تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۸/ شماره ٦٧/پاییز و زمستان ۱۳۹۸/ص ۱۵٤-۱۳۷

ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب و کیفیت روغن زیتون تولیدشده در استان‌های مختلف ایران

فروغ شواخی[1]*، پرویز مرادی[2] و محمود عظیمی[3]

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۵

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی ساختار اسید چرب و خصوصیات کیفی روغن زیتون بکر تولید شده در استان‌های مختلف کشور شامل گیلان، گلستان، زنجان، قزوین، قم و فارس است. اسیدیته، پراکسید، ضریب خاموشی، ترکیب اسیدهای چرب روغن زیتون گفته شده اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها نشان‌می‌دهد که اسیدیته، پراکسید و تغییرات ضریب خاموشی (Δk) اکثر روغن‌ها به غیر از دو نمونه استان‌های فارس و گلستان (F و Go_3) و مقدار اسیدهای چرب تمامی روغن‌ها به غیر از اسید میریستیک دو نمونه استان‌های قم و زنجان (Q_0 و Z_2)، در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی زیتون قرار دارند. بیشترین اسید چرب تک غیر اشباع (MUFA) در نمونه‌های روغن زیتون در استان‌های زنجان، گلستان، قزوین (۷۶/۲۱-۷۲/۱۲ درصد) دیده شد که کمترین اسیدچرب اشباع (SFA) با محدودهٔ ۱۷/۹۹-۱۶/۹۹ درصد، چند غیر اشباع (PUFA) با محدودهٔ۱۰/۴۲-۶/۴۹ درصد و شاخص کاکس (Cox Index) با محدودهٔ ۱/۸۴-۱/۴۹ درصد را داشتند. با توجه به عوامل کیفی بررسی شده، معلوم شد نمونهٔ‌های روغن زیتون استان‌های گلستان، زنجان و قزوین (Go_1، Qa_1 و Z_1) در بالاترین و نمونهٔ روغن زیتون استان فارس (F) در پایین‌ترین رده کیفیت قرار دارند و از سایر نمونه‌ها متمایزند. از آنجاکه عوامل مختلفی بر کمیت و کیفیت روغن زیتون تاثیرگذارند، و با توجه به اینکه در استان‌های برتر، نمونه‌های با کیفیت پایین نیز قرار دارند، ترکیب اسیدهای چرب به تنهایی قادر به طبقه بندی جغرافیایی کیفیت روغن زیتون نیست ولی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در طبقه بندی کیفی آن قابل استفاده است.

واژه‌های کلیدی

ساختار اسید چرب، شاخص کاکس، طبقه بندی کیفی

مقدمه

ارزش اقتصادی و سودمندی‌های تغذیه‌ای روغن زیتون موجب شده است تا به این روغن در ایران و جهان توجه بیشتری بشود و تولید آن بالارود. فواید سلامتی بخش روغن زیتون ناشی از نسبت بالای اسیدهای چرب غیر اشباع به اسیدهای چرب اشباع آن و ترکیبات آنتی اکسیدانی، کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی آن است (Fatemi & Hammond, 1980). این روغن به علت دارا بودن مقادیر کافی اسیدهای چرب ضروری لینولئیک و لینولنیک و نیز وجود ترکیبات ضداکسایشی، کنترل‌کنندهٔ سطح

* نگارنده مسئول: Email: frshavakhi@yahoo.com

http://doi: 10.22092/fooder.2019.125466.1204

© 2019,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

کلسترول خون است و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان را کاهش می‌دهد (Tura *et al.*, 2007). اسیدهای چرب روغن زیتون شامل پالمیتیک (C16:0)،هایپوجنیک[1] (C16:1ω9)، پالمیتولئیک (C16:1ω7)، مارگاریک[2] (C17:0)، مارگارولئیک[3] (C17:1)، استئاریک (C18:0)، اولئیک (C18:1ω9)، سیس واکسنیک[4] (C18:1ω7)، لینولئیک (C18:2)، آراشیدیک (C20:0)، آلفالینولنیک (C18:3)، ایکوسنیک[5] (C20:1)، بهنیک[6] (C22:0)، لیگنوسریک[7] (C24:0)است. بین تمام اسیدهای چرب، اسید اولئیک بیشترین مقدار است (Kelebek *et al.*, 2015; Reddy & Naidu, 2016) و پس از آن اسید پالمیتیک، اسید لینولئیک و اسید استئاریک قرار دارد (Köseoglu *et al.*, 2016). نوع و مقدار ترکیبات شیمیایی روغن زیتون مانند اسیدهای چرب به ویژه مقادیر بالای اسید اولئیک نماد کیفیت این روغن هستند، کمیت و کیفیت این ترکیبات به عوامل مختلفی مانند رقم، شرایط اقلیمی، روش استخراج و مرحلهٔ رسیدگی میوه زیتون بستگی دارد. در پژوهش‌های اجرا شده در داخل و خارج از کشور، تاثیر عوامل متعدد مانند منطقهٔ جغرافیایی، زمان برداشت، رقم، ارتفاع منطقه از سطح دریا، شرایط آبیاری و غیره بر ویژگی‌های کیفی مختلف روغن زیتون با هدف ارزیابی کیفیت وخلوص این روغن بررسی شده است. علوی رفیعی و همکاران (Alavi Rafiee *et al.*, 2012) می‌گویند ساختار اسیدهای چرب روغن زیتون تجاری ایران عموماً حاوی اسیدهای تک غیر اشباع[8] (MUFA) به خصوص اسید اولئیک (C18:1)، اشباع[9] (SFA) به‌خصوص اسید پالمیتیک (C16:0) و چند غیر اشباع[10] (PUFA) به خصوص اسید لینولئیک (C18:2) است، اما شاخص‌هایی مانند عدد پراکسید، عدد اسیدی و ترکیبات قطبی نمونه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری دارند. اسماعیلی و همکاران (Esmaeili *et al.*, 2012) در بررسی ترکیب اسید چرب ۴۲ ژنوتیپ زیتون بومی مناطق مختلف استان ایلام به این نتیجه رسیدند که منطقه و ژنوتیپ بر ترکیب اسیدچرب تاثیرگذار هستند. مقدار اسید اولئیک در مناطق و ژنوتیپ‌های مختلف متغیر و بین ۵۲/۵۵ تا ۵۶/۰۶ درصد گزارش شده‌است. ترکیب اسیدهای چرب و مشخصات کیفی دو نمونه روغن زیتون ایرانی و خارجی مقایسه شد (Beigomi *et al.*, 2013)، نمونه‌ها حاوی اسیدهای اولئیک (C18:1)، لینولئیک (C18:2)، استئاریک (C18:0)، آراشیدیک (C20:0) بودند. اگرچه محدودهٔ اسیدهای چرب نمونه‌ها مطابق استانداردهای ملی و بین المللی بود و اسیدیته و پراکسید نمونه‌ها با هم تفاوتی نداشتند ولی مقدار اسید اولئیک نمونه‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. آهنگر بنادکوکی و همکاران (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013) ترکیب اسیدهای چرب روغن زیتون را در مناطق مختلف ایران از نظر دما مقایسه کردند. این محققان دو نوع روغن زیتون، شامل بکر و تصفیه شده را برای شناسایی ساختار اسیدهای چرب با دستگاه کروماتوگرافی گازی به‌کارگرفتند و نشان دادند اسیدهای اولئیک، لینولئیک و پالیمتیک مهم‌ترین اسیدهای چرب در انواع روغن زیتون هستند ومقدار اسیدهای چرب در محدودهٔ تعیین‌شدهٔ استاندارد

1- Hypogeic acid
2- Margaric acid
3- Margaroleic acid
4- Cis–vaccenic acid
5- Eicosenoic acid
6- Behenic acid
7- Lignoceric acid
8- Mono Unsaturated Fatty Acid
9- Saturated Fatty Acid
10- Poly Unsaturated Fatty Acid

شورای ملی زیتون است. این محققان اضافه می‌کنند بین دمای هوا و ترکیب برخی اسیدهای چرب ارتباط نزدیکی وجود دارد به طوری‌که دمای بالاتر موجب افزایش میزان اسید لینولئیک و کاهش اسید اولئیک می‌شود. نتایج مطالعهٔ دیگری در رودبار، علی‌آبادگیلان و طارم زنجان نشان‌می‌دهد که مقدار روغن و بیشتر اسیدهای چرب آن متأثر از منطقهٔ کاشت است (Ziarati & Tosifi, 2014).

