

## پایداری اکسایشی روغنهای زیتون تجاری ایران

سمیه علوی رفیعی<sup>۱</sup> - رضا فرهوش<sup>۲\*</sup> - محمد حسین حداد خداپرست<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱۹

### چکیده

در تحقیق حاضر، پایداری اکسایشی نه نمونه روغن زیتون رایج در بازار ایران شامل چهار نمونه بکر و پنج نمونه بی‌بو شده در مقایسه با دو نمونه روغن زیتون بکر خارجی مورد مطالعه قرار گرفت. روغنهای بکر خارجی در مجموع دارای نسبت MUFA/PUFA بالاتری (میانگین ۹/۲۷) در مقایسه با روغنهای زیتون داخلی (میانگین ۵/۷۰) بودند. اعداد پراکسید و اسیدی روغنهای زیتون مورد مطالعه به ترتیب در محدوده‌های ۸/۵ تا ۱۴/۵ میلی‌اکی‌والان‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۱ تا ۴/۲۷ میلی‌گرم بر گرم قرار داشت. میزان ترکیبات توکوفرولی نمونه‌های بکر خارجی به طور متوسط (۴۳۶/۷ پی‌پی‌ام) بیش از انواع داخلی و حتی حدود دو برابر انواع بکر داخلی (۲۲۳/۴ پی‌پی‌ام) بود. به طور متوسط، روغنهای بکر خارجی حامل ترکیبات فنلی (۱۵۴/۰ پی‌پی‌ام) بیش از انواع بکر داخلی (۱۱۲/۳ پی‌پی‌ام) و بخصوص روغنهای بی‌بو شده (۴۶/۰ پی‌پی‌ام) بودند. تفسیر میزان پایداری روغنهای زیتون مورد مطالعه بر حسب داده‌های ساختار شیمیایی بخوبی صورت گرفت؛ به گونه‌ای که روغنهای بکر خارجی در مجموع از ساختار شیمیایی مطلوبتر و به تبع آن پایداری به ترتیب بیشتری نسبت به روغنهای زیتون بکر و بی‌بو شده داخلی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: روغن زیتون، پایداری اکسایشی، ساختار شیمیایی

### مقدمه

منبع مناسبی از نظر اسیدهای چرب چند غیراشباع به شمار می‌روند (Sanchez-Gimeno *et al.*, 2008). تحقیقات انجام گرفته در خصوص فواید تغذیه‌ای روغن زیتون طی سالهای اخیر باعث افزایش تمایل مردم نسبت به مصرف و در نتیجه رشد تولید این محصول در ایران و جهان شده است. علاوه بر ایجاد طعم و بوی مطلوب در مواد غذایی و ارزش تغذیه‌ای بالا، میزان بالای اسید تک غیراشباعی اولئیک، میزان کم اسیدهای چرب چند غیراشباعی و حضور آنتی-اکسیدانهای طبیعی مثل ترکیبات توکوفرولی و فنلی، روغن زیتون را از دیدگاه پایداری اکسایشی کاملاً متمایز ساخته است (Tena *et al.*, 2009a; Tena *et al.*, 2009b). استفاده از روغن زیتون در فرآیندهای حرارتی بسیار مناسب به نظر می‌رسد چرا که ساختار اسید چربی آن با روغنهای پایدار در دماهای بالا مطابقت دارد. به عبارت دیگر، روغن زیتون دارای اسیدهای چرب تک غیراشباع زیاد، اسیدهای چرب اشباع و چند غیراشباع کم، اسید لینولنیک بسیار کم و فاقد اسیدهای چرب ترانس است (Rosell, 2001). تحقیقات نشان داده است روغنهای غنی از اسید اولئیک در دماهای بالا بسیار پایدارتر از روغنهای حامل اسیدهای چرب چند غیراشباع هستند (Saguy *et al.*, 1996).

