(مقاله پژوهشی)

استخراج عصاره آنتی‌اکسیدانی دانه جو دو سر (*Avena Sativa* L.) توسط اولتراسوند و ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی‌آن در تالو

لیلا دستان ، مهرداد قوامی[۲]، ندا احمدی‌کمازانی[۳*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲-استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- استادیار،گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۵

چکیده

اهداف این پژوهش، بررسی بازیابی عصاره آنتی اکسیدانی دانه جو دو سر(*Avena Sativa* L.) توسط امواج اولتراسونیک و ارزیابی تأثیر آنتی‌اکسیداتیو عصاره مذکور در روغن تالو بود. استخراج عصاره آنتی اکسیدانی از نمونه دانه جو دو سر پودر شده در یک حمام اولتراسوند با حلال اتانول/ آب (۷۰:۳۰ حجمی/ حجمی) در دمای $50^{\circ}C$، زمان ۳۰ دقیقه، فرکانس ۴۰ کیلو هرتز و نسبت نمونه به حلال (۱:۲۰ وزنی/ حجمی) صورت گرفت. راندمان استخراج (۲۴/۲۰ ±۰/۰۸ g/100g DW)، مقدار ترکیبات فنولیک کل(۵/۲۲ ± ۳۶۵/۷۳ mg GAE /100g DW) و فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH غلظت های مختلف عصاره جو دو سر (۱۵۰ ppm، ۱۲۵ ppm، ۱۰۰ppm، ۷۵ ppm، ۵۰ppm، ۲۵ ppm) تعیین شد. آثار حفاظتی غلظت های مختلف عصاره (۱۲۰۰ppm، ۸۰۰ ppm ، ۴۰۰ppm، ۰ ppm) در پایدارسازی روغن تالو از طریق پایش تغییرات اندیس های اسیدی، پراکسید، پاراآنیزیدین، توتوکس طی آزمون آون گذاری ۱۲۰ساعته در دمای $90 \pm 5^{\circ}C$ (اکسیداسیون تسریع یافته) ارزیابی شده و با آنتی اکسیدان BHT (۲۰۰ ppm) مقایسه گردید. در آزمایشات پایداری اکسیداتیو روغن تالو غنی شده با عصاره آنتی اکسیدانی جو دو سر، افزایش غلظت عصاره به عملکرد بهتر آن در به تأخیر انداختن فساد اکسیداتیو منجر گردید ($p< ۰/۰۵$). مطابق نتایج، BHT (۲۰۰ppm) و عصاره جو دو سر (۱۲۰۰ppm) بالاترین آثار حفاظتی را نشان دادند. در آزمون رنسیمت نیز در دمای $120^{\circ}C$، شاخص‌های پایداری اکسیداتیو نمونه شاهد، نمونه روغن تالو حاوی ۱۲۰۰ppm عصاره جودوسر و BHT (۲۰۰ppm) به ترتیب ۲/۸۹، ۵/۸۶ و ۶/۹۱ ساعت تعیین شد ($p< ۰/۰۵$). به این ترتیب آنتی‌اکسیدان BHT و متعاقب آن عصاره جو دوسر (۱۲۰۰ppm) در قیاس با نمونه شاهد، تأثیر قابل ملاحظه ای را در جهت افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو و بالطبع دوره القاء روغن تالو نشان دادند. مطابق نتایج عصاره آنتی اکسیدانی جو دو سر استخراج شده به کمک اولتراسوند می تواند به عنوان منبع ترکیبات آنتی اکسیدانی در روغن های خوراکی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: جو دو سر، عصاره آنتی اکسیدانی، اولتراسوند، تالو، پایداری اکسیداتیو.

[*]مسئول مکاتبات: Ahmadi.academic@gmail.com

۱- مقدمه

اکسیداسیون چربی‌ها یکی از اصلی‌ترین عوامل فساد مواد غذایی و تخریب رنگ، طعم، بافت و ارزش تغذیه ای آن ها و افزایش خطر سلامتی و ضایعات اقتصادی است (۱۴). آنتی‌اکسیدان ها یک گروه مهم از افزودنی های غذایی هستند که به دلیل خواص منحصر به فردشان ماندگاری مواد غذایی را بدون تأثیر منفی روی خواص حسی و تغذیه ای افزایش می‌دهند. آنتی اکسیدان ها به دو گروه سنتتیک و طبیعی تقسیم می‌شوند: آنتی‌اکسیدان های مصنوعی شامل بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)[1]، بوتیل‌هیدروکسی‌تولوئن(BHT) [2]، پروپیل گالات(PG)[3]، ترشری بوتیل هیدروکینون (TBHQ)[4]، اکتیل گالات(OG)[5]و دودسیل‌گالات(DG)[6]بوده و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی شامل فلاونوئیدها، فنولیک اسیدها، لیگنان ها، ترپن ها، توکوفرول‌ها و فسفولیپیدهامی‌باشد (۴۴). از نقطه نظر استخراج ترکیبات مؤثره از محصولات کشاورزی، راندمان استخراج ترکیبات زیست فعال[7] آن ها از جمله ترکیبات فنولیک بسیار مهم است. به همین دلیل در فرایند استخراج عواملی چون نوع حلال، دما و مدت زمان استخراج بسیار مهم هستند. همچنین نحوه عمل‌استخراج متداول از طریق روش هایی مانند سوکسله و غرقابی و یا از طریق فناوری‌های جدید نظیر مایکروویو و یا امواج اولترا سونیک صورت می گیرد. تأثیر فناوری های جدید در مقایسه با روش های سنتی از نظر صرفه جویی در زمان و انرژی و همچنین افزایش راندمان استخراج مشخص شده است (۴۹). استخراج به کمک اولتراسوند (UAE) [8] به عنوان یک فرآیند سبز، ارزان و ساده مورد تأیید قرار گرفته است (۴۱). تکنیک مذکور جهت استخراج ترکیبات فنولیک از گیاهان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در مقایسه با استخراج‌های متداول با حلال، استخراج اولتراسونیک می‌تواند به میزان قابل ملاحظه ای راندمان استخراج ترکیبات فنولیک را افزایش دهد (۳۳). در بسیاری از تحقیقات، متانول به عنوان یک حلال مناسب استخراج برای دستیابی به راندمان بالای ترکیبات فنولیک مطرح شده است. هرچند که از نظر زیست‌محیطی، حلال‌های آلی با درجه‌خوراکی[9] مانند اتانول، ان-بوتانول و ایزوپروپانول توسط اداره غذا و دارو ایالات متحده برای اهداف استخراج توصیه می‌شوند (۸). احمدی کمازانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز عصاره آنتی‌اکسیدانی ضایعات کاهو را به کمک اولتراسوند استخراج نموده و به این نتیجه رسیدند که عصاره آنتی اکسیدانی مذکور (۲۰۰۰ppm) دارای عملکردی به خوبی آنتی اکسیدان BHT (۲۰۰ppm) در به تأخیرانداختن فساد اکسیداتیو تالواولئین می باشد (۱).

غلات کامل (حاوی سبوس) آنتی اکسیدان‌های طبیعی نظیر ویتامینE، توکوتری انول ها،کاروتنوئیدها، اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها، لیگنین ها، لیگنان ها، اسید فیتیک، اینوزیتول ها، فولات‌ها، میکرومینرال‌ها (روی،سلنیوم)، ملاتونین، اونان‌ترامیدها[10] و آلکیل رزورسینول ها [11] را تأمین می نمایند (۱۲). جو دوسر (*Avena sativa L.*) متعلق به خانواده Poaceaeمی باشد. جو دوسر، یک غله منحصر به فرد بوده و رتبه ششم تولید جهانی غلات را پس از گندم، ذرت، برنج، جو و سورگوم به خود اختصاص می‌دهد (۴). جو دوسر به عنوان"Supergrain"معرفی شده است که اساس این توصیف فواید بالقوه سلامت بخش آن می باشد. جو دو سر به لحاظ دارا بودن سطوح بالای اسیدهای چرب غیر اشباع، پروتئین ها، ویتامین‌ها، آنتی اکسیدان ها، مواد معدنی و نیز به عنوان منبع مهم بتاگلوکان از جایگاه مناسبی در تغذیه انسان بر خوردار می باشد (۹). در طول یک دهه گذشته، فواید سلامت بخش جو دوسر ناشی از محتوای بالای تغذیه ای آن به خوبی شناخته شده است. ویتامینE (توکول‌ها)، اسیدفیتیک، ترکیبات

1-Butylated Hydroxyanisole
2-Butylated Hydroxytoluene
3-Propyl Gallate
4-Tertiary-Butylhydroquinone
5-Octyl Gallate
6-Dodecyl Gallate
7-Bioactive Compounds
8-Ultrasound-Assisted Extraction
9-Food Grade
10-Avenanthramide
11-Alkylresorcinols

