترکیبات و ارزیابی قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره نعنا فلفلی و نیز بررسی اثر عصاره این گیاه بر پایداری اکسیداتیو و پروفایل اسید چرب روغن سویا طی حرارت‌دهی با مایکروویو انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش، گیاه نعنا فلفلی از مزارع سوادکوه و روغن سویا تصفیه شده بدون آنتی‌اکسیدان از کارخانه سبوس مازند تهیه و تا زمان انجام آزمایش در یخچال (با دمای ٤ درجه سانتیگراد) نگهداری شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده از نوع آزمایشگاهی بود که از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده سازی پودر گیاه نعنا فلفلی

گیاه نعنا فلفلی تهیه و پس از تمیز کردن، برگ‌های گیاه نعنا فلفلی به روش دستی جدا و در مدت ۹٦ ساعت در آون با دمای ٤۰ درجه سانتیگراد خشک شد. برگ‌های خشک شده توسط آسیاب (خرد کن) به صورت پودر در آمدند و سپس از الک با مش ٤۰ عبور داده شدند. به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت، پودر خشک شده حاصل در نایلون‌های پلی اتیلنی، بسته بندی و در یخچال (با دمای ٤ درجه سانتیگراد) نگهداری شد.

۲-۲-۲- استخراج عصاره با حلال

۱۰ گرم پودر نعنا فلفلی با ۱۰۰ سی سی مخلوط آب-اتانول (۵۰-۵۰) مخلوط گردید و به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق بر روی شیکر[1] با سرعت ۱٦۰ rpm قرار گرفت. سپس محلول رویی توسط قیف بوخنر و کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. در مرحله بعد، عصاره حاوی حلال به منظور حلال زدائی، در سطح پلیت‌های شیشه‌ای پخش و در آون با دمای ٤۰ درجه سانتیگراد گذاشته شد. پس از تبخیر حلال، عصاره‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در دسیکاتور قرار گرفت. عصاره‌های حاصل تا زمان آزمایش در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شد [۱۱].

۲-۲-۳- تجزیه و شناسایی ترکیبات شیمیایی عصاره

ترکیبات موجود در عصاره با کروماتوگراف Agilent-7890A (Palo Alto, CA) مجهز به آشکارساز طیف سنج جرمی 5975 و ستون‌های مویینه HP-5 MS (۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلیمتر قطر داخلی، ۰/۲۵ میکرومتر ضخامت لایه داخلی) شناسایی گردیدند. گاز حامل شامل هلیم با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دمای اولیه آون به مدت ۲ دقیقه در ۵۰ درجه سانتیگراد نگه داشته شد، سپس با سرعت ٤ درجه سانتیگراد بر دقیقه تا دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت و به مدت ۵ دقیقه در این دما ثابت بود، سپس با سرعت ۲۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه به دمای ۲۸۰ درجه سانتیگراد رسانده شد و به مدت ۲ دقیقه نیز در این دما ثابت نگه داشته شد. دمای بخش‌های تزریق و حد واسط در ۲۸۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. دمای محفظه یونش و چهار قطبی آشکارساز طیف سنج جرمی به ترتیب ۲۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد بود. تزریق نمونه به صورت انشعابی دو بخشی و با نسبت انشعاب ۱:۱۵ انجام گرفت [۱۲].

۲-۲-٤- اندازه گیری قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH[2]

محلول ۰/۰۰٦ درصد رادیکال آزاد DPPH در تولوئن تهیه شد، سپس به لوله‌های آزمایش حامل یک میلی‌لیتر محلول تولوئنی نمونه با غلظت‌های مختلف (بسته به قدرت مهار کنندگی رادیکال آزاد)، یک میلی‌لیتر از محلول فوق اضافه شد. لوله‌های آزمایش بعد از ورتکس شدن به مدت یک ساعت در جای تاریک نگهداری شدند و سپس جذب آنها در طول موج ۵۱۲ نانومتر در برابر شاهد قرائت گردید (جذب شاهد باید حدود ۰/۷۰۰ باشد). درصد مهار کنندگی رادیکال آزاد بر حسب معادله زیر محاسبه شد [۱۳].

1. Shaker

2. 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl

$$A\% = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \qquad (۱)$$

که A% درصد مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH، A_C جذب شاهد و A_S جذب نمونه است.

پس از ترسیم نمودار درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد در برابر غلظت ترکیب آنتی‌اکسیدانی، منحنی مناسب روی داده‌ها برازش داده شد و سپس غلظتی که در آن ترکیب آنتی‌اکسیدانی قادر به مهار ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد بود به عنوان IC50 محاسبه شد.

۲-۲-۵- شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

برای تعیین اثر عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی بر پایداری اکسایش روغن، غلظت‌های مختلف عصاره هیدروالکلی نعنا (۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام) به روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان افزوده و پایداری اکسایشی روغن‌ها اندازه گیری شد. برای این منظور، ۳ گرم نمونه روغن در دستگاه رنسیمت (Metrohm 743) با دما ۱۲۰ درجه سانتیگراد و سرعت جریان هوا ۱۵ لیتر بر ساعت قرار گرفت و میزان OSI به طور خودکار و بر حسب ساعت تعیین شد [١٤].

۲-۲-٦- افزودن عصاره نعنا فلفلی به روغن سویا

عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی با غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی-پی‌ام به روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان اضافه شد و نمونه‌های با عصاره و بی‌عصاره (شاهد) به مدت ۱۵ دقیقه در مایکروویو (با توان ۹۰۰ وات) قرار گرفت و در زمان‌های ۰، ۱، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه نمونه برداری انجام شد. نمونه‌ها پس از سرد شدن در لوله‌های فالکون قرار گرفتند و تا زمان آزمایش‌های مورد نظر (عدد اسیدی، عدد پراکسید و تعیین پروفایل اسید چرب روغن) در یخچال نگهداری شوند [۱].

۲-۲-۷- اندازه‌گیری عدد اسیدی

ده گرم نمونه داخل ارلن مایر توزین شد و به آن ۵۰ میلی‌لیتر حلال اتانول:کلروفرم (به نسبت ۵۰:۵۰) اضافه گردید (حلال باید خنثی باشد زیرا در غیر این صورت باعث افزایش یا کاهش خاصیت اسیدی می‌گردد). نمونه در مجاورت معرف فنل فتالئین با پتاس یک دهم نرمال تیتر شد. عدد اسیدی بر طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$Acid\ value = \frac{N \times V \times 56.1}{W} \qquad (۲)$$

که N و V به ترتیب نرمالیته و حجم پتاس مصرفی و W نیز وزن نمونه است. عدد اسیدی بر حسب میلی‌گرم پتاس مصرف شده به ازای اسیدهای چرب آزاد موجود در یک گرم روغن است [۱۵].

۲-۲-۸- اندازه‌گیری عدد پراکسید

بسته به میزان پراکسایش روغن، ۰/۱ تا ۰/۲ گرم نمونه در لوله‌های آزمایش ۱۵ میلی‌لیتری وزن و به مدت دو تا چهار ثانیه با ۹/۸ میلی‌لیتر حلال کلروفرم:متانول (به نسبت ۷:۳) هم زده شد. سپس به ترتیب ۵۰ میکرولیتر محلول تیوسیونات آمونیوم و محلول آهن II اضافه و بعد از اضافه کردن هر کدام به مدت ۲ تا ٤ ثانیه محلول هم زده شد. پس از ۵ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای اتاق، جذب نمونه در طول موج ۵۰۰ نانومتر در برابر شاهد (بدون ضداکساینده) تعیین شد. تمامی مراحل این روش زیر نور ملایم و به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. عدد پراکسید از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{Peroxide value} = \frac{(A_S - A_b) \times m}{55.84 \times W \times 2} \qquad (۳)$$

که A_s میزان جذب نمونه، A_b میزان جذب شاهد در طول موج ۵۰۰ نانومتر، m شیب به دست آمده از منحنی کالیبراسیون و W وزن نمونه روغن است [١٦].

