Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research

DOI: 10.22092/IJMAPR.2026.374079.3667

Vol. 42, No. 3, Page 619-636(2026)

Evaluation of fatty acid profile and bioactive compounds of Olive (*Olea europaea* L.) oil from promising genotypes Bn6 and Konservolia cultivar in two regions: Tarom (Zanjan Province) and Sarpol-e-Zahab (Kermanshah Province)

Abuzar Hashempour[1]*, Ahmad Reza Dadars[2], Rahmatollah Gholami[3], Samaneh Asadi-Sanam[4] and Mahmoud Azimi[5]

1*. Corresponding author, Department of Post-harvest Physiology and Technology, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran, E-mail:a.hashempour@areeo.ac.ir.
2. Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.
3. Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
4. Medicinal Plants and By-Products Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
5. Crop and Horticultural Science Research Department, West Azarbayejan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.

Received: 26/05/2026 Revised: 21/10/2026 Accepted: 21/10/2026

Abstract

Background and Objective: Olive (*Olea europaea* L.) is one of the most important horticultural crops in Iran and worldwide. Its oil plays a key role in promoting human health because of its high content of unsaturated fatty acids, particularly oleic acid, and its unique phenolic compounds. Olive oil quality depends on various factors, including cultivar and climatic conditions. Because Iran has a diverse climate, this study evaluated the fatty acid profile, quality indices, and bioactive compounds of olive oil from the promising genotype Bn6 and the Konservolia cultivar in two regions: Tarom and Sarpol-e-Zahab.

Methodology: The research used a randomized complete block design with three replications in 2023 at two olive research stations in Tarom (Zanjan Province) and Sarpol-e-Zahab (Kermanshah Province). Olive fruits were harvested from genotype Bn6 and the Konservolia cultivar based on fruit color index, and oil was extracted at laboratory scale. Fatty acid composition was determined using gas chromatography (GC). We measured the following quality indices: acidity (as oleic acid percentage), peroxide value (milliequivalents of active oxygen per kg of oil), extinction coefficients K232 and K270, and total chlorophyll and carotenoid content. Total phenolic compounds were evaluated using the Folin–Ciocalteu method, and antioxidant capacity was assessed using the DPPH assay. Statistical analysis used a combined analysis of variance across locations in SAS 9.4 software, and means were compared using the LSD test.

Results: The combined analysis of variance showed that the genotype × environment interaction was significant for most fatty acids and some quality indices. Konservolia oil had higher oleic acid (63.47%), monounsaturated fatty acid (MUFA) (67.14%), MUFA/PUFA ratio (5.30), and oleic-to-linoleic acid ratio (5.44) than genotype Bn6. In contrast, genotype Bn6 had higher linoleic acid (36.73%) and a richer polyunsaturated fatty acid (PUFA) profile. The highest total phenol content (51.093 mg gallic acid per kg of oil) occurred in genotype Bn6 in Sarpol-e-Zahab, whereas the lowest (15.98 mg) occurred in the same genotype in Tarom. The highest antioxidant capacity (79.43%) occurred in Konservolia in Tarom and the lowest (13.54%) in the same cultivar in Sarpol-e-Zahab. According to International Olive Council (IOC) standards, Konservolia oil in both regions met the standard ranges for oleic acid (55–85%), palmitic acid (7–20%), and linoleic

Copyright: © 2026 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

acid (2.5–21%). Genotype Bn6, however, did not meet the accepted standards for extra virgin olive oil in terms of oleic acid (below 55%) and linoleic acid (above 21%).
Conclusion: The Konservolia cultivar, with its stable phenolic compounds and compliance with IOC standards in both regions, is a more suitable option for producing oil with high oxidative stability and desirable nutritional value in both climates. Genotype Bn6 responds positively to heat stress by increasing phenolic compounds and therefore has special potential for warm regions. However, its oil does not comply with national and international standards regarding fatty acid composition. Therefore, given its high fruit yield and stable production in warm regions, it can be used in breeding programs and cultivar introduction for table olive production.

Keywords: Olive, oleic acid, phenolic compounds, antioxidant capacity, IOC standard

ارزیابی پروفایل اسیدهای چرب و ترکیبات زیست‌فعال روغن زیتون ژنوتیپ امیدبخش Bn6 و رقم کنسروالیا در دو منطقه طارم استان زنجان و سرپل ذهاب استان کرمانشاه

ابوذر هاشم‌پور[۱*]، احمدرضا دادرس[۲]، رحمت‌اله غلامی[۳]، سمانه اسدی‌صنم[۴] و محمود عظیمی[۵]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران، پست‌الکترونیک: a.hashempour@areeo.ac.ir

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

۳- دانشیار، بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- استادیار، بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از محصولات مهم باغی در ایران و جهان است و روغن آن به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع بالا به‌ویژه اسید اولئیک و ترکیبات فنلی منحصربه‌فرد، نقش کلیدی در ارتقای سلامت انسان دارد. کیفیت روغن زیتون تحت تأثیر عوامل متعددی ازجمله رقم و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. با توجه به تنوع اقلیمی ایران، این پژوهش با هدف ارزیابی پروفایل اسیدهای چرب، شاخص‌های کیفی و ترکیبات زیست‌فعال روغن زیتون ژنوتیپ امیدبخش Bn6 و رقم کنسروالیا در دو منطقه طارم و سرپل ذهاب انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال ۱۴۰۲ در دو ایستگاه تحقیقات زیتون طارم (استان زنجان) و سرپل ذهاب (استان کرمانشاه) اجرا گردید. میوه‌های زیتون از ژنوتیپ Bn6 و رقم کنسروالیا براساس شاخص رنگ میوه برداشت شد و روغن‌کشی در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) تعیین گردید. شاخص‌های کیفی شامل اسیدیته (برحسب درصد اولئیک اسید)، عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن)، ضرایب خاموشی K232 و K270، کلروفیل و کاروتنوئید کل اندازه‌گیری شدند. ترکیبات فنلی با روش فولین–سیکالچو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با روش DPPH ارزیابی گردیدند. تجزیه آماری داده‌ها به صورت تجزیه مرکب در مکان با نرم‌افزار SAS 9.4 انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای بیشتر اسیدهای چرب و برخی شاخص‌های کیفی معنی‌دار بود. روغن رقم کنسروالیا دارای اسید اولئیک (۶۳/۴۷٪)، اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) (۶۷/۱۴ درصد)، نسبت MUFA/PUFA (۵/۳۰) و نسبت اولئیک به لینولئیک (۵/۴۴) بالاتری نسبت به ژنوتیپ Bn6 بود، در حالی که ژنوتیپ Bn6 دارای اسید لینولئیک بالاتر (۳۶/۷۳٪) و پروفایل غنی‌تر از اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) بود. بیشترین میزان فنل کل (۵۱/۰۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) در ژنوتیپ Bn6 در منطقه سرپل ذهاب و کمترین میزان (۱۵/۹۸ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) در همین ژنوتیپ در منطقه طارم مشاهده شد. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

(۷۹/۴۳٪) در رقم کنسروالیا در منطقه طارم و کمترین آن (۱۳/۵۴٪) در همین رقم در منطقه سرپل ذهاب ثبت گردید. براساس استانداردهای شورای بین‌المللی زیتون (IOC)، روغن رقم کنسروالیا در هر دو منطقه با محدوده‌های استاندارد اسید اولئیک (۵۵–۸۵٪)، اسید پالمیتیک (۷–۲۰٪) و اسید لینولئیک (۲۱– ۲/۵٪) مطابقت داشت، در حالی که ژنوتیپ Bn6 از نظر اسید اولئیک (کمتر از ۵۵٪) و اسید لینولئیک (بیشتر از ۲۱٪) با استانداردهای پذیرفته شده برای روغن زیتون فرابکر مطابقت نداشت.

نتیجه‌گیری: رقم کنسروالیا با پایداری ترکیبات فنلی و انطباق با استانداردهای شورای بین المللی زیتون (IOC) در هر دو منطقه، به‌عنوان گزینه‌ای مناسب‌تر برای تولید روغن با پایداری اکسیداتیو بالا و ارزش تغذیه‌ای مطلوب در هر دو اقلیم معرفی می‌شود. ژنوتیپ Bn6 با پاسخ مثبت به تنش گرمایی از نظر افزایش ترکیبات فنلی، ظرفیت ویژه‌ای برای مناطق گرمسیر دارد، هرچند روغن آن از نظر ترکیب اسیدهای چرب با استانداردهای ملی و بین‌المللی مطابقت ندارد. بنابراین با توجه به عملکرد بالای میوه و پایداری تولید آن در مناطق گرم می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و معرفی رقم به منظور تولید کنسرو زیتون قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: زیتون، اسید اولئیک، ترکیبات فنلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، استاندارد IOC.

