رابطه بین ترکیب اسیدهای چرب و پایداری حرارتی روغن‌های زیتون فوق بکر*

فایق مولودی[1]*؛ پیمان قجربیگی[1]؛ اشرف حاج‌حسینی بابایی[2]؛ اصغر محمدپوراصل[1]

چکیده

زمینه: اسیدهای چرب یکی از ترکیبات مهم موجود در روغن‌های خوراکی هستند. از طرف دیگر پایداری روغن‌ها به ترکیب اسید چرب آن‌ها بستگی دارد، لذا این مطالعه با هدف تأثیر ترکیب اسیدهای چرب بر روی پایداری اکسایشی روغن‌های زیتون فوق بکر در طی فرایند حرارتی انجام گرفته شد.

روش‌ها: در این تحقیق هشت نوع روغن زیتون فوق بکر مورد آزمایش قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی پایداری حرارتی، روغن‌ها در دمای 120 درجه به‌مدت 4 ساعت حرارت داده شدند و نمونه‌برداری با فواصل 2 ساعته انجام گرفت. ترکیب اسیدهای چرب، اندیس پراکسید، اندیس آنیزیدین و اندیس توتوکس طبق استاندار ملی ایران انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد بین پالمیتولئیک و اندیس توتوکس در ساعت دوم (r=0/786) و چهارم (r=0/762) و بین لینولئیک و اندیس توتوکس در ساعت دوم (r=0/643) و چهارم (r=0/786) به‌صورت مستقیم رابطه معنادار وجود دارد، ولی بین اولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت چهارم (r=-0/833) رابطه به‌صورت معکوس معنادار است.

نتیجه‌گیری: اسید لینولئیک و پالمیتولئیک موجود در روغن‌های زیتون فوق بکر در ساعت دوم به بعد بر کاهش پایداری حرارتی تأثیرگذار است ولی اسید اولئیک در ساعت چهارم به بعد بر پایداری حرارتی تأثیر مثبت دارد، می‌توان گفت اسیدهای چرب تک غیراشباع به‌ویژه اسید اولئیک بر پایداری حرارتی در زمان‌های پایانی حرارت تأثیرگذار است.

کلیدواژه‌ها: پایداری حرارتی، ترکیب اسیدهای چرب، فوق بکر، روغن خوراکی

«دریافت: 1393/4/24 پذیرش: 1393/7/29»

1. گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، ایران

2. گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی ، دانشگاه زنجان، ایران

* **عهده‌دار مکاتبات:** قزوین، بلوار باهنر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، تلفن: 09143443884

Email: fayegh.molodi@yahoo.com

* **این مقاله منتج از پایان نامه دانشجویی آقای فایق مولودی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته بهداشت و ایمنی مواد غذایی از دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد.**

مقدمه

تأمین انرژی یکی از اهداف مصرف روغن‌ها است و اسیدهای چرب یکی از ترکیبات ضروری برای بدن می‌باشد. کیفیت روغن‌های مصرفی به میزان و نوع اسیدهای چرب موجود در آن بستگی دارد (1). سرخ کردن غذا یکی از کهن‌ترین روش‌های پخت غذا می‌باشد (2-4). علت کاربرد زیاد روغن‌ها، سرعت در پخت غذا و خوش‌طعم کردن آن است (5). روغن زیتون به‌عنوان روغنی با پایداری اکسایشی بالا، خواص حسی و سلامت‌بخشی مفید، همرا با ترکیبات شیمیایی ویژه و متعادل شناخته شده است. ترکیبات اسید چرب و اجزای ارتقاءدهنده سلامت به‌ویژه آنتی‌اکسیدان‌ها در روغن زیتون باعث شده است که به‌عنوان یکی از بهترین روغن‌ها قلمداد شود (6). بر اساس استاندارد ملی، روغن زیتون، از میوه درخت زیتون به‌دست می‌آید و به انواع بکر، تصفیه‌شده، مخلوط بکر و تصفیه‌شده و انواع روغن تفاله زیتون طبقه‌بندی می‌شود. انواع روغن زیتون بکر، فقط به‌روش مکانیکی به‌دست می‌آید و هیچ‌گونه تغییراتی