۲-۲-۹- تعیین ترکیب اسید چرب روغن

ترکیب اسید چرب نمونه‌های روغن به وسیله کروماتوگرافی گازی تعیین و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. استرهای متیل اسیدهای چرب (FAMEs) با اختلاط روغن و هگزان (۰/۳ گرم در ۷ میلی‌لیتر) با هفت میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی دو نرمال در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه تهیه شدند. استر اسیدهای چرب با کروماتوگراف Agilent-7890A (Palo Alto, CA) مجهز به آشکارساز طیف سنج جرمی ۵۹۷۵ و ستون‌های مویینه HP-5 MS با

۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلیمتر قطر داخلی، ۰/۲۵ میکرومتر ضخامت لایه داخلی) شناسایی گردیدند. گاز حامل عبارت از هلیم با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دمای اولیه آون به مدت ۲ دقیقه در ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداشته، سپس با سرعت ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه تا دمای ۱۹۰ درجه سانتیگراد افزایش داده شد. در مرحله بعد، به مدت ۸ دقیقه در این دما ثابت بود و سپس با سرعت ۱۵ درجه سانتیگراد بر دقیقه به دمای ۲۸۰ درجه سانتیگراد رسانده شد و به مدت ۸ دقیقه نیز در این دما ثابت قرار گرفت. دمای بخش‌های تزریق و حد واسط در ۲۵۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. دمای محفظه یونش و چهار قطبی آشکارساز طیف سنج جرمی به ترتیب ۲۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد بود. تزریق نمونه به صورت انشعابی و با نسبت انشعاب ۱:۴۰ انجام گرفت [۱۷].

۲-۲-۱۰- محاسبه شاخص اکسایش‌پذیری[1]

شاخص اکسایش پذیری (Cox) بر حسب میزان اسیدهای چرب غیراشباع ۱۸ کربنه محاسبه شد:

$$Cox\,value = \frac{[1(C18:1\%) + 10.3(C18:2\%) + 2.16(C18:3\%)]}{100} \quad (۴)$$

که C18:1، C18:2 و C18:3 به ترتیب اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک هستند [۱۸].

۲-۲-۱۱- اندازه‌گیری عدد یدی

عدد یدی نمونه‌های روغن بر طبق فرمول ذیل تعیین شد:

$$Iodin\ Value = (C16:1\%)\times 0.95 + (C18:1\%)\times 0.86 + (C18:2\%)\times 1.732 + (C18:3\%)\times 2.616 \quad (۵)$$

که C16:1، C18:1، C18:2 و C18:3 به ترتیب درصد اسیدهای پالمیتولئیک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک در روغن‌ها است [۱۹].

۲-۲-۱۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج به کمک طرح آماری کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. کلیه آزمایشات با سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

1. Calculated oxidizability (Cox) value

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی عصاره

نتایج حاصل از آنالیز GC-MS عصاره هیدروالکلی (۵۰:۵۰) نعنا فلفلی در شکل ۱ نمایش داده شده است. ۱۲۱ ترکیب شیمیایی که در مجموع ۹۹/۶۹ درصد عصاره را تشکیل می‌دهند، به کمک آنالیز GC-MS شناسایی شد. نتایج نشان داد که در بین این ترکیبات به ترتیب اسید لینولئیک (۱۳/۶۳ درصد)، منتون[2] (۱۳/۱۵ درصد) و منتول[3] (۱۱/۹۵ درصد) بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. محققین مختلف بیان کردند که منتون و منتول دارای خوصیات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی می‌باشند [۲۰-۲۲].

۳-۲- فعالیت مهار کنندگی رادیکال آزاد DPPH

به منظور بررسی میزان توانایی مهار رادیکال آزاد DPPH در عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی، غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰، ۶۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۸۰۰۰، ۱۶۰۰۰ و ۳۲۰۰۰ پی‌پی‌ام مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که غلظت عصاره تاثیر معنی‌داری بر درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH داشت ($P<0/05$) به طوری که میزان مهار رادیکال آزاد DPPH از ۳/۸۰ (در ۱۰۰ پی‌پی‌ام) به ۹۹/۱۶ درصد (در ۳۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) رسید (شکل ۲). با برازش منحنی مناسب بر نمودار درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد در برابر غلظت عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی، مقدار IC_{50} عصاره برابر ۰/۷۲ ± ۳۶۴۷/۶۶ پی‌پی‌ام بدست آمد.

اندازه گیری میزان مهار رادیکال آزاد DPPH جزء روش‌های معتبر، دقیق، آسان و مقرون به صرفه با قابلیت تکرار پذیری بالا می‌باشد که در بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی در شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳و۲۴]. DPPH رادیکالی چربی دوست بوده و دارای جذب بیشینه در طول موج ۵۱۷ نانومتر می‌باشد. رادیکال آزاد با احیاء توسط فرآیند گرفتن هیدروژن یا الکترون، رنگ آن از

2. Menthone
3. Menthol

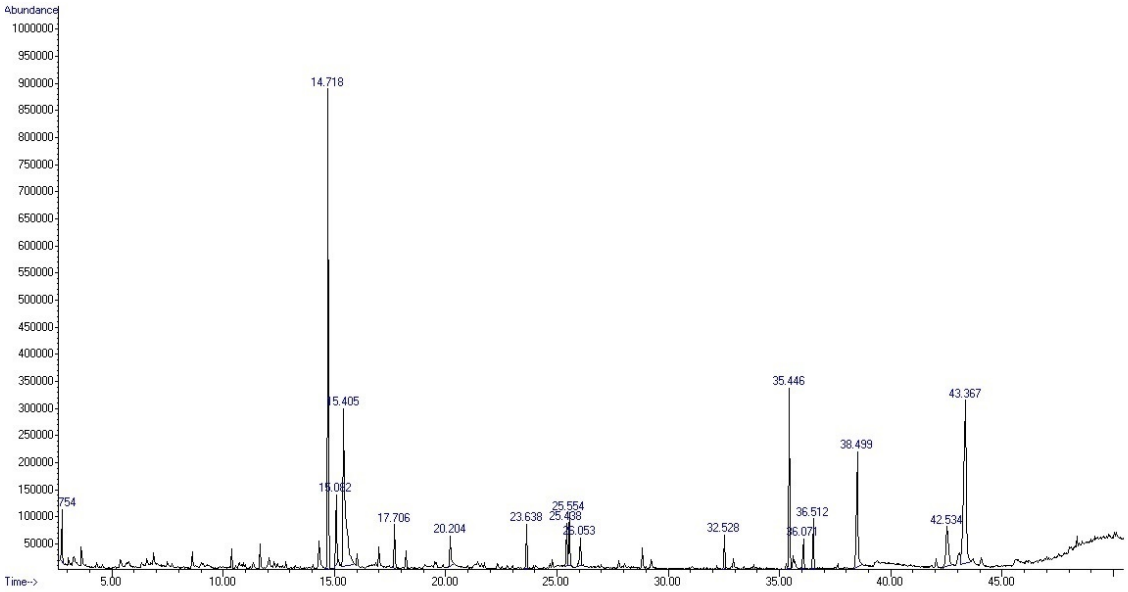

Fig 1 GC-MS chromatogram of hydroalcoholic extract of *Mentha piperita* L.

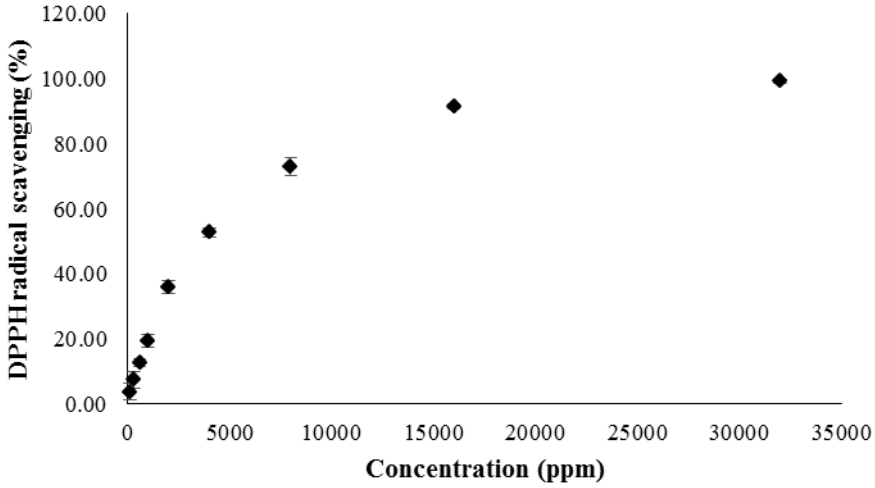

Fig 2 DPPH free radical scavenging activity of hydroalcoholic extract of *Mentha piperita* L.

