مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ (*Cynodon dactylon (L.) Pers*) بر پایداری اکسایشی روغن سویا تحت شرایط حرارتی

سمیرا سوادی[۱]، محسن وظیفه دوست[۱*]، زهره دیدار[۱]، محمد مهدی نعمت شاهی[۲]، عیسی جاهد[۳]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۳- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه و کارشناس واحد تحقیق و توسعه شرکت فراورده های گوشتی کاله، آمل، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۶

کلمات کلیدی:

گیاه *Cynodon dactylon*،

آنتی اکسیدان طبیعی،

روغن سویا،

پایداری اکسایشی،

ترکیبات فنلی.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.29

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.9.3

* مسئول مکاتبات:

m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir

چکیده

در این پژوهش ابتدا عصاره گیری از ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ (*Cynodon dactylon*) با حلال متانول و استفاده از روش ماسراسیون انجام گرفت و ترکیبات فنولی کل موجود در عصاره شناسایی و تعیین گردید. سپس اثرات آنتی اکسیدانی عصاره در غلظت‌های مختلف (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) بر شاخص های پایداری اکسایشی روغن سویا شامل عدد پراکسید، عدد اسیدی، اندیس تیوباربتوریک اسید (TBA) و عدد رنسیمت در طول ۷۲ ساعت نگهداری روغن در آون ۶۰ درجه سانتیگراد بررسی شده و با آنتی اکسیدان سنتزی BHT (۲۰۰ پی پی ام) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج شناسایی ترکیبات فنلی با دستگاه GC/MS نشان داد میزان کل ترکیبات فنولی ساقه زیرزمینی گیاه *C. dactylon* برابر ۰۸/۹۱۷ mg/kg اندازه گیری شد و ساختار عمده ترکیبات فنلی عصاره شامل Hydroquinone (۶۶/۸۹ درصد)، Thymol (۱/۲۳٪)، Levoglucosenone (۲/۴۸ ٪) و Vanillic acid (۱/۳۵ ٪) شناسایی شد. با افزایش غلظت عصاره، میزان ترکیبات پلی فنولی و در نتیجه فعالیت آنتی اکسیدانی و مهارکنندگی رادیکال های آزاد عصاره افزایش پیدا کرد. ارزیابی شاخص های پایداری روغن سویا در برابر اکسیداسیون نیز نشان داد که در بین غلظت های تحت بررسی عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ، غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام عصاره به دلیل دارا بودن بیشترین میزان ترکیبات فنولی و در نتیجه بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی، موثرترین سطح غلظتی عصاره در افزایش پایداری اکسایشی روغن سویا تعیین شد بطوریکه نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ۲۰۰ پی پی ام نیز نتیجه بهتری حاصل گردید. بدین ترتیب عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ به عنوان یک منبع آنتی اکسیدانی ارزان قیمت و در دسترس می تواند در صنعت روغن های خوراکی مورد استفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

اکسایش چربی‌ها و روغن‌ها در غذاها می‌تواند منجر به توسعه فاکتورهای ضدتغذیه‌ای و عطر و طعم نامطلوب در غذاها شود[۱]. همچنین ممکن است در اثر ایجاد مواد مضر و نامطلوب در اثر اکسایش چربی‌ها و روغن‌ها سلامت انسان به خطر بیفتد. از آنجایی که چربی‌ها و روغن‌ها از نظر تغذیه‌ای و انرژی‌زایی، جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی دارند، دانش کنترل اکسایش چربی‌ها و روغن‌ها، پایه‌ای برای محافظت کیفیت حسی و تغذیه‌ای غذا محسوب می‌شود [۲]. از این رو می‌توان گفت توانایی محدود کردن یا به تاخیر انداختن شروع اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها، در صنعت غذا می‌تواند حائز اهمیت باشد. یکی از موثرترین و رایج‌ترین راه‌های کاهش اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها استفاده از آنتی اکسیدان‌ها است [۳].

آنتی اکسیدان‌هایی که عموما در غذاها استفاده می‌شوند یا به صورت سنتزی هستند و یا منشاء طبیعی دارند. ازآنتی اکسیدان سنتزی می‌توان به بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT)، بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)، پروپیل گالات (PG) و ترت بوتیل هیدروکینون (TBHQ) اشاره کرد که به طور گسترده در فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شوند و از آنتی اکسیدان‌های طبیعی نیز می‌توان به اسید اسکوربیک، استرها و نمک‌های آن، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها، توکوتری انول ها، لیگنان ها، استرول ها، فلاونوئیدها واسیدهای فنلی اشاره کرد [٤]. با توجه به این که آنتی اکسیدان‌های سنتزی اثرات نامطلوبی مانند اثر جهش‌زایی و سرطان‌زایی در بدن انسان دارند به تدریج از لیست آنتی اکسیدان‌های مصرفی حذف می‌شوند، لذا تهیه و تولید آنتی اکسیدان‌های طبیعی به عنوان جانشینی مناسب ضروری می‌باشد. آنتی اکسیدان‌های گیاهی حاوی ترکیبات فنولی از چند طریق شامل خنثی کردن اکسیژن یگانه، کاهش غلظت اکسیژن در محیط، خاصیت چلات کنندگی در فلزات و مهار انواع آنزیم های اکسید کننده می‌توانند در زنجیره اکسیداتیو وارد عمل شوند [٥].

گیاه علف مرغ با نام علمی *Cynodon dactylon(L) Pers* گیاه هرزی است که به طور گسترده در سراسر جهان پراکنده شده و در زمره‌ی خطرناکترین گیاهان هرز به شمار می رود [٦]. گیاه علف هرز مَرغ گونه ای چندساله بوده که به عنوان علوفه، گیاهی دارویی و بیابان زدایی کاربرد دارد. ریشه‌های این گیاه رشد سریعی داشته و باعث می شود این گیاه به سرعت پراکنده شود. بیشترین پراکنش آن در ایران در استانهای تهران، آذربایجان، کردستان، کرمانشاه و همدان گزارش شده است، البته این گیاه بیشتر در مزارع غلات، حاشیه مزارع، جاده ها و فضای سبز و پارکها به چشم می خورد [۷]. تکثیر گیاه از طریق بذر و ریزوم صورت می‌گیرد، وقتی بذر جوانه زد و گیاه در زمین مستقر گردید، ریزوم‌ها می توانند در خاکهای سخت و در بین ریشه سایر گیاهان رشد کرده و گیاهان جدیدی را تولید کنند.

آنالیزهای فیتوشیمیایی نشان داده است که گیاه علف هرز مَرغ دارای فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، ترپنوئیدها، استرهای تری ترپنوئیدی، ساپونین، تانن، رزین، فیتواسترول ها، قندهای احیا کننده، کربوهیدرات، پروتئین، روغن های فرار و روغن های ثبیت شده می‌باشد [۸ و ۹]. قسمت مورد استفاده گیاه علف هرز مَرغ ریزوم و ساقه های زیرزمینی و نیز برگ و ساقه های جوان می باشد که در بهار یا پاییز جمع آوری شده و پس از شستشوی دقیق در سایه خشکانده می‌شود. از خواص گیاه علف هرز مَرغ می‌توان به خواص ضد عفونی کننده ادراری، درمان التهاب در دستگاه هضم و مجاری ادرار، درمان سنگ کلیه، نقرس، رماتیسم، آب آوردن نسوج، تصفیه کردن خون، نرم کنندگی، تب بر، آنتی بیوتیک و ضد میکرب اشاره کرد [۱۰، ۱۱ و ۱۲].