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از مهمترین محصولات باغی در مناطق مدیترانه‌ای و نیمه‌مدیترانه‌ای جهان محسوب می‌شود. براساس شواهد علمی، روغن زیتون به‌ویژه نوع فرابکر (Extra Virgin) به‌عنوان یکی از ارکان اصلی رژیم غذایی مدیترانه‌ای، نقشی کلیدی در ارتقای سلامت انسان ایفا می‌کند (Tehrani *et al*., 2025؛ Zou & Liu, 2025). مصرف منظم آن با کاهش قابل‌توجه خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی–عروقی و دیابت نوع ۲ همراه است؛ به‌گونه‌ای که مصرف منظم آن به‌ترتیب با کاهش ۱۸ و ۲۲ درصدی خطر این دو بیماری گزارش شده است (Zou & Liu, 2025). این اثرها عمدتاً ناشی از محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) به‌ویژه اسید اولئیک و ترکیبات فنولی منحصربه‌فردی مانند هیدروکسی تیروزول و اولئوروپین است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و محافظت‌کننده عصبی می‌باشند (Zou & Liu, 2025). پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که روغن زیتون با کاهش نشانگرهای التهابی مانند اینترلوکین–۶ و پروتئین واکنش‌دهنده C (CRP) و بهبود پروفایل لیپیدی، در کاهش خطر بیماری‌های قلبی–عروقی مؤثر است (Tehrani *et al*., 2025). همچنین، شواهد اپیدمیولوژیک حکایت از نقش محافظتی آن در برابر برخی سرطان‌ها به‌ویژه سرطان پستان و کولورکتال، از طریق تعدیل مسیرهای پیام‌رسانی سلولی و بیان ژن‌های سرکوبگر تومور دارد (Anwar *et al*., 2025).

کیفیت روغن زیتون به‌عنوان مهمترین محصول نهایی این درخت، تحت تأثیر ترکیبات شیمیایی و بیوشیمیایی آن ازجمله اسیدهای چرب، ترکیبات فنلی، توکوفرول‌ها و ویژگی‌های حسی آن قرار دارد. این ترکیبات نیز تحت تأثیر عوامل متعددی ازجمله رقم، شرایط اقلیمی، مرحله رسیدگی میوه، سیستم استخراج روغن و مدیریت باغ قرار می‌گیرند (Tura *et al*., 2007؛Hashempour *et al*., 2010a, b). در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و افزایش دما در مناطق زیتون‌خیز، انتخاب و معرفی ارقام متحمل به تنش‌های محیطی را به یکی از اولویت‌های اصلی برنامه‌های به‌نژادی تبدیل کرده است (Yılmaz-Düzyaman *et al*., 2025). ژنتیک (رقم/ ژنوتیپ) و شرایط اقلیمی منطقه کشت از مهمترین عوامل مؤثر بر ترکیبات روغن زیتون هستند. تأثیر متقابل رقم و اقلیم نقش مهمی در تعیین ترکیب اسیدهای چرب، میزان ترکیبات فنلی و سایر شاخص‌های کیفی روغن زیتون ایفا می‌کند (Yılmaz-Düzyaman *et a*l., 2025). Hashempourو همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که با افزایش دما در مناطق گرم‌تر، میزان اسیدهای چرب اشباع مانند پالمیتیک اسید افزایش و میزان اسید اولئیک کاهش می‌یابد و عدد پراکسید و اسیدیته روغن افزایش می‌یابد.

رقم کنسروالیا (Konservolia) به‌عنوان یک رقم دو منظوره با سازگاری بالا در مناطق مختلف زیتون‌کاری کشور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Zeinanloo *et al*., 2015) . نتایج یک مطالعه پنج ساله بر روی ۹ رقم زیتون در ایستگاه‌های تحقیقاتی طارم، رودبار، کازرون و سرپل ذهاب نشان داد که رقم کنسروالیا در ایستگاه‌های کازرون و سرپل ذهاب به‌عنوان یک رقم دو منظوره شناخته شده است (Zeinanloo *et al*., 2015). براساس نتایج مطالعات انجام شده در منطقه سرپل ذهاب، رقم کنسروالیا دارای بیشترین وزن میوه (۴/۲ گرم در هر میوه) و عملکرد بالا (۶۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) بوده است (Haji Amiri *et al*., 2011). منطقه طارم در استان زنجان، یکی از مهمترین مناطق زیتون‌کاری کشور با شرایط اقلیمی نیمه‌مدیترانه‌ای است که به‌دلیل خنک‌تر بودن نسبت به مناطق جنوبی، شرایط مطلوب‌تری برای تولید روغن زیتون با کیفیت بالا فراهم می‌کند (Hashempour *et al*., 2022؛ Hashempour *et al*., 2021). همچنین ژنوتیپ Bn6 به‌عنوان یکی از ژنوتیپ‌های امیدبخش انتخابی در استان کرمانشاه، عملکرد بالای میوه و روغن همراه با پایداری تولید میوه در شرایط نامساعد محیطی از خود نشان داده است (Gholami *et al*., 2027؛ Gholami *et al*., 2018؛ Zeinanloo *et al*., 2015). در مطالعه‌ای بر روی بیش از ۱۰۰ ژنوتیپ و رقم زیتون در ایستگاه تحقیقات زیتون طارم، ژنوتیپ‌های Bn6، Kh12 و Kh20 به همراه رقم کنسروالیا در گروه‌های برتر از نظر عملکرد قرار گرفتند (Zeinanloo *et al*., 2015). پژوهش‌های بعدی انجام شده نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های Bn6 و Dd1 به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در شرایط باغ در منطقه سرپل ذهاب استان کرمانشاه معرفی شده‌اند (Gholami & Zahedi, 2019a,b). در منطقه سرپل ذهاب با اقلیم گرم و نیمه‌خشک، ژنوتیپ Bn6با ۵۳/۳۳ درصد روغن در ماده خشک و ۳۳/۳۳ کیلوگرم میوه در هر درخت، یکی از بهترین گزینه‌ها برای کشت در شرایط اقلیمی گرم محسوب می‌شود (Gholami *et al*., 2027). منطقه سرپل ذهاب در استان کرمانشاه، با شرایط اقلیمی گرم و نیمه‌خشک، یکی از مناطق مستعد برای کشت زیتون در غرب کشور محسوب می‌شود. با این حال، دمای بالاتر این منطقه نسبت به مناطق شمالی، می‌تواند تأثیر منفی بر کیفیت روغن زیتون داشته باشد. براساس نتایج مطالعه بر روی ۱۲ رقم زیتون در پنج ایستگاه تحقیقاتی کشور، مقدار اسید پالمیتیک در مناطق گرم سرپل ذهاب و کازرون به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و تشکیل اسید اولئیک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و دمای منطقه قرار داشت (Zeinanloo *et al*., 2015). مطالعات بین‌المللی نیز بر اهمیت انتخاب ارقام متحمل به دمای بالا تأکید دارند. در پژوهشی بر روی ارقام ایرانی و خارجی در شرایط سرپل ذهاب، مشخص شد که دمای بالا در نیمه دوم تابستان می‌تواند تجمع روغن و ماده خشک را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد (Fahadi Hoveizeh *et al*., 2023).

براساس نتایج آزمایش‌های قبلی توسط نویسندگان طی انجام پروژه‌های تحقیقاتی، ژنوتیپ Bn6 به دلیل عملکرد بالای میوه و روغن و پایداری سالانه تولید به عنوان یکی از ژنوتیپ‌های امیدبخش متحمل به شرایط نامساعد محیطی انتخاب شده است. معرفی و انتخاب ژنوتیپ برای تولید روغن نیازمند بررسی کیفیت روغن آن به‌ویژه پروفایل اسیدهای چرب است. با توجه به تنوع اقلیمی ایران، مقایسه کیفیت روغن این ژنوتیپ در دو منطقه طارم استان زنجان و سرپل ذهاب استان کرمانشاه می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد سازگاری و کیفیت روغن آنها فراهم نماید. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی پروفایل اسیدهای چرب، شاخص‌های کیفی و ترکیبات زیست‌فعال روغن زیتون ژنوتیپ امیدبخش Bn6 و رقم تجاری کنسروالیا در دو منطقه طارم و سرپل ذهاب انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش پروفایل اسیدهای چرب، شاخص‌های کیفی و ترکیبات زیست‌فعال روغن زیتون ژنوتیپ امیدبخش Bn6و رقم کنسروالیا (به‌عنوان رقم تجاری) در دو ایستگاه تحقیقات زیتون طارم در استان زنجان و ایستگاه تحقیقات