فنولیک و اونان ترامیدها فراوان ترین آنتی‌اکسیدان موجود در جو دوسر بوده و فلاونوئیدها و استرول‌ها نیز در آن وجود دارند. این آنتی‌اکسیدان ها در لایه‌های خارجی جو دوسر متمرکز شده‌اند (۴۰). از جمله این مواد مغذی پلی فنول ها می‌باشند که ویژگی های آنتی‌اکسیدانی را ارائه می دهند. برخی از فواید سلامت بخش آنتی‌اکسیدان ها محافظت در برابر بیماری های مخرب مزمن، مهار سرطان و جلوگیری از اکسیداسیون کلسترول LDL در بیماری های قلبی است (۱۸). پلی فنول ها دارای حداقل یک حلقه آروماتیک و حداقل یک گروه هیدروکسیل می‌باشند(۲۵). آن‌ها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند زیرا گروه های هیدروکسیل می توانند به سهولت جدا شده و جهت محافظت بیومولکول ها از تخریب سلولی‌اکسیده شوند (۵۱). اغلب این پلی فنول ها، استرهای متصل به دیواره های سلولی بوده و از اینرو برای آزاد شدن از ماتریکس سلولی هیدرولیز آن ها ضروری می باشند (۴۵). پلی فنول های منحصر به فرد در جو دوسر، اونان‌ترامیدها بوده که یک آمید نشأت گرفته از اتصال آنترانیلیک اسید[1] با هیدروکسی سینامیک اسیدها[2] می باشد. هیدروکسی سینامیک اسیدهای موجود در جو دوسر، فرولیک اسید، پاراکوماریک اسید، ارتوکوماریک اسید،کافئیک اسید و سیناپیک اسید می باشد (۴۶). آنتی‌اکسیدان ها دارای کاربردهای مهم صنعتی نظیر حفظ طعم، مزه، بافت، محتوای تغذیه ای و همچنین کند نمودن روند اکسیداسیون لیپیدها هستند (۴۷). معمولا آنتی‌اکسیدان ها به صورت سنتتیک تولید می شوند. با این حال، استخراج آن ها از منابع طبیعی، یک انتخاب بالقوه است. علاوه بر این، اخیرا روند تحقیقات به توسعه روش های استخراج محصولات با ارزش افزوده بالا از بخش کشاورزی معطوف شده است (۵۳). به عنوان مثال، تمایل فزاینده‌ای به توسعه‌استخراج‌آنتی‌اکسیدان‌هااز منابع طبیعی تحت فرآیندهای سازگار با محیط زیست، پایدار و مقرون به صرفه وجود دارد (۱۷). آنتی‌اکسیدان های عصاره دانه جو دو سر و کنجاله آن از جمله آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است که می تواند در روغن ها و چربی ها استفاده شود. همان‌گونه که پیشتر اشاره شد استرهای کافئیک‌اسید و فرولیک اسید از جمله مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های جو دو سر می‌باشند. همچنین ترکیبات آلکالوئیدی با خواص آنتی اکسیدانی در جو دو سر یافت شده است (۳۷). وان هانگ (۲۰۱۶) مقادیر ترکیبات فنولیک، مشخصات اسیدفنولیک و ظرفیت‌آنتی‌اکسیدانی استخراج شده از غلات نظیرگندم، ذرت، برنج، جو، سورگوم، چاودار، جو دوسر و ارزن را مرور نموده و نشان داد که این غلات و عصاره آن‌ها حاوی ترکیبات فیتوکمیکال مانند فنولیک ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین ها و غیره می باشند (۵۰). مارتینز و پناس (۲۰۱۷) فواید سلامت بخش جو دوسر را مرور نموده و خواص مفید این غله را به حضورترکیبات زیست فعال مختلف نسبت دادند (۳۴). چن و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر ترکیبات فنولیک، فعالیت آنتی اکسیدانی و ظرفیت ضد تکثیر سلولی واریته های مختلف جو دوسر را مرور نموده و ظرفیت ضد تکثیر سلولی عصاره های جو دوسر را به حضور ترکیبات فنولی، مانند اسیدهای فنولیک و اونان ترامیدها مرتبط دانستند (۱۳). باردواج [3] و همکاران (۲۰۱۹) خصوصیات بیوشیمیایی ژنوتیپ های جو دوسر با پتانسیل تغذیه ای بالا را مورد ارزیابی قرار دادند (۹). سویکان و همکاران (۲۰۱۹) ترکیب و محتوای اسیدهای فنولیک و اونان‌ترامیدها را در محصولات جو دوسر تجاری مورد بررسی قرار داده و نشان دادندکه محصولات جو دوسر منبع غنی از ترکیبات مذکور برای مصرف‌کنندگان است (۴۸).کاپوچووا و همکاران(۲۰۲۰) فعالیت آنتی‌کسیدانی کل، میزان ترکیبات فنولیک‌کل، اسیدهای‌فنولیک کل و توکول ها را در واریته های مختلف جو دوسر بررسی نموده و نشان دادند که شاخص های مذکور علاوه بر واریته، تحت تأثیر شرایط آب و هوایی نیز قرار می گیرد (۱۱). جو دوسر و فرآورده های آن به لحاظ ویژگی های سلامت بخش به عنوان

1-Anthranilic Acid
2-Hydroxycinnamic Acid

3-Bhardwaj

ماده غذایی فراسودمند توصیف می شوند، با این حال مطالعات بسیار محدودی در مورد ارزیابی عصاره های آن و روش‌های مختلف استخراج وجود دارد. ضمن آن که تحقیقاتی در خصوص کاربرد عصاره های آنتی‌اکسیدانی جو دو سر استخراج‌شده توسط امواج اولتراسونیک در پایدارسازی روغن های خوراکی موجود نمی باشد. بنابراین اهداف این پژوهش، استخراج عصاره جو دو سر (*Avena Sativa L.*) توسط روش‌نوین، کارآمد و سبز اولتراسوند و ارزیابی تأثیر آنتی‌اکسیداتیو عصاره مذکور طی اکسیداسیون روغن تالو و مقایسه آن با آنتی اکسیدان سنتتیک BHT در نظرگرفته شده است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

دانه جو دوسر (*Avena sativa* L.) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. (جو دو سر یا یولاف تا به امروز در ایران به طور گسترده کشت نشده و برای اولین بار در استان اصفهان به طور زراعی کشت شده است). سپس توسط دستگاه آسیاب برقی خانگی, MJ-(Panasonic W176P, Japan) پودرگردید و برای یکنواخت‌کردن اندازه ذرات با الک مش ۴۰ غربال شده و تا زمان انجام آزمایش در ظرف شیشه ای درب دار در یخچال با دمای ۴ °C نگهداری شد. حلال‌ها و موادشیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱-استخراج عصاره آنتی اکسیدانی از پودر جو دو سر به کمک اولتراسوند

استخراج عصاره آنتی‌اکسیدانی از دانه جو دوسر در یک حمام اولتراسوند (WUC-D10H, Wiseclean, Korea) در دمای ۵۰°C، زمان ۳۰ دقیقه و فرکانس ۴۰ کیلو هرتز با حلال ایمن اتانول/ آب (۷۰:۳۰ حجمی/ حجمی) با نسبت ماده جامد به حلال ۱:۲۰ (وزنی/ حجمی) صورت گرفت. به منظور جلوگیری و به حداقل رساندن افت تبخیر حلال، از ظروف شیشه‌ای درب دار استفاده شد. پس از استخراج، عصاره‌های حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شده و توسط تبخیر کننده دوار در دمای ۴۰°C تحت خلاء تغلیظ و در خشک‌کن انجمادی خشک شدند. عصاره‌ها در ظروف محافظ در برابر نور در دمای ۴°C تا زمان انجام آزمایش نگهداری شد (۱).

۲-۲-۲- تعیین راندمان استخراج

راندمان استخراج عصاره آنتی اکسیدانی جو دو سر به صورت وزنی (گراویمتریک) تعیین شد. شاخص مذکور(٪ وزنی/ وزنی) عصاره طبق معادله ۱ محاسبه گردید.

معادله۱

$$\text{Yield } \% = (W2/W1) \times 100$$

W1: وزن پودر جو دو سر

W2: وزن عصاره تغلیظ و خشک شده

۲-۲-۳- تعیین مقدار ترکیبات فنولیک کل

میزان ترکیبات فنولیک کل موجود در عصاره جو دو سر استخراج شده به کمک اولتراسوند به روش فولین سیوکالتیو مطابق روش مک دونالد و همکاران (۲۰۰۱) مورد بررسی قرار گرفت (۳۵). ۰/۵ میلی لیتر از عصاره استخراجی با ۵ میلی لیتر از معرف فولین سیوکالتیو (که با آب مقطر ۱۰ برابر رقیق شده بود) و ۴ میلی لیتر از محلول کربنات سدیم ۱ مولار به خوبی مخلوط و به مدت ۱۵دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس مقدار جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شده و مقدارکل ترکیبات فنولیک با استفاده ازمنحنی‌استاندارد بر مبنای اسیدگالیک (mg GAE/100g DW) بیان گردید.

۲-۲-٤-تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال DPPH

فعالیت مهار رادیکال DPPH عصاره های جو دو سر مطابق روش برند ویلیامز و همکاران (۱۹۹۵) با برخی اصلاحات تعیین شد (۱۰). ۰/۵ میلی لیتر از عصاره استخراجی با ۲/۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ میلی مولار DPPH مخلوط و کاملاً همگن شد و برای۳۰ دقیقه در تاریکی در درجه حرارت اتاق انکوباتورگذاری گردید. جذب نور در۵۱۷ نانومتر در مقابل یک شاهد توسط اسپکتروفتومتر (T 80 UV-VIS Spectrometer PG Instruments LTD) قرائت شده و نتایج برحسب درصد مهار رادیکال DPPH طبق معادله ۲ محاسبه گردید.

$$\text{Inhibition DPPH \%} = [(\text{Abs control} - \text{Abs sample})/\text{Abs control}] \times 100$$

معادله ۲

Abs control: جذب محلول DPPH فاقد عصاره (محلول شاهد)

Abs sample: جذب در حضور عصاره مورد آزمایش

۲-۲-۵- مطالعات پایداری اکسیداتیو روغن

۲-۲-۵-۱- استخراج چربی تالو

برای انجام این تحقیق از تالو (چربی ذخیره ای دم) گوسفند (نژاد دشت مغان) به عنوان یک محیط پایه جهت ارزیابی خصوصیات آنتی اکسیدانی عصاره جو دو سر استفاده شد. از آنجا که چربی های حیوانی به لحاظ آنتی اکسیدان‌های طبیعی ضعیف هستند، مطالعه فعالیت عصاره آنتی اکسیدانی در آن ها الگوهای رفتاری مناسبی را ارائه خواهد کرد. تالو مورد نیاز از مراکز عرضه داخلی خریداری و پس از انتقال به آزمایشگاه، شستشو با آب و حذف بقایای گوشت، توسط چرخ گوشت (Panasonic, MK-G1800, Japan) کاملا خرد و پس از بسته‌بندی تا زمان استخراج در فریزر نگهداری گردید. استخراج چربی تالو به روش ذوب کردن خشک (دمای ۸۰°C به مدت ۲ ساعت) توسط دستگاه تبخیر کننده دوار (Heidolph, Germany) تحت شرایط خلاء انجام شد (۱).