از آنجاییکه گیاهان دارویی از مهمترین منابع تامین ترکیبات غذایی و دارویی بشر بوده اند، جایگاه ویژه ای در پیشگیری و درمان بیماریها دارند. بسیاری از گیاهانی که معمولا جهت طعم دادن به مواد غذایی استفاده می شوند، منابع بسیار مهمی از ترکیبات فنولی هستند که فعالیت آنتی اکسیدانی مناسبی از خود نشان می‌دهند [۱۳]. امروزه تحقیقات زیادی برای یافتن منابع آنتی اکسیدانی طبیعی و استفاده از آنها به منظور کاهش اکسایش روغنها در حال انجام است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می توان به بررسی تاثیر آنتی اکسیدانی عصاره گیاه علف مورچه در افزایش پایداری اکسایشی روغن سویا [١٤]، عصاره نعنا در پایداری روغن آفتابگردان طی شرایط حرارتی [١٥]، عصاره فلفل سیاه جهت افزایش پایداری روغن آفتابگردان [٢]، عصاره اتانولی زیتون بر پایداری روغن سویا [١٦] و عصاره سیر در روغن آفتابگردان [١٧] اشاره نمود. بررسی منابع نشان می دهد مطالعات محدودی بر روی

خواص دارویی و ضد میکروبی علف هرز مَرغ انجام شده است [۹، ۱۸-۲۰]، ولی در زمینه کاربرد عصاره متانولی این گیاه در مواد غذایی از جمله افزایش پایداری اکسایشی روغن های خوراکی تحقیقی انجام نشده است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره متانولی گیاه علف هرز مرغ که با روش ماسراسیون استخراج شده بود و نیز مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره با آنتی اکسیدان سنتزی BHT در جهت کاهش اکسیداسیون روغن سویا طی فرآیند حرارتی انجام شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش ساقه زیر زمینی گیاه علف هرز مرغ از شهرستان مشهد به میزان مورد نیاز تهیه و قسمت‌های زائد آن تمیز و بلافاصله پس از شستشو، خشک و سپس آسیاب گردید. روغن مایع سویا بدون آنتی اکسیدان از شرکت روغن نباتی سه گل خراسان تهیه شد و تا زمان انجام آزمایش در یخچال با دمای ۵ درجه سانتیگراد نگهداری شد. سایر مواد مورد استفاده در این پژوهش دارای درجه تجزیه‌ای بوده و از شرکت های معتبر مرک و سیگما با درصد خلوص بالا خریداری گردید.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- تهیه عصاره ساقه زیر زمینی *C. dactylon* به روش خیساندن (ماسراسیون)

برای استخراج عصاره به روش ماسراسیون، ساقه زیر زمینی گیاه علف هرز مرغ با آسیاب (کنوود مدلCG 100) خرد شد و پس از الک کردن برای استخراج عصاره با حلال متانول به نسبت ۱:۱۰ وزنی حجمی مخلوط گردید سپس روی هات پلیت با دورrpm ۲۵۰ به مدت ۲٤ ساعت در دمای محیط قرار گرفت. پس از آن تحت شرایط خلاء توسط قیف بوخنر با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. حال به منظور حذف حلال های متانول و استخراج عصاره به وسیله تبخیر کننده چرخان (روتاری اواپراتور) مدل LABORATA4000 در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و در نهایت عصاره توسط خشک کن تخت خلاء دردمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و تا زمان استفاده در ظرف سربسته و غیر قابل نفوذ به هوا در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت [۲۱].

۲-۳- آزمایشات

۲-۳-۱- اندازه گیری محتوی تام فنلی عصاره

محتوی تام فنولیک با استفاده از معرف فولین -سیوکالتیو[1]اندازه گیری شد. به نیم میلی لیتر از هر عصاره (۱۰ میلی گرم بر میلی لیتر) ۲/۵ میلی لیتر واکنشگر فولین سیوکالتیو ۰/۲ نرمال اضافه شده، پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی لیتر از محلول ۷۵ گرم بر لیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. جذب مخلوط ۲ ساعت بعد در طول موج ۷٦۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر در مقابل بلانک قرائت شد. اسید گالیک به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون به کار رفت. میزان تام فنولیک بر اساس میزان معادل"میلی گرم اسید گالیک درگرم عصاره" گزارش گردید. آزمایشات ۳ بار تکرار و میانگین آن ها گزارش شد [۲۲].

۲-۳-۲- اندازه گیری اندیس پراکسید

اندیس پراکسید براساس استاندارد AOAC (۲۰۰۰) انجام گرفت [۲۳]. بدین صورت که مقدار ۵ گرم نمونه آماده شده در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری وزن گردید و ۳۰ میلی لیتر حلال (مخلوط اسید استیک و کلروفرم) به آن اضافه شد سپس حدود ۰/۵ میلی لیتر یدور پتاسیم به آن اضافه و مخلوط به مدت یک دقیقه ساکن گذاشته و گاهی همزده شد، سپس حدود ۳۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و مخلوط به مدت یک دقیقه ساکن گذاشته شد و چند قطره چسب نشاسته به محلول اضافه و با محلول تیوسولفات ۰/۰۲ نرمال تیتر گردید. وقتی که رنگ نمونه به یک حالت شفاف و زلال رسید تیتراسیون متوقف گردید و عدد پراکسید از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه (۱)

$$PV(meq/kg)=1000\times N\times V/W$$

در این رابطه PV میزان اندیس پراکسید، N نرمالیته تیوسولفات مصرفی، V حجم تیوسولفات مصرفی بر حسب میلی لیتر و W وزن نمونه روغن است.

۲-۳-۳- سنجش شاخص تیوباربیتوریک اسید(TBA)

شاخص تیوباربیتوریک اسید(TBA) با استفاده از روش موجرلو و همکاران (۲۰۱۷) و به شرح ذیل انجام گرفت [۱٦]. در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری، یک گرم نمونه، یک میلی لیتر محلول ۰/۷۵ درصد تیوباربیتوریک اسید و۲ میلی لیتر محلول ۳۵ درصد تری کلرواستیک اسید اضافه شد. سپس مخلوط

1. Folin-Ciocalteu Reagent

حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از این مدت مخلوط به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. فاز آبی با سرنگ خارج و به سل اسپکتروفتومتری منتقل شد. جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت گردید. به این ترتیب مقدار جذب نمونه در طول موج مذکور به عنوان شاخص تیوباربیتوریک اسید در نظر گرفته شد.

۲-۳-٤- محاسبه عدد اسیدی

به منظور محاسبه عدد اسیدی از روش قوامی و همکاران در سال ۱۳۸۷ استفاده شد [٢٤]. ۲۰ میلی لیتر اتانول و ۲۰ میلی لیتر دی اتیل اتر در یک ارلن مایر ریخته و ۵ قطره فنل فتالئین به آن افزوده و مخلوط شد. ۵ گرم نمونه روغن را در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری دیگر وزن کرده و حلال فوق به آن افزوده شد. محتویات ارلن را با هیدروکسید سدیم ۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ تیتر نموده و حجم قلیای مصرفی یادداشت گردید. نمونه شاهد نیز از طریق تیتراسیون حلال (بدون حضور نمونه روغن) با هیدروکسید سدیم تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ انجام گرفت و از طریق رابطه زیر اندیس اسیدی محاسبه گردید.

رابطه (۲) عدد اسیدی = $(A-B) \times N \times 56.1/W$

در این رابطه A حجم قلیای مصرفی در تیتراسیون نمونه (میلی لیتر)، B حجم قلیای مصرفی در تیتراسیون شاهد (میلی لیتر)، Nنرمالیته قلیای مصرفی و W وزن نمونه (گرم) می باشد.

۲-۳-۵- ارزیابی پایداری اکسایشی

برای تعیین پایداری اکسایشی و حرارتی روغن مطابق روش فرهوش (۲۰۰۷)، از دستگاه رنسیمت استفاده شد [۲۵]. برای این منظور ۳ گرم نمونه روغن در دماهای ۱۳۰،۱۲۰،۱۱۰ درجه سانتی گراد و سرعت جریان هوا ۲۰ لیتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت و در نهایت پایداری اکسایشی وحرارتی روغن بر حسب ساعت گزارش گردید.

٤-۲- تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی نتایج، از طرح آماری کاملا تصادفی استفاده شد و اطلاعات با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین ها با یکدیگر و با نمونه شاهد نیز از آزمون دانکن در سطح آلفا برابر ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شناسایی و اندازه گیری ترکیبات فنلی عصاره

امروزه یکی از بهترین منابع آنتی اکسیدان های طبیعی، ترکیبات فنلی گیاهان می باشند. ترکیبات فنلی گروهی ویژه از متابولیت های ثانویه را تشکیل می دهند که نقش مهمی در حفاظت بافت ها در مقابل اثرات اکسیدکنندگی رادیکال های آزاد، اکسیژن و سایر گونه های فعال ایفا می کنند، به طوری که از بروز بیماری های متعددی از جمله بیماری های التهابی، سرطان، دیابت، سکته قلبی، آلزایمر و پارکینسون جلوگیری می نمایند [۱]. از آنجا که در تحقیقات صورت گرفته بین اثر آنتی اکسیدانی و مقدار ترکیبات فنلی رابطه مستقیم ذکر شده است، بنابراین شناسایی و اندازه گیری میزان ترکیبات فنلی در عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه *C.dactylon* ضروری به نظر می رسد. ترکیبات فنلی شناسایی شده در عصاره متانولی با استفاده از دستگاه GC/MS و همچنین رابطه آن با تغییرات غلظت عصاره بر حسب میلی گرم اسید گالیک بر گرم عصاره به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ آمده است. طبق نتایج دستگاهی در مجموع ۱۷ ترکیب شیمیایی دارای گروه های هیدروکسیل شناسایی گردید که در بین آن ها Hydroquinone با مقدار ٦٦/٨٩ درصد بیشترین ترکیب فنلی شناسایی شده بود که در ساختار آن دو گروه OH در موقعیت های C1 و C4 حلقه آروماتیک قرار دارد. از جمله ترکیبات دیگر شناسایی شده قابل توجه شامل thymol (۱/۲۳ ٪)، Levoglucosenone (۲/٤۸ ٪)، Phytol (۱/۱۲ ٪)، Vanillic acid (۱/۳۵ ٪) و Syringic acid (۰/۹۸ ٪) می باشد (جدول ۱).

