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

ژیلا شعبانی[1], لادن رشیدی*[2]، زهرا پیراوی ونک[3]، زهرا غلامی[4]

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 دریافت:95/08/01 تاریخ پذیرش: 96/08/07

چکیده

یکی از پرکاربردترین روش‌های افزایش ماندگاری روغن ها و چربی ها، 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، سرخ کردنی، 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 شماره‌های4886، 4179، 3734، و4090 اندازه گیری 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 وارتباط معکوس با عدد پراکسید و یدی در نمونه‌های تحت بررسی مشاهده شد. همچنین نوع و میزان آنتی اکسیدان مندرج روی برچسب برخی از نمونه‌ها با نوع و میزان آنتی اکسیدان افزوده شده مغایر بود.

واژه های کلیدی: آنتی اکسیدان سنتزی، اسیدهای چرب، فعالیت آنتی اکسیدانی، روغن‌ها و چربی‌ها، پایداری اکسیداتیو

*مسوول مکاتبات: l.rashidi@standard.ac.ir

1-مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها 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 می‌گیرند. مهم‌ترین فرآیند تخریب روغن‌ها و چربی‌ها، رخ دادن واکنش اکسیداسیون در آن‌ها است که موجب پلی‌مریزاسیون و تند شدن طعم روغن‌ها و چربی‌ها و در نهایت کاهش ارزش تغذیه‌ای، و خصوصیات کیفی فرآورده غذایی حاوی چربی و همچنین کاهش زمان ماندگاری و پایداری در آن‌ها می‌شود (22). پایداری اکسیداتیو روغن را می‌توان به وسیله افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به آن‌ها بهبود داد. روش‌های متعدد آزمایشگاهی برای بررسی پایداری اکسیداتیو و تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و طبیعی در محصولات تولید شده در صنعت روغن گزارش شده است. اندازه گیری پایداری اکسیداتیو با استفاده از روش‌های رنسیمت[1]، AOM[2]و OSI[3]و اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش‌های DPPH[4]، FRAP[5]و ABTS[6] از جمله این روش‌ها است. همچنین با استفاده از دستگاه GC[7] می‌توان نوع و ترکیب اسیدهای چرب را شناسایی نمود. آنتی اکسیدان‌ها به دو شکل طبیعی و سنتزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل سنتزی آنتی اکسیدان‌ها به دلیل ارزان قیمت بودن، اثرگذاری بالا همراه با به کارگیری مقادیر کم از آن، پایداری بیشتر در روغن‌ها و قابلیت نگه‌داری بالای آن‌ها، نسبت به نوع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما در صورتی که بیش از حد مجاز در نظر گرفته شده در استانداردهای ملی یا بین‌المللی به کار برده شوند، می‌توانند منجر به ایجاد آسیب‌های جدی برای سلامت مصرف کننده شوند. از این رو روش های متعددی برای سنجش میزان آنتی اکسیدان‌های سنتزی مورد استفاده در صنعت مواد غذایی به کار برده می شود که شامل: کروماتوگرافی گازی (19)، کروماتوگرافی مایع(24) ، کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا[8] (21) اسپکتروسکوپی (15) و ولتامتری (18) است. از میان روش‌های فوق روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، دارای بیشترین درصد بازیابی و قابلیت شناسایی هم‌زمان آنتی‌اکسیدان‌های مختلف در موادغذایی می باشد. کنترل کیفیت روغن‌ها و چربی‌های خوراکی عرضه شده در بازار تهران با رویکرد تاثیر روغن‌های 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 گسترده‌ای از روغن‌های خوراکی عرضه شده در بازار تهران گزارش نشده است. همچنین پژوهش‌های اندکی در مورد ارزیابی پارامترهای موثر نمایانگر عملکرد آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده به روغن‌ها و چربی‌های خوراکی از قبیل: مقدار پایداری اکسیداتیو، عدد پراکسید، عددیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان افزوده شده به روغن‌های 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 نمونه‌های 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 روغن‌ها و چربی‌های خوراکی شامل: روغن سویا، کانولا، مخلوط، ذرت، سرخ کردنی، زیتون و کنجد، در بازه زمانی یک ماهه، از بازار تهران خریداری شد. با اندازه‌گیری عدد پراکسید، عدد یدی، پایداری اکسیداتیو و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی استخراج شده از روغن‌های تحت بررسی، عملکرد

