(مقاله پژوهشی)

بررسی اثر ضداکسایشی اسانس و عصاره گیاه چویل (Ferulago angulate) بر خواص شیمیایی و پایدارسازی حرارتی روغن آفتابگردان

بینا مرادی[۱]، پرویز بشیری[۲]، عبدالرضا آقاجانی[۳*]

۱-گروه علوم وصنایع غذایی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران.

۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

چکیده

امروزه به دلیل اثرات نامطلوب آنتی اکسیدان های سنتزی، به‌کارگیری منابع مختلف آنتی اکسیدان های گیاهی به منظور به تأخیر انداختن یا جلوگیری از اکسیداسیون مواد غذایی بویژه انواع بر پایه روغن یا چربی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در این مطالعه اثر آنتی اکسیدانی اسانس و عصاره چویل در پایدارسازی حرارتی روغن آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت. اثر افزودن اسانس و عصاره چویل در پایداری روغن آفتابگردان بوگیری شده با غلظت آنتی اکسیدانی در سه سطح (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ قسمت در میلیون) و نوع استخراج در دو سطح (عصاره الکلی، اسانس آبی) و دمای سرخ کردن در سه سطح ($^{\circ}C$ ۱۶۰،۱۷۰،۱۸۰) در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی تری بوتیل هیدروکینون (TBHQ) با غلظت (۱۰۰ ppm) انجام شد. اندیس پراکسید، آنیزیدین، توتوکس، تیوباربیتوریک اسید، اسیدیته و پایداری رنسیمت (۱۰۰ درجه سانتی گراد) تیمارها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کمترین عدد پراکسید، عدد اسیدیته، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و میزان اسید تیوباربیتوریک مربوط به نمونه حاوی ۴۰۰ppm اسانس و کم ترین پایداری نیز متعلق به نمونه شاهد بود. بیشترین عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و اسید تیوباربیتوریک مربوط به نمونه شاهد بود، در حالی که نمونه حاوی ۲۰۰ppm عصاره بیشترین اسیدیته را داشت. از این لحاظ، اسانس چویل مؤثرتر از عصاره اتانولی بود. بهترین درجه حرارت برای صفات شیمیایی دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد تعیین شد. نتایج این پژوهش تأثیر مفید اسانس و عصاره چویل در پایداری روغن آفتابگردان و برتری آن نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: روغن آفتابگردان، آنتی‌اکسیدان طبیعی، اسانس چویل، پایداری حرارتی، سرخ کردن.

*مسئول مکاتبات : ab.aghajani@yahoo.com

۱- مقدمه

روغن‌ها از اجزاء مهم رژیم غذایی انسان ها هستند که به صورت مستقیم (نظیر فرآیندهای سرخ کردن) و یا به شکل مخلوط با اجزاء دیگر (در مواردی نظیر بیسکویت) مورد استفاده قرار می‌گیرند. به دلیل وجود مقادیر قابل توجهی از پیوندهای دوگانه در بسیاری از روغن‌ها، این مواد در معرض اکسیداسیون و فساد قرار دارند که چنانچه این فساد از حد مشخصی تجاوز کند، روغن یا ماده حاوی آن را برای مصارف غذایی غیر قابل استفاده می‌سازد. از طرفی، برخی از ترکیبات به وجود آمده در اثر اکسیداسیون، برای سلامت انسان زیان‌آور می‌باشد (۲۴). پایداری اکسیداتیو روغن را می‌توان به وسیله تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن و یا افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به آن‌ها بهبود داد (۱۹). ترکیب اسید چرب و ویژگی‌های کاری روغن‌ها را می‌توان از طریق هیدروژناسیون، استریفیکاسیون داخلی، تکنیک‌های ژنتیکی و مخلوط کردن روغن‌های مختلف تغییر داد (۲۲). بوتیلات هیدروکسی آنیزول[1] (BHA)، بوتیلات هیدروکسی تولوئن[2] (BHT) و تری‌بوتیل‌هیدروکینون[3] (TBHQ)، از متداول‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی می‌باشند و معمولاً بعد از مرحله بی‌بو کردن به روغن اضافه می‌شوند. اما طبق برخی از بررسی‌های انجام شده، استفاده از این نوع آنتی‌اکسیدان‌ها علیرغم نقش مؤثر در به تأخیر انداختن روغن‌ها، ممکن است تحت شرایطی با خطرات سرطان‌زایی، جهش‌زایی و یا اثرات سوء دیگری برای انسان همراه باشد (۳۷). بنابراین انتظار می‌رود که غنی‌سازی روغن‌ها با موادی که حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی بوده و موجب افزایش پایداری اکسیداتیو می‌شوند، بتواند نقش مهمی را در سلامتی مصرف‌کننده ایفاء نماید (۱۴). با افزایش تقاضا برای فرآورده‌های طبیعی و تأکید بر غنی‌سازی تغذیه‌ای، امروزه از گیاهان بسیاری نظیر گل انار، آویشن، چای کوهی، بابونه و سیاهدانه به عنوان منابع غنی از ترکیبات فنولی یاد شده است که می‌توان از آن‌ها به منظور جلوگیری از واکنش‌های زنجیری اکسیداسیون و افزایش پایداری روغن‌ها استفاده نمود (۹). روغن آفتابگردان از جمله روغن‌های گیاهی است که به طور گسترده در صنعت استفاده می‌شود. این روغن می‌تواند درجه حرارت‌های بالای پخت را تحمل کند و به همین دلیل، انتخابی مطلوب برای فرایند سرخ کردن[4] می‌باشد. روغن آفتابگردان نسبت به سایر روغن‌های سرخ‌کردنی مزایای دیگری مانند دارا بودن محتوی کمتر اسیدهای چرب اشباع و بالاترین محتوی ویتامین E نیز دارد (۲۸). یکی از گیاهان حاوی آنتی‌اکسیدان، چویل با نام علمی *Ferulago angulate* است (۱۱ و۳۰). این گیاه دارای بوته چند ساله بوده که در نواحی با ارتفاع ۲۳۰۰-۱۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریا می‌روید. ارتفاع این گیاه ۱۵۰-۶۰ سانتی‌متر است. گیاه چویل، حاوی ۶۲ ماده شیمیایی شامل ۹۲ درصد از کل مقدار اسانس شناسایی شده است که بالاترین آن مربوط به سیس ـ اسیمن با ۳۰/۱۷ درصد است (۳۲). از چویل به عنوان داروی مُسکن، نیرو بخش، هاضم غذا، ضد انگل و باکتری و همچنین درمان کِرم‌های روده و هموروئید استفاده می‌شود (۶ و ۲۵). این گیاه می تواند از رشد سلول‌های سرطانی ممانعت به عمل آورد (۳۸). پوپوویچ (۲۰۰۸) به بررسی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی جعفری، آویشن و رازیانه بر روی روغن آفتابگردان غنی شده با یُد پرداختند. او نشان داد که آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی این گیاهان تحت بررسی در پایدارسازی روغن آفتاب‌گردان مؤثر می‌باشند (۳۵). Oktaya و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های اتانولی و آبی دانه‌های رازیانه با انجام آزمون‌های ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، ظرفیت مهار رادیکال آزاد، مهار رادیکال سوپر اکسید آنیون، مهار هیدروژن پراکسید، فعالیت چنگالی کردن فلزات و قدرت احیاءکنندگی و مقایسه آن با آلفا ـ توکوفرول و آنتی‌اکسیدان‌های سنتزیِ BHT و BHA پرداختند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی رازیانه وابسته به غلظت بوده و با افزایش غلظت افزایش می‌یابد (۳۴). هدف

1- Butylated Hydroxyl Anysol
2- Butylated Hydroxyl Toluene
3-Tert-butyl Hydroquinone

4- Frying

از پژوهش حاضر، ارزیابی اثر آنتی‌اکسیدانی اسانس و عصاره چویل در پایداری روغن آفتاب‌گردان بوگیری شده با غلظت آنتی‌اکسیدانی در سه سطح و نوع استخراج در دو سطح و دمای سرخ کردن در سه سطح در مقایسه با آنتی‌اکسیدان سنتزی ترشیاری بوتیل هیدروکینون است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