در تحقیقاتی مشابه Jananie و همکاران (۲۰۱۱) ترکیبات شیمیایی عصاره آبی برگ *C.dactylon* را آنالیز و گزارش دادند که در بین ترکیبات شناسایی شده گلیسرین با مقدار ۳۸/٤۹ ٪ بیشترین و Phytol با مقدار ٤/۸۹ ٪ کمترین ترکیب فنلی عمده قابل شناسایی بود [۲٦]. در تحقیقی دیگر Chandel و Kumar (۲۰۱۵) با آنالیز عصاره برگ *C.dactylon* با استفاده از دستگاه GC/MS قادر به شناسایی ۲٤ ترکیب در ساختار عصاره بودند که عمده ترین آن ها گلیسرول (۳۸/۵ ٪)، تیمول (۱/۱۵ ٪)، اتیل گلیکوپیرانوزید (۸/٤۲ ٪) و Phytol (٤/۵ ٪) بودند [۲۷]. عوامل متعددی

مقدار ونوع ترکیبات فنلی موجود در بافت های گیاهی را تحت تاثیر قرار می دهند که از آن جمله می‌توان به فاکتورهای ژنتیکی، میزان تابش نور خورشید، شرایط خاک، درجه رسیدگی در زمان برداشت، شرایط محیطی و آب و هوایی، عملیات پس از برداشت، مقدار و شرایط نگه داری اشاره کرد [۲۸]. در زمینه استخراج ترکیبات فنلی از بافت های گیاهی نیز محققان بسیاری بیان نموده اند که افزایش دمای استخراج به طور مطلوبی میزان استخراج ترکیبات فنلی از بافت گیاهی را افزایش می دهد و دلیل این افزایش نرم شدن بافت های گیاهی، ضعیف شدن برهمکنش ترکیبات فنلی با پروتئین و پلی ساکاریدها و در نتیجه خروج مقدار بیشتری از ترکیبات مذکور از نمونه گیاهی به حلال می باشد [۲۹].

بطور کلی میزان کل ترکیبات فنلی اندازه گیری شده در عصاره متانولی ساقه زیر زمینی گیاه *C.dactylon* برابر ۹۱۷/۰۸ میلی گرم بر گرم عصاره بود. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود با افزایش غلظت عصاره از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ پی پی ام، میزان ترکیبات فنلی موجود در عصاره از ۰/٦٤ تا ۲۷/٤۲ میلی گرم اسیدگالیک بر گرم عصاره افزایش یافت و این افزایش در تمام غلظت های عصاره نسبت به نمونه شاهد با مقدار ۰/۱۸ میلی گرم اسیدگالیک بر گرم عصاره، در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). این نتایج نشان می دهد که میزان ترکیبات فنولی عصاره متانولی ساقه زیر زمینی گیاه *C.dactylon* وابستگی زیادی به غلظت دارد، به طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان ترکیبات فنولی نیز بطور قابل توجهی افزایش یافته است (شکل ۱) که این امر منجر به افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی می‌گردد.

مطالعات نشان می دهد که بالا بودن میزان ترکیبات فنولی دلیل عمده افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی بعضی از عصاره ها از جمله عصاره های قطبی می باشد. بر اساس شواهد موجود ارتباط مثبتی بین میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان وجود دارد. از طرف دیگر به نظر می رسد که ترکیبات فنولی که به صورت گسترده در گیاهان یافت می شوند و قدرت آنتی اکسیدانی بالایی دارند، بیشتر از طریق عصاره های گیاهی آن ها قابل استخراج باشد [۳۰]. نقش کلیدی ترکیب های فنولی به عنوان مهار کننده های رادیکال های آزاد در چندین مقاله گزارش شده است [۳۱]. لازم به ذکر است که ترکیبات فنولی به صورت موثری به عنوان دهنده هیدروژن عمل نموده و از این طریق به عنوان یک آنتی اکسیدان موثر عمل می کنند. در تحقیقاتی مشابه Unver و همکاران (۲۰۰۹) فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان فنول کل عصاره متانولی تعدادی از گیاهان را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدندکه رابطه مستقیمی بین میزان فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره این گیاهان وجود دارد که با نتایج این تحقیق سازگاری دارد.

Table 1 Phenolic compounds identified and measurement at different concentrations of the methanolic extract of *C. dactylon rhizomes*

Phenolic Compound	Molecular Formula	Retention time (min)	Level (%)
Propanoic acid, 2-oxo-	C3H4O3	3.79	1.42
thymol	C10H14O	5.54	1.23
Pantolactone	C6H10O3	9.84	0.83
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	C6H6O2	7.75	1.55
Pentanoic acid, 4-oxo-	C5H8O3	9.97	0.75
Levoglucosenone	C6H6O3	12.07	2.48
3-Hydroxy-1-methylpyridiniumhydroxide	C6H9NO2	13.77	1.62
Phytol	C20H40O	15.28	1.12
Propanedioic acid, phenyl-	C9H8O4	15.48	1.28
Hydroquinone	C6H6O2	16.04	66.89
1,3-Benzenediol, 5-chloro-	C6H5ClO2	17.41	1.22
Benzaldehyde, 3-(chloromethyl)-4-methoxy-	C10H9ClO4	18.63	0.85
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-	C9H10O3	20.15	0.52
1,6-Anhydro-á-D-glucopyranose(levoglucosan)	C6H10O5	20.29	1.05
Vanillic acid	C8H8O4	21.30	1.35
Syringic acid	C9H10O5	24.94	0.98
Dimethoxybicyclo[3.3.1]nona-2,4-dione	C11H16O4	26.97	0.92

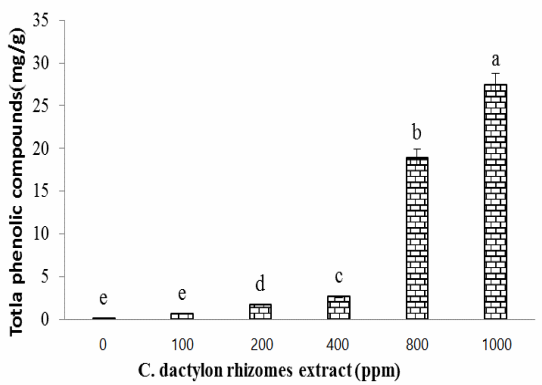

Fig 1 Total phenolic compounds of *C. dactylon* rhizomes methanolic extract in different concentrations