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

۱-High Performance Liquid Chromatography

آنتی اکسیدان‌های 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 آنتی‌کسیدان‌های 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 آنتی اکسیدان سنتزی افزوده شده باتوجه به اشباعیت و غیر اشباعیت اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن مشخص شد. همچنین، نوع و میزان آنتی اکسیدان‌های 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 روش ها

2-1 نمونه برداری

40 نمونه ازروغن‌های خوراکی موجود در بازار، شامل: روغن‌های کنجد وزیتون تصفیه شده و بکر، سویا، کانولا، ذرت، مخلوط وسرخ 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 BHA، BHT، TBHQ وPG 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.

2-3 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 اندازه‌گیری عدد پراکسید با سه تکرار انجام شد.

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

اندازه‌گیری 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 هوا20 لیتر برساعت تنظیم شد. برای هر نمونه سه بار تکرار انجام شد.

2-5 اندازه‌گیری 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 درAOCS 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 BHA، BHT، TBHQ و PG را در یک بالن حجمی50 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 میلی لیتر از هر یک از محلول‌های مرجع تهیه شد.

2-5-2 استخراج آنتی اکسیدان‌های 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.

3-5-2 شرایط دستگاه HPLC

دستگاه HPLC مورد استفاده مدل یانگ لین[1] 9100 ساخت کره جنوبی مجهز به آشکارساز UV بود. ستون مورد استفاده Athena C18-WP ,100A با مشخصات 4/6 میلی‌لیتر ×250 میلی‌متر× 5 میکرومتر بود. دو فاز متحرک A و B برای تعیین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی استخراج شده از نمونه‌ها استفاده شد. حلال A : آب یون‌زدایی شده و استیک اسید (5%) وحلال B : استونیتریل و استیک اسید (5%) بود. حلال‌های ذکر شده، قبل از مصرف با استفاده از صافی میلی‌پور صاف شده و توسط دستگاه فراصوت دهی هواگیری شدند. روش ایزوگرادیانت برای اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان‌ها 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 100درصد از حلال (B) در ستون جریان می یابد.

6-2 تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در محلول استخراج شده از نمونه‌ها

برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های استخراج شده از نمونه‌های روغن، از روش DPPH شرح داده شده توسط رابرت و همکارانش استفاده شد (25). ابتدا 1/5میلی لیتر از محلول متانولی 0/135 میلی‌مولار DPPH به 0/5 میلی‌لیتر از محلول استخراج شده حاوی آنتی اکسیدان اضافه شد. در ویال دیگری 0/5 میلی‌لیتر از شاهد (مراحل استخراج روی نمونه روغن آفتابگردان خام و بدون آنتی‌اکسیدان سنتزی انجام شد (شاهد)) به 1/5 میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH (به عنوان نمونه کنترلی) اضافه شد. پس از آن که ویال‌ها به شدت (1دقیقه) تکان داده شدند، آن‌ها را به مدت نیم ساعت در تاریکی قرار داده، سپس جذب نمونه‌ها و کنترل‌های آن‌ها، 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 زیرمیزان فعالیت آنتی‌اکسیدان محاسبه شد.

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

7-2 اندازه‌گیری اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه GCدر نمونه‌های روغن و چربی

1-7-2 تهیه میتل استرهای اسیدهای چرب از نمونه‌های روغن و تزریق به دستگاه GC

برای تهیه متیل استراسیدهای چرب از نمونه‌های روغن، ازاستاندارد ملی ایران شماره 2-13126 استفاده شد(8).

2-7-2 مشخصات دستگاه GC

دستگاه GC مورد استفاده برای آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها، مدل DANI1000 ساخت کشور ایتالیا مجهز به آشکارساز FID[2] بود. ستون Cp-sil 88 به طول100 متر، قطر 0/25 میلی‌متر و ضخامت 0/25 میکرومتر به کار برده شد. سرعت گاز هیدروژن 30 میلی‌لیتر بر دقیقه و سرعت هوا 300 میلی‌لیتر 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 میلی‌لیتر بر دقیقه در نظر گرفته شد. دمای آون در 175 درجه سلسیوس (برنامه هم‌دما) تنظیم شد.