بنفش به زرد تغییر کرده و در نتیجه جذب آن در طول موج ۵۱۵–۵۱۷ نانومتر کاهش می‌یابد. ترکیب‌های که قابلیت انجام این عمل را دارند، به عنوان یک آنتی‌اکسیدان مطرح می‌شوند [۲۵]. آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر سیستئین، گلوتاتیون، آسکوربیک اسید، توکوفرول، ترکیبات آروماتیک پلی هیدروکسی (مثل هیدروکینون، پیروگالول و غیره) با دادن هیدروژن و یا الکترون به رادیکال DPPH ، آن را احیاء نموده و باعث کم شدن رنگ و یا حتی بی‌رنگ شدن آن می‌شوند. با افزایش غلظت ترکیبات فنلی یا درجه هیدروکسیلاسیون ترکیبات فنلی، فعالیت مهار رادیکالی اسانس یا عصاره افزایش پیدا می‌کند [۲۶]. به عبارت دیگر، با افزایش غلظت و یا درجه هیدروکسیلاسیون ترکیبات فنلی، فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می‌یابد که به عنوان فعالیت آنتی‌اکسیدانی تعریف می‌شود [۲۷].

با توجه به شکل ۲، مشاهده شد که با افزایش غلظت، قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH نیز افزایش می‌یابد به طوری که در این آزمون بیشترین درصد مهار رادیکال آزاد DPPH متعلق به غلظت ppm ۳۲۰۰۰ (۹۹/۱۶ درصد) بود. افزایش غلظت ترکیبات فنلی به طور مستقیم توانایی اسانس‌ها و عصاره‌های مختلف را در مهار رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد. در غلظت‌های بالاتر ترکیبات فنلی به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهداء هیدروژن

به رادیکال آزاد و به دنبال آن قدرت مهار کنندگی عصاره افزایش می‌یابد [۲۸و۲۹].

۳-۳- شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

مقادیر شاخص پایداری اکسایشی روغن سویا بر حسب ساعت در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ٤۰۰۰ و ۸۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره، در شکل ۳ آورده شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره از نمونه شاهد (صفر پی‌پی‌ام) تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام میزان OSI به طور معنی‌داری افزایش و پس از آن کاهش یافت (P<۰/۰۵). لذا عصاره ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام با ۱۸/۰۱ ساعت، بالاترین توانایی در پایداری اکسایشی نمونه روغن را به خود اختصاص داد (P<۰/۰۵) و پس از این نمونه، عصاره ۵۰۰ پی‌پی‌ام با ۱۷/۳۸ ساعت در جایگاه دوم قرار گرفت. با توجه به شکل ۳، با افزایش غلظت عصاره، میزان شاخص پایداری اکسایشی نیز افزایش می‌یابد از این رو در این آزمون، غلظت ppm ۱۰۰۰ دارای بیشترین شاخص پایداری اکسایشی (۱۸/۰۱ ساعت) و نمونه کنترل دارای کمترین شاخص پایداری اکسایشی (۱۳/٦۰ ساعت) بود که از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

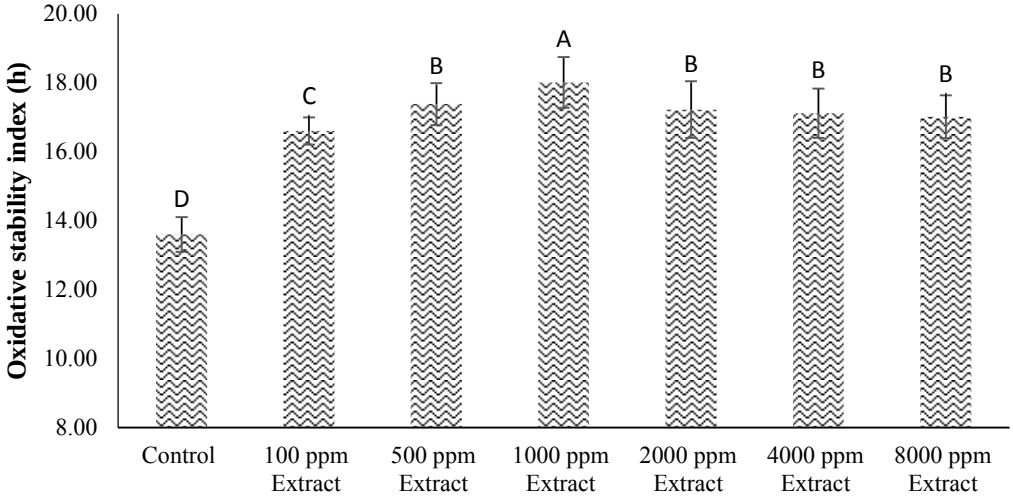

Fig 3 Oxidative stability index of hydroalcoholic extract of *Mentha piperita* L. (*Means followed by the same capital letter is at different concentrations, do not differ statistically at P>0.05)

شاخص پایداری اکسایشی عبارت است از مدت زمان لازم جهت گسترش تندی قابل اندازه گیری در روغن‌ها و چربی‌ها که می‌تواند به عنوان معیاری جهت مقایسه فساد روغن‌ها مورد استفاده قرار گیرد [۲]. شاخص پایداری اکسایشی (دوره القاء) بعنوان زمان مورد نیاز (برحسب ساعت) برای رسیدن به حداکثر تغییرات هدایتی تعریف شده است. با این حال، این روش ممکن است در دماهای مختلف (در دامنه ۱۰۰ تا ۱٤۰ درجه سانتیگراد که برای بسیاری از روغن‌ها مناسب است) انجام می‌شود. در بین ویژگی‌های کیفی روغن‌ها و چربی‌های خوراکی، پایداری اکسایشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آزمون‌های تسریع شده پایداری اکسایشی، سرعت فرآیندهای اکسایشی طبیعی را افزایش می‌دهند و ابزار کنترل کیفی مهمی برای تعیین عمر انباری محصول می‌باشند [۳۰].

برای بررسی مقاومت حرارتی تیمارها در روش رنسیمت[1] از شرایط تشدید شده اکسیداسیون مانند دمای بالا و جریان هوا استفاده و افزایش هدایت الکتریکی آب به عنوان شاخصی از پیشرفت اکسیداسیون در نظر گرفته می‌شود، زیرا در حین اکسیداسیون روغن‌ها، اسیدهای آلی فرار به خصوص اسید فرمیک به وجود می‌آید که هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهند [۱٤]. دوره القاء به عنوان شاخص مهمی از پتانسیل ضداکسایشی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی محسوب می‌شود و هرچه دوره القاء بالاتر باشد، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر است [۳۱].

باتوجه به شکل ۳، با افزایش غلظت عصاره، میزان شاخص پایداری اکسایشی نیز افزایش می‌یابد از این رو در این آزمون،

14. Rancimat

غلظت ppm ۱۰۰۰ دارای بیشترین شاخص پایداری اکسایشی (۱۸/۰۱ ساعت) و نمونه کنترل دارای کمترین شاخص پایداری اکسایشی (۱۳/۶۰ ساعت) بود که از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

محققی ثمرین و همکاران (۱۳۹۰)، مقاومت حرارتی عصاره متانولی پوست سیب زمینی راموس را در غلظت‌های ۲۰۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ در سه دمای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه سانتیگراد در روغن سویا توسط آزمون رنسیمت بررسی کردند و با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA، BHT و TBHQ به میزان ۲۰۰ پی‌پی‌ام مقایسه نمودند. نتایج نشان داد عصاره پوست سیب زمینی از اکسیداسیون روغن سویا ممانعت کرد و سبب افزایش طول دوره القاء شد. طول دوره القاء نمونه‌ها به این ترتیب بود: TBHQ > ۲۴۰۰ پی‌پی‌ام عصاره > ۱۶۰۰ پی‌پی‌ام عصاره > BHT > BHA > ۸۰۰ پی‌پی‌ام عصاره > ۲۰۰ پی‌پی‌ام عصاره > شاهد [۳۲].