۲-۳- عدد پراکسید

هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون چربی ها هستند وبه طور کلی هر قدر درجه غیر اشباعیت روغن ها بیشتر باشد روغن و یا ماده چرب آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارد. وقتی که میزان پر اکسید به حد معینی برسد، تغییرات مختلفی صورت گرفته و مواد فرار آلدهیدی و کتونی ایجاد می شوند که در ایجاد بو وطعم نامطبوع مواد چرب مؤثر می باشند. در مراحل ابتدایی فرایند اکسایش، میزان این ترکیبات کم است اما در مرحله انتشار، میزان هیدروپراکسیدها به سرعت افزایش می‌یابد. در این مرحله تعیین عدد پراکسید شاخص مناسبی از تعیین وضعیت اکسایش روغن ها می باشد [۳۱]. مقادیر بالای عدد پراکسید نشان دهنده پایداری اکسیداتیو کمتر در نمونه های روغن می باشد. نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار بودن اثر عصاره ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز در کنترل و کاهش سرعت اکسیداسیون روغن سویا در طول زمان نگهداری در مقایسه با نمونه فاقد آنتی اکسیدان بود ($p<۰/۰۵$). شکل ۲ مقادیر مقایسه میانگین عدد پراکسید روغن طی فرآیند حرارتی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در نمونه کنترل (فاقد آنتی اکسیدان) میزان عدد پراکسید از مقدار اولیه ۰/۳۵ تا مقدار ۳٤/۷۲ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن پس از ۷۲ ساعت نگهداری روغن در دمای ٦۰ درجه افزایش یافت در حالیکه برای نمونه های روغن حاوی۱۰۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی‌ام عصاره متانولی ساقه زیر زمینی گیاه علف مرغ، عدد پراکسید پس از ۳ روز نگهداری در آون ٦۵ درجه از مقدار اولیه ۰/۳۵ تا مقدار به ترتیب ۲۵/۵، ۲۳/۷، ۱٦/۹، ۱٤/۱ و ۸/۲۵ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن افزایش یافت که از نظر آماری نیز اختلاف معنی داری بین این غلظت ها مشاهده گردید. همانطور که از نتایج پیداست افزودن ۸۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ به روغن سویا منجر به کاهش به ترتیب ۵۹/٤ و ۷٦/۲ درصد عدد پرکسید نسبت به نمونه های فاقد آنتی اکسیدان پس از ۷۲ ساعت آون گذاری شد که به دلیل وجود ترکیبات فنلی با خاصیت آنتی اکسیدانی (بویژه هیدروکینون) در عصاره مذکور می باشد و این موضوع نشان دهنده این است که فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره وابسته به غلظت است، چرا که با افزایش غلظت عصاره در روغن سویا به دلیل افزایش ترکیبات فنولیک موجود در آن، منجر به افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنتی رادیکالی در روغن شده که به نوبه خود باعث کاهش اندیس پروکسید و در نتیجه افزایش پایداری حرارتی روغن سویا می شود.

با بکار بردن آنتی اکسیدان BHT در غلظت ثابت ۲۰۰ پی پی ام در روغن سویا و بررسی اثر آن بر کنترل عدد پرواکسید روغن طی مدت زمان نگهداری نیز مشخص شد که این ترکیب فنلی سنتزی نیز تاثیر بسیار مطلوبی بر کنترول سرعت واکنش های اکسیداسیون داشت بطوریکه عدد پراکسید تیمار حاوی این آنتی اکسیدان به مقدار ۱۲/۵ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن در روز سوم نگهداری رسید که نسبت به غلظت های مختلف عصاره بجز ۱۰۰۰ پی پی ام نتیجه و تاثیر بیشتری را نشان داد. همانطور که مشاهده می شود آنتی اکسیدان BHT تا زمان ٤۸ ساعت آون گذاری روغن اثر کمتری در مقایسه با غلظت ۸۰۰ پی پی ام عصاره داشت ولی با ادامه زمان نگهداری تا ۷۲ ساعت، اثر آنتی اکسیدان BHT در کنترول اندیس پراکسید بیشتر از عصاره شد که البته این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود ($p>۰۵/۰$).

Abootalebian و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند استفاده از عصاره خانواده Mentha در روغن منجر به افزایش پایداری روغن آفتابگردان می شود و عدد پراکسید در نمونه های روغن فاقد عصاره و آنتی اکسیدان سنتزی بسیار بالا است که همراستا با نتایج این پژوهش می باشد. آنها همچنین نشان دادند که عصاره گیاهان خانواده نعنا در جلوگیری از اکسایش روغن موثرتر از آنتی اکسیدان سنتزیBTH عمل نموده است [۳۲]. اسماعیل زاده کناری و اثنی عشری (۱۳۹۷) نیز با بررسی اثر عصاره گیاه اوجی (Mentha aquatic) در پایدارسازی

روغن آفتابگردان گزارش دادند که بیشترین عدد پراکسید مربوط به نمونه شاهد بود و 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. نتایج این پژوهشگران همچنین نشان در نمونه شاهد در ساعت ۱۶ فرآیند حرارتی یک کاهش در میزان عدد پراکسید مشاهده شد که علت آن 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 می گیرند [۳۳]. در واقع آنتی اکسیدان ها با افزایش همه جانبه انرژی فعالسازی منجر به افزایش انرژی فعالسازی چربی می شوند و در نتیجه نرخ واکنش‌های اکسایش را کاهش می دهند [۱]. این یافته ها با نتایج Yang و همکاران (۲۰۱۶) نیز مطابقت دارد. آن ها ضمن بررسی تاثیر عصاره رزماری در ۳ نمونه روغن سویا، کتان و و سبوس برنج اعلام نمودند که نمونه های شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی عصاره و نمونه های حاوی آنتی اکسیدان سنتزی دارای عدد پراکسید بالاتری هستند [۳۴]. در پژوهشی 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 [۳۵]. هیدروپراکسیدها مهمترین پیش‌سازهای طعمی هستند اما اهمیت آنها تابع پایداری نسبی و ساختار ترکیباتی است که تحت شرایط مختلف از آنها تولید می‌شوند. در مراحل ابتدایی فرایند اکسایش، میزان این ترکیبات کم است اما در مراحله انتشار، میزان هیدروپراکسیدها بسرعت افزایش می‌یابد. در مرحله نهایی اکسایش، هیدروپراکسیدها به محصولات ثانویه اکسایش تجزیه شده، میزانشان کاهش می‌یابد و حتی ممکن است به صفر برسد. بنابراین، گرچه اندازه‌گیری عدد پراکسید غالباً ابزار مفیدی برای بررسی پایداری اکسایشی روغنها و چربیهای خوراکی در شرایط معمول نگهداری است، ولی استفاده از این روش تحت شرایط فرآیند سرخ کردن مواد غذایی چندان کارآیی ندارد، زیرا پراکسیدها در معرض دماهای بالای فرآیند بسرعت می‌شکنند و در حین خنک شدن روغن که به طور متناوب صورت می‌پذیرد، مجدداً تشکیل می‌شوند [۲].

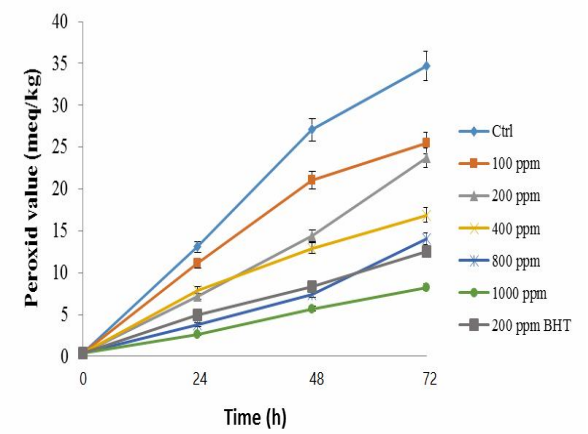

Fig 2 Changes in the PV of sunflower oil containing *C. dactylon* rhizomes methanolic extract in comparison with the sample without antioxidants during 72 hours storage in an oven at 60 °C

۳-۳- شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)

ترکیبی تحت عنوان مالون دی آلدئید در اثر اتواکسیداسیون اسیدهای چرب دارای سه و یا تعداد بیشتری باند دوگانه به وجود می آید که این ترکیب در مقادیر بسیار کم به عنوان معرف جهت اکسیداسیون چربی ها به کار می رود. محصولات اکسیداسیون چربی های غیر اشباع با تیوباربیتوریک اسید (TBA) ایجاد کمپلکس قرمز رنگ می کنند که این کمپلکس در طول موج ۵۳۵-۵۳۲ نانومترجذب خوبی دارد. اندیس TBA میلی گرم مالون دی آلدئید موجود در یک کیلوگرم روغن را نشان می دهد و بیانگر مراحل ثانویه اکسیداسیون چربی و حضور ترکیبات ثانویه اکسیداسیون در نمونه است بنابراین بالا بودن این اندیس در روغن نشان دهنده اکسیداسیون بیشتر روغن و در نتیجه پایداری کمتر آن است [۲۹]. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تغییرات اندیس TBA روغن سویای نگهداری شده در آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد بطور معنی داری تحت تاثیر عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ قرار گرفت ($p<۰/۰۵$). نتایج مقایسه میانگین اندیس TBA روغن سویا حاوی غلظت های مختلف عصاره در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج، مقدار اولیه اندیس TBA روغن سویا که قبل از آون گذاری اندازه گیری شد برابر ۰/۰۶۸ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم بود که با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها در شرایط حرارتی، مقادیر اندیس TBAهمه نمونه‌ها افزایش یافت ولی شدت تغییرات بسته به نوع تیمار متفاوت بود. طبق نتایج، اثر تیمارها نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار بوده است، بدین صورت که بیشترین میزان

عدد TBA در تمامی روزها متعلق به نمونه شاهد بود بطوریکه پس از سه روز نگهداری روغن سویا در دمای ٦٠ درجه مقدار این اندیس از میزان اولیه ٠/٠٦٨ قبل آون گذاری تا مقدار ٠/٩٢٨ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم افزایش یافت.