۲-۲-۵-۲- آنالیز خصوصیات شیمیایی تالو

اندیس یدی (AOCS Cd1c–85) (۲۴)، اندیس صابونی (3657:2002ISO) (۲۷)، اندیس‌اسیدیISO)(660:1996 (۲۸)، اندیس پراکسید (AOCS cd 8-53) (۲۳) و نیز شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI) توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm 743, Switzerland) در دمای ۱۲۰°C و سرعت جریان هوای ۲۰ L/h تعیین شد (۲۲). جهت تعیین میزان و ترکیب اسیدهای چرب ابتدا متیله کردن نمونه روغن طبق روش (ISO 5509:2000) انجام شد (۳۰). سپس اسیدهای چرب روغن تالو توسط کروماتوگرافی گازی طبق روش (ISO 5508:1990) شناسایی و تعیین مقدار گردید (۲۹). مشخصات و شرایط دستگاه کروماتوگرافی‌گازی عبارت بود از: (SHIM ADZU, Nexis 2030, Japan) ،آشکار ساز یونیزاسیون شعله ای (FID) [1]، ستون موئین Dikmacap-2330 از جنس شیشه به طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، گاز هیدروژن با خلوص ۹۹/۹۹۹ ٪ به عنوان گاز حامل و سرعت جریان ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه، دمای محل تزریق ۲۵۰°C، دمای آشکار ساز ۲۶۰°C، میزان تزریق نمونه ۱میکرولیتر، نسبت اسپیلت دستگاه ۱ به ۶۰ و برنامه دمایی دستگاه: دمای اولیه ۶۰°C و باقی ماندن به مدت ۲ دقیقه در همان دما، سپس با گرادیان ۱۰ °C /min رسیدن به دمای ۲۰۰ C، سپس با گرادیان ۵ °C /min رسیدن به دمای ۲۴۰ °C، باقی ماندن به مدت ۷ دقیقه در همان دما جهت خروج کلیه اسیدهای چرب از ستون.

۲-۲-۵-۳-پایداری روغن تالو غنی شده با عصاره جو دو سر

به ظروف آزمایش دربدار حاوی ۱۰۰ میلی لیتر روغن تالو، عصاره جو دو سر با غلظت های (۱۲۰۰ppm، ۸۰۰ ppm، ۴۰۰ppm، ۰ ppm) و آنتی اکسیدان سنتتیک BHT (۲۰۰ppm) افزوده شد. عمل اختلاط عصاره با روغن توسط

1-Flame Ionization Detector

همزن مغناطیسی صورت گرفت. سپس در آون با دمای ۵ ˚C ±۹۰ نگهداری گردید. پایداری روغن نسبت به اکسیداسیون هر۲۴ ساعت یک بار در طول یک دوره ۵ روزه (۱۲۰ساعته) از طریق آنالیز مقادیر اندیس اسیدی، اندیس پراکسید و اندیس پاراآنیزیدین ارزیابی شد. تعیین میزان اندیس آنیزیدین نیز طبق روش (AOCS cd 18-90) صورت گرفت (۲۳). اندیس توتوکس نیز بر اساس معادله ۳ محاسبه شد (۳۸).

$$TV=AV+2PV$$

معادله ۳

AV: اندیس آنیزیدین

PV: اندیس پراکسید

۲-۲-۵-٤-شاخص پایداری اکسیداتیوروغن توسط دستگاه رنسیمت (OSI)

شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه ها، توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm 743, Switzerland) تعیین شد. آزمایش به صورت جداگانه با ۳ گرم نمونه روغن حاوی ۱۲۰۰ ppm عصاره جو دوسر (بر اساس نتایج حاصل از آزمون پایداری روغن طی آون گذاری)، نمونه روغن حاوی ۲۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان سنتتیک BHT و نمونه شاهد (فاقد هرگونه آنتی اکسیدان) در دمای ۱۲۰˚C و سرعت جریان هوای L/h ۲۰ انجام شد (۲۲).

۲-۳ - تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد. نتایج به صورت میانگین سه تکرار و انحراف استاندارد بیان گردید. جهت ارزیابی اختلاف بین میانگین ها متعاقب آنالیز واریانس (ANOVA) یک طرفه، تست چند دامنه ای دانکن به کار رفت. آنالیزها با استفاده از نرم افزار SPSS 22 و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

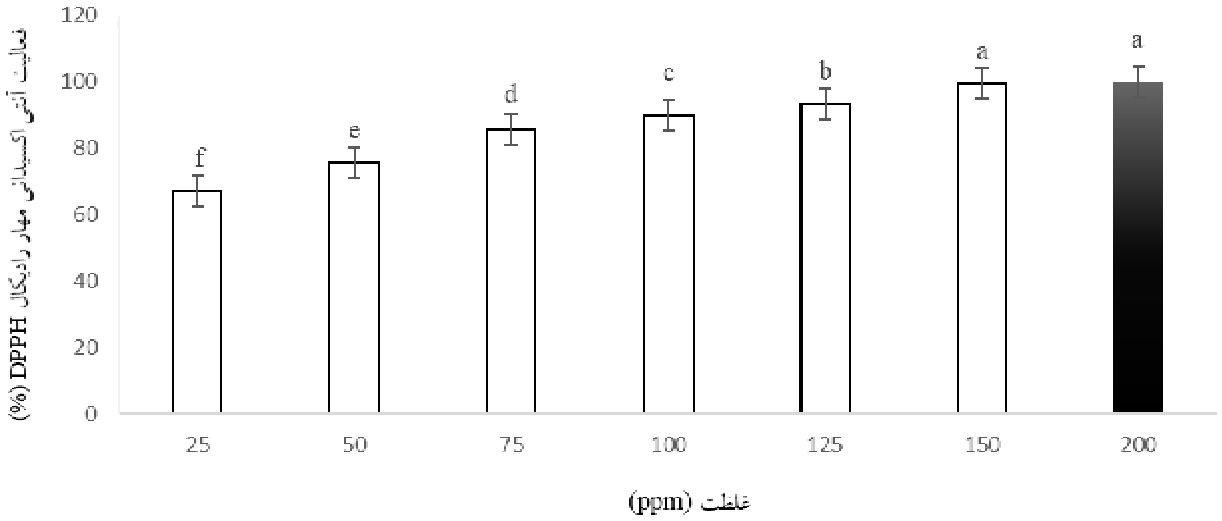
۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج، مقدار ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH عصاره جو دو سر

راندمان استخراج و مقدار ترکیبات فنولیک کل عصاره جو دو سر در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH غلظت های مختلف عصاره جو دو سر (۲۵ ppm، ۵۰ppm، ۷۵ppm، ۱۰۰ppm، ۱۲۵ ppm، ۱۵۰ ppm) و BHT (۲۰۰ ppm) در شکل۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- راندمان استخراج و مقدار ترکیبات فنولیک کل عصاره جو دو سر

فاکتور	میزان
راندمان استخراج	۲٤/۲۰ ± ۰/۰۸g/100g DW
مقدار ترکیبات فنولیک	۳٦٥/۷۳ ± ٥/۲۲ mg GAE /100g DW



شکل ۱- فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH (%) عصاره جو دو سر و آنتی اکسیدان BHT

*حروف لاتین غیر یکسان نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است ($p< ۰/۰۵$).

در این پژوهش راندمان استخراج عصاره از جو دو سر توسط روش اولتراسوند g/100g DW ۰/۰۸±۲۴/۲۰ و مقدار ترکیبات فنولیک کل mg GAE /100g DW ۵/۲۲ ± ۳۶۵/۷۳ تعیین شد. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH توسط عصاره جو دو سر در غلظت های ppm ۲۵، ppm ۵۰، ppm ۷۵، ppm ۱۰۰، ppm ۱۲۵، ppm ۱۵۰ و BHT (ppm ۲۰۰) به ترتیب ۶۷/۲۵ ٪، ۷۵/۷۴ ٪، ۸۵/۶۹ ٪، ۸۹/۷۹ ٪، ۹۳/۴۴ ٪ ، ۹۹/۳۷ ٪ و ۱۰۰٪ تعیین شد. تاکنون گزارشی در زمینه استخراج ترکیبات فنولیک از جو دوسر توسط امواج اولتراسونیک و میزان ترکیبات فنولیک کل آن ارائه نشده است. راندمان استخراج و ترکیب عصاره به روش استخراج و قطبیت حلال بستگی دارد. یک روش کارآمد بایستی دارای خصوصیاتی از قبیل کوتاه نمودن زمان استخراج، کاهش مصرف حلال، افزایش بازده استخراج و بهبود کیفیت عصاره‌ها باشد. تحقیقات زیادی کارآمدی تکنیک اولتراسوند را در جهت افزایش راندمان استخراج ترکیبات فنولیک عصاره‌های گیاهی نسبت به سایر روش‌های استخراج نشان می دهد. تقویت استخراج اساساً به پدیده کاویتاسیون مربوط می شود که شامل تشکیل، رشد و متلاشی شدن میکروحباب ها در داخل فاز مایع در معرض امواج مافوق صوت می‌باشد. محققین نشان داده اند که روش اولتراسوند نه تنها راندمان استخراج پلی فنول ها را افزایش می دهد، بلکه منجر به حفظ فعالیت بیولوژیکی عصاره های پلی فنولی و کارآیی بالاتر آن ها در قیاس با روش های کلاسیک استخراج نظیر ماسراسیون و سوکسله می شود. پارامترهایی نظیر دما، فرکانس، توان، نوع حلال و نسبت حلال به ماده روی ترکیب عصاره فنولی و کارآیی آن (خواص آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی و ضد میکروبی) تأثیرگذار است. دماهای استخراج بالاتر از $^{\circ}C$ ۵۰ تخریب و تجزیه پلی فنول های موجود در عصاره را سبب می شود. فرکانس های پایین تا محدوده ۴۰ کیلوهرتز نیز در استخراج مؤثرتر هستند. معمولا راندمان استخراج پلی فنول ها با افزایش توان و فرکانس (تا یک حد آستانه) افزایش می یابد، اما فراتر از حد آستانه مذکور افزایش قابل ملاحظه ای در راندمان مشاهده نمی شود. توان و فرکانس بالا منجر به ایجاد رادیکال های آزاد هیدروکسیل و تخریب پلی فنل ها می شود. بنابراین جهت دستیابی به نتایج و کارآیی بالا در استخراج به کمک اولتراسوند، انتخاب صحیح پارامترها از اهمیت ویژه برخوردار

خواهد بود (۱۹). کیانا پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر پیش تیمار اولتراسونیک بر قدرت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولیک عصاره برنج قهوه ای و سفید حاصل از واریته سرخه لنجان را بررسی نموده و نشان دادند که روش اولتراسونیک عملکرد بسیار موثرتری را در قیاس با روش سوکسله به منظور فرایند استخراج عصاره آنتی اکسیدانی و نیز بازیابی ترکیبات فلاونوئیدی و پلی فنولی داراست (۳). همچنین محققین در پژوهش بهینه سازی استخراج آنتی اکسیدان های طبیعی از گل *Limonium sinuatum* به کمک اولتراسوند و مقایسه با روش های خیساندن و سوکسله نشان دادند که استخراج به کمک اولتراسوند باعث راندمان بالاتر و کاهش زمان استخراج می شود (۵۲).