زیتون سرپل ذهاب در استان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۴۰۲ اجرا گردید. سن درختان در زمان انجام آزمایش حدود ۱۵ سال بود. طی همین دوره، عملیات داشت این درختان طبق شیوه رایج این دو ایستگاه انجام شد. آبیاری درختان در هر دو منطقه به روش قطره‌ای از اواخر اردیبهشت‌ماه تا اواخر مهرماه انجام گردید. تغذیه درختان نیز به شیوه معمول درختان ایستگاه و براساس تجزیه برگی عناصر انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و شیمیایی انجام گردید. شرایط اقلیمی طی دوره رشد میوه در هر دو منطقه در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- شرایط اقلیمی ماهانه (میانگین دما، میانگین رطوبت نسبی و میانگین بارندگی)

منطقه سرپل ذهاب در طول دوره رشد میوه زیتون در سال ۱۴۰۲

Table 1- Monthly climatic conditions (Mean temperature, mean relative humidity, and mean rainfall) of Sarpol-e-Zahab throughout olive fruit growth in 2023

Period (Month)	Mean temperature (°C)	Mean relative humidity (%)	Mean rainfall (mm)
22 May- 21 June	28.6	32.0	2.3
22 June- 22July	32.6	25.5	0
22July -22 August	36.0	21.5	0
23 August-22 September	30.9	29.0	0
22 September – 22 October	24.9	39.5	1.8
22 October – 21 November	19.2	57.5	81.7

جدول ۲- شرایط اقلیمی ماهانه (میانگین دما، میانگین رطوبت نسبی و میانگین بارندگی)

منطقه طارم در طول دوره رشد میوه زیتون در سال ۱۴۰۲

Table 2- Monthly climatic conditions (Mean temperature, mean relative humidity, and mean rainfall) of Tarom throughout olive fruit growth in 2023

Period (Month)	Mean temperature (°C)	Mean relative humidity (%)	Mean rainfall (mm)
22 May- 21 June	27.2	49	23
22 June- 22July	27.6	49	4.7
22July -22 August	29.8	44	0
23 August-22 September	25.8	57	0
22 September – 22 October	21.1	57	0
22 October – 21 November	19.6	48	6.5

برداشت میوه و استخراج روغن

به منظور ارزیابی شاخص‌های مختلف روغن، میوه‌های زیتون براساس شاخص رسیدگی در دو منطقه برداشت گردیدند. شاخص رسیدگی (شاخص رنگ میوه) در این آزمایش به‌طور میانگین در حدود چهار در نظر گرفته شد. میوه‌های برداشت شده برای روغن‌کشی (با دستگاه روغن‌کشی در مقیاس آزمایشگاهی) به ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار منتقل شدند. میوه‌ها پس از شستشو آسیاب شدند و پس از اضافه کردن آب ولرم به خمیر مورد نظر و هم زدن، خمیر را به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار داده و بعد برای جداسازی روغن، سانتریفوژ شدند و تا زمان انجام اندازه‌گیری‌های شاخص‌ها در محیط خنک و دور از نور نگهداری گردید.

آنالیز اسیدهای چرب

برای تعیین اسیدهای چرب، مقدار ۰/۱ گرم روغن وزن شد و بعد متیل استرهای اسیدهای چرب با استفاده از ۰/۲ میلی‌لیتر هیدروکسیدپتاسیم–متانولی استخراج گردید. مقدار ۰/۵ میکرولیتر از آن به دستگاه GC مدل Agilent 7890A (ساخت آمریکا) تزریق شد. ستون GC از نوع DB-wax به طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر با حامل هلیوم بود. برنامه دمایی آون از ۱۷۰ درجه سلسیوس شروع و به‌مدت ۵ دقیقه در این دما قرار گرفت و بعد با سرعت ۰/۵ درجه بر دقیقه به ۱۹۰ درجه سلسیوس رسید. دمای آشکارگر و انژکتور نیز ۲۲۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. دتکتور از نوع FID بود و اندازه‌گیری از طریق نرمال کردن سطوح انجام شد. نتایج به صورت درصد سطح زیر نمودار بیان شد.

ارزیابی شاخص‌های کیفی روغن

اسیدهای چرب آزاد (Free Fatty Acids: FFA): مقدار FFA براساس روش قوانین جامعه اقتصادی اروپا با کمی تغییر انجام شد (EEC, 2003). برای این منظور، دو گرم روغن در ۲۵ میلی‌لیتر کلروفرم حل شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر الکل خنثی شده به دو میلی‌لیتر از نمونه حل شده در کلروفروم اضافه و مخلوط گردید. سپس عمل تیتراسیون با اضافه کردن شش قطره فنل فتالئین و قراردادن ظرف حاوی محلول روی هیتر (با حرارت ملایم) با سود تیترازول ۰/۱ نرمال انجام شد. پایان تیتراسیون ثابت ماندن رنگ صورتی ایجاد شده در محلول بود. نتایج برحسب اولئیک اسید در ۱۰۰ گرم روغن زیتون بیان گردید.

عدد پراکسید (Peroxide value: PV): مقدار PV نیز براساس روش قوانین جامعه اقتصادی اروپا با کمی تغییر انجام شد (EEC, 2003). برای این منظور، پنج گرم روغن در ۳۰ میلی‌لیتر محلول استیک اسید–کلروفرم (۳:۲) حل شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول اشباع پتاسیم یدید به آن افزوده شد، پس از یک دقیقه نگهداری در تاریکی، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یک درصد نشاسته اضافه شد، ید آزاد شده با محلول ۰/۱ نرمال سدیم تیوسولفات تیتر شد، پایان تیتراسیون اولین بی‌رنگ شدن یا کدر شدن نمونه است. عدد پراکسید برحسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن زیتون (mequiv O_2. kg oil) گزارش شد.

ضرایب خاموشی مخصوص در دو طول موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر (K232 و K270): شاخص‌های اسپکتروفتومتری K232 و K270 براساس روش قوانین جامعه اقتصادی اروپا انجام گردید (EEC, 2003). مقدار یک گرم نمونه روغن در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ایزواکتان خالص حل شد، سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzuمدل UV-1800، (ساخت ژاپن) در دو طول موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر میزان جذب قرائت شد. نتایج به صورت ضرایب ویژه از ۱ درصد (وزن/حجم) محلول روغن در حلال استفاده شده در ۱ سانتی‌متر کووت بیان شد.

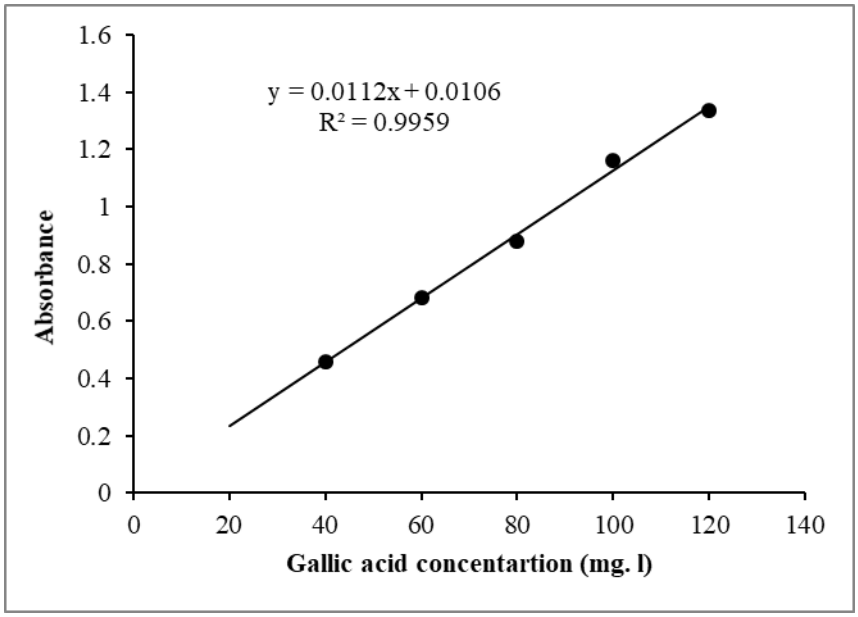
کلروفیل و کاروتنوئید: اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید و کلروفیل براساس روش زیر انجام شد (Mınguez-Mosquera *et al*., 1991). یک گرم نمونه روغن در ۱۰ میلی‌لیتر حلال ایزواکتان حل شد و بعد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل UV-1800، (ساخت ژاپن) میزان جذب کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب در دو طول موج ۶۷۰ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. میزان کلروفیل و کاروتنوئید کل به صورت میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن محاسبه شد.

