مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷ (ص ۳۲۸-۳۱۹) **DOI:** 10.22059/ijbse.2018.247669.665018

اثر جدا و ترکیبی عصاره گیاه اوجی (*Mentha aquatic*) در پایدارسازی روغن آفتابگردان تحت شرایط حرارتی

رضا اسماعیل زاده کناری[1*]، مریم اثنی عشری[2]

۱. دانشیار گروه صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشجوی دکتری صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۲۲/ ۹/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۹/ ۱۰/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۲۵/ ۱۰/ ۱۳۹۶)

چکیده

عصاره گیاه اوجی *Mentha aquatique* با استفاده از اولتراسوند و ماسراسیون (اتانول:آب (۸۰:۲۰)) استخراج شد و با یکدیگر مقایسه شدند. فنول کل عصاره در روش ماسراسیون و اولتراسوند به ترتیب ۴۵/۱۶ mg GA/g و ۵۱/۹۲ mg GA/g عصاره به دست آمد. فعالیت آنتی اکسیدانی غلظت‌های مختلف عصاره (۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm) با روش مهار رادیکال آزاد DPPH اندازه گیری شد. نتایج نشان داد در هر دو عصاره با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش می یابد. عصاره‌ها در غلظت ۱۰۰۰ ppm با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ اختلاف معنی دار آماری نداشتند و برای اضافه شدن به روغن آفتابگردان انتخاب شدند. پایداری حرارتی نمونه های روغن حاوی عصاره به صورت جداگانه و ترکیبی (۱۰۰۰ ppm) در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ارزیابی شد. TBHQ در غلظت ۱۰۰ ppm به عنوان استاندارد در کنار نمونه شاهد استفاده شد. نتایج نشان داد طی فرآیند سرخ کردن روغن اکسایش افزایش می‌یابد. نمونه کنترل کمترین پایداری اکسایشی و نمونه حاوی عصاره ترکیبی بیشترین پایداری اکسایشی را نشان دادند. در نهایت افزودن ۱۰۰۰ ppm از عصاره ترکیبی می‌تواند بهتر از ۱۰۰ ppm از TBHQ در جلوگیری از اکسایش روغن آفتابگردان طی فرآیند سرخ کردن عمل نماید و بعنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی جهت مصرف در روغن های خوراکی پیشنهاد می گردد.

واژه‌های کلیدی: روغن آفتابگردان، عصاره اوجی، اکسایش، اولتراسوند

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annus* L. گیاهی زراعی و یکساله، بومی آمریکا و متعلق به خانواده *Asteraceae* است (Emamuzo *et al.*, 2010). روغن آفتابگردان یکی از پر مصرف ترین روغن های گیاهی در دنیا محسوب می‌شود. این روغن به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیر اشباع از قبیل لینولئیک اسید (6-ω 18:2) استعداد بالایی به اکسایش دارد. اکسایش چربی منجر به ایجاد بوهای ترشیدگی و فساد، طعم نامطبوع و تغییرات رنگی در روغن می‌شود. فرآیند اکسایش همچنین منجر به کاهش کیفیت تغذیه‌ای روغن می-شود و ایمنی غذاها را به دلیل تولید محصولات ثانویه اکسایش به خطر می‌اندازد و اثرات مضری بر سلامت مصرف کننده دارد (Mezza *et al.*, 2017). آنتی اکسیدان‌های سنتزی و طبیعی به منظور کاهش اکسایش و افزایش عمر ماندگاری به روغن‌های خوراکی اضافه می‌شوند. امروزه به دلیل نگرانی‌های ایجاد شده پیرامون اثرات مضر افزودن آنتی اکسیدان‌های سنتزی به غذاها، تقاضا برای استفاده از آنتی اکسیدان‌های طبیعی افزایش یافته است (Szumny *et al.*, 2010). عصاره‌های گیاهی منبعی طبیعی از ترکیبات آنتی اکسیدانی هستند که تحقیقات زیادی را به ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی و ضدرادیکالی به خود معطوف ساخته اند (Pokorny, 2008). گیاه اوجی با نام علمی *Mentha aquatique* (معروف به نعنای آبی) از خانواده *Labiatae* گیاهی علفی و همیشه سبز با خاصیت پزشکی و معطر است (Zebelo *et al.*, 2011). ترکیبات فنولی از اجزای اصلی تشکیل دهنده گیاه اوجی هستند که خاصیت آنتی اکسیدانی دارند (Shi *et al.*, 2015). استخراج با دستگاه سوکسله و خیساندن روش‌های رایجی هستند که به کمک حلال هایی با قطبیت های مختلف انجام می‌گیرد. این امر نیاز به صرف زمانی طولانی دارد و باعث استخراج طیف وسیعی از مواد شیمیایی می‌شود (Pokorny *et al.*, 2001). اما استخراج با کمک آب زیربحرانی، سیال فوق بحرانی و امواج فرا صوت (اولتراسوند) روش‌های جدیدی هستند که از نظر کوتاه شدن زمان استخراج، کاهش مقدار حلال مصرف شده و حفظ خاصیت ترکیبات آنتی اکسیدانی نسبت به روش-های سنتی مزیت‌های بیشتری دارند (Kothari *et al.*, 2012). از

* نویسنده مسئول: reza_kenari@yahoo.com

جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به بررسی تاثیر آنتی اکسیدانی عصاره گیاه علف مورچه در افزایش پایداری اکسایشی روغن سویا (Afshari & Sayyed-Alangi, 2016)، عصاره نعنا در پایداری روغن آفتابگردان طی شرایط حرارتی (Ben-Ali *et al.*, 2014)، عصاره فلفل سیاه جهت افزایش پایداری روغن آفتابگردان (Firdos *et al.*, 2017)، عصاره اتانولی زیتون بر پایداری روغن سویا (Mojerlou et al., 2017)، عصاره سیر در روغن آفتابگردان (Bravi *et al.*, 2017) اشاره نمود. این مطالعه با بررسی میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره گیاه اوجی که با دو روش ماسراسیون و استفاده از امواج اولتراسوند استخراج شده بود و نیز مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ در جهت کاهش اکسیداسیون روغن آفتابگردان طی فرآیند حرارتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