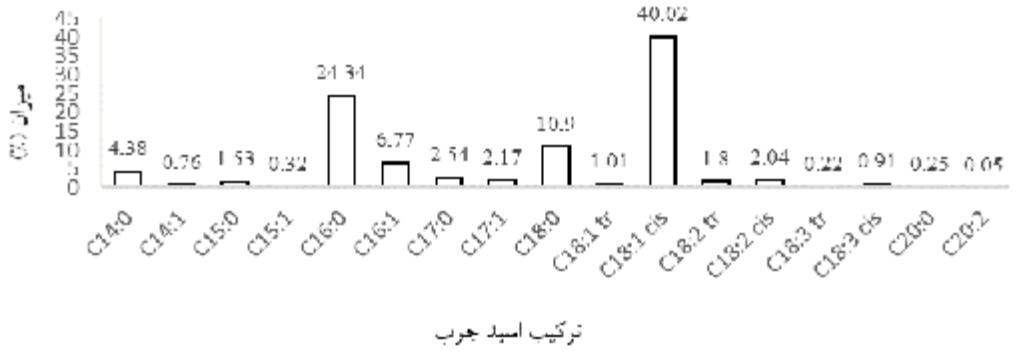
اسکوبدو- فلورس و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی استخراج ترکیبات پلی فنولیک از جو دوسر به روش سیال فوق بحرانی، مقدار ترکیبات فنولیک کل را mg GAE /100g of oats ۱۲۵گزارش نمودند (۲۱). کواچووا و مالینووا (۲۰۰۷) میزان ترکیبات فنولیک کل ۲۱ واریته جو دو سر را ۵۰۳/۵۹ - ۱۱۰/۴۷ میلی گرم فرولیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه جو دوسر تعیین نمودند (۳۲). سندهو و همکاران (۲۰۱۷) میزان ترکیبات فنولیک کل ۴ واریته جو دو سر را mg GAE ۲۶۸/۷/100g - ۱۷۴/۴ تعیین نمودند (۴۲). عصاره آنتی اکسیدانی حاصل از جو دو سر، فعالیت آنتی اکسیدانی وابسته به غلظت را در برابر رادیکال های DPPH نشان می دهد (شکل ۱). ترکیبات فنولیک عصاره جو دوسر قادر به مهار رادیکال‌های آزاد از طریق مکانیسم ارائه الکترون یا هیدروژن و نیز ممانعت از آغاز واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون در ماتریکس‌های مستعد فساد اکسیداتیو می باشند. طبق گزارش محققین، عصاره جو دوسر از طریق اندازه گیری ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن و اکسیداسیون لیپوپروتئین با چگالی کم، ظرفیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی را ارائه می نماید. ضمن اینکه میزان ترکیبات فنولیک کل عصاره جو دوسر با فعالیت آنتی اکسیدانی آن ارتباط معنا داری دارد (۲۰).کیانا پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر دو نوع روش استخراج سوکسله و فراصوت را بر ظرفیت گیرندگی رادیکال آزاد DPPH توسط عصاره برنج سفید و قهوه ای حاصل از واریته سرخه لنجان در حلال های مختلف متانول۱۰۰٪، اتانول۱۰۰٪، آب ۱۰۰٪، اتانول۵۰٪ - متانول ۵۰٪، متانول ۵۰٪ - آب۵۰٪ و اتانول ۵۰٪ - آب۵۰٪ بررسی نموده و نشان دادند که بالا بودن ترکیبات فنولی در برنج قهوه ای نسبت به برنج سفید و در عصاره های غیرقطبی تر مانند مخلوط اتانول- متانول و نیز در روش استخراج فراصوت نسبت به سوکسله سبب گردیده که میزان اثر بازدارندگی رادیکال DPPH برنج قهوه ای در شرایط استخراج با اتانول- متانول توسط فراصوت بیش از آنتی اکسیدان های سنتزی نظیر BHA، BHT و TBHQ باشد (۳). همچنین اونان ترامیدهای ایزوله شده از جودوسر، فعالیت آنتی اکسیدانی را در یک سیستم اکسیداسیونی اسید لینولئیک نشان داده است (۱۵).

۳-۲- ویژگی های روغن تالو

۳-۲-۱- ترکیب و میزان اسیدهای چرب روغن تالو

ترکیب و میزان اسیدهای چرب روغن تالو در شکل ۲ نشان داده شده است. روغن تالو که حاوی آنتی اکسیدان های جزئی می باشد می تواند به عنوان یک محیط پایه و مناسب برای ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی انتخاب گردد (۲۶). پارک و همکاران (۲۰۲۰) در ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی چربی بدن اسب، لارد و روغن تالو نشان دادند که فقط چربی ذخیره ای بدن اسب حاوی α-توکوفرول به عنوان یکی از مهمترین آنتی اکسیدان های طبیعی است. همچنین این محققین میزان γ- توکوفرول را در چربی ذخیره ای بدن اسب (۷/۰۸ ppm- ۴/۵۷) در قیاس با مقادیر بسیار ناچیز آن در لارد (۲/۱۳ ppm) و روغن تالو (۱/۹۱ ppm) تعیین نمودند (۳۹). پروفایل اسید چرب می تواند به عنوان یک شاخص برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی، میزان

پایداری و ارزش تغذیه ای روغن یا چربی در نظر گرفته شود. با توجه به شکل ۲ بیشترین میزان اسید چرب اشباع و غیر اشباع روغن تالو، پالمیتیک اسید و اولئیک اسید می باشد که مقادیر ۲۴/۳۴٪ و ۴۰/۰۲٪ را به خود اختصاص داده‌اند. پارک و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین میزان اسید چرب اشباع و غیراشباع روغن تالو را پالمیتیک اسید (۲۷/۱ ppm) و اولئیک اسید (۳۹/۳ ppm) گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۳۹).



شکل ۲-پروفایل اسیدهای چرب روغن تالو

۳-۲-۲- شاخص های شیمیایی روغن تالو

میزان اندیس های یدی، صابونی، اسیدی، پراکسید و شاخص پایداری اکسیداتیو روغن تالو درجدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- شاخص های شیمیایی روغن تالو

فاکتور	میزان
اندیس یدی	۵۶/۰۶±۰/۰۱ g I_2/100g
اندیس صابونی	۱۹۶/۶۸ ± ۰/۶۳ mg KOH/g of oil
اندیس اسیدی	۰/۵۸ ± ۰/۱ mg KOH/g oil
اندیس پراکسید	۰/۶ ± ۰/۱۱ meq O_2/kg oil
شاخص پایداری اکسیداتیو ۱۲۰ °C	۲/۸۹ ± ۰/۰۳ h

اندیس صابونی mg KOH/g of oil ۱۹۶/۶۸ ± /۶۳ معیاری از وزن مولکولی گلیسریدهای تشکیل دهنده ماده چرب است، بدین ترتیب که اندیس مذکور با وزن مولکولی گلیسریدهای تشکیل دهنده ماده چرب رابطه عکس دارد. الهامی راد و همکاران (۱۳۹۰)، اندیس صابونی چربی تالو را mg KOH/g of oil ۱۹۴±۰/۲ تعیین نمودند (۲). اندیس یدی g I_2/100g ۵۶/۰۶±۰/۰۱ نیز یک شاخص‌شیمیایی برای روغن ها و چربی‌ها محسوب شده و درجه غیر اشباعیت آن ها را نشان می دهد. اندیس یدی معرف درجه غیر اشباعیت می باشد. این شاخص ارتباط ویژگی های فیزیکی و شیمیایی را با پروفایل اسیدهای چرب نشان داده و به وزن مولکولی و نیز درجه غیراشباعیت اسیدهای چرب در روغن ها بستگی دارد (۳۱).

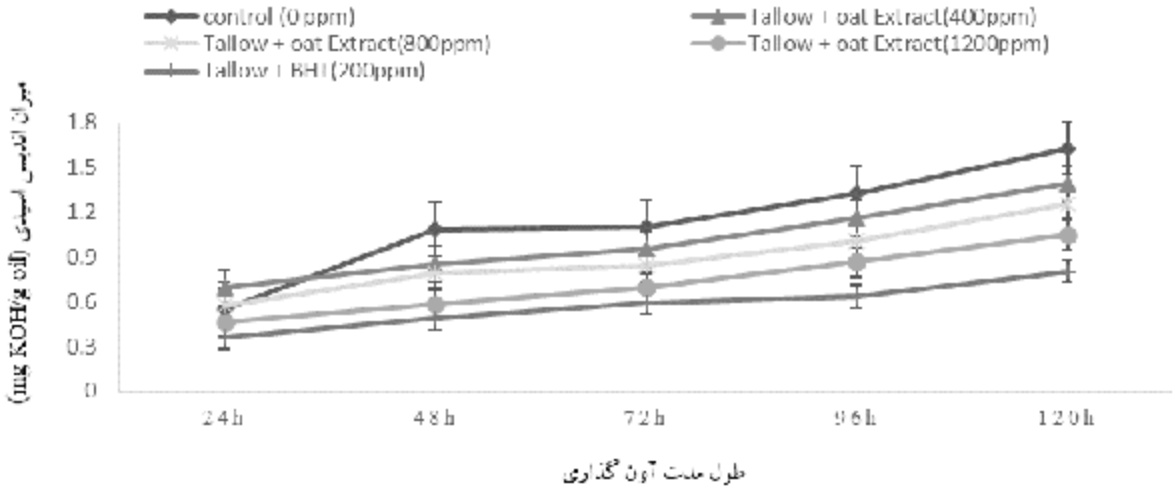
مطابق استانداردهای کدکس حد مجاز اندیس پراکسید و اندیس اسیدی در چربی تالو ۱۰meq O_2/kg oil و mg KOH/g oil ۲/۵ می باشد (۶). این مقادیر در چربی تالو استخراجی‌بسیارپایین‌تر از محدوده مجاز استانداردکدکس است که بیانگر شرایط مناسب روش های نگهداری، آماده‌سازی، استخراج و کیفیت مناسب ماده اولیه می باشد.