در آن صورت نمی‌گیرد. روغن زیتون فوق بکر (Extra Virgin) به‌صورت مستقیم مصرف می‌شود و نیاز به تصفیه ندارد (7). ترکیبات فنلی، ترکیبات قطبی و غیرقطبی و به مقدار بیشتر، اسیدهای چرب تک غیراشباعی موجود در ترکیب روغن زیتون باعث ایجاد اثرات مفید بر روی سلامتی شده و به‌میزان چشمگیری بیماری‌های قلبی عروقی را کاهش می‌دهد. بر اساس مطالعات تجربی، ترکیبات روغن زیتون دارای فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله اثرات ضدالتهابی، اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد آرتیمی و گشادکنندگی عروق می‌باشند (8). روغن زیتون حاوی ویتامین‌های E و A (9)، اسکوالن و بتاکاروتن نیز می‌باشد (10). ویژگی‌های حسی روغن زیتون فوق بکر طبق استاندارد ملی ایران 1446، شامل ویژگی‌های ارگانولپتیک، بو و مزه (براساس آزمون‌های ارزیابی حسی) به‌صورت میانه صفت میوه‌ای برابر با صفر و به‌صورت میانه نقیصه طعم و بو بزرگ‌تر از صفر با مقیاس پیوسته و رنگ سبز مایل به زرد می‌باشد (7). در طی فرایند حرارتی، روغن به‌طور پیوسته با دمای بالا، اکسیژن و رطوبت در ارتباط است که این شرایط باعث شروع اکسیداسیون و افت کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی روغن می‌شود (3 و 4). مطالعات نشان داده است که پایداری روغن طی فرایند حرارتی به ترکیبات اسید چرب، آنتی‌اکسیدان‌ها، شرایط سرخ شدن و خصوصیات ماده غذایی بستگی دارد (11 و 12). مطالعات نشان داده‌اند که مقاومت بالای روغن زیتون نسبت به حرارت به‌دلیل ترکیب اسیدهای چرب آن و حضور آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشد (13). محتوای میزان اسیدهای چرب یک پارامتر مهم جهت ارزیابی کیفیت روغن محسوب می‌شود (14). با توجه به اهمیت روزافزون روغن زیتون فوق بکر در پخت و پز و وجود اثرات بسیار مفید تغذیه‌ای آن نسبت به دیگر روغن‌ها، این تحقیق با این هدف انجام گرفته است که نشان دهد ترکیب اسیدهای چرب در چه زمانی از حرارت‌دهی بر روی پایداری اکسایشی روغن زیتون فوق بکر تأثیرگذار است.

مواد و روش‌ها

حلال‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه دارای درجه خلوص تجزیه‌ای بوده و از شرکت مرک خریداری شده‌اند.

آزمون حرارتی

برای انجام این تحقیق 8 نمونه روغن زیتون فوق بکر که 5 نمونه آن وارداتی و 3 نمونه آن داخلی بودند، خریداری شد. نمونه‌ها به‌مدت 4 ساعت در دمای 120 درجه سانتیگراد در آون به‌صورت مداوم بدون ماده غذایی حرارت داده شد. نمونه‌برداری با فواصل زمانی 2 ساعت صورت پذیرفت و نمونه‌ها پس از خنک شدن مورد آزمایش قرار گرفتند. کلیه نمونه‌ها در زمان انجام آزمایش حداکثر 4 ماه از تولیدشان سپری شده بود.