هماپور و همکاران (Homapour *et al.*, 2013; 2014; 2016) خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارقام زیتون را در مناطق مختلف شامل فدک، گیلوان، شیراز و کازرون بررسی کردند تمامی شاخص‌ها غیر از میزان اسید اولئیک در رقم روغنی کازرون با استانداردهای ملی و بین‌المللی مطابقت دارد و تفاوت اسیدیته، عدد یدی و پراکسید ارقام زرد و روغنی در دو منطقه شیراز و کازرون معنی‌دار است. رقم ماری گیلوان اسید اولئیک بالا و اسید لینولئیک پایین و در نتیجه مقاومت اکسایشی بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت و در مقایسه با ارقام زرد و روغنی و آربیکن رقم برتر در نظرگرفته شد.

مقدار اسید پالمیتیک و اسید لینولئیک در روغن ارقام زیتون استان گیلان پایین و مشابه با مقادیر این دو اسید در روغن ارقام ایتالیا و اسپانیا است. پیراوی ونک و همکاران (Piravi-Vanak *et al.*, 2012) اسیدهای چرب نمونه‌های مختلف روغن زیتون را از استان‌ها مختلف ایران از نظر دما، ارتفاع، رطوبت و میزان بارندگی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های روغن زیتون در شمال کشور اسید اولئیک بیشتر و اسید لینولئیک و اسید پالمیتیک کمتری نسبت به نمونه‌های جنوب کشور دارند. اثر منطقهٔ رشد بر اسیدهای چرب روغن چهار رقم زیتون در استان لرستان بررسی‌شد و این نتیجه به‌دست آمد که اسید اولئیک نسبت به اسیدهای دیگر به ترتیب در منطقهٔ کوهدشت، ویسیان و خرم-آباد بیشترین مقدار را دارد (۷۷/۲۰-۵۷/۷۲ درصد). بیشترین میزان اسید اولئیک (۷۷/۲۰ درصد) در رقم روغنی منطقهٔ کوهدشت ثبت شد (Ehteshamnia & Zahedi, 2017). نتایج تحقیق در مورد روغن زیتون ارقام مختلف در مناطقی از اسپانیا که از نظر ارتفاع متفاوت بودند نشان داد که در ارتفاع بالاتر، اسید اولئیک روغن و در نتیجه پایداری آن بیشتر است و در مناطق با ارتفاع پایین‌تر توکوفرول و اسید لینولئیک بیشتر است؛ در گزارش اضافه شده ویژگی‌های حسی روغن زیتون تولید شده در مناطق و ارقام مختلف متفاوت است (Aguilera *et al.*, 2005). ترکیب اسید چرب روغن زیتون در کشورهای مختلف جهان در جدول شماره یک نشان داده شده است (Wani *et al.*, 2018).

هدف از این پژوهش، ارزیابی خصوصیات کیفی روغن تولیدی در استان‌های مختلف ایران شامل گیلان، گلستان، زنجان، قزوین، قم و فارس و معرفی روغن‌های زیتون برتر تولیدشده در کشور و بررسی امکان طبقه بندی جغرافیایی کیفیت روغن بر اساس ترکیب اسید چرب است.

جدول ۱- ترکیب اسید چرب روغن زیتون تولیدی در کشورهای مختلف (Wani *et al*., 2018)

اسید چرب / کشور	(C16:0)	(C16:0 ω9)	(C16:1 ω7)	(C17:0)	(C17:1)	(C18:0)	(C18:1 ω9)	(C18:1 ω7)	(C18:2)	(C20:0)	(C18:3)	(C20:1)	(C22:0)	(C24:0)
تونس	۱۳/۱۴	۰/۰۹	۰/۹۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۲/۷۸	۵۹/۶	۲/۰۳	۱۴/۲۱	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۰۶
برزیل	۶/۹۰	ND	۱/۱۹	ND	ND	۱۵/۰۰	۶۴/۲۱	ND	۴/۹۷	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۴۷	ND	ND
ایتالیا	۱۴/۵۲	ND	۱/۱۹	۰/۱۵	۰/۳	۲/۳۳	۷۳/۱۳	ND	۶/۸۳	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۱	۰/۰۶
اسپانیا	۱۳/۴۹	ND	۱/۱۹	۰/۱۲	۰/۲۹	۲/۰۳	۷۰/۷۷	ND	۱۰/۳۴	۰/۳۰	۱/۰۰	۰/۲۶	۰/۱	۰/۰۴
الجزایر	۱۴/۸۹	ND	۱/۵۱	ND	ND	۳/۸۷	۶۷/۸۸	ND	۱۱/۷۶	ND	۰/۷۸	ND	ND	ND
پرتقال	۱۵/۳۴	ND	۱/۶۷	۰/۱۲	۰/۲۷	۲/۴۷	۷۲/۱۰	ND	۶/۳۳	۰/۴۰	۰/۷۴	۰/۲۳	۰/۱۱	ND

ND غیر قابل شناسایی

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

یازده نمونه روغن زیتون بکر (کدهای Qo، Gi، Go_1، Z_1، Qa_1، Go_2، Z_2، F، Qa_2، Qa_3، Go_3)، از استان‌های عمده تولید کننده روغن زیتون کشور شامل گیلان، گلستان، زنجان، قزوین، قم و فارس از آبان تا بهمن ۱۳۹۶تهیه شد (جدول ۲). از روش خوشه‌ای برای نمونه برداری استفاده شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری تا زمان آزمایش در شیشه‌های تیره و در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. آزمایش‌ها به شرح زیر اجرا شدند:

اسیدیته

میلی گرم هیدروکسید پتاسیم مصرفی برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد در هر گرم چربی است که به منظور تعیین درصد اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن به کار می‌رود.

این آزمایش به منظور اطمینان از فرابکر بودن نمونه‌های روغن زیتون اجرا شد. بدین منظور پس از تیتر شدن ۵ گرم روغن با سود ۰/۱ نرمال در مجاورت فنل فتالئین، میانگین اسیدیتهٔ سه تکرار برمبنای اولئیک اسید گزارش شد (ISIRI, 2011).

جدول۲- ارقام زیتون نمونه‌های روغن زیتون

ردیف	نمونه روغن زیتون	ارقام نمونه‌های روغن زیتون
۱	قم	آربکین، کراتینا و روغنی
۲	گیلان	آربیکن، کرونایکی، ماری، شنگه
۳	گلستان ۱	کرونیکی، بلیدی، آربکین و زرد و روغنی
۴	زنجان ۱	مخلوط بیش از ۶۰ رقم (کلکسیون زیتون کشور)
۵	قزوین ۱	زرد، روغنی، کرونیکی و آربکین
۶	گلستان ۲	بلیدی
۷	زنجان ۲	زرد و روغنی و کرونیکی و آربکین
۸	فارس	زرد و روغنی
۹	قزوین ۲	آربیکن
۱۰	قزوین ۳- اتکا	زرد، روغنی، کرونیکی و آربکین
۱۱	گلستان ۳	آربیکن

عدد پراکسید

پراکسید روغن با ترکیب ۵ گرم روغن با ۳۰ میلی‌گرم محلول اسید استیک- ایزواکتان دو به یک حجمی/حجمی و هم زدن با یدید پتاسیم اشباع و تیتراسیون با استفاده از تیو سولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم ($meqO_2/kg$) گزارش‌شد (ISIRI, 2017).

ضریب خاموشی

محلول یک درصدروغن زیتون در حلال سیکلو هگزان در طول موج‌های ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر سنجیده شد. Δk با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (ISIRI, 2009).

$$\Delta k=k\ 270-(k266+k274)/2 \quad (۱)$$

شناسایی و تعیین ترکیب اسیدهای چرب

برای شناسایی اسیدهای چرب نمونه‌ها توسط ترانس استریفیکاسیون با محلول هیدروکسید پتاسیم متانولی به متیل استر اسیدچرب تبدیل شدند (ISIRI, 2007). برای تعیین نوع و غلظت اسیدهای چرب از دستگاه کروماتوگرافی‌گازی (GC-YL6500 Young-Lin Inc. Korea) استفاده شد که مجهز بود به دتکتور[1] FID و ستون مویین HP-5.