۳-۲-۳-پایداری روغن تالو غنی‌شده با عصاره آنتی‌اکسیدانی جو دو سر

جهت ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره جو دو سر در روغن‌تالو، اندیس‌های اسیدی، پراکسید، پاراآنیزیدین و توتوکس و شاخص پایداری اکسیداتیو تعیین شد.

۳-۲-۳- ۱- تغییرات اندیس اسیدی

تغییرات اندیس اسیدی تیمارهای مختلف روغن تالو طی فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری در دمای $90 \pm 5^{\circ}C$ در شکل۳ نشان داده شده است. تعیین اندیس اسیدی یکی از روش های تشخیص فساد وکهنگی روغن ها و چربی‌های خوراکی می باشد. اندیس اسیدی روغن معمولا به تدریج و با شیب کم به دلیل تجزیه تری‌گلیسریدها و آزاد شدن اسیدهای چرب افزایش می یابد. روغن ها در اثر عواملی نظیر گرما، رطوبت و آلودگی به مرور زمان دستخوش تغییرات کیفی می شوند که اندیس مذکور بیانگر این تغییرات می باشد.



شکل ۳- تغییرات اندیس اسیدی تیمارهای مختلف روغن تالو طی آون گذاری در دمای $90 \pm 5^{\circ}C$

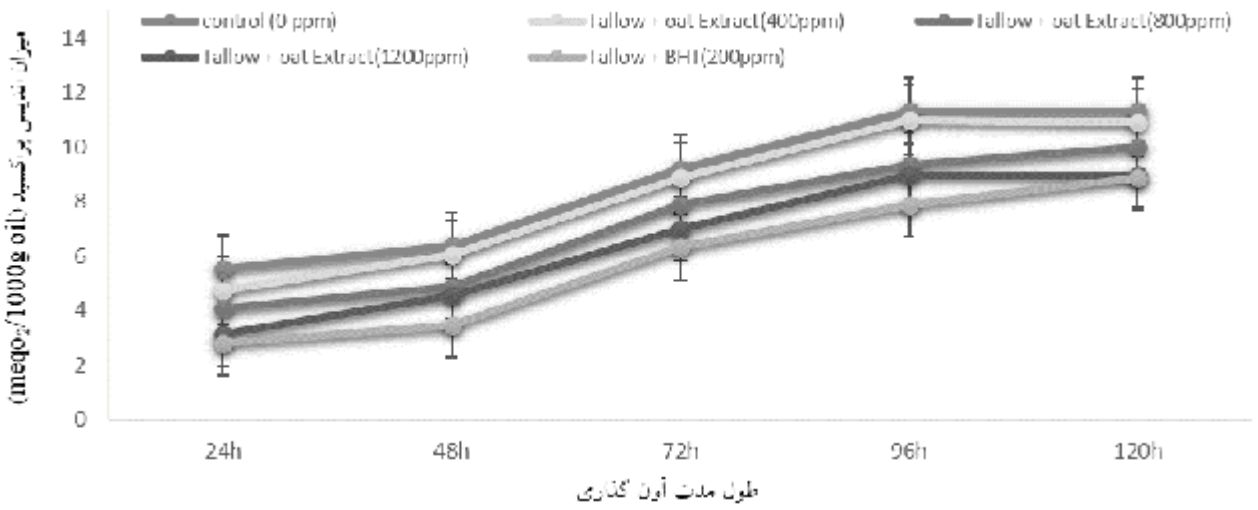
در این تحقیق، اندیس اسیدی کلیه نمونه‌ها به طور قابل ملاحظه ای با افزایش مدت زمان آون‌گذاری افزایش یافت ($p< ۰/۰۵$). بر اساس نتایج حاصل، افزودن عصاره در غلظت های مختلف به طور قابل ملاحظه ای تجزیه تری گلیسریدها و آزاد شدن اسیدهای چرب را در مقایسه با نمونه شاهد به تاخیر می‌اندازد ($p< ۰/۰۵$). با افزایش غلظت عصاره، میزان اندیس مذکورکاهش معناداری را نشان داد به گونه‌ای که بیشترین وکم ترین میزان اندیس اسیدی مربوط به غلظت های ppm ۰ (نمونه شاهد) و ppm۱۲۰۰عصاره تعیین شد ($p< ۰/۰۵$). لازم به ذکر است که آنتی‌اکسیدان BHT تأثیر بیشتری را بر روندکاهش اندیس اسیدی در طول مدت آون گذاری نشان داد ($p< ۰/۰۵$). آژالا و قوامی (۲۰۲۰) تأثیر عصاره های سبوس غلات (برنج سیاه، ارزن و جو) با غلظت ppm ۱۰۰۰ را بر پایداری روغن آفتابگردان طی فرآیند سرخ کردن از طریق

تعیین مقادیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولیک کل، اسیدهای چرب آزاد، دی ان کنژوگه و ترکیبات قطبی ارزیابی نموده و نشان دادند که میزان ترکیبات فنولیک کل عصاره سبوس برنج سیاه تقریباً سه برابر بیشتر از عصاره سبوس ارزن و پنج برابر بیشتر از عصاره سبوس جو معمولی می باشد. همچنین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه های روغن غنی شده با عصاره سبوس برنج سیاه و نیز پروپیل گالات را دو برابر بیشتر از عصاره سبوس ارزن و جو معمولی گزارش نمودند. از سوی دیگر نمونه های روغن غنی شده با عصاره سبوس برنج سیاه مقادیر پایین‌تر اسیدهای‌چرب آزاد، دی ان کنژوگه و ترکیبات قطبی را نشان داد. محققین مذکور، افزودن عصاره سبوس برنج سیاه را به روغن ها جهت سرخ کردن بدون دور ریختن روغن یا تعویض آن با روغن جدید پیشنهاد نمودند (۵).

۳-۲-۳- ۲ - تغییرات اندیس پراکسید

آنتی‌اکسیدان‌ها اساساً جهت به‌تأخیرانداختن تجمع‌فرآورده‌های اولیه اکسیداسیون و بالطبع بهبود پایداری اکسیداتیو در لیپیدها به کار می‌روند .فرآورده‌های اولیه پراکسیداسیون لیپید، هیدروپراکسیدها هستند که معمولاً تحت عنوان پراکسید از آن ها یاد می‌شود. بنابراین نتایج آزمون اندیس پراکسید، یک معرف آشکار اتواکسیداسیون لیپید می‌باشد. تغییرات اندیس پراکسید تیمارهای مختلف روغن تالو طی فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری در دمای ۵ ±۹۰ °C در شکل۴ نشان داده شده است. نوع آنتی‌اکسیدان، غلظت عصاره و زمان آون‌گذاری تأثیر معناداری را بر نتایج آزمون پراکسید نمونه‌های روغن تالو نشان می دهد ($p< ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که در طول دوره نگهداری در شرایط اکسایش تسریع شده (آون‌گذاری)، اندیس پراکسید درکلیه تیمارها افزایش یافته و یک روند صعودی داشته است. مطابق با شکل۴میانگین اندیس پراکسید در نمونه شاهد با کلیه تیمارهای مورد بررسی، دارای اختلاف آماری معنی‌دار می باشد ($p< ۰/۰۵$). در تیمارهای روغن تالو حاوی عصاره جو دو سر، با افزایش غلظت عصاره‌ها اندیس پراکسید در تمام طول مدت آزمایش مقاومت بیشتری را در مقابل افزایش نشان داد. در طول این ارزیابی ۵ روزه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی اکسیدان BHT و غلظت‌های مختلف عصاره در روغن تالو در درجات مختلف نمایان شد. پس از ۱۲۰ ساعت آون گذاری، میزان اندیس پراکسید نمونه روغن تالو (۱۲۰۰ppmعصاره) ۹ $meqO_2/1000g$ oil، آنتی اکسیدان (۲۰۰ ppm) BHT، ۸/۸۸ $meqO_2/1000g$ oil و نمونه شاهد $meqO_2/1000g$ oil ۱۱/۳۳ تعیین گردید. آنتی اکسیدان (۲۰۰ ppm) BHT و عصاره جو دو سر (۱۲۰۰ppm) در کند نمودن سرعت تشکیل پراکسید در روغن تالو عملکرد مناسبی را نشان دادند. بالاسوبرامانیام [1] و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر ترکیبات فنولیک پوشش دانه finger millet (*Eleusine coracana*) استخراج‌شده توسط امواج اولتراسونیک در غلظت‌های ۱۰۰۰ppm، ۸۰۰ ppm، ۶۰۰ ppm ، ۴۰۰ ppm، ۲۰۰ ppm و آنتی‌اکسیدان سنتتیک BHT (۲۰۰ppm) و نیز شرایط نگهداری مختلف بر پایداری اکسیداتیو روغن بادام زمینی خام و تصفیه‌شده را مورد بررسی قرار داده و تأخیر در روند اکسیداسیون را در هر دو نوع روغن به واسطه حضور ترکیبات پلی فنولیک عصاره پوشش دانه (*Eleusine coracana*) finger millet به عنوان آنتی اکسیدان بالقوه نشان دادند (۷). همچنین احمدی کمازانی و همکاران (۱۳۹۶) عصاره آنتی‌اکسیدانی ضایعات کاهو را به کمک اولتراسوند استخراج نموده و پایداری اکسیداتیو روغن تالواولئین غنی شده با عصاره مذکور را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققین اندیس پراکسید نمونه‌های روغن تالواولئین حاوی ۱۰۰۰ ppm عصاره ضایعات کاهو (۱۲/۰۶ $meqO_2/1000g$ oil) و ۲۰۰ ppm BHT (۱۱/۰ $meqO_2/1000g$ oil) را طی ۱۲۰ ساعت نگهداری در دمای ۹۰°C تعیین نمودند (۱).