۴-۳- عدد اسیدی روغن

شکل ٤ تغییرات عدد اسیدی نمونه‌های روغن سویا را طی ۱۵ دقیقه حرارت‌دهی در مایکروویو نشان می‌دهد. با افزایش مدت حرارت‌دهی مایکروویو از ۰ تا ۱۵ دقیقه، عدد اسیدی نمونه-های روغن سویا با افزایش زمان حرارت‌دهی افزایش یافت (P<۰/۰۵). پس از طی ۳ دقیقه حرارت‌دهی، عدد اسیدی نمونه‌های روغن حاوی عصاره نسبت به نمونه شاهد افزایش چشمگیری از خود نشان داد (P<۰/۰۵).

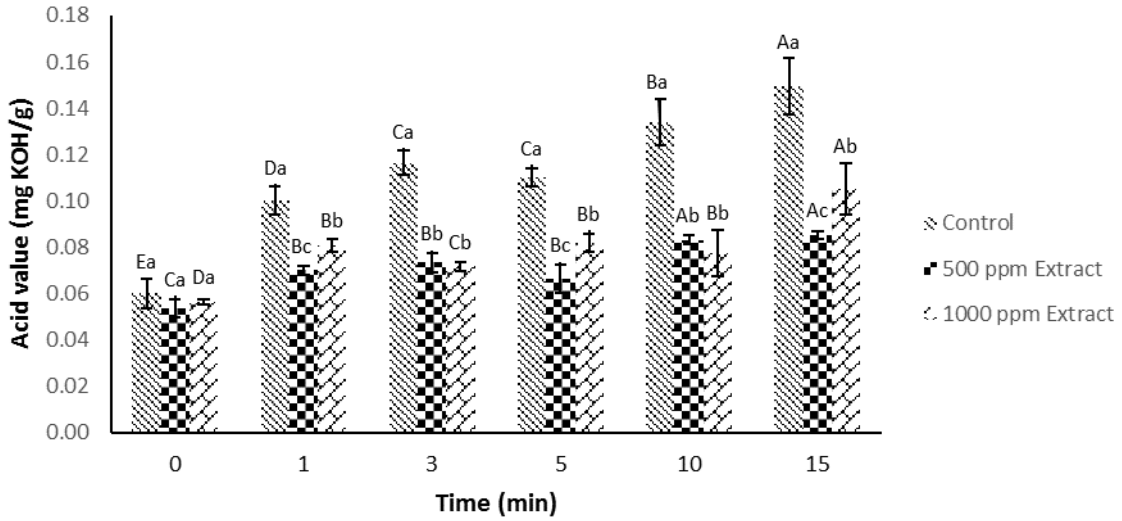

Fig 4 Changes in acid value of soybean oil during microwave heating (*Means followed by the same capital letter is at different times and the same lower case letter in different concentrations, do not differ statistically at P>0.05)

محققین متعددی، تاثیر حرارت‌دهی مایکروویو را بر اسیدیته روغن‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند: روغن‌های زیتون بکر و فوق بکر [۳۳]، روغن زیتون (تصفیه شده+بکر) [٣٤]، روغن‌های زیتون بکر اسپانیایی [۳۵]، روغن‌های زیتون فوق بکر ایتالیایی [۳٦]، نارگیل، پالم و گلرنگ [۳۷]، روغن‌های بادام زمینی، آفتابگردان اولئیک بالا و کانولا [۳۸]، سویا و ذرت [۳۹] و روغن ذرت [٤۰]. این تحقیقات به وضوح بیان کردند که حرارت‌دهی مایکروویو موجب تجزیه مختصر تری-گلیسریدها و در نتیجه افزایش جزئی اسیدهای چرب آزاد روغن‌ها می‌شود.

۵-۳- عدد پراکسید روغن

نتایج مربوط به مقادیر عدد پراکسید طی مدت زمان حرارت-دهی در مایکروویو در شکل ۵ آورده شده است. به طور کلی عدد پراکسید نمونه‌ها از ابتدا تا انتهای حرارت‌دهی افزایش یافت (P<۰/۰۵). تیمارها در زمان‌های کم از لحاظ آماری باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). عدد پراکسید تیمار شاهد خصوصاً در دماهای بالا، به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های روغن حاوی عصاره و شاهد بود (P<۰/۰۵). پس از ۱۵ دقیقه حرارت‌دهی، عدد پراکسید نمونه روغن حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره با نمونه روغن شاهد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت (P< ۰/۰۵) به طوری که در انتهای فرآیند حرارتی، کمترین و بیشترین عدد پراکسید به ترتیب به

نمونه‌های حاوی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره و شاهد تعلق داشت (P< ۰/۰۵).

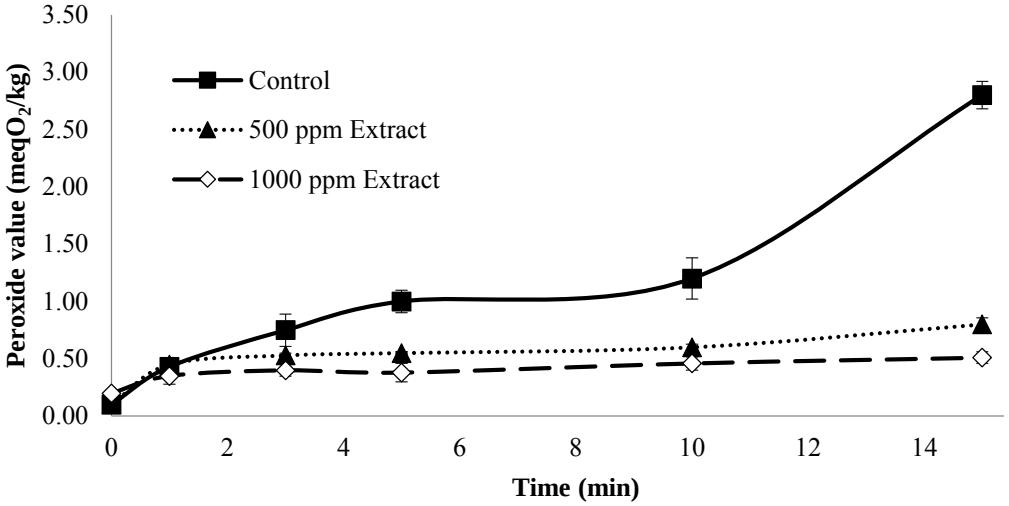

Fig 5 Changes in peroxide value of soybean oil during microwave heating

عدد پراکسید به عنوان شاخص اولیه اکسداسیون، در درجه حرارت‌های بالا ناپایدار بوده و به سهولت به مخلوطی از ترکیبات فرار آلدئید تبدیل می‌شود، بنابراین عدد پراکسید نمی‌تواند معیار مناسبی جهت تعیین پیشرفت واقعی اکسیداسیون باشد [۲]. عدد پراکسید یکی از پرکاربردترین شاخص‌های کیفی است که مقدار کل پراکسیدهای موجود در روغن را به عنوان فرآورده‌های اولیه حاصل از اکسایش نشان می‌دهد. کاهش پراکسید پس از رسیدن به حد بیشینه آن طی مراحل ابتدایی اکسایش گزارش شده است که بیانگر ناپایدار بودن پراکسیدها و شکست آنها به فرآورده‌های ثانویه طی مراحل بعدی اکسایش است. تعیین عدد پراکسید جهت ارزیابی روغن‌های سرخ کردنی خیلی مناسب نیست چرا که به دلیل شکست و تشکیل مجدد هیدروپراکسیدها در مراحل بعدی اکسایش عدد پراکسید مستعد تغییر است [٤١].

شکل ۵، تغییرات عدد پراکسید روغن سویا بدون و با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی را طی زمان‌های مختلف حرارت‌دهی مایکروویو به نمایش گذاشته است. به طور کلی عدد پراکسید نمونه‌ها با افزایش زمان روند صعودی به خود گرفت و نمونه بدون عصاره افزایش معنی‌داری (خصوصاً پس از طی سه دقیقه) از خود نشان داد. به عبارت دیگر، افزایش سریع پراکسیدها در نمونه‌های بدون آنتی‌اکسیدان، نشان دهنده تمایل شدید عدد پراکسید روغن سویا برای رسیدن به نقطه بیشینه و تبدیل شدن به محصولات ثانویه اکسیداسیون همچون آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدها، دیمرها، تریمرها، پلیمرها است [٣٣،٣٩،٤٠و٤٢]. افزودن ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره نعنا فلفلی موجب کاهش چمشگیر افزایش سرعت تولید پراکسید شد و به عبارت دیگر، دوره القاء افزایش یافت که این امر به دلیل افزایش محافظت کنندگی بر اسیدهای چرب غیراشباع و نیز افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو، در نمونه‌های حاوی عصاره است [٣٣و٤٣].