شاخص کاکس (Cox Index)

این شاخص بیانگر میزان اکسایش‌پذیری روغن‌ها بر اساس ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع است و با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود (Fatemi & Hammond, 1980).

$$\text{شاخص کاکس} = [(C18:1)+ 10.3\ (C18:2)+ 21.6\ (C18:3)]/100 \quad (۲)$$

روش آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا و برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۵ استفاده شد. تفاوت غلظت اسیدهای چرب نمونه‌های مختلف با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه بررسی شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها، از آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار اجرا و نمودارها با نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ رسم شد.

1- Flame Ionization Detector

نتایج و بحث

جدول ۳، مقادیر اسیدیته و پراکسید نمونه‌های آزمایش شدهٔ روغن زیتون را نشان می‌دهد. با توجه به محدودهٔ این شاخص‌ها در استاندارد ملی (ISIRI, 2010)، همهٔ نمونه‌ها، به غیر از نمونه‌های F و Go_3، فرابکر بودند طبق استاندارد شورای ملی زیتون، حد مجاز اسیدیتهٔ آزاد برای روغن زیتون فرابکر ۰/۸ و برای روغن زیتون بکر ۲ درصد است. حد مجاز شاخص پراکسید روغن زیتون بکر و فرابکر نیز ۲۰ میلی اکی‌والان اکسیژن به ازای هر کیلوگرم روغن و ضریب خاموشی برای روغن زیتون بکر و فوق بکر ۰/۰۱ ≤ است (IOC, 2018). دلیل احتمالی بالابودن پراکسید برخی نمونه‌ها، شرایط نامناسب دورهٔ بین برداشت تا حمل و نقل، نگهداری و فرآوری است.

جدول ۳- نتایج اسیدیته و پراکسید نمونه‌های مختلف روغن زیتون

کد نمونه / شاخص	Qo	Gi	Go_1	Z_1	Qa_1	Go_2	Z_2	F	Qa_2	Qa_3	Go_3
اسیدیته*	۰/۶۵±۰/۲	۰/۲۰±۰/۱	۰/۵۹±۰/۲	۰/۵۹±۰/۲	۰/۰۸±۰	۰/۳۴±۰/۲	۰/۱۴±۰/۲	۲/۵۹±۰/۳	۰/۲۸±۰/۲	۰/۲۶±۰/۱	۱/۷۵±۰/۳
پراکسید **	۱۰/۱±۰/۱	۲/۴±۰/۲	۱۵/۴±۰/۲	۱۶±۰/۲	۲/۴±۰/۲	۱۱/۶±۰/۲	۵/۶±۰/۲	۲۸/۹±۰/۲	۴±۰/۲	۸/۶±۰/۲	۱۳/۳±۰/۲
Δk	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰	۰/۰۰۱±۰

(Qo، قم-Gi ،گیلان- Go، گلستان-Z ، زنجان-Qa ، قزوین- F ، فارس)، * (برحسب درصد اسید اولئیک)، **(برحسب میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن)

جدول ۴، پروفایل اسید چرب نمونه‌های روغن زیتون مورد آزمایش، نسبت اسید اولئیک به اسیدلینولئیک، مقادیر اسید چرب تک غیر اشباع، اشباع، چند غیر اشباع، نسبت تک غیر اشباع به چند غیر اشباع و شاخص کاکس را نشان می‌دهد. نمونه‌های آزمایشی مختلف روغن زیتون از لحاظ ترکیب اسید چرب تفاوت معنی داری دارند ولی تمامی اسیدهای چرب، به غیر از اسید میریستیک در نمونه قم، در محدودهٔ استاندارد ملی (ISIRI, 2010) است.

ساختار اسیدهای چرب روغن زیتون‌های بررسی شده، به ترتیب حاوی تک غیر اشباع، به‌خصوص اسید اولئیک (C18:1)، اشباع به‌خصوص اسید پالمیتیک (C16:0)، و چند غیر اشباع، به خصوص اسید لینولئیک (C18:2) است که همخوانی دارد با نتیجهٔ تحقیقات سایر محققان از جمله (Kelebek *et al.*, 2015; Reddy & Naidu, 2016, Homapour *et al.*, 2014; Alavi Rafiee *et al.*, 2012) محدودهٔ اسید چرب تک غیر اشباع نمونه‌ها بین حدود ۶۳ تا ۷۶ درصد است. این محدوده برای روغن‌های تجاری ایرانی ۵۹ تا ۷۵ و برای روغن‌های زیتون خارجی ۷۵ تا ۷۶ گزارش شده است (Alavi Rafiee *et al.*, 2012). وانی و همکاران (Wani *et al.*, 2018) این محدوده را ۶۱ تا ۷۵ درصد به ترتیب برای روغن‌های تونسی و ایتالیایی گزارش کرده‌اند. نوع و درصد ترکیبات اسیدهای چرب روغن زیتون از

عوامل مهم تعیین کنندهٔ ارزش کیفی و اقتصادی روغن محسوب می‌شود. در بین اسیدهای چرب روغن زیتون، اسید اولئیک نقش بسیار تعیین کننده‌ای در کیفیت و نیز قیمت این روغن دارد (Ahangar Banadkooki *et al*., 2013). در تجارت بین‌الملل، ترکیب اسید چرب مهمترین عامل تعیین کنندهٔ قیمت روغن زیتون است به‌طوری‌که در بازار اروپا روغن زیتون تونس به دلیل پایین بودن اسید اولئیک دارای کمترین قیمت است.

اسید میریستیک (C14:0)

اسید میریستیک کمترین غلظت را در بین اسیدهای چرب نمونه‌های روغن زیتون دارد (جدول ۴). نمونه‌های روغن Qa_3،Go_3، Z_2 و Go_1 با یکدیگر و همچنین با سایر نمونه‌ها از نظر این اسید تفاوت معنی‌داری دارند. محدودهٔ این اسید در استاندارد ایران که بیانگر اسیدهای چرب سیس روغن زیتون است، ۰/۰۵≤ و در استاندارد بین المللی ۰/۰۳≤ تعیین شده است (ISIRI, 2012; IOC, 2018). نمونه Qo با غلظت ۰/۰۶ درصد از این اسید خارج از استاندارد ملی و بین المللی و نمونه Z_2 با مقدار ۰/۰۵ درصد خارج از استاندارد بین المللی ارزیابی شد. پیراوی‌ونک و همکاران (Piravi-Vanak *et al*., 2012) در نمونه‌های داخلی محدوده ۰/۰۲-۰ درصد و احتشام نیا و زاهدی (Ehteshamnia & Zahedi, 2017) در لرستان محدودهٔ ۱/۶۲-۰/۸۲ را گزارش کرده‌اند.

این اسید در ساختار اسید چرب برخی از روغن‌های زیتون گزارش نشده است (Aguilera *et al*., 2005; Homapour *et al*., 2014; Dabbou *et al*., Hashempour *et al*., 2010; 2010).

اسید پالمیتیک (C16:0)

اسید پالمیتیک فراوانترین اسید چرب اشباع موجود در طبیعت است و مقدار آن در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران و شورای بین المللی زیتون بین ۷/۵ تا ۲۰ درصد گزارش شده است. اسید پالمیتیک نمونه‌های Go_2 با ۱۸/۴۵ درصد، به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار این اسید در نمونه‌های Go_1، Qa_1 و Z_1 (۱۳/۸۶-۱۳/۶۶ درصد) است. جدول ۴). پیراوی ونک و همکاران (Piravi-Vanak *et al*., 2012) می‌گویند بالاترین مقدار اسید اولئیک (۷۵/۹۸ درصد) و کمترین مقدار اسید لینولئیک (۶/۵) و اسید پالمیتیک (۱۰/۷۸ درصد) در نمونه‌های شمال کشور دیده شده‌است، این مقادیر برای نمونه‌های روغن زیتون در جنوب کشور از این قرار است: اسید اولئیک (۶۲/۷۳)، اسید لینولئیک (۱۶/۰۹ درصد) و اسید پالمیتیک (۱۵/۲۷)؛ این اعدادبیانگر اثر اقلیم بر ساختار اسیدهای چرب روغن زیتون است. در منطقهٔ رودبار، حقیقت‌خرازی و همکاران (Haghighat kharazi *et al*., 2012) اسید پالمیتیک برای رقم زرد ۱۰/۶۸ و برای رقم ماری ۱۲/۵۵ درصد گزارش کرده‌اند؛هاشم‌پور و همکاران (Hashempour *et al*., 2010a) کمترین مقدار را در رقم فرانگیونتو[1] و بیشترین را در رقم بلیدی[2] گزارش کردند. میزان اسید پالمیتیک ارقام زرد، روغنی و ماری در منطقهٔ فدک و گیلوان نیز ۱۱/۴ تا ۱۸/۱ درصد گزارش شده است (Homapour *et al*., 2014).

