

بررسی مقایسه‌ای پایداری اکسیداتیو، عدد پراکسید، عدد یدی با نوع، مقدار و فعالیت آنتی‌اکسیدان سنتزی استخراج شده از روغن‌های خوراکی

ژبلا شعبانی¹، لادن رشیدی*²، زهرا پیراوی ونک³، زهرا غلامی⁴

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی، گرایش شیمی مواد غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی، تهران
- 2- استادیار، سازمان ملی استاندارد ایران، پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، استان البرز
- 3- دانشیار، سازمان ملی استاندارد ایران، پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، استان البرز
- 4- کارشناس پژوهشی، سازمان ملی استاندارد ایران، پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، استان البرز

تاریخ پذیرش: 96/08/07

تاریخ دریافت: 95/08/01

چکیده

یکی از پرکاربردترین روش‌های افزایش ماندگاری روغن‌ها و چربی‌ها، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی است که افزودن بیش از حد مجاز این ترکیبات می‌تواند اثرات مخربی روی سلامتی افراد جامعه بگذارد. هدف از انجام این پژوهش تعیین مقادیر آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی با توجه به نوع عملکرد آن‌ها است. بنابراین، انواع روغن‌های خوراکی شامل: زیتون، کنجد، مخلوط، سرخ‌کردنی، سویا، کلزا و ذرت از بازار تهران خریداری شد. سپس مقدار و نوع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، عدد یدی، عدد پراکسید، پایداری اکسیداتیو و ترکیب اسیدهای چرب آن‌ها بر اساس روش‌های آزمون ذکر شده، به ترتیب، در استاندارد بین‌المللی AOCS Ce 6-86، و استانداردهای ملی به شماره‌های 4886، 4179، 3734، و 4090 اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌اکسیدان سنتزی استخراج شده از روغن‌های خوراکی نیز به روش DPPH اندازه‌گیری شد. پرکاربردترین آنتی‌اکسیدان سنتزی مصرفی در صنعت تولید روغن ایران ترشیاری بوتیل هیدروکینون (TBHQ) شناسایی شد. مقدار آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در اکثر روغن‌ها در حد مجاز تعیین شده در استاندارد ملی ایران به شماره 3608 بود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد پراکسید، مقاومت اکسیداتیو، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و عدد یدی در نمونه‌های روغن تحت بررسی با توجه به پروفایل اسیدهای چرب و مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی در آن‌ها، نمایانگر عملکرد مناسب آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده به آن‌ها بود. از سوی دیگر ارتباط مستقیم بین مقدار آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن و مقاومت و ارتباط معکوس با عدد پراکسید و یدی در نمونه‌های تحت بررسی مشاهده شد. همچنین نوع و میزان آنتی‌اکسیدان مندرج روی برچسب برخی از نمونه‌ها با نوع و میزان آنتی‌اکسیدان افزوده شده مغایر بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان سنتزی، اسیدهای چرب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، روغن‌ها و چربی‌ها، پایداری اکسیداتیو

*مسئول مکاتبات: L.rashidi@standard.ac.ir

1- مقدمه

برای سلامت مصرف کننده شوند. از این رو روش های متعددی برای سنجش میزان آنتی اکسیدان های سنتزی مورد استفاده در صنعت مواد غذایی به کار برده می شود که شامل: کروماتوگرافی گازی (19)، کروماتوگرافی مایع (24) ، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا⁸ (21) اسپکتروسکوپی (15) و ولتامتری (18) است. از میان روش های فوق روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، دارای بیشترین درصد بازیابی و قابلیت شناسایی هم زمان آنتی اکسیدان های مختلف در مواد غذایی می باشد. کنترل کیفیت روغن ها و چربی های خوراکی عرضه شده در بازار تهران با رویکرد تاثیر روغن های خوراکی روی سلامت جامعه یکی از وظایف اصلی سازمان ملی استاندارد ایران محسوب می شود. تاکنون پژوهشی در زمینه تعیین مقدار و نوع آنتی اکسیدان های سنتزی به کار برده شده در طیف گسترده ای از روغن های خوراکی عرضه شده در بازار تهران گزارش نشده است. همچنین پژوهش های اندکی در مورد ارزیابی پارامترهای موثر نمایانگر عملکرد آنتی اکسیدان سنتزی افزوده شده به روغن ها و چربی های خوراکی از قبیل: مقدار پایداری اکسیداتیو، عدد پراکسید، عدد دیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی اکسیدان افزوده شده به روغن های خوراکی انجام شده است. در پژوهشی که توسط فرخی و یاسینی در سال 1393 انجام شد، میزان سه پارامتر پایداری اکسیداتیو (به روش رنسیمت)، اسیدیته و پراکسید نمونه های روغن مایع مخلوط، سرخ کردنی، آفتابگردان، ذرت، کلزا، سویا، روغن مصرف خانوار (نباتی هیدروژنه) و روغن پالم اولئین مورد بررسی قرار گرفت (1). در این پژوهش، طیف وسیعی از روغن ها و چربی های خوراکی شامل: روغن سویا، کانولا، مخلوط، ذرت، سرخ کردنی، زیتون و کنجد، در بازه زمانی یک ماهه، از بازار تهران خریداری شد. با اندازه گیری عدد پراکسید، عدد یدی، پایداری اکسیداتیو و فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی اکسیدان های سنتزی استخراج شده از روغن های تحت بررسی، عملکرد