آنالیز پارامتر ها

جهت شناسایی و تعیین مقدار کمی اسیدهای چرب، ابتدا متیل استر اسیدهای چرب نمونه‌های روغن با استفاده از متیله کردن با متوکسید سدیم 0/5 نرمال انجام شد. سپس با دستگاه گاز کروماتوگراف (Varian CP-3800) مجهز به آشکارکننده شعله‌ای (FID) و ستون موئین 50 متری BPX70 پر شده با دی اتیلن گلیکول سوکسینات، هر یک از اسیدهای چرب پالمتیک اسید (C16:0)، پالمیتولئیک اسید (C16:1)، استئاریک اسید (C18:0)، اولئیک اسید (C18:1)، لینولئیک اسید (C18:2) و لینولنیک اسید (C18:3)، شناسایی و مقدار آن‌ها بر حسب درصد مساحت زیر پیک گزارش شد. از هلیم به‌عنوان گاز حامل استفاده شد، درجه حرارت ستون از 160 درجه سانتی‌گراد تا 210 درجه سانتی‌گراد برنامه‌ریزی شد. دمای دتکتور 230 درجه سانتی‌گراد، دمای تزریق 250 درجه سانتی‌گراد و مقدار تزریق نمونه 1 میکرولیتر بود. برای تزریق نمونه از نمونه‌بردار اتوماتیک استفاده شد. در این تحقیق اندازه‌گیری پروفایل اسید چرب بر اساس استانداردهای ملی ایران به شماره 4090 و 4091 انجام گرفت (15 و 16)، اندیس پراکسید با روش یدومتری مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 4179، از طریق

تیتراسیون روغن به‌وسیله تیوسولفات سدیم 0/01 نرمال در حضور نشاسته و یدید پتاسیم انجام شد (17). برای انجام آزمون اندیس آنیزیدین در ابتدا نمونه با ایزواکتان آماده سازی شده و با محلول پاراآنیزیدین در اسید استیک واکنش داد، سپس افزایش میزان جذب در ناحیه 350 نانومتر اندازه‌گیری شده و عدد آنیزیدین طبق استاندارد ملی ایران به شماره 4093 (18) محاسبه شد. در این مطالعه پروفایل اسیدهای‌چرب یک‌بار تکرار و اندیس‌های پراکسید و آنیزیدین به‌صورت 3 بار تکرار انجام شد.

تعاریف

اندیس پراکسید، مقدار پراکسید موجود بر حسب میلی اکی والان گرم اکسیژن فعال برای یک کیلوگرم روغن را بیان می‌کند. این اندیس میزان محصولات اولیه اکسیداسیون یعنی هیدروپراکسیدها را نشان می‌دهد که نسبت به حرارت ناپایدارند (17).

اندیس آنیزیدین، برابر است با صد برابر افزایش در جذب آزمونه (درطول موج 350 نانومتر در سل 10 میلی متری)، زمانی که با پاراآنیزیدین واکنش می‌دهد، این اندیس بیانگر میزان اکسیداسیون ثانویه (آلدئیدها و کتون‌ها) می‌باشد که نسبت به محصولات اولیه اکسیداسیون یعنی پراکسیدها با ثبات‌تر می‌باشد (19).

اندیس توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل است که از حاصل جمع دو برابر اندیس پرکسید با اندیس آنیزیدین محاسبه می‌شود (18).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار در نظر گرفته شد و جهت آنالیز آماری داده‌ها از آزمون t برای مقایسه میانگین‌ها و ضریب همبستگی اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS 16 استفاده گردید.

یافته‌ها

ابتدا درصد ترکیبات اسیدهای چرب نمونه‌های روغن زیتون بررسی شد. بر اساس نتایج می‌توان دریافت که کلیه روغن‌های انتخاب‌شده طبق استاندارد ملی ایران به شماره 1446، در محدوده استاندارد تعیین‌شده برای روغن زیتون فوق بکر قرار داشتند، به‌عبارتی دیگر می‌توان فهمید که کلیه روغن‌ها، روغن زیتون فوق بکر بودند (جدول 1). در ادامه میانگین، ضریب تغییرات، بیشینه و کمینه ساختار اسید چرب روغن‌های زیتون فوق

جدول 1- میزان اسیدهای چرب موجود در روغن‌های زیتون فوق بکر مورد مطالعه (برحسب درصد)

اسید چرب	محصول							
	نمونه 1	نمونه 2	نمونه 3	نمونه 4	نمونه 5	نمونه 6	نمونه 7	نمونه 8
	یونان	ایتالیا	اسپانیا	ایران	ایران	ایران	اسپانیا	ترکیه
	IONIA	ZAREEN TALIA	HOJIBLANCA	الیت	سفیدرود	اتکا	PONS	ZER
پالمتیک اسید	10/99	10/12	10/04	11/13	13/88	13/50	9/93	11/52
پالمیتولئیک اسید	0/71	0/66	0/60	0/73	0/76	0/87	0/72	0/73
استئاریک اسید	2/65	3/27	3/16	1/79	3/88	2/04	2/39	2/23
اولئیک اسید	77/55	79/48	76/56	74/29	69/13	69/65	78/40	73/35
لینولئیک اسید	5/51	3/95	6/61	8/32	9/29	9/38	5/01	8/22
لینولنیک اسید	0/63	0/40	0/71	0/46	0/57	0/52	0/43	0/49