1- Frangivento
2- Beledy

جدول ۴- میزان اسیدهای چرب نمونه‌های مختلف روغن زیتون (درصد)

کد نمونه / اسید چرب	Qo	Gi	Go1	Z1	Qa1	Go2	Z2	F	Qa2	Qa3	Go3
C14:0	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴
C16:0	۱۶/۶۳	۱۶/۷۷	۱۳/۸۶	۱۳/۶۶	۱۳/۷۰	۱۸/۴۵	۱۷/۷۷	۱۵/۵۱	۱۵/۲۴	۱۶/۶۶	۱۵/۷۳
C16:1	۱/۴۶	۱/۹۰	۱/۲۵	۱/۰۶	۱/۰۳	۲/۲۵	۱/۹۰	۱/۳۱	۱/۸۰	۱/۶۶	۱/۵۸
C17:0	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۱۱	۱/۰۵	۰/۱۰
C17:1	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۲۰
C18:0	۲/۲۴	۲/۰۰	۲/۳۳	۲/۶۶	۳/۴۰	۲/۴۰	۱/۷۸	۲/۸۷	۱/۶۸	۲/۵۲	۲/۱۳
C18:1c	۶۳/۲۳	۶۲/۹۲	۷۴/۵۵	۷۰/۶۳	۷۰/۶۵	۶۰/۸۷	۶۲/۶۷	۶۱/۵۷	۶۴/۳۷	۶۱/۸۴	۶۳/۸۵
C18:2t	۰/۰۳	۰/۰۱	ND	ND	۰/۰۳	ND	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	ND
C18:3t	ND	۰/۰۳	ND	ND	ND	ND	ND	۰/۰۳	۰/۰۵	ND	ND
C18:2c	۱۴/۴۳	۱۴/۰۲	۵/۷۹	۹/۸۶	۸/۷۰	۱۳/۶۲	۱۳/۶۲	۱۶/۶۶	۱۴/۳۳	۱۵/۴۵	۱۴/۳۵
C18:3n3	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۵۷	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۳
C20:0	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳۸
C20:1	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۳۳
C22:0	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۳
C24:0	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۶
C18:1/C18:2	۴/۳۷	۴/۴۸	۱۲/۸۷	۷/۱۶	۸/۰۹	۴/۴۷	۴/۵۹	۳/۴۵	۴/۴۹	۳/۱۰	۴/۴۵
MUFA	۶۵/۱	۶۵/۳۱	۷۶/۲۱	۷۲/۱۲	۷۲/۱۲	۶۳/۴۷	۶۵/۰۶	۶۳/۲۲	۶۶/۹۲	۶۳/۸۵	۶۵/۹۶
SFA	۱۹/۶۶	۱۹/۴۷	۱۶/۹۹	۱۷/۱	۱۷/۹۹	۲۱/۶۷	۲۰/۳۱	۱۹/۰۸	۱۷/۶۳	۲۰/۸۸	۱۸/۵۷
PUFA	۱۴/۹۸	۱۴/۶۶	۶/۴۹	۱۰/۴۲	۹/۳۲	۱۴/۳۸	۱۴/۲۳	۱۷/۴۸	۱۵/۰۳	۱۶/۴۸	۱۴/۹۸
MUFA/PUFA	۴/۳۴	۴/۴۵	۱۱/۷۴	۶/۹۲	۷/۷۴	۴/۴۱	۴/۵۷	۳/۶۲	۴/۴۵	۳/۸۷	۴/۴۰
Cox Index	۲/۲۳	۲/۲۱	۱/۴۹	۱/۸۴	۱/۷۳	۲/۱۸	۲/۱۶	۲/۵۰	۲/۲۷	۲/۳۴	۲/۲۵

ND غیر قابل شناسایی

بیشترین مقدار اسید پالمیتیک در نمونه‌های روغن زیتون در شیراز و زنجان به‌ترتیب با میانگین ۱۴/۶۹ و ۱۲/۱۵ درصد مشاهده شده‌است (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013). در مورد روغن‌های تونسی، محدودهٔ این اسید ۱۸/۱۵-۱۱/۰۸ درصد (Dabbou *et al.*, 2010) و در روغن‌های اسپانیایی میانگین ۱۴/۱ و ۱۲/۹ درصد برای ارقام لچینو[1] و فرانتیو[2] گزارش‌شده‌است (Aguilera *et al.*, 2005).

اسید پالمیتولئیک (C16:1)

مقدار این اسید چرب در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران و شورای بین المللی زیتون بین۰/۳ تا ۳/۵ درصد گزارش شده است. با وجود داشتن اختلاف معنی دار آماری، این اسید در تمامی نمونه‌ها در حد مجاز قرار دارد. مقدار اسید پالمیتولئیک نمونه Go_2 با ۲/۲۵ درصد هم از بقیه نمونه‌ها (از جمله Go_1 ، Qa_1 و Z_1) با مقدار ۱/۲۵ تا ۱/۰۳ درصد به غیر از Gi، Ga_2 و Z_2 (مقدار ۱/۹-۱/۸ درصد) بیشتر است (جدول ۴). مقادیر این اسید چرب در رقم زرد ۰/۸۷درصد در رقم ماری ۱/۷۹ درصد در رودبار (Haghighat kharazi *et al.*, 2012) و بیشترین مقدار در رقم بلیدی (۱/۹۴ درصد) و کمترین در رقم کوراتینال (۰/۵۳ درصد) (Hashempour *et al.*, 2010a) و ماری‌گیلوان ۰/۹۵ درصد تا آربکین فدک ۳/۱ درصد گزارش شده است (Homapour *et al.*, 2016). مقدار این اسید نیز وابسته به اقلیم است و با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش می‌یابد (Ehteshamnia & Zahedi, 2017).

اسید هپتادکانوئیک (C17:0)

مقدار این اسید چرب در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران ۰/۳≥ و بر مبنای شورای بین المللی زیتون ۰/۴≥ درصد گزارش شده است. اگرچه بین نمونه‌ها از نظر این اسید تفاوت معنی‌داری وجود دارد ولی مقدار آن در نمونه‌های مختلف در محدوده استاندارد است. اسید هپتادکانوئیک در نمونهٔ Gi (۰/۱۴ درصد) به طورمعنی‌داری کمتر است تا در نمونهٔ Qa_3 (۱/۰۵ درصد) (جدول ۴).

اسید هپتادسنوئیک (C17:1)

مقدار این اسید چرب در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران ۰/۳≥ و بر مبنای شورای بین المللی زیتون ۰/۶≥ درصد گزارش شده است. مقداراسید هپتادسنوئیک در نمونه‌های Qa_2، Z_2، Gi به‌ترتیب ۰/۰۸، ۰/۲۵ و ۰/۲۲ درصد به طور معنی‌داری بیشتر ازمقدار همین اسید در Go_1 و F (۰/۰۸ درصد) است (جدول ۴).