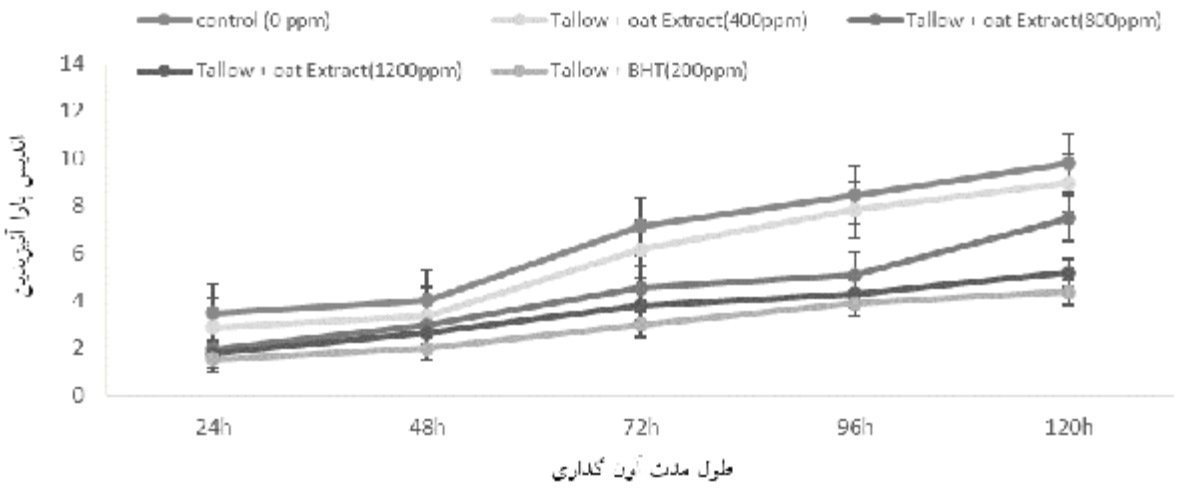
1-Balasubramaniam



شکل ٤- تغییرات اندیس پراکسید تیمارهای مختلف روغن تالو طی آون گذاری در دمای ۹۰± ۵ °C

۳-۲-۳- ۳ - تغییرات اندیس پارا آنیزیدین

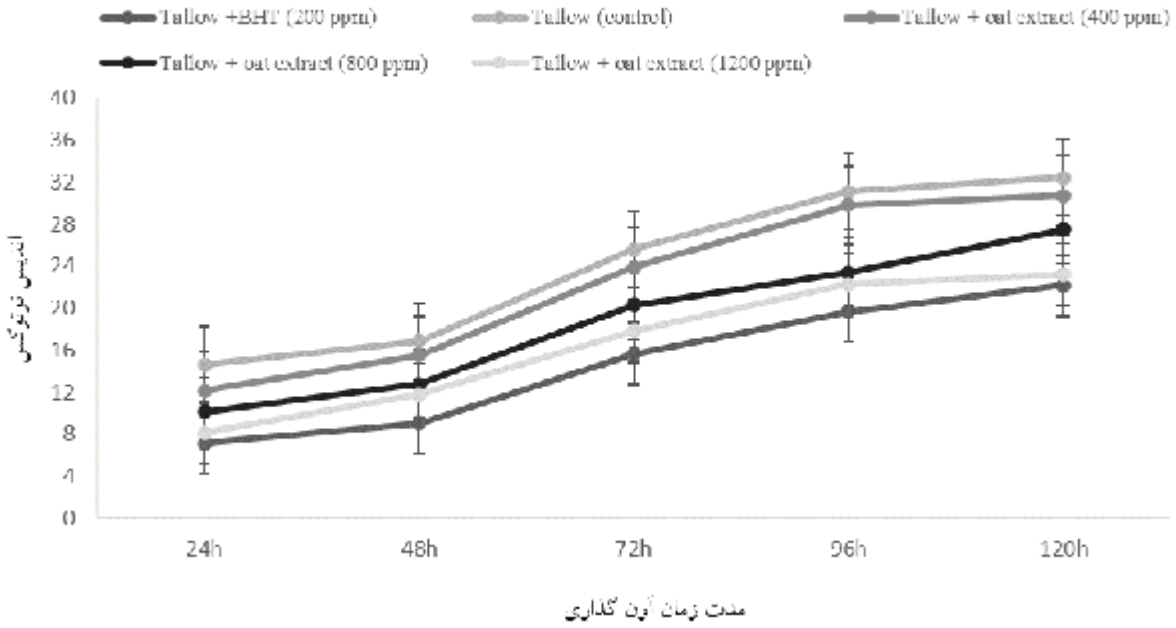
اندیس پراکسید و اندیس پاراآنیزیدین به طور متداول جهت تخمین درجه تجزیه اکسیداتیو در روغن‌های حرارت دیده به کار می‌رود. در سنجش اندیس آنیزیدین مقادیر آلفا و بتا- آلدئیدهای غیر اشباع به طور عمده ۲-آلکانال ها و ۲ و ۴- دی انال ها تعیین می‌گردد که محصولات ثانویه اکسایش چربی ها و روغن‌ها می‌باشند. آلدئیدها با واکنش‌گر آنیزیدین وارد واکنش می‌شوند تا یک ترکیب رنگی تشکیل گردد، سپس میزان جذب ترکیبات رنگی با روش های طیف سنجی ارزیابی می‌شود (۱). تغییرات اندیس پارا آنیزیدین تیمارهای مختلف روغن تالو طی فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری در دمای ۹۰± ۵ °C در شکل ۵ نشان داده شده است. نوع آنتی‌اکسیدان، غلظت عصاره و زمان آون‌گذاری تأثیرمعناداری را بر نتایج آزمون پارا آنیزیدین نمونه‌های روغن تالو نشان می‌دهد (p< ۰/۰۵). پس از۱۲۰ساعت آون گذاری، مقادیر اندیس پارا آنیزیدین در نمونه های شاهد، روغن تالو حاوی ۱۲۰۰ ppm عصاره جو دوسر و BHT (۲۰۰ ppm) به ترتیب ۹/۸۱، ۵/۱۹ و ۴/۳۷ تعیین شد (p< ۰/۰۵). اختلاف معنی‌دار در مقادیر اندیس پارا آنیزیدین بین نمونه شاهد با آنتی‌اکسیدان BHT و همه غلظت های عصاره ملاحظه گردید که به مفهوم کاهش سرعت تجزیه پراکسید طی فرآیند اکسیداسیون در نمونه های تیمار شده در نظر گرفته می شود. بالاسوبرامانیام و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیک پوشش دانه (*Eleusine coracana*) finger millet نشان دادندکه ترکیبات مذکور، تشکیل رادیکال‌های آزاد در روغن بادام زمینی خام و تصفیه شده را مهار می کنند که این عملکرد به غلظت عصاره آن ها وابسته می باشد. غلظت های ppm۱۰۰۰ و ppm ۸۰۰ عصاره به ترتیب در مهار تشکیل فرآورده‌های اولیه و ثانویه اکسیداسیون در هر دو نوع روغن در شرایط نگهداری (۶ روزآون گذاری در دمای ۶۵± ۵ °C) مؤثر عمل نمودند (۷). همچنین احمدی کمازانی و همکاران (۱۳۹۶) عصاره آنتی‌اکسیدانی ضایعات کاهو را به کمک اولتراسوند استخراج نموده و پایداری اکسیداتیو روغن تالواولئین غنی شده با عصاره مذکور را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققین اندیس پارا آنیزیدین نمونه های روغن تالواولئین حاوی ppm ۲۰۰۰ عصاره ضایعات کاهو (۱۰/۳) و BHT ۲۰۰ ppm (۷/۹۹) را طی ۱۲۰ ساعت نگهداری در دمای ۹۰°C تعیین نمودند (۱).



شکل ۵- تغییرات اندیس پارا آنیزیدین تیمارهای مختلف روغن تالو طی آون گذاری در دمای ۹۰± ۵ °C

۳-۲-۳-٤ - تغییرات اندیس توتوکس

وضعیت‌کلی‌اکسیداسیون تیمارهای مختلف روغن تالو، توسط اندیس توتوکس طی فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری در دمای ۹۰±۵ °C در شکل ۶ نشان داده شده است. این اندیس با در نظرگرفتن اندیس پراکسید و اندیس آنیزیدین به طور همزمان تصویر کامل تری از وضعیت اکسیداسیونی نمونه‌های روغن تالو را نشان می‌دهد. بالا رفتن اندیس توتوکس، افزایش مقادیر محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون لیپید را بازتاب می‌نماید. از اینرو کاهش اندیس توتوکس به مفهوم کیفیت بهتر روغن می باشد. در پژوهش حاضر، تأثیر متغیرهای مستقل نوع آنتی‌اکسیدان، غلظت عصاره و مدت زمان آون‌گذاری بر روند تغییرات اندیس توتوکس نمونه ها، معنادار بوده است ($p< ۰/۰۵$). طی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری، اختلاف معنی‌داری در اندیس توتوکس نمونه شاهد با آنتی اکسیدان BHT وکلیه غلظت‌های عصاره ملاحظه گردید که نشانه کند شدن سرعت تشکیل محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون لیپید به طور توأمان می باشد. اندیس توتوکس نمونه شاهد، نمونه های روغن تالو حاوی ۴۰۰ ppm، ۸۰۰ppm و ۱۲۰۰ppm عصاره جودوسر و BHT (۲۰۰ppm) طی دوره۱۲۰ ساعته آون‌گذاری به ترتیب روند افزایشی تا میزان۳۲/۴۶، ۳۰/۷۴، ۲۷/۴۹، ۲۳/۱۸ و ۲۲/۱۴ را نشان دادند ($p< ۰/۰۵$). همچنین احمدی کمازانی و همکاران (۱۳۹۶) عصاره آنتی اکسیدانی ضایعات‌کاهو را به کمک اولتراسوند استخراج نموده و پایداری اکسیداتیو روغن تالواولئین غنی شده با عصاره مذکور را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققین اندیس توتوکس نمونه های روغن تالواولئین حاوی ۲۰۰۰ppm عصاره ضایعات کاهو (۳۴/۴۲) و BHT ۲۰۰ ppm (۲۹/۹۹) را طی ۱۲۰ ساعت نگهداری در دمای ۹۰ °C تعیین نمودند (۱).