بیشترین توانایی در جلوگیری از تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون توسط تیمار ٨٠٠ و ١٠٠٠ پی پی ام عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ اعمال گردید بطوریکه مقدار این اندیس در نمونه های تحت این تیمارها پس از ٧٢ ساعت نگهداری به ترتیب برابر ٠/٥١٢ و ٠/٤٢٥ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم بدست آمد (شکل ٣). این در حالی بود که مقدار اندیس TBA برای غلظت های ١٠٠، ٢٠٠ و ٤٠٠ پی پی ام عصاره در پایان دوره نگهداری در آون ٦٠ درجه سانتیگراد به ترتیب برابر ٠/٧٩٥، ٠/٧٨٩ و ٠/٦٦٥ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم اندازه گیری شد که نسبت به نمونه روغن فاقد آنتی اکسیدان اختلاف معنی داری داشتند ($p<٠٥/٠$). این نتایج نشان می دهد که در روزهای پایانی آزمایش، تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت بیشتری صورت می گیرد و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل شده در مراحل اولیه طی روزهای پایانی آزمایش، تجزیه و به مالون آلدئید تبدیل شده‌اند [٤]. با بررسی اثر آنتی اکسیدانی عصاره این گیاه در غلظت های مختلف و مقایسه آن با اثر آنتی اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ٢٠٠ پی پی ام، این نتیجه حاصل شد که هر چند این آنتی اکسیدان سنتزی توانست به مقدار قابل توجهی با جلوگیری از واکنش اکسیداسیون منجر به کاهش معنی داری در اندیس TBA نسبت به نمونه شاهد و غلظت های ١٠٠ الی ٤٠٠ پی پی ام شود ولی نسبت به تیمارهای ٨٠٠ و ١٠٠٠ پی پی ام عصاره، قدرت آنتی اکسیدانی ضعیف تری داشت در نتیجه اندیس TBA آن بالاتر بود که البته با تیمار ٨٠٠ پی پی ام از نظر میزان این اندیس اختلاف معنی داری نداشت ($p>٠/٠٥$). همانطور که مشاهده شد، توانایی آنتی‌اکسیدانها در مهار اکسیداسیون وابسته به غلظت بود، بدین معنی که اگرچه در روزهای ابتدایی اختلاف بین غلظت های مختلف عصاره چندان محسوس نبود، اما با گذشت زمان نمونه‌های روغن حاوی مقادیر بیشتری از عصاره یا آنتی اکسیدان سنتزی ثبات اکسیداتیو بیشتری نشان دادند. به طور کلی هر قدر که درجه غیراشباع روغن ها بیش تر باشد، روغن آمادگی بیش تری برای اکسیداسیون دارد. وقتی که میزان پراکسید به حد معینی برسد تغییرات مختلفی صورت گرفته و مواد فرار آلدهیدی و کتونی ایجاد می شوند که در ایجاد بو و طعم نامطبوع مواد چرب مؤثر می باشند و باعث بالا رفتن اندیس تیوباربیتوریک می‌گردد. بنابراین در روزهای پایانی، از تجزیه پراکسیدها، مالون دی آلدهیدها تولید می شوند که بیانگر مراحل ثانویه اکسیداسیون می باشد. آلدهیدهای فرار عامل اصلی بدطعمی روغن هستند. از آن جا که مالون آلدهید از تجزیه هیدروپراکسیدها حاصل می گردد، بنابراین در روزهای ابتدایی مقدار تیوباربیتوریک اسید پایین است، اما بعد از گذشت زمان که مقدار محصولات اولیه اکسیداسیون افزایش یافته است و شروع به تجزیه شدن کردند که مقدار این اندیس نیز افزایش یافت [٣٦].

در تحقیقی مشابه فتحی و پیامی (١٣٩٦) به بررسی شرایط مختلف نگهداری میوه زیتون بر پایداری اکسایشی روغن حاصل از آن پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که اختلاف معنی‌داری میان شاخص تیوباربیتوریک اسید تیمارهای روغن زیتون در دماهای مختلف، در طول مدت زمان نگهداری و مناطق مختلف جمع آوری وجود داشت. بطوریکه در تمامی نمونه های روغن زیتون در ابتدای مدت زمان نگهداری با توجه به اینکه میزان اکسیداسیون نمونه های روغن خیلی پائین بود و اینکه فقط محصولات اولیه اکسیداسیون وجود داشتند، در نتیجه میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید بسیار کم و نزدیک به صفر بود. ولی در ادامه با افزایش زمان نگهداری بویژه در دماهای بالاتر به دلیل گسترش واکنش اکسیداسیون و تجزیه محصولات حاصل از آن، اندیس TBA در نمونه های روغن افزایش معنی داری پیدا کرد. علاوه براین، آن ها نشان دادند که تغییر در میزان رطوبت روغن استخراج شده نیز می تواند از عوامل موثر بر میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید باشد [٣٧]. بدین صورت که افزایش رطوبت باعث هیدرولیز تری آسیل گلیسرولها و تولید اسیدهای چرب آزاد می شود و چون اسیدهای چرب آزاد نسبت به اکسیداسیون حساستر هستند، بنابراین اکسید شده و در نهایت تولید هیدروپراکسید و ترکیبات آلدئیدی و کتونی می کنند که منجر به افزایش شاخص تیوباربیتوریک اسید می شود [٣٨]. نتایج حاصل از بررسی این محققین همچنین نشان داد که افزایش دما باعث افزایش شاخص اسید تیوباربیتوریک شد، بطوریکه بیشترین شاخص تیوباربیتوریک اسید مربوط به روغن استخراجی از زیتون

نگهداری شده در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد (در روز ۲۰ نگهداری) و کمترین آن مربوط به نمونه نگهداری شده در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد بود. نتایج این تحقیق همچنین با گزارش محمدزاده و همکاران (۱۳۸۸) در مورد افزایش شاخص تیوباربیتوریک اسید طی مدت زمان نگهداری نمونه های روغن خوراکی [۳۹] و همچنین شهیدی و بهانگر (۲۰۰۷) در زمینه اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره سیر [۲۹] و نیز صمدلوئی و همکاران (۱۳۸٦) در ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولی استخراج شده از هسته انار در پایدارسازی روغن سویا در شرایط تسریع یافته [٤٠]، مطابقت داشت.

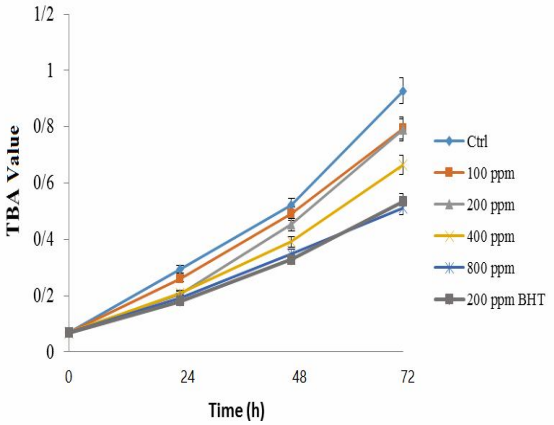

Fig 3 Changes in the TBA of sunflower oil containing *C. dactylon* rhizomes methanolic extract in comparison with the sample without antioxidants during 72 hours storage in an oven at 60 °C