بکر محاسبه شد (جدول **2**). سپس تغییرات اندیس توتوکس و مقایسه ضریب همبستگی ارتباط بین ساختار اسید چرب و اندیس توتوکس طی فرایند حرارتی مشخص گردید (جدول **3** و **4**). همچنین رابطه های بین پالمیتولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **2**، بین پالمیتولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **4**، بین اسید لینولئیک و اندیس توتوکس در ساعت **2**، بین لینولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **4**، و بین اسیداولئیک و اندیس توتوکس در ساعت **4** محاسبه گردید (نمودار **5-1**).

جدول 2 - میزان میانگین، ضریب تغییرات، بیشینه و کمینه ساختار اسید چرب (بر حسب درصد) روغن‌های زیتون فوق بکر

اسید چرب	ضریب تغییرات(درصد)	میانگین	بیشینه	کمینه
پالمتیک اسید	13/48	11/42±1/54	13/88	9/93
پالمیتولئیک اسید	11/11	0/72±0/07	0/87	0/60
استئاریک اسید	26/21	2/67±0/7	3/88	1/79
اولئیک اسید	5/21	74/8±3/9	79/48	69/13
لینولئیک اسید	29/30	7/03±2/06	9/38	3/95
لینولنیک اسید	18/86	0/53±0/1	0/71	0/40

جدول 3 - اندیس توتوکس روغن‌های زیتون مورد مطالعه طی فرایند حرارتی

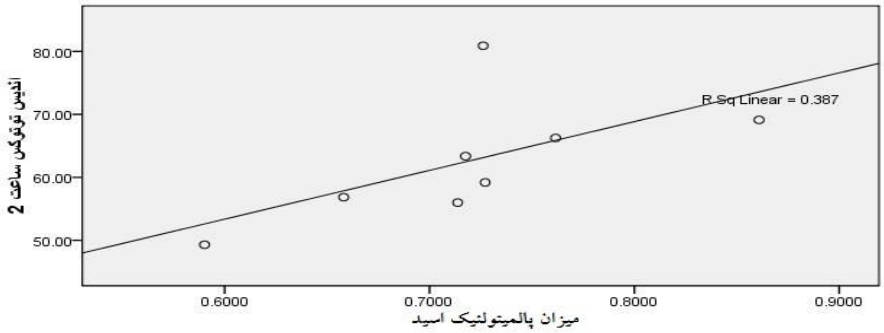
نمونه روغن	اندیس توتوکس		
	ساعت 0	ساعت 2	ساعت 4
1	11/67	55/99	18/19
2	7/84	56/85	17/53
3	6/63	49/3	24/98
4	7/75	80/9	48/3
5	11/2	66/26	63/66
6	14/68	29/13	26/9
7	10/67	63/36	25/26
8	6/46	59/19	28/73

جدول 4 - مقایسه ضریب همبستگی بین میزان اسیدهای چرب با اندیس توتوکس طی فرایند حرارتی

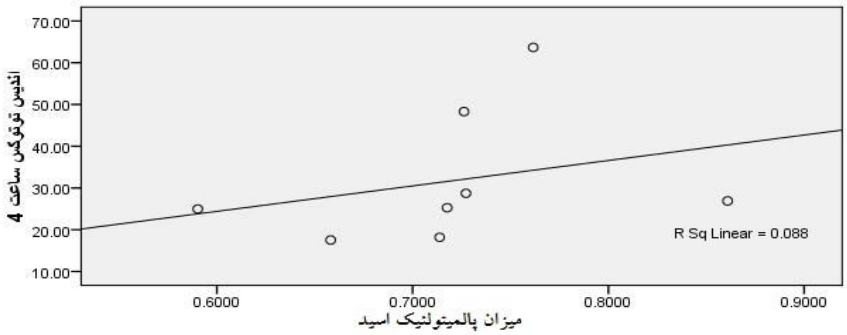
اسیدچرب	ساعت صفر	ساعت دوم	ساعت چهارم
پالمتیک اسید	0/286	0/548	0/690*
پالمیتولئیک اسید	0/381	0/786*	0/762*
استئاریک اسید	0/71	-0/548	-0/286
اولئیک اسید	-0/143	-0/524	-0/833**
لینولئیک اسید	0/283	0/643*	0/786*
لینولنیک اسید	0/143	0/381	0/071