گیاه چویل از منطقه اورامان (ارتفاعات کوه شاهو غرب کرمانشاه) در فصل بهار جمع‌آوری شده و روغن آفتابگردان بدون آنتی‌اکسیدان نیز از شرکت نازگل خریداری گردید. مواد شیمیایی مورد استفاده شامل فنل فتالئین، ایزواُکتان، مُعرف نشاسته، آنیزیدین، پاراآنیزیدین، کلروفرم، اسید استیک گلاکسیال، بوتانول، هیدروکسید سدیم و یدور پتاسیم (همگی از نمایندگی شرکت مرک، آلمان)، اتانول ۹۶-۷۰ درصد (کیمیاگران بدره، ایران) و پودر تیوباربیتوریک اسید و تیوسولفات سدیم (سیگماآلدریچ، انگلستان) بود. دستگاههای مورد استفاده نیز شامل آسیاب (مدل Tefal DPA1)، آون (Memmert، آلمان)، کِلونجر (بروسیلیکات، آلمان)، اسپکتروفتومتر (Termo scientific aqua mate plus –، انگلستان)، بن ماری (بهداد، ایران)، ترازوی دیجیتال (Sartorius, cp153، آمریکا)، تبخیرکننده چرخشی (Heidolph، آلمان)، شیکر (Heidolph MR Hei-standard، آلمان)، سرخ کن ۵ لیتری (Kenwood، آمریکا) و رنسیمت (Metrohm Rancimat 743، سوئیس) بود.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- تهیه عصاره اتانولی چویل

عصاره‌گیری گیاه چویل به روش خیساندن در حلال‌های مورد نظر (اتانول۷۰ درصد) صورت گرفت. بخش‌های هوایی گیاه جدا شده و پس از خشک شدن به مدت چند روز در سایه و در دمای اتاق، به کمک آسیاب پودر شد. سپس ۱۰۰ گرم از پودر چویل به ارلن مایر ۲۰۰۰ میلی‌لیتری منتقل گردید و ۱۰۰۰ میلی لیتر حلال (اتانول) به پودر اضافه شده و درب ارلن مایر با پارافیلم بسته شد. ارلن به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر باقی ماند و سپس صاف گردید و روی تفاله باقی مانده مجدداً حلال اضافه شد و طبق روش مربوطه، ۲۴ساعت عصاره‌گیری انجام گرفت. تا سه مرتبه حلال اضافه شد که نتیجه کار حدود ۲۰۰۰ میلی‌لیتر محلول صاف سبز رنگ بود. عصاره به دست آمده به کمک تبخیر کننده چرخان در دمای۴۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و در نهایت توسط آون به پودر تبدیل شده و تا زمان استفاده در ظروف غیرقابل نفوذ به هوا در دمای یخچال نگهداری شد (۷).

۲-۲-۲- تهیه اسانس چویل

برای تهیه اسانس چویل از دستگاه کِلونجر و روش تقطیر در بخار استفاده گردید. برای این منظور، ۱۰۰ گرم از گیاه خشک به داخل بالن دستگاه ریخته شد و به آن آب اضافه گردید و عمل اسانس‌گیری به مدت دو ساعت انجام شد (۲۶).

۲-۲-۳- آماده سازی تیمارها

بخشی از روغن آفتابگردان به عنوان نمونه شاهد بدون آنتی‌اکسیدان باقی ماند. آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ در سطح ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی عصاره آبی و اتانولی چویل هر کدام در دو سطح ۲۰۰ و ۴۰۰ (ppm) به روغن آفتابگردان اضافه شدند.

۲-۳- آزمون ها

۲-۳-۱- اندیس پراکسید

در این آزمون غلظت پراکسید و هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در مرحله آغازی اندازه‌گیری می‌شود و بر حسب میلی‌اکی‌والان پراکسید در هر کیلوگرم چربی بیان می‌گردد. میزان این شاخص در هنگام نگهداری نمونه‌های مختلف طی دوره معین مطابق با روش مرجع (AOCS، ۲۰۰۳، ۸-۵۳ cd) و بر حسب میلی‌اکی‌والان پراکسید موجود در هر کیلوگرم روغن محاسبه گردید. در این روش، میزان ۵ گرم نمونه روغن در داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن گردید. سپس، ۳۰ میلی لیتر مخلوط اسید استیک گلاسیال و کلروفرم (به نسبت ۳ به ۲) به روغن اضافه شده و کاملاً در

آن حل شد. در مرحله بعد، ۰/۵ میلی لیتر محلول اشباع یدور پتاسیم به آن اضافه شده و به مدت دقیقاً یک دقیقه در تاریکی قرار گرفت. پس از طی این زمان، مقدار۳۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و با استفاده از محلول ۰/۰۱ نرمال تیوسولفات سدیم تا زمان زایل شدن رنگ زرد تیتر گردید. سپس، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر مُعرف نشاسته اضافه شده و تا زمان زایل شدن رنگ آبی، توسط محلول ۰/۰۱ نرمال تیوسولفات سدیم تیتر گردید. در آزمایش شاهد، تمامی مراحل ذکر شده بدون حضور نمونه انجام شد. در پایان، عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی والان پراکسید در کیلوگرم روغن محاسبه شد (۳۱).

۲-۳-۲- اندیس آنیزیدین

۰/۵ گرم نمونه در یک بالن حجمی ۲۵ میلی لیتری به دقت وزن شد. سپس در ایزواکتان حل شده و به حجم رسید و مخلوط گردید. جذب محلول چربی در مقابل ایزواکتان خالص در طول موج۳۵۰ نانومتر در یک سل شیشه ای قرائت شد (a). با استفاده از پی‌پت، ۵ میلی لیتر از محلول به داخل لوله آزمایش A و ۵ میلی‌لیتر ایزواکتان به داخل لوله آزمایش B ریخته شد. به هر کدام از دو لوله، یک میلی‌لیتر آنیزیدین اضافه گردید. لوله ها به شدت تکان داده شدند و به مدت دقیقاً ۱۰ دقیقه در یک مکان تاریک قرار گرفتند. جذب محتوی لوله A در مقابل لوله B در طول موج ۳۵۰ نانومتر در یک سِل شیشه‌ای یک سانتی‌متری اندازه‌گیری شد (b). اندیس آنیزیدین از طریق معادله ۱ محاسبه گردید:

معادله (۱)

اندیس آنیزیدین = (A2-۱/۲ A1) × 25 / m

A_1: جذب محلول آزمایش (b) در ۳۵۰ نانومتر؛ A_2: جذب محلول آزمایش (a) در ۳۵۰ نانومتر؛ m: جرم ماده مورد آزمون در محلول آزمایش (a)، بر حسب گرم بود (۲۱).

۲-۳-۳- اندیس توتوکس

اندیس توتوکس بر طبق معادله بیان شده توسط AOCS (۱۹۹۸) و با استفاده از دو اندیس پراکسید و آنیزیدین و مطابق معادله ۲ محاسبه شد (۱۶):

معادله (۲)

اندیس توتوکس = (اندیس پراکسید)۲ + اندیس آنیزیدین

۲-۳-٤- اندیس اسیدیته

اندازه‌گیری اسیدیته بر طبق روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران، شماره ۴۱۷۸ صورت گرفت. برای این منظور، قبل از شروع آزمایش، نمونه به طور کامل یکنواخت گردید.۲۰ گرم از نمونه برداشته شده و در ارلن وزن گردید. مقدار مشخصی از الکل خنثی شده (۲۵ میلی لیتر) به همراه ۲ میلی‌لیتر معرف فنل فتالئین به نمونه اضافه شد. نمونه با محلول هیدروکسید سدیم استاندارد شده ۰/۱ نرمال تیتر گردید. در حین تیتراسیون نمونه به شدت همزده شد. نقطه پایانی زمانی بود که محلول (فاز الکلی رویی) به رنگ صورتی ملایم مشابه رنگ اولیه الکل خنثی شده در آمد و این رنگ به مدت ۳۰ ثانیه پایدار ماند. حجم مصرفی محلول هیدروکسید سدیم ثبت گردید. میزان اسیدیته نمونه (درصد اسیدهای چرب آزاد) بر حسب اسید اولئیک، از طریق معادله ۳ محاسبه گردید (۱۲):

معادله (۳)

میزان اسیدیته = حجم هیدروکسید سدیم مصرفی × نرمالیته هیدروکسید سدیم × ۲۸/۲ ÷ وزن نمونه

۲-۳-۵- اندیس تیوباربیتوریک اسید

در پژوهش حاضر از روش مستقیم به منظور تعیین عدد اسید تیوباربیتوریک استفاده شد. اندازه‌گیری این شاخص با استفاده از بوتانول به عنوان حلال و در حضور مُعرف اسید تیوباربیتوریک در طول موج ۵۳۰ نانومتر، مطابق با استاندارد (AOCS، ۲۰۰۹، ۱۹-۹۰ cd) انجام گرفت (۱۶). میزان جذب محلول در طول موج۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (شامل حلال و محلول واکنشگر) اندازه‌گیری گردید. نتایج به دست آمده، با استفاده از معادله ۴ زیر محاسبه شد:

معادله (۴)

عدد تیوباربیتوریک اسید = (A-B) × 50 ÷ m

که در آن، TBA: عدد اسید تیوباربیتوریک.، A: میزان جذب محلول آزمایش در۵۳۰ نانومتر.،B: میزان جذب

شاهد در۵۳۰ نانومتر و m : جرم نمونه بر حسب میلی‌گرم بود (۲۰).