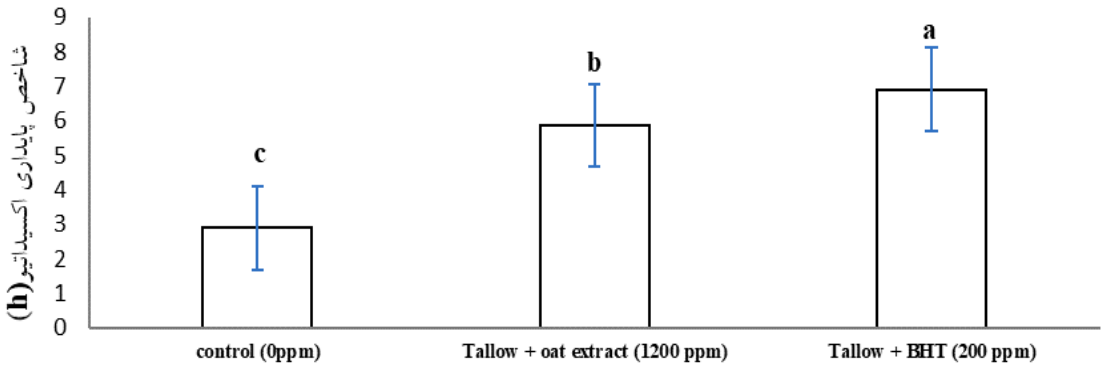


شکل ٦- تغییرات اندیس توتوکس تیمارهای مختلف روغن تالو طی آون گذاری در دمای ۹۰± ۵ °C

۳-۲-۳- ۵ - شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI)

شکل۷، شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه های روغن تالو در دمای ۱۲۰°C را نشان می دهد. روش رنسیمت بر پایه تغییرات هدایت الکتریکی ایجاد شده در آب دیونیزه پس از افزایش غلظت اسیدهای کربوکسیلیک فرار تولیدشده در مراحل نهایی و فرآیند اکسیداسیون تسریع یافته روغن می‌باشد. زمان مورد نیاز جهت ایجاد یک افزایش ناگهانی در هدایت الکتریکی به دلیل تشکیل اسیدهای فرار عمدتاً اسیدفرمیک، شاخص پایداری اکسیداتیو را تعیین می‌کند. بنابراین شاخص پایداری اکسیداتیو به عنوان ملاک مقاومت روغن‌های گیاهی به رنسیدیتی اکسیداتیو در نظر گرفته می‌شود (۱). طبق نتایج حاصل در این پژوهش، تأثیرگذارترین سطح عصاره جو دو سر بر پارامترهای اکسیداسیون، غلظت ppm ۱۲۰۰ بود که همراه با نمونه شاهد (ppm ۰) و نمونه حاوی BHT (۲۰۰ppm)، جهت ارزیابی شاخص پایداری اکسیداتیو انتخاب گردید. شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه شاهد، نمونه روغن تالو حاوی ۱۲۰۰ppm عصاره جودوسر و BHT (۲۰۰ppm) به ترتیب ۲/۸۹، ۵/۸۶، ۶/۹۱ ساعت تعیین گردید ($p< ۰/۰۵$). عملکرد بهتر آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک در آزمون رنسیمت می تواند به مقاومت بالاتر آن ها در برابر تجزیه توسط حرارت یا افت به واسطه فراریت که تحت عنوان حفظ کردن ویژگی[1] ازآن یاد می شود، مرتبط باشد. در قیاس با نمونه شاهد، آنتی اکسیدان سنتتیک BHT و متعاقب آن عصاره جو دوسر (۱۲۰۰ppm) تأثیر قابل ملاحظه ای را در جهت افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو و بالطبع دوره القاء روغن تالو نشان دادند ($p< ۰/۰۵$). همچنین احمدی کمازانی و همکاران (۱۳۹۶) عصاره آنتی اکسیدانی ضایعات کاهو را به کمک اولتراسوند استخراج نموده و پایداری اکسیداتیو روغن تالواولئین غنی شده با عصاره مذکور را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققین شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه‌های روغن تالواولئین حاوی ppm ۲۰۰۰ عصاره ضایعات کاهو (۱/۹۳ ساعت) و BHT ۲۰۰ ppm (۶/۰۸ ساعت) را در دمای ۱۳۰°C تعیین نمودند (۱).

1-Carry Through Property



شکل ۷- شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه های روغن تالو در دمای ۱۲۰ °C

*حروف لاتین غیر یکسان نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است (p< ۰/۰۵).

٤- نتیجه‌گیری

به لحاظ آن که تحقیقاتی در خصوص کاربرد عصاره های آنتی‌اکسیدانی‌جودوسراستخراج‌شده‌توسط امواج اولتراسونیک در پایدارسازی روغن های خوراکی موجود نمی‌باشد، از اینرو در این پژوهش، استخراج عصاره جو دو سر توسط روش نوین، کارآمد و سبز اولتراسوند، ارزیابی تأثیر آنتی اکسیداتیو عصاره مذکور طی اکسیداسیون روغن تالو و مقایسه آن با آنتی اکسیدان سنتتیک BHT مورد نظر قرار گرفت. استخراج عصاره آنتی‌اکسیدانی از نمونه دانه جو دو سر پودر شده توسط امواج اولتراسونیک در دمای ۵۰°C، زمان ۳۰ دقیقه، فرکانس ۴۰ کیلو هرتز، نسبت نمونه به حلال (۱:۲۰ وزنی/ حجمی) با حلال اتانول/ آب (۷۰:۳۰ حجمی/ حجمی) صورت گرفت. راندمان استخراج ۰/۰۸ ± ۲۴/۲۰ g/100 g DW، مقدار ترکیبات فنولیک کل ۵/۲۲ ± ۳۶۵/۷۳ mg GAE/100 g DW و نیز فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH غلظت های مختلف عصاره جو دو سر (۱۵۰ ppm، ۱۲۵ ppm، ۱۰۰ ppm، ۷۵ ppm، ۵۰ppm، ۲۵ ppm) تعیین شد. علاوه بر این، پایش تغییرات اندیس‌های اسیدی، پراکسید، پاراآنیزیدین و توتوکس نمونه های روغن تالو غنی شده با غلظت‌های مختلف عصاره جو دو سر (۱۲۰۰ ppm، ۸۰۰ppm، ۴۰۰ppm)، افزایش پایداری اکسیداتیو را درکلیه نمونه‌های حاوی عصاره مشخص نمود. مطابق نتایج، افزایش غلظت عصاره به عملکرد بهتر آن در به تأخیر انداختن فساد اکسیداتیو منجر گردید (p< ۰/۰۵). مطابق نتایج، BHT (۲۰۰ ppm) و متعاقب آن عصاره جو دو سر (۱۲۰۰ppm) بالاترین آثار حفاظتی را نشان دادند. درآزمون رنسیمت در دمای ۱۲۰°C نیز شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه شاهد، نمونه روغن تالو حاوی ۱۲۰۰ppm عصاره جودوسر و BHT (۲۰۰ppm) به ترتیب ۲/۹۸، ۵/۸۶، ۶/۹۱ ساعت تعیین گردید (p< ۰/۰۵). به این ترتیب آنتی‌اکسیدان سنتتیک BHT و متعاقب آن عصاره جو دوسر (۱۲۰۰ppm) در قیاس با نمونه شاهد، تأثیر قابل ملاحظه‌ای را در جهت افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو و بالطبع دوره القاء روغن تالو نشان دادند. مطابق نتایج می توان عصاره آنتی اکسیدانی جو دو سر استخراج شده به کمک اولتراسوند را به عنوان منبع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در روغن های خوراکی مورد استفاده قرار داد.

٥- منابع

۱. احمدی‌کمازانی، ن.، الهامی‌راد، ا. ح.، قوامی، م. ، مریدی فریمانی، م. و آرمین، م. ۱۳۹٦. استخراج عصاره آنتی‌اکسیدانی از ضایعات کاهو به کمک اولتراسوند و ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی آن. *مجله علوم غذایی و تغذیه*، ١٤، ۳۸-۲۱.

۲. الهامی راد، ا .ح.، قوامی، م. و حداد خداپرست، م .ح. ۱۳۹۰. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی ترکیبات فنولی در محیط تالواولئین. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، دانشگاه تربیت مدرس، دوره۸شماره۱، پیاپی۳۳، ۲۵-۱۳.

۳. پورمحمدی، ک.، عابدی، ا.، خالقان، م. و محمودی، م. ۱۳۹۸. تأثیر پیش تیمار اولتراسونیک بر قدرت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولیک عصاره برنج قهوه‌ای و سفید حاصل از واریته سرخه لنجان. *مجله علوم غذایی و تغذیه*، دوره۱۷، ۸۸-۷۵.