گیاه اوجی در فروردین ماه از حواشی مناطق مرطوب و جنگلی استان مازندران جمع آوری گردید و در آون تحت خلا (مدل VO200 شرکت ممرت آلمان) در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و سپس با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی (مدل J.B.G.61OP پارس خزر) به طور کامل به پودر تبدیل شدند. پودر حاصله سپس با استفاده از الک با مش ۴۰ عبور داده شد و برای عصاره گیری مورد استفاده قرار گرفت (Esmaeilzadeh kenari *et al.*, 2014). روغن آفتابگردان بدون آنتی اکسیدان از مجتمع کشت و صنعت شمال تهیه شد و تا زمان انجام آزمایش در یخچال با دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه تجزیه‌ای بودند و از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

استخراج عصاره

۱۰ گرم نمونه پودر شده برگ گیاه اوجی با ترازو توزین شد و در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری با ۱۰۰ میلی لیتر حلال اتانول-آب (۲۰:۸۰) با نسبت (۱:۱۰) مخلوط شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت در شیکر با دور ۱۵۰ rpm قرار داده شد تا عمل استخراج عصاره از گیاه صورت بگیرد. ۱۰ گرم نمونه پودر شده برگ گیاه اوجی با حلال اتانول-آب (۲۰:۸۰) با نسبت (۱:۱۰) مخلوط شد و در حمام اولتراسوند به مدت ۲۰ دقیقه و دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و فرکانس ۲۰ کیلو هرتز قرار گرفت و عصاره سپس به کمک کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد و حلال اضافی با استفاده از روتاری اواپراتور (مدل LR4000 آیکاآلمان) در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد تبخیر شد. هر دو عصاره تغلیظ شده سپس با استفاده از خشک کن انجمادی (مدل Alpha 1–4 LD Plus شرکت کریست ژاپن)در برودت ۵۰- درجه سانتیگراد و تحت شرایط خلا به پودر تبدیل شدند (Esmaeilzadeh kenari *et al.*, 2014).

اندازه گیری ترکیبات فنولی

مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در عصاره گیاه اوجی از طریق رنگ سنجی به روش فولین -سیوکالتو مطابق روش Donald *et al* (2001) مورد بررسی قرار گرفت.

مهار رادیکال آزاد DPPH

آزمایش مهار رادیکال آزادمطابق روش Suh *et al*., (2014) انجام شد و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره بر اساس مهار رادیکال آزاد بدست آمد(Suh *et al*., 2014).

آماده سازی روغن

پس از اندازه گیری فنول کل عصاره و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره مشخص شد که غلظت ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm از عصاره-های استخراج شده دارای بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی هستند و غلظت ۱۰۰۰ ppm از عصاره با ۱۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ اختلاف معنی دار آماری نداشت، به همین دلیل برای تزریق به روغن آفتابگردان عصاره اوجی در غلظت ۱۰۰۰ ppm به صورت جداگانه و ترکیبی استفاده شد. آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ به میزان ۱۰۰ ppm بهمراه امولسیفایر توئین ۸۰ به روغن اضافه شد. نمونه‌ها در شرایط حرارتی دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت ذخیره سازی شدند. آزمون‌های روغن مربوط به شرایط حرارتی نمونه‌ها در ساعت های ۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ مورد آزمون قرار گرفتند. یک نمونه روغن بدون آنتی اکسیدان هم به عنوان شاهد در نظر گرفته شد (Farhoosh & Moosavi, 2009).

آزمون های روغن

برای اندازه گیری عدد پراکسید از روش AOCS به شماره (Cd 8-53) استفاده شد. عدد کربونیل بر اساس روش AOCS (1998) اندازه گیری شد و با توجه به منحنی استاندارد کربونیل به معادله ($Y = 1262.36x - 14.37$) مقدار عدد کربونیل محاسبه شد (AOCS, 1998).

اندازه گیری ترکیبات قطبی کل به روش کروماتوگرافی لایه نازک انجام پذیرفت و به روش وزن سنجی مقدار ترکیبات قطبی اندازه گیری شد (Schulte, 2004). برای اندازه گیری عدد اسیدی از روش AOCS به شماره (Cd 3-63) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده های مربوط به اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره و نیز آزمون های مربوط روغن که به صورت میانگین گزارش شده بود با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ و با استفاده از طرح کاملا تصادفی انجام شد. بدین منظور از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد و رسم نمودارها با برنامه اکسل ۲۰۱۳ انجام شد. به منظور کاهش خطا کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره اوجی

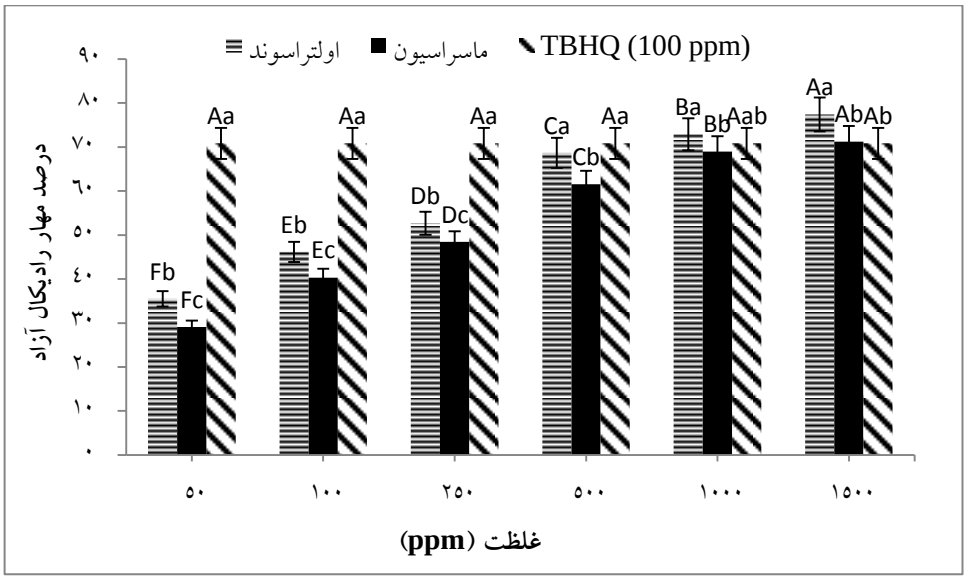
ترکیبات فنولی شامل گروه ترکیبات گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه است که توسط بسیاری از گیاهان تولید می‌شوند. فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌ها مرتبط با میزان ترکیبات فنولی آن‌ها است. مقدار کل ترکیبات فنولی عصاره که به روش ماسراسیون و با استفاده از اولتراسوند استخراج شده بودند به ترتیب ۴۵/۱۶ و ۵۱/۹۲ میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره بدست آمد و با هم اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) داشتند. روش اولتراسوند در استخراج ترکیبات فنولی موثرتر عمل نموده است. دلیل این امر را می‌توان مرتبط با مکانیسم اثر امواج اولتراسوند در سلول‌های گیاهی دانست. امواج اولتراسوند مانند هر موج دیگری از طریق یک سری امواج فشاری و نسبتا تجمعی در مولکول‌های محیط القا می‌شوند و از محیط عبور می‌نماید. در مواقعیکه نیروهای تجمعی بیشتر از نیروهای جاذبه مولکولی مایع باشند حباب‌های کاویتاسیون شکل می‌گیرند. چنین حباب هایی با یک فرآیند که تحت عنوان تزریق یکسو شناخته می‌شود؛ مانند مقادیر کم بخار یا گازی که طی فرایند انبساط از محیط وارد سلول گیاهی می-شود؛ شناخته می‌شود. در نتیجه ترکیدن این حباب‌ها انرژی ایجاد می‌شود که منجر به پاره شدن سلول گیاهی و خروج ترکیبات موثره از سلول گیاهی می‌شود (Vinatoru *et al.*, 2017).