بررسی‌ها حاکی از فقدان انجام تحقیقی جامع در خصوص

استفاده از روغنها و چربیهای خوراکی به منظور پخت و آماده-سازی مواد غذایی بسرعت رو به افزایش است که این مستلزم حساسیت و کنترل بیشتر خواص کیفی آنها طی فرایندهای مربوطه و به تبع آن حفظ سلامت تغذیه‌ای جامعه است. پایداری اکسایشی روغنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا بر اثر آن محصولات اولیه و ثانویه اکسایشی نظیر آلدئیدهای زنجیر کوتاه، هیدروپراکسیدها و مشتقات کتون تولید می‌شوند که موجب بروز طعمها و بوهای نامطلوبی در روغن و فرآورده آماده‌سازی شده می‌گردند. ترکیبات مزبور به آسانی جذب خون انسان می‌شوند و آثار نامطلوبی از قبیل اختلال در عملکرد سلولهای اندوتلیال شریانی و تسریع در بروز تصلب شرایین از خود بر جای می‌گذارند (Kritchevsky *et al.*, 2010). امروزه بسیاری از روغنهای خوراکی نظیر انواع نخل، ذرت، سویا و آفتابگردان صرف آماده‌سازی مواد غذایی می‌شوند. روغنهای پنبه دانه، ذرت، بادام زمینی و زیتون حاوی میزان کمی اسید لینولنیک بوده،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
(Email: rfarhoosh@um.ac.ir)  
\* نویسنده مسئول:

### تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمونها در چهار تکرار انجام و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس گردید. برای مقایسه میانگینها از نرم افزار آماری MstatC بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵ درصد) استفاده شد. نمودارهای مربوطه با نرم افزار Excel ترسیم شدند.

### نتایج و بحث

کمیت‌های شیمیایی روغنهای زیتون مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. بالاترین نسبت MUFA/PUFA به روغنهای بکر داخلی D (۹/۷۲) و خارجی J (۹/۹۲) و کمترین آن به روغن بی‌بو شده F (۲/۹۳) تعلق داشت. از آنجایی که این نسبت، نمادی از میزان مقاومت روغن به انجام واکنشهای اکسایشی است (Mende *et al.*, 1996)، انتظار می‌رود روغنهای D و J صرف نظر از سایر عوامل موثر بر پایداری اکسایشی، بخصوص آنتی‌اکسیدانهای طبیعی موجود در روغنهای زیتون، از بیشترین میزان پایداری برخوردار باشند. روغنهای بکر خارجی K (۸/۶۱) و بی‌بو شده E (۷/۹۹) به ترتیب در مراتب بعدی قرار داشتند. در مجموع، روغنهای بکر خارجی از کیفیت بهتری در این خصوص (میانگین ۹/۲۷) نسبت به روغنهای زیتون داخلی (میانگین ۵/۷۰) برخوردار بودند.

همان گونه که در جدول ۱ مشخص است، روغنهای زیتون مورد مطالعه دارای اعداد پراکسید حدود ۸/۵ تا ۱۴/۵ میلی‌اکی‌والان‌گرم بر کیلوگرم بودند. مقادیر بالای اعداد پراکسید را می‌توان به شرایط نامناسب برداشت، حمل، نگهداری و فرآوری روغن نسبت داد که اعداد اسیدی بالای نمونه‌های روغن نیز موید این مطلب بود (Farhoosh and Pazhouhanmehr, 2009). پراکسیدها محصولات اولیه اکسایش لیپیدها محسوب می‌شوند و ازدیاد آنها احتمال تشکیل محصولات ثانویه مانند ترکیبات کربونیل، آلدئیدها و دی‌انهای مزدوج را افزایش می‌دهد.

حد مجاز اعداد پراکسید و اسیدی برای روغنهای تصفیه شده به ترتیب ۱۰ میلی‌اکی‌والان‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۶ میلی‌گرم بر گرم و برای روغنهای استخراج شده به روش پرس سرد یا روغنهای بکر به ترتیب ۱۵ میلی‌اکی‌والان‌گرم بر کیلوگرم و ۴/۰ میلی‌گرم بر گرم تعیین شده است (CX-STAN 210, 1999). بررسیها نشان داده است روغن زیتونی که عدد پراکسید آن به ۲۰ تا ۴۰ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن رسیده باشد، تند قلمداد می‌شود (Ajayi *et al.*, 2006). از آنجایی که سرعت اکسایش اسیدهای چرب آزاد بیشتر از اسیدهای چرب شرکت کننده در ساختمان تری‌گلیسریدهاست و با توجه به اینکه عدد اسیدی نشان دهنده مقدار اسیدهای چرب آزاد می‌باشد، انتظار می‌رود روغنهای دارای اعداد پراکسید و اسیدی پایین‌تر از پایداری اکسایشی بالاتری برخوردار باشند.