روغن ها و چربی ها نقش بسیار مهمی در تغذیه انسان دارند. اما این ترکیبات با واکنش در حضور حرارت، نور، رطوبت، هوا و مدت زمان طولانی نگهداری در معرض تخریب قرار می گیرند. مهم ترین فرآیند تخریب روغن ها و چربی ها، رخ دادن واکنش اکسیداسیون در آن ها است که موجب پلی مریزاسیون و تند شدن طعم روغن ها و چربی ها و در نهایت کاهش ارزش تغذیه ای، و خصوصیات کیفی فرآورده غذایی حاوی چربی و همچنین کاهش زمان ماندگاری و پایداری در آن ها می شود (22). پایداری اکسیداتیو روغن را می توان به وسیله افزودن آنتی اکسیدان ها به آن ها بهبود داد. روش های متعدد آزمایشگاهی برای بررسی پایداری اکسیداتیو و تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی اکسیدان های سنتزی و طبیعی در محصولات تولید شده در صنعت روغن گزارش شده است. اندازه گیری پایداری اکسیداتیو با استفاده از روش های رنسیمت¹، AOM² و OSI³ و اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از روش های DPPH⁴، FRAP⁵ و ABTS⁶ از جمله این روش ها است. همچنین با استفاده از دستگاه GC⁷ می توان نوع و ترکیب اسیدهای چرب را شناسایی نمود. آنتی اکسیدان ها به دو شکل طبیعی و سنتزی مورد استفاده قرار می گیرد. شکل سنتزی آنتی اکسیدان ها به دلیل ارزان قیمت بودن، اثرگذاری بالا همراه با به کارگیری مقادیر کم از آن، پایداری بیشتر در روغن ها و قابلیت نگهداری بالای آن ها، نسبت به نوع آنتی اکسیدان های طبیعی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. اما در صورتی که بیش از حد مجاز در نظر گرفته شده در استانداردهای ملی یا بین المللی به کار برده شوند، می توانند منجر به ایجاد آسیب های جدی

1-Rancimat

2-Active Oxygen Method

3-Oil Stability Index

4-2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

5-Ferric Reducing Ability of Potential

6-2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sul- phonic acid)

7-Gas Chromatography

1-High Performance Liquid Chromatography

2-3 اندازه گیری عدد پراکسید

عدد پراکسید مطابق با روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران به شماره 4179 اندازه گیری شد (9). برای هر نمونه آزمون اندازه گیری عدد پراکسید با سه تکرار انجام شد.

2-4 اندازه گیری پایداری اکسیداتیو نمونه‌های روغن با استفاده از دستگاه رنسیمت

اندازه گیری پایداری اکسیداتیو نمونه‌های روغن طبق روش بیان شده در استاندارد ملی ایران به شماره 3734 انجام شد (3). دستگاه رنسیمت (the 743 Rancimat instrument, Switzerland) برای اندازه گیری پایداری اکسیداتیو استفاده شد. سرعت جریان هوا 20 لیتر بر ساعت تنظیم شد. برای هر نمونه سه بار تکرار انجام شد.

2-5 اندازه گیری آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در نمونه‌های روغن و چربی

2-5-1 آماده سازی استاندارد آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی
برای تهیه محلول استاندارد آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی از روش ارائه شده در AOCS Ce 6-86 استفاده شد (17). برای تهیه محلول مرجع (1 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) از هریک از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، 50 میلی‌گرم از هر یک از آنتی‌اکسیدان‌های BHT، BHA، TBHQ و PG را در یک بالن حجمی 50 میلی‌لیتری با استفاده از حلال‌های استونیتریل و 2- پروپانول (1:1)، به طور جداگانه، به حجم رسانده و سپس محلول‌هایی با غلظت های 10، 20، 30، 40 و 50 میکروگرم بر میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های مرجع تهیه شد.

2-5-2 استخراج آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی از نمونه‌های روغن

برای استخراج آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی از روش AOCS Ce 6-86 استفاده شد (17). میزان تزریق محلول استخراج شده به دستگاه 20 میکرو لیتر بود. استخراج آنتی‌اکسیدان سنتزی از نمونه‌های روغن سه بار انجام شد.

آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی افزوده شده به روغن‌های خوراکی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین نوع و مقدار آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی افزوده شده به این روغن‌ها نیز شناسایی و اندازه‌گیری شد، تا با توجه به شناسایی نوع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی افزوده شده به نمونه‌های روغن، پرکاربردترین آنتی‌اکسیدان مصرفی در تولید روغن‌های خوراکی تعیین گردد و عملکرد و کیفیت این آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده، تعیین شود. از سوی دیگر با تعیین پروفایل اسیدهای چرب نمونه‌های روغن، علاوه بر کنترل خلوص روغن، اثر آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده با توجه به اشباعیت و غیر اشباعیت اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن مشخص شد. همچنین، نوع و میزان آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به کار برده شده در نمونه‌ها، با اطلاعات درج شده روی برچسب و مقدار مجاز مندرج در استاندارد ملی ایران مقایسه شد.

2- مواد و روش‌ها**2-1 نمونه برداری**

40 نمونه از روغن‌های خوراکی موجود در بازار، شامل: روغن‌های کنجد وزیتون تصفیه شده و بکر، سویا، کانولا، ذرت، مخلوط و سرخ کردنی برای انجام این پژوهش، در بازه زمانی یک ماهه از آذر ماه سال 1393، از سطح بازار تهران خریداری شد.

2-2 مواد لازم

استانداردهای مرجع BHT، BHA، TBHQ و PG با درصد خلوص بالا و مواد شیمیایی، 2- پروپانول، n- هگزان، اسید استیک گلاسیال، استونیتریل و متانول با درجه خلوص مناسب برای دستگاه HPLC، محلول هانوس، کلروفرم، یدید پتاسیم و چسب نشاسته از نمایندگی شرکت مرک در تهران (آلمان) خریداری شد. آب یون‌زدایی شده برای تهیه محلول‌های دستگاه HPLC استفاده شد.

2-5-3 شرایط دستگاه HPLC

دستگاه HPLC مورد استفاده مدل یانگ لین¹ 9100 ساخت کره جنوبی مجهز به آشکارساز UV بود. ستون مورد استفاده Athena C18-WP, 100A با مشخصات 4/6 میلی لیتر × 250 میلی متر × 5 میکرومتر بود. دو فاز متحرک A و B برای تعیین آنتی اکسیدان های سنتزی استخراج شده از نمونه ها استفاده شد. حلال A: آب یون زدایی شده و استیک اسید (5%) و حلال B: استونیتریل و استیک اسید (5%) بود. حلال های ذکر شده، قبل از مصرف با استفاده از صافی میلی پور صاف شده و توسط دستگاه فراصوت دهی هواگیری شدند. روش ایزوگرادیانت برای اندازه گیری آنتی اکسیدان ها به وسیله کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا به کار برده شد. به این ترتیب که ابتدا 30 درصد از حلال (B) با سرعت 2 میلی لیتر بر دقیقه به 100 درصد از حلال (B) طی 10 دقیقه خواهد رسید و به مدت زمان 4 دقیقه 100 درصد از حلال (B) در ستون جریان می یابد.

