

Quality Classification of Olive Oil Produced in Some of the Provinces of Iran Using Chemometric Tools

FOROUGH SHAVAKHI^{1*}, PARVIZ MORADI², ANOSHEH RAHMANI³

1. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Research Division of Natural Resources, Zanzan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanzan, Iran.
3. Food, Halal and Agricultural Products Department, Food Technology and Agricultural Product Research center, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran

(Received: Dec. 28, 2019- Revised: March. 9, 2020- Accepted: Apr. 30, 2020)

ABSTRACT

The fatty acids profiles of virgin olive oil of some of the provinces of Iran were examined to investigate their similarities and differences. Indices used to classify these oils include fatty acids, oleic to linoleic ratios, monounsaturated fatty acids (MUFAs), polyunsaturated fatty acid (PUFAs), saturated fatty acids (SFAs), MUFA to PUFA ratios and Cox index. The sensory attributes of the olive oil samples were evaluated to determine their virgin category of olive oil. Analysis of variance (ANOVA), principal component analysis (PCA), and hierarchical clustering analysis (HCA) were used to evaluate the data. The olive oil samples were divided into two groups based on PCA and HCA. The samples of Golestan, Zanzan and Qazvin provinces (Go_1 , Qa_1 and Z_1) were in the higher quality group and the other samples were in the lower quality group. Considering the sensory characteristics results, all samples except for Qom and Fars were extra virgin. The findings of this study will help the consumer in selection of olive oil.

Keywords: Fatty acids, Sensory evaluation, Principal Component Analysis (PCA), Hierarchical clustering analysis (HCA), Olive Oil

گروه بندی کیفی روغن زیتون تولید شده در برخی از استان‌های ایران با استفاده از روش‌های کمومتریکس

فروغ شوخی^{۱*}، پرویز مرادی^۲، انوشه رحمانی^۳

۱. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

۳. گروه پژوهشی فرآورده های غذایی، حلال و کشاورزی، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده های کشاورزی، پژوهشگاه

استاندارد، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۱۱)

چکیده

پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون بکر برخی از استان‌های ایران برای بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی شامل اسیدهای چرب، نسبت اولئیک به لینولئیک، اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA)، چند غیر اشباع (PUFA)، اشباع (SFA)، نسبت MUFA به PUFA و شاخص کاکس (Cox Index) بود. ویژگی‌های حسی نمونه‌ها برای تعیین رده بکر بررسی شد. داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA)، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه‌بندی سلسله مراتبی (HCA) ارزیابی شدند. بر اساس PCA و HCA، نمونه‌های روغن زیتون در دو گروه مجزا قرار گرفتند. نمونه‌های استان‌های گلستان، زنجان و قزوین (Z_1 و Qa_1 , Go_1) در گروه با رده کیفی برتر و سایر نمونه‌ها در گروه با رده کیفی پایین‌تر قرار گرفتند. با توجه به نتایج ارزیابی حسی، همه نمونه‌ها به غیر از نمونه‌های قم و فارس، فرابکر بودند. یافته‌های این پژوهش تا حدودی در انتخاب روغن زیتون به مصرف کننده کمک خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، ارزیابی حسی، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، خوشه‌بندی سلسله مراتبی (HCA)، روغن زیتون

مقدمه

روغن زیتون بکر به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی منحصر به فرد، جایگاه ویژه‌ای در بین روغن‌های خوراکی دارد و با خصوصیات مانند کیفیت برتر از نظر سلامت بخشی و پایداری اکسیداتیو شناخته می‌شود. عوامل تأثیرگذار بر کیفیت روغن زیتون شامل رقم، منشأ جغرافیایی، درجه رسیدگی، زمان برداشت، روش‌های استخراج و شرایط نگهداری است (Gumus *et al.*, 2018). نوع اسیدهای چرب روغن زیتون و مقدار کمی آنها به عوامل ذکر شده بستگی دارند و در ارزش کیفی و اقتصادی روغن نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. ترکیب اسیدهای چرب شاخص ارزشمندی است که به عنوان اثر انگشت برای تعیین کیفیت روغن زیتون به کار می‌رود (Monfreda *et al.*, 2012). این ترکیب، مهمترین عامل تعیین کننده قیمت روغن زیتون در تجارت بین‌المللی است، به طوری که در بازار اروپا، روغن زیتون تونس به دلیل پایین بودن اسید اولئیک دارای کمترین قیمت است (Ahangar *et al.*, 2013).

کمومتریکس علم بین رشته‌ای است که با استفاده از روش‌های آماری، ریاضی و دانش کامپیوتر، استخراج اطلاعات از سیستم‌های شیمیایی را به وسیله مدل سازی ریاضی انجام می‌دهد. این تکنیک به عنوان ابزاری قوی در صنایع غذایی و به ویژه صنعت روغن به کار رفته است و در کلیه مراحل تولید انواع روغن زیتون، از ماده خام تا فرآوری و کنترل کیفیت محصول نهایی در ترکیب با سایر روش‌ها، نتایج خوبی را ارائه داده است. روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه‌بندی سلسله مراتبی (HCA) از روش‌های طبقه‌بندی کمومتریکس شناخت الگو (Pattern Recognition Technique) هستند. این دو روش برای تجزیه و تحلیل، گروه‌بندی و کاهش تعداد ابعاد در سری داده‌ها بدون از دست دادن اطلاعات توسط بسیاری از محققان برای طبقه‌بندی محصولات مختلف غذایی و از جمله روغن‌های گیاهی خوراکی استفاده شده است (Lozano *et al.*, 2007; Porpescu *et al.*, 2015). در روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، کاهش ابعاد داده‌ها با استفاده از تعداد کمتری از اجزای