تعیین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

استخراج عصاره فنلی از روغن زیتون: استخراج ترکیبات فنلی روغن زیتون مطابق روش تغییر داده شده انجام شد (Hashempour *et al*., 2010a). به ۰/۷ گرم روغن، ۷۰۰ میکرولیتر متانول خالص اضافه شد، پس از مخلوط کردن به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید و بخش بالایی جدا و در میکروتیوپ دیگری جمع‌آوری شد. عمل استخراج از نمونه سه بار انجام شد. بخش رویی جمع‌آوری شده و در دستگاه تقطیر در خلأ در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای تبخیر متانول قرار داده شد تا زمانی که حجم نمونه به کمتر از ۰/۵ میلی‌لیتر برسد، سپس ۷۰۰ میکرولیتر استونیتریل و ۷۰۰ میکرولیتر هگزان برای حذف چربی‌ها به آن اضافه شد. بعد از آن، به مدت پنج دقیقه

با دور ۵۰۰۰ دور سانتریفوژ شد. بخش بالایی برداشته و دور ریخته شد و به بخش پایینی دوباره ۷۰۰ میکرولیتر هگزان اضافه شد. سپس با دستگاه ورتکس مخلوط و بعد سانتریفوژ دوباره شد. این مرحله بار سوم هم انجام شد، در نهایت بخش جمع‌آوری شده در دستگاه تقطیر در خلأ قرار داده شد تا عصاره غلیظ شود. عصاره بدست آمده با متانول به حجم یک میلی‌لیتر رسانده شد و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در تاریکی نگهداری شد.

تعیین فنل کل: مقدار فنل کل عصاره‌ها با استفاده از روش فولین-سیکالچو تعیین شد (Singleton &Rossi, 1965). به‌طور خلاصه، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره به ۲۴۰۰ میکرولیتر محلول فولین ۵۰ درصد افزوده شد. پس از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه قرار گرفتن در تاریکی، ۵۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه گردید و به‌مدت ۹۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت، سپس میزان جذب محلول‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzuمدل UV-1800 (ساخت ژاپن) قرائت شد. میزان فنل کل در عصاره‌ها از روی میزان جذب نمونه و مقایسه آن با منحنی استاندارد (شکل ۱)، برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در کیلوگرم روغن (mg GAE.kg^{-1} oil) بیان گردید.



شکل ۱- منحنی و معادله استاندارد فنل کل برحسب اسید گالیک

Figure 1. Standard curve and regression equation for total phenolic content (as gallic acid equivalents)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد ۲ و ۲-دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین شد (Brand-Whiliams *et al.*, 1995). برای این منظور، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره فنلی به ۹۰۰ میکرولیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH اضافه گردید. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد. آنگاه میزان جذب استاندارد و نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzuمدل UV-1800 (ساخت ژاپن) در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد.

تجزیه آماری

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل رقم/ژنوتیپ در دو منطقه انجام شد. تجزیه آماری

داده‌های به دست آمده از این پژوهش به صورت تجزیه مرکب در مکان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

پروفایل اسیدهای چرب

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) نشان داد که اثر اصلی محیط تنها بر اسید لینولئیک و اسید آراشیدیک تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). در حالی که اثر اصلی ژنوتیپ بر تمام پروفایل اسیدهای چرب بجز اسید پالمتیک و مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) تأثیر معنی‌داری نشان داد. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط برای بیشتر اسیدهای چرب شامل اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید وکسینیک، اسید لینولئیک، میزان مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) معنی‌دار بود که حکایت از تأثیرپذیری ترکیب اسیدهای چرب از شرایط محیطی و پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به این شرایط دارد (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون (ژنوتیپ امیدبخش Bn6 و رقم کنسروالیا) در دو منطقه (طارم و سرپل ذهاب)

Table 3. Combined analysis of variance for fatty acids profile of olive oil (*Olea europaea*; promising genotype Bn6 and Konservolia cultivar) in two regions (Tarom and Sarpol-e-Zahab)

S.O.V.	d.f.	M.S.								
		Palmitic acid	Palmitoleic acid	Stearic acid	Oleic acid	Vaccenic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Arachidic acid	Eicosenoic acid
Environment (En)	1	0.002^{ns}	0.028^{ns}	0.030^{ns}	10.641^{ns}	0.083^{ns}	9.828*	0.024^{ns}	0.004*	0.007^{ns}
Error 1 [Rep(En)]	4	0.719	0.012	0.019	1.970	0.016	1.225	0.007	0.0004	0.001
Genotype (G)	1	0.059^{ns}	5.018***	1.484**	1728.000**	11.447**	1513.355**	0.163**	0.116***	0.028*
G × En	1	28.152**	0.019^{ns}	0.282*	0.644^{ns}	0.635*	31.948**	0.028^{ns}	0.0001^{ns}	0.005^{ns}
Error 2	4	0.298	0.012	0.020	0.853	0.080	0.800	0.006	0.0008	0.002
C.V. (%)	—	3.21	6.55	7.66	1.80	8.62	3.90	8.53	7.37	15.08

ادامه جدول ۳-

Continued Table 3. Combined analysis of variance for …

S.O.V.	d.f.	M.S.				
		SFA	MUFA	PUFA	MUFA/PUFA	Oleic/Linoleic
Environment (En)	1	0.080^{ns}	8.333^{ns}	8.875^{ns}	0.064^{ns}	0.064^{ns}
Error 1 [Rep(En)]	4	0.557	2.676	1.088	0.083	0.099
Genotype (G)	1	3.245^{ns}	1304.168***	1482.074***	47.191***	54.887***
G × En	1	34.206***	0.041^{ns}	33.869**	0.442^{ns}	0.450^{ns}
Error 2	4	0.456	1.368	0.782	0.063	0.073
C.V. (%)	—	3.51	2.06	3.71	7.57	8.16

$^{n.s.}$, *, **, and ***: non-significant, significant at 5, 1, and 0.1% probability levels, respectively.

SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, and PUFA: polyunsaturated fatty acids.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم/ ژنوتیپ بر پروفایل اسیدهای چرب نشان داد که روغن رقم کنسروالیا دارای اسید اولئیک، اسید لینولنیک، اسید آراشیدیک و اسید ایکوزوئیک بالاتری در مقایسه با روغن ژنوتیپ Bn6 بود (جدول ۴). اسید اولئیک مهمترین اسید چرب غیر اشباع روغن زیتون است و دارای اهمیت بالایی در ارزیابی پروفایل اسید چرب روغن زیتون است. بر این اساس، روغن رقم کنسروالیا دارای اسید اولئیک بسیار بالاتری نسبت به ژنوتیپ Bn6 بود (جدول ۴)، به‌طوری‌که میزان اسید اولئیک در رقم کنسروالیا (۶۳/۴۷ درصد) بیش از ۶۰ درصد بیشتر از ژنوتیپ Bn6 (۳۹/۴۷ درصد) بود. روغن ژنوتیپ Bn6 تنها از نظر میزان اسید پالمیتولئیک در سطح بالاتری از روغن رقم کنسروالیا بود. نتایج مقایسه میانگین اثر محیط بر پروفایل اسیدهای چرب نشان داد که روغن بدست آمده از منطقه سرپل ذهاب دارای اسید لینولنیک و اسید آراشیدیک بالاتری در مقایسه با روغن بدست آمده از منطقه طارم بود (جدول ۴).

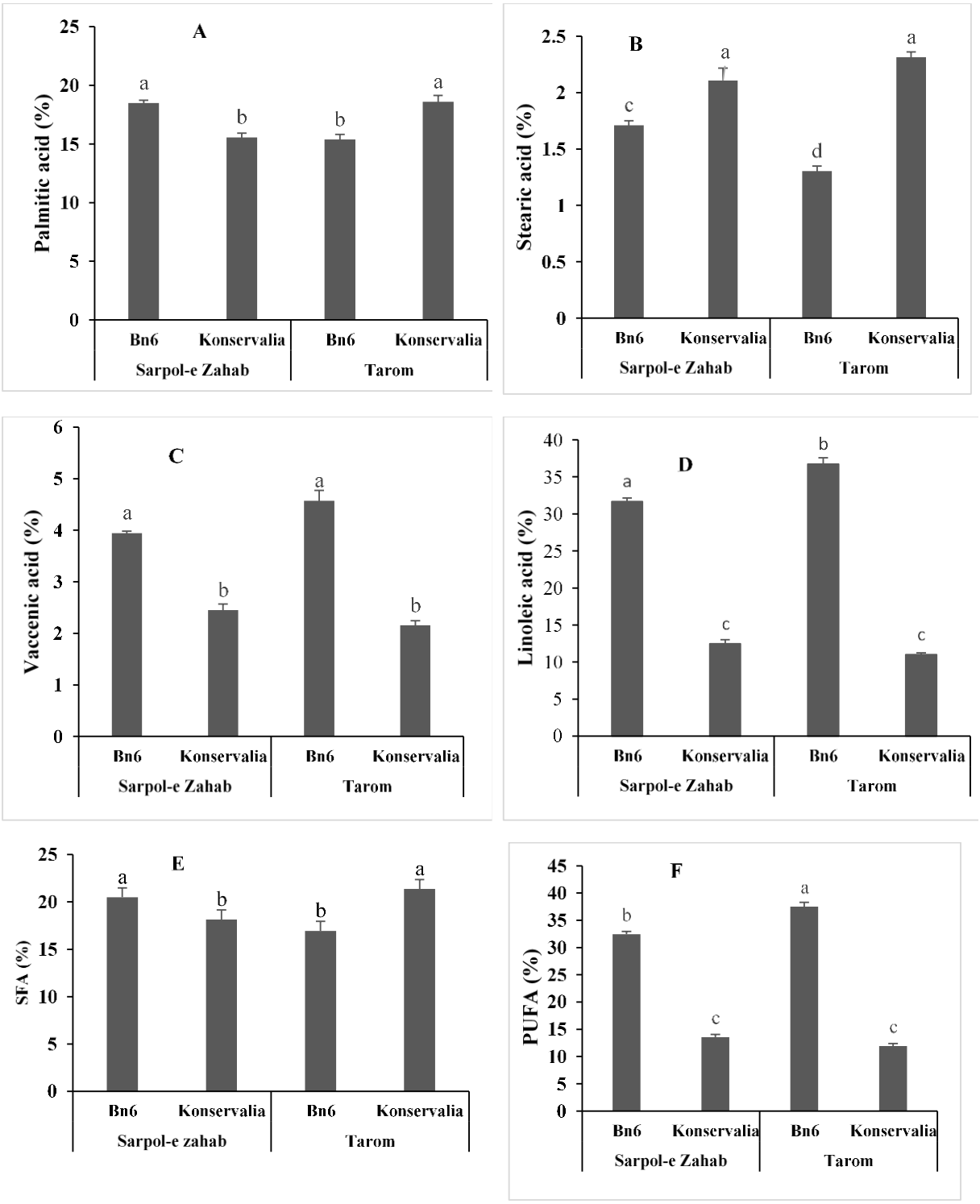
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ و محیط بر پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون

Table 4. Mean comparison of genotype and environment effects on fatty acids profile of olive oil

Treatment	Palmitoleic acid (%)	Oleic acid (%)	Linolenic acid (%)	Arachidic acid (%)	Eicosenoic acid (%)
Genotype					
Bn6	2.328[a]	39.467[b]	0.773[b]	0.282[b]	0.24[b]
Konservalia	1.035[b]	63.467[a]	1.007[a]	0.478[a]	0.337[a]
Environment					
Sarpol-e-Zahab	1.633[a]	52.408[a]	0.935[a]	0.398[a]	0.312[a]
Tarom	1.73[a]	50.525[a]	0.845[b]	0.362[b]	0.265[a]

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط نشان داد که بیشترین میزان اسید پالمیتیک (۱۸/۵۹ درصد) در روغن رقم کنسروالیا طارم مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان این اسید چرب (۱۵/۳۸ درصد) مربوط به ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم بود (شکل A ۲). بیشترین میزان اسید استئاریک (۲/۳۱ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم و کمترین میزان آن (۱/۳۰ درصد) در روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم مشاهده شد (شکل B ۲). براساس شکل‌های ۲C و D ۲، روغن ژنوتیپ Bn6 در هر دو منطقه دارای اسید لینولئیک و اسید وکسینیک به‌مراتب بالاتری نسبت به رقم کنسروالیا بود. بیشترین میزان اسید لینولئیک (۳۶/۷۳ درصد) در روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم و کمترین میزان آن (۱۱/۰۱ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم مشاهده شد. همچنین روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم دارای بیشترین میزان اسید وکسینیک (۴/۵۷ درصد) و کمترین میزان آن (۲/۱۶ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم مشاهده گردید. مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط نشان داد که بیشترین میزان SFA (۲۱/۳۶ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان آن (۱۶/۹۵ درصد) مربوط به ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم بود (شکل E ۲). بر این اساس، در منطقه سرپل ذهاب ژنوتیپ Bn6 و در منطقه طارم رقم کنسروالیا بیشترین میزان SFA را نشان دادند. نتایج نشان داد که روغن ژنوتیپ Bn6 در هر دو منطقه دارای PUFA به‌مراتب بالاتری نسبت به رقم کنسروالیا بود (شکل E2). بیشترین میزان PUFA (۳۷/۵۱ درصد) در روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم و کمترین میزان آن (۱۱/۹۲ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم مشاهده شد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بر پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون

Figure 2. Mean comparison of genotype × environment interaction on fatty acids profile of olive oil

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

براساس نتایج جدول ۵، روغن رقم کنسروالیا از نظر شاخص‌های مرتبط با اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) برتری چشمگیری داشت و مقادیر MUFA(۶۷/۱۴ درصد)، نسبت به MUFA/PUFA (۵/۳۰) و نسبت اولئیک به لینولئیک (۵/۴۴) در این رقم به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ Bn6 بود. در مقابل، روغن ژنوتیپ Bn6 دارای پروفایل غنی‌تر از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر درصد MUFA، نسبت MUFA/PUFA و نسبت Oleic/Linoleic در پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون در دو منطقه (طارم و سرپل ذهاب)

Table 5. Mean comparison of genotype effect on MUFA, MUFA/PUFA, and oleic/linoleic of olive oil in two regions (Tarom and Sarpol-e-Zahab)

Genotype	MUFA (%)	MUFA/PUFA	Oleic/Linoleic
Konservalia	67.142[a]	5.301[a]	5.442[a]
Bn6	46.292[b]	1.334[b]	1.165[b]

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).
MUFA: monounsaturated fatty acids and PUFA: polyunsaturated fatty acids.

شاخص‌های کیفی روغن

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای شاخص‌های کیفی روغن (جدول ۶) نشان داد که اثر محیط تنها بر ضریب خاموشی K270 در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالی که اثر ژنوتیپ بر شاخص‌های کیفی اسیدیته، عدد پراکسید و K232 (به ترتیب در سطوح ۵، ۱ و ۵ درصد) معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تنها برای شاخص K270 معنی‌دار بود.

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی، ترکیبات زیست فعال و رنگیزه‌های روغن زیتون (ژنوتیپ امیدبخش *Bn6* و رقم کنسروالیا) در دو منطقه (طارم و سرپل ذهاب)

Table 6. Combined analysis of variance for quality traits, bio-active compounds, and pigments of olive oil (*Olea europaea*; promising genotype *Bn6* and *Konservolia* cultivar) in two regions (Tarom and Sarpol-e-Zahab)

S.O.V.	d.f.	M.S.							
		FFA	PV	K232	K270	Total chlorophylls	Total carotenoids	Total phenols	Antioxidant capacity
Environment (En)	1	0.007^{ns}	1.229^{ns}	0.013^{ns}	0.015*	0.264**	0.099^{ns}	924.885**	5978.635***
Error 1 [Rep(En)]	4	0.003	1.871	0.012	0.001	0.012	0.018	25.607	19.146
Genotype (G)	1	0.038*	47.362**	0.346*	0.004^{ns}	0.112^{ns}	0.542^{ns}	47.641^{ns}	363.330**
G × En	1	0.007^{ns}	1.229^{ns}	0.013^{ns}	0.015**	0.264^{ns}	0.099^{ns}	924.885**	1354.475***
Error 2	4	0.004	1.511	0.021	0.001	0.259	0.265	22.817	11.085
C.V. (%)	—	10.46	9.96	13.56	16.53	30.26	27.30	15.14	8.12

$^{n.s.}$, *, **, and ***: non-significant, significant at 5, 1, and 0.1% probability levels, respectively.
FFA: free fatty acids, PV: peroxide value, K232: extinction coefficients in 232 nm, and K270: extinction coefficients in 270 nm.

مقایسه میانگین اثر اصلی (جدول ۷) نشان داد که روغن رقم کنسروالیا دارای اسیدیته (۰/۶۲ درصد اسید اولئیک)، عدد پراکسید (۱۴/۳۳ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن) و ضریب خاموشی K232 (۱/۲۴) بالاتری نسبت به ژنوتیپ Bn6 بود. بین

دو منطقه از نظر شاخص‌های کیفی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط (جدول ۸) نشان داد که ضریب خاموشی K270 در روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم (۰/۲۴) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ و محیط برای صفات مختلف کیفی و رنگیزه‌های روغن زیتون

Table 7. Mean comparison of genotype and environment effects on different quality traits and piments of olive oil

Effect	FFA (Oleic acid percentage)	PV (meq $O_2.kg^{-1}$)	K232	Total chlorophylls ($mg.kg^{-1}$ oil)	Total carotenoids ($mg.kg^{-1}$ oil)
Genotype					
Bn6	0.512[b]	10.360[b]	0.897[b]	1.587[a]	1.675[a]
Konservalia	0.624[a]	14.333[a]	1.237[a]	1.780[a]	2.100[a]
Environment					
Sarpol-e-Zahab	0.592[a]	12.667[a]	1.100[a]	1.535[b]	1.797[a]
Tarom	0.544[a]	12.027[a]	1.034[a]	1.832[a]	1.978[a]

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).
FFA: free fatty acids, PV: peroxide value, and K232: extinction coefficients in 232 nm.

رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید

براساس نتایج جدول ۶، اثر ژنوتیپ و محیط بر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید کل معنی‌دار نبود، تنها اثر محیط بر کلروفیل کل معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان داد که روغن رقم کنسروالیا دارای میزان کلروفیل کل (۱/۷۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن) و کاروتنوئید کل (۲/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن) بالاتری نسبت به ژنوتیپ Bn6 بود، هرچند این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. روغن منطقه طارم نیز میزان کلروفیل کل (۱/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن) و کاروتنوئید کل (۱/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن) بیشتری نسبت به سرپل ذهاب داشت.

فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (جدول ۶) نشان داد که اثر محیط بر فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (به ترتیب در سطوح ۱ و ۰/۱ درصد) معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ تنها بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد نشان داد. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (جدول ۸) نشان داد که بیشترین میزان فنل کل (۵۱/۰۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) در روغن ژنوتیپ Bn6 در منطقه سرپل ذهاب و کمترین میزان (۱۵/۹۸ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) در روغن همین ژنوتیپ در منطقه طارم مشاهده شد، در حالی که روغن رقم کنسروالیا در هر دو منطقه میزان فنل کل نسبتاً ثابتی (حدود ۳۰ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) داشت. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۷۹/۴۳ درصد) در روغن رقم کنسروالیا در منطقه طارم و کمترین آن (۱۳/۵۴ درصد) در همین رقم در منطقه سرپل ذهاب مشاهده شد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط بر فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و **K270** روغن زیتون

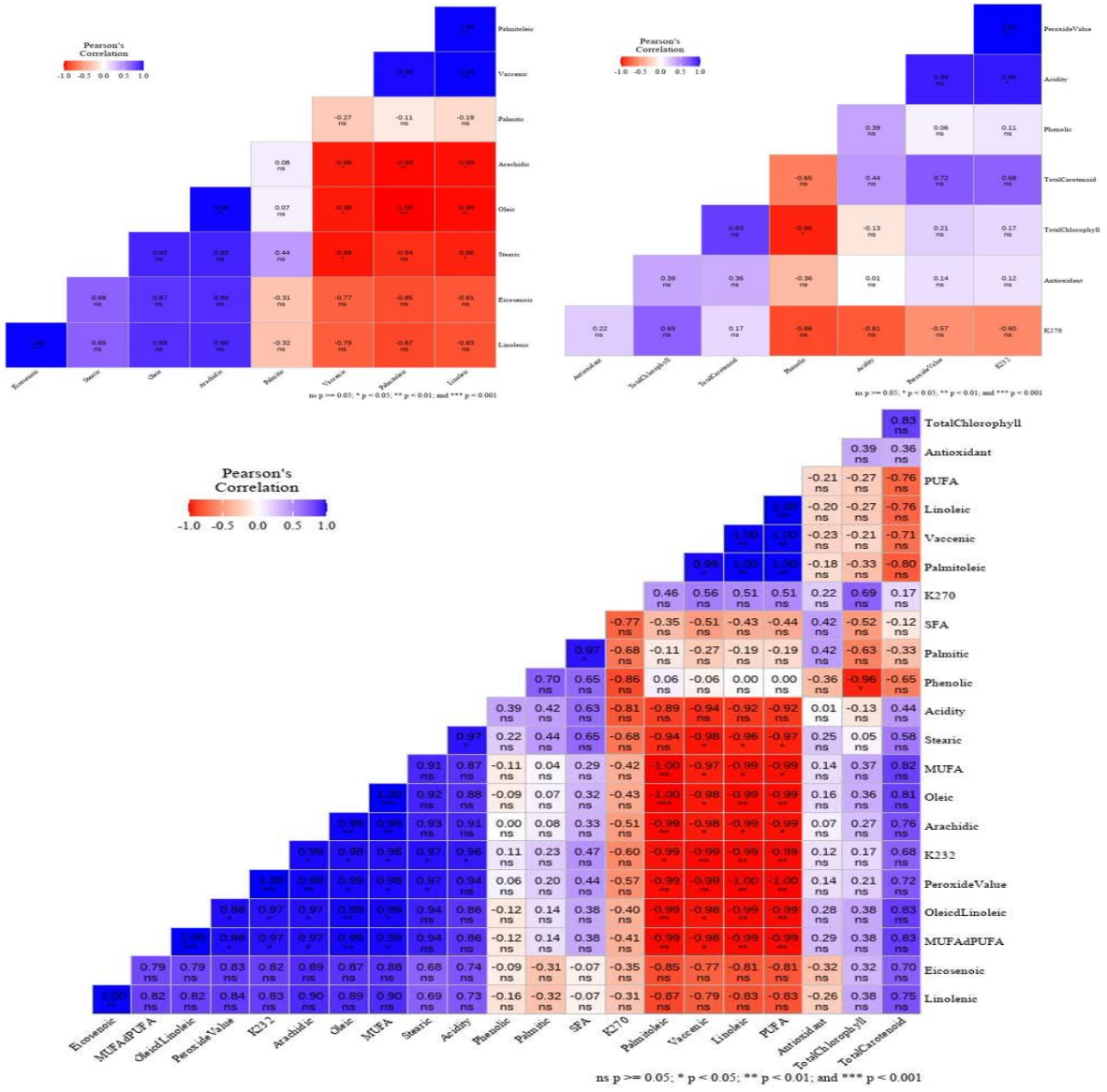
× environment interaction on K270, total phenols, and antioxidant capacityof olive oil Table 8. Mean comparison of genotype

Environment	Genotype	K270	Total phenols (mg gallic $acid.kg^{-1}$ oil)	Antioxidant capacity (DPPH scavenging (%))
Sarpol-e-Zahab	Bn6	0.1[b]	51.093[a]	23.787[c]
	Konservalia	0.133[b]	29.55[b]	13.543[d]
Tarom	Bn6	0.242[a]	15.977[c]	47.18[b]
	Konservalia	0.132[b]	29.65[b]	79.433[a]

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).
K270: extinction coefficients in 270 nm

همبستگی صفات

براساس شکل ۳ که ضریب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف روغن زیتون را نشان می‌دهد، همبستگی‌های معنی‌داری بین برخی صفات مشاهده شد. اسید اولئیک با اسید لینولئیک همبستگی منفی و قوی داشت که نشان‌دهنده رابطه معکوس این دو اسید چرب مهم است. همچنین بین فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت که مؤید نقش ترکیبات فنلی در افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی روغن است. اسیدیته با عدد پراکسید همبستگی مثبت نشان داد که بیانگر افزایش همزمان این دو شاخص کیفی در برخی تیمارهاست (شکل ۳).



شکل ۳- ماتریس همبستگی پیرسون صفات روغن زیتون (دو ژنوتیپ امیدبخش ***Bn6*** و رقم کنسروالیا در دو منطقه طارم و سرپل ذهاب)

Figure 3. Pearson's correlation matrix of olive oil traits (*Olea europaea*; promising genotype Bn6 and Konservolia cultivar in two regions, Tarom and Sarpol-e-Zahab)

FFA: free fatty acids, PV: peroxide value, K232: extinction coefficient at 232 nm, K270: extinction coefficient at 270 nm, SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, and PUFA: polyunsaturated fatty acids.

بحث

ارزیابی کیفیت روغن براساس استانداردهای شورای بین‌المللی زیتون (IOC)