در یک پژوهش Benabdallah *et al.*, (2017) مقدار ترکیبات فنولی عصاره گیاه اوجی را ۴۳/۲۱ میلی گرم بر گرم گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در یک پژوهش Voirin *et al.*, (1999) ضمن بررسی ترکیبات سازنده عصاره گیاه اوجی با استفاده از روش HPLC وجود ترکیبات فنولی مانند آپیجنین، پبرلین، سالویجنین و گاردنین B را اعلام نمودند که تایید کننده وجود خاصیت آنتی اکسیدانی در این عصاره است. Martins et al (2014) ضمن مقایسه دو روش استخراج با اولتراسوند و ماسراسیون در گیاه گل همیشه بهار علت اصلی بالاتر بودن میزان ترکیبات استخراج شده در روش اولتراسوند را کاویتاسیون صوتی ایجاد شده در حلال دانستند که این نتایج و نتایج Zhang *et al.*, (2009)، Lianfu *et al.*, (2008) و Riera *et al.*, (2006) همراستا با نتایج دست آمده از این پژوهش می‌باشد.

آنتی اکسیدان‌ها نقش مهمی در مهار رادیکال‌های آزاد و قطع کردن واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون در هر دو شرایط آزمایشگاهی و بدن موجودات زنده ایفا می‌کنند. رادیکال‌های آزاد دارای الکترون‌های باند نشده‌ای هستند که بسیار ناپایدارند و می‌توانند الکترون را از مولکول‌های دیگر خارج کنند تا خود پایدار شوند. در نتیجه این عمل آسیب زیادی به مولکول‌ها وارد می‌کنند (Abdul Qadir *et al.*, 2017). نتایج بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌ها در شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ تا ۱۵۰۰ ppm فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافته است و اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) بین غلظت‌های مختلف عصاره ایجاد شده است. فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره استخراج شده به روش اولتراسوند بالاتر از عصاره استخراج شده به روش ماسراسیون بود. در غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره‌ها با هم و با TBHQ اختلاف معنی دار آماری نداشتند. در یک پژوهش Benabdallah *et al.*, (2016) نشان دادند که همبستگی بالایی بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره وجود دارد. Abootalebian *et al* (2016)، Djeridane *et al.*, (2006)، Katalinic *et al.*, (2006) و Katsube *et al.*, (2004) نیز ارتباط قوی بین میزان ترکیبات فنولی استخراج شده با فعالیت آنتی اکسیدانی ارائه نمودند که همراستا با نتایج این پژوهش است.

Olugbami *et al* (2015)اعلام نمودند مهار رادیکال‌های آزاد عصاره گیاه *Terminalia glaucescens* با غلظت وابسته است و با افزایش غلظت میزان مهار افزایش می‌یابد. زیرا در غلظت‌های بالاتر ترکیبات فنولی به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش احتمال اهدا هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهار کنندگی عصاره افزایش می‌یابد (Manach *et al.*, 2004). Abootalebian *et al.*, (2016) از روش مهار رادیکال آزاد DPPH به عنوان یک روش سریع جهت اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی چند عصاره خانواده Mentha استفاده نمودند و نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ به ۵۰۰ ppm فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره به صورت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می‌یابد و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره بالاتر از آنتی اکسیدان سنتزی BHA بود که مطابق با نتایج بدست آمده از این پژوهش است. Ben Salem

et al. (2017) فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره برگ کنگر فرنگی را با استفاده از روش بیرنگ شدن بتاکاروتن مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره افزایش می‌یابد. آن‌ها همچنین اعلام نمودند که میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره مربتبط با میزان ترکیبات فنولی عصاره است و همبستگی بالایی بین این دو متغیر وجود دارد که مطابق با نتایج بدست آمده از این پژوهش است (Ben Salem *et al.*, 2017).