مؤلفه‌های اصلی موفقیت آمیز بوده است (Shaw *et al.*, 1997). ترکیب اسیدهای چرب در روغن‌های گیاهی کنجد، پرپلا، سویا، جوانه ذرت، کلزا، کانولا، روغن زیتون و نارگیل با استفاده از کروماتوگرافی گازی (GC-FID) اندازه‌گیری و نتایج به روش کمومتریکس تجزیه و تحلیل شدند. با استفاده از روش PCA، هشت روغن ذکر شده در گروه‌های جداگانه و قابل شناسایی طبقه‌بندی شدند و روش LDA برای اختصاص نمونه‌های ناشناخته در یکی از آن گروه‌ها استفاده شده است (Lee *et al.*, 1998). تمایز روغن‌های گیاهی با استفاده از ترکیبات فرار حاصل از دستگاه-های GC-MS و GC-FID انجام شده است. تجزیه و تحلیل چند متغیره روش‌های PCA و HCA، مقایسهٔ پروفایل ترکیبات فرار بسیاری از روغن‌های گیاهی و پایش کیفیت روغن زیتون را در زمان نگهداری تسهیل کرده است. همچنین روش PCA رابطهٔ داده‌های کروماتوگرافی با تجزیه و تحلیل حسی را به کمک شباهت در خوشه‌بندی نمونه‌ها نشان داده است (Mildner *et al.*, 2003). طبقه‌بندی روغن‌های گیاهی با استفاده از داده‌های GC-FID و تجزیه و تحلیل PCA و نقشه‌های خود سازمان دهنده (SOM) در خوشه‌بندی نمونه‌های مختلف روغن‌های گیاهی موفق بوده است. شبکه عصبی و LDA، الگوی پیش بینی بالایی (۹۵/۹۸ و ۹۶/۸۴ درصد به ترتیب) از طبقه‌بندی روغن بر اساس ترکیب آنها ارائه شده است (Brodnjak-Vončina *et al.*, 2005). ترکیبات فرار و ویژگی‌های حسی روغن زیتون فرابکر توسط دستگاه GC-MS بررسی شدند. نمونه‌ها با استفاده از داده‌های ترکیبات فرار و تجزیه و تحلیل کمومتریکس PCA، LDA خوشه بندی شدند و نتایج به دست آمده با نتایج آزمون های حسی موافق بودند (Procida *et al.*, 2005). روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای گروه بندی ارقام زیتون و جداسازی مخلوط ارقام روغن زیتون از روغن زیتون تک رقم موفقیت آمیز بوده است (Gurdeniz *et al.*, 2007). ترکیب اسیدچرب و طیف سنجی مادون قرمز در ترکیب با روش‌های کمومتریکس برای طبقه بندی روغن زیتون ترکیه‌ای از نظر رقم، منطقهٔ کاشت و سال برداشت استفاده شد. نه ترکیب اسید چرب به روش PCA جداسازی شدند. تفکیک داده‌های اسیدهای چرب بهتر از طیف مادون قرمز بوده است (Gurdeniz *et al.*, 2008). پروفایل اسید چرب و طیف تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) در ترکیب با روش‌های کمومتریکس برای طبقه بندی روغن فرابکر بر اساس مناطق جغرافیایی و سال برداشت روغن مناطق شمال و جنوب ناحیهٔ اژه ترکیه به کاررفته است. ترکیب اسید چرب و PCA برای تمایز نمونه‌های شمال از جنوب استفاده شد. داده‌های دو روش ترکیب اسید چرب و طیف سنجی برای جداسازی سال موفقیت

اصلی در مقایسه با متغیرهای اولیهٔ مورد استفاده به دست می‌آید. صفحهٔ امتیازدهی (Score plot) شامل اطلاعات متغیرهاست که برای تعداد کمتری از متغیرهای زمینه‌ای با نام اجزاء اصلی، رسم می‌شود. اولین جزء اصلی (PC₁) تغییرات داده‌ها را تا جایی که ممکن است پوشش می‌دهد. دومین جزء اصلی (PC₂) که بر اولین جزء اصلی عمود است، تغییرات باقیمانده در داده‌ها را تا جایی که ممکن است، پوشش می‌دهد. با رسم اجزاء اصلی، مشاهده روابط متقابل، تشخیص و تفسیر الگوهای نمونه، گروه بندی، ارزیابی شباهت‌ها و تفاوت‌ها امکان پذیر می‌باشد (Shavakhi *et al.*, 2011). در خوشه‌بندی سلسله مراتبی، از ماتریس فاصله (Distance Matrix) یا ماتریس شباهت (Similarity Matrix) برای تسریع در محاسبات کمک گرفته می‌شود. این ماتریس نشان‌دهنده فاصلهٔ بین هر زوج از مشاهدات است، با توجه به مقادیر این ماتریس، مشاهدات یا خوشه‌هایی که دارای کمترین فاصله (بیشترین شباهت) هستند با هم ادغام شده و خوشه جدیدی می‌سازند. در مرحله بعد فاصله بین مشاهدات و یا خوشه‌های جدید، توسط ماتریس به روز رسانی شدهٔ فاصله، محاسبه و ادغام تا باقی ماندن یک خوشه ادامه پیدا می‌کند (Piravi-vanak *et al.*, 2012).

روش تجزیه و تحلیل چند متغیره در تحقیقات خارج از کشور، برای گروه بندی روغن‌های گیاهی و جداسازی انواع روغن زیتون بر اساس رقم، منشأ جغرافیایی و خلوص به کار رفته و در بیشتر موارد از داده‌های ترکیب اسید چرب حاصل از کروماتوگرافی گازی و طیف سنجی رزونانس مغناطیس هسته (NMR) در ترکیب با روش‌های مختلف کمومتریکس استفاده شده است. ارزیابی حسی نیز به عنوان یکی از روش‌های مورد قبول شورای بین‌المللی زیتون برای رده بندی روغن زیتون بکر به وسیلهٔ گروهی از ارزیابان منتخب و آموزش دیده و تأیید شده و بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌های حسی صورت می‌گیرد (IOC., 2018). همچنین تخمین ویژگی‌های حسی از طریق صفات فیزیکوشیمیایی، با استفاده از ارزیابی همبستگی بین آنها در روغن زیتون فرابکر انجام شده است (Nowdwhi *et al.*, 2018; Inarejos-Garcia).

طبقه‌بندی روغن‌های زیتون با منشأ جغرافیایی مختلف بر اساس ترکیب اسیدهای چرب به دست آمده از کروماتوگرافی گازی

(GC-FID) انجام شده و با استفاده از روش FASTCLUS مبتنی بر Kmeans، تعدادی از نمونه‌های روغن زیتون گروه بندی شدند (Eddib & Nickless, 1987) داده‌های طیف سنجی NMR برای تفکیک رقم و منشأ جغرافیایی روغن زیتون فرابکر و خوشه بندی

بازار امریکا، با استفاده از روغن فرابکر تک رقم مانند ارقام کوراتینا و اگلیارولا (Coratina and Ogliarola) ایتالیایی، پیکوال (Picual) اسپانیایی و کالاماتا (Kalamata) یونانی و اس فاکس (Sfax) تونسی موفقیت‌آمیز بوده است. این مطالعه نشان داد که بیشتر روغن‌های فرابکر آزمایش شده شباهت بیشتری به روغن زیتون یونان و اسپانیا نسبت به روغن زیتون ایتالیا داشتند. متغیرهای مهم برای جداسازی شامل اسیدهای چرب غیر اشباع (اولئیک، لینولئیک، لینولنیک) و اشباع بودند (Del Coco *et al.*, 2012). گروه بندی روغن‌های گیاهی با استفاده از داده‌های طیف سنجی NMR و کمومتریکی انجام شد. روغن‌های زیتون بکر با منشأ جغرافیایی مختلف، جداسازی شدند. مخلوط یک درصد روغن زیتون در روغن آفتابگردان قابل تشخیص بود (Popescu *et al.*, 2015). با توجه به مجموعه مطالعات انجام شده در ایران، تحقیقی در خصوص گروه بندی روغن‌های زیتون تولیدی با استفاده از روش‌های معمول آنالیز واریانس و پیشرفته کمومتریکی و ارزیابی حسی انجام نشده است. هدف از این پژوهش طبقه بندی روغن زیتون بکر ایرانی تولید شده در برخی از استان‌های مختلف ایران بر اساس نتایج ارزیابی حسی و داده‌های ترکیب اسید چرب با استفاده از روش‌های آماری تجزیه واریانس (ANOVA)، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی (HCA) بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه برداری به روش خوشه‌ای برای یازده نمونه روغن زیتون بکر از استان‌های عمده تولید کننده روغن زیتون کشور شامل گیلان (G)، گلستان (Go₁، Go₂، Go₃)، زنجان (Z₁ و Z₂)، قزوین (Qa₁)، Qa₂ و Qa₃)، قم (Q) و فارس (F) انجام شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری تا زمان انجام آزمایش در شیشه‌های تیره و در دمای ۲۲±۲ درجه سلسیوس نگهداری شدند. آزمایش‌های انجام شده به شرح زیر بود:

تعیین اسیدهای چرب

برای شناسایی اسیدهای چرب ابتدا نمونه‌ها به متیل‌استر اسیدچرب تبدیل شدند، که این عمل توسط ترانس استریفیکاسیون با محلول هیدروکسید پتاسیم متانولی انجام شد (ISIRI, 2007). برای تعیین نوع و غلظت اسیدهای چرب از دستگاه کروماتوگرافی گازی استفاده شد. کروماتوگرافی گازی مورد استفاده (YL6500 GC-Young-Lin Inc. Korea) مجهز به دتکتور (Flame Ionization Detector) FID و ستون موئین HP-

آمیز بودند. آنالیز حداقل مربعات جزئی (PLS) برای تعیین همبستگی بین داده‌های طیف سنجی و ترکیب اسید چرب به کار رفت، ترکیب اسید چرب برای طبقه بندی روغن بر اساس سال و منطقه جغرافیایی بسیار موثر بود و FTIR در ترکیب با PLS به عنوان ابزاری سریع برای تعیین برخی از اسیدهای چرب روغن زیتون کاربرد داشت (Gurdeniz *et al.*, 2010). طبقه بندی مستقیم روغن‌های زیتون با استفاده از طیف سنج‌های متحرک یونی (IMS) و آنالیز داده‌ها به روش PCA، LDA و KNN انجام شده و بهترین نتایج با استفاده از ترکیب GC با IMS به دست آمده است (Garrido-Delgado *et al.*, 2011). نمونه‌های روغن زیتون استان‌های مختلف ایران با ارتفاع و دمای متفاوت، برای بررسی ترکیب اسیدهای چرب و استرول جمع‌آوری شدند. تکنیک گروه‌بندی PCA و HCA برای بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های بین نمونه‌ها با توجه به منطقه کاشت زیتون استفاده شد و دو روش به خوبی بیانگر تفاوت منطقه رشد از نظر توزیع ترکیب اسید چرب و استرول نمونه‌ها بودند (Piravi-Vanak *et al.*, 2012). تشخیص درصد روغن زیتون در اختلاط با آفتابگردان با استفاده از داده‌های متیل‌استر اسیدهای چرب به روش GC-FID و آنالیز آنها به روش‌های PCA، TFA، SIMCA، PLS برای تأیید برچسب‌گذاری در روش اتحادیه اروپا EC No 1019/2002 موفقیت‌آمیز بوده و تفکیک خوبی برای ترکیب مقادیر اختلاط ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد روغن زیتون با روغن آفتابگردان همراه با ارائه مدل به دست آمده است (Monfreda *et al.*, 2012).

ترکیب اسید چرب و اسکوالن شش رقم روغن زیتون تونسی شامل Chemlali Sfax، Chetoui، Chemlali، Queslati، Zalmati، Zarrazi بررسی شد. ارقام Zalmati، Chemlali Sfax شباهت خیلی زیادی داشتند. داده‌های متیل‌استر اسیدهای چرب حاصل از کروماتوگرافی گازی و طیف مادون قرمز نزدیک با تکنیک کمومتریکی تجزیه و تحلیل شد. ارقام و منشأ ارقام تجاری زیتون تونسی در مقایسه با روغن‌های الجزایری، مراکشی، فرانسوی جداسازی شدند. منشأ ارقام به روش مدل‌سازی مستقل نرم شباهت‌های طبقه (SIMCA) با استفاده از داده‌های ترکیب اسید چرب و طیف مادون قرمز برای تشخیص اختلاط ارقام Chemlali Sfax و Chetoui که منشأ تونسی دارند موفقیت‌آمیز بوده است (Laroussi-Mezghani *et al.*, 2015). روغن زیتون فرابکر هفت منطقه (سه مورد از ایتالیا و چهار مورد از یونان) توسط NMR و تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره بررسی شد. تجزیه و تحلیل چند متغیره داده‌های NMR برای تفکیک روغن‌های زیتون تجاری در امریکا که از ایتالیا وارد شده و ارائه شاخص‌های شناخت منشأ روغن زیتون در

جدول (۱)، نتایج ارزیابی حسی نمونه های آزمایش شده روغن زیتون را نشان می دهد. با توجه به محدوده این شاخص ها در استاندارد ملی شماره ۱۸۶۸۹ (ISIRI, 2015)، همه نمونه ها به غیر از نمونه های استان قم و فارس به علت داشتن میانه نواقص صفر و صفت میوه ای مثبت، فرابکر بودند (ISIRI, 2015). نمونه استان قم با میانه شاخص های منفی ۰/۶ (مثبت و کمتر از ۳/۵) و شاخص میوه ای مثبت، در رده بکر و نمونه استان فارس با داشتن میانه شاخص های منفی ۱/۱ و شاخص میوه ای صفر، بکر در رده معمولی (Ordinary) است. شاخص منفی کهنگی یا رسوب لجنی (Fusty/muddy sediment) که در نمونه Q مشاهده شد، طعم ایجاد شده در روغن زیتون حاصل از تخمیر بی هوازی در نتیجه ذخیره زیتون و یا در تماس رسوب مخازن زیرزمینی است. شاخص منفی کپک زدگی، مرطوب و خاکی (-Musty-humid) earthy که در نمونه F مشاهده شده، طعم ایجاد شده در اثر انبار طولانی مدت زیتون و در نتیجه رشد قارچ و مخمر و یا حاصل از روغن هایی است که از روی زمین جمع شده و گل و لای آن به طور کامل تمیز نشده است (ISIRI, 2015).

اسیدهای چرب روغن زیتون های بررسی شده، به ترتیب حاوی تک غیر اشباع، اشباع و چند غیر اشباع، به ویژه اسیدهای چرب اولئیک (C18:1)، پالمیتیک (C16:0) و لینولئیک (C18:2) بود (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Kelebek *et al.*, 2015; Reddy and Naidu, 2016; Homapour *et al.*, 2014; Alavi Shavakhi *et al.*, 2019; Rafiee *et al.*, 2012). نمونه های مختلف روغن زیتون مورد آزمایش از لحاظ ترکیب اسید چرب تفاوت معنی داری داشتند ولی تمامی اسیدهای چرب به غیر از اسید میریستیک در نمونه قم در محدوده استاندارد ملی بود (جدول ۲).

5 و گاز حامل هیدروژن بود.

شاخص کاکس (Cox Index)

این شاخص بیانگر میزان اکسایش پذیری روغن ها بر اساس ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع بوده و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Fatemi & Hammond, 1980).

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

ارزیابی حسی

گروه هشت نفره آموزش دیده ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار برای ارزیابی حسی نمونه های روغن زیتون استفاده شد. ویژگی های مثبت شامل میوه ای، تندی و تلخی و ویژگی های منفی مطابق روش استاندارد ملی شماره (ISIRI, 2015) و مطابق استاندارد شورای بین المللی روغن زیتون (IOC, 2018) ارزیابی شد. نتایج بر حسب میانه گزارش شد.

روش آماری

تفاوت غلظت اسیدهای چرب نمونه های مختلف با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ بررسی شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) و خوشه بندی سلسله مراتبی (HCA) به روش وارد (ward) برای گروه بندی داده های اسید چرب (۱۶ متغیر) و با استفاده از نرم افزار JMP ویرایش ۱۱ (SAS Institute Inc., USA) انجام شد. همبستگی داده ها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. تمامی آزمون ها در سه تکرار اجرا شد.