براساس استانداردهای IOC روغن زیتون فرابکر باید دارای اسیدیته آزاد حداکثر ۰/۸ درصد (برحسب اسید اولئیک)، عدد پراکسید حداکثر ۲۰ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم، ضریب خاموشی K232 حداکثر ۲/۵۰ و K270 حداکثر ۰/۲۲ باشد (IOC, 2026). ارزیابی شاخص‌های کیفی روغن‌های تولیدی در هر دو منطقه و برای هر دو ژنوتیپ/ رقم نشان می‌دهد که این روغن‌ها در سطح کیفی قابل قبولی قرار دارند. اسیدیته روغن هر دو ژنوتیپ در هر دو منطقه کمتر از حد مجاز برای روغن فرابکر (۰/۸ درصد) بود. رقم کنسروالیا با ۰/۶۲ درصد اسیدیته، در مقایسه با ژنوتیپ Bn6 با ۰/۵۱ درصد، اسیدیته بالاتری نشان داد که می‌تواند ناشی از آسیب مگس زیتون، فعالیت بالاتر آنزیم لیپاز یا تفاوت در ساختار سلولی میوه باشد. این یافته با گزارش‌های Hashempour و همکاران (۲۰۱۰b) که بر تفاوت ارقام از نظر اسیدیته تأکید داشتند، مطابقت دارد. با این حال، هر دو نمونه کاملاً در محدوده استاندارد قرار دارند و از این لحاظ برای مصرف مستقیم مناسب هستند. عدد پراکسید (PV) که شاخص اکسیداسیون اولیه روغن است، در تمام تیمارها زیر حد مجاز ۲۰ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم بود (IOC, 2026). رقم کنسروالیا با عدد پراکسید ۱۴/۳۳ در مقایسه با ژنوتیپ Bn6 با ۱۰/۳۶، اکسیداسیون اولیه بیشتری را نشان داد. تفاوت بین دو ژنوتیپ از نظر عدد پراکسید در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶) که نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ژنوتیپ بر این شاخص است و با یافته‌های پژوهشی دیگر که نشان می‌دهند رقم عاملی تأثیرگذار تغییرات عدد پراکسید است، همسو می‌باشد (Hashempour *et al*., 2010a). با این حال، عدد پراکسید هر دو نمونه به مراتب کمتر از حد استاندارد است و بیانگر کیفیت مطلوب روغن‌ها از نظر پایداری اکسیداتیو اولیه است. ضرایب خاموشی K232 و K270 نشان‌دهنده وجود ترکیبات حاصل از اکسیداسیون ثانویه و دی‌ان‌های مزدوج (K232) و تری‌ان‌های مزدوج (K270) در روغن هستند (Hashempour *et al*., 2011). در این پژوهش، کلیه مقادیر K232 در هر دو ژنوتیپ و منطقه از حد مجاز ۲/۵۰ کمتر بودند (جدول ۷). در مورد K270، هرچند مقدار متوسط در تمام تیمارها پایین‌تر از حد مجاز ۰/۲۲ بود اما اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ × محیط نشان داد که این شاخص در ژنوتیپ Bn6 در منطقه طارم (۰/۲۴) از حد مجاز فراتر رفته است (جدول ۸). این افزایش می‌تواند بیانگر حساسیت بیشتر این ژنوتیپ به شرایط اقلیمی خاص طارم یا تفاوت در روند رسیدگی میوه باشد و نیازمند بررسی دقیق‌تر است.

ترکیب اسیدهای چرب

مطابق با استانداردهای شورای بین‌المللی زیتون (IOC, 2026)، برای روغن زیتون فرابکر، روغن رقم کنسروالیا با ۶۳/۴۷ درصد اسید اولئیک در دامنه استاندارد (۵۵–۸۳ درصد) قرار دارد و از این نظر برای تولید روغن با پایداری اکسیداتیو بالا و ارزش تغذیه‌ای مطلوب مناسب‌تر است. اما ژنوتیپ Bn6 با ۳۹/۴۷ درصد اسید اولئیک، به‌طور قابل‌توجهی از حداقل استاندارد (۵۵ درصد) پایین‌تر است. این تفاوت ۶۰ درصدی نشان‌دهنده تأثیر بسیار قوی عامل ژنتیکی بر این صفت است. اسید پالمیتیک هر دو ژنوتیپ در هر دو منطقه در دامنه مجاز (۷ تا ۲۰ درصد) قرار دارد، اگرچه ژنوتیپ Bn6 در منطقه سرپل ذهاب با ۱۸/۴۷ درصد، به حد بالای دامنه مجاز نزدیک می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر شرایط گرم‌تر بر افزایش این اسید چرب است و با یافته‌های Hashempour و همکاران (۲۰۱۱) و Zinaloo و همکاران (۲۰۱۵) که افزایش اسید پالمیتیک را با افزایش دما گزارش کردند، همخوانی دارد. در مورد اسید لینولئیک، در حالی که رقم کنسروالیا در هر دو منطقه در دامنه مجاز (۲/۵ تا ۲۱ درصد) قرار دارد (حدود ۱۲ درصد)، ژنوتیپ Bn6 با مقادیر حدود ۳۱ تا ۳۷ درصد، به‌طور چشمگیری از حداکثر مجاز فراتر رفته است که نشان‌دهنده پروفایل کاملاً متفاوت این ژنوتیپ است. براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳)، اثر ژنوتیپ/ رقم بر بیشتر اسیدهای چرب شامل پالمیتولئیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، آراشیدیک و

ایکوزنوئیک، MUFA و PUFA معنی‌دار بود. این یافته با نتایج پژوهش‌های متعدد داخلی و بین‌المللی مطابقت دارد که نشان می‌دهد ترکیب اسیدهای چرب روغن زیتون عمدتاً تحت کنترل عوامل ژنتیکی قرار دارد (Azimi *et al.*, 2024؛ Tura *et al.*, 2007؛ Hashempour *et al.*, 2022). تفاوت چشمگیر بین دو ژنوتیپ/ رقم مورد مطالعه از نظر اسید اولئیک (۶۳/۴۷ درصد در رقم کنسروالیا در مقابل ۳۹/۴۷۹ درصد در ژنوتیپ Bn6) نشان‌دهنده تأثیر بسیار قوی عامل ژنتیکی بر این صفت کلیدی است. این اختلاف حدود ۶۰ درصدی، فراتر از دامنه تغییرات ناشی از اقلیم است و با یافته‌های Hashempour و همکاران (۲۰۲۲) در ارزیابی ژنوتیپ‌های امیدبخش زیتون در منطقه طارم همخوانی دارد، به‌طوری‌که نشان دادند ژنوتیپ T18 (رقم گیلوانه) با ۸۰ درصد اسید اولئیک، برتری ژنتیکی قابل‌توجهی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارد. شکل ۲ نیز به‌خوبی این تفاوت فاحش را در پروفایل اسیدهای چرب دو ژنوتیپ/ رقم در دو منطقه کشت نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که الگوی اسیدهای چرب در دو ژنوتیپ کاملاً متمایز است.

پژوهش‌ها نشان داده است که اثر ژنوتیپ بر ترکیبات فنلی روغن زیتون نیز غالب است، به‌گونه‌ای که سهم ژنوتیپ در تغییرات محتوای فنل کل بین ۷۶ تا ۹۰ درصد برآورد شده است (Yılmaz-Düzyaman *et al.*, 2025؛ Hashempour *et al.*, 2021). در این پژوهش نیز اگرچه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای فنل کل معنی‌دار بود، الگوی پاسخ هر ژنوتیپ به تغییرات محیطی کاملاً متمایز بود، به‌طوری‌که ژنوتیپ Bn6 در منطقه سرپل ذهاب (شرایط گرم‌تر) با افزایش چشمگیر فنل کل (۵۱/۰۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن) پاسخ داد، در حالی که رقم کنسروالیا در هر دو منطقه میزان نسبتاً ثابتی (حدود ۳۰ میلی‌گرم) داشت. این موضوع نشان‌دهنده تفاوت ژنتیکی در سازوکارهای دفاعی و پاسخ به تنش است. به‌نحوی‌که همبستگی مثبت بین فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (شکل ۳) مؤید نقش ترکیبات فنلی در افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی روغن است.

منطقه کشت با توجه به تفاوت‌های اقلیمی (دمای هوا، میزان بارندگی، رطوبت و طول دوره رشد) تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت روغن زیتون دارد. در این پژوهش، منطقه سرپل ذهاب با اقلیم گرم و نیمه‌خشک و منطقه طارم با اقلیم خنک‌تر، دو محیط کاملاً متفاوت را برای مقایسه فراهم کردند (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج این پژوهش نشان داد که اثر محیط بر اسید لینولئیک، اسید آراشیدیک، کلروفیل کل، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۶). این یافته با پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد که نشان داده‌اند با افزایش دما در مناطق گرم‌تر، میزان اسید پالمیتیک افزایش و میزان اسید اولئیک کاهش می‌یابد و عدد پراکسید و اسیدیته روغن افزایش می‌یابد (Hashempour *et al.*, 2011). مطالعه Fahadi Hoveizeh و همکاران (۲۰۲۳) بر روی ارقام ایرانی و خارجی در شرایط اقلیمی منطقه سرپل ذهاب نشان داد که دمای بالا در نیمه دوم تابستان می‌تواند تجمع روغن و ماده خشک را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد. در این پژوهش نیز افزایش اسید پالمیتیک در ژنوتیپ Bn6 در منطقه سرپل ذهاب (۱۸/۴۷ درصد) نسبت به منطقه طارم (۱۵/۳۸ درصد) مؤید این تأثیر است (شکل ۲). همچنین کاهش چشمگیر فنل کل ژنوتیپ Bn6 از منطقه سرپل ذهاب (۵۱/۱ میلی‌گرم) به طارم (۱۵/۹۸ میلی‌گرم) نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه اقلیم بر متابولیسم ثانویه این ژنوتیپ است. همچنین با توجه به شکل ۳، همبستگی منفی بین اسید اولئیک و اسید لینولئیک نشان‌دهنده تأثیر شرایط محیطی بر نسبت این دو اسید چرب است. معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفاتی مانند اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید واکسنیک، اسید لینولئیک، K270، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (جدول‌های ۳ و ۸) نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات اقلیمی است. برای نمونه، در حالی که ژنوتیپ Bn6 در سرپل ذهاب بیشترین میزان فنل کل را تولید کرد (۵۱/۰۹ میلی‌گرم)، همین ژنوتیپ در طارم کمترین میزان را داشت (۱۵/۹۸ میلی‌گرم). در مقابل، رقم کنسروالیا در هر دو منطقه میزان فنل کل ثابتی (حدود ۳۰ میلی‌گرم) را نشان داد. این الگوی متفاوت نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در سازوکارهای سازگاری به