2-6 تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی اکسیدان های سنتزی موجود در محلول استخراج شده از نمونه ها

برای تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی اکسیدان های استخراج شده از نمونه های روغن، از روش DPPH شرح داده شده توسط رابرت و همکارانش استفاده شد (25). ابتدا 1/5 میلی لیتر از محلول متانولی 0/135 میلی مولار DPPH به 0/5 میلی لیتر از محلول استخراج شده حاوی آنتی اکسیدان اضافه شد. در ویال دیگری 0/5 میلی لیتر از شاهد (مراحل استخراج روی نمونه روغن آفتابگردان خام و بدون آنتی اکسیدان سنتزی انجام شد (شاهد)) به 1/5 میلی لیتر محلول متانولی DPPH (به عنوان نمونه کنترلی) اضافه شد. پس از آن که ویال ها به شدت (ادقیقه) تکان داده شدند، آن ها را به مدت نیم ساعت در تاریکی قرار داده، سپس جذب نمونه ها و کنترل های آن ها، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و با در نظر گرفتن شاهد، در طول موج 517 نانومتر خوانده شد.

جذب هر نمونه با سه تکرار خوانده شد. با استفاده از فرمول زیر میزان فعالیت آنتی اکسیدان محاسبه شد.

$$\text{جذب نمونه در } 517 \text{ نانومتر} - \text{جذب نمونه کنترل در } 517 \text{ نانومتر} \times 100 = \text{درصد فعالیت آنتی اکسیدانی جذب نمونه کنترل در } 517 \text{ نانومتر}$$

2-7-2 اندازه گیری اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه**GC در نمونه های روغن و چربی****2-7-1 تهیه میتل استرهای اسیدهای چرب از نمونه های****روغن و تزریق به دستگاه GC**

برای تهیه میتل استراسیدهای چرب از نمونه های روغن، از استاندارد ملی ایران شماره 2-13126 استفاده شد (8).

2-7-2 مشخصات دستگاه GC

دستگاه GC مورد استفاده برای آنالیز اسیدهای چرب نمونه ها، مدل DANI1000 ساخت کشور ایتالیا مجهز به آشکارساز FID² بود. ستون Cp-sil 88 به طول 100 متر، قطر 0/25 میلی متر و ضخامت 0/25 میکرومتر به کار برده شد. سرعت گاز هیدروژن 30 میلی لیتر بر دقیقه و سرعت هوا 300 میلی لیتر بر دقیقه تنظیم شد. دمای محل تزریق 270 درجه سلسیوس و دمای آشکارساز 300 درجه سلسیوس تنظیم گردید. گاز حامل مورد استفاده، نیتروژن با سرعت 4 میلی لیتر بر دقیقه در نظر گرفته شد. دمای آون در 175 درجه سلسیوس (برنامه هم دما) تنظیم شد.

2-8-2 اندازه گیری عدد یدی

برای تعیین عدد یدی از روش شرح داده شده در استاندارد ملی ایران به شماره 4886 استفاده شد (10).

2-9-2 تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات سه بار تکرار شده و نتایج به صورت میانگین و انحراف معیار استاندارد بیان شدند. اختلاف بین داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آنالیز واریانس تک سویه (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در نتیجه میزان $p \text{ value} < 0/05$ به دست آمد. نتایج حاصل از آنالیز

1- Flame Ionization detector

Yung Lin

بررسی تنها برای نمونه‌های روغن مخلوط، سرخ کردنی، ذرت و سویا در استاندارد ملی ایران حد مجاز پایداری اکسیداتیو تعیین شده بود. حداقل پایداری اکسیداتیو برای روغن مخلوط، سرخ کردنی، سویا و ذرت، به ترتیب، 12، 15، 6 و 9 ساعت تعیین شده است (4،6،7،12). نمونه‌های روغن مخلوط با کدهای 5، 6، 8، 9 و 10، سرخ کردنی با کدهای 6 و 7 و ذرت کد 3 دارای پایداری اکسیداتیو کمتر از حد تعیین شده در استانداردهای ملی مربوط به آن‌ها بودند. میزان آنتی‌اکسیدان سنتزی استخراج شده از نمونه‌ها، با توجه به استاندارد ملی ایران به شماره 3608، به جز نمونه‌های روغن مخلوط با کد 10، سرخ کردنی با کد 2 و زیتون با کد 2، در حد مجاز قرار داشتند. مقدار نوع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در نمونه‌های روغن مخلوط کدهای 2، 4، 9 و 10، ذرت کدهای 2 و 1، سرخ کردنی کدهای 2 و 3، کانولا کدهای 1، 3، 6 و سویا کد 4، با میزان و نوع آنتی‌اکسیدان نوشته شده روی برچسب آن‌ها مطابقت نداشتند. برای نمونه ذرت کد 2 بر روی برچسب نوع و میزان آنتی‌اکسیدان درج نشده بود، در حالی که نمونه فوق حاوی آنتی‌اکسیدان بود. در استانداردهای ملی ایران حد مجازی برای مقدار عدد یدی در روغن‌های مخلوط، سرخ کردنی و زیتون آورده نشده است، اما مقدار عدد یدی سایر نمونه‌ها به جز روغن‌های کانولا با کدهای 8، 7، 2 و 1 در حد مجاز ارائه شده در استانداردهای ملی مربوط به آن‌ها بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی استخراج شده از نمونه‌های روغنی که به منظور تعیین کیفیت و عملکرد این آنتی‌اکسیدان‌ها اندازه‌گیری شده بود، نمایانگر ارتباط مستقیم فعالیت اندازه‌گیری شده با مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی استخراج شده از نمونه‌ها بود. با بررسی نتایج آورده شده در جدول 3، می‌توان دریافت که در روغن‌های سرخ کردنی مقدار اسید پالمیتیک بالاتر از سایر روغن‌ها بود، در حالی که اسید اولئیک در روغن زیتون و کانولا و اسید لینولنیک در سویا، اسید لینولنیک در روغن‌های مخلوط، کنجد و ذرت شاخص‌تر از

ANOVA نشان می‌دهد که بین همه داده‌های به دست آمده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نرم افزار اکسل برای رسم شکل‌ها استفاده شد.