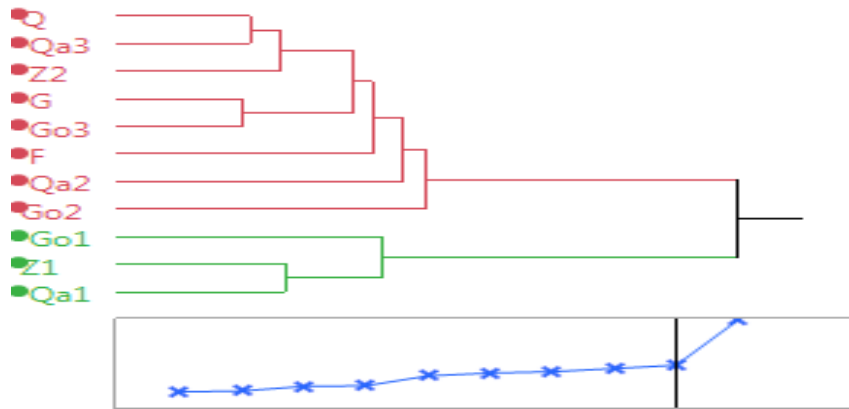
نتایج و بحث

جدول ۱. نتایج ارزیابی حسی نمونه های مختلف روغن زیتون (اعداد میانه صفات مورد ارزیابی هستند)

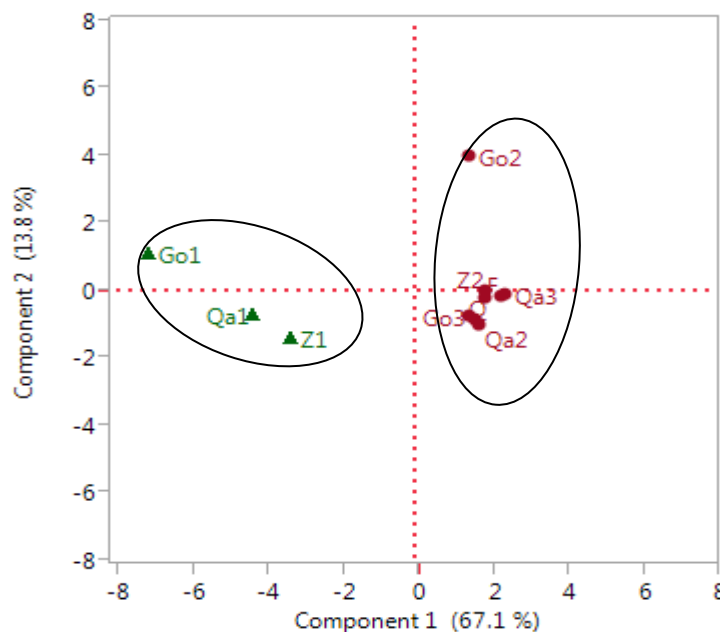
کد نمونه	طعم میوه ای	تندی	تلخی	نواقص/ شاخص های منفی	ویژگی منفی ارزیابی شده
Q	۲/۲	۲	۱/۷	۰/۶	Fusty
G	۲/۶	۰/۷	۰/۵	.	-
Go1	۲	۱	۱/۸	.	-
Go2	۳/۵	۱/۵	.	.	-
Go3	۱	۱/۵	۱/۴	.	-
Z1	۱/۹	۱/۴	۱	.	-
Z2	۲/۶۵	۲/۹	۲/۵	.	-
Qa1	۱/۵	۱	۰/۸	.	-
Qa2	۲/۱	۱/۷	۰/۲۵	.	-
Qa3	۳/۳	۱/۷	۱/۲۵	.	-
F	.	۰/۷	۰/۱	۱/۱	Musty

(Qo: قم، Gi: گیلان، Go: گلستان، Z: زنجان، Qa: قزوین، F: فارس)

گرفت. گروه یک در مقادیر منفی PC1 و گروه دو در مقادیر مثبت PC1 و کاملاً متمایز قرار داشت. گروه بندی مشابهی برای تعیین درصد اختلاط روغن آفتابگردان در روغن زیتون انجام شده است که سه گروه کیفی قابل تفکیک با مقادیر منفی و مثبت مؤلفه اول و نزدیک به مبدأ به دست آمده است (Monfreda et al., 2012).



شکل ۱. دندروگرام داده‌های اسید چرب نمونه‌های روغن زیتون به روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد (Q0: قم، Gi: گیلان، Go: گلستان، Z: زنجان، Qa: قزوین، F: فارس)



شکل ۲. صفحه امتیازدهی (Score plot) جزء دوم (PC2) بر جزء اول (PC1) ترکیب اسید چرب روغن زیتون با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Q0: قم، Gi: گیلان، Go: گلستان، Z: زنجان، Qa: قزوین، F: فارس)

سیس (۰/۲۹۹)، اشباع (۰/۲۰۹)، چند غیر اشباع (۰/۲۹۸)، شاخص کاکس (۰/۲۹۴)، با ضرایب مثبت بر گروه بندی متغیرها بیشترین تأثیر را داشتند (جدول ۴).

در عامل دوم، اسید اولئیک سیس (۰/۱۱۸) و اسید لینولئیک به لینولئیک (۰/۲۴۷) با ضرایب منفی و اسید لینولئیک (۰/۴۵۹)، بهنیک (۰/۴۳۱) و اسیدهای چرب اشباع (۰/۴۰۵) با ضرایب مثبت بیشترین تأثیر را داشتند (جدول ۴ و

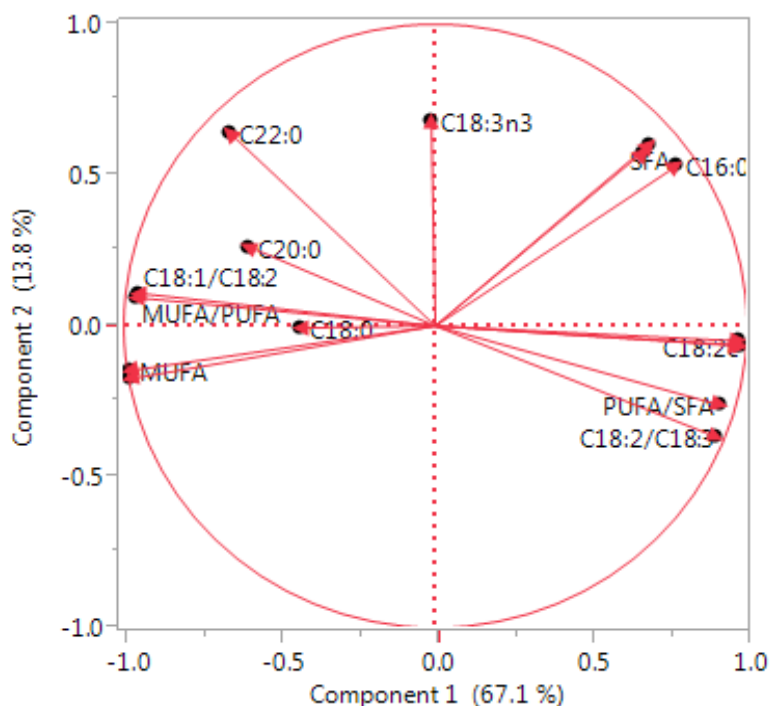
صفحه امتیاز دهی مؤلفه‌های اصلی (شکل ۲) که بر اساس بردارهای ویژه برای هر مؤلفه به دست آمده است، نشان داد که پراکندگی نمونه‌ها بر اساس دو مؤلفه اصلی با تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی همخوانی داشت به طوری که سه نمونه Qa1، Go1 و Z1 در کنار همدیگر و در گروه یک و سایر نمونه‌ها در گروه دوم قرار

نمودار بارگذاری صفات، نشان‌دهنده ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های اصلی و ترکیب اسید چرب و متغیرهای حاصل از آن است. متغیرهای با بردار بزرگتر و دورتر از مبدأ، اهمیت بیشتری در طبقه بندی مورد بررسی دارند (Gurdeniz et al., 2008). در عامل اول متغیرهای اسید اولئیک سیس (۰/۳۰۰)، نسبت اولئیک به لینولئیک (۰/۲۹۰) و تک غیر اشباع به چند غیر اشباع (۰/۲۹۳)، MUFA (۰/۲۹۹)، با ضرایب منفی و اسید لینولئیک

(Monfreda *et al.*, 2012).