٦-٣- ساختار اسیدهای چرب روغن سویا

ساختار اسید چرب روغن سویا در جدول ۱ نشان داده شده است. برای تعیین ترکیب اسید چرب ابتدا تری‌آسیل‌گلیسرول‌های روغن سویا به متیل استرهای مربوطه تبدیل و توسط کروماتوگرافی گازی-جرمی تعیین مقدار شدند. پروفایل اسید چرب روغن‌های سویا بدون عصاره و با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره هیدروالکلی که طی زمان‌های مختلف، در معرض حرارت‌دهی مایکروویو قرار گرفتند در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بیش از ٤٩٪ اسید چرب نمونه‌های روغن سویا، از اسید لینولئیک تشکیل شده است. در بین اسیدهای چرب، اسید اولئیک دومین فراوانی را به خود اختصاص داده (٨٤/٣٤-٢٤/٢٦ درصد) و به دنبال آن اسید پالمتیک (١١/٦٤-١٠/٩٤ درصد)، اسید آلفا-لینولنیک (٦٨/٢٩-٥/٦ درصد) و اسید استئاریک (٥/١٩-٤/١٥ درصد) قرار دارد. پروفایل نمونه‌های مورد مطالعه مطابق با مقالات محققین و الزامات قانونی بود [٤٤،٤٥و٤٦].

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید، در روغن سویا اسید لینولئیک، اسید اولئیک، اسید پالمتیک، اسید آلفا-لینولنیک و اسید استئاریک بیشترین میزان اسیدهای چرب را به خود اختصاص دادند و کمتر از ۱٪ اسیدهای چرب روغن سویا متعلق به مابقی اسیدهای چرب بود. لذا بررسی اسیدهای چرب غالب مذکور در طی فرآیند از اهمیت بیشتری برخوردار است. حرارت‌دهی مایکروویو نشان داد که اسیدهای چرب غالب روغن سویا به شدت تحت تأثیر فرآیند قرار می‌گیرند به طوری که پس از ۱۵ دقیقه حرارت‌دهی مایکروویو، میزان اسید لینولئیک، اسید اولئیک، اسید پالمتیک، اسید آلفا-لینولنیک و اسید استئاریک در نمونه بدون عصاره به ترتیب از ۴۹/۰۹ به ۴۸/۲۳ درصد کاهش، از ۲۴/۸۴ به ۲۵/۶۳ درصد افزایش، از ۱۰/۹۸ به ۱۱/۳۸ درصد افزایش، از ۶/۰۵ به ۵/۶۸ درصد کاهش و از ۴/۱۵ به ۴/۳۱ درصد افزایش و در نمونه‌های حاوی ۵۰۰ پی‌پی‌ام عصاره به ترتیب از ۴۹/۲۱ به ۴۸/۹۸ درصد کاهش، از ۲۵/۲۳ به ۲۶/۳۴ درصد افزایش، ۱۱/۲۸ به ۱۱/۶۴ درصد افزایش، از ۶/۱۶ به ۵/۷۴ درصد کاهش و از ۴/۲۸ به ۵/۱۹ درصد افزایش و در نمونه‌های حاوی ۱۰۰۰ پی-پی‌ام عصاره به ترتیب از ۴۹/۵۸ به ۴۹/۰۵ درصد کاهش، از ۲۵/۳۷ به ۲۵/۸۷ درصد افزایش، از ۱۱/۲۸ به ۱۱/۶ درصد افزایش، از ۶/۲۹ به ۵/۹۱ درصد کاهش و از ۴/۲۱ به ۵/۱۷ درصد افزایش یافت. از طرف دیگر، اسیدهای چرب جزئی (کمتر از ۱٪) روغن سویا تغییرات جزئی و نامنظم می‌یافتند به طوری که طی ۱۵ دقیقه حرارت‌دهی مایکروویو روغن سویا با و بی عصاره، مقدار اسید میریستیک، اسید پالمیتولئیک، اسید مارگاریک، اسید آراشیدیک، اسید بهنیک و اسید لیگنوسریک به ترتیب در محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۰۹ درصد، ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ درصد، ۰/۰۵ تا ۰/۰۹ درصد، ۰/۳۵ تا ۰/۵۷ درصد، ۰/۰۴ تا ۰/۷۱ درصد و ۰/۱۲ تا ۰/۲۴ درصد قرار گرفت.

Table 1 Fatty acid profile (%) of soybean oil during microwave heating

	Time (min)					
	0	1	3	5	10	15
Palmitic acid (C16:0)						
Control	10.98 Cb	10.94 Cc	10.99 Cb	11.18 Bc	11.13 Bc	11.38 Ac
500 ppm Extract	11.28 Da	11.50 Ca	11.48 Ca	11.57 Ba	11.49 Cb	11.64 Aa
1000 ppm Extract	11.28 Da	11.35 Cb	11.42 Ba	11.40 Bb	11.57 Aa	11.60 Ab
Stearic acid (C18:0)						
Control	4.15 Cc	4.16 Cc	4.17 Cb	4.16 Cc	4.27 Bb	4.31 Ab
500 ppm Extract	4.28 Da	4.35 Ca	4.20 Eb	4.51 Ba	4.24 Eb	5.19 Aa
1000 ppm Extract	4.21 Eb	4.30 Db	4.90 Ba	4.29 Db	4.77 Ca	5.17 Aa
Oleic acid (C18:1)						
Control	24.84 Eb	25.04 Dc	24.87 Ec	25.30 Cc	25.52 Bb	25.63 Ac
500 ppm Extract	25.23 Ea	25.13 Eb	25.38 Db	25.64 Cb	26.18 Ba	26.34 Aa
1000 ppm Extract	25.37 Ea	25.58 Da	25.82 Ba	25.76 Ca	26.02 Aa	25.87 Bb
Linoleic acid (C18:2)						
Control	49.09 Ac	49.06 Ac	48.72 Cc	48.76 Cc	48.85 Bc	48.23 Db
500 ppm Extract	49.21 Ab	49.32 Ab	49.25 Ab	49.24 Ab	49.11 Ba	48.98 Ca
1000 ppm Extract	49.58 Ba	49.97 Aa	49.66 Ba	49.40 Ca	48.94 Db	49.05 Da
α-linolenic acid (C18:3)						
Control	6.05 Ac	5.86 Bc	5.91 Bc	5.93 Bb	5.84 Bb	5.68 Cc
500 ppm Extract	6.16 Ab	6.02 Bb	6.05 Bb	5.93 Cb	5.87 Db	5.74 Eb
1000 ppm Extract	6.29 Aa	6.23 Ba	6.23 Ba	6.17 Ca	6.09 Da	5.91 Ea

* Means followed by the same capital letter is in line and the same lower case letter in the columns, do not differ statistically at P>0.05.