3-نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای نمایانگر عملکرد آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده شامل: عدد پراکسید، عدد یدی، پایداری اکسیداتیو، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برای نمونه‌های مورد آزمون به صورت میانگین با احتساب انحراف معیار استاندارد آن‌ها در جدول 1 آورده شده است. همچنین نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری مقدار و تعیین نوع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در نمونه‌های روغن تحت بررسی برای مقایسه با نوع و مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی نوشته شده روی برچسب آن‌ها در جدول 2 آورده شده است. پروفایل اسیدهای چرب نمونه‌های روغن مورد بررسی نیز در جدول 3 ارائه شده است. لازم به ذکر است که ترتیب قرارگیری نمونه‌های روغن در جدول‌های 1 و 2 و 3 براساس نزدیک شدن به تاریخ انقضاء آن‌ها است (یعنی نمونه‌های ابتدایی به تاریخ تولید و نمونه‌های انتهایی به تاریخ انقضاء خود نزدیک بودند). نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌ها با حدود مجاز داده شده در استانداردهای ملی مربوط به آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده، روغن‌های مورد آزمون از نظر مقدار عدد پراکسید در حد مجاز قرار داشتند. مقدار عدد پراکسید اندازه‌گیری شده در نمونه‌های روغن زیتون و کنجد بکر بیشتر و برای روغن‌های مخلوط و سرخ کردنی کمتر از دیگر روغن‌های مورد آزمون بود، زیرا در فرمولاسیون روغن‌های سرخ کردنی از روغن پالم و در فرمولاسیون روغن مخلوط نیز از اختلاط چند روغن مانند کانولا، آفتابگردان یا پالم استفاده می‌شود. در مورد این دو نوع روغن بهتر است تا فرمولاسیون روغن به گونه‌ای تنظیم شود که پایداری اکسیداتیو افزایش یابد و در نتیجه نیاز به استفاده از مقادیر اندکی از آنتی‌اکسیدان سنتزی باشد. از میان نمونه‌های مورد

بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی بوده، به طوری که این مقدار از حد مجاز تعیین شده در استاندارد ملی به شماره 5990 بیشتر بود (7)، و مقدار عدد پراکسید آن بالا و پایداری اکسیداتیو آن نیز کم بود، همچنین کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز به همین نمونه تعلق داشت. دلیل این امر را می‌توان به کیفیت پایین آنتی‌اکسیدان های TBHQ و BHA افزوده شده و غیرفعال بودن آن‌ها نسبت داد. در روغن‌های مخلوط (کد 2) و ذرت (کد 1) نیز از ترکیب این دو آنتی‌اکسیدان به مقدار بسیار کمتری استفاده شده بود، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده در این روغن‌ها بیشتر بود. از سوی دیگر می‌توان دلیل بالا بودن پایداری اکسیداتیو روغن‌های کنجد را به وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی سزامول و سزامولین در این روغن‌ها نسبت داد. این ترکیبات حتی بسته به شرایط فرآوری در محصول نهایی نیز تا حدودی باقی می‌مانند. دو آنتی‌اکسیدان سزامول و سزامولین در کروماتوگرام حاصل از دستگاه HPLC برای نمونه کنجد فرآوری شده (کد 2) کمتر از روغن‌های کنجد بکر (کدهای 1 و 3) بود. همچنین دو نمونه کنجد (کدهای 1 و 3) در مقایسه با کنجد (کد 2) عدد پراکسید کمتر و پایداری اکسیداتیو بیشتری داشتند، که دلیل آن را می‌توان به وجود مقادیر بالای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی سزامول و سزامولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن‌ها نسبت به نمونه روغن کنجد (کد 2) نسبت داد. میزان اسید چرب لینولنیک زیاد در روغن‌های سویا دلیل اصلی پایین بودن پایداری اکسیداتیو و بالا بودن عدد پراکسید در آن‌ها نسبت به سه نمونه دیگر بود، زیرا ثابت شده است، حرارت دهی روغن سبب کاهش سریع اسیدهای چرب چندغیراشباع نسبت به اسیدهای چرب با غیراشباعیت کمتر و همچنین اسیدهای چرب اشباع می‌شود (2). در تحقیقی که در سال 2003 توسط انوار و همکارانش انجام شد، پایداری اکسیداتیو روغن‌های سویا، کلزا، پالم، کره، مارگارین و شورتینگ به وسیله رنسیمت و روش اکسیژن فعال اندازه‌گیری شد و مشخص شد که روغن‌های

سایر اسیدهای چرب موجود در روغن‌های دیگر بود. اسید چرب استئاریک در روغن‌های سویا، کنجد، مخلوط و سرخ کردنی نسبت به سایر روغن‌های مورد آزمون بیشتر بود. در بین نمونه‌ها، نمونه کنجد کد 1 از نظر میزان اسیدهای چرب لینولنیک و لینولنیک، نمونه کنجد کد 2 از نظر میزان اسیدهای چرب استئاریک و لینولنیک، نمونه کنجد کد 3 از نظر میزان اسیدهای چرب پالمیک و لینولنیک، نمونه کانولا کد 1 از نظر میزان اسیدهای چرب پالمیک، استئاریک، اولئیک، لینولنیک و لینولنیک و نمونه‌های کانولا کدهای 2، 3 و 4 از نظر اسید چرب لینولنیک، نمونه‌های سویا کدهای 1 و 2 از نظر میزان اسید چرب استئاریک، نمونه سویا کد 4 از نظر اسید چرب لینولنیک، روغن زیتون کد 1 از نظر میزان اسید چرب پالمیک و لینولنیک و روغن زیتون کد 5 از نظر میزان اسید چرب لینولنیک و اولئیک با مقادیر اظهار شده در استانداردهای ملی به شماره‌های 1752 (ویژگی‌های روغن کنجد)، 4935 (ویژگی‌های روغن کلزا(کانولا))، 2392 (ویژگی‌های روغن سویا) و 1446 (ویژگی‌های روغن زیتون) مغایرت داشتند (5، 11، 12، 13). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که در اکثر روغن‌های مورد بررسی با نزدیک شدن به تاریخ انقضاء نمونه، مقادیر عدد پراکسید افزایش و پایداری اکسیداتیو و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. از آنجایی که بیشترین میزان اسید چرب در روغن‌های مخلوط، سویا، ذرت و کنجد اسید لینولنیک بود، خصوصیات کیفیتی این نمونه‌ها در مقایسه با یکدیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. پایداری اکسیداتیو مربوط به روغن‌های مخلوط و کنجد بیشتر از ذرت و سویا بود. علت این موضوع را می‌توان به چند عامل نسبت داد، اول آنکه مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده به روغن‌های مخلوط در مقایسه با روغن‌های کنجد، سویا و ذرت بیشتر بود و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به دست آمده از این روغن‌ها با مقدار آنتی‌اکسیدان استخراج شده از این نمونه‌ها رابطه مستقیم داشت. البته در بین نمونه‌ها، روغن مخلوط (کد 10) دارای