همبستگی بالای متغیرها، نشان دهنده این است که این متغیر در جهت حداکثر پراکندگی مجموعه داده ها است. همبستگی بسیار بالای یک متغیر با مولفه ی اصلی دوم (PC2)، نشان دهنده این است که این متغیر در پراکندگی باقی مانده از مجموعه داده های اصلی که مؤلفه اول آنرا در نظر نگرفته است، نقش اساس دارد (جدول ۴). نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی می-تواند عوامل ایجاد تفاوت اصلی بین نمونه ها را مشخص کند. مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس ده عامل اصلی و مستقل، در جدول شماره ۵ آمده است. در عامل اول اسیدهای چرب استئاریک، اولئیک سیس، لینولنیک، آراشیدیک، بهینیک، اولئیک به لینولنیک، اسیدهای چرب تک غیر اشباع، تک غیر اشباع به چند غیر اشباع با ضرایب منفی و سایر متغیرها با مقادیر ویژه مثبت قرار داشتند که ۶۷/۰۸ درصد از سهم کل واریانس را توجیه کردند. در عامل دوم اسیدهای چرب پالمیتیک، پالمیتولئیک، لینولنیک، آراشیدیک، بهنیک، اولئیک به لینولئیک، اسیدهای چرب اشباع، تک غیر اشباع با مقادیر ویژه مثبت و سایر متغیرها با مقادیر منفی بودند که ۱۳/۷۹ درصد از کل واریانس را توجیه کردند. با توجه به نتایج جدول ۵، بیشترین تفاوت را عوامل اول و دوم با مجموع واریانس ۸۰/۸۶ درصد بین نمونه ها ایجاد کرده است. مقادیر ویژه بزرگتر از یک، مقدار ۹۱/۲۸ درصد از واریانس را پوشش می دهد.

شکل ۳). با توجه به نتایج تجزیه واریانس نیز اسیدهای اولئیک سیس، پالمیتیک، لینولئیک سیس، پالمیتولئیک، لینولنیک سیس و تک و چند غیر اشباع، نسبت تک به چند غیر اشباع در طبقه بندی اهمیت داشتند و لذا در مرحله دوم تجزیه، مؤلفه های اصلی متغیرهای اسید میریستیک، هپتادکانوئیک و هپتادسنوئیک، لینولئیک ترانس، لینولنیک ترانس، ایکوزنوئیک، لینوسریک حذف شدند و واریانس مجموع دو مؤلفه اول و دوم از ۶۴/۶۲ به ۸۰/۸۶ رسید. در جداسازی نمونه های روغن زیتون با استفاده از ترکیب اسید چرب و سایر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و به روش LDA، اسیدهای چرب مارگاریک (C17:1) و آراشیدیک (C20:0) با مقادیر ویژه بالاتر، بیشترین تأثیر را در جداسازی داشتند (Karabagias *et al.*, 2019). در رابطه با رقم و منشأ جغرافیایی اسیدهای چرب پالمیتیک، اولئیک، لینولنیک و لینولئیک در تفکیک نمونه ها اهمیت داشتند (Gurdeniz *et al.*, 2008). اسید اولئیک سیس، لینولئیک سیس، تک و چند غیر اشباع با مقادیر ویژه ۰/۳، -۰/۲۹۸، ۰/۲۹۹، -۰/۲۹۷ بیشترین نقش و تقریباً یکسان در تشکیل PC1 داشتند (جدول ۴). نتایج مشابهی برای این سه اسید توسط (Tsmidou 1993)، به دست آمده است ولی در تحقیق ایشان اسید استئاریک، اصلی ترین متغیر در PC2 بوده است. اسیدهای چرب اولئیک، لینولنیک، آراشیدیک و مارگارولئیک با مقادیر مثبت و بهنیک، لینولئیک، میریستیک و لیگنوسریک با مقادیر منفی در PC1 تأثیرگذار بوده اند



شکل ۳. صفحه بارگذاری (Loading plot) جزء دوم (PC2) بر جزء اول (PC1) ترکیب اسید چرب روغن زیتون با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی

جدول ۴. مقادیر ویژه متغیرهای مختلف در چهار مؤلفه اول و ضرائب مربوط به آنها

ردیف	متغیر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
۱	C16:0	۰/۲۳۶	۰/۳۵۷	-۰/۱۱۶	-۰/۲۹۱
۲	C16:1	۰/۲۰۳	۰/۳۸۷	-۰/۳۲۴	-۰/۰۹۸
۳	C18:0	-۰/۱۳۲	-۰/۰۰۴	۰/۶۸۷	-۰/۰۳۶
۴	C18:1c	-۰/۳۰۰	-۰/۱۱۸	-۰/۰۴۹	۰/۰۰۷
۵	C18:2c	۰/۲۹۸	-۰/۰۴۳	۰/۱۱۰	۰/۱۲۳
۶	C18:3n3	-۰/۰۰۴	۰/۴۵۹	۰/۱۵۳	۰/۷۰۰
۷	C20:0	-۰/۱۸۳	۰/۱۷۷	۰/۵۱۷	-۰/۳۱۲
۸	C22:0	-۰/۲۰۱	۰/۴۳۱	-۰/۰۲۹	۰/۱۰۲
۹	C18:2/C18:1	-۰/۲۹۰	۰/۰۷۳	-۰/۱۵۰	۰/۰۰۳
۱۰	MUFA	-۰/۲۹۹	-۰/۱۰۰	-۰/۰۹۳	-۰/۳۵۹
۱۱	SFA	۰/۲۰۹	۰/۴۰۵	۰/۱۱۸	۰/۰۰۳
۱۲	PUFA	۰/۲۹۸	-۰/۰۳۳	۰/۱۱۴	۰/۱۴۲
۱۳	MUFA/PUFA	-۰/۲۹۳	۰/۰۶۳	-۰/۱۴۵	۰/۰۶۴
۱۴	Cox Index	۰/۲۹۴	-۰/۰۴۴	۰/۱۲۶	۰/۱۸۸
۱۵	C18:3/C18:2	۰/۲۷۴	-۰/۲۴۷	-۰/۰۲۹	-۰/۱۴۱
۱۶	PUFA/SFA	۰/۲۸۰	-۰/۰۱۷۷	۰/۰۸۷	۰/۲۷۶

خوشه‌ای سلسله مراتبی نیز همین دو گروه مجزا را نشان دادند. *Alavi Rafiee et al.* (2012) در تحقیقات قبلی خود به این نتیجه رسیدند که میزان اسیدهای چرب به نوع رقم و منطقه کاشت وابسته است. این اسید چرب نقش مهمی در افزایش مقاومت اکسیداتیو روغن‌ها دارد و شاخص مثبت در ارزیابی کیفی روغن زیتون است (Aguilera et al., 2000). بنابراین می‌توان گفت این سه نمونه، نسبت به سایر نمونه‌ها، دارای کیفیت بیشتری می‌باشند.