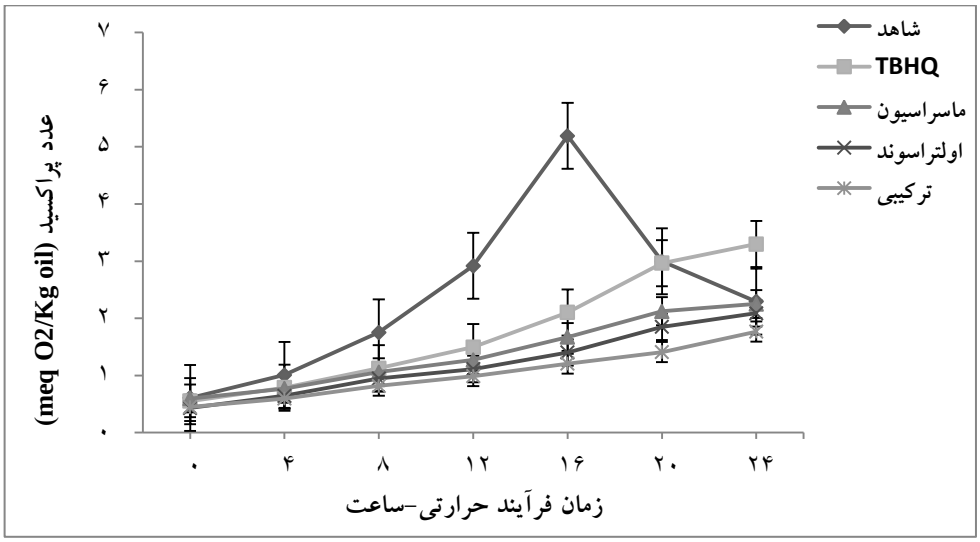
شکل ۱. مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های ماسراسیونی و اولتراسوندی اوجی و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ (حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری بین غلظت های مختلف عصاره است. حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری بین عصاره‌ها و TBHQ است.

عدد پراکسید

پراکسیدها محصول اولیه اکسایش چربی ها هستند و می‌توانند با استفاده از اندیس پراکسید تخمین زده شوند (Malheiro *et al.*, 2013). مقادیر بالای عدد پراکسید نشان دهنده پایداری اکسیداتیو کمتر در نمونه‌های روغن می‌باشد (Naghshineh *et al.*, 2010). شکل ۲ مقادیر مقایسه میانگین عدد پراکسید روغن طی فرآیند حرارتی را نشان می دهد. مشاهده می‌شود روند تغییرات عدد پراکسید در تمام نمونه های مورد بررسی افزایشی بود و با گذشت زمان فرآیند حرارتی اختلاف از نظر آماری ($P<۰/۰۵$) معنی دار شد. بیشترین عدد پراکسید مربوط به نمونه شاهد بود که با سایر نمونه ها اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) داشت. کمترین مقدار عدد پراکسید مربوط به نمونه روغن حاوی ترکیبی از عصاره استخراج شده به وسیله ماسراسیون و عصاره استخراج شده به وسیله اولتراسوند بود. در نمونه شاهد در ساعت ۱۶ فرآیند حرارتی یک کاهش در میزان عدد پراکسید مشاهده شد. کاهش در مقادیر مشاهده شده عدد پراکسید مرتبط با تجزیه پراکسیدها می باشد. چراکه این ترکیبات بسیار ناپایدار بوده و مستعد تجزیه شدن هستند و از تجزیه آنها ترکیبات دیگری مانند کربونیل ها شکل میگیرند (Shahidi, & Zhong, 2010). آنتی اکسیدان ها با افزایش همه جانبه انرژی فعالسازی منجر به افزایش انرژی فعالسازی چربی می‌شوند و در نتیجه نرخ واکنش‌های اکسایش را کاهش می-دهند (Frankel, 1996). در یک پژوهش Jäger *et al.*, (2017) نشان دادند در عصاره استخراج شده اوجی هر دو نوع ترکیبات فعال قطبی و چربی دوست حضور دارند و شرایط مختلف استخراج بر خروج این ترکیبات تاثیرات متفاوتی دارد. دلیل کمتر بودن عدد پراکسید در نمونه‌های روغن حاوی عصاره ترکیبی را می‌توان به نوع ترکیبات سازنده عصاره نسبت داد. هر دو روش در خارج ساختن ترکیبات موثره از گیاه مفید بوده و ترکیبات متنوعی را استخراج می‌نمایند که هر ترکیب عملکرد متفاوتی در جلوگیری از فرآیند اکسایش روغن خواهد داشت. لذا عصاره ترکیبی موثرتر عمل نموده است.

Abootalebian *et al* (2016) نشان دادند استفاده از عصاره‌های خانواده Mentha در روغن منجر به افزایش پایداری روغن آفتابگردان می‌شود و عدد پراکسید در نمونه‌های روغن فاقد عصاره و آنتی اکسیدان سنتزی بسیار بالا است که همراستا با نتایج این پژوهش می باشد. آنها همچنین نشان دادند که عصاره های گیاهان خانواده نعنا در جلوگیری از اکسایش روغن موثرتر از آنتی اکسیدان سنتزی BTH عمل نموده است و عدد پراکسید در این نمونه ها کمتر است که مطابق با نتایج بدست

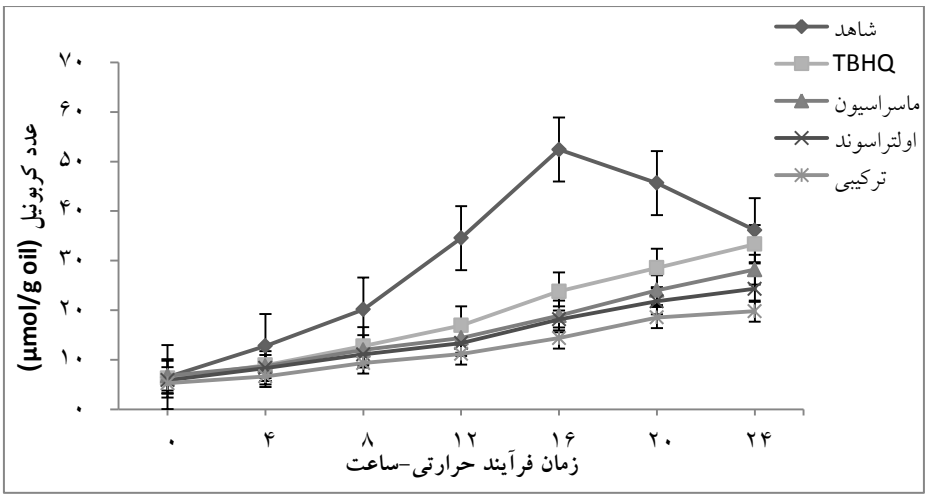
آمده از پژوهش حاضر می باشد. Anwar *et al* (2003) و Marinova, & Yanishlieva (1997) نیز نتایج مشابهی در مورد تاثیر عصاره‌های اتانولی گیاهان در کاهش اکسایش و متعاقب آن عدد پراکسید به ترتیب در نمونه های روغن ذرت و روغن آفتابگردان مشاهده نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. این نتایج با نتایج Yang *et al*., (2016) مطابقت دارد. آنها ضمن بررسی تاثیر عصاره رزماری در ۳ نمونه روغن سویا، کتان و سبوس برنج اعلام نمودند که نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه-های حاوی عصاره و نمونه‌های حاوی آنتی اکسیدان سنتزی دارای عدد پراکسید بالاتری هستند. در پژوشی دیگر نشان داده شد که عدد پراکسید در نمونه های روغن شاهد بالاتر از نمونه های روغن حاوی BHT و عصاره گیاه شقایق هست و کمترین عدد پراکسید مربوط به نمونه های حاوی عصاره است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Agregán *et al*., 2016).