شرایط محیطی است و اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای هر منطقه را برجسته می‌کند (Hashempour *et al*., 2021). Yılmaz-Düzyaman و همکاران (۲۰۲۵) نیز تأکید کرده‌اند اگرچه اثر ژنوتیپ بر ترکیبات فنلی غالب است، اما اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز سهم قابل‌توجهی در تنوع مشاهده‌شده دارد. همچنین Hashempour و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که اثر متقابل سال × رقم/ژنوتیپ بر تمام صفات کیفی روغن به‌جز K270 معنی‌دار است که مؤید تأثیرپذیری متفاوت ژنوتیپ‌ها از تغییرات سالانه و محیطی است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ/رقم نقش غالب در تعیین ترکیب اسیدهای چرب (به‌ویژه اسید اولئیک و لینولئیک) دارد و تغییرات اقلیمی بین دو منطقه نتوانسته است تفاوت‌های ژنتیکی را جبران کند. اقلیم تأثیر بیشتری بر ترکیبات فنلی و شاخص‌های کیفی مانند K270 دارد و شرایط گرم‌تر سرپل ذهاب باعث افزایش فنل کل در ژنوتیپ Bn6 و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رقم کنسروالیا شده است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای بسیاری از صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده لزوم ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای هر منطقه است. رقم کنسروالیا با پایداری ترکیبات فنلی و انطباق با استانداردهای IOC در هر دو منطقه، به‌عنوان گزینه‌ای مطمئن‌تر برای کشت در هر دو اقلیم معرفی می‌شود. در مقابل، ژنوتیپ Bn6 با پاسخ مثبت به تنش گرمایی از نظر افزایش ترکیبات فنلی، ظرفیت ویژه‌ای برای مناطق گرمسیر دارد، هرچند از نظر ترکیب اسیدهای چرب با استانداردهای جهانی مطابقت ندارد ولی می‌تواند برای فراوری بیشتر یعنی تولید کنسرو زیتون مناسب‌تر باشد.

Refrences

- Anwar, M.J., Anwar, M.H., Imran, M., Noman, A.M., Hussain, M., Raza, H., Mohamed, H.M., Mohamed, G.A., Ibrahim, S.R.M., Yehuala, T.F., Alsagaby S.A., Al Abdulmonem, W., Abdelgawad, M.A., Mostafa, E.M., Ghoneim, M.M. and Selim, S., 2025. Olive oil polyphenols: A promising approach for cancer prevention and therapy. Food Science and Nutrition, 18: 13(9): e70976. https://doi.org/10.1002/fsn3.70976. PMID: 40979569; PMCID: PMC12446577
- Azimi, M., Hashempour, A., Hosseini Mazinani, M., Nourizadeh, M., Golmohammadi, M., Zeinanloo, A.A., Abdollahi, A. and Mostafavi, K., 2024. Gilvaneh, the new oil olive cultivar suitable for culture in Tarom region. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 12(2): 165-186. https//rafhc.areeo.ac.ir/article_131018.html?lang=en
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28: 25-30. http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- EEC., 2003. Characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods EEC Regulation. (1989/2003). Official Journal of the European Communities, 298: 57-66. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:295:0057:0077:EN:PDF
- Fahadi Hoveizeh, N., Gholami, R., Zahedi, S.M., Gholami, H. and Carillo, P., 2023. Effects of harvesting time on fruit development process and oil content of selected Iranian and foreign olive cultivars under subtropical conditions. Plants, 12(14): 2737. https://doi.org/10.3390/plants12142737
- Gholami, R. and Zahedi, S.M., 2019a. Genotypic differences of olive in reproductive characteristics and fruit yield response to deficit irrigation. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 18(5): 123-129. https://doi.org/10.24326/asphc.2019.5.12
-Gholami, R. and Zahedi, S.M., 2019b. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. Journal of Plant Nutrition, 42(17): 2057-2069. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1648672
- Gholami, R., Arji, I. and Akbari, F., 2018. Evaluation of some fruit characteristics and yield promising olive genotypes in Kermanshah province in Iran. Seed and Plant Journal, 34(2): 161-175. https://doi.org/10.22092/spij.2018.118833
- Gholami, R., Hashempour, A., Arji, I., Asadi-Sanam, S. and Fatahi Moghadam, J., 2027. Evaluation of yield stability and fruit and oil characteristics of some superior selected olive genotypes in Kermanshah province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, (In press) https://doi.org/10.22034/saps.2026.66290.3352
- Hajiamiri, A., Safari, H., Gardakaneh, M. and Najafi, M., 2013. Study of comparison and adaptation of 15

Iranian and foreign olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Sar-e-Pol-e- Zehab conditions. Journal of Horticultural Science, 27(2): 166-177. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.24816

- Hashempour, A., Azimi, M., Abdollahi, A. and Fatahi Moghadam, J., 2021. Evaluation of qualitative traits and bioactive compounds of some cultivars and promising genotypes in Tarom region in Zanjan province. Journal of Food Science and Technology, 18(120): 99-110. https://doi.org/20.1001.1.20088787.1400.18.120.9.1
- Hashempour, A., Azimi, M. and Asadi-Sanam, S., 2022. Evaluation of oil fatty acid profiles of some promising olive cultivars and genotypes in Tarom region of Zanjan province. Iranian Journal of Horticultural Science, 52(4): 937-949. https://doi.org/10.22059/ijhs.2021.316116.1891
- Hashempour, A., Fotouhi Ghazvini, R. and Bakhshi, D., 2011. Effect of two different climatic conditions of Qom and Roudbar on olive (*Olea europaea* L.) oil quality of three local Iranian cultivars. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 11(4): 295-308. https://sid.ir/paper/80696/en
- Hashempour, A., Fotouhi Ghazvini, R., 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. https://doi.org/10.2478/V10133-010-0053-Z
- Hashempour, A., Fotouhi Ghazvini, R., Bakhshi, D. and Asadi-Sanam, S., 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): 258-263. http://www.cropj.com/bakhshi_4_4_2010_258_263.pdf
- International Olive Council (IOC), 2026. Trade standard applying to olive oils and olive pomace oils. COI/T.15/NC No 3/Rev. 22, January 2026. Madrid, Spain. https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/chemistry-standardisation-unit/standards-and-methods/
- Mınguez-Mosquera, M.I., Rejano, L., Gandul, B., Sanchez A.H. and Garrido, J., 1991. Color-pigment correlation in virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemistry Society, 68: 332-336. https://doi.org/10.1007/BF02657688
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. The American Journal of Ecology and Viticulture, 16: 144-158. https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.14
- Tehrani, S.D., Ahmadi, A.R., Sadeghi, N. and Keshani, M., 2025. The effects of the Mediterranean diet supplemented with olive oils on pro-inflammatory biomarkers and soluble adhesion molecules: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Nutrition and Metabolism (Lond), 22(1): 52. https://doi.org/10.1186/s12986-025-00947-8. PMID: 40420157; PMCID: PMC12105412
- Tura, D., Gigliotti, C., Pedò, S., Failla, O., Bassi, D. and Serraiocco, A., 2007. Influence of cultivar and environmental conditions on olive oil composition. Journal of Food Composition, 20: 300-307. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.036
- Yılmaz-Düzyaman, H., León, L., de la Rosa, R., Sánchez-Ortiz, A., Serrano, A., Luque, F., Sanz, C. and Perez, A.G., 2025. Genotypic effect on olive (*Olea europaea* L.) fruit phenolic profile. Plants, 14(13): 1981. https://doi.org/10.3390/plants14131981
- Zeinanloo, A.A., Arji, I., Taslimpour, M., Ramazani Malakroodi, M. and Azimi, M., 2015. Effect of cultivar and climatic conditions on olive (*Olea europaea* L.) oil fatty acid composition. Iranian Journal of Horticultural Science, 46(2): 233-242. https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.54619
- Zou, X. and Liu, H., 2025. Cardiovascular, metabolic and endocrine, cancer, mortality, derma, and other outcomes of olive oil and oleic acid: An umbrella review. Food Science and Nutrition, 13(10): e71115. https://doi.org/10.1002/fsn3.71115. PMID: 41142012; PMCID: PMC12547079