اسید اولئیک سیس (C18:1c) فراوانترین اسید چرب اندازه‌گیری شده در تمام نمونه‌ها با محدوده ۷۴/۵۵-۶۱/۵۷ درصد بود که در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین اسید اولئیک سیس نمونه‌های روغن زیتون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت و دو گروه مجزا شناسایی شد. نمونه‌های G₀₁، Qa₁ و Z₁ با مقادیر ۷۴/۵۵، ۷۰/۶۵ و ۷۰/۶۳ دارای اسید اولئیک بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها بودند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و

جدول ۵. مقادیر ویژه و درصد تجمعی واریانس‌ها برای عوامل اصلی

عامل‌ها	مقادیر ویژه (Eigen value)	مقادیر ویژه به درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
۱	۱۰/۷۳	۶۷/۰۸	۶۷/۰۸
۲	۲/۲۰۶	۱۳/۷۹	۸۰/۸۶
۳	۱/۶۶۷	۱۰/۴۲	۹۱/۲۸
۴	۰/۹۸۶	۶/۱۶	۹۷/۴۴
۵	۰/۱۹۵	۱/۲۲	۹۸/۶۶
۶	۰/۱۳۲	۰/۸۲۵	۹۹/۴۹
۷	۰/۰۵۴	۰/۳۴۰	۹۹/۸۳
۸	۰/۰۲۵	۰/۱۵۷	۹۹/۹۹
۹	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۱۰۰
۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰	۱۰۰

Z_1 به ترتیب با $۸/۷۰$ و $۹/۸۶$ درصد قرار داشت که بیشترین مقدار اسید اولئیک را نیز داشتند. تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی نیز نمونه‌های Q_{a1} و Z_1 را در یک خوشه قرار داد (شکل ۱). بر اساس سایر تحقیقات انجام شده در ایران، نمونه‌های برداشت شده از استان‌های شمالی کشور، اسید پالمیتیک و لینولئیک پایین و اولئیک بالا داشتند که مشابه روغن زیتون مناطق مدیترانه‌ای بوده، در حالی که روغن زیتون حاصل از استان فارس از نوع اولئیک اسید پایین و پالمیتیک و لینولئیک اسید بالا و شبیه روغن زیتون تونس بود (Piravi-vanak *et al.*, 2012)، که مطابق نتایج حاصل از این تحقیق بود. اسید لینولئیک روغن در منطقه گرم‌تر افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار این اسید با میانگین $۱۶/۷۸$ درصد مربوط به شیراز بوده که بالاترین دما را نسبت به شهرهای دیگر دارد (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013). افزایش دما موجب کاهش اسید اولئیک و افزایش اسید پالمیتیک و لینولئیک می‌شود (Rizwan *et al.*, 2018). این امر نشان می‌دهد که همواره رابطه معکوسی بین محتوای اسید اولئیک و لینولئیک وجود دارد که در این تحقیق هم همین نتیجه به دست آمده است. همبستگی منفی بین مقدار این اسید لینولئیک و اسید اولئیک توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013; Homapour, 2013; Ehteshamnia and Zahedi, 2017; Hashempour *et al.*, 2010a).

اسید میریستیک (C14:0) تمامی نمونه‌ها در محدوده استاندارد بود، به غیر از نمونه Q_0 با غلظت $۰/۰۶$ درصد که خارج از استاندارد ملی و بین المللی و نمونه Z_2 با مقدار $۰/۰۵$ درصد، که خارج از استاندارد بین المللی بود (جدول ۲). با وجود داشتن اختلاف معنی دار آماری اسیدهای چرب پالمیتولئیک، هپتادسنوئیک، هپتادکانوئیک، استئاریک، لینولئیک سیس، آراشیدیک، لینوسریک و بهنیک، مقادیر این اسیدها در تمامی نمونه‌ها در حد مجاز قرار داشتند (جدول ۲). نتایج مشابهی از تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی به دست آمد که این دو نمونه در یک خوشه قرار گرفتند. اسید هپتادسنوئیک نمونه‌های Q_{a2} ، Z_2 ، G_i با مقادیر $۰/۰۸$ ، $۰/۲۵$ و $۰/۲۲$ به طور معنی‌داری بیشتر از G_{o1} و F با مقدار $۰/۰۸$ بود. اسید استئاریک نمونه‌های Q_{a1} و F به ترتیب با $۳/۴$ و $۲/۸۷$ درصد بیشترین مقدار و Q_{a2} با $۱/۶۸$ درصد کمترین مقدار را داشت.

در خصوص اسیدهای چرب ترانس، در هیچکدام از نمونه‌های مورد بررسی اسید اولئیک ترانس مشاهده نشد. در طبقه بندی PCA و HCA اسیدهای چرب لینولئیک و لینولئیک اهمیتی نداشتند و با حذف آنها درصد واریانس مجموع دو عامل اول بالاتر رفت. مجموع اسید لینولئیک و لینولئیک ترانس روغن

از آنجایی که عوامل زیادی بر ترکیب اسید چرب روغن اثر دارند، این نتایج می‌تواند تا حدودی بیانگر تاثیر شرایط آب و هوایی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن زیتون باشد. نتایج مشابهی توسط آهنگر و همکاران گزارش شده است که میزان اسید اولئیک واریته‌های شهر زنجان بالاتر و در شهر شیراز کمتر از سایر نقاط مورد بررسی بود (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013). در لرستان محدوده اسید اولئیک $۷۷/۲-۵۷/۷۲$ برای مناطق مختلف آن گزارش شده که بیشترین آن برای منطقه کوه‌دشت ثبت شده است (Ehteshamnia and Zahedi, 2017). در نمونه‌های روغن زیتون پاکستان نیز اسید اولئیک با محدوده $۶۵-۷۱$ درصد، بیشترین اسید چرب تک غیر اشباع بوده است (Rizwan *et al.*, 2018). ترکیب اسید چرب همراه با PCA با موفقیت برای گروه بندی روغن زیتون به کار رفته است (Monfreda *et al.*, 2012; Piravi-Vanak *et al.*, 2012; Gurdeniz *et al.*, 2008; 2010; Brodnjak-Vončina *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 1998).