اسید استئاریک (C18:0)

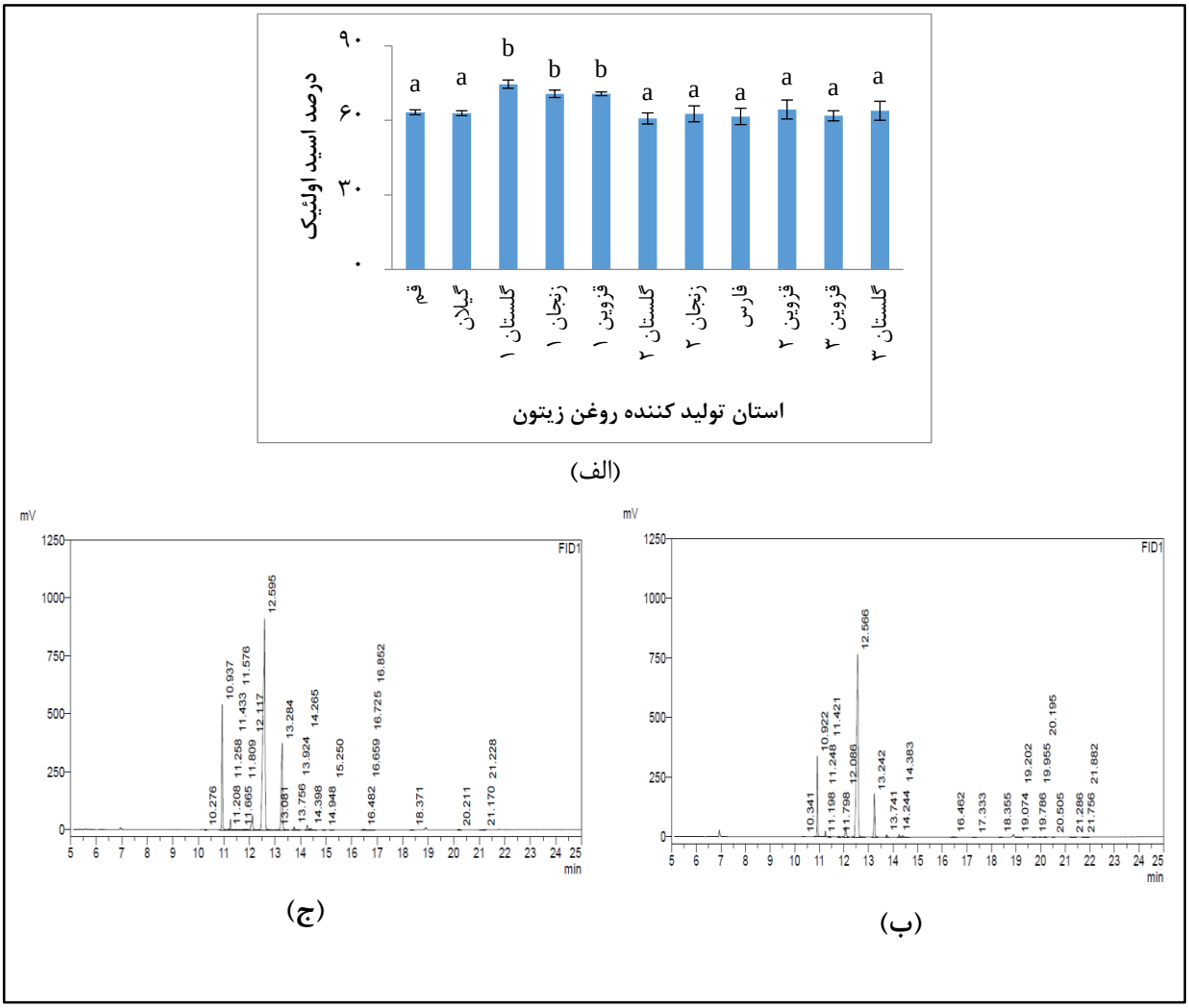
مقدار این اسید چرب در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران و شورای بین المللی زیتون ۵-۰/۵ درصد گزارش شده است. اگر چه مقدار این اسید چرب در تمام نمونه‌های مورد بررسی در حد مجاز است ولی نمونه‌های Qa_1 و F به ترتیب با ۳/۴ و ۲/۸۷ درصد بیشترین مقدار و Qa_2 با ۱/۶۸ درصد کمترین مقدار را از این اسید دارد (جدول ۴). محدودهٔ به‌دست آمده در این تحقیق همخوانی دارد با محدوده ای که در دیگر تحقیقات دیده شده است: کمترین میزان این اسید چرب در رقم آربکین گیلوان با ۱/۵۵ درصد و بیشترین آن در رقم زرد فدک با ۳/۰۵ درصد (Homapour *et al.*, 2016). در رقم فرانگیونتو، بیشترین مقدار (۳/۰۹ درصد) و در رقم کوراتینا کمترین مقدار (۱/۹۸ درصد)، در رودبار و رقم روغنی ۲/۳۲ درصد و ماری ۲/۴۹ درصد در کازرون گزارش شده است (Hashempour *et al.*,

1- Leccino
2- Frantoio

2010a,b). در روغن اسپانیایی، مقدار این اسید چرب در محدودهٔ ۱/۹۳-۱/۳۶ درصد برای رقم فرانتیو و ۱/۸۶-۱/۵ درصد برای لچیو گزارش شده است (Aguilera *et al*., 2005).

اسید اولئیک (C18:1)

مقدار این اسید چرب در روغن زیتون مطابق استاندارد ملی ایران و شورای بین المللی زیتون ۸۳-۵۵ درصد گزارش شده است. اسید اولئیک فراوانترین اسید چرب اندازه گیری‌شده در تمام نمونه‌ها با محدودهٔ ۷۴/۵۵-۶۱/۵۷ درصد است (جدول ۴). از بابت مقدار این اسید در بین نمونه‌ها از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود دارد. نمونه‌های روغن زیتون در دو گروه مجزا قرار گرفتند. نمونه‌های Go_1، Qa_1 و Z_1 با مقادیر ۷۴/۵۵، ۷۰/۶۵ و ۷۰/۶۳ درصد اسید اولئیک بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند (شکل ۱). بالاتر بودن این اسید چرب و همچنین نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک شاخصی مثبت در ارزیابی کیفی روغن زیتون است. بنابراین، می‌توان‌گفت این سه نمونه دارای بالاترین کیفیت هستند. آهنگر و همکاران (Ahangar Banadkooki *et al*., 2013) نتایج مشابهی گزارش کرده اند، این محققان می گویند میزان اسید اولئیک در روغن زیتون واریته‌های شهر زنجان بالاتر و در شهر شیراز کمتر از سایر نقاط اندازه‌گیری شده است. در شکل ۱، کروماتوگرام ترکیب اسید چرب دو نمونه روغن زیتون در استان‌های زنجان و فارس نشان داده شده است. این اسید چرب نقش مهمی در افزایش مقاومت اکسیداتیو روغن‌ها دارد (Aguilera *et al*., 2005; Gutiérrez *et al*., 1999). هماپور و همکاران (Homapour *et al*., 2014) مقدار این اسید چرب را از ۵۷ درصد در رقم روغنی فدک تا ۷۶ درصد در ماری گیلوان گزارش داده و اضافه کرده است در هر دو منطقه رقم ماری دارای بالاترین میزان اسید اولئیک با میانگین ۷۵/۸۵ درصد و رقم روغنی دارای پایین‌ترین میزان اسید اولئیک با میانگین۵۷/۶۲ درصد است. در لرستان، محدودهٔ ۵۷/۷۲-۷۷/۲ درصد اسید اولئیک برای مناطق مختلف آن گزارش شده که بیشترین آن برای منطقهٔ کوهدشت ثبت شده است (Ehteshamnia & Zahedi, 2017). هاشم پور و همکاران (Hashempour *et al*., 2010a) محدودهٔ ۷۶/۰۸-۸۰/۷۲ درصد را به ترتیب برای رقم کوراتینا و بلیدی رودبار گزارش کرده‌اند. در بررسی‌های هماپور و همکاران (Homapour *et al*., 2013) میزان اسید اولئیک نمونهٔ رقم روغنی کازرون را ۵۵ درصد دانسته که حتی در حداقل استانداردهای ملی و بین المللی قرار ندارد. با افزایش ارتفاع، مقدار اسید اولئیک در ارقام زیتون افزایش می‌یابد (Aguilera *et al*., 2005). این نتیجه گیری با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد که در استان‌های شمالی کشور با ارتفاع بیشتر، اسید اولئیک بیشتر از استان‌های با ارتفاع کمتر مانند فارس و قم است (جدول ۴). علوی رفیعی و همکاران (Alavi Rafiee *et al*., 2012) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که میزان اسیدهای چرب به رقم زیتون و منطقهٔ کاشت وابسته است.