شکل ۲. مقایسه میانگین تغییرات عدد پراکسید روغن حاوی عصاره‌های اوجی و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ طی فرآیند حرارتی

عدد کربونیل

اندیس کربونیل آزمونی جهت اندازه گیری مقادیر ترکیبات ثانویه فرآیند اکسایش طی سرخ کردن می باشد. افزایش در مقادیر اندیس کربونیل متناسب با گسترش فرآیند اکسایش چربی است (Farahmandfar *et al*., 2015). شکل ۳ مقایسه میانگین عدد کربونیل نمونه های روغن طی فرآیند حرارتی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود روند تغییرات عدد کربونیل در تمام نمونه‌ها افزایشی بود و نمونه شاهد بیشترین میزان عدد کربونیل را به خود اختصاص داد و بجز زمان صفر، در سایر زمان های فرآیند حرارتی با سایر نمونه ها اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) داشت. در نمونه شاهد در ساعت ۱۶ فرآیند حرارتی یک کاهش در مقدار عدد کربونیل مشاهده شد.



شکل ۳. مقایسه میانگین تغییرات عدد کربونیل روغن حاوی عصاره‌های اوجی و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ طی فرآیند حرارتی

کمترین میزان عدد کربونیل مربوط به نمونه های روغن حاوی عصاره ترکیبی بود. همچنین عدد کربونیل در نمونه‌های روغن حاوی عصاره استخراج شده با روش ماسراسیون بالاتر از عدد کربونیل در نمونه‌های روغن استخراج شده با روش اولتراسوند بود اما اختلاف آنها از لحاظ آماری معنی دار نبود. این نتایج با نتایج Farahmandfar *et al.*, (2015) مطابقت دارد. آن‌ها ضمن بررسی تاثیر عصاره سبوس برنج بر عدد کربونیل روغن کانولا طی فرآیند حرارتی نشان دادند با گذشت زمان فرآیند حرارتی در تمام نمونه های روغن عدد کربونیل افزایش می‌یابد و نمونه شاهد بالاترین مقدار را در بین نمونه‌های روغن داشته است. همچنین نشان دادند که مقادیر عدد کربونیل در نمونه های روغن حاوی TBHQ از نمونه های روغن حاوی ۸۰۰ و ۱۲۰۰ ppm عصاره سبوس برنج طارم محلی کمتر است که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است. در پژوهش دیگر Sayyari, & Farahmandfar (2017) نشان دادند که عدد کربونیل در نمونه‌های روغن حاوی ۱۲۰۰ ppm عصاره بیدمشک کمتر از نمونه‌های روغن حاوی ۱۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ و نمونه شاهد فاقد آنتی اکسیدان است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

ترکیبات قطبی

ترکیبات قطبی یک شاخص مهم در اندازه گیری کیفیت روغن-های خوراکی می‌باشد که اطلاعات بسیار خوبی در مورد مقدار کل ترکیبات تشکیل شده در روغن که قطبیتی بالاتر از تری گلیسریدها دارند، ارائه می‌دهد. جدول ۱ مقایسه میانگین ترکیبات قطبی روغن آفتابگردان طی فرآیند حرارتی را نشان می‌دهد. روند تولید ترکیبات قطبی در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایشی بود و با گذشت زمان اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) بین ترکیبات قطبی در ساعت‌های مختلف فرآیند حرارتی ایجاد شد. بالاترین میزان ترکیبات قطبی تولید شده مربوط به نمونه شاهد فاقد آنتی اکسیدان بود و پس از آن نمونه روغن حاوی TBHQ قرار داشت. کمترین میزان ترکیبات قطبی در نمونه‌های روغن حاوی عصاره ترکیبی مشاهده شد که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) داشتند. همچنین نمونه‌های روغن حاوی عصاره استخراج شده با روش اولتراسوند با نمونه‌های روغن حاوی عصاره استخراج شده با روش ماسراسیون با هم اختلاف معنی دار آماری نداشتند اما مقدار ترکیبات قطبی تولید شده در نمونه‌های روغن حاوی عصاره استخراج شده با روش اولتراسوند کمتر بود. در مراحل پیشرفته اکسایش طبق واکنش دیلز - آلدر ترکیبات قطبی به ترکیبات پلیمری و محصولات ثانویه اکسایش تبدیل می‌شوند (White, 2008). این نتایج با مشاهدات Farahmandfar *et al.*, (2015) در مورد عصاره سبوس برنج طارم محلی در روغن کانولا مطابقت دارد. Sayyari, & Farahmandfar (2017) کمترین مقدار ترکیبات قطبی تشکیل شده را در نمونه روغن آفتابگردان حاوی عصاره بیدمشک مشاهده نمودند و پس از آن نمونه های حاوی TBHQ و نمونه شاهد قرار داشتند که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است.

