

بررسی بسته‌بندی از جنس پلی اتیلن ترفتالات و شرایط مختلف نگهداری بر ترکیب اسیدهای چرب و برخی از شاخص‌های کیفی روغن‌های متداول در ایران

امین موسوی خانقاه^a، مریم میزانی^{b*}، شهرام شعبی^c، مریم قراچورلو^d، مرتضی شهرستانی^e

^a کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
^b دانشیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
^c استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات غذا و داروی اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
^d استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
^e کارشناس ارشد شیمی و کارشناس بخش بسته بندی اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۳/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۵/۲۲

۴۵

چکیده

مقدمه: تاثیر بسته‌بندی از جنس پلی اتیلن ترفتالات (PET) و شرایط مختلف نگهداری بر ترکیب اسیدهای چرب و برخی از خصوصیات شیمیایی سه نوع روغن موجود در بازار ایران شامل سه نوع روغن آفتابگردان، کانولا و مخلوط (شامل روغن آفتابگردان، سویا و تخم پنبه) مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: ترکیب اسیدهای چرب و خصوصیات شیمیایی نظیر اندیس پراکسید، اسیدهای چرب آزاد، اندیس یدی و زمان مقاومت به اکسید شدن قبل و بعد از غوطه وری قطعات پلاستیکی و در غیاب این قطعات در دو زمان ۲۰ و ۶۰ روز نگهداری در دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مدت زمان نگهداری، درجه حرارت محیط نگهداری و وجود قطعات پلاستیکی بر میزان شاخص‌های کیفی تاثیر معنادار دارد، بطوریکه نگهداری در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۶۰ روز و وجود قطعات پلاستیکی سبب افزایش اندیس پراکسید (به طور متوسط ۳/۱۱ برابر)، افزایش اسیدهای چرب آزاد (به طور متوسط ۱/۳۵ برابر)، افزایش اندیس یدی (به طور متوسط ۲ برابر) و کاهش مدت زمان مقاومت روغن‌ها (به طور متوسط ۱/۳۸ برابر) برای سه نوع روغن موجود می‌گردد.

نتیجه گیری: با بررسی نتایج می‌توان به ضرورت نگهداری روغن‌های بسته بندی شده در PET در درجه حرارت‌های پایین (کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد) اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی PET، ترکیب اسیدهای چرب، روغن آفتابگردان، روغن کانولا، شاخص‌های کیفی، شرایط مختلف نگهداری

(1985). یکی از مهمترین واکنش‌هایی که منجر به افت کیفیت محصولات غذایی می‌شود، تندی روغن است که در نتیجه ازدیاد و یا توسعه عامل بد طعمی حاصل از واکنشهای اکسیداسیون و هیدرولیز است، که غذا را از دیدگاه مصرف کننده غیر قابل پذیرش می‌کند (Frankel, 1982).

حداکثر میزان مجاز مواد مختلف افزودنی با قابلیت نفوذ برای کاربرد در بسته بندی مواد غذایی که سرعت و میزان مهاجرت این ترکیبات بر کیفیت و پایداری مواد غذایی موثر می‌باشند، مشخص شده است. تعدادی از این مواد مانند هیدروکسی اینزول بوتیله شده (BHA) و هیدروکسی تولوئن بوتیله شده (BHT) مورد مطالعه قرار گرفته اند (Mahadevia, 1975; Crosby, 1981). مطالعات متعددی خروج این مواد آنتی اکسیدانی را از مواد بسته بندی به درون مواد غذایی حاوی چربی تأیید نموده است (Baner et al., 1992; Freytag et al., 1984;) (Niebergall and Hartmann, 1984). میلتر در سال ۱۹۸۸ افزایش مدت زمان ماندگاری برخی محصولات را بر اثر حضور این مواد گزارش نموده است (Miltz, 1992).

Kiritsakis در سال ۱۹۸۱ پایداری روغن زیتون را در برابر اکسایش و در زمان نگهداری در بطریهای شیشه‌ای و پلاستیکی پلی اتیلن (PE) بررسی کرده است. بر اساس این پژوهش، بطریهای شیشه‌ای نسبت به بطریهای پلاستیکی (PE) حفاظت بهتری نسبت به پدیده اکسایش (از نظر جلوگیری از ورود اکسیژن) ایجاد می‌کنند (Kiritsakis, 1984). Sharma و همکاران اثر تماس لایه های نازک پلاستیکی شامل PE, PP, BHA, BHT که به همراه پلی اتیلن به کار رفته بود را بر پایداری روغن آفتابگردان تصفیه شده و روغن بادام زمینی در ۳۷ درجه سانتیگراد بررسی کردند. نتایج نشان داد تغییرات در اندیس پراکسید و اسید تیوباربیتوریک (TBA) با حضور فیلم های پلاستیکی، نسبت به نمونه‌های شاهد کمتر است (Sharma et al., 1990). Kaya و همکاران اثر نفوذپذیری و شفافیت بسته‌بندی (PET) و بطری‌های شیشه‌ای) را روی زمان نگهداری روغن آفتابگردان و زیتون، بررسی کرده اند. در این تحقیق پایداری روغن‌ها در برابر اکسایش به وسیله اندازه‌گیری اندیس نمونه‌ها ارزیابی

روغن‌ها بخش مهمی از رژیم غذایی انسانها را تشکیل می‌دهند. بیشتر از ۹۰٪ روغن تولیدی از منابع گیاهی و حیوانی و حیوانات دریایی در مواد غذایی یا به عنوان جزئی از مواد غذایی بکار می‌روند (Tawfik and Huyghebaert, 1997). انواع مختلفی از روغن‌های کاربردهای متنوعی در صنایع غذایی دارند. از جمله این روغن‌ها روغن کانولا (روغن کلزا با اسید اروسیک پائین) و روغن آفتابگردان می‌باشند که برای پخت و پز به طور گسترده ای کاربرد دارد. روغن مخلوط که مخلوطی از چند روغن (آفتابگردان، سویا، تخم پنبه و یا کانولا با توجه به فرمولاسیون کارخانه) می‌باشد به عنوان یکی از انواع روغن های مورد مصرف در بازار ایران مطرح می‌باشد. مواد مورد استفاده در بسته بندی روغن‌ها و چربیها دارای تنوع زیادی است. شیشه، بسته بندی فلزی (حلب‌های با روکش داخلی از جنس قلع) و انواع مختلف پلاستیک از جمله مواد مورد استفاده در بسته بندی روغن هستند (Tawfik, 2005). در حال حاضر پایداری در جریان نگهداری و مصرف، مدت زمان ماندگاری چربیها و روغن‌ها، حساسیت قابل توجهی را در بین متخصصان علوم تغذیه‌ای و تولیدکنندگان، ادارات نظارتی و مصرف کننده‌ها ایجاد نموده است (Kaya et al., 1993). خصوصیات مهمی مانند نفوذ ناپذیر بودن مواد مورد استفاده در بسته بندی در مقابل رطوبت، اکسیژن و تاثیر متقابل مواد تشکیل دهنده ماده غذایی با مواد بسته بندی در حفظ کیفیت و مدت زمان ماندگاری روغن حائز اهمیت می‌باشند (Sharma et al., 1990). از این رو عملکرد اصلی بسته بندی به حداقل رساندن واکنش‌هایی است که موجب کاهش پایداری روغن و در نتیجه غیر قابل مصرف گشتن آن می‌شود (Karel and Heidburgh, 1975; Gilbert and Mannheim, 1992). در صورتی که واکنش‌های خاصی به طور خود به خودی و بدون دخالت عوامل خارجی انجام شوند، بسته بندی بر پایداری روغن بی تاثیر است. هرچند در اغلب موارد واکنش گرهای گازی مانند اکسیژن و بخار آب که اغلب در محیط حضور دارند، قادر هستند به طور جدی پایداری روغن را در شرایط معمول نگهداری و در جریان توزیع محصول، به خطر بیندازند (Gilbert,

¹Polyethylene Terephthalate

بر روی ترکیب اسیدهای چرب و برخی از شاخص‌های کیفی نظیر اندیس پراکسید، اسیدهای چرب آزاد، اندیس یدی و زمان مقاومت به اکسید شدن و رنگ قبل و بعد از غوطه‌وری قطعات پلاستیکی و در غیاب این قطعات در دو زمان ۲۰ و ۶۰ روز نگهداری در دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد در برخی از روغن‌های موجود در بازار ایران مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

-تهیه و آماده‌سازی نمونه

ابتدا تعداد ۱۰۰ بطری PET خالی مورد استفاده در بسته بندی روغن‌های مایع از یکی از کارخانه‌های روغن نباتی کشور تهیه گردید، پس از اندازه‌گیری سطح مشخصی از بطری در قسمت بدنه برشهایی بر روی دو خط مربوط به روش تزریق دمشی بطری ایجاد گردید، آنگاه برشها در مقطع عرضی برای بدست آوردن قطعات با اندازه تقریباً یکنواخت (۶×۱ cm) به تعداد ۱۴ عدد تکرار گردید. بعد از این مرحله قطعات در کیسه‌های پلاستیکی از جنس LDPE نگهداری گردیدند، همزمان ارلن‌های مورد نیاز جهت نگهداری نمونه‌ها در حجم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتر تهیه و پس از شستشو با اتانول و آب مقطر در آن ۹۰ درجه سانتیگراد خشک گردیدند و بعد از مرحله برچسب زنی جهت قراردادن نمونه‌ها نگهداری گردیدند (Tawfik and Huyghebaert, 1997; Tawfik, 2005). مقدار ۱۰ لیتر روغن آفتابگردان و ۱۶ لیتر روغن کانولا و ۱۵ لیتر روغن مخلوط (که از مخلوط کردن روغن آفتابگردان و روغن سویا و روغن تخم پنبه به نسبت ذکر شده در فرمولاسیون کارخانه تولید کننده حاصل شده بود) از یکی از کارخانه‌های تولید کننده روغن نباتی تهیه گردید، نکته مهم عدم تماس این روغن‌ها با هرگونه سطح پلاستیکی بود که این امر با پر کردن و بسته بندی در حلب‌های ۱۷ کیلویی با روکش داخلی از جنس قلع تحقق یافت. قطعات در ارلن‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شدند، ارلن‌ها با روغن‌های مربوطه تا حجم ۱۵۰ میلی‌لیتر پر گردیدند و سپس نمونه‌های مربوط به آزمون در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد در آن مجهز به سنسور دما و تنظیم کننده حرارت قرار داده شدند، به همین ترتیب نمونه‌های مربوط به آزمون در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

شده است. نتایج نشان داد که شیشه رنگی بیشتر از شیشه شفاف و شیشه شفاف بیشتر از بسته‌بندی PET در حفظ پایداری روغن موثر می‌باشد (Kaya et al., 1993).

کیفیت روغن‌ها را می‌توان با اندازه‌گیری اندیس پراکسید، اسید تیوباربیتوریک و اندیس اسیدی کنترل کرد (Sirokhman, 1983). Satue و همکاران گزارش کرده‌اند که میزان اکسایش روغن‌ها اغلب به وسیله اندازه‌گیری اندیس پراکسید (PV) ارزیابی می‌گردند. به علت این که این ترکیبات به طور مستقیم مسئول تندی در روغن هستند، به عنوان نشانگرهای مهم در تشخیص میزان اکسایش به کار می‌روند (Satu et al., 1995; Frankel, 1982). Kucuk و همکاران با انجام تحقیقی تاثیر ماده بسته بندی PET و شرایط مختلف نگهداری را بر پایداری روغن آفتابگردان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بیانگر تاثیر قابل توجه بسته بندی PET، وجود هوا، نور و گذشت زمان در کاهش میزان پایداری روغن با افزایش میزان اندیس پراکسید، اسیدهای چرب آزاد و افزایش اندیس یدی به همراه اندیس صابونی نسبت به بسته بندی شیشه‌ای با شرایط فوق بود (Kucuk and Caner, 2005). جهانبخش و همکاران در سال ۱۳۷۸ با بررسی مهاجرت کلی فیلم‌های PP, PET, HDPE, LDPE و PVC و LLDPE که در سیمولنتهای رایج یعنی آب مقطر، اسید استیک ۳٪، الکل ۸٪، n هپتان که در شرایط پیشنهادی FDA و EC به روش وزن سنجی (اختلاف وزن سیمولنت قبل و بعد از آزمایش) انجام پذیرفت، اذعان داشتند که تمامی مواد مذکور مهاجرتی کمتر از حد مجاز تعیین شده دارند (جهانبخش، ۱۳۷۸). فرهودی و همکاران در سال ۲۰۰۸ با بررسی مهاجرت ترکیب Di(2-Ethylhexyl) Phthalate از بطری‌های PET مورد استفاده در بسته بندی دوغ بوسیله سیمولنت اسید استیک ۳٪ به این نتیجه رسیدند که میزان مواد مهاجرت کننده از حد مجاز تعیین شده توسط اتحادیه اروپا تجاوز نمی‌نماید (Farhodi et al., 2008).

با توجه به عدم انجام تحقیق جامع و فراگیری که تاثیر همزمان دو فاکتور دما و مدت زمان نگهداری در حضور و عدم حضور قطعات پلاستیکی بر کیفیت روغن‌های مختلف را در ایران بررسی نموده باشد این تحقیق بر آن است که تاثیر قطعات پلاستیکی PET و شرایط مختلف نگهداری را

اکسیداسیون روغن ها و چربی ها (محصولات اولیه اکسیداسیون) می باشد به روش یدومتری و طبق استاندارد AOCS به شماره Cd 8-53 انجام شد (Firestone, 1994). تعیین اسیدهای چرب آزاد طبق استاندارد AOCS به شماره Cd 3d-63 از طریق تیتراسیون انجام پذیرفت (Firestone, 1994). شاخص رنگ با استاندارد AOCS به شماره 13e-92C، با استفاده از دستگاه لایویناند مدل Tintometer PFX995 و با در نظر گرفتن دو شاخص رنگ زرد و رنگ قرمز اندازه گیری گردید (Firestone, 1994).

جدول ۱- شرایط آماده سازی نمونه ها*

مدت زمان (روز)	درجه حرارت (°C)	حضور قطعات پلیاستیکی
۲۰	۲۵	+
۲۰	۲۵	-
۶۰	۲۵	+
۶۰	۲۵	-
۲۰	۴۵	+
۲۰	۴۵	-
۶۰	۴۵	+
۶۰	۴۵	-

* در هر مورد نمونه بدون حضور قطعات پلیاستیکی به عنوان نمونه شاهد محسوب شده است.

بررسی آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 17 و نرم افزار MINITAB 14 بر روی داده های حاصل از آزمایشات صورت پذیرفت.

یافته ها

جداول ۲، ۳ و ۴ مقادیر و ترکیب اسیدهای چرب را قبل و بعد از طی زمانهای ۲۰ و ۶۰ روز در شرایط ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد و در حضور یا عدم حضور قطعات پلیاستیکی نشان می دهد. نمودار ۱ مدت زمان مقاومت نسبت به اکسید شدن را در روغنهای مورد نظر قبل و بعد از طی شرایط آزمایش نشان می دهد. نمودار ۲ نشان دهنده میزان اندیس پراکسید در روغنهای مورد آزمایش قبل و بعد از طی شرایط آزمایش است. مقادیر مربوط به اندیس یدی قبل و بعد از نگهداری در شرایط ذکر شده در نمودار ۳ نمایش داده شده است. نمودار ۴ میزان اسیدهای چرب آزاد روغنهای آفتابگردان، مخلوط و کانولا را قبل و بعد از طی شرایط ذکر شده نشان می دهد.

در انکوباتور یخچال دار قرار داده شدند. شایان ذکر است که هر دو گروه نمونه دو دوره زمانی ۲۰ و ۶۰ روزه را طی کرده اند (Tawfik and Huyghebaert, 1997; Tawfik, 2005). کنترل دمایی نمونه ها در دو نوبت صبح و عصر صورت می گرفت. سه نوع روغن اولیه جهت ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب روغن اولیه استفاده گردید و بعد از گذشت زمان ۲۰ روز در دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد و ۶۰ روز در دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد، ۱ نمونه حاوی قطعات پلیاستیکی و ۱ نمونه شاهد (نمونه فاقد قطعات پلیاستیکی) از هر کدام از شرایط ذکر شده به طور تصادفی انتخاب و بعبارت دیگر مجموعاً ۲۷ نمونه بررسی گردید (جدول ۱).

کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده ساخت شرکت مرک آلمان و دارای درجه خلوص بالا و مخصوص آزمون های تجزیه ای بودند.

- آزمون های شیمیایی

جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب ابتدا آماده سازی نمونه بصورت مشتق متیل استر بر اساس استاندارد AOAC به شماره 969/33 صورت گرفت، سپس از دستگاه گاز کروماتوگراف مدل 6890N Agilent Technologies مجهز به آشکار کننده شعله ای (FID) و ستون HP 88 با مشخصات 100 m x 250 mm x 0.2 μ مطابق استاندارد AOCS با شماره Ce 1e-91 استفاده شد بطوریکه درجه حرارت محل تزریق ۲۲۰ درجه سانتیگراد و درجه حرارت ستون از دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد در مدت ۵ دقیقه با مقدار تغییرات حرارتی ۰/۵ درجه سانتیگراد در هر دقیقه به دمای ۱۹۰ درجه سانتیگراد رسیده و مدت ۲۲ دقیقه در این دما می ماند، درجه حرارت آشکارکننده ۲۵۰ درجه سانتیگراد، سرعت گاز حامل ۰/۷ میلی لیتر بر دقیقه و فشار ۱۰ PSI و مقدار تزریق نمونه ۱ میکرولیتر بود (Firestone, 1994). زمان مقاومت به اکسید شدن با استفاده از دستگاه رنسیمت مدل ۷۳۴ طبق روش استاندارد ایران به شماره ۳۷۳۴ در ۱۱۰ درجه سانتیگراد (بی نام، ۱۳۷۳)، اندیس یدی بر اساس رابطه ریاضی ارائه شده در استاندارد AOCS با شماره Cd 1c-85 مستقیماً از روی ترکیب اسیدهای چرب روغن محاسبه شد (Firestone, 1994). تعیین اندیس پراکسید که معیاری جهت سنجش میزان

جدول ۲ - روند تغییرات اسیدهای چرب روغن آفتابگردان در شرایط مختلف نگهداری*

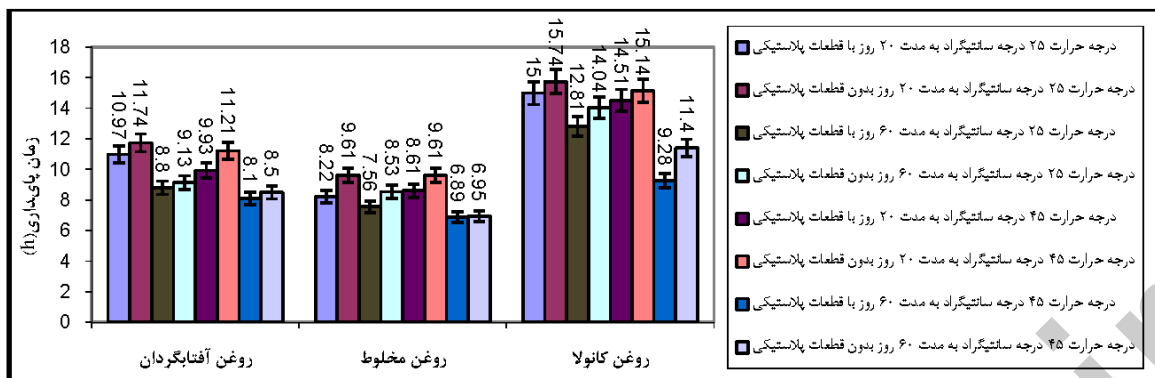
نوع اسیدچرب	شرایط نگهداری							
	۴۵°C	۲۵°C	۴۵°C	۲۵°C	۴۵°C	۲۵°C	۴۵°C	۲۵°C
	(PET) ۶۰ روز (با قطعات)	(PET) ۴۵°C	(PET) ۲۵°C	(PET) ۶۰ روز (بدون قطعات)	(PET) ۴۵°C	(PET) ۲۵°C	(PET) ۶۰ روز (بدون قطعات)	(PET) ۴۵°C
	روغن اولیه	۲۰°C	۲۵°C	۴۵°C	۲۵°C	۴۵°C	۲۵°C	۴۵°C
C14:0	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
C16:0	۷/۵۵	۸/۰۲	۸/۰۶	۷/۹۸	۷/۸۱	۷/۸۵	۸/۰۸	۸/۰۸
C16:1	۰	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰	۰/۰۸	۰/۰۸
C17:0	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰	۰/۰۵	۰/۰۵
C18:0	۲/۹۷	۴/۱۰	۴/۰۳	۳/۹۳	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۹۴	۴/۱۰
T -C18:1	۰	۰/۰۶	۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۲	۰	۰
C18:1	۲۳/۳۸	۲۴/۶	۲۵/۳۳	۲۴/۲۶	۲۴/۳۲	۲۴/۱۰	۲۴/۹۵	۲۵/۱۵
Iso-C18:1	۱/۳۳	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۶/۱	۱/۱۱	۱/۱۶
T-C18:2	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۳۵
C18:2	۶/۳۶	۵/۷۴	۵/۷۷	۵/۲۰	۵/۳۳	۴/۵۵	۵/۲۵	۵/۷۷
C20:0	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۳۰
T-C18:3	۰	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۰
C18:3	۱/۶۳	۱/۹۴	۱/۹۷	۱/۹۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۹۶	۱/۹۳
Iso-C18:3	۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۶	۰	۰	۰	۰
Ga-C18:3	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵
C22:0	۰/۲۰	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۵۷
مجموع اسیدهای چرب اشباع	۱۱/۰۴	۱۳/۲۵	۱۳/۲۴	۱۳/۰۹	۱۲/۲۵	۱۲/۲۲	۱۳/۰۷	۱۳/۲۰
مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع	۸۶/۸۴	۸۶/۷۵	۸۶/۷۶	۸۶/۹۱	۸۷/۷۵	۸۷/۷۸	۸۶/۹۳	۸۶/۸۰

* کلیه مقادیر ذکر شده بر حسب درصد می باشد

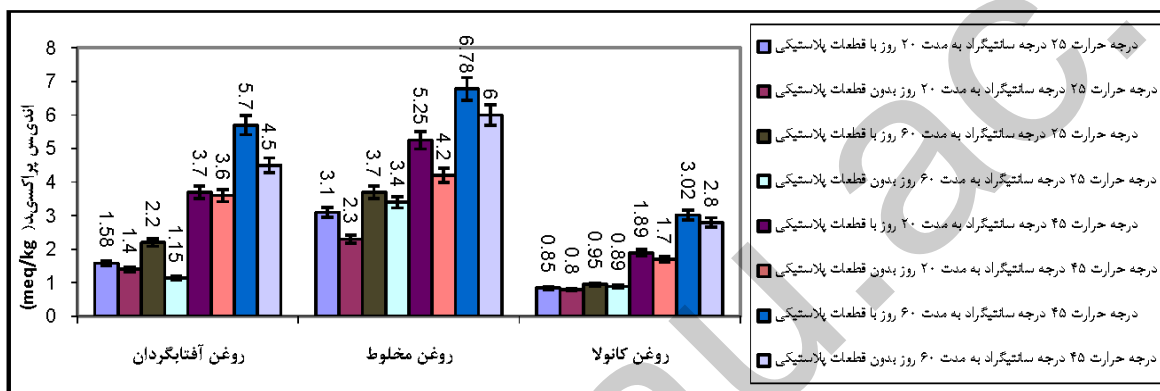
جدول ۳ - روند تغییرات اسیدهای چرب روغن کانولا در شرایط مختلف نگهداری*

		شرایط نگهداری				روز (ب) قطعات (PET)		روز (ب) قطعات (PET)		روز (ب) قطعات (PET)		روز (ب) قطعات (PET)		روغن اولیه	نوع اسید چرب
۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C	۴۵ °C	۲۵ °C		
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	C14:0
۵/۰۰	۵/۰۶	۴/۸۵	۴/۹۲	۵/۰۹	۵/۱۰	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۴/۹۵	۵/۰۷	C16:0
۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۹	C16:1
۰	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	C17:0
۲/۰۸	۲/۰۴	۲/۷۴	۱/۸۶	۲/۰۳	۲/۰۴	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۳	۲/۰۳	C18:0
۰/۱۲	۰/۱۲	۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	T-C18:1
۵۵/۸۵	۵۶/۰۸	۵۶/۰۷	۵۵/۶۱	۵۵/۵۹	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۵/۶۱	۵۶/۰۱	۵۶/۰۱	C18:1
۳/۳۳	۳/۵۰	۳/۱۲	۴/۱۰	۳/۵۴	۳/۵۵	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۴۷	۳/۴۷	Iso-C18:1
۰/۱۰	۰/۱۰	۸/۰/۰	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰	T-C18:2
۲/۰۸۷	۲/۰۷۲	۳/۳۱/۲	۲/۱/۲۲	۲/۱/۱۰	۲/۱/۱۰	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۸۴	۲/۰/۹۴	۲/۰/۹۴	C18:2
۷۵/۰	۵۷/۰	۳/۳/۰	۵/۳/۰	۵/۷/۰	۵/۷/۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۵	۰/۵۵	C20:0
۶۵/۰	۵۷/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	T-C18:3
۶۱/۶	۹/۰۷	۶۰/۶	۹/۰۶	۹/۳۳	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۷	۹/۱۵	۹/۱۵	C18:0
۵۰/۰	۵۰/۰	۳۰/۰	۳/۰	۵/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	Iso-C18:3
۱/۰۴	۱/۰۴	۸/۶/۰	۶/۰/۰	۱/۱۱	۱/۱۷	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۰۹	۱/۰۹	Ga-C18:3
۳/۰	۳/۰	۵/۱/۰	۱۷/۰	۱۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	C22:0
۸/۲۷	۸/۲۷	۴/۳/۸	۷/۸/۰	۸/۳۳	۳/۳۷	۷/۱۱/۶	۳/۳۷	۷/۱۱/۶	۳/۳۷	۷/۱۱/۶	۳/۳۷	۷/۱۱/۶	۸/۲۷	۸/۲۷	مجموع اسیدهای چرب اشباع
۹۱/۸۷	۹۱/۲۲۷	۹۲/۵/۳	۹۲/۶/۶	۹۱/۶/۰	۹۱/۶/۰	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۲/۳/۶	۹۱/۸۳	۹۱/۸۳	مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع

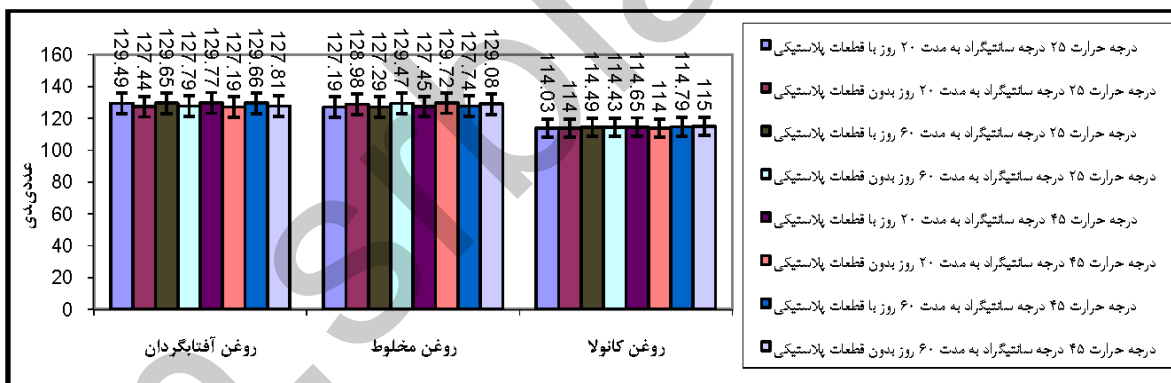
* کلیدیه مقادیر ذکر شده بر حسب درصد می باشد



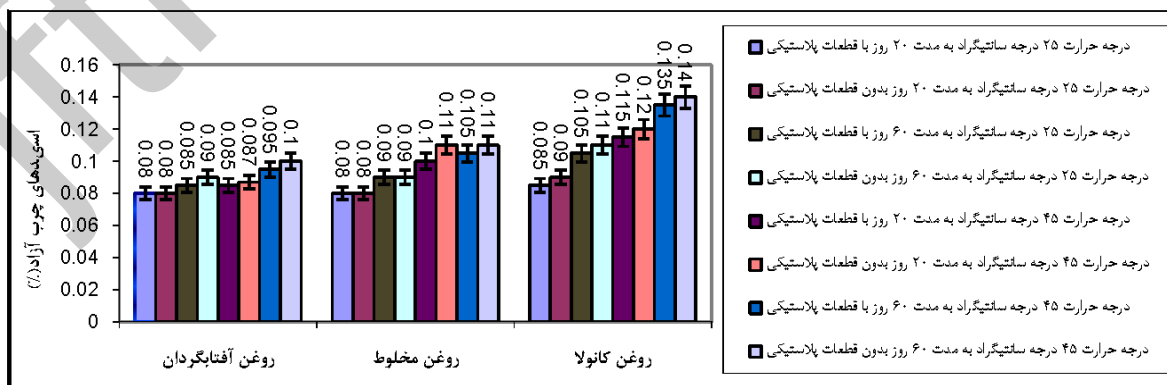
نمودار ۱ - مدت زمان مقاومت به اکسید شدن روغن های آفتابگردان، مخلوط و کانولا در شرایط مختلف نگهداری



نمودار ۲ - میزان اندیس پراکسید روغن های آفتابگردان، مخلوط و کانولا در شرایط مختلف نگهداری



نمودار ۳ - میزان اندیس یدی روغن های آفتابگردان، مخلوط و کانولا در شرایط مختلف نگهداری



نمودار ۴ - میزان اسیدهای چرب آزاد روغن های آفتابگردان، مخلوط و کانولا در شرایط مختلف نگهداری

بحث

همانطور که در جداول ۱، ۲ و ۳ مشخص است ترکیب اسیدهای چرب در روغنهای مذکور دچار تغییرات جزئی در میزان اسیدهای چرب اشباع می گردند. روغن آفتابگردان اولیه با ترکیب ۷/۷۴٪ اسید پالمیتیک، ۳۷/۳۳٪ اسید اولئیک، ۶۱/۷۶٪ اسید لینولئیک و ۱/۶۳٪ اسید لینولنیک دچار تغییراتی شده است بطوریکه بعد از گذشت زمانهای ۲۰ و ۶۰ روز در دماهای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد افزایش مقادیر اسیدهای چرب اشباع و تک غیر اشباعی مشاهده می شود. به عنوان مثال روغن آفتابگردان بعد از ۶۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد دارای ۸/۰۷٪ اسید پالمیتیک، ۲۵/۱۵٪ اسید اولئیک و ۵۷/۸۳٪ اسید لینولئیک می باشد به عبارت دیگر از مقادیر اسیدهای چرب دو غیر اشباعی مانند اسید لینولئیک کاسته شده و بر مقدار اسیدهای چرب تک غیر اشباعی و اشباع مانند اسید اولئیک و اسید پالمیتیک افزوده شده است. روغن کانولا اولیه با ترکیب ۵/۰۷٪ اسید پالمیتیک، ۵۶/۰۱٪ اسید اولئیک، ۲۰/۹۴٪ اسید لینولئیک و ۹/۱۵٪ اسید لینولنیک دچار تغییرات اندکی گردیده است بطوریکه تفاوت قابل ملاحظه ای در ترکیب اسیدهای چرب بعد از طی شرایط آزمایش مشاهده نگردید. روغن مخلوط اولیه با ترکیب ۹/۴۳٪ اسید پالمیتیک، ۲۳/۸۰٪ اسید اولئیک، ۵۸/۰۰٪ اسید لینولئیک و ۲/۴۲٪ اسید لینولنیک مانند روغن آفتابگردان دچار تغییراتی در ترکیب اسیدهای چرب شده است بطوریکه میزان اسیدهای چرب دو غیر اشباعی کمتر شده و بر میزان اسیدهای چرب تک اشباعی افزوده گردیده است به عنوان مثال بعد از ۶۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد دارای ۹/۶۳٪ اسید پالمیتیک، ۲۴/۷۹٪ اسید اولئیک و ۵۵/۵۶٪ اسید لینولئیک می باشد. شاید دلیل این امر تاثیر عامل زمان و درجه حرارت بر شکست پیوندهای دوگانه و تبدیل آن ها به پیوندهای یگانه باشد (غیائی طرزی و همکاران، ۱۳۸۵). وجود قطعات پلاستیکی بر ترکیب اسیدهای چرب تاثیر مشخصی ندارد.

از آنجا که کلیه نمونه ها در محیط تاریک و به صورت در بسته (در ارلن های با حجم ۲۵۰ میلی لیتر با درب سنباده ای) نگهداری گردیدند تاثیر پارامترهای نور و اکسیژن بر کلیه نمونه ها یکسان بوده است.

با توجه به نمودار ۱، نتایج نشان دهنده کاهش معنادار مدت زمان مقاومت در هر سه نوع روغن بعد از گذشت زمان های ۲۰ و ۶۰ روز می باشد. البته این کاهش در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد شدیدتر است. در بین انواع روغن ها روغن کانولا دارای بیشترین زمان مقاومت بود که این امر می تواند ناشی از وجود اسید چرب اولئیک (تک غیر اشباعی) باشد و روغن مخلوط دارای کمترین مدت زمان مقاومت (۸ ساعت) به علت ترکیب نسبتا متفاوت اسیدهای چرب و وجود مقادیر قابل توجه اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است. تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ در اثر وجود یا عدم وجود قطعات پلاستیکی مشاهده گردید که نشان دهنده تاثیر قطعات پلاستیکی در کاهش مدت زمان مقاومت بود که با تحقیقات محققین قبلی (Kucuk and Caner, 2005; Tawfik and Huyghebaert, 2005; Huang *et al.*, 1981) کاملا مطابقت دارد. در مورد روغن مخلوط مدت زمان مقاومت بعد از گذشت ۶۰ روز در ۴۵ درجه دچار افت محسوسی می گردد (از حدود ۸ ساعت به ۷ ساعت کاهش می یابد) که این روغن فاقد قابلیت مصرف با توجه به استاندارد روغن مخلوط (حداقل مدت زمان مقاومت ۸ ساعت) است (بی نام، ۱۳۷۸؛ بی نام، ۱۳۸۴؛ بی نام، ۱۳۸۶). با توجه به نتایج روغن کانولا در بین سه نوع روغن انتخابی بیشترین زمان مقاومت نسبت به اکسید شدن در شرایط مختلف مورد نظر را دارد.

نمودار ۲ بیانگر افزایش قابل توجه شاخص کیفی اندیس پراکسید در سه نوع روغن بعد از گذشت دوره زمان ۲۰ و ۶۰ روز بخصوص در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد می باشد. بطوریکه بعد از گذشت مدت زمان ۶۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و در حضور قطعات پلاستیکی این شاخص در روغنهای آفتابگردان، مخلوط و کانولا به ترتیب ۱۸/۶۰، ۲/۳۰ و ۳/۵۵ برابر می گردد. تشکیل پراکسید در روغن مخلوط اولیه به علت تنوع اسیدهای چرب و حضور اسیدهای چرب چند غیر اشباعی با سرعت بیشتری صورت می گیرد، اندیس پراکسید در روغن های آفتابگردان و کانولا اولیه با سرعت کمتری به علت حضور آنتی اکسیدان های طبیعی در روغن آفتابگردان و وجود اسیدهای چرب تک غیر اشباعی مانند اسید اولئیک به مقدار قابل توجه در روغن کانولا تشکیل می گردد (کدیور و همکاران، ۱۳۸۹) اما با گذشت زمان و از دست رفتن کارایی

ملایم در روند افزایش اندیس یدی که تابعی از ترکیب اسیدهای چرب می باشد مشاهده گردید. تفاوت قابل بیان در سطح ۰/۰۵ در حضور یا عدم حضور قطعات پلاستیکی در اندیس یدی وجود دارد و با افزایش درجه حرارت نگهداری و مدت زمان تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ بین نمونه ها مشاهده می گردد که این مساله ناشی از تاثیر این فاکتورها بر میزان غیراشباعیت اسیدهای چرب روغن ها می باشد نتایج با مطالعات صورت پذیرفته توسط محققین در گذشته مطابقت دارد (Kucuk and Caner, 2005).

همانطور که در نمودار ۴ نمایش داده شده است در بین روغنهای مورد نظر روغن کانولا دارای مقدار زیادتری اسیدهای چرب آزاد نسبت به سایر روغنها در همه شرایط مورد نظر می باشد دلیل این امر حساسیت زیاد روغن کانولا به اکسیداسیون و وجود اسیدهای چرب مستعد برای اکسیداسیون و در نتیجه تشکیل اسیدهای چرب آزاد می باشد. تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ بین دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد در هر سه نوع روغن در میزان اسیدهای چرب آزاد وجود دارد که نشاندهنده تاثیر افزایش دما بر تشکیل اسیدهای چرب آزاد می باشد. همچنین وجود تفاوت ملموس این پارامتر در دو دوره زمانی ۲۰ و ۶۰ روز بیانگر تاثیر گذشت زمان بر ایجاد اسیدهای چرب آزاد می باشد که نتایج فوق با مطالعات قبلی تطابق دارد (Frankel, 1991; Kaya *et al.*, 1993). تفاوت موجود در میزان این شاخص در اثر وجود و یا عدم وجود قطعات پلاستیکی احتمالا در اثر مهاجرت مواد تشدید کننده پدیده اکسیداسیون و مواد آنتی اکسیدانی موجود در ماده پلیمری PET از قطعات به درون روغن ها است که میزان مواد پرواکسیدانی از مواد آنتی اکسیدانی و همچنین شدت عملکرد آنها بیشتر بوده است در نتیجه پدیده غالب مساله اکسیداسیون و تشکیل اسیدهای چرب آزاد در حضور قطعات پلاستیکی در نظر گرفته می شود.

نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات انجام شده توسط Kucuk and Caner در سال ۲۰۰۵ کاملا مطابقت دارد. در مورد این شاخص حداکثر اسید چرب آزاد برای روغنهای آفتابگردان، کانولا و مخلوط ۲، ۲ و ۰/۱ بر حسب اسید اولئیک در استاندارد ملی ایران می باشد. با توجه به این اعداد روغن مخلوط نگهداری شده در دمای ۴۵ درجه

سیستمهای مقاومتری در روغنهای آفتابگردان و کانولا در این روغنها مقادیر اندیس پراکسید بیشتری نسبت به روغن اولیه تشکیل می گردد. تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ در میزان این اندیس در حضور و عدم حضور قطعات پلاستیکی در دمای ۴۵ درجه ناشی از تاثیر دمای بالا بر پدیده مهاجرت است که در نتیجه این پدیده ورود مواد تسریع کننده شکل گیری هیدروپراکسید از قطعات پلاستیکی به درون روغن با سرعت بیشتری انجام می شود.

این مساله در تحقیقات (Frankel, 1991; Huang, 1991; Huang, 1991; Huang, 1991) نیز تأیید شده است. حداکثر مجاز عدد پراکسید ذکر شده در استاندارد ملی ایران برای روغن های آفتابگردان، کانولا و مخلوط به ترتیب ۲،۲/۵ و ۵ میلی اکی والان بر کیلوگرم می باشد که با توجه به اعداد فوق روغن آفتابگردان و کانولا نگهداری شده در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ روز و در مورد روغن مخلوط در تماس با قطعات پلاستیکی نگهداری شده در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ روز قابل مصرف نمی باشند (بی نام، ۱۳۷۸؛ بی نام، ۱۳۸۴؛ بی نام، ۱۳۸۶). نتایج نشان دهنده این مطلب است که روغن کانولا کمترین مقدار پراکسید ایجاد شده در بین سه نوع روغن مورد نظر را دارد.

افزایش نسبی اندیس یدی در روغن های ذکر شده در طی نگهداری در نمودار ۳ نشان داده شده است. اندیس یدی میزان غیر اشباع بودن یک ماده چرب را مشخص می سازد و مستقیما از ترکیب اسیدهای چرب بدست آمده از طریق گاز کروماتوگرافی محاسبه گردیده است. اندیس یدی در روغن مخلوط دارای بیشترین افزایش بوده است بطوریکه بعد از گذشت مدت زمان ۶۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد و بدون حضور قطعات پلاستیکی این شاخص حدود ۱/۰۱ برابر مقدار اولیه شده است. دلیل این امر تنوع اسیدهای چرب در این نوع روغن می باشد (روغن مخلوط مخلوطی از سه روغن آفتابگردان با اسید لینولئیک بالا حدود ۶۱٪ و روغن سویا با اسید اولئیک و لینولئیک بالا به ترتیب حدود ۲۶ و ۵۷٪ و روغن تخم پنبه با داشتن انواع اسیدهای چرب بخصوص اسید پالمیتیک و اسید اولئیک و اسید لینولئیک به ترتیب حدود ۲۹٪، ۴۴٪ و ۳۳٪ دارای تنوع اسیدهای چرب می باشد). تغییرات نسبتا

منابع

- بی نام (۱۳۷۳). روش های اندازه گیری پایداری روغن ها و چربی های خوراکی در برابر اکسید شدن. استاندارد شماره ۳۷۳۴. چاپ اول.
- بی نام. (۱۳۷۸). ویژگیهای روغن کلزای خوراکی. استاندارد شماره ۴۹۳۵. چاپ اول.
- بی نام. (۱۳۸۴). ویژگیهای روغن خام آفتابگردان. استاندارد شماره ۱۰۰۸۶. چاپ اول.
- بی نام. (۱۳۸۶). روغن مخلوط- ویژگیها. استاندارد شماره ۵۹۵۰. تجدید نظر اول.
- جهانبخش، ف. (۱۳۷۸). بررسی انتقال کلی مواد از بسته بندی های پلاستیکی به مواد غذایی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
- غیائی طرزی، ب.، الهامی راد، ا. ح.، حسینی، ا.، سلامی نیا، م. و قوامی، م. (۱۳۸۵). بررسی پایداری انواع مختلف روغن های گیاهی مایع موجود در بازار مصرف ایران. مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه، سال ۳، شماره ۴، صفحات ۳۳ تا ۳۳.
- کدیور، ش.، قوامی، م.، قراچورلو، م. و دلخوش، ب. (۱۳۸۹). ارزیابی شیمیایی روغن استخراج شده از ارقام مختلف دانه کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه، سال ۷، شماره ۲ (پیاپی ۲۶)، صفحات ۱۹ تا ۳۰.
- Baner, A., Bieber, W., Figge, K., Franz, R. & Piringer, O. (1992). Alternative fatty food stimulant for migration testing of polymeric food contact materials. Food additives and contaminants, 9, 137-148.
- Crosby, N. T. (1981). Food packaging materials. Aspects of Analysis and Migration of Contaminates. Applied Science Publisher, pp.89.
- Farhoodi, M., Emam-Djomeh, Z., Ehsani, M. R. & Oroumieh, A. (2008). Effect of environmental conditions on the migration of Di (2-Ethylhexyl) Phthalate from PET bottles into yogurt drinks: influence of time, temperature and food stimulant. The Arabian Journal for Science and Engineering, 33(2B), 279-287.
- Firestone, D. (1994). Official methods & recommended practice of the American oil chemists society, (4th ed), AOCS press, Champaign, IL, USA.
- Frankel, E. N. (1982). Volatile lipid oxidation products. Progress in lipid Research, 22, 1-33.

سانتیگراد به مدت ۶۰ روز قابل مصرف نمی باشد (بی نام، ۱۳۷۸؛ بی نام، ۱۳۸۴؛ بی نام، ۱۳۸۶). ذکر این نکته ضروری است که حضور اسیدهای چرب پدیده هیدرولیز را تشدید می کند که خود سبب فساد و غیر قابل مصرف شدن روغن می گردد. نتایج بیانگر این مطلب است که روغن کانولا در شرایط مختلف مورد نظر دارای بیشترین مقدار اسیدهای چرب آزاد می باشد.

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت روغن های خوراکی در سبد غذایی خانواده های ایرانی و لزوم بسته بندی مناسب برای حفظ و نگهداری محصول با کیفیت دلخواه و نیز گسترش روزافزون استفاده از پلیمر پلی اتیلن ترفتالات در بسته بندی روغن، بررسی تاثیر این نوع بسته بندی بر ترکیب اسیدهای چرب (هم از لحاظ تکنیکی و هم از جنبه تغذیه ای) و فاکتورهای کیفی نظیر اسیدهای چرب آزاد و .. حائز اهمیت زیادی می باشد. در این تحقیق تاثیر شرایط مختلف نگهداری از نظر دمایی و زمانی و حضور یا عدم حضور قطعات پلاستیکی PET بر کیفیت روغن مورد بررسی قرار گرفت و به طور کلی نگهداری و عرضه روغن در بطریهای PET موجب کاهش فاکتورهای کیفی محصول در دراز مدت می گردد، لذا در صورت بسته بندی این محصول در بطریهای پلی اتیلن ترفتالاتی باید از شرایط نگهداری در دماهای پائین تر از ۳۰ درجه سانتیگراد استفاده نمود و همچنین در مورد مدت زمان ماندگاری نیاز به انجام تحقیقات بیشتر می باشد بطوریکه بهینه شرایط نگهداری با توجه به حفظ کیفیت روغن تعریف گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه کارکنان بخش کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه شرکت صنعتی بهشهر بخصوص اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر بهمنی و جناب آقای مهندس عامری و پرسنل محترم بخش بسته بندی و سم شناسی اداره کل آزمایشگاههای کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

Frankel, E. N. (1991). Recent advances in lipid oxidation. *Journal of science and food agriculture.*, 54, 495.

Freytag, W., Figge, K. & Bieber, W. D. (1984). Migration of different plastics additives from various plastic into isooctane and into olive olive oil. *Detusche Lbensmittel – Rundschau*, 80, 333-335.

Gilbert, S. G. (1985). Food package compatibility. *Food Technology*, 39, 54-56, 63.

Gilbert, S, G. & Mannheim, C. H. (1982). Shelf life testing of foods. P. Al. Center for professional advancement, E. Brunswick, NJ.

Karel, M. & Heidelburgh, N. D. (1975). *Nutritional Evaluation of Food Processing*. Ch. 15, eds R. S. Harris and E. Karmas. Avi Publishing CO., Westport, Conn.

Huang, A. S., Hsieh, O. A. L., Huang, C. L. & Chang, S. S. (1981). A comparison of the stability of sunflower oil and corn oil. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 58, 997-1001.

Kaya, A., Tekin, A. R. & Oner, M. D. (1993). Oxidative stability of sunflower and olive oil: comprison between a modified active oxygen. Method and long term storage. *Lebnesm. Wiss, Technol.*, 26, 464-468.

Kirtaskis, A. K. (1984). Effect of selected storage conditions and packaging material on olive oil quality. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 61, 1868-1870.

Kucuk, M. & Caner, C. (2005). Effect of packaging materials and storage conditions on sunflower oil quality. *Journal of Food Lipids*, 12, 221-231.

Mahadeviah, M. (1975). Plastic containers for processed food products. *Indian Food Packaging*. pp.35.

Miltz, J., Hoojjat, P., Han, J. K., Giacin, J. R., Harte, B. R. & Gray, I. J. (1988). Loss of antioxidants from high polyethylene: Its effect on oatmeal cereal oxidation. In *Food and packaging interaction*, ed. J. H. Hotchkiss, pp. 83-89.

Niebergall, H. & Hartmann, M. (1993). Determination and specific migration of antioxidant and plastocizers. *Lebensm. Wiss Technol.*, 17, 254.

Satue, M. T., Huang, S, W. & Frankel, E. N. (1995). Effect of natural antioxidants in virgin olive oil on oxidative stability refined bleached and deodorized olive oil. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 7 2, 1131-1137.

Sharma, G. K., Madhura, C. V. & Arya, S. S. (1992). Interaction of plastic films with foods. Effect of polyethylene and poly propylene films on the stability of vegetable oils. *Journal of Food Science Technology*, 27, 328-331.

Sirkhman, X. (1983). Storage ability of palm and coconut oils. *Tovaravedenie*, 16, 68-72.

Tawfik, M. S. & Huyghebaert, A. (1999). Interaction of Packaging Materials and Vegetable Oils: oil stability. *Journal of Food Chemistry*, 64, 451-459.

Tawfik, M. S. (2005). Interaction of Packaging Materials and Vegetable Oils: Global Migration and Oil Absorption. *Journal of Food Technology*, 3(4), 506-510.