شکل ۱- درصد اسید اولئیک نمونه‌های روغن زیتون استان‌های مختلف (الف)، کروماتوگرام ترکیب اسیدهای چرب دو نمونه Z_1، زنجان (ب) و F، فارس (ج)

اسید لینولئیک (C18:2)

مقدار این اسید چرب در روغن زیتون، مطابق استاندارد ملی ایران ۲۱-۳/۵ درصد و بر مبنای شورای بین المللی زیتون ۲۱-۲/۵ درصدگزارش شده است. محدودهٔ به دست آمده برای این اسید در این تحقیق ۱۶/۶۶-۵/۷۹ درصد است. نمونهٔ Go_1 با کمترین مقدار این اسید (۵/۷۹درصد) و پس از آن نمونه‌های Qa_1 و Z_1 به ترتیب با ۸/۷۰ و ۹/۸۶ درصد کمترین مقادیر را دارند . بیشترین مقدار اسید اولئیک نیز مربوط به سه نمونه Qa_1،Go_1 ، Z_1 است (جدول ۴)؛ از لحاظ مقدار این اسید، تمامی نمونه‌های مورد آزمایش با وجود داشتن اختلاف آماری معنی‌دار در محدوده استاندارد قرار دارند. بر اساس نتایج تحقیقات اجرا شده در ایران، نمونه‌های برداشت شده از استان‌های شمالی کشور، اسید پالمیتیک و اسید لینولئیک پایین و اسید اولئیک بالا دارند که مشابه روغن زیتون مناطق مدیترانه‌ای است در حالی که روغن زیتون حاصل از استان فارس از نوعی هستند که اسید اولئیک پایین و اسید پالمیتیک و اسید لینولئیک بالا دارند، شبیه روغن

زیتون تونسی (Piravi-Vanak *et al.*, 2012) اسید لینولئیک روغن در منطقهٔ گرم‌تر بالاست، بیشترین مقدار این اسید با میانگین ۱۶/۷۸ درصد مربوط به شیراز است که بالاترین دما را نسبت به شهرهای دیگر دارد (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013). حقیقت خرازی و همکاران (Haghighat kharazi *et al.*, 2012) اسید لینولئیک را در رقم زرد۱۵/۴۲ درصد و در رقم ماری ۱۵/۴۱ درصد در منطقهٔ رودبار گزارش کرده اند. میزان این اسید چرب بین ۶/۱۵ درصد در رقم کرونائیکی گیلوان تا ۱۹/۰۵ درصد در رقم روغنی گیلوان متغیر است (Homapour *et al.*, 2016). این امر نشان می‌دهد که همواره رابطهٔ معکوسی بین مقدار اسید اولئیک و اسید لینولئیک وجود دارد که در این تحقیق هم همین نتیجه به دست آمده است. همبستگی منفی بین مقدار این اسید و اسید اولئیک را دیگر محققان (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013; Homapour, 2013; Ehteshamnia & Zahedi, 2017; Hashempour *et al.*, 2010a) نیز گزارش کرده‌اند.

اسیدهای چرب ترانس

در هیچ یک از نمونه‌های مورد بررسی اسید اولئیک ترانس مشاهده نشد(جدول ۴). از نظر اسید لینولئیک ترانس (C18:2t)، نمونه‌های F و Z_2 بیشترین مقدار را به ترتیب با ۰/۰۳ و ۰/۰۴ درصد، با تفاوت معنی دار نسبت به Go_1، Z_1، Go2و Go_3 داشتند که در آنها اسید چرب ترانس تشخیص داده نشد (جدول ۴). از نظراسید لینولنیک ترانس (C18:3t)، نمونه‌ها درسه گروه کاملا مجزا قرار دارند: نمونهٔ Qa_2 با بیشترین مقدار(۰/۰۵ درصد)، نمونه‌های F و Gi با ۰/۰۳ درصد، و سایر نمونه‌ها با کمترین مقدار (غیر قابل تشخیص). مجموع اسید لینولنیک و اسیدلینولئیک ترانس روغن زیتون بکر خوراکی طبق استاندارد ملی ایران کمتر از ۰/۰۵ است که نمونه‌های Qa_2 و F خارج از این محدوده‌اند (جدول ۴). با توجه به سایر شاخص‌ها در خصوص این نمونه روغن قزوین بررسی مجدد لازم است.

سایر اسیدهای چرب

از نظر اسید لینولنیک سیس، نمونه‌هایGo_1، Qa_1 و Z_1 با مقادیر ۵/۷۹، ۸/۷۰ و ۹/۸۶ درصد که بالاترین اسید اولئیک سیس را نیز داشتند، به طور معنی‌داری کمتر از نمونهٔ F با مقدار ۱۶/۶۶ درصد است(جدول ۴). از نظر درصد اسید آراشیدیک و اسید لینوسریک بین نمونه‌ها تفاوت معنی داری مشاهده نمی‌شود(جدول ۴). از نظراسید بهنیک (C22:0)، مقدار این اسید در نمونهGo_1 (۰/۲ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر است تا در نمونه-های Gi_1، Z_2 و F به ترتیب با مقادیر ۰/۱۸، ۰/۱۱ و ۰/۱۲ درصد (جدول ۴). مقدار تمام این اسیدها در محدودهٔ استانداردهای ملی و بین المللی قرار دارد (ISIRI, 2010; IOC, 2018).

نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک

یکی از شاخص‌های ارزیابی کیفی روغن زیتون بکر، نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک است. از نظر نسبت اسید اولئیک به اسید لینولئیک فقط نمونهٔ Go_1 با بیشترین مقدار (۱۲/۸۷ درصد) نسبت به سایر نمونه‌ها تفاوت معنی داری دارد. بالاتر بودن این نسبت یک ویژگی مطلوب در این روغن در نظر گرفته می‌شود، زیرا مقاومت اکسیداتیو روغن در این حالت افزایش خواهد یافت. این نسبت در ارقام مورد بررسی از ۳/۰۴ درصد (در روغنی فدک) تا ۱۱/۴۷ درصد (در ماری گیلوان) متغیر است (Homapour *et al.*, 2014) در منطقهٔ رودباراین نسبت برای رقم زرد

۴/۳۳ و برای رقم ماری و روغنی به ترتیب ۴/۱۸ و ۴/۴۲ درصدگزارش شده‌است (Haghighat Kharazi *et al*., 2012).

اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA)

اسیدهای چرب تک غیر اشباع به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و تاثیرشان بر پایداری اکسیداتیو روغن اهمیت ویژه‌ای دارند (Gutiérrez *et al*.,1999; Aguilera *et al*., 2005). از نظر اسیدهای چرب تک غیر اشباع، نمونه‌ها در دو گروه مجزا قرار دارند؛ مقدار روغن نمونه‌های Go_1، Qa_1 و Z_1 به‌ترتیب با ۷۶/۲۱، ۷۲/۱۲ و ۷۲/۱۲ درصد بیشتر از سایر نمونه‌هاست (جدول ۴). رقم کوراتینا بیشترین (۸۱/۳۵ درصد) و بلیدی کمترین مقدار (۷۸/۲۱ درصد) اسیدچرب غیر اشباع را در منطقهٔ رودبار دارد (Hashempour *et al*., 2010a).

اسیدهای چرب اشباع (SFA)

روغن‌های حاوی اسیدهای چرب تک غیر اشباعی (MUFA)بالا و اسیدهای چرب اشباع (SFA) پایین از لحاظ تغذیه ای مفیدند زیرا باعث کاهش مقدار کلسترول سرمی می‌شوند. از نظر اسیدهای چرب اشباع، نمونهٔ Go_2 با بیشترین مقدار (۲۱/۶۷ درصد) تفاوت معنی داری با سایر نمونه‌ها دارد. هماپور و همکاران (Homapour *et al*., 2014) پایین ترین میزان اسیدهای چرب اشباعی را در رقم ماری گیلوان (۱۴/۳۵ درصد) و بالاترین میزان را در روغنی گیلوان (۲۱/۲۰ درصد) گزارش داده اند. رقم بلیدی غنی از اسیدهای چرب اشباع (۱۸/۳۰ درصد) است که دلیل آن وجود اسید پالمیتیک بالاست که اسید غالب اشباع است(Hashempour *et al*., 2010a).

اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA)

از نظر اسیدهای چرب چند غیر اشباع، نمونهٔ Go_1با کمترین مقدار (۶/۴۹ درصد) و پس از آن Qa_1 و Z_1 به ترتیب ۹/۳۲ و ۱۰/۴۲ درصد با تفاوت معنی دار از سایر روغن‌ها قرار دارند. از این نظر سه گروه کاملا متمایز ثبت شد : Go_1 با کمترین مقدار و پس از آن Qa_1 و Z_1 قرار دارند و سایر نمونه‌ها که از این نظر تفاوت معنی داری ندارند (جدول ۴). هرچه مقدار این اسیدها بیشتر باشد، حساسیت روغن به اکسایش بیشتر و پایداری روغن کمتر می‌شود. رقم کوراتینا به علت بالابودن اسید لینولئیک (۳/۸۶ درصد) غنی از این اسیدهای چرب است و رقم بلیدی کمترین مقدار (۲/۷۴ درصد) این اسیدهای چرب را دارد و دلیل آن اسید لینولئیک پایین آن است (Hashempour *et al*., 2010a). بیشترین درصد اسیدهای چرب چند غیر اشباع (۱۴/۸۶) در تونس و کمترین آن (۵/۵) در برزیل مشاهده می‌شود (جدول ۱).

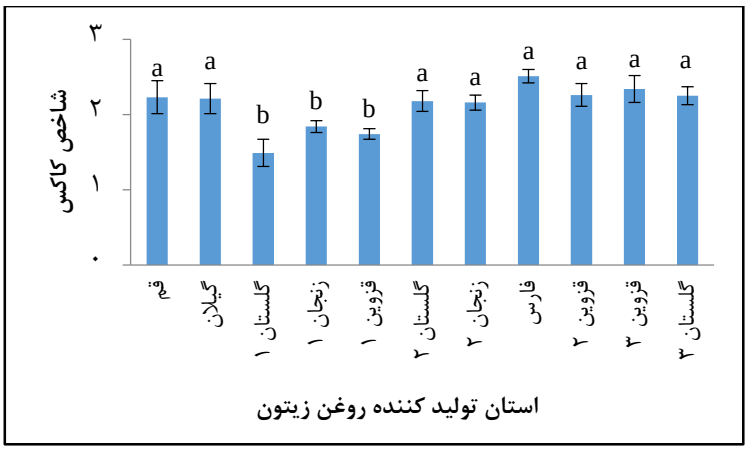
نسبت اسیدهای چرب تک غیر اشباعی به اسیدهای چرب چند غیر اشباعی MUFA/PUFA

بر اساس نتایج به‌دست آمده از در خصوص نسبت اسیدهای چرب تک غیر اشباعی به چند غیر اشباعی، نمونه‌ها به دو گروه مجزا تقسیم می‌شوند؛ سه نمونهGo_1، Qa_1 و Z_1 بیشترین مقدار این نسبت را در محدوده ۱۱/۷۴- ۶/۹۲ درصد، در مقایسه با سایر نمونه‌ها، دارند (جدول ۴). از لحاظ تغذیه ای، پایداری اکسیداتیو و تاثیر بر ویژگی‌های حسی ، نسبت اسیدهای چرب تک غیر اشباعی به اسیدهای چرب چند غیر اشباعی اهمیت زیادی در روغن زیتون دارد. هماپور و همکاران (Homapour *et al*., 2016) پایین ترین میزان این نسبت را در بین نمونه‌هایی که بررسی کرده‌اند در رقم روغنی گیلوان (۳/۱۱ درصد) و بالاترین نسبت را در کرونا‌ییکی گیلوان (۱۱/۴۵ درصد) گفته‌اند از نظر آماری معنی دار بودند. در

منطقه کابرا اسپانیا که ارتفاع بیشتری داشته است، این نسبت برای هر دو رقم فرانتیو و لچینو بالاست (Aguilera *et al*., 2005).

شاخص کاکس (Cox Index)

بالاترین شاخص کاکس در نمونهٔ روغن F برابر ۲/۵۱ دیده می‌شود که این نمونه بالاترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباعی (۷۶/۲۱ درصد) را نیز دارد ، پایین‌ترین میزان شاخص کاکس در نمونهٔ روغن Go_1 و برابر ۱/۴۹ است که پایین ترین میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (۶/۴۹ درصد) و اسیدهای چرب اشباع (۱۶/۹۹ درصد) را نیز دارد. نمونه‌های روغن زیتون Go_1، Qa_1 و Z_1 با کمترین مقدار شاخص کاکس تفاوت معنی داری با سایر نمونه‌ها دارند (شکل ۲). هر چه میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع در روغن زیادتر شود شاخص کاکس آنها بالاتر می‌رود و میزان حساسیت روغن‌ها به اکسیداسیون افزایش می‌یابد. پژوهشگران دیگر شاخص کاکس را در روغن نمونهٔ زرد و ماری در منطقهٔ رودبار به ترتیب ۲/۷۵ و۲/۷ گزارش کرده‌اند (Haghighat kharazi *et al*.,, 2012) همچنین همکاران (Homapour *et al*, 2016) این شاخص را در ارقام موجود در فدک و گیلوان به ترتیب ۱/۹۳ و ۱/۷۶ گزارش داده‌اند که تمایل بالاتر به اکسیداسیون را نشان می‌دهد زیرا میانگین مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباعی در منطقهٔ فدک ۱۲/۷۲ و در منطقهٔ گیلوان ۱۲/۸۵ درصد گزارش شده است.



شکل ۲- شاخص کاکس نمونه‌های روغن زیتون استان‌های مختلف

نتیجه‌گیری

نوع و مقدار ترکیبات شیمیایی روغن زیتون نماد کیفیت این روغن هستند و به عوامل متعددی مانند شرایط اقلیمی، واریته، شرایط دمایی، میزان رسیدگی محصول و روش استخراج روغن بستگی دارند. زیتون در استان‌های مختلف ایران کشت می‌شود و از این رو ساختار شیمیایی و در نتیجه ویژگی‌های کیفی متفاوتی دارد و ارزیابی این شاخص‌های کیفی برای طبقه‌بندی روغن‌های زیتون تولید شده در کشور ضروری است. هدف از این پژوهش، ارزیابی ویژگی‌های کیفی روغن تولیدی در استان‌های مختلف ایران، معرفی روغن‌های زیتون برتر تولیدشده در کشور و بررسی امکان طبقه بندی جغرافیایی کیفیت بر اساس ترکیب اسید چرب به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان است. بررسی‌ها

نشان می‌دهد ترکیب اسیدهای چرب ارقام زیتون از لحاظ کیفی مشابه هم هستند و در تمام نمونه‌ها اسید چرب غالب، اسید اولئیک است.

با توجه به مجموع عوامل کیفی بررسی‌شده، روغن‌های زیتون تولید شده در استان‌های زنجان، گلستان، قزوین و گیلان ویژگی‌های کیفی بالاتری نسبت به روغن زیتون تولید شده در استان‌های فارس و قم دارند که لازم است در توسعه کشت زیتون در کشور مورد توجه قرار گیرد. از لحاظ ساختار اسید چرب، روغن زیتون تولید شده در شهرهای شمالی کشور شباهت‌دارد به روغن زیتون تولید شده در ایتالیا و اسپانیا و پرتغال؛ روغن زیتون تولید شده در سایر شهرهای ایران به روغن زیتون تولید شده در تونس شباهت دارد. ولی با توجه به اینکه در استان‌های برتر، نمونه‌های با کیفیت پایین نیز قرار دارند، ترکیب اسید چرب به تنهایی قادر به طبقه بندی جغرافیایی کیفیت نیست.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان و در قالب بخشی از پروژه ملی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی اجرا شده است که از هر دو قدردانی می‌شود.

مراجع

Aguilera M. P., Beltran G., Ortega D., Fernandez A., Jimenz A., Uceda M. 2005. Characterization of virgin olive oil of Italian olive cultivar Frantoio and Leccino grown in Andalusia. Food Chemistry. 89(3): 387-91.

Ahangar Banadkooki, S., Piravi-Vanak, Z., Hadad Khodaparast, M. H., Bafrani, A., Safafar, H. 2013. Comparison of fatty acid composition of olive oil in different regions of Iran. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 5(16): 39-49. (in Persian).