Table 2 Main fatty acid fractions of soybean oil during microwave heating

	Time (min)					
	0	1	3	5	10	15
SFA						
Control	16.38 Cb	16.21 Dc	16.34 Cc	16.34 Cc	16.52 Bc	16.83 Ab
500 ppm Extract	16.82 Da	17.05 Ca	16.78 Db	17.38 Ba	16.94 Cb	18.52 Aa
1000 ppm Extract	16.76 Da	16.66 Db	17.75 Ca	16.76 Db	17.94 Ba	18.38 Aa
MUFA						
Control	24.88 Cc	25.08 Cb	24.90 Cc	25.34 Bb	25.56 Ab	25.67 Ac
500 ppm Extract	25.28 Eb	25.18 Eb	25.44 Db	25.70 Ca	26.25 Ba	26.41 Aa
1000 ppm Extract	25.42 Da	25.62 Ca	25.89 Ba	25.80 Ba	26.09 Aa	25.91 Bb
PUFA						
Control	55.14 Ac	54.92 Ac	54.63 Bc	54.69 Bc	54.69 Bb	53.91 Cc
500 ppm Extract	55.37 Ab	55.34 Ab	55.30 Ab	55.17 Bb	54.98 Ca	54.72 Db
1000 ppm Extract	55.87 Ba	56.20 Aa	55.89 Ba	55.57 Ca	55.03 Da	54.96 Da
USFA						
Control	80.02 Ac	80.00 Ac	79.53 Bc	80.03 Ac	80.25 Ab	79.58 Bb
500 ppm Extract	80.65 Bb	80.52 Cb	80.74 Bb	80.87 Bb	81.23 Aa	81.13 Aa
1000 ppm Extract	81.29 Ba	81.82 Aa	81.78 Aa	81.37 Ba	81.12 Ba	80.87 Ca
PUFA/SFA						
Control	3.37 Aa	3.39 Aa	3.34 Aa	3.35 Aa	3.31 Ba	3.20 Ca
500 ppm Extract	3.29 Ab	3.25 Bb	3.30 Ab	3.17 Cb	3.25 Bb	2.95 Db
1000 ppm Extract	3.33 Ba	3.37 Aa	3.15 Cc	3.32 Ba	3.07 Dc	2.99 Eb
USFA/SFA						
Control	4.89 Ba	4.94 Aa	4.87 Ba	4.90 Ba	4.86 Ba	4.73 Ca
500 ppm Extract	4.79 Ab	4.72 Bb	4.81 Ab	4.65 Cc	4.80 Ab	4.38 Db
1000 ppm Extract	4.85 Aa	4.91 Aa	4.61 Bc	4.86 Ab	4.52 Cc	4.40 Db
MUFA/PUFA						
Control	0.45 Cb	0.46 Ba	0.46 Ba	0.46 Bb	0.47 Ab	0.48 Aa
500 ppm Extract	0.46 Ca	0.46 Ca	0.46 Ca	0.47 Ba	0.48 Aa	0.48 Aa
1000 ppm Extract	0.45 Cb	0.46 Ba	0.46 Ba	0.46 Bb	0.47 Ab	0.47 Aa
Iodine value						
Control	122.25 Ac	121.87 Bc	121.26 Cc	121.76 Bc	121.87 Bb	120.47 Db
500 ppm Extract	123.09 Ab	122.83 Ab	123.01 Ab	122.90 Ab	123.00 Aa	122.57 Ba
1000 ppm Extract	124.19 Aa	124.88 Aa	124.58 Aa	123.89 Aa	123.14 Ba	122.70 Ba
Cox value						
Control	6.61 Ac	6.57 Bc	6.54 Bc	6.56 Bc	6.57 Ba	6.45 Cc
500 ppm Extract	6.65 Ab	6.63 Ab	6.63 Ab	6.61 Bb	6.59 Ca	6.55 Db
1000 ppm Extract	6.72 Aa	6.75 Aa	6.72 Aa	6.68 Ba	6.62 Ca	6.59 Ca

* Means followed by the same capital letter is in line and the same lower case letter in the columns, do not differ statistically at P>0.05.

ساختار اسید چرب روغن سویا را نیز می‌توان بر اساس درجه غیراشباعیت زنجیره هیدروکربنی به انواع اشباع[1] (SFA) همچون اسید مریستیک (۱۴:۰)، اسید پالمتیک (۱۶:۰)، اسید مارگاریک (۱۷:۰)، اسید استئاریک (۱۸:۰)، اسید آراشیدیک (۲۰:۰)، اسید بهنیک (۲۲:۰) و اسید لیگنوسریک (۲۴:۰) و غیراشباع[2] (USFA) تقسیم کرد. اسیدهای چرب غیراشباع شامل اسیدهای چرب تک غیراشباع[3] (MUFA) مانند اسید پالمیتیک (۱۶:۱)، اسید اولئیک (۱۸:۱) و چند غیراشباع[4] (PUFA) همچون اسید لینولئیک (۱۸:۲) و اسید آلفا-لینولنیک (۱۸:۳) بودند. روند تغییرات اسید چرب اشباع (SFA)، اسید چرب تک غیراشباع (MUFA)، اسید چرب چند غیراشباع (PUFA)، اسید چرب غیراشباع (USFA)، نسبت اسید چرب چند غیراشباع به اشباع (PUFA/SFA)، نسبت اسید

1. Saturated fatty acids
2. Unsaturated fatty acid
3. Mono unsaturated fatty acid
4. Poly unsaturated fatty acid

چرب غیراشباع به اشباع (USFA/SFA)، نسبت اسید چرب تک غیراشباع به چند غیراشباع (MUFA/PUFA)، عدد یدی و شاخص Cox روغن سویا طی حرارت‌دهی مایکروویو در جدول ۲ نشان داده شده است. با سپری شدن ۱۵ دقیقه حرارت‌دهی مایکروویو در نمونه‌های بدون عصاره، با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره، میزان SFA به ترتیب از ۱۶/۳۸ به ۱۶/۸۳ درصد، ۱۶/۸۲ به ۱۸/۵۲ درصد و ۱۶/۷۶ به ۱۸/۳۸ درصد افزایش و میزان MUFA به ترتیب از ۲۴/۸۸ به ۲۵/۶۷ درصد، ۲۵/۲۸ به ۲۶/۴۱ درصد و ۲۵/۴۲ به ۲۵/۹۱ درصد و مقدار PUFA از ۵۵/۱۴ به ۵۳/۹۱ درصد، ۵۵/۳۷ به ۵۴/۷۲ درصد و ۵۵/۸۷ به ۵۴/۹۶ درصد کاهش و مقدار USFA از ۸۰/۰۲ به ۷۹/۵۸ درصد، ۸۰/۶۵ به ۸۱/۱۳ درصد و ۸۱/۲۹ به ۸۰/۸۷ درصد کاهش و میزان PUFA/SFA از ۳/۳۷ به ۳/۲۰ درصد، ۳/۲۹ به ۲/۹۵ درصد و ۳/۳۳ به ۲/۹۹ درصد کاهش و میزان USFA/SFA از ۴/۸۹ به ۴/۷۳ درصد، ۴/۷۹ به ۴/۳۸ درصد و ۴/۸۵ به ۴/۴۰ درصد کاهش و میزان MUFA/PUFA از ۰/۴۵ به ۰/۴۸ درصد، ۰/۴۶ به ۰/۴۸ درصد و ۰/۴۵ به ۰/۴۷ درصد افزایش و مقدار عدد یدی از ۱۲۲/۲۵ به ۱۲۰/۴۷، ۱۲۳/۰۹ به ۱۲۲/۵۷ و ۱۲۴/۱۹ به ۱۲۲/۷۰ کاهش و عدد Cox از ۶/۶۱ به ۶/۴۵، ۶/۶۵ به ۶/۵۵ و ۶/۷۲ به ۶/۵۹ کاهش یافت.

از طرف دیگر، افزودن عصاره به میزان ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به روغن شاهد موجب تغییر پارامترهای SFA، MUFA، PUFA، USFA، PUFA/SFA، USFA/SFA، MUFA/PUFA، عدد یدی و عدد Cox روغن سویا به ترتیب در محدوده ۱۸/۵۲-۱۶/۲۱، ۲۶/۴۱-۲۴/۸۸، ۵۶/۲-۵۳/۹۱، ۵۳/۸۲-۷۹/۸۱، ۹۵/۳۹-۲/۳، ۳۸/۹۴-۴/۴، ۰/۴۸-۰/۴۵، ۴۷/۸۸-۱۲۰/۱۲۴ و ۶/۷۲-۶/۴۵ می‌گردد.

پایداری اکسایشی روغن به عوامل مختلفی همچون حرارت، فشار اکسیژن، فلزات سنگین (یون‌های آهن و مس)، ترکیبات آهن دار (هموگلوبین و میوگلوبین)، سطح تماس، ساختار شیمیایی و غیره وابسته است و غیراشباعیت روغن‌ها عامل مهمی در پیشرفت سرعت اکسایش محسوب می‌گردد [۴۷]. اسید لینولئیک و اسید آلفا-لینولنیک به ترتیب با داشتن دو و سه پیوند دوگانه، غیراشباعیت بالایی دارند لذا می‌توانند پارامترهایی همچون PUFA، USFAT، PUFA/SFA، USFA/SFA، MUFA/PUFA، عدد یدی و شاخص Cox را تحت تأثیر قرار دهند.