جدول ۱. ترکیبات قطبی نمونه های روغن حاوی عصاره‌های اوجی و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ طی فرآیند حرارتی (بر حسب درصد)

نمونه	زمان بر حسب ساعت						
	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
شاهد	۵/۸۵±۰/۲^{Ga}	۹/۷۱±۱/۱^{Fa}	۱۵/۱۸±۵/۱^{Ea}	۲۹/۹۸±۵/۳۱^{Da}	۴۳/۳۴±۴/۴^{Ca}	۵۳/۸۷±۳/۲۷^{Ba}	۶۶/۵۴±۹/۲^{Aa}
TBHQ	۵/۷۷±۰/۳^{Ga}	۸/۲۳±۱/۲^{Fb}	۱۱/۷۸±۱۰/۱^{Eb}	۱۵/۶۴±۳/۴۱^{Db}	۲۲/۰±۳/۲^{Cb}	۳۱/۰۲±۲/۷۴^{Bb}	۳۴/۵۲±۵/۱^{Ab}
ماسراسیون	۵/۹۱±۰/۹^{Fa}	۷/۶۱±۱/۲^{Ec}	۱۰/۴۸±۱/۳^{Dc}	۱۲/۶۰±۱/۰۸^{Cc}	۱۶/۵۵±۲/۳^{Bc}	۲۱/۰۲±۱/۴^{Ac}	۲۲/۲۸±۶/۳^{Ac}
اولتراسوند	۵/۸۱±۱/۱^{Ga}	۷/۵۲±۱/۲^{Fc}	۱۰/۳۳±۲/۷^{Ec}	۱۲/۴۹±۳/۲^{Dc}	۱۶/۴۵±۱/۳^{Cc}	۲۰/۹۰±۴/۶^{Bc}	۲۲/۲۱±۸/۷^{Ac}
ترکیبی	۴/۶۹±۱/۲^{Fb}	۶/۰۵±۱/۵^{Ed}	۸/۳۲±۱/۳^{Dd}	۱۰/۰۳±۲/۳^{Cd}	۱۳/۲±۲/۷^{Bd}	۱۶/۷۷±۲/۵^{Ad}	۱۷/۸±۲/۳^{Ad}

حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.

عدد اسیدی

تغییرات عدد اسیدی در یک روغن مرتبط با پایداری اکسایشی و کیفیت تغذیه‌ای روغن می‌باشد (Yang *et al.*, 2016) و به صورت میلی گرم پتاس لازم برای خنثی نمودن اسیدهای چرب در ۱ گرم روغن تعریف می‌شود (Ban & Kang, 2014). عدد اسیدی به عنوان شاخص بررسی خصوصیات کیفی روغن و معیاری از درجه خلوص روغن در نظر گرفته می‌شود (Farag *et al.*, 2003). در صورت نامناسب بودن شرایط نگهداری واکنش-

های مولد فساد مانند اکسایش خودبخودی، نوری و آنزیمی آغاز می‌گردد. افزایش عدد اسیدی در روغن‌ها به دلیل ایجاد بد طعمی‌های شدید ناشی از تجزیه اسیدهای چرب آزاد قابل قبول نیست چراکه منجر به بد طعمی شدید در روغن و محصولات تهیه شده از آن می‌شود (Delfanian *et al.*, 2015). نتایج مربوط به تغییرات عدد اسیدی نمونه های مختلف روغن در جدول ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود روند تغییرات عدد اسیدی در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایشی بود و اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) بین عدد اسیدی در ساعت-های مختلف فرآیند حرارتی وجود داشت. بیشترین عدد اسیدی ابتدا در نمونه شاهد و سپس در نمونه روغن حاوی TBHQ مشاهده شد و دو نمونه بجز در ساعت نخست در سایر زمان‌های فرآیند حرارتی با هم اختلاف معنی دار آماری ($P<۰/۰۵$) داشتند. نمونه روغن حاوی عصاره استخراج شده با روش اولتراسوند عدد اسیدی کمتری داشت. همچنین کمترین عدد اسیدی در نمونه روغن حاوی عصاره ترکیبی مشاهده شد که تا ساعت ۱۲ فرآیند حرارتی با نمونه روغن حاوی عصاره استخراج شده به روش اولتراسوند اختلاف معنی دار آماری نداشت و پس از آن اختلاف معنی دار شد. این نتایج با نتایج پژوهش Yang *et al.*, (2016) مطابقت دارد. آنها اعلام نمودند که در نمونه‌های روغن فاقد آنتی اکسیدان بیشترین عدد اسیدی وجود داشت و نمونه‌های حاوی عصاره کمترین عدد اسیدی را داشتند. افزایش تعداد باندهای دوگانه و گروه‌های الکترون دهنده در اسیدهای چرب غیر اشباع منجر به کاهش پایداری اکسایشی روغن می-شود (Choe & Min, 2006). Sayyari, & Farahmandfar (2017) نشان دادند روند تغییرات عدد اسیدی در نمونه‌های روغن افزایشی است و نمونه‌های شاهد و نمونه حاوی عصاره بیدمشک به ترتیب بالاترین و کمترین عدد اسیدی را به خود اختصاص دادند که همراستا با نتایج بدست آمده از این پژوهش است. این اثرات مرتبط با خاصیت جاروب کنندگی رادیکال‌های آزاد در ترکیبات فنولی می‌باشد که با کاهش واکنش های اولیه اکسایش، سرعت واکنش های ثانویه اکسایش را نیز کاهش می-دهند.

جدول ۲. مقایسه میانگین عدد اسیدی روغن حاوی عصاره‌های اوجی و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ (بر حسب میلی گرم پتاس بر کیلوگرم روغن)

	زمان بر حسب ساعت						
نمونه	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴
شاهد	۰/۱۵±۰/۰^{Fa}	۰/۲۵±۰/۰^{Ea}	۰/۴۴±۰/۰^{Da}	۰/۷۹±۰/۱^{Ca}	۱/۴۱±۰/۵^{Ba}	۱/۴۲±۰/۷^{Ba}	۱/۷۶±۰/۸^{Aa}
TBHQ	۰/۱۴±۰/۰^{Fa}	۰/۲۰±۰/۱^{Eb}	۰/۲۹±۰/۰^{Eb}	۰/۳۸±۰/۱^{Db}	۰/۵۴±۰/۱^{Cb}	۰/۷۶±۰/۱^{Bb}	۰/۸۵±۰/۱^{Ab}
ماسراسیون	۰/۱۴±۰/۰^{Ea}	۰/۱۸±۰/۰^{Dbc}	۰/۲۵±۰/۰^{Cbc}	۰/۳±۰/۱^{Cc}	۰/۳۹±۰/۱^{Bc}	۰/۵۰±۰/۱^{Ac}	۰/۵۳±۰/۱^{Ac}
اولتراسوند	۰/۱۲±۰/۰^{Ea}	۰/۱۶±۰/۰^{Dcd}	۰/۲۲±۰/۰^{Cc}	۰/۲۵±۰/۱^{Ccd}	۰/۳۴±۰/۱^{Bc}	۰/۴۴±۰/۱^{Ac}	۰/۵±۰/۲^{Ac}
ترکیبی	۰/۱±۰/۰^{Ea}	۰/۱۳±۰/۰^{Dd}	۰/۱۸±۰/۰^{Ccd}	۰/۲۱±۰/۱^{Bd}	۰/۲۹±۰/۰^{Bd}	۰/۳۷±۰/۱^{Ad}	۰/۴۱±۰/۱^{Ad}

حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵ درصد است.

نتیجه گیری

در این پژوهش عصاره گیاه اوجی با استفاده از دو روش ماسراسیون و با کمک اولتراسوند استخراج شد. مقدار ترکیبات فنولی در عصاره استخراج شده به روش اولتراسوند بالاتر از روش ماسراسیون بود. با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ تا ۱۵۰۰ ppm در روش مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره افزایش یافته است. بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به عصاره استخراج شده با روش اولتراسوند بود. یک رابطه مثبت منطقی بین میزان ترکیبات موثره در عصاره و خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره مشاهده شد. بطوریکه فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره استخراج شده به روش اولتراسوند به دلیل بالاتر بودن ترکیبات موثره بیشتر بود. در مورد هر دو نوع محصولات اولیه و ثانویه اکسایش روند تولید ترکیبات حاصل از اکسایش صعودی بوده است و با گذشت زمان فرآیند حرارتی مقدار عدد پراکسید، عدد اسیدی، عدد کربونیل و میزان ترکیبات قطبی در تمام نمونه های روغن روند افزایشی داشته است. هر دو نوع عصاره استخراج شده با روش اولتراسوند و ماسراسیون به صورت جدا و ترکیبی در جلوگیری از اکسایش روغن موثر بودند که در این میان تاثیر عصاره ترکیبی بیشتر بود که دلیل این امر را میتوان مرتبط با اثر سینرژیستی عصاره ها بر روی یکدیگر و نیز نوع مواد استخراج شده در دو روش مرتبط دانست. در مجموع نتایج این طرح پیشنهاد میکند که با توجه به اینکه عصاره ترکیبی بیشترین اثرات آنتی اکسیدانی را در روغن داشته است و نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ در جلوگیری از اکسایش

روغن موثرتر عمل نموده است و می‌تواند جایگزین مناسبی برای آنتی اکسیدان سنتزی در روغن‌های سرخ کردنی باشد و در کارخانجات تولید روغن می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد و چنانچه در رستوران‌ها و کارگاه‌هایی که فرآیند سرخ کردن مواد غذایی را انجام می‌دهند به روغن افزوده شود، علاوه بر اثرات آنتی اکسیدانی می‌تواند تاثیر مطلوبی نیز بر طعم ماده غذایی بگذارد.

REFERENCES

Abdul Qadir, M. Shahzadi, S. K. Bashir, A. Munir, A. & Shahzad, S. (2017). Evaluation of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Common Herbs. *International journal of analytical chemistry*, 1,1-6.

Abootalebian, M. Keramat, J. Kadivar, M. Ahmadi, F. & Abdinian, M. (2016). Comparison of total phenolic and antioxidant activity of different Mentha spicata and M. longifolia accessions. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 175-179.

Afshari, A. & Sayyed-Alangi Z. (2016). Antioxidant effect of leaf extracts from *Cressa cretica* against oxidation process in soybean oil. *Food Science and nutrition*, 1, 324-333.

Agregán, R., Lorenzo, J. M. Munekata, P. E. Dominguez, R. Carballo, J. & Franco, D. (2016). Assessment of the antioxidant activity of Bifurcaria bifurcata aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food Research International*. In press

Anwar, F. Bhanger, M. I. & Kazi, T. G. (2003). Relationship between Rancimat and Active Oxygen Method Values at Varying Temperatures for Several Oils and Fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80 (2), 151–154.

AOCS. (1998). Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5thed., Champaign.

Ban, G. H. & Kang, D. H. (2014). Effects of gamma irradiation for inactivating Salmonella Typhimurium in peanut butter product during storage. *International Journal of Food Microbiology*, 171, 48–53.

Benabdallah, A. Rahmoune, C. Boumendjel, M. Aissi, O. & Messaoud, C. (2016). Total phenolic content and antioxidant activity of six wild Mentha species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(9), 760-766.

Ben-Ali, M. Dhouib, K. Damak, M. & Allouche, N. (2014). Stabilization of Sunflower Oil During Accelerated Storage: Use of Basil Extract as a Potential Alternative to Synthetic Antioxidants. *International Journal of Food Properties*, 1, 1547-1559.

Ben Salem, M. Affes, H. Athmouni, K. Ksouda, K. Dhouibi, R. Sahnoun, Z. Hami, S. & Zeghal, K. M. (2017). Chemicals Compositions, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of Cynara scolymus Leaves Extracts, and Analysis of Major Bioactive Polyphenols by HPLC. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.*

Bravi, E. Perretti, G. Falconi, C. Marconi, O. & Fantozzi, P. (2017). Antioxidant effects of supercritical fluid garlic extracts in sunflower oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), 102-107.

Choe, E. Min, & D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 169–186.

Delfanian, M. Esmaeilzadeh Kenari, R. & Sahari, M. A. (2015). Antioxidative effect of loquat (Eriobotrya japonica Lindl.) fruit skin extract in soybean oil. *Food science and nutrition*, 3(1), 74-80.

Djeridane, A. Yousfi, M. Nadjemi, B. Boutassouna, D. Stocker, P. & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97, 654–660.

Donald, S. Prenzler, P. D. Autolovich, M. & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry Journal*, 73, 73-84.

Emamuzo, E.D., Miniakiri, S.I., Tedwin, E.J.O., Delesi, K.H. & Precious, A. (2010). Effects of ethanol extract of leaves of Helianthus annus on the fecundity of Wistar rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(6), 435-438.

Esmaeilzadeh kenari, R. Mohsenzadeh, F. & Raftani-Amiri, Z. (2014). Antioxidant activity and total phenolic compound of Dezful sesame cake extracts obtained by classical and ultrasound assisted extraction methods. *Food Science and Nutrition*, 2(4), 426-435.