4. Ahmad, M., Dar, Z. A. and Habib, M. 2014. A review on oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. *Scientific research and essays*, *9*(4): 52-59.
5. Ajala, A. W. and Ghavami, A. 2020. Evaluation of the effectiveness of cereal bran extract for sunflower oil stability during frying. *International Journal of Food Studies*, *9*.
6. Alimentarius, C. 2015. Standard For Named Animal Fats. *Codex Stan*, 211-1999.
7. Balasubramaniam, V. G., Sathvika, S., Ayyappan, P. and Antony, U. 2020. Improved oxidative stability of peanut oil through addition of finger millet (*Eleusine coracana*) seed coat polyphenols. *Journal of Food Process Engineering*, *43*(3): e13194.
8. Bartnik, D. D., Mohler, C. M. and Houlihan, M. 2006. Methods for the production of food grade extracts, United States Patent Application, 20060088627, April 27.
9. Bhardwaj, R. D., Kapoor, R. and Grewal, S. K. 2019. Biochemical characterization of oat (*Avena sativa* L.) genotypes with high nutritional potential. *LWT*, 110:32-39.
10. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, *28*(1):25-30.
11. Capouchová, I., Burešová, B., Paznocht, L., Eliášová, M., Pazderů, K., Konvalina, P., Satranský, M. and Dvořáček, V. 2020. Antioxidant activity and content of selected antioxidant compounds in grain of different oat cultivars. *Plant, Soil and Environment*, 66(7): 327–333.
12. Chandrasekara, A. and Shahidi, F. 2011. Inhibitory activities of soluble and bound millet seed phenolics on free radicals and reactive oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 428–436.
13. Chen, C., Wang, L., Wang, R., Luo, X., Li, Y., Li, J., ... and Chen, Z. 2018. Phenolic contents, cellular antioxidant activity and antiproliferative capacity of different varieties of oats. *Food Chemistry*, *239*:260-267.
14. Devi, A. and Khatkar, B. S. 2016. Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *Journal of food science and technology*, *53*(10): 3633-3641.
15. Dimberg, L. H., Theander, O. L. O. F. and Lingnert, H. A. N. S. 1993. Avenanthramides: a group of phenolic antioxidants in oats. *Cereal Chemistry*, *70*(6):637-641.
16. Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. and Vidal, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, *97*(4):654-660.
17. Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M. and Mérillon, J. M. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, *57*(5):1768-1774.
18. Duthie, G. G., Duthie, S. J. and Kyle, J. A. 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as

nutritional antioxidants. *Nutrition research reviews*, *13*(1): 79-106.
19. Dzah, C. S., Duan, Y., Zhang, H., Wen, C., Zhang, J., Chen, G. and Ma, H. 2020. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience*, 100547.
20. Emmons, C. L., Peterson, D. M. and Paul, G. L. 1999. Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolic and tocol antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(12): 4894-4898.
21. Escobedo-Flores, Y., Chavez-Flores, D., Salmeron, I., Molina-Guerrero, C. and Perez-Vega, S. 2018. Optimization of supercritical fluid extraction of polyphenols from oats (*Avena sativa* L.) and their antioxidant activities. *Journal of Cereal Science*, *80*:198-204.
22. Farhoosh, R. 2007. Shelf-life prediction of edible fats and oils using Rancimat. *Lipid technology*, *19*(10):232-234.
23. Firestone, D. 1994. *Official methods and recommended practices of the American oil Chemists' society*, 4th ed., Champaign, Illinois, USA.
24. Firestone, D. 1999. *Official methods and recommended practices of the American oil Chemists' society*, 5th ed., Champaign, Illinois, USA.
25. Gangopadhyay, N., Hossain, M. B., Rai, D. K. and Brunton, N. P. 2015. A review of extraction and analysis of bioactives in oat and barley and scope for use of novel food processing technologies. *Molecules*, *20*(6):10884-10909.
26. Gharachorloo, M., Tarzi, B. G., Baharinia, M. and Hemaci, A. H. 2012. Antioxidant activity and phenolic content of germinated lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*(30):4562-4566.
27. ISO. 2002. Animal and vegetable fats and oils-ISO 3657: Determination of saponification value. *International Organisation for Standardisation*.
28. ISO. 1996. Animal and vegetable fats and oils-ISO 660: Determination of acid value and acidity. *International Organisation for Standardisation*.
29. ISO, E. 2000. 5508. 1990. Animal and vegetable fats and oils—Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids. *European Standard ISO*, *5508*.
30. ISO, P. 2000. Animal and vegetable fats and oils–preparation of methyl esters of fatty acids. *Polish Stand Method PN-EN ISO*, *5509*, 2000.
31. Knothe, G. 2002. Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value? *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(9):847-854.
32. Kovacova, M. and MaliNoVá, E. 2007. Ferulic and coumaric acids, total phenolic compounds and their correlation in selected oat genotypes. *Czech Journal of Food Sciences*, *25*(6):325.
33. Mane, S., Bremner, D. H., Tziboula-Clarke, A. and Lemos, M. A. 2015. Effect of ultrasound on the extraction of total anthocyanins from Purple Majesty potato. *Ultrasonics Sonochemistry*, *27*:509-514.
34. Martinez-Villaluenga, C. and Peñas, E. 2017. Health benefits of oat: current evidence and molecular mechanisms. *Current Opinion in Food Science*, *14*: 26-31.
35. McDonald, S., Prenzler, P.D., Antolovich, M. and Robards, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry*, *73*(1):73-84.
36. Murcia, M. A., Egea, I., Romojaro, F., Parras, P., Jiménez, A. M. and Martínez-Tomé, M. 2004. Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(7):1872-1881.
37. Naczk, M. and Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and

analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, *41*(5):1523-1542.
38. O'Keefe, S. F. and Pike, O. A. 2010. Fat characterization. In *Food analysis* (pp. 239-260). Springer, Boston, MA.
39. Park, Y. H., Cho, M. J. and Kim, H. J. 2019. Comparison of physicochemical characteristics of horse fat, lard and beef-tallow. *Korean Journal of Food Science and Technology*, *51*(1):1-6.
40. Peterson, D. M. 2001. Oat antioxidants. *Journal of cereal science*, *33*(2): 115-129.
41. Rombaut, N., Tixier, A. S., Bily, A. and Chemat, F. 2014. Green extraction processes of natural products as tools for biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *8*(4):530-544.
42. Sandhu, K. S., Godara, P., Kaur, M. and Punia, S. 2017. Effect of toasting on physical, functional and antioxidant properties of flour from oat (*Avena sativa* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(2):197-203.
43. Shahbazi, Y. 2017. Chemical compositions, antioxidant and antimicrobial properties of *Ziziphora clinopodioides* Lam. essential oils collected from different parts of Iran. *Journal of food science and technology*, *54*(11):3491-3503.
44. Shahidi, F. and Ambigaipalan, p. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*. 18: 820-897.
45. Shahidi, F. and Naczk, M. 2003. *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC press.
46. Shewry, P. R., Piironen, V., Lampi, A. M., Nystrom, L., Li, L., Rakszegi, M. and Delcour, J. A. 2008. Phytochemical and fiber components in oat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of agricultural and food chemistry*, *56*(21):9777-9784.
47. Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R. and Dhaka, N. 2013. Potential applications of antioxidants–A review. *Journal of Pharmacy Research*, *7*(9):828-835.
48. Soycan, G., Schär, M. Y., Kristek, A., Boberska, J., Alsharif, S. N., Corona, G., ... and Spencer, J. P. 2019. Composition and content of phenolic acids and avenanthramides in commercial oat products: Are oats an important polyphenol source for consumers?. *Food chemistry: X*, *3*, 100047.
49. Todd, R. and Baroutian, S. 2017. A techno-economic comparison of subcritical water, supercritical CO_2 and organic solvent extraction of bioactives from grape marc. *Journal of Cleaner Production*, *158*:349-358.
50. Van Hung, P. 2016. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Critical reviews in food science and nutrition*, *56*(1):25-35.
51. Wanasundara, P. K. J. P. D. and Shahidi, F. 2005. Antioxidants: science, technology and applications. *Bailey's industrial oil and fat products*.
52. Xu, D.P., Zheng, J., Zhou, Y., Li, Y., Li, S. and Li, H.B. 2017. Ultrasound-assisted extraction of natural antioxidants from the flower of *Limonium sinuatum*: Optimization and comparison with conventional methods. *Food chemistry*, *217*: 552-559.
53. Yazan, D. M., Mandras, G. and Garau, G. 2017. Environmental and economic sustainability of integrated production in bio-refineries: The thistle case in Sardinia. *Renewable energy*, *102*:349-360.

(Original Research Paper)

Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Extract from Oat (*Avena sativa* L.) Seed and Evaluation of the Antioxidative Activity in Tallow

Leila Dastan [1], Mehrdad Ghavami [2], Neda Ahmadi Kamazani [3 *]

1-M.Sc. Graduated of Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2-Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Received:09/08/2020 Accepted: 26/10/2020

Abstract

The aims of this study were to investigate the recovery of antioxidant extract from oat (*Avena Sativa* L.) seed via ultrasonic waves and evaluate the antioxidative effect of the extract in tallow fat. The powdered oat seed sample was extracted with ethanol/H2O (70:30, V/V) using ultrasonic waves at the temperature of 50˚C and time of 30 minutes with the frequency of 40 KHZ and solid to solvent ratio of 1:20 (w/v) in an ultrasound water bath. The extractive yield (24.20 ± 0.08 g/100g DW), total phenolic contents (365.73 ± 5.22 mg GAE /100g DW) and DPPH radical scavenging activity at different concentrations of oat extract (25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, 150 ppm) were determined. The yielded extract was added to tallow. The protective effects of the extracts in stabilization of tallow fat at different concentrations (0 ppm, 400 ppm, 800 ppm,1200 ppm) were evaluated daily for a period of five days (120 h) by monitoring the peroxide, *p*-anisidine, totox values at an oven temperature of 90˚C (accelerated oxidation). Also, the oxidative stability index (OSI) was evaluated and compared with the synthetic antioxidant BHT (200 ppm). In oxidative stability tests of tallow fat supplemented with oat antioxidant extracts, increasing the concentration of the extract led to its better performance in delaying oxidative rancidity ($p < 0.5$). According to the results, BHT (200 ppm) and followed by the oat extract (1200 ppm) showed the highest protective effects. In the rancimat test (at120˚C), the oxidative stability indices of the control sample, the sample of tallow fat containing 1200 ppm of oat extract and BHT (200 ppm) were 2.89, 5.86 and 6.91 hours, respectively ($p < 0.05$). Thus, the antioxidant BHT and subsequent oat extract (1200 ppm) in comparison with the control sample, showed a significant effect on increasing the oxidative stability index and of course the induction period of tallow fat. According to the results of antioxidant extract of oats extracted by ultrasound can be used as a source of antioxidant compounds in edible oils.

KeyWords: Oat Seed, Antioxidant Extract, Ultrasound, Tallow, Oxidative Stability.

* Corresponding Author: Ahmadi.academic@gmail.com