۲-۳-٦- پایداری حرارتی (رنسیمت)

اندازه گیری پایداری اکسیداتیو نمونه های روغن با استفاده از دستگاه رنسیمت و بر طبق روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳۴ صورت گرفت. پایداری اکسیداتیو بر حسب ساعت، با تقریب ۰/۱ ساعت، محاسبه شد (۱۳).

۲-٤- تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام شد. داده‌های مورد بررسی توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ در طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (ANOVA) تجزیه و تحلیل گردید. برای تعیین اختلاف معنی دار بین نمونه ها ($p<0/01$)، از آزمون چندگانه دانکن استفاده شد. نمودارهای مورد نظر نیز توسط نرم افزار اِکسل 2010 رسم گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اندیس پراکسید نمونه‌های روغن آفتابگردان

در جدول ۱ اثر غلظت افزودنی بر میانگین مقادیر اندیس پراکسید نمونه‌های روغن آفتابگردان مشخص شده است. مطابق نتایج این جدول، بیشترین اندیس پراکسید مربوط به نمونه شاهد (۵/۰۱۰۰ meq/kg) بود و غلظت ppm ۲۰۰ عصاره اتانولی چویل (۴/۲۴۱۷ meq/kg)پس از آن قرار داشت، از طرفی، کمترین اندیس پراکسید در غلظت ppm ۴۰۰ اسانس چویل (۲/۰۸۸۳ meq/kg) به دست آمد.

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف افزودنی بر میانگین مقادیر اندیس پراکسید روغن آفتابگردان.

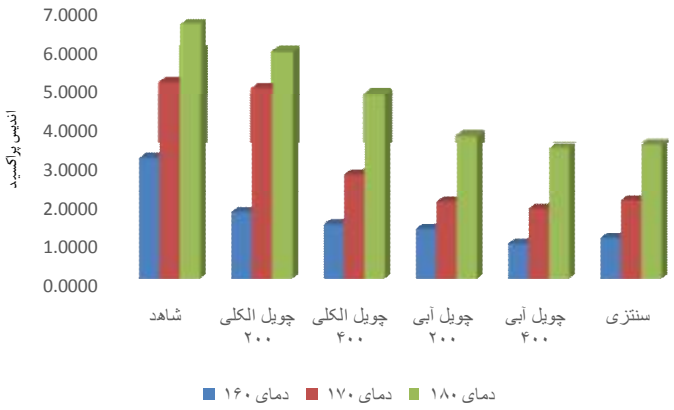
تیمارها (ppm)	میانگین اندیس پراکسید (meq/kg)
اسانس چویل (٤۰۰)	2/0883[d]
تری بوتیل هیدروکینون(۱۰۰)	2/2367[d]
اسانس چویل (۲۰۰)	2/3767[d]
عصاره اتانولی چویل(٤۰۰)	3/0233[c]
عصاره اتانولی چویل(۲۰۰)	4/2417[b]
شاهد (کنترل)	5/0100[a]

بین تیمارهای اسانس چویل در سطوح ۲۰۰ و ppm ۴۰۰ و آنتی‌اکسیدان سنتزی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، در حالی که تفاوت سایر تیمارها با یکدیگر، معنی‌دار بود ($p<0/01$). در جدول ۲ اثر درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر اندیس پراکسید روغن آفتابگردان مشخص شده است. طبق نتایج، با افزایش درجه حرارت، میزان اندیس پراکسید افزایش یافت. هر سه سطح دما (۱۶۰،۱۷۰،۱۸۰ درجه سانتی گراد) با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p<0/01$) دارند که بیشترین و کم ترین میزان به ترتیب مربوط به دمای ۱۸۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد است. در شکل۱، اثر متقابل غلظت افزودنی در برابر درجه حرارت بر اندیس پراکسید نمونه‌های روغن آفتابگردان مشخص شده است.

جدول ۲- اثر درجه حرارت بر مقادیر اندیس پراکسید روغن آفتابگردان.

دما (درجه سانتی گراد)	میانگین اندیس پراکسید
۱۶۰	$1/6342^{c}$
۱۷۰	$3/1483^{b}$
۱۸۰	$4/7058^{a}$

طبق اطلاعات موجود در شکل۱، در دمای۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، بالاترین و پائین ترین عدد پراکسید به ترتیب متعلق به نمونه شاهد و تیمار حاوی ۴۰۰ppm چویل آبی است که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($p<0/01$). تفاوت بین تمام تیمارها و نمونه شاهد در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نیز معنی‌دار بود و بیشترین میانگین عدد پراکسید را نمونه شاهد کسب کرد. این نمونه بالاترین میزان را در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به خود اختصاص داد، در حالی که تفاوت آن با سایر نمونه‌ها معنی‌دار بود. کم ترین میانگین عدد پراکسید در دمای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد متعلق به تیمار حاوی ۴۰۰ppm چویل آبی بود. روغن‌های تازه تصفیه شده می‌بایست عدد پراکسید صفر داشته باشند، اما عدد پراکسید برای پایداری نگهداری قابل قبول بایستی کمتر از ۵ meq/kg نمونه باشد (۳۳). نتایج نشان داد که در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، میزان عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها کمتر از این حد است. در دمای ۱۷۰درجه سانتی‌گراد، فقط مقدار عدد پراکسید نمونه شاهد بالاتر از حد قابل قبول بود و در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد هم نمونه شاهد به همراه نمونه حاوی ۲۰۰ ppm عصاره اتانولی چویل غیرقابل قبول هستند و سایر تیمارها در هر سه درجه حرارت از لحاظ میزان این عدد قابل قبول‌اند. عدد پراکسید نمی‌تواند مشخص کننده اکسیداسیون روغن باشد، زیرا این عدد، شاخصی از وجود محصولات اولیه اکسیداسیون بوده و تولید محصولات ثانویه را مشخص نمی‌کند. به دلیل تجزیه هیدروپراکسیدها در دمای بالا و تشکیل ترکیبات ثانویه مانند آلدئیدها، وجود آزمونی نظیر عدد آنیزیدین که شاخصی از توسعه اکسیداسیون است، ضروری به نظر می‌رسد (۳۱). نتایج آنالیز آماری داده‌های مورد آزمایش نشان داد که غلظت آنتی‌اکسیدان و دما بر عدد پراکسید روغن‌آفتاب‌گردان به طور معنی‌داری ($p<0/01$) تأثیر دارد. اثر متقابل غلظت آنتی‌اکسیدان در دما نیز از لحاظ آماری معنی‌دار($p<0/01$) بود. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و طبیعی در روغن موجب کاهش سرعت اکسیداسیون روغن می‌شود که کمترین میزان عدد پراکسید نیز مربوط به سطح ppm ۴۰۰ اسانس چویل (۲/۰۸۸۳ meq/kg) و هم چنین بیشترین میزان عدد پراکسید مربوط به نمونه شاهد (۵/۰۱۰۰ meq/kg) است. بنابراین، در مورد عدد پراکسید، با افزایش میزان آنتی‌اکسیدان طبیعی، عدد پراکسید کاهش یافت که نتیجه ای قابل انتظار می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج یافته‌های علیزاده و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد که نشان دادند مقادیر پراکسید بعد از یک ساعت در تیمارهای حاوی TBHQ (۱/۵۵ meq/kg)، رزماری (۵۰۰ppm) و عصاره چویل (۱۰۰۰ ppm) به ترتیب برابر با ۱/۵۵، ۱/۲۲ و ۲/۹۵ (meq/kg) است (۷). نتایج نشان داد که عدد پراکسید در تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون مفید است. همچنین Kamkar و همکاران (۲۰۱۰) اعلام نمودند که کاهش سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها در اثر استفاده از اسانس چویل در ارتباط با حضور اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها در آن است (۲۹). در پژوهش حاضر، بیشترین عدد پراکسید در همه درجه حرارت‌های مورد بررسی (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) مربوط به نمونه شاهد (۵/۰۱۰۰ meq/kg) بود و دلیل آن هم عدم استفاده از آنتی‌اکسیدان است که سبب تسریع اکسیداسیون روغن می‌شود. در همه نمونه‌ها، با افزایش درجه حرارت، میزان عدد پراکسید به طور معنی‌داری افزایش یافت و در هر سه سطح دما (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p<0.01$) داشت که به دلیل اثر درجه حرارت به عنوان تحریک کننده واکنش اکسیداسیون می‌باشد.



شکل ۱- اثر متقابل غلظت (ppm) در برابر درجه حرارت (سانتی‌گراد) بر اندیس پراکسید روغن آفتابگردان.