(زیتون و کانولا) کمتر بود. این امر به محتوای بیشتر اسید چرب لینولئیک و لینولنیک روغن کانولا بستگی دارد. همچنین روغن کانولای کد 8 به تاریخ انقضاء خود نزدیکتر از سایر روغن‌های زیتون یا کانولا بود. به جز روغن زیتون کد 2 که به شکل تصفیه شده تهیه شده و دارای آنتی‌اکسیدان سنتزی بود، سایر نمونه‌های زیتون بکر بوده و فاقد آنتی‌اکسیدان سنتزی بودند. روغن زیتون حاوی توکوفرولها، کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی به نام پلی فنول است که این ترکیبات پلی فنولی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند. مقاومت بالای روغن زیتون بکر بدون افزودن آنتی‌اکسیدان سنتزی به همین دلیل است. وجود مقدار زیاد اسیدچرب اولئیک که در مقابل اکسیداسیون به مراتب مقاوم‌تر از اسیدهای چرب دارای چند پیوند غیراشباع (مانند لینولئیک و لینولنیک) است، موجب پایداری نسبتاً خوب روغن زیتون در برابر حرارت می‌شود. نمونه‌های روغن زیتون بکر کدهای 1، 3، 4، و 5 بدون آنتی‌اکسیدان سنتزی بودند، ولی به دلیل وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در ساختارشان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقاومت بیشتر و همچنین عدد پراکسید کمتری نسبت به نمونه روغن زیتون تصفیه شده کد 2 (که دارای آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ بود) داشتند. دلیل این امر می‌تواند به از بین رفتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی طی فرآیند تصفیه و ناپایداری آنتی‌اکسیدان سنتزی مصرفی نسبت داده شود. در روغن‌های زیتون تنها آنتی‌اکسیدان سنتزی مجاز برای افزوده شدن به روغن، توکوفرول بود و استفاده از سایر آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی طبق استاندارد ویژگی‌های روغن زیتون به شماره 1446 غیرمجاز اعلام شده است. اما طبق نتایج به دست آمده مشاهده شد که در روغن زیتون کد 2 از آنتی‌اکسیدان TBHQ استفاده شده بود و روی برچسب آن عبارت "حاوی آنتی‌اکسیدان مطابق با استاندارد ملی 1446" درج شده بود. بیشترین آنتی‌اکسیدان سنتزی مصرفی در نمونه‌های مورد بررسی TBHQ بود.

حاوی اسیدپالمیتیک و اولئیک بالا، در برابر اکسیداسیون پایداری بالاتری دارند، در حالی که روغن‌های حاوی اسید لینولئیک بیشتر به اکسیداسیون حساس‌تر بودند. در این تحقیق شورتینگ‌ها پایدارترین و روغن سویا ناپایدارترین نمونه معرفی شدند (16، 14). با افزایش پیوندهای دوگانه در روغن‌های دارای عدد یدی بالا، نقاط فعال برای اکسیداسیون افزایش یافته که منجر به افزایش پراکسید و کاهش پایداری اکسیداتیو در نمونه‌های تحت بررسی شد. در این روغن‌ها بیشترین آنتی‌اکسیدان مصرفی TBHQ بود. روغن‌های سرخ کردنی نسبت به سایر روغن‌های مایع تحت بررسی دارای بیشترین مقدار اسیدهای چرب اشباع، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو و کمترین مقدار عدد پراکسید بودند. روغن سرخ کردنی (کد 2) بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی را در بین روغن‌های سرخ کردنی داشت که حتی از حد مجاز در نظر گرفته در استاندارد ملی 4152 بیشتر بود (6)، در نتیجه مقدار عدد پراکسید پایین و پایداری اکسیداتیو و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن بالاتر از دیگر روغن‌های سرخ کردنی بود. TBHQ پرکاربردترین آنتی‌اکسیدان سنتزی مصرف شده در روغن‌های سرخ کردنی بود که دلیل آنرا می‌توان به مقدار بالای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پایداری حرارتی و همچنین کارایی بسیار مناسب این آنتی‌اکسیدان در روغن‌های غیر اشباع نسبت داد (23). بیشترین میزان اسید چرب اولئیک در روغن‌های کانولا و زیتون وجود دارد که البته مقدار اسید چرب اولئیک و مجموع اسیدهای چرب اشباع در روغن زیتون بیش از روغن کانولا است، لذا عدد یدی در روغن‌های زیتون کمتر از روغن‌های کانولا بود. اما به دلیل آن‌که در روغن‌های زیتون آنتی‌اکسیدان سنتزی استفاده نشده بود، عدد پراکسید بالاتر و پایداری اکسیداتیو کمتر از روغن‌های کانولا به دست آمد. در نمونه روغن کانولا (کد 8) که فاقد آنتی‌اکسیدان سنتزی بود، مشاهده شد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو نسبت به دیگر روغن‌ها

جدول 1- نتایج حاصل از بررسی مقایسه‌ای اندازه‌گیری عدد پراکسید، پایداری اکسیداتیو، عدد یدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی روی