پایداری اکسایشی روغنهای تجاری زیتون در کشور است. این در حالی است که تولید داخلی روغن زیتون به لحاظ جایگاه ارزشمند آن در بین سایر روغنهای خوراکی از دیدگاه ساختار اسید چربی و نیز اجزاء ریزساختاری منحصر به فرد با رشدی روزافزون مواجه شده است. از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی ساختار شیمیایی و پایداری اکسایشی انواع روغنهای زیتون تجاری ایران به اجرا در آمد.

### مواد و روش‌ها

#### مواد اولیه

نمونه روغن زیتون رایج در بازار ایران شامل چهار نمونه بکر (A تا D) و پنج نمونه بی‌بو شده (E تا I) و دو نمونه خارجی بکر (J و K) از فروشگاههای محلی خریداری شدند. تمام مواد شیمیایی و حلالهای مورد استفاده در این پژوهش از درجه آنالیتیکال بودند و از شرکتهای مرک و شارلو تأمین شدند.

#### کمیت‌های شیمیایی

نسبت MUFA/PUFA که عبارت از نسبت اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA)<sup>۱</sup> به چند غیراشباع (PUFA)<sup>۲</sup> می‌باشد، بر اساس تعیین ساختار اسید چربی نمونه‌ها به روش کروماتوگرافی گازی تعیین شد (Farhoosh *et al.*, 2008). عدد پراکسید بر طبق روش تیوسیانات اندازه‌گیری گردید (Shantha and Decker, 1994). عدد اسیدی بر طبق روش AOCS تعیین شد (1993). تعیین مقدار ترکیبات توکوفرولی به روش رنگ سنجی بود (Wong *et al.*, 1988). ترکیبات فنلی به روش طیف سنجی و با استفاده از معرف فولین - سیوکالچو تعیین مقدار گردید (Capannesi *et al.*, 2000).

#### آزمون پایداری

دویست گرم نمونه روغن در دستگاه سرخ‌کن قرار داده شد و به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد حرارت دید. نمونه - برداری با فواصل زمانی چهار ساعته صورت پذیرفت. نمونه‌ها پس از خنک شدن به دمای محیط تا زمان انجام آزمایشهای پایداری در فریزر -۱۸ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. به منظور اندازه‌گیری عدد دی‌ان مزدوج، نمونه روغن با نسبت ۱ به ۶۰۰ با هگزان HPLC رقیق و جذب آن در طول موج ۲۳۴ نانومتر در مقابل هگزان HPLC به عنوان شاهد خوانده شد (ضریب خاموشی توصیه شده عبارت از ۲۹۰۰۰ مول بر لیتر بود) (Saguy *et al.*, 1996).

1- Saturated fatty acids

2- Polyunsaturated fatty acids

جدول ۱- کمیتهای شیمیایی روغنهای زیتون مورد مطالعه\*

نوع روغن	نسبت MUFA/PUFA	عدد پراکسید	(meq O <sub>2</sub> /Kg oil)	عدد اسیدی (mg KOH/g oil)	توکوفرونها (ppm)	ترکیبات فنلی (ppm)
A	۳/۴۹±۰/۰۵ h	۱۱/۳۱±۰/۰۷ bcd	b۲±۰/۰۲	a۴۵۷/۲۲±۲۳/۷۲	۲۰۳/۰۱±۱۷/۵۷ a	
B	۵/۷۰±۰/۰۵ e	۱۴/۳۶±۳/۰۷ ab	۴/۲۷±۰/۳۹ a	c ۱۹۲/۸۳±۷/۹۱	۸۸/۶۱±۱۴/۵۴ d	
C	۴/۳۸±۰/۰۴ g	۹/۲۶±۰/۰۷ d	۱/۹۲±۰/۱۵ bc	g۴۳/۵۸±۱۱/۳۱	۱۰۰/۲۸±۱۱/۶۶ d	
D	۹/۷۲±۰/۰۹ a	۱۳/۵۷±۲/۰۹ ab	۱/۶۹±۰/۰۶ c	۲۰۰/۰۴±۳/۰۳ c	۵۷/۳۶±۲/۰۸ e	
E	۷/۹۹±۰/۱۱ c	۱۱/۳۹±۱/۵۸ bcd	۰/۲±۰/۰۳ f	d۱۵۳/۱۹±۱۵/۸۵	۲۵/۰۲±۳/۷۲ f	
F	۲/۹۳±۰/۰۲ i	۱۳/۱۷±۱/۸۴ abc	۱/۸۶±۰/۰۲ bc	b۳۸۸/۲۵±۶۷/۱۳	۱۶۵/۲۱±۸/۳۹ b	
G	۴/۹۶±۰/۰۲ f	۹/۸۹±۰/۱۷ d	۰/۱±۰/۰۲ f	۱۴۴/۱۸±۶/۱ de	۱۲/۹۵±۲/۹۲ f	
H	۶/۲۵±۰/۰۱ d	۸/۳۸±۰/۴۸ d	۰/۳۰±۰/۰۲ f	f۱۰۲/۱۷±۱/۳۹	۱۲/۱۸±۱/۴۴ f	
I	۵/۷۵±۰/۰۳ e	۱۰/۴۱±۱/۲۲ cd	۰/۱۶±۰/۰۲ f	ef۱۰۸/۵۷±۱۴/۶	۱۴/۵۰±۱/۸۱ f	
J	۹/۹۲±۰/۰۵ a	۱۳/۴۴±۱/۷۴ abc	۰/۶۶±۰/۰۲ e	b۳۸۱/۷۴±۱۱/۶۲	۱۳۸/۳۴±۳/۴۴ c	
K	b۸/۶۱±۰/۰۴	۱۴/۶۷±۲/۲۱ a	۰/۹۹±۰/۰۲ d	۴۹۱/۷۳±۳/۴۲ a	۱۶۹/۵۶±۲۹/۴۰ b	