۳-۲-مقادیر اندیس آنیزیدین نمونه‌های روغن آفتابگردان

اسانس چویل در سطح ۴۰۰ppm کمترین و عصاره اتانولی چویل در سطح ۲۰۰ppm بیشترین میانگین اندیس آنیزیدین را به خود اختصاص دادند. سایر غلظت‌ها در یک گروه قرار داشتند (جدول۳). مطابق جدول ۴، با افزایش درجه حرارت، میزان اندیس آنیزیدین افزایش می‌یابد، اگر چه تفاوت در دماهای ۱۶۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نیست.

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف افزودنی بر میانگین مقادیر اندیس آنیزیدین روغن آفتابگردان.

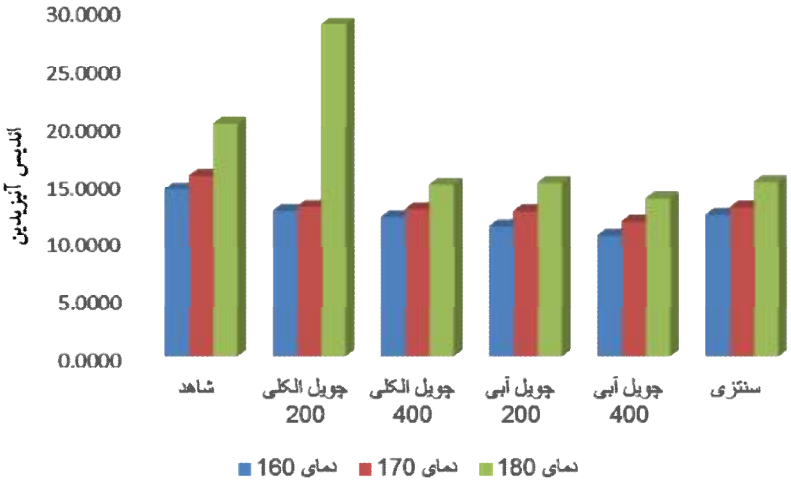
تیمارها	میانگین اندیس آنیزیدین (meq/kg)
اسانس چویل (٤٠٠ppm)	11/8983[b]
تری بوتیل هیدروکینون(١٠٠ppm)	13/3767[ab]
اسانس چویل (٢٠٠ppm)	12/9250[ab]
عصاره اتانولی چویل(٤٠٠ppm)	13/1950[ab]
عصاره اتانولی چویل(٢٠٠ppm)	18/0083[a]
شاهد (کنترل)	16/7167[ab]

جدول ٤- اثر درجه حرارت بر مقادیر اندیس آنیزیدین روغن آفتابگردان.

دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین اندیس آنیزیدین
١٦٠	12/1550[b]
١٧٠	13/0300[b]
١٨٠	17/8750[a]

بر اساس شکل۲، میانگین عدد پراکسید در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بیش از دو دمای دیگر (۱۶۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد) است. کمترین میانگین عدد پراکسید در هر سه دمای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد متعلق به تیمار محتوی ۴۰۰ppm چویل آبی بود، در حالی که بیشترین میانگین در این مورد در هر سه دمای مورد بررسی مربوط به

نمونه شاهد بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0/01$). نتایج آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که غلظت آنتی‌اکسیدان اثر معنی‌داری ($p<0/01$) بر مقادیر عدد آنیزیدین روغن آفتابگردان ندارد. در همه تیمارها، با افزایش درجه حرارت سرخ کردن، میزان این عدد به طور معنی‌داری افزایش ($p<0/01$) می یابد که بیانگر اثر درجه حرارت بر افزایش سرعت تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون است.



شکل ۲- اثر متقابل غلظت (ppm) در برابر درجه حرارت (سانتی‌گراد) بر اندیس آنیزیدین روغن آفتابگردان.

از آن جایی که نمونه شاهد فاقد آنتی اکسیدان است، در همه درجه حرارت‌های مورد بررسی، بیشترین میزان عدد آنیزیدین را دارا می‌باشد. در بین آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده، کمترین و بیشترین عدد آنیزیدین مربوط به اسانس چویل ۴۰۰ (۱۱/۸۹۸۳) و عصاره الکلی چویل (۲۰۰ppm) (۱۸/۰۰۸۳) است. این تأثیر مربوط به اثر معنی‌دار درجه حرارت بر میزان عدد آنیزیدین است که با افزایش درجه حرارات، عدد آنیزیدین افزایش یافته است. تهامی و همکاران (۱۳۹۰)، گزارش کردند که اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره دانه رازیانه بر پایداری عدد روغن آفتابگردان در هفته اول (غلظت ۳۰۰ppm) بیانگر کارایی بالاتر نسبت به هر دو آنتی‌اکسیدان سنتزی مورد استفاده بوده است و این آنتی‌اکسیدان در نمونه‌های روغن، موجب کاهش عدد آنیزیدین (هفته اول=۷ و هفته چهارم=۱۷/۵) و پراکسید در نمونه‌های روغن شده است (۲). اثر دما بر مقادیر عدد آنیزیدین روغن آفتابگردان نشانگر این است که با افزایش درجه حرارت، میزان عدد آنیزیدین افزایش می‌یابد، ولی دمای ۱۶۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر یکسانی بر آنیزیدین داشت. در مقابل، دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در دو سطح دمایی دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان داد، در عین حال، تفاوت عدد آنیزیدین در نمونه‌ها، مربوط به غلظت آنتی اکسیدان نمی‌باشد. نکته مهم در تفاوت نتیجه پژوهش حاضر با گزارش تهامی و همکاران (۱۳۹۰) مربوط تفاوت در نوع آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده و دماهای مورد بررسی می‌باشد.

۳-۳- اندیس توتوکس نمونه‌های روغن آفتاب‌گردان

نتایج اثر غلظت آنتی‌اکسیدان بر میانگین مقادیر اندیس توتوکس نمونه‌های روغن آفتابگردان در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین میزان اندیس توتوکس مربوط به نمونه شاهد (۲۶/۰۸۶۷) بود و غلظت ppm ۲۰۰ عصاره اتانولی چویل پس از آن قرار گرفت (۲۲/۸۴۵۰). کمترین میزان اندیس توتوکس در غلظت ppm ۴۰۰ اسانس چویل (۱۶/۰۷۳۳) به دست آمد که با تیمار حاوی عصاره اتانولی چویل (۴۰۰ppm) تفاوت معنی‌داری نداشت. این وضعیت در مورد تیمارهای حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی و اسانس چویل

در سطح ۲۰۰ppm نیز برقرار است. در جدول ۶ اثر درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر اندیس توتوکس روغن آفتاب‌گردان نشان می‌دهد. طبق جدول ۶، با افزایش درجه حرارت، میزان اندیس توتوکس افزایش یافت که امری قابل پیش‌بینی بود. تفاوت هر سه سطح درجه حرارت (۱۶۰، ۱۷۰، ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) با یکدیگر معنی‌داری ($p<0/01$) بود.

جدول۵- اثر غلظت‌های مختلف افزودنی بر میانگین مقادیر اندیس توتوکس روغن آفتابگردان.

تیمارها	میانگین اندیس توتوکس (meq/kg)
اسانس چویل (۴۰۰ppm)	16/0733[c]
تری بوتیل هیدروکینون(۱۰۰ppm)	17/8350[d]
اسانس چویل (۲۰۰ppm)	17/6617[d]
عصاره اتانولی چویل(۴۰۰ppm)	19/2417[c]
عصاره اتانولی چویل(۲۰۰ppm)	22/8450[b]
شاهد (کنترل)	26/0867[a]

جدول ٦- اثر درجه حرارت بر مقادیر اندیس توتوکس روغن آفتابگردان.

دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین اندیس توتوکس
۱۶۰	15/8500[a]
۱۷۰	19/3342[b]
۱۸۰	24/6875[c]

در شکل۳، اثر متقابل غلظت افزودنی در برابر درجه حرارت بر اندیس توتوکس نمونه‌های روغن آفتاب‌گردان ارائه گردیده است که مطابق آن، نمونه شاهد در هر سه دمای مورد بررسی (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) بالاترین میانگین اندیس توتوکس را کسب کرد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0/01$).کم‌ترین‌میانگین اندیس توتوکس نیز در هر سه دمای مذکور متعلق به تیمار حاوی ۴۰۰ppm چویل آبی بود. در حالت کلی، بالاترین و پائین ترین سطح میانگین به ترتیب به دمای ۱۸۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد مربوط می‌شد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p<0/01$). غلظت آنتی‌اکسیدان و درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر عدد توتوکس روغن آفتاب گردان اثر معنی‌داری ($p<0/01$) داشت، ولی اثر متقابل غلظت آنتی اکسیدان و درجه حرارت معنی‌دار نبود($p<0/01$).