اسید پالمیتیک (C16:0) فراوانترین اسید چرب اشباع موجود در طبیعت است. اسید پالمیتیک نمونه‌های G_{o1} ، Q_{a1} و Z_1 ($۶۶/۷۰-۱۳/۱۳$ درصد) در یک گروه با کمترین مقدار و تفاوت معنی دار با سایر نمونه‌ها قرار داشت. مقدار این اسید برای همه نمونه‌ها در محدوده استانداردهای ملی و بین المللی قرار داشت (جدول ۲). همانگونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، بین اسید اولئیک و اسید پالمیتیک، همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری وجود داشت ($-۰/۷۴$). اقلیم تاثیر زیادی بر کمیت این اسید چرب دارد به طوری که Piravi-vanak *et al.* (2012)، بالاترین مقدار اسید اولئیک ($۷۵/۹۸$ درصد) و کمترین مقدار اسید لینولئیک ($۶/۵$) و پالمیتیک ($۱۰/۷۸$ درصد) را در نمونه‌های شمال کشور نسبت به نمونه‌های روغن زیتون جنوب کشور با مقدار اسید اولئیک ($۶۲/۷۳$) و اسید لینولئیک ($۱۶/۰۹$ درصد) و پالمیتیک ($۱۵/۲۷$) به دست آوردند. بیشترین مقدار پالمیتیک با میانگین $۱۴/۶۹$ و $۱۲/۱۵$ درصد به ترتیب در شیراز و زنجان مشاهده شد (Ahangar Banadkooki *et al.*, 2013). در مورد روغن‌های تونس محدوده اسید $۱۸/۱۵-۱۱/۰۸$ درصد (Dabbou *et al.*, 2010) و در روغن‌های اسپانیایی میانگین $۱۴/۱$ تا $۱۲/۹$ درصد برای ارقام لچینو^۱ و فرانتیو^۲ گزارش شده است (Aguilera *et al.*, 2005).

اسید لینولئیک سیس (C18:2) تمامی نمونه‌های مورد آزمایش با وجود داشتن اختلاف آماری معنی‌دار در محدوده استاندارد قرار داشتند (جدول ۲). محدوده به دست آمده برای این اسید در این تحقیق $۱۶/۶۶-۵/۷۹$ درصد بود. نمونه G_{o1} با کمترین مقدار این اسید ($۵/۷۹$) و پس از آن نمونه‌های Q_{a1} و

اساس نتایج نسبت اسیدهای چرب تک غیر اشباعی به چند غیر اشباعی MUFA/PUFA نمونه‌ها به دو گروه مجزا تقسیم شدند و سه نمونه Go_1 ، Qa_1 و Z_1 بیشترین مقدار این نسبت را در محدوده ۱۱/۷۴ - ۶/۹۲ درصد در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشت. این نسبت از لحاظ تغذیه‌ای، پایداری اکسیداتیو و تأثیر بر ویژگی‌های حسی اهمیت زیادی در روغن زیتون دارد. نمونه روغن زیتون Go_1 ، Qa_1 و Z_1 با کمترین مقدار شاخص کاکس (محدوده ۱/۸۴ - ۱/۴۹)، تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشتند. هر چه میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع در یک روغن زیادتر شود شاخص کاکس آنها افزایش یافته و میزان حساسیت روغن‌ها به اکسیداسیون افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، ارزیابی خصوصیات کیفی روغن تولیدی در برخی از استان‌های ایران و بررسی امکان طبقه بندی نمونه‌های مختلف بر اساس ترکیب اسید چرب و ویژگی‌های حسی به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان بود. نتایج این پژوهش نشان داد که روغن زیتون‌های تولید شده در این استان‌ها ساختار شیمیایی و در نتیجه خواص کیفی متفاوتی دارند و ارزیابی این شاخص‌های کیفی برای طبقه بندی روغن‌های زیتون تولید شده در کشور لازم و ضروری است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، گروه بندی حاصل از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه بندی سلسله مراتبی (HCA) و ارزیابی حسی روغن زیتون تولید شده، نمونه‌های استان‌های فارس و قم، کیفیت پایین تری نسبت به سایر استان‌های مورد بررسی دارند که لازم است در توسعه کشت زیتون در کشور مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از روش‌های آماری پیشرفته امکان گروه بندی و تمایز نمونه‌های روغن زیتون بر مبنای اسیدهای چرب و متغیرهای حاصل از آن وجود دارد. همچنین با توجه به اینکه ترکیب اسید چرب، مهمترین عامل تعیین کننده قیمت روغن زیتون در تجارت بین‌المللی است، پیشنهاد می‌شود این موضوع در استاندارد ملی ایران و برجسب و قیمت گذاری بر اساس کیفیت لحاظ شود. از آنجایی که نمونه‌های روغن بررسی شده از ارقام مختلف زیتون به دست آمده‌اند، برای دستیابی به نتیجه قطعی، مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

سپاسگزاری

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. بدینوسیله از حمایت مالی آن مرکز قدردانی می‌شود.

زیتون بکر خوراکی طبق استاندارد ملی ایران کمتر از ۰/۰۵ است که نمونه‌های Qa_2 و F خارج از این محدوده بودند (جدول ۲). اسید لینولنیک سیس نمونه‌های Go_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 F با مقدار ۱۶/۶۶ درصد بود. این نتایج مطابق یافته‌های تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای سلسله مراتبی بود. درصد اسید آراشیدیک اسید و لینوسریک نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. اسید بهنیک ($C22:0$) نمونه Go_1 (۰/۲ درصد) بیشتر از Gi_1 ، Z_2 و F به ترتیب با مقادیر ۰/۱۸، ۰/۱۱ و ۰/۱۲ درصد بود. نسبت اسید اولئیک به لینولنیک یکی از شاخص‌های ارزیابی کیفی روغن زیتون بکر می‌باشد. از نظر این نسبت فقط نمونه Go_1 با بیشترین مقدار ۱۲/۸۷ نسبت به سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشت. بالاتر بودن این نسبت یک ویژگی مطلوب در این روغن در نظر گرفته می‌شود، زیرا مقاومت اکسیداتیو روغن در این حالت افزایش خواهد یافت. اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) اهمیت ویژه‌ای به دلیل خواص تغذیه‌ای و تأثیر بر پایداری اکسیداتیو روغن دارند (Aguilera et al., 2005). از این نظر نمونه‌ها در دو گروه مجزا قرار گرفت و محتوی روغن‌های Go_1 ، Qa_1 و Z_1 با مقادیر ۷۶/۲۱، ۷۲/۱۲ و ۷۲/۱۲ درصد بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. این نتایج مطابق یافته‌های تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای سلسله مراتبی بود. محدوده اسید چرب تک غیر اشباع نمونه‌ها بین حدود ۶۳ تا ۷۶ درصد بود. این محدوده برای روغن‌های تجاری ایرانی ۵۹ تا ۷۵ و برای روغن‌های زیتون خارجی ۷۵ تا ۷۶ گزارش شده است (Wani et al. (Alavi Rafiee et al., 2012, 2018). این محدوده را ۶۱ تا ۷۵ درصد به ترتیب برای روغن‌های تونس و ایتالیایی گزارش کردند. روغن‌های که حاوی اسیدهای چرب تک غیر اشباعی (MUFA) بالا و اسیدهای چرب اشباع (SFA) پایین هستند از لحاظ تغذیه‌ای مفید می‌باشند زیرا باعث کاهش مقدار کلسترول سرمی می‌شوند. از نظر اسیدهای چرب اشباع (SFA) نمونه Go_2 با بیشترین مقدار (۲۱/۶۷ درصد) تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشت، ولی این اسیدها در طبقه بندی به روش‌های PCA و HCA مهم نبودند. اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) نمونه Go_1 با کمترین مقدار (۶/۴۹ درصد) و پس از آن Qa_1 و Z_1 دارای کمترین مقدار (۹/۳۲ و ۱۰/۴۲ درصد) با تفاوت معنی‌دار از سایر روغن‌ها قرار داشت. از این نظر سه گروه کاملاً متمایز ثبت شد به طوری که Go_1 با کمترین مقدار و سپس Qa_1 و Z_1 قرار داشت و سایر نمونه‌ها از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشتند (مشابه نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای سلسله مراتبی). هرچه مقدار این اسیدها بیشتر باشد، حساسیت روغن به اکسایش افزایش و پایداری روغن کاهش می‌یابد. بر