روغن‌های خریداری شده از بازار

نمونه	کد	عدد پراکسید (meq O ₂ /kg oil)		پایداری اکسیداتیو (h)		عدد یدی (g I ₂ /100g oil)		فعالیت آنتی‌اکسیدان (%)	
		انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
روغن مخلوط	1	0/60	0	18/52	0/03	129/95	0/18	54/26	0/03
روغن مخلوط	2	0/80	0/05	13/43	0/18	131/15	0/98	51/75	0/02
روغن مخلوط	3	0/88	0/02	13/77	0/16	130/18	0/99	53/56	0/05
روغن مخلوط	4	0/92	0/012	13/12	0/31	132/00	0/80	51/83	0/03
روغن مخلوط	5	0/94	0	11/52	0/19	133/73	0/57	49/47	0/02
روغن مخلوط	6	0/96	0/01	8/66	0/29	134/53	0/62	48/68	0/03
روغن مخلوط	7	1/02	0/025	12/65	0/21	133/22	0/71	44/75	0/02
روغن مخلوط	8	1/23	0/05	10/54	0/43	133/27	0/30	39/17	0/01
روغن مخلوط	9	1/25	0/02	6/74	0/24	134/78	1/49	31/62	0/02
روغن مخلوط	10	1/36	0/05	6/63	0/39	135/32	0/64	20/12	0/04
روغن ذرت	1	1/81	0/08	13/00	0/19	120/50	0/53	38/82	0/01
روغن ذرت	2	2/01	0/02	11/11	0/88	121/58	0/48	36/08	0/01
روغن ذرت	3	2/41	0/09	5/33	0/21	130/76	0/52	31/98	0/05
روغن سویا	1	1/81	0/08	14/10	0/12	125/53	0/57	51/91	0/03
روغن سویا	2	2/01	0/02	12/52	0/07	124/73	0/50	49/42	0/02
روغن سویا	3	2/41	0/09	11/34	0/79	126/17	0/22	36/67	0/02
روغن سویا	4	2/66	0/17	7/78	0/22	125/00	0/62	23/35	0/03
روغن کنجد	1	3/06	0/14	18/52	0/07	110/07	0/58	37/26	0/02
روغن کنجد	2	3/66	0/17	8/78	0/22	116/89	0/62	28/56	0/03
روغن کنجد	3	1/90	0/09	15/15	0/21	111/5	0/52	31/98	0/05
روغن سرخ کردنی	1	0/53	0/02	28/00	0/09	95/53	0/21	59/79	0/03
روغن سرخ کردنی	2	0/64	0/047	28/12	0/032	95/78	0/43	54/88	0/07
روغن سرخ کردنی	3	0/72	0/01	28/55	0/43	100/24	0/05	58/95	0/02
روغن سرخ کردنی	4	0/73	0/04	25/72	0/28	108/06	0/81	49/31	0/03
روغن سرخ کردنی	5	1/04	0/04	16/79	0/03	113/90	0/05	38/82	0/02
روغن سرخ کردنی	6	1/01	0/02	13/83	0/22	111/83	0/19	25/25	0/02
روغن سرخ کردنی	7	1/10	0/01	13/24	0/28	114/23	0/65	21/16	0/07
روغن کانولا	1	0/95	0/06	20/30	0/20	108/95	0/50	59/16	0/03
روغن کانولا	2	1/20	0/03	21/32	0/06	106/77	0/57	43/68	0/05
روغن کانولا	3	1/24	0/01	17/41	0/30	110/07	0/67	31/10	0/07
روغن کانولا	4	1/20	0/01	16/27	0/44	110/63	0/61	42/17	0/01
روغن کانولا	5	1/32	0	13/06	0/23	113/36	0/88	35/47	0/05
روغن کانولا	6	1/68	0/16	13/18	0/40	115/06	0/53	56/73	0/04
روغن کانولا	7	2/24	0/11	9/21	0/11	109/10	0/30	26/00	0/02
روغن کانولا	8	2/33	0/09	7/50	0/01	104/31	0/09	20/55	0/02
روغن زیتون	1	3/15	0/07	12/15	0/63	78/39	0/49	33/43	0/04
روغن زیتون	2	3/56	0/149	7/64	0/12	79/51	0/23	26/86	0/06
روغن زیتون	3	3/42	0/12	8/13	0/30	80/87	0/26	28/01	0/01
روغن زیتون	4	2/09	0/12	12/11	0/22	78/70	0/03	31/30	0/01
روغن زیتون	5	3/21	0/11	10/19	0/09	82/60	0/12	42/22	0/19

جدول 2- نتایج بررسی نوع و مقدار آنتی‌اکسیدان سنتزی تعیین شده به وسیله دستگاه HPLC و مندرج روی برجسب کلای خریداری شده از بازار

نمونه	کد	مقدار آنتی‌اکسیدان (mg/kg)	انحراف معیار	نوع آنتی‌اکسیدان سنتزی شناسایی شده	نوع-مقدار آنتی‌اکسیدان نوشته شده روی برجسب (mg/kg)
روغن مخلوط	1	69/77	0/07	TBHQ	۱۰۰-(TBHQ)
روغن مخلوط	2	52/07	0/61	TBHQ+ BHA	۱۰۰-(TBHQ ,PG ,BHT)
روغن مخلوط	3	79/93	0/20	TBHQ	۱۲۰-(TBHQ)
روغن مخلوط	4	37/44	0/17	BHT	۱۲۰-(TBHQ)
روغن مخلوط	5	70/63	0/12	TBHQ	نامشخص-۱۰۰
روغن مخلوط	6	52/59	0/10	TBHQ	نامشخص-طبق استاندارد ملی
روغن مخلوط	7	46/516	0/19	TBHQ+ BHA+PG+BHT	نامشخص-۱۰۰
روغن مخلوط	8	26/91	0/28	TBHQ +PG	نامشخص-۱۰۰
روغن مخلوط	9	21/29	0/65	TBHQ+ BHA	۱۳۰-(TBHQ)
روغن مخلوط	10	442/87	0/23	TBHQ+ BHA	۱۰۰-(TBHQ)
روغن ذرت	1	70/55	0/30	TBHQ+ BHA	۱۰۰-(TBHQ)
روغن ذرت	2	21/20	0/07	TBHQ	-
روغن ذرت	3	36/96	0/42	TBHQ	۱۰۰-(TBHQ)
روغن سویا	1	49/72	0/47	TBHQ	۱۰۰-(TBHQ)
روغن سویا	2	34/73	0/79	TBHQ	۱۰۰-(TBHQ)
روغن سویا	3	18/95	0/34	TBHQ	۱۲۰-(PG, TBHQ)
روغن سویا	4	145/12	0/22	TBHQ+ BHA+PG	۱۰۰-(TBHQ)
روغن کنجد	1	0	0	-	-
روغن کنجد	2	106/42	0/12	TBHQ+ BHA+PG	طبق استاندارد
روغن کنجد	3	0	0	-	-
روغن سرخ	1	68/88	0/12	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	2	1567/30	0/14	TBHQ+ BHA +BHT	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	3	64/18	0/22	TBHQ +PG	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	4	20/50	0/12	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	5	36/52	0/09	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	6	39/03	0/21	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن سرخ کردنی	7	28/94	0/34	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن کانولا	1	66/50	0/22	TBHQ+ BHA	100(TBHQ)
روغن کانولا	2	45/03	0/13	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن کانولا	3	31/39	0/07	TBHQ+ BHA	120-(TBHQ)
روغن کانولا	4	17/83	0/25	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن کانولا	5	36/06	0/13	TBHQ	100-(TBHQ)
روغن کانولا	6	15/41	0/41	TBHQ+ BHA	100-(TBHQ)
روغن کانولا	7	5/95	0/09	BHA	BHA+BHT - نامعلوم
روغن کانولا	8	0	0	-	-
روغن زیتون	1	0	0	-	-
روغن زیتون	2	29/32	0	TBHQ	طبق استاندارد-نامشخص 1446
روغن زیتون	3	0	0	-	-
روغن زیتون	4	0	0	-	-
روغن زیتون	5	0	0	-	-