علامت * در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنادار در سطح احتمال **5** درصد هستند

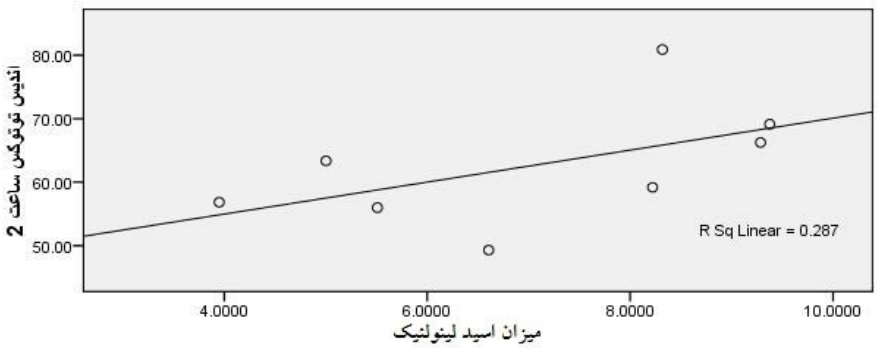
علامت ** در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنادار در سطح احتمال **1** درصد هستند



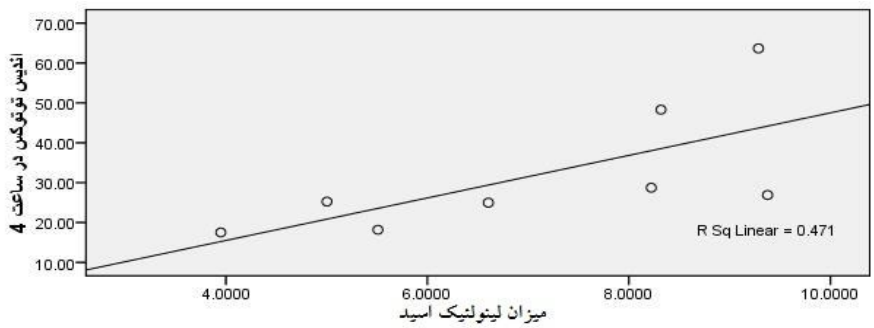
نمودار1- رابطه بین میزان پالمیتولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **2**



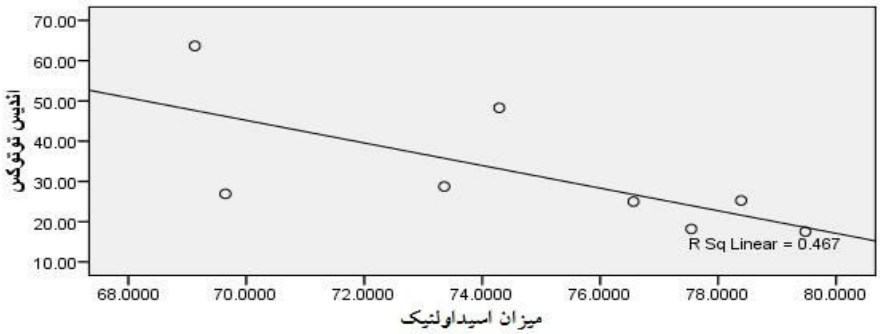
نمودار2- رابطه بین میزان پالمیتولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **4**