نتایج حاضر نشان داد که افزایش درجه حرارت موجب افزایش عدد توتوکس می‌شود. در همه درجه حرارت‌های مورد مطالعه (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد)، بیشترین عدد توتوکس در نمونه شاهد (فاقد آنتی‌اکسیدان) (۲۶/۰۸۶۷) به دست آمد، زیرا این نمونه بالاترین اعداد پراکسید و آنیزیدین را داشت. در بین آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده، کمترین و بیشترین عدد توتوکس به ترتیب مربوط به تیمار حاوی ppm ۴۰۰ عصاره چویل (۱۶/۰۷۳۳) و نمونه شاهد (۲۶/۰۸۶۷) است. از آن‌جایی که اندیس توتوکس نمایانگر اکسیداسیون کل در روغن است و حرارت نیز اساساً موجب تغییر در میزان اکسیداسیون کل می‌شود، بنابراین، می‌تواند بر اندیس توتوکس مؤثر باشد. این اتفاق می‌تواند علاوه بر افزایش اندیس توتوکس، منجر به افزایش اندیس پراکسید و آنیزیدین نیز گردد.

شکل ۳- اثر متقابل غلظت(ppm) در برابر درجه حرارت(سانتی‌گراد) بر اندیس توتوکس روغن آفتابگردان

مظاهری کلهرودی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به طور مشابه بیان نمودند که استفاده از عصاره دانه رازیانه (در سطوح ppm ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰) در روغن سویا موجب کاهش عدد توتوکس در نمونه‌های روغن گردید. در تحقیق آنها، سطوح ppm ۳۰۰ و ۴۰۰ عصاره دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به BHT و BHA بود و اندیس توتوکس پس از ۱۴ روز بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ (ppm) برای نمونه‌های مختلف گزارش شده است (۱۰). نتیجه‌گیری قابل اهمیّت در مورد معنی‌دار بودن عدد پراکسید و توتوکس و معنی‌دار نبودن آنیزیدین مربوط به این است که توتوکس تابع آنیزیدین و پراکسید است که معنی‌دار بودن قوی پراکسید موجب معنی‌دار شدن توتوکس می شود، ولی تفاوت آنیزیدین از لحاظ آماری و معنی‌دار بودنش قابل استناد نمی‌باشد. اندازه‌گیری اندیس آنیزیدین، روشی برای تعیین میزان آلدئید به ویژه ۲- آلکینال‌ها در روغن‌ها و چربی‌ها است و در مورد روغن‌ها و چربی‌های حیوانی و گیاهی قابل اجرا است. بدیهی است که در مواردی، اکسیداسیون روغن در مراحل اولیه بوده و در این زمان، ترکیبات فرار آلدئیدها و کتون‌ها که با اندیس آنیزیدین مشخص می‌شوند، هنوز تشکیل نشده اند. در حالی که، پراکسید، اولین محصول واکنش اکسیداسیون است. طی آزمون‌های تعیین پایداری محصولات حاوی چربی ملاحظه می‌شود که ابتدا اندیس پراکسید افزایش یافته و سپس در نتیجه تجزیه هیدروپراکسیدها، کاهش می‌یابد. عدد توتوکس هم مقدار هیدروپراکسیدها و هم محصولات حاصل از شکست آنها را مشخص می‌نماید. این عدد به طور مداوم تمایل به افزایش دارد و معیار بهتری از فساد اکسیداتیو تصاعدی چربی است.

۳-٤- مقادیر درصد اسیدیته نمونه‌های روغن آفتابگردان

در جدول ۷ اثر غلظت آنتی‌اکسیدان بر میانگین مقادیر درصد اسیدیته نمونه‌های روغن آفتاب گردان آمده است.

جدول ۷- اثر غلظت های مختلف افزودنی بر میانگین مقادیر درصد اسیدیته روغن آفتابگردان.

تیمارها	میانگین اسیدیته (meq/kg)
اسانس چویل (٤٠٠ppm)	0/56350[d]
تری بوتیل هیدروکینون(١٠٠ppm)	0/82417[c]
اسانس چویل (٢٠٠ppm)	0/75083[c]
عصاره اتانولی چویل(٤٠٠ppm)	0/99883[b]
عصاره اتانولی چویل(٢٠٠ppm)	1/13600[b]
شاهد (کنترل)	1/33600[a]

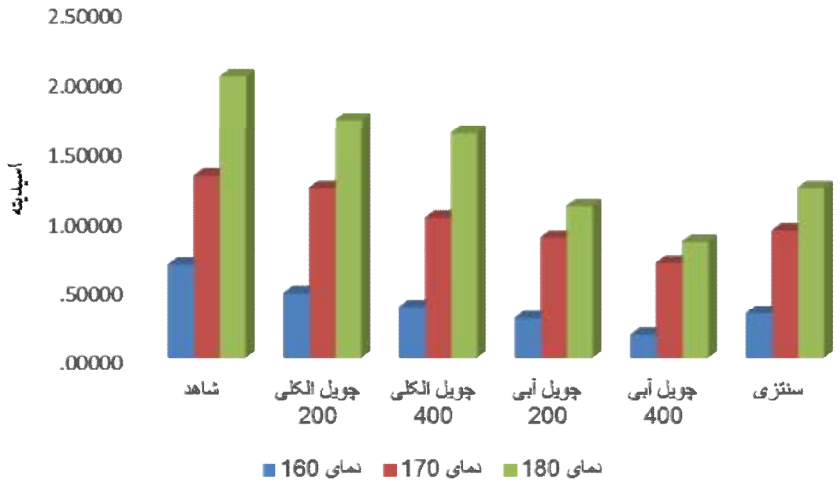
بیشترین میزان درصد اسیدیته مربوط به نمونه شاهد (۱/۳۳۶ درصد) است و غلظت ppm ۲۰۰ عصاره اتانولی چویل پس از آن قرار (۱/۱۳۶ درصد) دارد. کمترین میزان درصد اسیدیته در غلظت ppm۴۰۰ اسانس چویل (۰/۵۶۳۵ درصد) است. با توجه به جدول دانکن متغیرهای عصاره اتانولی ۲۰۰ و عصاره اتانولی ۴۰۰ در یک گروه و همچنین اسانس ۲۰۰ و سنتزی در یک گروه قرار دارند ، شاهد و اسانس ۴۰۰ در گروه‌های مجزا قرار دارند. در جدول ۸ اثر درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر درصد اسیدیته روغن آفتاب‌گردان نشان می‌دهد. طبق جدول۸، با افزایش درجه حرارت، میزان اسیدیته افزایش یافت، ضمن آنکه بین هر سه سطح دمایی مورد بررسی (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<0/01$). در شکل ۴ نمودار اثر متقابل غلظت افزودنی در برابر درجه حرارت بر درصد اسیدیته نمونه های روغن آفتابگردان ارائه گردیده است. مطابق شکل۴، تیمار حاوی ppm۴۰۰ چویل آبی در دماهای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد دارای کم ترین میانگین اسیدیته بود، در حالی که بالاترین میانگین اسیدیته در سه دمای مورد بررسی به نمونه شاهد تعلق داشت که با سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری بود ($p<0/01$).

جدول ۸- اثر درجه حرارت بر مقادیر درصد اسیدیته روغن آفتابگردان.

دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین اسیدیته
١٦٠	0/38025[c]
١٧٠	1/00608[b]
١٨٠	1/41833[a]

در کل، سطح نمودار مربوط به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بیش از دو دمای دیگر بود که امری طبیعی است. نتایج نشانگر این است که اثر غلظت آنتی‌اکسیدان و درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر اسیدیته روغن آفتابگردان معنی‌دار ($p<0/01$) است. اثر متقابل غلظت افزودنی و درجه حرارت نیز معنی‌دار ($p<0/01$) بود. نتایج ارزیابی اثر غلظت افزودنی و درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر اسیدیته نمونه‌های روغن آفتابگردان نشان داد که در بین نمونه‌های روغن، بیشترین میزان درصد اسیدیته مربوط به نمونه شاهد (۱/۳۳۶ درصد) است و کمترین میزان درصد اسیدیته در غلظت ppm۴۰۰ اسانس چویل (۰/۵۶۳۵ درصد) به دست آمد. حرارت دهی روغن موجب افزایش معنی دار ($p<0/01$) میزان اسیدیته نمونه‌ها شد. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های روستا (۱۳۹۰) (۴) و اسفندیاری فرد (۱۳۹۴) (۱) مطابقت دارد. تحقیق کاویانی و همکاران (۱۳۹۲) که مشاهده کردند حرارت دهی روغن (در دماهای۱۵۰، ۱۶۵ و۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۰ ساعت موجب افزایش خطی میزان اسیدیته می‌شود (۸) با نتایج این پژوهش مشابه است. به طوری که با افزایش زمان سرخ کردن از صفر تا ۴۰ ساعت، اسیدیته روغن در دماهای ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه

سانتی‌گراد به ترتیب ۵/۱، ۵/۴ و ۶/۴ واحد افزایش یافت. ایشان از آنتی‌اکسیدان TBHQ (در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم) در روغن کانولا استفاده نمودند و مشاهده کردند که در نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان، میزان اسیدیته به طور معنی‌داری کمتر بود. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و طبیعی در روغن آفتابگردان باعث کاهش درصد اسیدیته در نمونه‌ها شد. بیشترین اسیدیته مربوط به نمونه شاهد و سپس تیمار عصاره می‌باشد و کمترین اسیدیته مربوط به تیمار حاوی اسانس غلظت ۴۰۰ ppm و پس از آن نمونه‌های سنتزی و اسانس ۲۰۰ppm می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که در تمام نمونه‌های مورد بررسی (به استثناء نمونه شاهد که در درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از حد مجاز استاندارد بود)، میزان اسیدیته در حد قابل قبول است. در نتیجه واکنش‌های شیمیایی مختلف، افزایش درصد اسیدهای چرب آزاد با افزایش دمای حرارت‌دهی، به ویژه هیدرولیز تری‌گلیسریدها رُخ می‌دهد. اسیدهای چرب آزاد در اثر واکنش‌های هیدرولیز تشکیل شده و باعث کاهش نقطه دود روغن سرخ کردنی می‌گردند. از طرف دیگر، انباشتگی تکه‌های ماده غذایی در سرخ کُن، تولید اسیدهای چرب آزاد را تسریع نموده و حضور اسیدهای چرب آزاد در روغن سرخ کردنی، هیدرولیز تری‌گلیسریدها را کاتالیز می‌کند (۲۳).



شکل ٤- اثر متقابل غلظت(ppm) در برابر درجه حرارت (سانتی‌گراد) بر درصد اسیدیته روغن آفتابگردان.

۳-۵- اندیس تیوباربیتوریک اسید (TBA) نمونه‌های روغن آفتابگردان

در جدول ۹ اثر غلظت ضداکساینده بر میانگین مقادیر اندیس تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های روغن آفتاب‌گردان ارائه شده است. طبق نتایج موجود در جدول ۹، بیشترین اندیس تیوباربیتوریک اسید مربوط به نمونه شاهد (۰/۴۷۳۵ mg MA/kg) بود که با تیمار دارای غلظت ۲۰۰ ppm عصاره اتانولی چویل تفاوت معنی‌داری نداشت. بین سایر تیمارها تفاوت معنی-داری وجود نداشت، در عین حال کمترین اندیس تیوباربیتوریک متعلق به تیمار محتوی ۴۰۰ppm اسانس چویل بود که با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0.01$). بر این اساس، عصاره اتانولی چویل در سطح ۲۰۰ppm در مقایسه با غلظت‌های مختلف اسانس چویل و ترکیب TBHQ، اندیس تیوباربیتوریک اسید بالاتری داشت، اما در عین حال، نسبت به نمونه کنترل میزان کمتری را نشان داد. به عبارت بهتر، عصاره اتانولی چویل اثر بیشتری در تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون داشته است. البته در برخی موارد، غلظت های بالاتر عصاره یا اسانس مورد استفاده به دلیل نقش پرواکسیدانی یا تشدید کننده اکسایش، موجب افزایش اندیس تیوباربیتوریک می‌شوند. یزدان پناه و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی مقاومت حرارتی عصاره ضداکسایشی پوست خارجی انار در روغن آفتاب‌گردان به نتایج مشابهی دست یافتند. اثر درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر اندیس تیوباربیتوریک اسید روغن آفتاب‌گردان در جدول ۱۰ ارائه گردیده است. طبق جدول ۱۰، با افزایش درجه حرارت،

میزان اندیس تیوباربیتوریک اسید افزایش یافت و بالاترین میزان به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. در عین حال، تفاوت بین تمام تیمارها معنی‌دار بود ($p<0.01$).

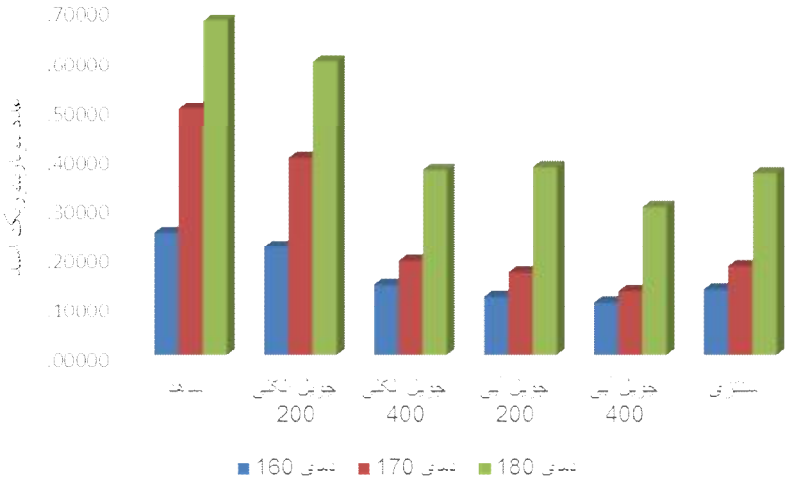
جدول ۹- اثر غلظت‌های مختلف افزودنی بر میانگین مقادیر اندیس تیوباربیتوریک اسید روغن آفتاب‌گردان.

تیمارها (ppm)	میانگین اندیس تیوباربیتوریک اسید (mg MA/kg)
اسانس چویل (٤٠٠)	0/17950[b]
تری بوتیل هیدروکینون(١٠٠)	0/22800[b]
اسانس چویل (٢٠٠)	0/22300[b]
عصاره اتانولی چویل(٤٠٠)	0/23667[b]
عصاره اتانولی چویل(٢٠٠)	0/40467[a]
شاهد (کنترل)	0/47350[a]

جدول ۱۰- اثر درجه حرارت بر مقادیر اندیس تیوباربیتوریک اسید روغن آفتاب‌گردان.

دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین اسیدیته
١٦٠	0/16233[c]
١٧٠	0/26133[b]
١٨٠	0/44900[a]

در شکل۵ اثر متقابل غلظت افزودنی در برابر درجه حرارت بر اندیس تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های روغن آفتاب‌گردان مشخص شده است که مطابق آن، اثر غلظت آنتی‌اکسیدان و درجه حرارت سرخ کردن بر مقادیر عدد تیوباربیتوریک اسید روغن آفتابگردان معنی‌دار ($p<0.01$) است، اما اثر متقابل غلظت ضداکساینده و درجه حرارت، معنی‌دار نیست. در نمونه‌های روغن خام مقدار این عدد بسیار پائین بود، زیرا این عدد در اثر تجزیه هیدروپراکسیدها تشکیل می‌شود، در نتیجه در اثر حرارت‌دهی روغن و تجزیه بیشتر هیدروپراکسیدها و تبدیل آن ها به آلدئیدها و کتون‌ها، عدد تیوباربیتوریک اسید افزایش می‌یابد. حرارت دهی نمونه‌های روغن در دمای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش معنی‌دار ($p<0.01$) عدد تیوباربیتوریک اسید می‌شود، به نحوی که بیشترین میزان آن مربوط به درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (mg ۰/۴۴۹۰۰MA/kg) و کمترین آن مربوط به دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد (۰/۱۶۲۳۳ mg MA/kg) است. دلیل بالا بودن عدد تیوباربیتوریک اسید در درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به درجه حرارت‌های پائین‌تر این است که در درجه حرارت بالای مورد استفاده، تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل شده در مراحل اولیه، تجزیه و به مالون دی آلدئید تبدیل می‌شوند. این نتیجه می‌تواند بیانگر اهمیّت درجه حرارت در فرایند اکسیداسیون روغن‌ها باشد. همان گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بالاترین سطح تیوباربیتوریک اسید مربوط به دمای۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و پائین‌ترین سطح نیز به دمای۱۶۰ تعلق دارد. تیمار حاوی ۴۰۰ppm چویل آبی در هر سه دمای ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد کمترین میانگین اندیس تیوباربیتوریک اسید را کسب کرد، در حالی که بیشترین میانگین در این صفت در هر سه دمای مورد بررسی مربوط به نمونه شاهد بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0.01$).



شکل۵- اثر متقابل غلظت (ppm) در برابر درجه حرارت (سانتی‌گراد) بر اندیس تیوباربیتوریک اسید روغن آفتابگردان.