اسید لینولئیک و اسید آلفا-لینولنیک با افزایش مدت زمان حرارت‌دهی مایکروویو، روند نزولی به خود گرفتند. لذا PUFA، USFA، عدد یدی و شاخص Cox نیز کاهش یافتند. این بدان معنا است که در اثر اکسایش، تعداد پیوندهای دوگانه در اسیدهای چرب چند غیراشباع ۱۸ کربنه کاهش و مقدار MUFA (خصوصاً اسید اولئیک) و نسبت اسیدهای چرب تک غیراشباع به چند غیراشباع (MUFA/PUFA) افزایش یافت. علی رغم افزایش اسید اولئیک، تمایل این اسید چرب به اکسایش موجب تبدیل قسمتی از اسید اولئیک به اسید استئاریک شد، لذا مقدار اسید استئاریک افزایش یافت. از طرف دیگر، اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیر موجب شکستن و کوتاه‌تر شدن آنها می‌گردد پس با اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع ۱۸ کربنه در طی مایکروویو گذاری، مقدار اسید پالمتیک افزایش یافت و این امر همراه با افزایش اسید استئاریک منجر به افزایش SFA گشت. در ادامه، افزایش SFA و کاهش PUFA و USFA باعث روند نزولی PUFA/SFA و USFA/SFA شد.

محققین نشان دادند که PUFA از مهمترین عوامل در حساسیت به اکسیداسیون محسوب می‌گردد [۱،۳،۳۹،۴۳و۴۸]. با افزایش مدت حرارت‌دهی روغن سویا حاوی عصاره‌های چای سفید، برگ زیتون و سنبله اسطوخودوس مقدار اسید لینولنیک، اسید لینولئیک و PUFA کاهش و مقدار اسید اولئیک، MUFA و SFA افزایش می‌یابد [۱و۴۳]. Abbas Ali و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی قدرت و مدت حرارت‌دهی مایکروویو بر تنزل کیفیت روغن ذرت پرداختند و گزارش دادند که با افزایش قدرت و مدت حرارت‌دهی مقدار اسید لینولئیک و PUFA کاهش و میزان اسید اولئیک، اسید پالمتیک، MUFA و SFA افزایش می‌یابد [۴۰]. Hassanein و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر حرارت‌دهی مایکروویو بر سه روغن سویا، بادام زمینی و مخلوط سویا و بادام زمینی (۱:۱) دریافتند که به طور کلی، میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع در این روغن‌ها کاهش یافتند [۴۵]. Caponio و همکاران (۲۰۰۳) سه نوع روغن گیاهی (روغن زیتون بکر، بادام زمینی و آفتابگردان) را با حرارت‌دهی آون الکتریکی و مایکروویو مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش

نمودند که قسمت‌های اشباع تغییر معنی‌داری در حین حرارت-دهی پیدا نکرد ولی قسمت‌های غیراشباع و چند غیراشباع به طور معنی‌داری کاهش یافت [۳٤]. محققین گزارش دادند که نسبت بین اسید لینولئیک و اسید استئاریک در روغن‌های سویا و ذرت طی حرارت‌دهی مایکروویو به صورت مداوم کاهش می‌یابد و علت این امر را به کاهش اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید لینولئیک و افزایش اسیدهای چرب اشباع نسبت دادند [۳۹].

با افزودن عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی به روغن سویا، مقدار اسید لینولئیک، اسید آلفا-لینولنیک و اسید اولئیک افزایش و در نتیجه مقدار USFA، PUFA، MUFA، عدد یدی و شاخص Cox روند صعودی به خود گرفت. لذا می‌توان گفت که عصاره به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) اثر محافظت کنندگی روی روغن را افزایش و در نتیجه میزان اکسایش آن را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، افزایش عصاره موجب افزایش SFA شد که علت این امر را می‌توان به حضور اسیدهای چرب اشباع (همچون اسید پالمتیک و اسید استئاریک) در عصاره نسبت داد.

٤- نتیجه گیری

با استفاده از مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که عصاره اتانول:آب (۵۰:۵۰) نعنا فلفلی به عنوان یک منبع طبیعی دارای قدرت آنتی‌اکسیدانی است و می‌تواند اکسیداسیون روغن خوراکی سویا را به تأخیر بیندازد و دارای اثرات مثبتی بر روغن سویا در مایکروویوهای خانگی است. افزودن عصاره هیدروالکلی نعنا فلفلی توانست میزان اکسیداسیون روغن سویا را کاهش دهد به طوری که با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر (خصوصاً در ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام)، اثر محافظت کنندگی بیشتری روی اسیدهای چرب غیراشباع (خصوصاً PUFA) اعمال و از تشکیل ترکیبات اکسیداسیون جلوگیری شد، لذا پایداری اکسایشی روغن افزایش یافت. علاوه بر این، نتایج نشان داد که حرارت‌دهی مایکروویو، به شدت خصوصیات و ترکیبات روغن را خصوصاً در زمان‌های بالا، کاهش می‌دهد لذا توصیه می‌گردد که روغن‌ها (و غذاهای چرب) به مدت زمان زیاد در مایکروویو قرار نگیرند.

۵- منابع

[1] Malheiro, R., Rodrigues, N., Manzke, G., Bento, A., Pereira, J.A. and Casal, S., 2013. The use of olive leaves and tea extracts as effective antioxidants against the oxidation of soybean oil under microwave heating. *Industrial Crops and Products*, *44*, pp.37-43.

[2] Farahmandfar, R., 1391. Comprehensive chemistry and technology of edible oils. Sahra press, Iran.

[3] Choe, E. and Min, D.B., 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *5*(4), pp.169-186.

[4] Lalas, S. and Dourtoglou, V., 2003. Use of rosemary extract in preventing oxidation during deep-fat frying of potato chips. *Journal of the American oil chemists' society*, *80*(6), pp.579-583.

[5] Rodríguez-Rojo, S., Visentin, A., Maestri, D. and Cocero, M.J., 2012. Assisted extraction of rosemary antioxidants with green solvents. *Journal of Food Engineering*, *109*(1), pp.98-103.

[6] Shaker, E.S., 2006. Antioxidative effect of extracts from red grape seed and peel on lipid oxidation in oils of sunflower. *LWT-Food Science and Technology*, *39*(8), pp.883-892.

[7] Shyamala, B.N., Gupta, S., Lakshmi, A.J. and Prakash, J., 2005. Leafy vegetable extracts—antioxidant activity and effect on storage stability of heated oils. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *6*(2), pp.239-245.

[8] McKay, D.L. and Blumberg, J.B., 2006. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (Mentha piperita L.). *Phytotherapy Research*, *20*(8), pp.619-633.

[9] Abdul Malik M., Bahramnezhad, S., Mohammadi, S., Abbasi, S., panzheke, N., 1390. Antifungal Effect of peppermint (.Mentha piperita L) on plant pathogenic fungi. *Journal of Medical Plants*, 10(1), 26-34.

[10] Fatemi, F., Dini, S., Rezaei, M.B., Dadkhah, A., Dabbagh, R. and Naij, S., 2014. The effect of γ-irradiation on the chemical composition and antioxidant activities of peppermint essential oil and extract. *Journal of Essential Oil Research*, *26*(2), pp.97-104.

[11] Farahmandfar, R., Asnaashari, M. and Sayyad, R., 2015. Comparison antioxidant activity of Tarom Mahali rice bran extracted from different extraction methods and its effect on canola oil stabilization. *Journal of food science and technology*, *52*(10), pp.6385-6394.

[12] Sparkman, O.D., 2005. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy Robert P. Adams. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, *16*(11), pp.1902-1903.

[13] Lima, C.F., Fernandes-Ferreira, M. and Pereira-Wilson, C., 2006. Phenolic compounds protect HepG2 cells from oxidative damage: relevance of glutathione levels. *Life sciences*, *79*(21), pp.2056-2068.

[14] Farhoosh, R., 2007. The effect of operational parameters of the Rancimat method on the determination of the oxidative stability measures and shelf-life prediction of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*,*84*(3), pp.205-209.

[15] American Oil Chemists' Society and Firestone, D., 1989. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society* (Vol. 5). Champaign, IL, USA: AOCS.

[16] Shantha, N.C. and Decker, E.A., 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, *77*(2), pp.421-424.

[17] Farhoosh, R., Niazmand, R., Rezaei, M. and Sarabi, M., 2008. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *110*(6), pp.587-592.

[18] Fatemi, S.H. and Hammond, E.G., 1980. Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. *Lipids*, *15*(5), pp.379-385.

[19] Firestone, D., 2009. *Official methods and recommended practices of the AOCS.* American Oil Chemists soceity.