نمودار 3 - رابطه بین میزان اسید لینولئیک و اندیس توتوکس در ساعت **2**



نمودار 4 - رابطه بین میزان لینولئیک اسید و اندیس توتوکس در ساعت **4**



نمودار5- رابطه بین میزان اسیداولئیک و اندیس توتوکس در ساعت **4**

بحث

بیشترین اسید چرب موجود در روغن‌های آزمایش‌شده، اسید اولئیک می‌باشد که به‌عنوان یکی از اسیدهای چرب تک غیراشباعی مطرح است. بعد از آن به‌ترتیب پالمتیک اسید، لینولئیک اسید، استئاریک اسید، پالمیتولئیک اسید و لینولنیک اسید در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ضریب تغییرات، میزان پراکندگی به‌ازای یک واحد از میانگین را بیان می‌کند، که بر اساس آن می‌توان میزان پراکندگی اسیدهای چرب روغن‌های زیتون فوق بکر را به‌دست آورد. نتایج نشان داد که روغن‌های زیتون مناطق مختلف از نظر اسیدهای چرب دارای تنوع زیادی هستند که در توجیه آن می‌توان به عوامل متعددی مانند شرایط اقلیمی منطقه رشد میوه زیتون، نوع واریته، نوع استخراج روغن، میزان رسیدگی میوه و آبیاری اشاره نمود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین اسیداولئیک با میزان **74/8** درصد و پالمیتولئیک با **72** درصد به‌ترتیب بیشترین و کم‌ترین اسیدچرب موجود در روغن‌های زیتون فوق بکر می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه بوسکو مطابقت دارد **(20)**.

با توجه به این‌که اندیس پراکسید، شاخص مطمئن برای اکسیداسیون روغن‌ها نیست و طی فرایند حرارتی شکسته می‌شود، بنابراین برای محاسبه اکسیداسیون روغن‌ها از اندیس توتوکس استفاده می‌شود **(21** و **22)**. در این مطالعه در ساعت دوم به بعد اندیس پراکسید شکسته شد، این شکست به منزله کاهش اکسیداسیون و بهبود وضعیت روغن نیست بلکه به این دلیل رخ داده است که هیدروپراکسیدها به‌عنوان محصولات اولیه اکسیداسیون شکسته می‌شوند و تبدیل به محصولات ثانویه اکسیداسیون یعنی آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند بنابراین بعد از این شکست اکسیداسیون همچنان ادامه دارد **(23)**، به‌همین دلیل است که در مطالعه حاضر بعد از ساعت دوم کاهش اندیس توتوکس مشاهده شد. اندیس توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل است که از مجموع دو برابر اندیس پراکسید با اندیس آنیزیدین به‌دست می‌آید. محاسبه اندیس توتوکس نشان داد که حرارت باعث تغییر در میزان اندیس توتوکس در زمان‌های مختلف تغییر در عدد پراکسید و آنیزیدین و تغییرات توتوکس متعاقب آن می‌شود. مطالعات قبلی نیز مؤید این مطلب است **(21** و **26-24)**. افزایش اندیس توتوکس با کاهش پایداری حرارتی روغن رابطه مستقیم دارد به این معنی که هرچه میزان اندیس توتوکس افزایش یابد میزان اکسیداسیون کل بیشتر است.

همان‌گونه که در یافته‌ها مشاهده شد بین پالمیتولئیک و اندیس توتوکس در ساعت دوم و چهارم رابطه معنادار در سطح **5** درصد وجود دارد، به این معنی که هرچه میزان پالمیتولئیک در روغن زیتون بیشتر باشد باعث افزایش میزان اندیس توتوکس می‌شود که می‌تواند باعث کاهش پایداری حرارتی روغن در طی حرارت شود. همچنین ضریب همبستگی بین لینولئیک و اندیس توتوکس در ساعت دوم و چهارم رابطه معنادار در سطح