جدول 3- نتایج حاصل از آنالیز پروفایل اسیدهای چرب روغن های خریداری شده از بازار

اسید پالمیتیک (%)	اسید استئاریک (%)	اسید اولئیک (%)	اسید لینولئیک (%)	اسید لینولئیک (%)	اسید لینولئیک (%)	کد	نمونه
11/5±0/09	6/6±0/08	23/1±0/22	56/7±0/21	2/7±0/11	0/1±0/09	1	روغن مخلوط
11/4±0/11	6/5±0/02	24/6±0/17	56/7±0/33	2/9±0/13	0/1±0/06	2	روغن مخلوط
10/7±0/21	6/3±0/04	24/4±0/13	55/7±0/15	2/3±0/21	0/1±0/03	3	روغن مخلوط
10/2±0/08	6/1±0/05	23/9±0/12	55/5±0/12	3/3±0/12	-	4	روغن مخلوط
10/1±0/22	6/0±0/08	24/6±0/42	55/3±0/13	3/4 ±0/14	-	5	روغن مخلوط
9/6±0/12	6/1±0/07	25/6±0/09	54/2±0/27	3/6±0/22	0/1±0/09	6	روغن مخلوط
8/8±0/13	5/4±0/11	25/7±0/11	54/8±0/29	3/7±0/12	0/1±0/05	7	روغن مخلوط
9/6±0/09	5/3±0/1	24/7±0/09	53/5± 0/09	3/6±0/22	0/2±0/04	8	روغن مخلوط
7/1±0/14	3/2± 0/23	24/6 ±0/22	54/1±0/09	5/1±0/03	-	9	روغن مخلوط
8/1±0/14	4/1 ±0/12	24/2 ±0/17	53/1±0/32	5/1±0/01	-	10	روغن مخلوط
12/9±0/04	2/9 ±0/08	31/3 ±0/08	53/8±0/08	1/3±0/10	0/6±0/12	1	روغن ذرت
13/1±0/09	2/2 ± 0/09	29/2 ±0/08	54/1± 0/1	1/1± 0/08	0/6±0/07	2	روغن ذرت
11/9±0/08	1/65± 0/08	27/1±0/1	59/5±0/06	1/9±0/3	0/34±0/6	3	روغن ذرت
10/3±0/19	6/6± 0/17	27/1± 0/02	51/4± 0/12	7/2± 0/22	0/4±0/15	1	روغن سویا
8/4±0/02	5/9± 0/12	26/6± 0/22	51/0±0/16	7/8± 0/19	-	2	روغن سویا
9/2±0/14	5/1± 0/11	28/0± 0/02	49/2± 0/11	8/0± 0/32	0/2± 0/02	3	روغن سویا
8/1±0/19	4/6± 0/17	28/1± 0/02	48/4± 0/12	9/2± 0/22	0/3±0/15	4	روغن سویا
10± 0/12	5/4± 0/11	37/7± 0/21	49/4± 0/04	0/2± 0/11	0/3±0/09	1	روغن کنجد
9/3±0/19	4/7± 0/13	39/9± 0/21	46/2± 0/01	0/2± 0/04	0/3± 0/08	2	روغن کنجد
12/5± 0/12	5/6± 0/11	36/7± 0/21	45/4± 0/04	0/25±0/11	0/6±0/09	3	روغن کنجد
29/7±0/05	4/5±0/11	23/9±0/22	34/4±0/21	3/3±0/11	-	1	روغن سرخ
29/1±0/02	5/0±0/4	40/6±0/4	26/3±0/9	0/40±0/3	-	2	روغن سرخ کردنی
27/6±0/2	5/4±0/12	39/6±0/42	25/2±0/12	2/2±0/13	-	3	روغن سرخ کردنی
30/5±0/11	4/6±0/11	34/7±0/22	26/2±0/12	3/8±0/22	0/5±0/09	4	روغن سرخ کردنی
24/4±0/12	4/4± 0/1	34/7±0/22	30/1± 0/11	2/2±0/12	0/3±0/07	5	روغن سرخ کردنی
14/8±0/21	4/4±0/12	35/8±0/8	34/7±0/09	3/7±0/4	0/8±0/02	6	روغن سرخ کردنی
15/6±0/10	3/3 ± 0/09	36/7±0/2	30/0±0/11	3/2±0/22	0/2±0/04	7	روغن سرخ کردنی
16/7±0/11	5/5±0/07	34/9±0/1	35/0±0/11	3/2±0/22	-	1	روغن کانولا
6/1±0/14	2/5± 0/23	53/3 ±0/22	20/5 ±0/09	5/8±0/03	0/2±0/07	2	روغن کانولا
5/6±0/14	2/4 ±0/12	56/7 ±0/17	23/8 ±0/32	5/3±0/01	0/5 ±0/09	3	روغن کانولا
5/3±0/14	2/5±0/21	57/5±0/08	23/3±0/17	6/2±0/05	0/2±0/03	4	روغن کانولا
5/2±0/14	2/26±0/18	58/6 ±0/09	23/2 ±0/12	6/4± 0/12	0/4± 0/01	5	روغن کانولا
4/3±0/19	2/3± 0/17	61/1± 0/02	19/4± 0/12	7/3± 0/22	0/4±0/15	6	روغن کانولا
4/4±0/02	1/9± 0/12	64/6± 0/22	19/0±0/16	7/8± 0/19	-	7	روغن کانولا
5/5±0/14	1/3± 0/11	59/0± 0/02	21/2±0/11	8/5± 0/32	0/9± 0/02	8	روغن کانولا
4/6±0/14	2/5± 0/23	64/3 ±0/22	17/5 ±0/09	6/8±0/03	0/2±0/07	1	روغن زیتون
14/1±0/09	4/0±0/21	70/3±0/08	15/3±0/12	0/5±0/03	0/7±0/09	2	روغن زیتون
12/7±0/12	3/5±0/14	73/5±0/06	8/4±0/23	6±0/05	روغن زیتون	3	روغن زیتون
12/0±0/13	3/7±0/17	70/6±0/11	10/6±0/23	0/6±0/06	روغن زیتون	4	روغن زیتون
10/0±0/13	3/3±0/17	53/6±0/11	25/6±0/23	0/6±0/06	روغن زیتون	5	روغن زیتون

4- سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات کارشناسان آزمایشگاه روغن سازمان استاندارد ایران به ویژه سرکارخانم مهندس نانوازاده و سرکار خانم مهندس غلامی تشکر به عمل می‌آید.

5- مراجع

1. فرخی، ه. و یاسینی، س. ع. 1393. ارزیابی پایداری اکسیداتیو در روغن های گیاهی تولید شده در ایران با روش رنسیمت. اولین همایش ملی میان وعده های غذایی، مشهد مقدس، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاددانشگاهی مشهد.
2. محمدی، ت. حاتمی، م. میرزایی سیس آباد، ی. هوشیاری، ع. و نجاتیان، م. 1393. فرمولاسیون روغن مایع مخلوط حاوی روغنهای کانولا و کنجد بدون آنتی اکسیدان سنتزی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، جلد 9، شماره 3، 92-83.
3. سازمان ملی استاندارد ایران، 1385. روش اندازه گیری پایداری روغنها و چربیهای خوراکی در برابر اکسید شدن. استاندارد ملی ایران، شماره 3734، تجدید نظر اول.
4. سازمان ملی استاندارد ایران، 1389. روغن ذرت - ویژگیها و روشهای آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 1447، تجدید نظر سوم.
5. سازمان ملی استاندارد ایران، 1390. روغن زیتون - ویژگیها و روشهای آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 1446، تجدید نظر سوم.
6. سازمان ملی استاندارد ایران، 1389. روغن سرخ کردنی - ویژگیها و روشهای آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 4152، تجدید نظر اول.
7. سازمان ملی استاندارد ایران، 1386. روغن مایع مخلوط - ویژگیها. استاندارد ملی ایران، شماره 5950، تجدید نظر اول.
8. سازمان ملی استاندارد ایران، 1396. روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی - آماده سازی متیل استر اسید چرب. استاندارد ملی ایران، شماره 2-13126، چاپ اول.
9. سازمان ملی استاندارد ایران، 1387. روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی - اندازه گیری مقدار پراکسید به روش یدومتري - تعیین نقطه پایانی به طریق چشمی. استاندارد ملی ایران، شماره 4179، تجدید نظر اول.
10. سازمان ملی استاندارد ایران، 1377. روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی - تعیین عدد یدی به روش هانوس. استاندارد ملی ایران، شماره 4886، چاپ اول.
11. سازمان ملی استاندارد ایران، 1381. روغن ها و چربی های خوراکی - روغن کنجد - ویژگیها و روشهای آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 1752، تجدید نظر اول.
12. سازمان ملی استاندارد ایران، 1380. روغن ها و چربی های خوراکی - روغن سویا - ویژگیها. استاندارد ملی ایران، شماره 2392، تجدید نظر اول.
13. سازمان ملی استاندارد ایران، 1378. ویژگیهای روغن کلزای خوراکی. استاندارد ملی ایران، شماره 4935، چاپ اول.
14. نواب دانشمند، ف. و قوامی، م. تاثیر دما و زمان بر تولید و تجزیه هیدروپراکسیدها در روغن های کانولا و سویا. مجله علوم غذایی و تغذیه، جلد 9، شماره 1، 61-72.
15. Ammawath, W. 2006. Determination of natural and synthetic antioxidants in

- palm oil using of fourier transform infrared spectroscopy.
16. Anwar, F. Bhangar, M. I. and Kazi, T.G. 2003. Relationship between Rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats. *Journal of AOCS*. 80(2): 151-154.
 17. AOCS official method Ce 6-86. 1997. Antioxidants-Liquid Chromatographic Method.
 18. Ceballos, C. and Fernandez, H. 2000. Synthetic antioxidants in edible oils by square-wave voltammetry on ultra reversed-phase HPLC with photodiode array detection. *Food Chemistry* 77: 93-100.
 19. Choong, Y. M. and Lin, H. J. 2001. Gas Chromatographic Determination of Synthetic Antioxidants in Edible Fats and Oils –A Simple Methylation Method. *Food and Drug Analysis*, 9: 20-26.
 20. Chung, J. Lee, J. and Choe, E. 2004. Oxidative Stability of Soybean and Sesame Oil Mixture during Frying of Flour Dough. *J Food Sci*. 69(7):574-578.
 21. Perrin, C. and Meyer, L. Simultaneous Determination of Ascorbyl Palmitate and Nine Phenolic Antioxidants in Vegetable Oils and Edible Fats by HPLC. *AOCS* 80: 115-118.
 22. Pokorny, J. 2001. Antioxidants in food. Wood head publishing limited.; p. 1-2.
 23. Race, SH. 2009. Antioxidants, 1th ed. Tigmor Books. p. 1- 46.
 24. Rafecas, M. Guardiola, F. Illera, M. Codony, R. and Boatella, J. 1998. Liquid chromatographic determination of phenolic antioxidants in bakery products. *Chromatography A*, 822: 305–309.
 25. Robert, R.E. Pellegrini, N. Proteggente, A. Pannala, A. Yang, M. Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. 1999. *Free. Rad. Biol. Med.* 26: 1231-1237.