REFERENCES

- Aguilera MP, Beltran G, Ortega D, Fernandez A, Jimenez A, Uceda M. (2005). Characterization of virgin Olive oil of Italian olive cultivar Frantoio and Leccino grown in Andalusia. *Food Chemistry*. 89: 387-91.
- Ahangar Banadkooki, S., Piravi Vanak, Z., Hadad Khodaparast, MH., 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*. 2: 39-49. (in Persian).
- Alavi Rafiee, S., Farhoosh, R., and Haddad Khodaparast, MH. (2012). Physicochemical properties of Iranian commercial olive oils. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 7(2): 85-94. (in Persian).
- Brodnjak-Vončina, D., Kodba, Z. C., & Novič, M. (2005). Multivariate data analysis in classification of vegetable oils characterized by the content of fatty acids. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 75(1), 31-43.
- Codex standard for olive oils and olive pomace oils. Codex Stan 33-1981 (Rev. 2-2003)
- 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), pp.122-127.
- Del Coco, L., Schena, F. P., & Fanizzi, F. P. (2012). ¹H nuclear magnetic resonance study of olive oils commercially available as Italian products in the United States of America. *Nutrients*, 4(5), 343-355.
- Eddib, O., & Nickless, G. (1987). Elucidation of olive oil classification by chemometrics. *Analyst*, 112(4), 391-395.
- Ehtesham nia, 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.
- Garrido-Delgado, R., Mercader-Trejo, F., Sielemann, S., De Bruyn, W., Arce, L., & Valcárcel, M. (2011). Direct classification of olive oils by using two types of ion mobility spectrometers. *Analytica chimica acta*, 696(1-2), 108-115.
- Gumus, Z. P., Ertas, H., Yasar, E., & Gumus, O. (2018). Classification of olive oils using chromatography, principal component analysis and artificial neural network modelling. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 1325-1333.
- Gurdeniz, G., Tokatli, F., & Ozen, B. (2007). Differentiation of mixtures of monovarietal olive oils by mid-infrared spectroscopy and chemometrics. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(12), 1194-1202.
- Gurdeniz, G., Ozen, B., & Tokatli, F. (2008). Classification of Turkish olive oils with respect to cultivar, geographic origin and harvest year, using fatty acid profile and mid-IR spectroscopy. *European Food Research and Technology*, 227(4), 1275-1281.
- Gurdeniz, G., Ozen, B., & Tokatli, F. (2010). Comparison of fatty acid profiles and mid-infrared spectral data for classification of olive oils. *European journal of lipid science and technology*, 112(2), 218-226.
- Hashempour, A., Ghazvini, R.F., Bakhshi, D. and Sanam, S.A., (2010). 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.
- Homapour, M., Hamed, 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 & Food Technology*, 8(3), pp.121-130.
- 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), p.043.
- Inarejos-Garcia, A. M., Androulaki, A., Salvador, M. D., Fregapane, G., Tsimidou, M. Z. (2009). Discussion on the objective evaluation of virgin olive oil bitterness. *Food Research International*, 42, 279-284
- IOC (2018). Sensory analysis of olive oil, method for the organoleptic assessment of virgin olive oil. COI/T.20/Doc No 15/Rev.10.
- ISIRI. Animal and vegetable fats and oils-analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids. ISIRI 4091. (2007). First edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).
- ISIRI. Olive oil- Specifications and test methods. ISIRI 1446. (2010). Second revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).
- ISIRI. Olive oil- The organoleptic assessment of virgin olive oil- Test method. ISIRI 18689. (2015). Second revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian).
- Karabagias, I. K., Badeka, A., Casiello, G., Longobardi, F., & Kontominas, M. G. (2019). Rapid screening of olive oil cultivar differentiation based on selected physicochemical parameters, pigment content and fatty acid composition using advanced chemometrics. *European Food Research and Technology*, 1-12.
- Kelebek, H., Kesen, S., & Selli, S. (2015). Comparative study of bioactive constituents in Turkish olive oils by LC-ESI/MS/MS. *International Journal of Food Properties*. 18: 2231-2245.
- Laroussi-Mezghani, S., Vanloot, P., Molinet, J., Dupuy,

- N., Hammami, M., Grati-Kamoun, N., & Artaud, J. (2015). Authentication of Tunisian virgin olive oils by chemometric analysis of fatty acid compositions and NIR spectra. Comparison with Maghrebian and French virgin olive oils. *Food chemistry*, 173, 122-132.
- Lee, D. S., Noh, B. S., Bae, S. Y., & Kim, K. (1998). Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 358(2), 163-175.
- Lozano, J., Santos, J. P., Arroyo, T., Aznar, M., Cabellos, J. M., Gil, M. and Horrillo, M. C. (2007). Correlating e-nose responses to wine sensorial descriptors and gas chromatography-mass spectrometry profiles using partial least squares regression analysis. *Sensors and Actuators B* 127: 267-276.
- Mildner-Szkudlarz, S., Jeleń, H. H., Zawirska-Wojtasiak, R., & Wąsowicz, E. (2003). Application of headspace—solid phase microextraction and multivariate analysis for plant oils differentiation. *Food Chemistry*, 83(4), 515-522.
- Monfreda, M., Gobbi, L., & Grippa, A. (2012). Blends of olive oil and sunflower oil: Characterisation and olive oil quantification using fatty acid composition and chemometric tools. *Food chemistry*, 134(4), 2283-2290.
- Nowdwhi, M., Farmani, J., Bagheri, R. (2018). Study of the correlation of sensory attributes and some physicochemical properties of extra-virgin olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 72 (14), 67-78.
- 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 the American Oil Chemists' Society*, 89(3), 371-378.
- Popescu, R., Costinel, D., Dinca, O. R., Marinescu, A., Stefanescu, I., & Ionete, R. E. (2015). Discrimination of vegetable oils using NMR spectroscopy and chemometrics. *Food Control*, 48, 84-90.
- Procida, G., Giomo, A., Cichelli, A., & Conte, L. S. (2005). Study of volatile compounds of defective virgin olive oils and sensory evaluation: a chemometric approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(13), 2175-2183.
- Reddy, K. V. K., & Naidu, K. A. (2016). Oleic acid, hydroxytyrosol and n-3 fatty acids collectively modulate colitis through reduction of oxidative stress and IL-8 synthesis; in vitro and in vivo studies. *International Immunopharmacology*. 35: 29-42.
- Shavakhi, F., Boo, H.C., Osman, A. and Ghazali, H.M. (2011). Application of zNose for classification of enzymatically-macerated and steamed pumpkin using principal component analysis. *International Food Research Journal*, 18(1).
- Shavakhi, F., Moradi, P., & Azimi, M. (2019). Evaluation of the and fatty acids composition and quality of olive oil produced in different provinces of Iran. DOI: 10.22092/fooder.2019.125466.1204.
- Shaw, A. D., di Camillo, A., Vlahov, G., Jones, A., Bianchi, G., Rowland, J., & Kell, D. B. (1997). Discrimination of the variety and region of origin of extra virgin olive oils using ¹³C NMR and multivariate calibration with variable reduction. *Analytica Chimica Acta*, 348(1-3), 357-374.
- Tsimidou, M., & Karakostas, K. (1993). Geographical classification of Greek virgin olive oil by non-parametric multivariate evaluation of fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62(3), 253-257.
- 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*.