5 درصد را نشان داد. لینولئیک اسید یکی از اسیدهای چرب چند غیراشباعی است که دارای دو پیوند دوگانه می‌باشد. منطقی به‌نظر می‌رسد که افزایش آن در روغن زیتون باعث افزایش اکسیداسیون شود. این یافته‌ها با نتایج حاصل از مطالعه محمدی و همکاران (27) و Mariod و همکاران مطابقت دارد (28)، مطالعات نشان داده است که کاهش لینولئیک در روغن‌ها باعث افزایش پایداری اکسیداتیو و کاهش طعم نامطلوب در غذا می‌شود (29)، همچنین Abdulkarim و همکاران در مقایسه پایداری حرارتی روغن‌های نباتی به این نتیجه رسیدند که بالا بودن اسیدهای چرب چند غیراشباعی مانند اسید لینولنیک و لینولئیک باعث بالا رفتن میزان عدد توتوکس شده، که به اکسیداسیون روغن منتهی می‌شود (30). یافته‌ها رابطه مستقیم بین لینولئیک و اندیس توتکس را در ساعت دوم و چهارم نشان داد. بین اسید اولئیک و اندیس توتوکس رابطه معکوس وجود داشت و در ساعت چهارم حرارت‌دهی رابطه معکوس آن‌ها در سطح 1 درصد به‌شدت معنادار بود، این نتیجه نشان می‌دهد که اولئیک اسید یکی از مهم‌ترین اسیدهای چرب موجود در روغن زیتون است که می‌تواند در هنگام حرارت‌دهی باعث افزایش پایداری حرارتی شود. محمدی و همکاران با مخلوط روغن آفتابگردان و کانولا نشان دادند که اولئیک اسید باعث افزایش پایداری روغن می‌شود (28)، همچنین این نتایج با یافته‌های Mariod و همکاران مطابقت دارد (29). بر اساس یافته‌ها به‌صورت کلی می‌توانیم به این نتیجه برسیم که در ساعات اولیه اکسیداسیون، اسیدهای چرب تأثیر چندانی بر اندیس توتوکس ندارد، این قضیه شاید به این دلیل باشد که ترکیبات فنولیک و توکوفرول‌ها در روغن زیتون در اولین ساعات حرارت‌دهی به‌سرعت از بین می‌روند و این ترکیبات مسئول مقاومت حرارتی روغن در ساعات اولیه هستند (19). این علت می‌تواند توجیهی برای این مسأله باشد که در ساعت‌های اولیه ترکیبات فنولیک بر پایداری حرارتی تأثیرگذار هستند و با افزایش زمان این ترکیبات تخریب می‌شوند و در ساعت‌های دوم به بعد اسیدهای چرب به‌ویژه اسید اولئیک در افزایش پایداری حرارتی تأثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

در تعیین پایداری حرارتی روغن نمی‌توان تنها به ترکیب اسیدهای چرب اکتفا نمود، ولی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق می‌توان اظهار کرد که ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند بر پایداری روغن در طی فرایند حرارتی تأثیرگذار باشد. در پایان می‌توان نتیجه گرفت که اولئیک اسید از ابتدا با اندیس توتوکس رابطه معکوس داشته است و اختلاف معنادار شدید در ساعت چهارم مشاهده شد به این معنی که با افزیش زمان حرارت‌دهی تأثیر این اسید چرب بر پایداری حرارتی بیشتر می‌شود درحالی‌که پالمیتولئیک اسید و لینولئیک اسید از ساعت دوم به بعد تأثیرگذار هستند و باعث کاهش پایداری حرارتی آن می‌شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله، حاصل بخشی از پایانامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد. از معاونت پژوهشی دانشگاه و کلیه کارکنان آزمایشگاه شیمی مواد غذایی معاونت غذا و دارو استان قزوین به‌ویژه مهندس صادقی و خانم جلیلوند که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه داشته‌اند قدردانی و تشکر می‌شود.

References

1. Formisano M, Percuoco G, Percuoco S. Microbiologycal investigation of fermented milk drinks gas chromatography of the fatty acids in yoghurt. Industries Agrarie. 1971;7(8):273-7.
2. Hammond E. Oil quality management and measurement during crisp/snack frying in palmolein what is important to product quality. Malaysian Oil Science and Technology. 2002;11(1):9-13.