Farag, R. S. Barats, E. L. & Amany, M. (2003). The influence of phenolic extracts obtained from the olive plant on the stability of sunflower oil. *International journal of food science and technology*, 38, 81-87.

Farahmandfar, R. Asnaashari, M. & 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), 6385-6394.

Farhoosh, R. & Moosavi, S. (2009). Evaluating the Performance of Peroxide and Conjugated Diene Values in Monitoring Quality of Used Frying Oils. *Journal of Agriculture science and Technology*, 11, 173-179.

Frankel, E.N. (1996). Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chemistry*, 57, 51–55.

Firdos, A. Tariq, A. R. Imran, M. Niamat, I. Kanwal, F. & Mitu, L. (2017). Antioxidant potential of black pepper extract for the stabilization of sunflower oil. *Bulgarian Chemical Communications*, 45(1), 31-33.

Jäger, A. K. Almqvist, J. P. Vangsøe, S.A. Stafford, G.I. Adsersen, A. & Van Staden, J. (2007). Compounds from Mentha aquatica with affinity to the GABA-benzodiazepine receptor. *South African Journal of Botany*, 73(4), 518-521.

Katalinic, V. Milos, M. Kulisic, T. & Jukic, M. (2006). Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chemistry*, 94, 550–557.

Katsube, T. Tabata, H. Ohta, Y. Yamasaki, Y. Anuurad, E. Shiwaku, K. & Yamane, Y. (2004). Screening for antioxidant activity in edible plant products: comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 2391–2396.

Kothari V. Gupta A. & Naraniwal, M. (2012). Comparative study of various methods for extraction of antioxidant and antibacterial compounds from plant seeds. *Journal of Natural Remedies*, 12(2), 162-173.

Lianfu, Z. & Zelong, L. (2008). Optimization and comparison of ultrasound/ microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. *Ultrasound Sonochemistry*, 15, 731‑737.

Malheiro, R. Rodrigues, N. Manzke, G. Bento, A. Pereira, J. A. & 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: 37–43.

Manach, C. Scalbert, A. Morand, C. Remesy, C. & Jimenez, L. (2004). Polyphenol: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 727-747.

Marinova, E. & Yanishlieva, N. (1997). Antioxidative activity of extracts from selected species of the family Lamiaceae in sunflower oil. *Food Chemistry*, 58, 245–248.

Martins, F. S. Conceição, E. C. Bandeira, E. S. & Silva, J. O. C. (2014). The effects of extraction method on recovery rutin from Calendula officinalis L.(Asteraceae). *Pharmacognosy magazine*, 10 (l3), 569-572.

Mezza, G. N. Borgarello, A.V. Grosso, N.R., Fernandez, H., Pramparo, M.C. & Gayol, M.F. (2017). Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their effect on oxidative stability of sunflower oil. *Food Chemistry*, 242, 9-15.

Mojerlou, Z, Elhamirad, A. Esmaeilzadeh-Kenari, R. (2017). Comparing Antioxidant Activity of Ethanolic Olive Cake Extract with some Synthetic Antioxidants on Oxidative Stability of Soybean Oil. *International Journal of Pharmaceutica Analytical Acta*, 1(1), 9-12.

Naghshineh, M. Ariffin, A. A. Ghazali, H. M. Mirhosseini, H. & Mohammad, A.S. (2010). Effect of saturated/unsaturated fatty acid ratio on physicochemical properties of palm olein olive oil blend. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 87, 255–262.

Olugbami, J. O. Gbadegesin, M. A. & Odunola, O. A. (2015). In vitro free radical scavenging and antioxidant properties of ethanol extract of Terminalia glaucescens. *Pharmacognosy research*, *7*(1), 49-55.

Pokorny, J. Yanishlieva, N. & Gordon, M. (2001). Antioxidants in food. 1thed. New York. CRC Press, USA. pp: 107.

Pokorny, J. (2007). Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(6), 629–642.

Riera, E. Gallego‑Juarez, J. A. & Mason, T. J. (2006). Airborne ultrasound for the precipitation of smokes and powders and the destruction of foams. *Ultrasound Sonochemistry*, 13, 107‑116.

Sayyari, Z. & Farahmandfar, R. (2017). Stabilization of sunflower oil with pussy willow (Salix aegyptiaca) extract and essential oil. *Food science and nutrition*, *5*(2), 266-272.

Schulte, E. (2004). Economical micro method for determination of polar components in frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 772–776.

Shahidi, F. & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39, 4067–4079.

Shi, J. Ma, C. Qi, D. Lv, H. Yang, T. Peng, Q. Chen, Z. & Lin, Z. (2015). Transcriptional responses and flavor volatiles biosynthesis in methyl jasmonate-treated tea leaves. *BMC Plant Biology*, 15, 233–252.

Suh, S. S. Hwang, J. Park, M. Park, H. S. & Lee, T. K. (2014). Phenol content, antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mangrove plants in Micronesia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7, 531-735.

Szumny, A. Figiel, A. Gutiérrez-Ortíz, A. & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Composition of rosemary essential oil (Rosmarinus officinalis) as affected by drying method. *Journal of Food engineering*, *97*(2), 253-260.

Vinatoru, M. Mason, T. J. & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functional Compounds from Plant Materials. *Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.

Voirin, B. Bayet, C. Faure, O. & Jullien, F. (1999). Free flavonoid aglycones as markers of parentage in Mentha aquatica, M. citrata, M. spicata and M. x piperita. *Phytochemistry*, 50(7), 1189-1193.

Yang, Y. Song, X. Sui, X. Qi, B. Wang, Z. Li, Y. & Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141-147.

White, P. J. (2008). Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology*, 45, 75-80.

Zhang, H. F. Yang, X. H., Zhao, L. D. & Wang, Y.

Zebelo, S. A. Bertea, C. M. Bossi, S. Occhipinti, A. Gnavi, G. Maffei, M. E. (2011). *Chrysolina herbacea* modulates terpenoid biosynthesis of Mentha aquatica L. *Plos One*, 6, 1–10.

(2009). Ultrasonic‐assisted extraction of epidemic C from fresh leaves of Epimedium & extraction mechanism. *Innovation in Food Science Emergency Technology*, 10, 54‐60.