[20] Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Batista, I., Serrano, C., Matos, O., Neng, N.R., Nogueira, J.M., Saraiva, J.A. and Nunes, M.L., 2012. European pennyroyal (Mentha pulegium) from Portugal: Chemical composition of essential oil and antioxidant and antimicrobial properties of extracts and essential oil. *Industrial Crops and Products*, *36*(1), pp.81-87.

[21] Sitzmann, J., Habegger, R., Schnitzler, W.H. and Grassmann, J., 2014. Comparative analysis of antioxidant activities of fourteen Mentha essential oils and their components. *Chemistry & biodiversity*, *11*(12), pp.1978-1989.

[22] Riachi, L.G. and De Maria, C.A., 2015. Peppermint antioxidants revisited. *Food chemistry*, *176*, pp.72-81.

[23] Dawidowicz, A.L., Olszowy, M. and Jóźwik-Dolęba, M., 2015. Importance of solvent association in the estimation of antioxidant properties of phenolic compounds by DPPH method. *Journal of food science and technology*, *52*(7), pp.4523-4529.

[24] Samaram, S., Mirhosseini, H., Tan, C.P., Ghazali, H.M., Bordbar, S. and Serjouie, A., 2015. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of oil from papaya seed by response surface methodology: Oil recovery, radical scavenging antioxidant activity, and oxidation stability. *Food chemistry*, *172*, pp.7-17.

[25] Das, S., Parida, R., Sandeep, I.S., Kar, B., Nayak, S. and Mohanty, S., 2016. Chemical composition and antioxidant activity of some important betel vine landraces. *Biologia*, *71*(2), pp.128-132.

[26] Mishra, K., Ojha, H. and Chaudhury, N.K., 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, *130*(4), pp.1036-1043.

[27] Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F. and Liu, F., 2010. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. *Food Chemistry*, *118*(3), pp.656-662.

[28] Abbas, Z.K., Saggu, S., Sakeran, M.I., Zidan, N., Rehman, H. and Ansari, A.A., 2015. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chicory (Cichorium intybus L.) leaves. Saudi journal of biological sciences, 22(3), pp.322-326.

[29] Jayaprakasha, G.K., Selvi, T. and Sakariah, K.K., 2003. Antibacterial and antioxidant activities of grape (Vitis vinifera) seed extracts. Food research international, 36(2), pp.117-122.

[30] Márquez-Ruiz, G., Martín-Polvillo, M., Velasco, J. and Dobarganes, C., 2008. Formation of oxidation compounds in sunflower and olive oils under oxidative stability index conditions. European journal of lipid science and technology, 110(5), pp.465-471.

[31] Asnaashari, M., Farhoosh, R. and Sharif, A., 2014. Antioxidant activity of gallic acid and methyl gallate in triacylglycerols of Kilka fish oil and its oil-in-water emulsion. *Food chemistry*, *159*, pp.439-444.

[32] Mohagheghi Samarin, A, Poorazarang, H, Elhamirad, A.H., Dezashibi1, Z., Hematyar, N., 2011. Extraction of phenolic compounds from potato peel (Ramus variety) with solvent and ultrasound-assisted methods and evaluation of its antioxidant activity in soybean oil. 8(1), 81-91.

[33] Malheiro, R., Oliveira, I., Vilas-Boas, M., Falcão, S., Bento, A. and Pereira, J.A., 2009. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil. *Food and Chemical Toxicology*, *47*(1), pp.92-97.

[34] Caponio, F., Pasqualone, A. and Gomes, T., 2003. Changes in the fatty acid composition of vegetable oils in model doughs submitted to conventional or microwave heating. *International journal of food science & technology*, *38*(4), pp.481-486.

[35] Brenes, M., García, A., Dobarganes, M.C., Velasco, J. and Romero, C., 2002. Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, *50*(21), pp.5962-5967.

[36] Cossignani, L., Simonetti, M.S., Neri, A. and Damiani, P., 1998. Changes in olive oil composition due to microwave heating. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *75*(8), pp.931-937.

[37] Yoshida, H., Hirooka, N. and Kajimoto, G., 1991. Microwave heating effects on relative stabilities of tocopherols in oils. *Journal of Food Science*, *56*(4), pp.1042-1046.

[38] Chiavaro, E., Rodriguez-Estrada, M.T., Vittadini, E. and Pellegrini, N., 2010. Microwave heating of different vegetable oils: Relation between chemical and thermal parameters. *LWT-Food Science and Technology*, *43*(7), pp.1104-1112.

[39] Tan, C.P., Man, Y.C., Jinap, S. and Yusoff, M.S.A., 2001. Effects of microwave heating on changes in chemical and thermal properties of vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *78*(12), pp.1227-1232.

[40] Abbas Ali, M., Bin Mesran, M., Latip, R. and Othman, N., 2016. Effect of microwave heating with different exposure times on the degradation of corn oil. *International Food Research Journal,* 23(2), pp.842-848.

[41] Shahidi, F., 2005. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6 Volume Set (6th Ed.). John Wiley & Sons, New York, USA.

[42] Asnaashari, M., Farhoosh, R. and Farahmandfar, R., 2016. Prediction of oxidation parameters of purified Kilka fish oil including gallic acid and methyl gallate by adaptive neuro□fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

[43] Rodrigues, N., Malheiro, R., Casal, S., Manzanera, M.C.A.S., Bento, A. and Pereira, J.A., 2012. Influence of spike lavender (Lavandula latifolia Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating. *Food and chemical Toxicology*, *50*(8), pp.2894-2901.

[44] Codex Alimentarius Commission, 2009. Codex Standard for Named Vegetable Oils CODEX STAN 210-1999.

[45] Hassanein, M.M., El-Shami, S.M. and Hassan El-Mallah, M., 2003. Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grasas y aceites*, *54*(4), pp.343-349.

[46] Kostik, V., Memeti, S. and Bauer, B., 2013. Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, *4*, pp.112-116.

[47] Johnson, D.R. and Decker, E.A., 2015. The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. *Annual review of food science and technology*, *6*, pp.171-190.

[48] Martin-Polvillo, M., Marquez-Ruiz, G. and Dobarganes, M.C., 2004. Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *81*(6), pp.577-583.

Influence of *Mentha piperita* L. extract in the quality of soybean oil during microwave heating

Farahmandfar, R. [1*], Amini, A. [2], Faghih Nasiri, Sh. [3], Asnaashari, M. [4]

1. Assistant Professor of Food Science and Technology Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Iran
2. Master Graduate Student of Food Science and Technology Department, Sari Branch, Islamic Azad University, Iran
3. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), Sari, Iran
4. PhD Student of Food Science and Technology Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Iran

(Received: 2016/10/14 Accepted:2017/03/01)

Oil oxidation accelerates through different methods such as frying and microwave heating which leads to reduced its quality and nutritional value. One of the most effective methods of preventing or delaying oils oxidation is adding antioxidants. In this study, the protective effect of *Mentha piperita* L. extract added to soybean oil was studied during microwave heating. To achieve this purpose, hidroalcoholic extract of *Mentha piperita* L. was provided by maceration and analysis of its chemical composition was performed by GC-MS. Antioxidant activity of the extract by DPPH free radical scavenging and OSI test was determined. Oil quality parameters such as peroxide value and acid value, and also, analysis of fatty acid profiles were evaluated during microwave heating. The results showed that the hidroalcoholic extract of *Mentha piperita* L. had antioxidant compounds like menthone and menthol which caused to increase DPPH inhibition capacity and OSI value. With increasing the microwave heating time, acid value and peroxide value of soybean oil increased. However, with adding different concentrations of the extract, the increase rate of these values, significantly reduced. In addition, with increasing the microwave heating time, the amount of linoleic acid, alpha-linolenic acid, PUFA, USFA, Iodine value, Cox index, PUFA/SFA and USFA/SFA reduced and the amount of palmitic acid, stearic acid and SFA increased. Moreover, with the extract addition to soybean oil, the amount of linoleic acid, alpha-linolenic acid and oleic acid increased and thus the amount USFA, PUFA, MUFA, Iodine value and Cox index took an upward trend. In conclusion, the *Mentha piperita* L. extract could remarkably reduce the oxidation of soybean oil.

Keywords: Oxidation, Microwave heating, Soybean oil, Fatty acid composition, Extract

* Corresponding Author E-Mail Address: r.farahmandfar@sanru.ac.ir