3. Razali I, Badri M. Oil absorption, polymer and polar components formation during deep-fat frying of French fries in vegetable oils. Palm Oil Developments. 2003;38:11-15.
4. Razali I, Johari M, Nor AS. Effects of additives on quality and frying performance of palm superoilien during frying. Palm Oil Developments. 2003;38:1-4.
5. Paul S, Mittal GS. Regulation of use degraded oil/fat in deep-fat/oil frying. Crit Rev Food Sci Nutr. 1997;37(7):635-62.
6. Bendini A, Cerretani L, Carrasco-Pancorbo A, Gomez-Caravaca AM, Segura-Carretero A, Fernandez-Gutierrez A, et al. Phenolic molecules in virgin olive oils: A survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. Molecules. 2007;12:1679-719.
7. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Olive oil- Specification and Test methods. ISIRI no 1446 (Persian)]. 1st ed. Karaj: ISIRI;2010.
8. CovasMi R-GV, de la Torre R, Kafatos A, Lamuela-Ravento´s RM, Osada J. Minor components of olive oil: evidence to date of health benefits in humans. Nutr Rev. 2006;64:20-30.
9. Harwood J, Aparicio R. Hand book of olive oil. 1st ed. Maryland: Aspen publishers 2000.
10. Huang ZR, Lin YK, Fang JY. Biological and pharmacological activities of squalene and related compounds: potential uses in cosmetic dermatology. Molecules. 2009;14(1):540-54.
11. Huang H, Ma L, Du L, Huang X. Study on the effects of several antioxidants on the stability of oils. Wei Sheng Yan Jiu. 2000;29(4):248-50.
12. Pakash Kochhar SP. Stabilization of frying oils with natural antioxidative components. European Journal of Lipid Scince and Technoligy. 2000;102(8-9):552-9.
13. Boskou D, Elmadfa I. Non-nutrient Antioxidants and Stability of Frying Oils. In: Boskou D, Elmadfa I. Frying of Food. 1st ed. Lancaster: Technomic Publishing Co, Inc. 1999;183-204.
14. Kwon DY, Rhee JS. A Simple and Rapid colorimetric method for determination of free fatty acids for lipase assay. Am Oil Chem Sot. 1986;63:89.
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Fatty acid methyl esters preparation method. ISIRI no 4090 (Persian)]. 1st ed. Karaj: ISIRI;1992.
16. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Analysis of fatty acid methyl esters by gas chromatography. ISIRI no 4091 (Persian)]. 1st ed. Karaj: ISIRI;1992.
17. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Measurement of peroxide in edible oils and fats. ISIRI no 4179 (Persian)]. 1st ed. Karaj: ISIRI;1998.
18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Anisidine - oils and fats. ISIRI no 4093 (Persian)]. 1st ed. Karaj: ISIRI;1997.
19. Mirrezaie M, Sahari MA. [Evaluation of oxidative stability of olive oil (Persian)]. Journal of Food Science & Technology. 2013;10(39):61-75.
20. Boskou D. Olive Oil: chemistry and technology. 2st ed. Champaign: AOCS Press 1996.
21. Billek G. Quality assessment of used frying fats. A comparison of four methods. Journal of American Oil chemist's Society. 1978;(55):728-32.
22. Fatemi, H. [Food chemistry (Persian)]. 2st ed. Tehran: Sahami enteshatr 2005;137-202.
23. Pokorny J, Sakurai H. New types of vegetable oils for special purposes. Przem Spoz. 2002;54:50-51.
24. Casal S, Malheiro R, Sendas A, Oliveira BP, Pereira JA. Olive oil stability under deep-frying conditions. Food and Chemical Toxicology. 2010;48:2972-9.
25. Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. Frying quality and stability of high-oleic Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. Food Chem. 2007;105:1382-9.
26. Ayadi MA, Grati-Kamoun N, Attia H. Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. Food and Chemical Toxicology. 2009;47:2613-9.
27. Mohamadi T, Azizi MH, Taslimi A. [Relation of Fatty Acids Composition with Stability of Sunflower and Canola Oil Blends(Persian)]. Journal of Food Science & Technology. 2007;4(2):67-76.
28. Mariod A, Matthaus. Improving the oxidative stability of sunflower oil by blending with sclerocarya birrea and aspongopus viduatus oils. Food Lipids. 2005;12:150-5.
29. Xu XQ, Tran VH, Palmer M, White K, Salisbury Ph. Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. JAOCS. 1999;76(9):1091-9.
30. Abdulkarim SM, Long K, Lai OM, Muhammad SKS, Ghazali HM. Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chemistry. 2005;93:253-63.