٤-۳- عدد اسیدی

تغییرات عدد اسیدی در یک روغن مرتبط با پایداری اکسایشی و کیفیت تغذیه‌ای روغن می باشد و به صورت میلی گرم پتاس لازم برای خنثی نمودن اسیدهای چرب در یک گرم روغن تعریف می شود [٣٤]. عدد اسیدی به عنوان شاخص بررسی خصوصیات کیفی روغن و معیاری از درجه خلوص روغن در نظر گرفته می شود [۱۵]. در صورت نامناسب بودن شرایط نگهداری واکنشهای مولد فساد مانند اکسایش خودبخودی، نوری و آنزیمی آغاز میگردد. افزایش عدد اسیدی در روغنها به دلیل ایجاد بد طعمی های شدید ناشی از تجزیه اسیدهای چرب آزاد قابل قبول نیست چراکه منجر به بد طعمی شدید در روغن و محصولات تهیه شده از آن می شود [٤١]. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر تیمارها و زمان نگهداری بر میزان عدد اسیدی روغن سویا معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که با گذشت زمان نگهداری روغن سویا در آون ٦٠ درجه سانتیگراد عدد اسیدی روغن افزایش پیدا کرد که این افزایش در ٢٤ ساعت اولیه و سپس ٤٨ ساعت با سرعت کندتری افزایش یافت ولی در ادامه تا زمان ۷۲ ساعت سرعت هیدرولیز و افزایش اسیدیته روغن افزایش بیشتری نشان داد (شکل ٤). اثر غلظت های مختلف عصاره متانولی ساقه زیر زمینی گیاه علف هرز مرغ بر تغییرات اسیدیته روغن نشان داد که افزودن عصاره منجر به کاهش سرعت اسیدی شدن روغن طی مدت زمان نگهداری گردید بطوریکه در طول ۷۲ ساعت نگهداری روغن در آون همواره بیشترین میزان عدد اسیدی مربوط به نمونه های فاقد آنتی اکسیدان بود بطوریکه از مقدار اولیه ۰/۲۰ میلی گرم هیدروکسید پتاسیم بر گرم روغن به مقدار ۲/۸۵ میلی گرم بر گرم روغن افزایش یافت. کمترین میزان این اندیس در نمونه های حاوی ۱۰۰۰ پی پی ام عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ مشاهده گردید که بعد از ۷۲ ساعت آون گذاری برابر ۰/۹۳ میلی گرم بر گرم بود (شکل ٤). با مقایسه اثر عصاره متانولی ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ با آنتی اکسیدان سنتزی BHT نیز مشخص شد که این آنتی اکسیدان سنتزی با غلظت ۲۰۰ پی پی ام، تاثیر بیشتری نسبت به غلظت های ۱۰۰ الی ٤٠٠ پی پی ام عصاره داشت ولی در مقایسه با غلظت های بالاتر عصاره، اثر گذاری کمتری در جلوگیری از اسیدی شدن روغن سویا داشت و این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($p<۰/۰۵$).

اسیدهای چرب آزاد به طور معمول محصول تند شدن هیدرولیتیک است که باعث شکستن اتصال استری مولکول تری آسیل گلیسرول و آزاد شدن اسیدهای چرب و به دنبال آن ایجاد عطر و طعم نامطبوع می گردد. مقدار اسیدهای چرب آزاد شاخص مهم کیفی روغن ها در طول تمام مرحله ذخیره سازی و فرآوری روغن ها می‌باشد [۳۵]. لازم بذکر است که افزایش مقادیر اسیدهای چرب آزاد (افزایش عدد اسیدی) تاثیر بسزایی بر کاهش نقطه دود نمونه ها داراست. به طور کلی روغن هایی که در شرایط نامناسبی نگهداری شده اند به دلیل حضور مقادیر بالایی از اسیدهای چرب آزاد که از ساختمان مولکول تری آسیل گلیسرول جدا شده اند، نقطه دودی پایینی دارا هستند[٤٢]. بنابراین اندیس اسیدی و اسیدیته از جمله شاخص‌هایی می باشند که به ما در تشخیص وجود فساد در روغن ها و چربی ها کمک می‌نمایند. اسیدیته روغن ها و

چربی های خوراکی غالبا بر حسب اسیداولئیک اندازه گیری می شود و با هدف بررسی پیشرفت فساد هیدرولیکی روغن انجام می شود [٤٣].

این یافته ها با نتایج پژوهش Yang و همکاران (٢٠١٦) مطابقت دارد، آنها اعلام نمودند که در نمونه های روغن فاقد آنتی اکسیدان بیشترین عدد اسیدی وجود داشت و نمونه های حاوی عصاره کمترین عدد اسیدی را داشتند [٣٤]. افزایش تعداد باندهای دوگانه و گروههای الکترون دهنده در اسیدهای چرب غیر اشباع منجر به کاهش پایداری اکسایشی روغن می شود [٤٤]. سیاری و فرهمندفر (٢٠١٧) نیز نشان دادند روند تغییرات عدد اسیدی در نمونه های روغن افزایشی است و نمونه های شاهد و نمونه حاوی عصاره بیدمشک به ترتیب بالاترین و کمترین عدد اسیدی را به خود اختصاص دادند [٤٥] که همراستا با نتایج بدست آمده از این پژوهش است. این اثرات مرتبط با خاصیت مهارکنندگی رادیکالهای آزاد در ترکیبات فنولی می باشد که با کاهش واکنش های اولیه اکسایش، سرعت واکنش های ثانویه اکسایش را نیز کاهش می دهند.

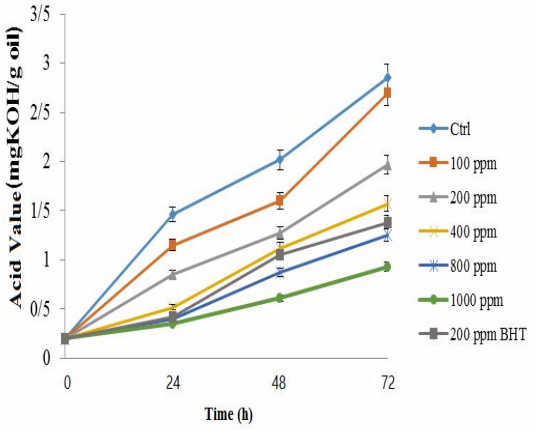

Fig 4 Changes in the acidity value of sunflower oil containing *C. dactylon* rhizomes methanolic extract in comparison with the sample without antioxidants during 72 hours storage in an oven at 60 °C

٣- ٥- سنجش شاخص پایداری اکسایشی

شاخص پایداری اکسایشی روغن توسط دستگاه رنسیمت تعیین می گردد. پایداری اکسایشی را می توان مقاومت روغن ها و چربی ها تحت شرایط تعیین شده و فساد ناشی از آن که باعث ایجاد طعم و بوی نامطلوب می شود تعریف کرد. به عبارت دیگر، پایداری اکسایشی عبارت از مدت زمان لازم برای رسیدن به نقطه ای است که درآن یکی از کمیت های اکسایشی مانند عدد پراکسید یا عدد کربونیل پس از طی نمودن روند افزایشی خود به طور ناگهانی افزایش می یابد. مدت زمان لازم برای رسیدن به این نقطه به عنوان طول دوره القاء در نظر گرفته می شود [٤٦]. روند تغییرات پایداری اکسایشی روغن سویای حاوی غلظت های مختلف عصاره ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ و آنتی اکسیدان سنتزی BHT در سه دمای ١١٠، ١٢٠ و ١٣٠ درجه سانتیگراد در شکل ٥ آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود در دمای نگهداری ثابت با افزایش غلظت عصاره در روغن سویا، شاخص پایداری اکسایشی روغن افزایش یافته است، در حالی که با افزایش دمای نگه داری از ١١٠ تا ١٣٠ درجه سانتیگراد، شاخص پایداری اکسایشی یا همان طول دوره القاء در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرد با این تفاوت که میزان این تغییرات در تیمارهای حاوی مقادیر بالاتر عصاره ساقه زیرزمینی علف هرز مرغ نسبت به نمونه روغن فاقد آنتی اکسیدان به طور محسوسی کمتر بود. بدین ترتیب کمترین میزان پایداری اکسایشی به نمونه روغن فاقد آنتی اکسیدان تعلق داشت که از مقدار ٨٢/٤ ساعت در دمای ١١٠ درجه سانتیگراد به ٧٦/١ ساعت در دمای ١١٣٠ درجه سانتیگراد کاهش پیدا نمود، در حالی که در همین شرایط عدد رنسیمت تیمارهای حاوی٨٠٠ و ١٠٠٠ پی پی ام عصاره به ترتیب از ٧٨/٦ به ٧٥/٣ ساعت و از مقدار ٩٦/٦ به ٨٠/٤ ساعت رسید. با مقایسه اثر آنتی اکسیدان سنتزی BHT روی پایداری اکسایشی روغن سویا نسبت به عصاره طبیعی گیاه علف هرز مرغ نیز مشاهده شد که این آنتی اکسیدان سنتزی نیز به طور قابل توجهی باعث افزایش عدد رنسیمت روغن سویا شد بطوریکه میزان این پارامتر در تیمار حاوی آنتی اکسیدان BHT از مقدار ٨٣/٦ ساعت در دمای ١١٠ درجه سانتیگراد به ٣٥/٤ ساعت در دمای ١٣٠ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کرد که در مقایسه با نمونه حاوی ١٠٠٠ پی پی ام عصاره اختلاف معنی دار نبود ($p>0.05$) ولی نسبت به سایر تیمارها بطور معنی داری بالاتر بود ($p<0.05$).