بیشترین توانایی در جلوگیری از تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون توسط تیمار حاوی اسانس چویل اعمال شد. پژوهش حاضر نشان می‌دهد، توانایی ضداکسایندهها در مهاراکسیداسیون نسبت مستقیم با غلظت دارد و روغن‌های حاوی مقادیر بیشتری از اسانس و یا عصاره اتانولی، ثبات اکسیداتیو بیشتری نشان می‌دهند. افزایش قدرت ضداکسایشی ترکیبات فنولی در نتیجه افزایش غلظت را می‌توان به افزایش تعداد جایگاه‌های فعال این ترکیبات برای واکنش با رادیکال‌های آزاد نسبت داد. نتایج صمدلوئی و همکاران (۱۳۸۶) در ارزیابی فعالیت ضداکسایشی ترکیبات فنولی استخراج شده از هسته انار با حلال استون (در سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۵۰ (ppm)) در پایدارسازی روغن سویا در شرایط تسریع شده (در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد)، با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. آن‌ها مشاهده کردند که بالاترین میزان فعالیت ضداکسایندهها مربوط به بالاترین سطح ترکیبات فنولی (۳۵۰ ppm) است و میزان TBA آن در روز دوازدهم، ۰/۳۵۸۷mg MA/kg گزارش شد (۵). اثرات ضداکسایشی اسانس برگ دارچین (در سطح ۰/۰۲ درصد) در روند اکسیداسیون روغن خردل و تشکیل اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اسانس در غلظت ۰/۰۲ درصد اثرات قوی‌تری نسبت به پروپیل گالات دارد (۳۷). رفیعی و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان کردند که عصاره برگ زیتون در سطح ۱۰۰۰ppm به خوبی توانست عدد اسید تیوباربیتوریک را کنترل کرده و جایگزین ضداکسایندههای سنتزی بوتیله هیدروکسی آنیزول و بوتیله هیدروکسی تولوئن در دو سطح ۱۰۰ ppm و ۲۰۰ شود (۳).

۳-۶- پایداری حرارتی نمونه‌های روغن آفتابگردان

درجدول ۱۱ مقایسه میانگین زمان (ساعت) پایداری حرارتی روغن آفتابگردان مشخص گردیده است. مطابق شکل ۶، از لحاظ آماری کمترین میزان پایداری حرارتی مربوط به نمونه شاهد (۴/۱۱۵±۰/۴۲۳ ساعت) و بالاترین میزان نیز متعلق به تیمار حاوی ضداکساینده سنتزی (TBHQ)(۱۱/۷۱±۰/۵۵ ساعت) بود که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند ($p<0.01$). بین مقادیر پایداری حرارتی نمونه های حاوی ضداکسایندههای طبیعی (اسانس چویل و عصاره اتانولی چویل) مورد استفاده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما پایداری حرارتی این ضداکسایندهها تفاوت معنی‌داری با نمونه حاوی ضداکساینده سنتزی دارد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین زمان (ساعت) پایداری حرارتی نمونه‌های روغن آفتابگردان.

تیمارها (ppm)	میانگین زمان پایداری حرارتی (ساعت)
اسانس چویل (٤٠٠)	5/89±0/11[b]
تری بوتیل هیدروکینون(١٠٠)	11/71±0/55[a]
اسانس چویل (٢٠٠)	5/54±0/61[b]
عصاره اتانولی چویل(٤٠٠)	6/22±0/31[b]
عصاره اتانولی چویل(٢٠٠)	6/01±0/28[b]
شاهد (کنترل)	4/11±0/42[c]

روش رنسیمت اغلب برای ارزیابی یا پیش بینی پایداری اکسیداتیو در شرایط حرارتی بوده و به عنوان زمان القاء یا زمان مقاومت استفاده می‌شود (۱۸). نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که تفاوت گروه‌های مختلف در میزان رنسیمت معنی‌دار ($p<0.01$) است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که نمونه شاهد، کم ترین زمان مقاومت (۴/۱۱۵ ساعت) را دارد و افزودن ضداکسایندهای سنتزی و طبیعی به روغن موجب افزایش زمان پایداری حرارتی می‌شود. زمان مقاومت ضداکسایندهٔ TBHQ (۱۱/۷۱ ساعت) بیشتر از ضداکسایندهای طبیعی بود و در بین ضداکسایندهای طبیعی، بیشترین و کمترین پایداری به ترتیب مربوط به اسانس آبی ppm ۴۰۰ (۶/۲۲۵ ساعت) و عصاره الکلی ppm۲۰۰ (۵/۵۴ ساعت) می‌باشد. این نتیجه در راستای نتایج بوعزیز و همکاران (۲۰۰۸) بود که بیان نمودند افزودن عصاره برگ زیتون به روغن زیتون خالص باعث افزایش زمان القای آن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌شود (۱۷). همچنین با یافته‌های یزدان پناه و همکاران (۱۳۸۸)، در ارزیابی مقاومت حرارتی (در دماهای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) عصاره ضداکسایشی پوست خارجی انار (۱۰۰ و ۱۰۰۰ (ppm)) در روغن آفتاب‌گردان همخوانی دارد. آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش غلظت عصاره متانولی پوست انار (از ۱۰۰ به ۱۰۰۰ (ppm))، طول دوره القاء افزایش یافت. همچنین بیان کردند که دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌داری ($p<0.05$) بر طول دوره القاء نداشت (۱۵). به طور کلی حضور ضداکسایندهها و ترکیبات فنولی، سنتزی یا طبیعی، تأثیر مستقیم بر کاهش اکسیداسیون و افزایش زمان پایداری روغن دارند، اما افزایش دما، تأثیر معکوس بر میزان اکسایش دارد. اقبال و بانگر (۲۰۰۷) نیز تأثیر عصاره سیر (در سطوح ppm ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰) در ثبات بخشیدن به روغن آفتاب گردان طی نگهداری (دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد) بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن آفتابگردان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که عصاره سیر می‌تواند در مقایسه با ضداکسایندهای سنتزی که معمولاً به کار برده می‌شوند، تا حد زیادی پایداری روغن آفتابگردان را تثبیت کند. این نتیجه به واسطه ترکیبات مختلف به ویژه اجزاء فنولی مؤثر در عصاره سیر می‌باشد (۲۷).

٤- نتیجه گیری

مطابق نتایج این پژوهش، افزایش دمای حرارت‌دهی روغن موجب افزایش معنی‌دار میزان اعداد اکسایشی (پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و تیوباربیتوریک اسید) شد. استفاده از ضداکسایندهای سنتزی و طبیعی در روغن، موجب کاهش سرعت اکسیداسیون تیمارها شد و با افزایش سطح غلظت عصاره و اسانس، میزان این اعداد در روغن آفتاب‌گردان کاهش یافت. در اکثر موارد، فعالیت ضداکسایشی اسانس بیشتر از عصاره اتانولی چویل بود و اثر ضداکسایندهٔ سنتزی حدوداً مشابه اسانس چویل در سطح ppm۴۰۰ بود. حرارت دهی روغن همچنین باعث افزایش اسیدیته در تیمارها و استفاده از ضداکسایندهها باعث کاهش سرعت اسیدیته شد. نتایج رنسیمت نشان داد که کمترین میزان پایداری حرارتی مربوط به نمونه شاهد (فاقد ضداکسایندهٔ) بود و استفاده از ضداکسایندهها باعث افزایش پایداری حرارتی نمونه‌های روغن و مقاومت حرارتی است. نمونه شاهد بالاترین عدد

پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و اسیدیته را کسب نمود، در حالی که کمترین عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و اسیدیته به تیمار حاوی ۴۰۰ppm عصاره چویل مربوط می‌شد. به عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که به کارگیری عصاره یا اسانس گیاه بومی چویل می‌تواند موجب افزایش پایداری اکسایشی و زمان ماندگاری روغن آفتابگردان شود.

۵- منابع

۱. اسفندیاری فرد، م. ۱۳۹٤. بررسی اثر آنتی اکسیدانی بره موم بر روغن آفتابگردان. پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد. علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسیلامی واحد دامغان.

۲. تهامی، ف.ا.، بصیری، ع.، غیاثی طرزی، ب.، مهستی، پ. ۱۳۹۰. بررسی اثر آنتی اکسیدانی عصاره دانه رازیانه بر پایداری روغن آفتابگردان. *علوم غذایی و تغذیه*، سال دهم، شماره ۱، ۷۸-۷۱.

۳. رفیعی، ز.، جعفری، س.م.، اعلمی، م. و خمیری، م. ۱۳۹۰. ویژگی های آنتی اکسیدانی عصاره برگ زیتون و کاربرد آن در روغن آفتابگردان، *مجله پژوهش های صنایع غذایی*، دوره۲۱، شماره۱،۲۳-۱۱.

٤. روستا، ع.، کدیور، م.، کرامت، ج.، سلیمانیان زاده، ص. ۱۳۹۰. بررسی خواص ضد میکروبی دو گونه گیاه Ferulago (چویل) با استفاده از روش Well Diffusion. همایش ارتقای عمر ماندگاری مواد غذایی، آشامیدنی، آرایشی و بهداشتی با تاکید بر کاهش مصرف نگهدارنده ها، اصفهان، معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

۵. صمد لوئی، ح.ر.، عزیزی، م.ح. و برزگر، م. ۱۳۸٦. اثر آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولیک هسته انار بر روغن سویا. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ١٤، شماره ٤.