\*- ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن،  $P < ۰/۰۵$ )

مقایسه بالای این ترکیبات در روغن زیتون سبب افزایش زمان ماندگاری و پایداری آن می‌گردد (Tsimidou *et al.*, 1992). در میان انواع ایرانی روغنهای زیتون مورد مطالعه، روغنهای بکر A و بی‌بو شده F به ترتیب دارای بیشترین میزان این ترکیبات (۲۰۳/۰۱ و ۱۶۵/۲۱ پی‌پی‌ام) بودند و کمترین آن به انواع بی‌بو شده اختصاص داشت (به طور متوسط حدود ۱۶ پی‌پی‌ام). صرف نظر از نمونه A، روغنهای بکر خارجی حامل ترکیبات فنلی (به طور متوسط حدود ۱۵۴ پی‌پی‌ام) بیش از انواع بکر داخلی و بخصوص روغنهای بی‌بو شده بودند.

تغییرات عدد دی‌ان مزدوج روغنهای زیتون مورد مطالعه طی فرایند حرارتی در جدول ۲ نشان داده شده است. عدد دی‌ان مزدوج روغنهای داخلی قبل از شروع فرایند حرارتی از ۴/۹۳ (روغن بکر D) تا ۱۰/۴۳ (روغن بی‌بو شده F) متغیر بود، حال آن که روغنهای زیتون خارجی به طور متوسط عدد دی‌ان مزدوج اولیه کمتر از ۴/۷ داشتند. میزان هیدروپراکسیدهای دی‌ان مزدوج با درجه اکسایش روغن رابطه مستقیم دارد و از ارزش بالایی در خصوص ارزیابی کیفیت اولیه روغن‌ها و چربیهای خوراکی برخوردار است. همچنین، تغییرات کمتر آن طی فرایندهای حرارتی حاکی از مقاومت اکسایشی بیشتر نمونه مورد آزمایش است (Huang *et al.*, 1994; Tyagi and Vasishta, 1996). به منظور ارزیابی پایداری اکسایشی روغنهای زیتون یا به عبارت دیگر میزان مقاومت آنها نسبت به تولید هیدروپراکسیدهای دی‌ان مزدوج، تغییرات عدد دی‌ان مزدوج طی فرایند حرارتی مورد مطالعه قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، عدد دی‌ان مزدوج روغنهای مورد آزمایش طی فرایند حرارتی به صورت خطی با ضرایب تبیین بالا (بیش از ۰/۹۷) افزایش پیدا کرد. بررسیها نشان داده است روغنهای با عدد دی‌ان