محققان گزارش کرده‌اند که دمای پایین باعث افزایش اولئیک اسید و دمای بالا باعث افزایش میزان پالمتیک و لینولئیک‌اسید می‌گردد. در دماهای پایین اکسیداسیون اسیدهای چرب بیشتر مربوط به واکنش‌های تولید هیدرو پراکسیدها است که در این حالت ترکیبات غیراشباع کاهش پیدا نمی‌کند. ولی در دماهای بالای اکسیداسیون، میزان زیادی از پیوندهای دوگانه اشباع

می شوند [٤٧]. روغن‌هایی که دارای تعداد بیشتری پیوند دوگانه یا چندگانه هستند، در شرایط یکسان سریعتر اکسیدشده و نسبت به فساد اکسیژنی حساستر هستند. به همین دلیل پایداری روغن‌ها در برابر اکسیداسیون در دماهای بالا اهمیت زیادی دارد. پایداری اکسیداتیو نمونه روغن را می تون به وسیله تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن و یا افزودن آنتی اکسیدان‌ها به آن بهبود داد [۳۰]. درنتیجه ازجمله عوامل مؤثر بر سرعت و میزان اکسیداسیون میتوان به درجه غیراشباعت اسیدچرب اشاره کرد. اسیدهای چرب چند غیراشباع به علت حضور پیوندهای دوگانه بیشتر نسبت به تک اشباع و اسیدهای چرب تک اشباع نسبت به اسیدهای چرب اشباع سریعتر اکسید می شوند[٤٣]. ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت است که در تعیین پایداری یک نمونه روغن نمی توان فقط به وجود یک نوع اسیدچرب بسنده کرد، و باید مجموع و ترکیب کامل اسیدهای چرب را در نظر گرفت. در این زمینه Przybylski و Zambiazi (۲۰۰۰) گزارش کردند که پایداری اکسایشی روغن ها تابعی از حضور اسیدهای چرب غیر اشباع، اکسیژن و شرایط نگهداری می باشد [٤٧]. این نتیجه در تطابق با نتایج عدد پراکسید و عدد TBA می باشد چرا که هر چه سرعت اکسیداسیون بالاتر باشد، محصولات اولیه و ثانویه سریع تر تشکیل شده که همین امر به نوبه خود باعث خواهد شد تا زمان پایداری اکسایشی کاهش یابد. در تحقیقی در سال ۲۰۰۳، پایداری نسبت به اکسیداسیون روغن های سویا، کلزا ، پالم، کره، مارگارین و شورتنینگ به وسیله رنسیمت و روش اکسیژن فعال در دماهای ۱۲۰،۱۱۰ و ۱۳۰ درجه سانتیگراد مقایسه شد و مشخص شد که نمونه های دارای اسید پالمیتیک و اسید اولئیک بیشتر، در برابر اکسیداسیون پایداری بالاتری دارند، در حالیکه نمونه هایی با اسید لینولئیک بیشتر به اکسیداسیون حساستر هستند. در این تحقیق شورتنینگ ها پایدارترین و روغن سویا ناپایدارترین نمونه معرفی شدند [۳۰]. سالتا و همکارانش (۲۰۰۹) نشان دادند که وقتی عصاره برگ زیتون حاوی پلی فنل ها به روغن های تجاری (زیتون، آفتابگردان و پالم) اضافه می‌گردد ظرفیت آنتی اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو بطور قابل توجهی بهبود یافته است [٤٦] که با نتایج حاصل از این پژوهش نیز مطابقت می کند. آنها همچنین نشان دادند که غلظت ۲۰۰ ppm ترکیبات فنولی آزاد استخراج شده از برگهای زیتون نسبت به BHT فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی را در به تاخیر انداختن رنسیدیتی اکسیداتیو روغن آفتابگردان دارد. قره خانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز نتیجه گرفتند که عصاره گزنه به علت دارا بودن آنتی اکسیدانهای طبیعی قادر هستند با رادیکالهای آزاد حاصل از اکسایش لیپیدها واکنش داده و موجب قطع واکنشهای زنجیری و افزایش زمان اکسایش گردند [٤٨].

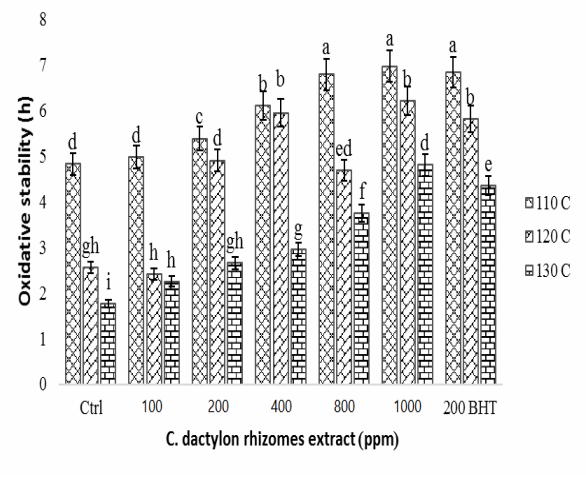

Fig 5 Oxidative stability (rank number) of underground stem extract of Cynodon dactylon compared to sunflower oil without antioxidants

٤- نتیجه گیری کلی

اکسایش لیپیدها از مشکلات اصلی در نگهداری و بکارگیری روغن‌ها و چربی‌های خوراکی می‌باشد. یکی از موثرترین راههای به تاخیر انداختن اکسایش، بکارگیری آنتی اکسیدانها می باشد. ثابت شده است که افزودن آنتی اکسیدانهای شیمیایی میتواند باعث ایجاد جهش و یا سرطان گردد. بنابراین، بسیاری از گیاهان، که منبع عالی از ترکیبات فنلی طبیعی هستند و گزارش شده که عصاره فنلی آنها دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی می باشد می توانند به عنوان جایگزین مناسبی جهت پایداری اکسایشی استفاده شوند. بنابراین در این تحقیق در راستای کاربرد آنتی اکسیدان های گیاهی، از عصاره ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ به عنوان جایگزینی مناسب برای آنتی اکسیدان های سنتزی استفاده شد. نتایج اندازه گیری و شناسایی ترکیبات فنلی عصاره متانولی این گیاه با استفاده از دستگاه GC/MS نشان داد که هیدروکینون با نسبت ٦٦/٨٩ درصد، بیشترین ترکیب فنلی شناسایی شده در عصاره بود. بر اساس نتایج مشاهده گردید که غلظت ppm ۱۰۰۰ عصاره نسبت به نمونه فاقد آنتی اکسیدان و همچنین غلظت های دیگر

عصاره به دلیل داشتن مقادیر بالاتر ترکیبات آنتی اکسیدانی و فنولی از نظر فعالیت مهارگنندگی رادیکال های آزاد مؤثرتر عمل نموده و در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ppm ۲۰۰ نیز تأثیر بیشتری داشته است. نتایج حاصل از بررسی پایداری اکسایشی روغن سویا حاوی غلظت های مختلف عصاره در شرایط حرارتی هم چنین نشان داد که غلظت ppm ۱۰۰۰ در کاهش اندیس پراکسید، عدد اسیدی، اندیس TBAو افزایش شاخص پایداری اکسایشی نسبت به سایر غلظت های عصاره و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT تأثیر بیشتری داشته است. طبیعتاً قابلیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر غلظت ppm ۱۰۰۰ عصاره ساقه زیرزمینی گیاه علف هرز مرغ نسبت به سایر غلظت‌ها را طی فرآیند حرارتی می‌توان به مقادیر باقی مانده بیشتر ترکیبات فنولی و توکوفرولی موجود در آن در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و هم چنین مقدار بالای این ترکیبات در عصاره نسبت داد.

۵- منابع

[1] Shahidi, F., Janitha, P.K., Wanasundara. 2009. Phenolic antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32:1, 67-103.

[2] 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.

[3] Frankel, E. N. (1998). Lipid Oxidation, the Oily Press, Dundee, U.K.

[4] Shahidi, F. & Wanasundara, U. N. 2002. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. Food lipids—chemistry, nutrition, and biotechnology. New York, pp. 465–487.

[5] Iranbakhsh, A.R, Ebadi, M. 2006. Inhibitory effects of methanolic extract of Datura stramonium L. and calluses from leaf extracts against bacteria and fungi, Journal of Basic Sciences, Islamic Azad University, Research Sciences Branch, 16(62), 91-104.

[6] Carrey, J. H. 1995. *Cynodon Dactylon*. USDA Forest Service. Academy Press Sun Diago.C.A., pp. 379 -396.

[7] Mikati F, 2003. Allelopathy; from concept to application. Tehran. Parto Event Publications.