٦. طباطبائی یزدی، ف.، علیزاده بهبهانی، ب. و حیدری سورشجانی، م. ۱۳۹۳. مقایسه اثر ضد میکروبی عصاره گیاه چویل با انواع آنتی بیوتیک های رایج درمانی در شرایط آزمایشگاهی. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک*، سال ۱۷، شماره ۳ (۸٤)، ٤٦-۳۵.

۷. علیزاده، ل.، نایب زاده، ک. و شاهین، ر. ۱۳۹۲. بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره رزماری و چویر در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ بر روند اکسیداسیون روغن حین فرآیند سرخ کردن عمیق. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، سال هشتم، شماره ٤، ۱٤۳-۱۳۵.

۸. کاویانی، م.، نیازمند، ر. و شهیدی نوقابی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی زمان دورریز روغن کانولا بر اساس شاخص های اکسایشی طی سرخ کردن عمیق سیب زمینی. *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، دوره ۲، شماره ۱، ۳۷-۵۰.

۹. مرتضائی، س.، رفیعیان، م.، انصاری سامانی، ر. و شاهین فرد، ن. ۱۳۹۲. مقایسه غلظت ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی هشت گیاه دارویی. *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، دوره ۱۲، ۵۳۰-۵۱۹.

۱۰. مظاهری کلهرودی، م.، بصیری، ع.ر. و جلالی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اثر ضداکسایشی عصاره دانه رازیانه در روغن سویا و مقایسه آن با ضداکساینده های سنتزی BHA و BHT. *فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی*، سال اول، شماره ۳، ۲۷-۱۵.

۱۱. مظفریان، و. ۱۳۷۷. فرهنگ نام های گیاهان ایران. نشریه فرهنگ معاصر، چاپ دوم.

۱۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۷. اندازه گیری اسیدیته در روغن ها و چربی های خوراکی. استاندارد ملی ایران، شماره ٤١٧٨. چاپ اول.

۱۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۵. روش اندازه گیری پایداری روغن ها و چربی های خوراکی در برابر اکسید شدن. استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳٤.

١٤. میراحمدی، ف.، فاطمی، ح. و سحری، م.ع. ١٣٨٤. اثر عصاره برگ سبز چای در جلوگیری از اکسیداسیون روغن آفتابگردان. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، دوره ۲، شماره٤، ۷۰-٦١.

۱۵. یزدان پناه، ص.، ارجمند، پ.، پورآذرنگ، ه.، محمدی جعفری، م. ۱۳۸۸ . بررسی مقاومت حرارتی عصاره آنتی اکسیدانی پوست خارجی انار در روغن آفتاب گردان. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال سیزدهم، شماره ٤٧.

16. AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists' Society. 5th Edition, Methods Cd 1d -92, Cd 3 -25, Cc 10 - 95, Cc 7- 25, Ce 1b-89, Cd 18-90, Ca 5a-40, Cd 12-57, Cc 13i – 96 and Ca 12- 55, AOCS Press, Champaign.
17. Bouaziz, M., Fki, I., Jemai, H., Ayadi, M., and Sayadi, S. 2008. Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108: 253–262.
18. Casal, S., Malheiro, R., Sendas, A., Oliveira, B. P. P. and Pereira, J. A. 2010. Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2972–2979.
19. Chung, J., Lee, J. and Choe, E. 2004. Oxidative Stability of Soybean and Sesame Oil Mixture during Frying of Flour Dough. *Journal of Food Science*, 69(7): 574-578.
20. Decker, E.A. 2005. Antioxidant mechanisms. In: Akoh CC, Min DB, editors. Food lipids. New York: Marcel Dekker. p 517–42.
21. Dieffenbacher, A. and Pocklington, W. D. 1987. Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. International Union of Pure and Applied Chemistry. Oxford: Blackw.
22. Farhoosh, R., Kenari, R.E. and Poorazrang, H. 2009. Frying stability of canola oil blended with palm olein, olive, and corn oils. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 86(1): 71-76.
23. Ghavami, M., Gharachorloo, M. and Mahasti, P. 2003. The effect of refining operations on the qualitative properties of soyabean oil. *Journal of Agricultural Science*, 9 (3),42–51.
24. Haumann, B.F. 1994. Antioxidants: Health implications still debated. INFORM 54242-52.
25. Heidari, S., Akrami, H. and Mahdiuni, H. 2012. Study of Chemopreventive activity of ethanolic extract of *Ferulago angulata* leaves. *Clinical Biochemistry*,44(13,Supplement), S339.
26. Hokmollahi, F. 2010. Collection, identification and culture of medicinal fungi phellinus from Iran and study of phytochemical antibacterial and antioxidant effects. Shahid Beheshti University. Faculty of Biosciences. MSC Thesis.
27. Iqbal, I. and Bhanger, M.I. 2007. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, 100: 246–254.
28. Johnson, J.J., Meyer, R.F., Krall,J.M, Shroyer, J.P., Schlegel, A.J., Falk, J.S. and Lee,C.D. 2009. Agronomic Practices. pp. 1-4. In High Plains Sunflower Production Handbook. MF-2384. Kansas State Univ., Manhattan, KS. http://www.ksre.ksu.edu/library/crpsl2 / mf 2384.pdf.
29. Kamkar, A., Jebelli Javan, A., Asadi, F. and Kamalinejad, M., 2010. The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food and Chemical Toxicology*, 48:1796-1800.

30. Khanahmadi,M., Shahrezaei,F. and Alizadeh,A. 2011. Isolation and Structural Elucidation of Two Flavonoids from *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss. *Asian Journal of Research Chemistry*,11: 1667- 1670.
31. Matthaus, B. 2006. Utilization of high oleic rapeseed oil for deep fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. European *Journal of Lipid Science and Technology*,108(3): 200-211.
32. Mirzaghai, S., Akrami, H., Mansouri, K. and Fallahi, H. 2011. Anti-angiogenic activity of ethanol extracts of *Ferulago angulata* leaves. *Clinical Biochemistry*,44(13,Supplement), S115.
33. Nasir, M., Butt, M.S., Anjum, F.M., Jamil, A. and Ahmad, I. 2009. Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. International *Journal of Agriculture and Biology*,11: 311-315.
34. Oktaya, M., Gulcin,O. and Kufreviog, I. 2003. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. *Lebensmittel-Wissenschaft and-Technologie*,36(2): 263-271.
35. Popovich, K.M. 2008. The Influence of Natural Antioxidants on the Oxidative Stability of Iodine-Fortified Sunflower Oil in the Process of Storage. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*,44(5):415-421.
36. Singh, G., Maurya, S. and Delampasona, M.P. 2007. A comparison of chemical antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food and Chemical Toxicology*,45:1650-1661.
37. Suja, K. P., Jayalekshmy, A., and Arumughan, C. (2004). Free radical scavenging behavior of antioxidant compounds of sesame (*Sesamum indicum L.*) in DPPH system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,52:912–915.
38. Taran, M., Ghasempour, H. R. and Shirinpour, E. 2010. Antimicrobial activity of essential oils of *Ferulago angulata subsp. carduchorum*. Jundishapur. *Journal of Microbiology*, 3(1):11-14.

(Original Research Paper)

Antioxidant Effect of Essence and Extract of Chovil (*ferulago angulate*) on Chemical Properties and Heat Stability of Sunflower Oil

Bina Moradi[1], Parviz Bashiri[2], Abdolreza Aghajani[3*]

1-Department of Food Science and Technology, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, Iran.
2- Department of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.
3- Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Received: 27/07/2018 Accepted:28/12/2019

Abstract

Due to undesirable effects of synthetic antioxidants, application of vegetable antioxidants to retard or prevent food oxidation especially oil-based foods is considered. In this study, antioxidant effect of essence and extract of chevil (*ferulago angulate*) for heat oxidation of sunflower oil was investigated. Effect of essence and extract of chevil on the stability of deodorized sunflower oil at three concentration (0.200,400ppm) by two extraction methods (alcoholic and aqueous extracts) and frying temperatures (160, 170, 180°c) as compared to synthetic tertiary buthyl hydroquinone (TBHQ) at 100ppm was studied. Peroxide index, tiobarbituric acid, anisidine totox acidity, and Rancimate stability (100°c) were evaluated. The lowest peroxide value, acidity, anisidine value, totox value and tiobarbituric acid was found for 400ppm and the lowest stability was reported for control sample. The highest peroxide, anisidine and totux values, and thiobarbituric acid were related to the control sample, while the sample containing chevil extract (200ppm) had the highest acidity. Chevil essence was better than its ethanolic essence. The best temperature for chemical properties was 160°c. The results demonstrated the positive effect of chevil essence on the stability of sunflower oil and it's priority over synthetic antioxidants.

Keywords: Sunflower Oil, Natural Antioxidant, Chevil Essence, Heat Stability, Frying.

* Corresponding Author: Ab.aghajani@yahoo.com