توکوفرونها یا ویتامینهای گروه E، اجزاء بسیار مهم بخش صابونی ناشونده روغنهای نباتی به شمار می‌آیند. توکوفرونها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند و این سبب ارزش فوق‌العاده آنها در خصوص سلامتی انسان می‌شود. بیشتر روغنهای گیاهی حاوی ۲۰۰ تا ۸۰۰ پی‌پی‌ام توکوفرول هستند (Farhoosh *et al.*, 2008). آلفا-توکوفرول عمده‌ترین ترکیب توکوفرولی در روغن زیتون است و مقادیر بسیار کم توکوفرولهای بتا و گاما نیز در آن یافت شده‌اند. طی مراحل اولیه اکسایش روغن زیتون، توکوفرونها با ترکیبات فنلی رقابت می‌کنند و کمتر از آنها پایداری روغن زیتون را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Servili *et al.*, 1996). میزان ترکیبات توکوفرولی روغنهای زیتون مورد مطالعه به طرز معنی‌داری با یکدیگر تفاوت داشت (جدول ۱). روغنهای A و C به ترتیب با ۴۵۷/۲۲ و ۴۳/۵۸ پی‌پی‌ام، بیشترین و کمترین میزان توکوفرونها را در بین روغنهای زیتون مورد مطالعه دارا بودند. صرف نظر از نمونه‌های C و F، روغنهای بکر داخلی به طور متوسط از مقادیر بالاتر ترکیبات توکوفرولی نسبت به انواع بی‌بو شده برخوردار بودند. این حاکی از اثر تا حدی تخریبی فرایندهای صنعتی نظیر بی‌بو کردن بر توکوفرولهاست که به طور متداول در خصوص روغنهای زیتون داخلی به اجرا در می‌آید. میزان ترکیبات توکوفرولی نمونه‌های بکر خارجی به طور متوسط (۴۳۶/۷۴ پی‌پی‌ام) بیش از انواع داخلی و حتی حدود دو برابر انواع بکر داخلی (۲۲۳/۴۲ پی‌پی‌ام) بود.

تیروزول، هیدروکسی تیروزول، اسیدهای فنلی ساده و مشتقات استری تیروزول و هیدروکسی تیروزول از جمله معروفترین ترکیبات فنلی روغن زیتون به شمار می‌روند (Montedoro *et al.*, 1992; Tsimidou *et al.*, 1992). تسیمیدو و همکاران در سال ۱۹۹۲ اثر ترکیبات فنلی را بر پایداری روغن زیتون بررسی کردند و نشان دادند

(اعداد پراکسید و اسیدی، به استثنای روغن G) و نیز عدد دی‌ان مزدوج اولیه (جدول ۲) چندان مناسبی برخوردار نبودند که این بالطبع از میزان پایداری آنها کاسته است. اما نکته جالب توجه آن است که به رغم پایداری اکسایشی پایین‌تر روغنهای یاد شده، میزان ترکیبات توکوفرولی و فنلی آنها نسبتاً بیشتر از اکثر روغنهای زیتون مورد مطالعه بود.

داده‌های مربوط به ساختار اسید چربی روغنهای زیتون بخوبی این پدیده را توجیه می‌نماید. چنان که ملاحظه می‌شود، این روغن‌ها به طور متوسط دارای کمترین میزان نسبت MUFA/PUFA (حدود ۴/۲۷) در بین روغنهای زیتون بوده‌اند.

مزدوج کمتر از ۲۹ میلی‌مول بر لیتر همچنان ایمن و سالم تلقی می‌گردند (Farhoosh and Moosavi, 2009). از این رو، زمان لازم برای رسیدن به ۲۹ میلی‌مول بر لیتر هیدروپراکسیدهای دی‌ان مزدوج ( $t_{29}$ ) به عنوان شاخص پایداری روغنهای زیتون مد نظر قرار گرفت (شکل ۱).

کمترین میزان پایداری اکسایشی ( $t_{29}$ ) با هیچگونه تفاوت معنی‌داری از دیدگاه آماری به روغنهای بکر داخلی A (۱۰/۱۶ ساعت) و C (۱۰/۰۴ ساعت) و روغنهای بی‌بو شده F (۱۰/۳۴ ساعت) و G (۱۰/۸۵ ساعت) اختصاص داشت (شکل ۱). همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، روغنهای مزبور از شاخصهای کیفیت اولیه

جدول ۲- اعداد دی‌ان مزدوج (میلی مول بر لیتر) روغنهای زیتون مورد مطالعه طی فرآیند حرارتی ( $\pm$  انحراف معیار)\*

نوع روغن	زمان (ساعت)				
	۰	۴	۸	۱۲	۱۶
A	۸/۴۸±۰/۳۱ ABCi	۱۷/۹۵±۱/۶۸ Ag	۲۶/۰۶±۱/۵۳ Ae	۳۳/۱۳±۰/۷۶ Ac	۳۸/۸۴±۰/۸۴ ABa
B	۶/۵۸±۰/۳۹ CDEh	۹/۶۵±۰/۱۲ Dg	۱۴/۵۲±۰/۴۹ EFe	۲۰/۰۵±۰/۵۶ CDc	۲۶/۷۶±۱/۲۱Ca
C	۸/۸۸±۰/۷۴ ABh	۱۵/۶۶±۰/۷۷ ABf	۲۳/۸۸±۱/۱۹ Ad	۳۴/۳۷±۱/۱۶Ab	۴۱/۰۶±۱/۴۸Aa
D	۴/۹۲±۰/۳۰ EFi	۷/۶۶±۰/۳۳ Dg	۱۰/۶۱±۰/۴۰ Ge	۱۶/۱۰±۱/۰۶ Dc	۱۹/۳۵±۱/۴۹ DEa
E	۶/۵۱±۱/۳۵ CDEe	۱۲/۷۵±۲/۳۰ Cd	۱۶/۹۲±۱/۷۸ DEc	۲۰/۶۱±۲/۰۷ Cab	۲۲/۴۴±۲/۳۰Da
F	۱۰/۴۳±۳/۸۲Af	۱۶/۴۵±۳/۸۶ Ae	۲۲/۴۴±۶/۴۳ ABCd	۳۳/۷۶±۸/۱۰Ab	۳۹/۷۳±۶/۶۲ ABa
G	۸/۶۸±۰/۳۰ ABh	۱۶/۷۸±۰/۶۵ Af	۲۲/۹۸±۱/۳۴ ABd	۳۳/۲۹±۰/۸۹Ab	۳۷/۱۱±۱/۹۴Ba
H	۶/۴۰±۰/۴۹ DEg	۱۳/۶۸±۰/۹۸ BCe	۲۰/۰۳±۲/۲۰ BCDc	۲۳/۸۸±۰/۳۰ BCB	۲۷/۸۱±۱/۲۱Ca
I	۷/۰۵±۰/۲۶ BCDi	۱۳/۵۹±۰/۸۴ BCg	۱۹/۱۹±۰/۷۲ CDe	۲۴/۸۵±۰/۹۵Bc	۲۹/۰۱±۱/۴۲ Ca
J	۴/۶۰±۰/۴۷ EFh	۸/۹۵±۰/۵۰ Df	۱۲/۹۱±۰/۹۸ FGd	۱۵/۹۸±۱/۲۴Db	۱۸/۱۳±۱/۲۹Ea
K	۴/۳۴±۰/۳۳ Fi	۹/۸۲±۰/۴۲ Dg	۱۴/۹۰±۰/۶۷ EFe	۱۹/۹۴±۰/۷۱ CDc	۲۲/۴۲±۰/۳۴ Da

\*- کمیت‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف میان سطرها و حروف کوچک نشان دهنده اختلاف میان ستونها می‌باشند

جدول ۳- پارامترهای معادله خطی تغییرات عدد دی‌ان مزدوج (CDV) روغنهای زیتون مورد مطالعه طی فرآیند حرارتی ( $\pm$  انحراف معیار)\*

نوع روغن	CDV = a (time) + b		
	R <sup>2</sup>	b	a
A	۰/۹۹۱	۹/۵۷ ± ۰/۷۹ a	۱/۸۷ ± ۰/۰۸ b
B	۰/۹۸۳	۵/۴۲ ± ۰/۶۴ c	۱/۲۵ ± ۰/۰۷ de
C	۰/۹۹۵	۷/۶ ± ۰/۷۷ b	۲/۱۶ ± ۰/۰۸ a
D	۰/۹۸۴	۴/۲۱ ± ۰/۳۷ d	۰/۹۳ ± ۰/۰۴ f
E	۰/۹۶۲	۸/۶۵ ± ۰/۷۱ ab	۰/۹۶ ± ۰/۰۷ f
F	۰/۹۸۶	۹/۷۹ ± ۰/۶۲ a	۱/۹۰ ± ۰/۰۷ b
G	۰/۹۸۶	۹/۰۹ ± ۰/۶۸ a	۱/۸۴ ± ۰/۰۷ b
H	۰/۹۷۸	۷/۸۳ ± ۰/۷۲ b	۱/۳۴ ± ۰/۰۸ cd
I	۰/۹۹۴	۷/۸۷ ± ۰/۳۸ b	۱/۳۷ ± ۰/۰۴ c
J	۰/۹۸۳	۵/۶۳ ± ۰/۴۲ c	۰/۸۴ ± ۰/۰۴ h
K	۰/۹۸۵	۵/۰۶ ± ۰/۴۴ c	۱/۱۶ ± ۰/۰۴ g

\* - ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن،  $P < ۰/۰۵$ ).

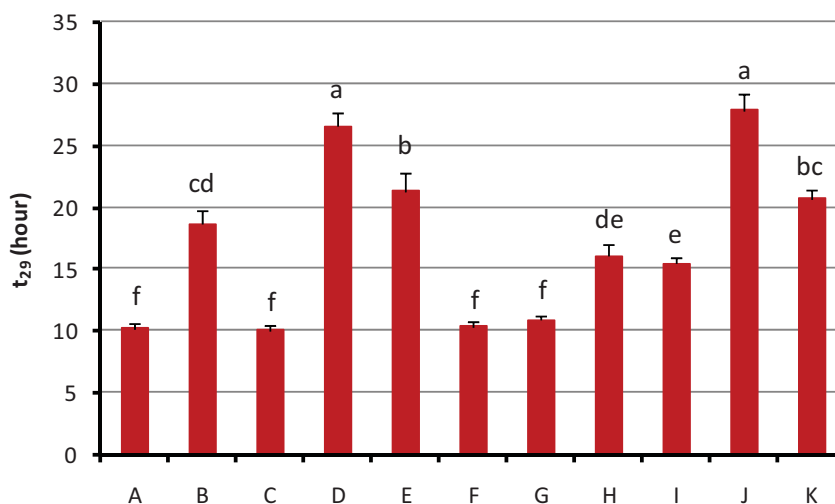
آنها نسبتاً مناسب‌تر از سایر روغنهای زیتون مورد آزمایش است اما دیگر شاخصهای موثر بر پایداری آنها (جداول ۱ و ۲) در میانه محدوده‌های کمی مربوطه قرار می‌گیرد.

### نتیجه گیری

تحقیق حاضر نشان داد پایداری اکسایشی روغنهای زیتون را می‌توان بخوبی بر حسب سه دسته عوامل موثر، شامل (الف) شاخصهای مربوط به کیفیت اولیه روغن شامل اعداد پراکسید، اسیدی و دی‌ان مزدوج، (ب) نسبت MUFA/PUFA بر گرفته از ساختار اسید چربی محصول، و (ج) میزان ترکیبات توکوفرولی و فنلی تفسیر نمود. بر این اساس، روغنهای بکر خارجی در مجموع از ساختار شیمیایی مطلوبتر و به تبع آن پایداری به ترتیب بیشتری نسبت به روغنهای زیتون بکر و بی‌بو شده داخلی برخوردار بودند. حسب شرایط کاشت، داشت، برداشت و طبعاً ارقام متفاوت میوه زیتون، نوسان زیادی در خصوص ساختار اسید چربی و ترکیبات توکوفرولی و فنلی روغنهای زیتون داخلی مشاهده شد. همچنین، صرف نظر از استثنائات، کیفیت اولیه نه چندان مطلوب آنها را می‌توان به شرایط نامناسب تولید، حمل و نگهداری محصول نسبت داد.

نظر به اینکه روغن زیتون در زمره روغنهای حاوی مقادیر بالای اسید اولئیک قرار می‌گیرد و پس از آن حامل عمدتاً اسید لینولئیک به عنوان اسید چرب چند غیراشباعی است، روغنهای فوق حائز مقادیر به ترتیب کمتر و بیشتر اسیدهای اولئیک و لینولئیک نسبت به سایر روغنهای زیتون مورد مطالعه بوده‌اند. ضمن آن که پایداری اکسایشی روغنهای مورد مطالعه بیشتر تحت تاثیر ساختار اسید چربی آنها به عنوان بخش عمده ساختار شیمیایی روغن تا ترکیبات کم مقدار یاد شده بوده است.

بیشترین میزان پایداری اکسایشی به روغنهای بکر D (۲۶/۵۳ ساعت) و بکر J (۲۷/۸۱ ساعت) و پس از آن بی‌بو شده E (۲۱/۲۵ ساعت) و بکر K (۲۰/۷۲ ساعت) تعلق داشت (شکل ۱). همان طور که در جداول ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، شاخصهای کیفیت اولیه این دو گروه روغن در مجموع به ترتیب بهتر از روغنهای ذکر شده در بالا بود. پایداری اکسایشی بالاتر آنها بخوبی با نسبت MUFA/PUFA روغنهای D و J (به ترتیب ۹/۷۲ و ۹/۹۲) و سپس E و K (به ترتیب ۷/۹۹ و ۸/۶۱) مطابقت داشت. مقاومت به تولید هیدروپراکسیدهای مزدوج روغنهای B (۱۸/۶۳ ساعت)، H (۱۶/۰۳ ساعت) و I (۱۵/۴۴ ساعت) در میانه طیف پایداری اکسایشی روغنهای زیتون مورد مطالعه قرار گرفت. همان طور که مشاهده می‌شود، شاخصهای کیفیت اولیه



شکل ۱- زمان لازم برای رسیدن به ۲۹ میلی‌مول بر لیتر هیدروپراکسیدهای دی‌ان مزدوج (t<sub>29</sub>) طی فرآیند حرارتی. ستونهای دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، P < ۰/۰۵). تیرکهای ترسیم شده بر بالای ستونها نشان دهنده انحراف معیار داده‌های اندازه‌گیری شده است.

### منابع

Ajayi, I.A., Oderinde, R.A., Kajigbola, D.O., and Uponi, J.I. 2006. Oil content and fatty acid composition of some

underutilized legumes from Nigeria. *Food Chemistry*, 99, 115-120.

AOCS. 1993. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, AOCS Press, Champaign, IL.

Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M., and Parenti, A. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chemistry*, 71, 553-562.

CX-STAN 210. 1999. Codex standard for named vegetable oils. *Codex Alimentarius*, 8, 11-25.

Farhoosh, R., and Moosavi, S.M.R. 2009. Evaluating the performance of peroxide and conjugated diene values in monitoring quality of used frying oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 173-179.

Farhoosh, R., and Pazhouhanmehr, S. 2009. Relative contribution of compositional parameters to the primary and secondary oxidation of canola oil. *Food Chemistry*, 114, 1002-1006.

Farhoosh, R., Niazmand, R., Rezaei, M., and Sarabi, M. 2008. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 587-592.

Huang, S.W., Frankel, E.N., and German, J.B. 1994. Antioxidant activity of  $\alpha$ - and  $\gamma$ - tocopherols in bulk oils and in oil in water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2108-2114.

Kritchevsky, D., Tepper, S.A., and Langan, J. 2010. Influence of Short- Term Heating on Composition of Edible Fats. *Journal of Nutrition*, 77, 127-130.

Mendez, E., Sanhueza, J., Speisky, H., and Valenzuela, A. 1996. Validation of the Rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1033-1037.

Montedoro, G.F., Servili, M., Baldioli, M., and Miniati, E. 1992. Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1571-1576.

Rossell, J.B. 2001. Factors affecting the quality of frying oils and fats, In: *Frying. Improving Quality*, Rossell, J.B., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.

Saguy, I.S., Shani, A., Weinberg, P., and Garti, N. 1996. Utilization of jojoba oil for deep-fat frying of foods. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 29, 573-577.

Sanchez-Gimeno, A.C., Negueruela, A.I., Benito, M., and Vercet, A., Oria, R. 2008. Some physical changes in Bajo Arago'n extra virgin olive oil during the frying process. *Food Chemistry*, 110, 654-658.

Servili, M., Baldioli, M., Miniati, E., and Montedoro, G.F. 1996. Antioxidant activity of new phenolic compounds extracted from virgin olive oil and their interaction with  $\alpha$ -tocopherol and  $\beta$ -carotene. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 73, 55-59.

Shantha, N.C., and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of the American Oil Chemis' Society*, 77, 421-424.

Tena, N., Aparicio, R., Garcia-Gonzalez, D.L. 2009. Thermal Deterioration of Virgin Olive Oil Monitored by ATR-FTIR Analysis of Trans Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 9997-1003.

Tena, N., Garcia-Gonzalez, D.L., and Aparicio, R. 2009. Evaluation of Virgin Olive Oil Thermal Deterioration by Fluorescence Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10505-10511.

Tsimidou, M., Papadopoulou, G., and Boskou, D. 1992. Phenolic compounds and stability of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 45, 141-144.

Tyagi, V.K., and Vasishta, A.K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 499-506.

Wong, M.L., Timms, R.E., Goh, E.M. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 258-261.