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).

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 داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آنالیز واریانس تک سویه (ANOVA)مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت که در نتیجه میزان p.value <0/05 به دست آمد. نتایج حاصل از آنالیز

1- Yung Lin

1- Flame Ionization detector

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 اندازه گیری پارامترهای نمایانگر عملکرد آنتی‌اکسیدان سنتزی افزوده شده شامل: عدد پراکسید، عدد یدی، پایداری اکسیداتیو، و فعالیت آنتی اکسیدانی برای نمونه های 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 آنتی اکسیدان 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 1و 2و 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، روغن های 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 اکسیدایتو افزایش یابد و در نتیجه نیاز به استفاده از مقادیر اندکی از آنتی‌اکسیدان سنتزی باشد. از میان نمونه‌های مورد 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 (12،7،6،4). 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 آنتی اکسیدان سنتزی استخراج شده از نمونه ها، 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 ونوع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در نمونه‌های روغن مخلوط کدهای 2، 4، 9 و 10، ذرت کدهای 2 و1، سرخ کردنی کدهای 2 و3، کانولا کدهای 1 ،3 ،6 و سویا کد 4، با میزان و نوع آنتی اکسیدان نوشته شده روی برچسب آن‌ها مطابقت نداشتند. برای نمونه ذرت کد 2 بر روی برچسب نوع و میزان آنتی اکسیدان درج نشده بود، در حالی که نمونه فوق حاوی آنتی اکسیدان بود. در استانداردهای ملی ایران حد مجازی برای مقدار عدد یدی در روغن‌های مخلوط، سرخ کردنی و زیتون آورده نشده است، اما مقدارعدد 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 سرخ‌کردنی مقدار اسید پالمتیک بالاتر از سایر روغن‌ها بود، در حالی که اسید اولئیک در روغن زیتون و کانولا و اسید لینولنیک در سویا، اسید لینولئیک در روغن‌های مخلوط، کنجد و ذرت شاخص‌تر از

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 لینولئیک و لینولنیک، نمونه کنجد کد 2 از نظر میزان اسیدهای چرب استئاریک و لینولنیک، نمونه کنجد کد 3 از نظر میزان اسیدهای چرب پالمتیک و لینولنیک، نمونه کانولا کد 1 از نظر میزان اسیدهای چرب پالمتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک 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 لینولئیک، روغن زیتون کد 1 از نظر میزان اسید چرب پالمتیک و لینولنیک و روغن زیتون کد 5 از نظر میزان اسید چرب لینولئیک و اولئیک با مقادیر اظهار شده در استانداردهای ملی به شماره‌های 1752 (ویژگی‌های روغن کنجد)، 4935 (ویژگی های روغن کلزا(کانولا))، 2392 (ویژگی های روغن سویا) و1446 (ویژگی‌های روغن زیتون) مغایرت داشتند (13،12،11،5). 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 آنجایی‌که بیشترین میزان اسید چرب در روغن‌های مخلوط، سویا، ذرت و کنجد اسید لینولئیک بود، خصوصیات کیفیتی این نمونه ها 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 نمونه ها، روغن مخلوط (کد10) دارای 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 BHAافزوده شده و غیرفعال بودن آن‌ها نسبت داد. در روغن‌های مخلوط (کد 2) و ذرت (کد1) نیز از ترکیب این دو آنتی اکسیدان 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 آنتی اکسیدان 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 سال2003 توسط انوار و همکارانش انجام شد، پایداری اکسیداتیو روغن‌های سویا، کلزا، پالم، کره، مارگارین و شورتنینگ به وسیله رنسیمت و روش اکسیژن فعال اندازه گیری شد و مشخص شد که روغن‌های