Alavi Rafiee, S., Farhoosh, R., and Haddad Khodaparast, M. H. 2012. Physicochemical properties of Iranian commercial olive oils. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 7(2): 85-94. (in Persian).

Beigomi, M., Dadgar, B., Eslami, M., Dehghanifar, H. 2013. Comparison and comparison of fatty acid composition and qualitative characteristics of Iranian and foreign olive oils. The 21st National Congress of Food Science and Technology of Iran. 29-31 October 2013. University of Shiraz, Shiraz, Iran. (in Persian).

Dabbou, S., Rjiba, I., Nakbi, A., Gazzah, N., Issaoui, M. and Hammami, M., 2010. Compositional quality of virgin olive oils from cultivars introduced in Tunisian arid zones in comparison to Chemlali cultivars. Scientia Horticulturae, 124(1): 122-127.

Esmaeili, A., Shaykhmoradi, F. and Naseri, R. 2012. Comparison of oil content and fatty acid composition of native olive genotypes in different region of Liam, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Science. 4(8): 434-438.

Ehteshamnia, A., and zahedi, B. 2017. Study the effect of region on fruit fatty acids of four olive cultivars in the Lorestan province. Journal of Plant protection research. 24(2):93-108 (in Persian).

Fatemi, S. H. and Hammond, E. G., 1980. Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. Lipids. 15(5):379-385.

Gilbert-López, B., Valencia-Reyes, Z. L., Yufra-Picardo, V. M., García-Reyes, J. F., Ramos-Martos, N., & Molina-Díaz, A. 2014. Determination of polyphenols in commercial extra

virgin olive oils from different origins (Mediterranean and South American countries) by liquid chromatography–electrospray time-of-flight mass spectrometry. Food Analytical Methods. 7(9): 1824-1833.

Gutiérrez, F., Jimenez, B., Ruiz, A. and Albi, M. A., 1999. Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on the different components involved. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47(1):121-127.

Haghighat-Kharazi, S. Esmaeilzadeh Kenari, R. Raftani Amiri Z, Azizkhani M. 2012. Characterization of Iranian virgin olive oil from the Roodbar region: A study on Zard, Mari and Phishomi. Journal of the American Oil Chemists Society. 89(7): 1241-1247.

Hashempour, A., Ghazvini, R. F., Bakhshi, D. and Sanam, S. A., 2010a. Fatty acids composition and pigments changing of virgin olive oil (*Olea europea* L.) in five cultivars grown in Iran. Australian Journal of Crop Science. 4(4):258.

Hashempour, A., Ghazvini, R. F., Bakhshi, D., Aliakbar, A., Papachatzis, A. and Kalorizou, H., 2010b. Characterization of virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from three main Iranian cultivars,'Zard','Roghani'and 'Mari' in Kazeroon Region. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 24(4):2080-2084.

Homapour, M., Ghavami, M., Piravi-Vanak, Z. and Hosseini, S. E., 2014. Chemical properties of virgin olive oil from Iranian cultivars grown in the Fadak and Gilvan regions. Grasas y Aceites, 65(4), ep.043.

Homapour, M., Hamedi, M., Moslehishad, M. and Safafar, H., 2013. Physical and chemical properties of olive oil extracted from olive cultivars grown in Shiraz and Kazeroon. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 8(3):121-130.

Homapour, M., Ghavami, M., Piravi-Vanak, Z. and Hosseini, E. S., 2016. Evaluation of chemical characteristics of extra virgin olive oils extracted from three monovarieties of Mari, Arbequina and Koroneiki in Fadak and Gilvan regions. Journal of Food Biosciences and Technology, 6(1):77-85.

IOC. Trade standard applying to olive oils and olive pomace oils. 2018. IOC/ COI/T.15/NC No 3/ Rev. 12.

ISIRI. 2007. Animal and vegetable fats and oils-analysis by gas chromatograohy of methyl esters of fatty acids. ISIRI 4091. First edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).

ISIRI. 2010. Olive oil– Specifications and test methods. ISIRI 1446. Second revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).

ISIRI. 2011. Animal and vegetable fats and oils- Determination of acid value and acidity .Test method. ISIRI 4178. First revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).

ISIRI. 2017. Animal and vegetable fats and oils- Determination of peroxide value. ISIRI 4179. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).

ISIRI. 2009. Olive oil-Spectrophotometric investigation in the ultraviolet (Determination of extinction coefficient Test method. ISIRI 10503. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).

Jalali, A., Seifi, E., Alizadeh, M., and Fereidoni, H. 2015. Study of some qualitative traits, phenolic compounds and antioxidant capacity of oil and fruit in selected genotypes of *Olea europaea* L. in Golestan province. ECO Phytochemistry of Medicinal Plants. 3(1): 43-54.

Kelebek, H., Kesen, S., and Selli, S. 2015. Comparative study of bioactive constituents in Turkish olive oils by LC–ESI/MS/MS. International Journal of Food Properties. 18(10): 2231–2245.

Köseoglu, O., Sevim, D., and Kadiroglu, P. 2016. Quality characteristics and antioxidant properties of Turkish monovarietal olive oils regarding stages of olive ripening. Food Chemistry. 212, 628–634.

Piravi-Vanak Z, Ghasemi J. B., Ghavami M., Ezzatpanah H., Zolfonoun, E. 2012. The Influence of growing region on fatty acids and sterol composition of Iranian olive oils by unsupervised clustering methods. Journal of American Oil Chemistry Society. 89(3): 371–378.

Reddy, K. V. K., & Naidu, K. A. 2016. Oleic acid, hydroxytyrosol and n–3 fatty acids collectivelymodulate colitis through reduction of oxidative stress and IL–8 synthesis; in vitro and in vivo studies. International Immunopharmacology. 35: 29–42.

Tura, D., Gigliotti, C., Pedò, S., Failla, O., Bassi, D. and Serraiocco, A., 2007. Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L.) and correlations with oxidative stability. Scientia horticulturae. 112(1):108-119.

Wani, T.A., Masoodi, F.A., Gani, A., Baba, W.N., Rahmanian, N., Wani, I.A. and Ahmad, M., 2018. Olive oil and its principal bioactive compound: Hydroxytyrosol–A review of the recent literature. Trends in Food Science & Technology. 77, 77-90.

Ziarati, P. and Tosifi, S. 2014. Comparing some physical and chemical properties of green olive (*Olea europaea* L.) in Iran association with ecological conditions. Journal of Plant Animal Environmental Science. 4(2): 519-528.

Food Engineering Research/Vol.18/No.67/Autumn & Winter 2019/P: 137-154

Evaluation of the Fatty Acids Composition and Quality of Olive Oil Produced in Different Provinces of Iran

F. Shavakhi*, P. Moradi and M. Azimi

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: frshavakhi@yahoo.com,
Received: 25 February 2019, Accepted: 6 July 2019

Abstract

The aim of this study was to evaluate the composition of fatty acid and qualitative characteristics of virgin olive oils produced in different provinces of Iran including Gilan, Golestan, Zanjan, Qazvin, Qom and Fars. Acidity, peroxide, extinction coefficient differences (**Δk**), fatty acid compositions were measured. The results showed that acidity, peroxide and extinction coefficient differences of most samples, except for the Fars and Golestan (F, Go_3), and levels of fatty acids of all oils, except for miristic acid of Qom and Zanjan (Qo, Z_2), were in accordance with the national and International standard of Olive Oil. The highest monounsaturated fatty acids, MUFAs (72.12-76.21%) were traced in samples from Zanjan, Golestan and Qazvin provinces which showed the lowest saturated fatty acids, SFAs (16.99-17.99%), poly unsaturated fatty acids, PUFAs (6.49-10.42%) and Cox indices (1.49-1.84%). Based on results obtained, the sample of olive oil of Golestan, Zanjan, and Qazvin (Go1, Qa1 and Z1) were in the highest quality categories and of Fars (F) was in the lowest quality categories with different indices from other samples. Since various parameters affect on the quantity and quality of olive oil and, beside that, the low quality samples can also be found in those provinces where high quality of olive oile are produced, the fatty acids profile alone could not be consider as sole factor to geographically classify the quality of olive oil, but it can be used as one of the important iindicators in quality classification of olive oil

Keywords: Cox index, Fatty acids profile, Quality classification