[8] Sonawane S, Bharati D, Undale VR and Bhosale AV. 2009. Central nervous system depressant activity of ethanol extract of aerial parts of *Cynodon dactylon (L) Pers* (Durva) in mice. Res J Pharmacognosy and Phytochemistry; 1(2): 119-122.

[9] Rai PK, Jaiswal D, Rai D.K. 2010. Sharma B and Watal G. Antioxidant potential of oral feeding of Cynodon dactylon extract on diabetes-induced oxidative stress. J Food Biochem; 34: 78-92.

[10] Singh, S. K., Kesari, A. N., Gupta, R. K., Jaiswal, D., & Watal, G. 2007. Assessment of antidiabetic potential of *Cynodon dactylon* extract in streptozotocin diabetic rats. Journal of Ethnopharmacology, 114, 174–179.

[11] Albert-Baskar, A., & Ignacimuthu, A. 2010. Chemopreventive effect of *Cynodon dactylon (L.)* Pers. extract against DMH-induced colon carcinogenesis in experimental animals. Experimental and Toxicology Pathology, 62, 423–431.

[12] Karthik D and Ravikumar S. 2011. A study on the protective effect of Cynodon dactylon leaves extract in diabetic rats. Biomed Environ Sci; 24(2): 190- 199.

[13] Anwar, F. Ali, M. Ijaz Hussain, A. Shahid, M. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) seeds from Pakistan. Flavour and Fragrance Journal.24:170-176.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 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.

[18] Kumar AS, Gnananath K, Kiran D, Reddy AM and Raju Ch. 2011. Antidiabetic activity of ethanolic extract of Cynodon dactylon root

Chemistry 100: 246-254.
[30] 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. JAOCS, 80, 2, 151 – 154.
[31] 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.
[32] Abootalebian, M., Keramat, J., Kadivar, M., Ahmadi F., Abdiniana 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
[33] Smailzadeh Kenari, R., Asna Ashari, M. 2018. Isolation and Combination Effect of Mentha aquatic extract on Stabilization of Sunflower Oil under Thermal Conditions. Iranian Biosystem Engineering, 94(2): 328-319.
[34] 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.
[35] Akoh, C. & Min, D. B. (2008). Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, Third Edition, Taylor & Francis.
[36] Farag, R.S., Mahmoud, E.A., Basuny, A.M. 2007. Use crude olive leaf juice as a natural antioxidant for the stability of sunflower oil during heating. Int. J. Food Sci. Tech., 42, 107-115.
[37] Fathi Achaloui, B., Payami, Z. 2017. Investigation of different storage conditions of olive fruit on some oil compounds extracted from olives in two different regions of Ardabil. Iranian Journal of Food Processing and Preservation; 9 (2); 51-68.
[38] Azadmard Demirchi, S. 2009. Edible oils; Compounds, process control, treatment problems and solutions. Amidi Publications. Tabriz.
[39] Mohammadzadeh, J., Yaghbani, M., Agah, F. 2009. Investigation of different storage conditions of olive fruit and its effect on the quality of extracted oil in Golestan region. Journal of Food Science and Technology; 91-98.
[40] Samad Louie H.R, Azizi M.H and stalks in streptozotocin induced diabetic rats. International Journal of Advances in Pharmaceutical Research; 2(8): 418-422.
[19] Venkatachalam D., avamani B. S., and Muddukrishniah K. 2018. Antimicrobial activity and phytochemical analysis of aerial parts of *Cynodon dactylon*," International Journal of Academic Research and Development, vol. 3, no. 3, pp. 116–121.
[20] Abdullah S, Gobilik J and Chong KP. 2013. In vitro antimicrobial activity of *Cynodon dactylon (L) Pers (bermuda)* against selected pathogens. Developments in Sustainable Chemical and Bioprocess Technology: 227-237.
[21] Mazandarani, M., Makri, S. and Bajian, G.R. 2012. Evaluation of phytochemical and antioxidant activity in different parts of Heracleum gorganicum rech. F. In golestan province, North of iran Iranian J.plant physiology, 2(2):381-388.
[22] Ordoñez A AL, Gomez J D, Vattuone M A, lsla M I. 2006. Antioxidant activities of sechium edule (Jacq) Swartz extracts. Food Chem; 97: 452-458.
[23] AOAC. 2000. Official methods of analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists [Methods 37.1.12].
[24] Ghavami, M., Qarachorlu, M., Ghiasi Tarzi, b. 2008. Laboratory Techniques of Oils and Fats, Islamic Azad University Press, Science and Research Branch, First Edition, 226 pages.
[25] Farhoosh, R. 2007. The effect of operational parameters of the rancimat method on the determination of the components. Journal of Agricultural and Food chemistry, 54:174-181.
[26] Jananie R.K., Priya V., Vijayalakshmi K. Determination of Bioactive Components of Cynodon dactylon by GC-MS Analysis. New York Science Journal; 4. 2011.
[27] Chandel E and Kumar B. Antimicrobial activity and phytochemical analysis of Cynodon dactylon: A review. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences; 4(11): 515-530. 2015.
[28] Unver A, Arslan D, Ozcan MM and Akbulut M. 2009. Phenolic content and antioxidant activity of some spices. World Appl. Sci. J. 6: 373 - 7.
[29] Shahidi I and Bhanger M. 2007. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. Food

Barzegar M. 2007. Antioxidant effect of phenolic compounds of pomegranate seed on soybean oil. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Volume 14(4); 193-200.

[41] 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.

[42] O'brien, R. D. 2008. Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications, Third Edition, CRC Press.

[43] O'Keef SF, Pike OA. 2010. Fat Characterization. Food Analysis, part 3, chapter 14. 2nd ed. New York; 239- 260.

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

[45] 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.

[46] Salta, FN. Mylona, A. Chiou A, Boskou, G. Andrikopoulos, NK. 2009. Oxidative stability of edible vegetable oils endriched in polyphenols with olive leaf extract. Food. Sci. Technol. Int, 13: 413-421.

[47] Przybylski, R. & Zambiazi, R. 2000. Predicting oxidative stability of vegetable oils using neural network system and endogenous oil components. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77, 925 - 932.

[48] Gharekhani, M., Ghorbani, M. Ebrahimzadeh, M.A. 2009. Effect of nettle (Urtica dioica) leaves extract on the inhibition of soybean oil oxidation. Electronic Journal of Food Processing and Preservation, 1(2): 85-102.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Methanolic Extract obtained from *Cynodon dactylon (L) Pers.* Rhizomes on Oxidative Stability of Soybean Oil under Thermal Conditions

Savadi, S. [1], Vazifedoost, M. [1]*, Didar, Z. [1], Nemat Shahi, M. M.[2], Jahed, E. [3]

1. Department of Food Science and Technology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.
2. Department of Food Science and Engineering, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.3. PhD Graduate, Department of Food Science and Technology, Urmia University, Research and Development (R&D) Expert, Kalleh Meat Products, Amol, Iran.

ABSTRACT

In this study, first extraction from the *C. dactylon* rhizomes was performed with methanol solvent using maceration method, and total phenolic compounds in the extract were identified and determined. Then the antioxidant effects of the extract in different concentrations (0, 100, 200, 400, 800 and 1000 ppm) on the oxidative stability factors of soybean oil including peroxide value, acidity value, thiobarbituric acid index (TBA) and rancimat value during kept of oil in an oven at 60 °C for 72 hours was evaluated and compared with the synthetic antioxidant BHT (200 ppm). The identification results of phenolic compounds by GC/MS showed that the total amount of phenolic compounds in the *C. dactylon* rhizomes extract was measured as 917.08 mg/kg and the major phenolic compounds of the extract including Hydroquinone (66.89%), Thymol (1.23%), Levoglucosenone (2.48%) and Vanillic acid (1.35%) were identified. With increasing the concentration of the extract, the amount of polyphenolic compounds and as a result, the free radical scavenging activity of the extract increased. Evaluation of soybean oil stability against oxidation also showed that among the studied concentrations of methanolic extract, the concentration of 1000 ppm due to having the highest amount of phenolic compounds and therefore the highest antioxidant activity, was determined as the most effective concentration level of the extract in increasing the oxidative stability of soybean oil, so that better results were obtained than BHT synthetic antioxidant at a concentration of 200 ppm. Thus, the methanolic extract of the *C. dactylon* rhizomes can be used as a cheap and available antioxidant source in the edible oils industry.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 11/ 21
Accepted 2021/ 08/ 06

Keywords:

Cynodon dactylon,
Natural antioxidant,
Soybean oil,
Oxidative stability,
Phenolic compounds.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.29

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.9.3

*Corresponding Author E-Mail:
m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir