

مقایسه تغییرات کیفی روغن‌های سویا، پالم اولئین و ذرت در طی فرآیند سرخ کردن عمیق

محمدرضا تورانی^{۱*}، علیرضا صادقی ماهونک^۲، امان محمد ضیایی فر^۳، محمد قربانی^۱، فرح‌ناز ثابت^۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی فارس، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۳

چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی و بررسی فراوانی اسیدهای چرب سازنده روغن‌های سویا، پالم اولئین و ذرت در راستای ارزیابی رفتار این سه روغن در تولید محصولات اولیه، ثانویه و نهایی اکسیداسیون در طی فرآیند حرارتی می‌باشد. تمامی روغن‌ها در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در طی ۸ ساعت به صورت مداوم حرارت دهی شدند. بررسی اسیدهای چرب روغن‌ها توسط دستگاه گازکروماتوگرافی تعیین گردید. اندیس آنیزیدین، میزان دی‌ان مزدوج، درصد ترکیبات قطبی کل و اندیس پراکسید روغن‌ها برای ارزیابی پایداری اکسیداتیو آن‌ها در طی فرآیند حرارت‌دهی، مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آزمون‌ها نشان داد که روغن پالم اولئین با دارا بودن بیشترین مقدار اسید چرب اشباع (۴۸/۶۶) و کم‌ترین مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (۷/۵۳)، بیشترین پایداری حرارتی را دارد. روغن سویا با ۷/۲ درصد اسید لینولنیک بیشترین مقدار اندیس آنیزیدین و درصد ترکیبات قطبی را دارا بود که نشان از ضعف این روغن در برابر فرآیند حرارتی است. اندیس آنیزیدین تقریباً برای تمامی روغن‌ها با افزایش زمان سرخ کردن افزایش یافت و میزان دی‌ان مزدوج در روغن سویا بیشتر از سایر روغن‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: گاز کروماتوگرافی، روغن سویا، سرخ کردن عمیق، پایداری حرارتی.

۱- مقدمه

هیدروژناسیون جزئی، اصلاح اسید چرب توسط استریفیکاسیون و هم‌چنین مخلوط کردن روغن‌های مختلف جهت اصلاح اسیدهای چرب می‌باشند (۷ و ۱۰). ترکیبات فرار ناشی از فرآیند سرخ کردن شامل هیدروکربن‌ها، الکل‌ها، اسیدها، آلدهیدها، فوران‌ها و پراکسیدهای اسیدهای کربوکسیلیک می‌باشند که شاخصی مناسب جهت ارزیابی کیفیت روغن فرآیند شده هستند (۱۶). روغن پالم به دلیل حضور حدود پنجاه درصد اسید چرب پالمیتیک و حضور کارتنوئیدهای فراوان پایداری اکسیداتیو مناسبی دارد (۱۶). با این حال وجود اسید چرب با اشباعیت زیاد موجب بیماری‌های بسیاری از جمله تصلب شرایین و قلبی، عروقی می‌شود (۱۶). اکسیداسیون چربی‌ها یکی از عمده‌ترین واکنش‌های روغن در طی سرخ کردن عمیق روغن‌ها است که در مرحله مقدماتی آن رادیکال آزاد تشکیل شده با حمله به جایگاه پیوند دوگانه باعث جابجایی باند دوگانه یا تشکیل هیدروپراکسیدها می‌شوند (۱۷). هدف از انجام این تحقیق شناسایی و بررسی فراوانی اسیدهای چرب سازنده روغن‌های سویا، پالم‌اولئین و ذرت در راستای ارزیابی رفتار این سه روغن در تولید محصولات اولیه، ثانویه و نهایی اکسیداسیون در طی فرآیند حرارتی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

تمامی روغن‌های مورد مطالعه تصفیه شده و فاقد هرگونه افزودنی یا آنتی‌اکسیدان و در مورد روغن پالم‌اولئین فاقد بتا-کاروتن بوده و از کارخانه غنچه ساری تهیه شدند. همچنین روغن ذرت از شرکت کشت و صنعت گلبرگ بهاران تهیه گردید و کلیه این روغن‌ها بلافاصله بعد از تولید، خریداری و تا زمان انجام پژوهش در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد و بعد از اتمام فرآیند حرارت‌دهی و تا قبل از انجام آزمون‌های گوناگون در تاریکی و دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

۲-۱- فرآیند حرارت‌دهی

عملیات سرخ کردن در سرخ‌کن خانگی فاقد ترموستات انجام پذیرفت. در این پژوهش جهت تنظیم دقیق دما از یک تنظیم‌کننده دما با نوسان کمتر از ± 0.1 درجه سانتی‌گراد استفاده شد. هم‌چنین برای توزیع یکنواخت هوا در تمامی نقاط محفظه سرخ‌کن یک همزن با سرعت معین درون محفظه سرخ‌کن قرار گرفت. وزن نهایی روغن افزوده شده به محفظه سرخ‌کن ۲/۱ کیلوگرم بود.

فرآیند سرخ کردن یکی از روش‌های معمول و بسیار پرکاربرد در تولید مواد غذایی در جهان است. ارزش روغن‌های سرخ‌کردنی به کاهش هرچه بیشتر اسیدهای چرب چند غیر اشباعی مربوط می‌شود که در دماهای بسیار بالا واکنش‌پذیر و ناپایدار هستند (۱۱). در طی فرآیند سرخ کردن عمیق روغن‌ها معمولاً ترکیبات فرار و غیر فرار ناشی از تجزیه حرارتی و اکسیداتیو اسیدهای چرب غیر اشباع ایجاد می‌گردند (۵)، که این ترکیبات از لحاظ تغذیه‌ای نامطلوب هستند (۲۲). اکسیداسیون واکنشی است بین اکسیژن محیط و چربی که در محل پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیر اشباع ایجاد می‌گردد و منجر به ایجاد ترکیبات عطر و طعمی و رنسید شدن روغن می‌گردد (۱۱). فرآورده‌های تجزیه‌ای ناشی از فرآیند سرخ کردن شامل پراکسیدها، اسیدهای چرب آزاد، ترکیبات پلیمری، ترکیبات قطبی (الکل‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و دیمرها) و اسیدهای چرب اکسید شده می‌باشند که در یک طبقه‌بندی کلی بر اساس وزن به گروه سنگین‌تر از ۱/۸ کیلو دالتون که با نام ترکیبات غیر فرار خوانده می‌شوند و گروه با وزن کمتر که ترکیبات فرار می‌باشند تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۳). در مرحله نهایی اکسایش، هیدروپراکسیدها به محصولات ثانویه اکسایش تجزیه شده، میزان نشان کاهش می‌یابد و حتی ممکن است به صفر برسد (۶). اندیس آنیزیدین شاخصی است جهت شناسایی ترکیبات ثانویه اکسیداسیون نظیر آلدهیدهای کم‌فرار به خصوص ۴ و ۲-دی‌انال (2,4_Dienal) و ۲-آلکنال‌ها (2_Alkenals) می‌باشد. در یک قاعده کلی با کاهش اندیس پراکسید، مقدار پارا-آنیزیدین افزایش می‌یابد از این رو مقدار آنیزیدین نشان‌دهنده شدت زوال‌پذیری روغن در طی فرآیند سرخ کردن است (۲۰). یک روغن با پایداری حرارتی مناسب جهت سرخ کردن بایستی دارای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی کم از جمله اسید لینولنیک (۱۸:۳) و اسید لینولئیک (۱۸:۲) بوده و مقدار بسیار بالایی اسید اولئیک (۱۸:۱) و مقدار محدودی اسید چرب اشباع باشد (۹ و ۱۲). روغن سویا بیشترین مقدار تولید را در سراسر جهان از آن خود کرده است که از ارزش تغذیه‌ای مناسبی برخوردار بوده و منبع بسیار خوبی از اسیدهای چرب ضروری است اما به دلیل پایداری اکسیداتیو کم، روغن مطلوبی جهت سرخ کردن نمی‌باشد (۲۱). روش‌های گوناگونی جهت اصلاح پایداری اکسیداتیو روغن‌های با غیر اشباعیت زیاد مورد استفاده قرار گرفته است که از این جمله

۲-۲-۳- اندازه‌گیری عدد دی‌ان مزدوج

نمونه روغن به نسبت ۱:۶۰ با ایزواکتان (گرم به میلی‌لیتر) رقیق شد. سپس اختلاف جذب نمونه رقیق شده در طول موج ۲۳۳ نانومتر با جذب شاهد (ایزواکتان فاقد نمونه) اندازه‌گیری شد (۱۷).

۲-۲-۴- محاسبه مقدار پارا-آنیزیدین

مقدار اندیس آنیزیدین به روش (PORIM) تعیین گردید که به دلیل سرطان‌زایی بنزیدین از ترکیب پارا-آنیزیدین استفاده شد (۲۰).

۲-۲-۵- اندازه‌گیری اندیس پراکسید

اندیس پراکسید توسط روش (AOAC، ۲۰۰۵) محاسبه گردید. بدین صورت که بسته به میزان پراکسید روغن ۰/۵ تا ۵ گرم نمونه برداشته شد (۳).

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی ساده با سه تکرار انجام شد و نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

توزیع فراوانی اسیدهای چرب روغن‌های مورد بحث در جدول ۱ نمایش داده شده است. روغن پالم‌اولئین با دارا بودن بیشترین مقدار اسید چرب اشباع (۴۸/۶۶) و کم‌ترین مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (۷/۵۳) انتظار می‌رود که پایداری حرارتی بسیار خوبی در برابر فرآیند حرارتی از خود نشان دهد. در پژوهش مشابهی نیز این موضوع نشان داده شده به طوری که مقدار اسیدهای چرب اشباع پالم‌اولئین ۴۸/۸ و مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباعی ۶/۰۳ گزارش شده است (۸). روغن سویا با ۷/۲ درصد اسید لینولنیک انتظار می‌رود که کم‌ترین مقدار پایداری حرارتی را داشته باشد. روغن ذرت با دارا بودن ۰/۶۵ درصد (۱۸:۳)، از لحاظ حضور این اسید چرب اختلاف معناداری با روغن پالم‌اولئین از خود نشان نداد. در یک پژوهش مشابه میزان فراوانی اسیدهای چرب روغن ذرت برای مقدار ΣSFA ، $\Sigma MUFA$ ، $\Sigma PUFA$ به ترتیب ۱۲، ۳۱/۹، ۵۵/۷ درصد گزارش

جهت بررسی پایداری حرارتی روغن‌های مورد بحث و رفتار آن‌ها در طی روند افزایش دما، نمونه‌برداری در دماهای ۲۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در زمان $t=0$ و همچنین بر اساس زمان در دمای $T=180^{\circ}C$ در زمان‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ ساعت انجام گرفت.

۲-۲- آزمون‌ها

۲-۲-۱- تعیین توزیع فراوانی اسیدهای چرب روغن‌ها
ترکیب اسیدهای چرب روغن‌ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی گاز- مایع (Hewlett-pockard) مدل Hp-5890 و با روش استرهای متیل اسیدهای چرب^۱ انجام گرفت. حدود ۰/۳ گرم روغن مورد آزمایش در ۷ میلی‌لیتر آن-هگزان حل گردید و با ۲ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم متانولی ۲ نرمال به آن اضافه و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به خوبی مخلوط شد. ۰/۴ میلی‌لیتر از نمونه بعد از سپری شدن ده دقیقه به گاز کروماتوگراف تزریق شد.

دستگاه گاز کروماتوگراف مجهز به آشکارساز یونی شعله‌ای^۲ بوده و اندازه قطر داخلی ستون آن ۰/۲۵ (میلی‌متر)، ۶۰ (متر) طول، دمای بخش تزریق کننده و آشکارساز ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، دمای محفظه (آون) ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد بود. جریان گاز حامل نیتروژن یک میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم گردید. در نهایت سطح منحنی حاصل از دستگاه با منحنی استاندارد مقایسه و نوع و مقدار هر اسید چرب سازنده روغن بر حسب درصد تعیین گردید (۴).

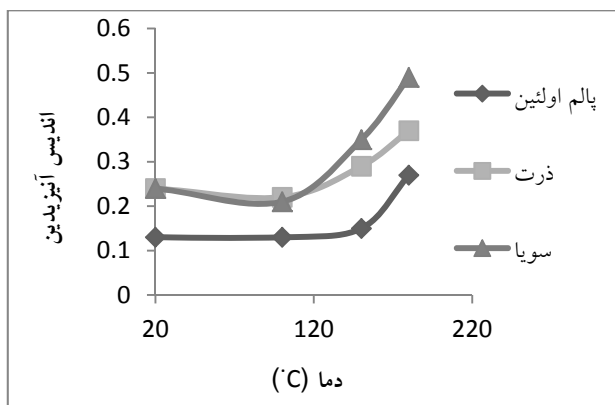
۲-۲-۲- اندازه‌گیری ترکیبات قطبی کل (TPC)^۳

اندازه‌گیری ترکیبات قطبی کل به روش کروماتوگرافی لایه نازک انجام پذیرفت بدین ترتیب که سلیکاژل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و با نسبت ۰/۵: ۹/۵ با آب مخلوط و به ستون مورد نظر انتقال داده شد. سیستم حلالی مورد استفاده ایزوهگزان و دی‌ایزوپروپیل اتر به نسبت ۸۵ و ۱۵ بود. نمونه روغن با نسبت ۱ به ۹ با تولوئن مخلوط و ۱ میلی‌لیتر از آن به ستون منتقل شد پس از اتمام عملیات کروماتوگرافی انتهای ستون با تولوئن شسته شد و به روش وزن‌سنجی مقدار ترکیبات قطبی اندازه‌گیری شد (۱۹).

1- FAME

2- Flame ionization detector

3- Total polar compounds



شکل ۱- تغییرات اندیس آنیزیدین در طی روند سرخ کردن بر حسب افزایش دما

تغییرات اندیس آنیزیدین بر حسب زمان در طی روند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲ نمایش داده شده است. تعیین اندیس آنیزیدین یک آزمون قابل اطمینان جهت ارزیابی محصولات ثانویه اکسیداسیون می‌باشد به این دلیل که پایداری مناسبی در طی فرآیند حرارتی از خود نشان می‌دهد (۲). اندیس آنیزیدین تقریباً برای تمامی روغن‌ها با افزایش زمان سرخ کردن افزایش یافته است. الگوی رشد اندیس آنیزیدین برای روغن سویا در طی فرآیند سرخ کردن متفاوت و کاملاً خطی و صعودی بود اما سایر روغن‌ها از چنین الگویی تبعیت نکردند و منحنی رشد آن‌ها خطی نبود. مقدار اندیس آنیزیدین روغن سویا بعد از ۱ ساعت فرآیند سرخ کردن ۷/۸۴ برآورد گردید که در انتهای فرآیند حرارتی یعنی ۸ ساعت به ۱۰۱/۲۳ رسید که در همین زمان مقدار تولید این فاکتور برای روغن پالم اولئین عدد ۴۳/۰۱ بود که پایداری بسیار خوبی از خود نشان داد. در انتهای زمان سرخ کردن مقدار آنیزیدین روغن ذرت به ۷۷/۳۹ رسید که منحنی تولید این فاکتور شبیه روغن پالم اولئین بود. عبدالکریم و همکاران (۲۰۰۷)، پایداری حرارتی روغن‌های سویا و پالم اولئین با ساختمان اسیدچربی به ترتیب {۱۵/۸ درصد Σ SFA، ۲۵/۱ درصد Σ MUFA، ۵۹ درصد Σ PUFA} و {۴۲/۷ درصد Σ SFA، ۴۶/۳ درصد Σ MUFA، ۱۱ درصد Σ PUFA} مورد مطالعه قرار دادند که پس از تحمل ۶ ساعت فرآیند حرارتی در ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد مقدار اندیس آنیزیدین آن‌ها ۱۰۴/۱ برای روغن سویا و ۴۶/۲۵ برای روغن پالم اولئین گزارش دادند شایان ذکر است که بیشترین رشد اندیس آنیزیدین در همان ۶ ساعت اول فرآیند رخ داده است (۱).

شده است (۱۴). مهم‌ترین اسید چرب سازنده روغن ذرت، اسید لینولئیک می‌باشد که بیش از نیمی از ساختار این روغن را تشکیل داده است.

تأثیر افزایش دما از دمای محیط (۲۰ درجه سانتی‌گراد) تا دمای نهایی سرخ کردن (۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) در زمان صفر بر روی تغییرات اندیس آنیزیدین روغن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. اندیس آنیزیدین روغن پالم اولئین در دمای محیط و قبل از انجام فرآیند حرارتی ۰/۱۳ اندازه‌گیری شد که در طی افزایش دما تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تغییر چندانی از خود نشان نداد اما بعد از این دما تا دمای نهایی یعنی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رشد کرده و به ۰/۲۷ رسید. یکی از موارد قابل توجه در این شکل کاهش معنی‌دار مقدار آنیزیدین در دو روغن دیگر از دمای محیط تا دمای ۱۰۰ درجه می‌باشد که احتمالاً مربوط به خروج آلدهیدهای با فراربت بالا در ابتدای فرآیند حرارتی باشد احتمالاً این موضوع به کمک حرکت پره‌های همزن موجود در محفظه سرخ‌کن تسریع گردیده است.

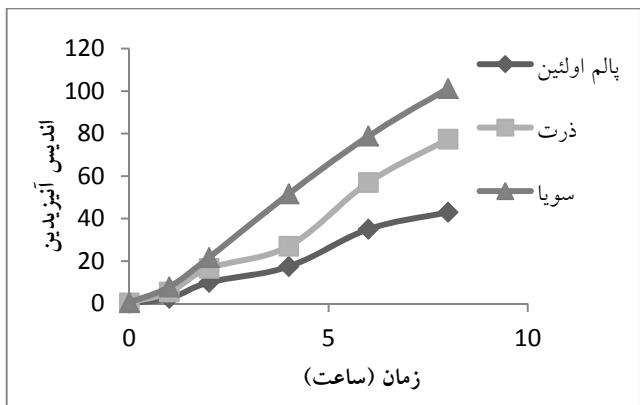
جدول ۱- شناسایی و تعیین توزیع فراوانی اسیدهای چرب سازنده روغن‌های مختلف

اسید چرب	پالم اولئین	ذرت	سویا
(۱۲:۰)	۰/۳۲±۰/۰۲a	-	-
(۱۴:۰)	۰/۶±۰/۰۲a	۰/۶۳±۰/۰۲a	-
(۱۶:۰)	۴۲/۶۱±۰/۰۶a	۱۳/۲۳±۰/۰۲b	۶/۸۱±۰/۰۹c
(۱۶:۱)	۰/۵۱±۰/۰۳a	۰/۴۲±۰/۰۱b	-
(۱۸:۰)	۵/۱۳±۰/۰۷a	۰/۷۹±۰/۰۳b	۰/۷۹±۰/۰۳b
(۱۸:۱)	۴۳/۳±۰/۰۸a	۳۰/۰۶±۰/۰۹b	۲۲/۶۵±۰/۰۷c
(۱۸:۲)	۷/۱۲±۰/۱c	۵۴/۲۳±۰/۱۳b	۵۹/۷۱±۰/۱a
(۱۸:۳)	۰/۴۱±۰/۰۳b	۰/۶۵±۰/۰۱b	۷/۲±۰/۰۶a
Σ SFA ^۱	۴۸/۶۶±۰/۱۵a	۱۴/۶۵±۰/۰۲b	۷/۶±۰/۱۱c
Σ MUFA ^۲	۴۳/۸۱±۰/۰۷a	۳۰/۴۷±۰/۱b	۲۲/۶۵±۰/۰۷c
Σ PUFA ^۳	۷/۵۳±۰/۱۱c	۵۴/۸۸±۰/۱۲b	۶۶/۹۱±۰/۰۵a
Σ USFA ^۴	۵۱/۳۴±۰/۱۵c	۸۵/۳۵±۰/۰۲b	۸۹/۵۶±۰/۱۱a
Σ SFA/ Σ USFA	۰/۹۵±۰/۰۰۶a	۰/۱۷±۰b	۰/۰۸۵±۰/۰۰۶c

* اعداد (± انحراف استاندارد) دارای حروف کوچک مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < ۰/۰۵$)

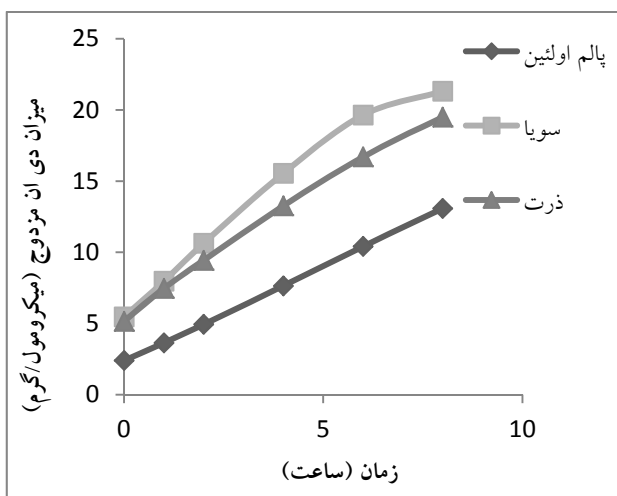
- 1- Saturated fatty acids
- 2- Mono unsaturated fatty acids
- 3- Poly unsaturated fatty acids
- 4- Unsaturated fatty acids

مقدار دی‌ان‌مزدوج که فرآورده‌ای از اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است (۱)، برای تمامی روغن‌های مورد بحث اندازه‌گیری و در شکل ۴ تغییرات مربوط به این اندیس نشان داده شده است. نتایج بیانگر این واقعیت است که با افزایش زمان سرخ کردن مقدار تولید ترکیبات دی‌ان‌مزدوج افزایش یافته است به شکلی که بیشترین میزان این ترکیبات مربوط به روغن سویا بوده که اختلاف بسیار زیادی با روغن پالم‌اولئین از خود نشان داده است. مقدار دی‌ان‌مزدوج روغن پالم‌اولئین پس از تحمل ۸ ساعت فرآیند حرارتی به عدد ۱۳/۰۸ رسید که پایداری بسیار مناسبی از خود نشان داد. این مسأله احتمالاً به دلیل حضور ۹۱/۹۶ درصد مجموع اسیدهای چرب اشباع و تک غیراشباعی است که بسیار کم وارد واکنش شده‌اند. برای تشکیل دی‌ان‌مزدوج حداقل بایستی دو باند دوگانه در ساختار اسیدچرب وجود داشته باشد (۱۷)، بنابراین به دلیل عدم وجود بیش از یک پیوند دوگانه، واضح است که میزان اندیس دی‌ان‌مزدوج این روغن رشد چندانی از خود نشان نداده است. میزان دی‌ان‌مزدوج در مورد روغن ذرت نیز پس از ۸ ساعت فرآیند حرارتی به ۱۹/۵۳ رسید و بنابراین می‌توان این گونه در نظر گرفت که روغن ذرت در تولید این محصول مقاومت بیشتری نسبت به روغن سویا از خود نشان داده است. نکته قابل بحث در مورد روغن سویا، الگوی منحنی آن در تولید میزان دی‌ان‌مزدوج در محدوده عدد ۲۰ می‌باشد که نشان دهنده کاهش در شدت روند تولید این فاکتور در این بازه است.

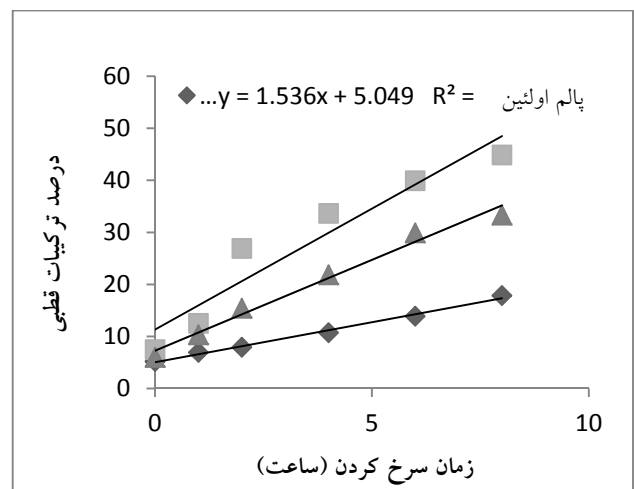


شکل ۲- تغییرات اندیس آیزیدین در طی روند سرخ کردن در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب افزایش زمان

در شکل ۳ میزان تولید ترکیبات قطبی در حین فرآیند حرارتی نشان داده شده است. معادله خط هر سه روغن مورد بحث و ضریب همبستگی بین زمان حرارت‌دهی و میزان رشد ترکیبات قطبی نشان از چگونگی رفتار اکسیداتیو روغن‌ها در طی فرآیند حرارتی می‌باشد. حساسیت روغن سویا نسبت به پروسه حرارتی کاملاً در شکل نمایان است به طوری که بعد از دو ساعت فرآیند حرارتی مقدار تولید این ترکیبات به بیش از ۲۵ درصد رسیده است. این محدوده (۲۵٪) به عنوان غیرقابل مصرف شدن روغن‌های سرخ‌کردنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۸). تولید ترکیبات قطبی برای روغن پالم‌اولئین در طی زمان حرارت‌دهی چندان تغییر عمده‌ای از خود نشان نداد به طوری که منحنی آن نسبت به دو روغن دیگر مسطح‌تر بوده و پس از ۸ ساعت فرآیند حرارتی هنوز هم قابل مصرف می‌باشد.

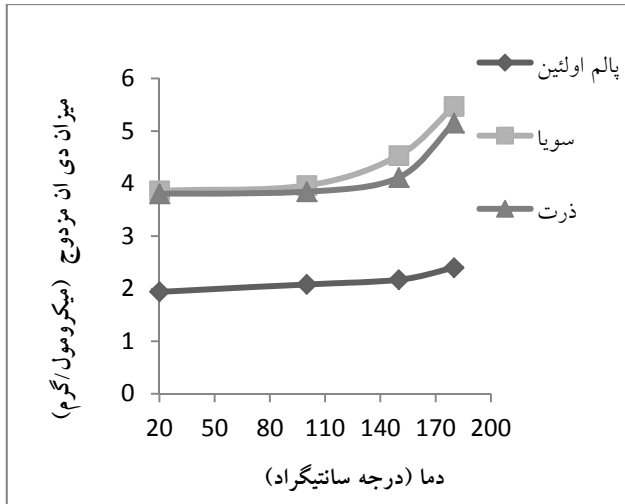


شکل ۴- تغییرات میزان دی‌ان‌مزدوج در طی روند سرخ کردن در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب افزایش زمان



شکل ۳- تغییرات درصد ترکیبات قطبی در طی روند سرخ کردن در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب افزایش زمان

۴۰ تا ۵۰ meq/kg تغییر جهت داده و در هفته ۸ به کمتر از ۴۰ meq/kg رسیده است (۱۵).



شکل ۵- تغییرات میزان دی‌ان مزدوج در طی روند حرارت‌دهی بر حسب افزایش دما

۴- نتیجه‌گیری

پایداری حرارتی روغن سویا از دو روغن دیگر کمتر بود پس می‌توان با مخلوط کردن این سه روغن، روغنی با پایداری حرارتی مناسب یافت که ضمن دارا بودن کم‌ترین مقدار اسید چرب چند غیر اشباعی به خصوص (۱۸:۳) میزان اشباعیت مناسبی نیز دارا باشد که با این کار می‌توان خصوصیات تغذیه‌ای روغن سرخ‌کردنی را تا اندازه‌ای بهبود بخشید.

۵- سپاس‌گزاری

برخی از آزمایشات مورد بحث، در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی فارس صورت گرفته بدین وسیله مؤلفان مراتب تشکر خود را از این مؤسسه اعلام می‌دارند.

نمایش تغییرات دی‌ان مزدوج در طی فرآیند حرارت‌دهی در دماهای مختلف در شکل ۵ ارزیابی شده است. نحوه چگونگی رشد مقدار دی‌ان مزدوج از دمای ۲۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای تمامی روغن‌ها تقریباً خطی و یکسان بود که نشان دهنده عدم تولید قابل توجه این شاخص است. از دمای ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز تقریباً این شرایط یکسان است به جز روغن سویا که رفتار متفاوتی داشت و رشد این اندیس بعد از دما ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شدت بیشتری گرفت. از دمای ۱۵۰ به بعد مقدار تولید این اندیس به یکباره رشد قابل توجهی در اکثر روغن‌ها داشته به جز روغن پالم اولئین که پایداری مناسبی از خود نشان داد. این نتایج نشان دهنده تأثیر هرچه بیشتر دما بعد از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد بر روی افزایش تولید مقدار دی‌ان مزدوج است.

در جدول ۲ تغییرات اندیس پراکسید در طی فرآیند سرخ کردن نمایش داده شده است. مقدار اندیس پراکسید برای روغن پالم- اولئین بعد از رسیدن به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ۶/۰۶ meq/kg برآورد گردید که بعد از باقی ماندن در این دما به مدت ۸ ساعت این مقدار به صورت خطی رشد نمود و به عدد ۳۳/۸۹ meq/kg رسید اما در مورد روغن ذرت این گونه بود که پس از تحمل ۴ ساعت فرآیند حرارتی میزان رشد اندیس پراکسید متوقف و در بازه زمانی ۶ ساعت میزان تولید آن کاهش یافت که احتمالاً مربوط به تجزیه پراکسیدها و تبدیل آن‌ها به محصولات ثانویه اکسیداسیون می‌باشد. در مورد روغن سویا بازه تغییر جهت ۲ الی ۴ ساعت بوده که تجزیه پراکسیدها در این فاصله زمانی رخ داده است. نکته قابل بحث در مورد تولید پراکسید پس از نقطه تغییر جهت، نرخ روند از بین رفتن این ترکیب در مقابل مقدار تولید آن می‌باشد که بسیار کمتر است. در تحقیقی با عنوان بازنگری الگوی تغییرات فیزیکوشیمیایی مخلوط روغن‌ها در طی دوره نگهداری گزارش دادند که روغن پالم اولئین در طی ۷ هفته نگهداری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مقدار اندیس پراکسید آن در محدوده

جدول ۲- مقدار اندیس پراکسید برای روغن‌های مختلف بر حسب میلی اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم

سویا	ذرت	پالم اولئین	زمان (ساعت)	دما (سانتی گراد)
۱/۹۶±۰/۰۱Hb	۲/۹۵±۰/۱۳Ha	۱/۳۶±۰/۰۶Hc	۰	۲۰
۲/۰۹±۰/۱۶HGb	۳/۱۶±۰/۰۹HGa	۱/۴±۰/۰۱Hc	۰	۱۰۰
۲/۵±۰/۰۴۲Gb	۳/۲۸±۰/۰۸Ga	۱/۵۴±۰/۰۶Gc	۰	۱۵۰
۱۳/۳۴±۰/۸۶Fa	۶/۰۴±۰/۱۳Fb	۶/۰۶±۰/۱۳Fb	۰	۱۸۰
۲۷/۷۷±۰/۱۶Ca	۱۸/۵۱±۰/۱۹Eb	۱۵/۵۸±۰/۱۳Ec	۱	۱۸۰
۳۱/۳۸±۰/۵۵Aa	۲۷/۹۲±۰/۱۷Db	۱۶/۷۷±۰/۷۴Dc	۲	۱۸۰
۲۸/۴۶±۰/۰۴۲Bb	۴۰/۲۴±۰/۵۷Aa	۲۰/۲۶±۰/۳۴Cc	۴	۱۸۰
۲۴/۸۷±۰/۳۵Dc	۳۴/۱±۰/۴۷Ba	۲۷/۹۶±۰/۳۸Bb	۶	۱۸۰
۲۳/۷۵±۰/۳۱Ec	۳۰/۴۸±۰/۴۴Cb	۳۳/۸۹±۰/۱۲Aa	۸	۱۸۰

* اعداد (± انحراف استاندارد) دارای حروف کوچک مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$)

* اعداد (± انحراف استاندارد) دارای حروف بزرگ مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$)

thermooxidative and hydrolytic changes in sunflower oil use in frying with a fast turnover of fresh oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70: 1069-1073. DOI: 10.1007/BFO2632144.

8- Farhoosh, R., Esmailzadeh Kenari, R. and Poorazarang, H. 2009. Frying stability of canola oil blended with palmolein, olive and corn oils. *J. Am Oil Chem. Soc.*, 86: 71-76.

9- Kiatsrichart, s., Brewer, M. S., Cadwallder, K. R. and Artz, W. E. 2003. pan-frying stability of nusun oil, a mid-oleic sunflower oil. *J. Am. oil. Chem. Soc.*, 80:479-483. DOI: 10.1007/s11746-003-0724-y.

10- Mackay, s. 2000. techniques and types of fat used in deep-fat frying. A policy statement and background paper prepared by the heart foundation of Newzeland. 1-62.

11- Malcolmson, I. J., Vaisey-Genserm, M., Przybys, K. I. and Eskin NAM, R. 1994. Sensory stability of canola oil: present status of shelf life studies. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 71: 435-440.

12- Mehta, U. and Swinburn, B. 2001. A review of factors affecting fat absorption in hot chips. *Crit. Rev. Food Sci Nutr*, 41(2) : 133-154 DOI: 10.1080/2001, 409, 1091788.

13- Melton, S. L., Jafar, s., Sykes, D. and Trigiano, M. K. 1994. Review of stability measurements for

۶- منابع

- 1- Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S. and Ghazali, H. M. 2007. Frying quality and stability of high-oleic moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.*, 105: 1382-1389, doi: 10.1016. Food Chem.
- 2- Al-Kahtani, H. A. 1991. Survey of quality of used frying oils from restaurants. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 68: 857-862.
- 3- AOAC. 2005. Official methods of the Association of official analytical chemists. (18 Th. Ed). Gaithersburg: AOAC international.
- 4- AOCS. 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn. American Oil Chemists' Society, Champaign.
- 5- Blumental, M. M. 1991. Anew look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*, 94: 68-71.
- 6- Chatzilazarou, A., Gortzi, O., Lalas, S., Zoidis, E. and Tsaknis, J. 2006. Physicochemical changes of olive oil and selected vegetable oils during frying. *J. Food Lipids*, 13: 27-35.
- 7- Cuesta, C., Sanchez-Muniz, F. J., Garrido-polonio, S., Lopez-Varela, S. and Arroyo, R. 1993.

- frying oils and fried food flavor. *J. AM. Oil Chem. Soc.*, 71: 1301-1312.
- 14- Muik, B., Lendi, B., Molina-Diaz, A. and Ayora-Canada, A.M. 2005. Direct monitoring of Lipid Oxidation in Edible Oils by Fourier Transform Raman Spectroscopy. *J. Chem. and Lipids*, 134: 173-182.
- 15- Naghshine, M., Ariffin, A. Z., Ghazali, H. M., Mirhosseini, H., Kuntom, A. and Mohamad, S. A. 2009. Monitoring the change patterns of physicochemical properties of oil blend as function of storage time. *J. Food Agri. and En.* Vol.7 (3&4) : 120-125.
- 16- Ong, A. S. H. 1994. Nutritional aspects of palm oil: an introductory review. *Asia pacific J. Clin Nutr.* 3: 201-206.
- 17- Ronald, b. 2001. measurement of primary lipid oxidation products. *Current protocols in food analytical chemistry.* D2.101- D2. 1015.
- 18- Sanchez-Gimeno, A.C., A.I. Negueruela, M. Benito, A. Vercet and R. Oria, 2008. Some physical changes in Bajo Aragon extra virgin olive oil during the frying process. *Food Chem.*, 110 (3) : 654-658. DOI: 10.1016/j. food chem.2008.02.057.
- 19- Schulte E. (2004. Economical micro method for determination of polar components in frying fats. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106:772-776
- 20- Shahidi, F. and Wanasundara, U. 2002. methods for measuring oxidative rancidity in fat and oils. In Akoh, c. c. and Min, D. B. (eds). *Food lipids. Chemistry. Nutrition and biotechnology.* Marcel Dekker Inc. New York USA.
- 21- Steenson, D. F. and Min, D. B. 2000. Effects of B carotene and lycopene thermal degradation production the oxidative stability of soybean oil. *J. Chem. Soc.*, 77(11) : 1153-1160. INIST: 204, 35400009343956. 0060.
- 22- Whero, f. and Birch, J. 1997. Evaluation of the food oil sensor for on-site monitoring of frying oil quality. *The Food Technologist.* 27(1) : 19-21.