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 شورتنینگ‌ها 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 مقداراسیدهای چرب اشباع، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو و کمترین مقدار عدد پراکسید بودند. روغن سرخ‌کردنی (کد 2) بیشترین مقدار آنتی اکسیدان سنتزی را در بین روغن های 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 آنتی اکسیدانی آن بالاتر از دیگر روغن‌های سرخ کردنی بود. TBHQ پرکاربردترین آنتی اکسیدان سنتزی مصرف شده در روغن‌های سرخ کردنی بود که دلیل آنرا می توان به مقدار بالای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پایداری حرارتی و همچنین کارآیی بسیار مناسب این آنتی‌اکسیدان در روغن های 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 روغن های 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 (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 آنتی اکسیدان سنتزی بود، سایر نمونه های 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 آنتی اکسیدانی هستند. مقاومت بالای روغن زیتون بکر بدون افزودن آنتی اکسیدان 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 آنتی اکسیدان سنتزی بودند، ولی به دلیل وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در ساختارشان، فعالیت آنتی اکسیدانی و مقاومت بیشتر و همچنین عدد پراکسید کمتری نسبت به نمونه روغن زیتون تصفیه شده کد 2 (که دارای آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ بود) داشتند. دلیل این امر می‌تواند به از بین رفتن آنتی اکسیدان‌های طبیعی طی فرآیند تصفیه و ناپایداری آنتی اکسیدان سنتزی مصرفی نسبت داده شود. در روغن‌های زیتون تنها آنتی اکسیدان سنتزی مجاز برای افزوده شدن به روغن، توکوفرول بود و استفاده از سایر آنتی اکسیدان‌های سنتزی طبق استاندارد ویژگی های روغن زیتون به شماره 1446 غیرمجاز اعلام شده است. اما طبق نتایج به دست آمده مشاهده شد که در روغن زیتون کد 2 از آنتی اکسیدان TBHQ استفاده شده بود و روی برچسب آن عبارت "حاوی آنتی اکسیدان مطابق با استاندارد ملی 1446" درج شده بود. بیشترین آنتی اکسیدان سنتزی مصرفی در نمونه های مورد بررسی TBHQ بود.

جدول1- 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 آنتی اکسیدان (%)	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
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 برچسب کالای خریداری شده از بازار

نمونه	کد	مقدارآنتی اکسیدان (mg/kg)	انحراف معیار	نوع آنتی‌اکسیدان سنتزی شناسایی شده	نوع– مقدارآنتی‌اکسیدان نوشته شده روی برچسب (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-ظبق 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 روغن‌های خریداری شده از بازار

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

4-سپاسگزاری

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

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، جلد9، شماره3، 92-83 .
3. سازمان ملی استاندارد ایران، 1385 .روش اندازه گیری پایداری روغنها و چربیهای خوراکی در برابر اکسید شدن . استانداردملی ایران، شماره 3734 ، تجدید نظر اول .
4. سازمان ملی استاندارد ایران، 1389. روغن ذرت – ویژگیها و روشهای آزمون . استانداردملی ایران، شماره 1447 ، تجدید نظرسوم.
5. سازمان ملی استاندارد ایران، 1390. روغن زیتون –ویژگیها و روشهای آزمون. استانداردملی ایران، شماره 1446 ، تجدید نظرسوم.
6. سازمان ملی استاندارد ایران، 1389. روغن سرخ کردنی – ویژگیها و روشهای آزمون. استانداردملی ایران، شماره 4152 ، تجدید نظراول.
7. سازمان ملی استاندارد ایران، 1386. روغن مایع مخلوط – ویژگیها. استانداردملی ایران، شماره 5950 ، تجدید نظراول.
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 یدومتری- تعیین نقطه پایانی به طریق چشمی. استانداردملی ایران، شماره 4179 ، تجدید نظراول .
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 نظراول .
12. سازمان ملی استاندارد ایران، 1380. روغن ها و چربی های خوراکی- روغن سویا - ویژگیها. استانداردملی ایران، شماره 2392 ، تجدید نظراول.
13. سازمان ملی استاندارد ایران، 1378. ویژگیهای روغن کلزای خوراکی. استانداردملی 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 ، 72-61 .
15. Ammawath, W. 2006. Determination of natural and synthetic antioxidants in

palm oil using of fourier transform infrared spectroscopy.
16. Anwar, F. Bhanger, 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.