



Investigation of antioxidant activity and seed oil fatty acid profile in diverse Okra cultivars

Talebi SM^{a*}, Salman A^b, Maleki P^b

^a Ph.D, Department of Biology, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

^b M.Sc, Department of Biology, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

Original Article

Use your device to scan and read the article online



Citation: Talebi SM, Salman A, Maleki P. Investigation of antioxidant activity and seed oil fatty acid profile in diverse Okra cultivars. Journal of Cell and Tissue. 2025; 16(4): 421-434.



<https://10.61186/JCT.15.4.421>

KEYWORDS

okra, fatty acids
oil composition
UPGMA
PCA
antioxidant activity

ABSTRACT

Introduction: Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) is an annual herbaceous plant belonging to the family Malvaceae, valued for its high nutritional and medicinal properties. It is cultivated widely in various tropical and subtropical regions of the world, including many areas of Iran, where it serves as an important vegetable crop in local diets and traditional medicine. **Aim:** This study investigated the fatty acid composition and antioxidant activity of seed oils extracted from seven cultivars of Okra, namely White, Sultani, Red, Velvet, Green, Texas, and Fawn.

Material and methods: Mature and intact seeds from each okra cultivar were powdered, and their oils were extracted using a modified Folch *et al.* method. The fatty acid methyl esters (FAMES) were prepared from the extracted oils through transesterification. The resulting FAMES were analyzed using gas chromatography (GC) and gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) to determine their fatty acid profiles. The antioxidant activity of the extracted oils was evaluated using the DPPH radical scavenging assay. Data were statistically analyzed using SPSS and MVSP software.

Results: The seed oils of all okra cultivars contained both saturated and unsaturated fatty acids, with total proportions varying among the cultivars. The highest total saturated fatty acid content (42.53%) was observed in the White cultivar, while the lowest (36.41%) occurred in the Sultani cultivar. Palmitic acid was the predominant saturated fatty acid in all cultivars, with the highest (35.74%) and lowest (30.70%) levels detected in the White and Texas cultivars, respectively. Stearic acid was the second most abundant saturated fatty acid, ranging from 3.69% (Sultani) to 4.94% (White). Trace saturated fatty acids, including heptadecenoic, arachidic, behenic, and lignoceric acids, were detected in all cultivars, whereas lauric acid was only found in a few cultivars (Velvet, Texas, and White cultivars). Unsaturated fatty acids

* Corresponding author. Tel: 08632627220

E-mail address: m-talebi@araku.ac.ir

DOI: <https://10.61186/JCT.15.4.421>

Received: 20 Oct. 2025; Received in revised form: 9 Nov. 2025; Accepted: 16 Nov. 2025

Original Article

© Author



constituted 57.33–63.33% of the total oil composition, with the lowest proportion in the White cultivar and the highest in the Sultani cultivar. Linoleic acid was the major unsaturated fatty acid in all cultivars except White, where oleic acid predominated. The highest linoleic acid content (11.40%) was recorded in the Red cultivar, and the lowest (8.25%) in White cultivar. In contrast, oleic acid content ranged from 18.20% (Red) to 49.30% (White). Trace amounts of other unsaturated fatty acids, including myristoleic, palmitoleic, trans-heptadecenoic, linolenic, gondoic, and erucic acids, were also detected across all cultivars. Additionally, eicosadienoic acid was present in trace amounts in all cultivars except White cultivar. Phytochemical analyses using the UPGMA dendrogram and Principal Component Analysis (PCA) grouped the cultivars into two main clusters, indicating significant phytochemical diversity. The predominance of oleic acid in the White cultivar, in contrast to linoleic acid in the others, along with the high palmitic acid content in the Velvet and White cultivars, contributed to the distinct placement of the White, Green, and Velvet cultivars from the remaining ones. The antioxidant activity, evaluated using the DPPH radical scavenging assay, revealed IC_{50} values ranging from 689.23 $\mu\text{g/mL}$ (Green cultivar) to 2551.12 $\mu\text{g/mL}$ (Texas cultivar).

Discussion: The variation in fatty acid composition among the seven Okra cultivars reflects significant biochemical diversity. Palmitic acid was the main saturated fatty acid in all cultivars, while oleic and linoleic acids dominated the unsaturated fractions. The White cultivar, with its high oleic acid level, exhibited greater oil stability potential, whereas other cultivars rich in linoleic acid offer higher nutritional value. Differences in fatty acid profiles may be related to cultivar-specific desaturase activity. The antioxidant activity varied notably, with the Green cultivar showing the strongest and the Texas cultivar the weakest radical scavenging capacity, likely due to variations in phenolic and unsaturated compounds. The UPGMA and PCA analyses confirmed chemical diversity and separated White, Green, and Velvet cultivars based on their distinct fatty acid compositions.



بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی و ترکیب اسید چرب روغن بذر ارقام مختلف بامیه

سید مهدی طالبی^{۱*}، اسرا سلمان^۲، پریسا مالکی^۲

^۱دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک، اراک، ایران
^۲کارشناس ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک، اراک، ایران

چکیده	واژگان کلیدی
<p>هدف: بامیه گیاهی یک‌ساله خوراکی و با ارزش تغذیه‌ای و دارویی از خانواده مالوآسه است که در مناطق مختلف جهان، از جمله ایران کشت می‌شود. در این پژوهش، ترکیب اسیدهای چرب روغن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن حاصل از بذر هفت رقم مختلف بامیه خوراکی شامل ارقام سفید، سلطانی، قرمز، مخملی، سبز، تگزاسی و حنایی مورد بررسی قرار گرفت. مواد و روش‌ها: بذرهای سالم و رسیده هر رقم پودر شده و سپس روغن آن‌ها به روش اصلاح شده Folch و همکاران استخراج شدند. سپس، اسید چرب موجود در روغن به متیل استر تبدیل شده و جهت شناسایی یه دستگاه‌های GC و GS/MS تزریق شدند. برای تعیین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی از روش DPPH استفاده شد. داده‌های حاصل با نرم افزارهای MVSP و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج: روغن این ارقام شامل طیفی از اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع است که نسبت آن‌ها در میان ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری دارد. بیشترین درصد مجموع اسیدهای چرب اشباع (۴۲/۵۳ درصد) در رقم بامیه سفید و کم‌ترین آن (۳۶/۴۱ درصد) در رقم سلطانی مشاهده شد. همچنین، بیش‌ترین (۶۳/۳۳ درصد) و کم‌ترین (۵۷/۳۳ درصد) میزان درصد مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به ترتیب در ارقام سلطانی و سفید وجود داشت. اسید پالمیتیک و اسید استئاریک به عنوان اسیدهای چرب اشباع غالب و اسیدهای لینولئیک و اولئیک به عنوان اسیدهای چرب غیراشباع اصلی شناسایی شدند. در رقم بامیه سفید، اسید اولئیک بیشترین سهم را در میان اسیدهای چرب غیراشباع داشت، در حالی که در سایر ارقام، اسید لینولئیک غالب بود. تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) منجر به تفکیک ارقام به دو گروه اصلی شد که نشان‌دهنده تنوع قابل توجه در ساختار شیمیایی روغن بذر بین ارقام است. همچنین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن‌های استخراج‌شده با استفاده از روش مهار رادیکال DPPH شناسایی و تعیین شد. میانگین IC_{50} روغن‌ها ۱۰۵۸/۶۷ میکروگرم در میلی‌لیتر بود که از ۶۸۹/۲۳ میکروگرم در میلی‌لیتر در رقم سبز تا ۲۵۵۱/۱۲ میکروگرم در میلی‌لیتر در رقم تگزاسی متغیر بود. بحث: ساختار روغن دانه بامیه رقم سفید بسیار متمایزتر از سایر ارقام است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در انتخاب ارقام مناسب جهت استخراج روغن برای اهداف تغذیه‌ای و صنعتی موثر واقع شود. همچنین، ساختار ترکیبات اسیدچرب غیر اشباع و ترکیبات فنولی بذر بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن بذر بامیه بسیار تاثیرگذار است.</p>	<p>بامیه اسیدهای چرب ترکیب روغن PCA UPGMA فعالیت آنتی‌اکسیدانتی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵</p>

۱- مقدمه

گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus*. L) (Moench) گونه‌ای یکساله و زراعی از خانواده مالوآسه (Malvaceae) می‌باشد. بامیه، گیاهی مغذی و از نظر اقتصادی دارای اهمیت خاصی بوده و به دلیل کاربردهای متنوع آن در صنایع غذایی و دارویی به خوبی شناخته شده است. علاوه بر میوه، برگ‌های تازه، گل‌ها و دانه‌های بامیه نیز غنی از مواد مغذی مهمی مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، فیبر غذایی، ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده و در ایجاد خواص درمانی این گیاه نقش بسزایی دارند (۱).

مصرف بامیه فواید دارویی زیادی دارد که از جمله آن می‌توان به پیشگیری و کنترل بیماری‌های مزمن مانند دیابت و فشار خون اشاره کرد. این اثرات عمدتاً به دلیل وجود ترکیبات زیست‌فعال نظیر فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها و پلی‌ساکاریدها در قسمت‌های مختلف این گیاه است. علاوه بر این، بامیه و فرآورده‌های جانبی آن در صنایع مختلفی مانند غذایی، نساجی، داروسازی و بسته‌بندی به کار گرفته می‌شوند، به ویژه موسیلاژ موجود در میوه بامیه به عنوان ماده‌ای طبیعی تغلیظ کننده در ساخت بسته‌بندی‌های زیست‌تخریب‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصولات سلامت‌محور متعددی از بامیه تولید می‌شود که از آن جمله می‌توان به مکمل‌های پروتئینی که از برگ این گیاه ساخته می‌شوند و نیز دمنوش‌های گیاهی ایجاد شده از گل‌های این گونه اشاره نمود. با وجود فراوانی کاشت بامیه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، این گیاه تاکنون به طور کامل مورد توجه و بهره‌برداری قرار نگرفته است (۲).

نوع ترکیبات شیمیایی موجود در دانه‌های بامیه بسته به نوع رقم و مرحله بلوغ میوه متفاوت است. این دانه‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد مغذی از جمله پروتئین، چربی، فیبر و مواد معدنی هستند (۳). میزان رطوبت موجود در بامیه اهمیت بالایی دارد و بر خصوصیات میوه تاثیرگذار است (۴). همچنین، میزان پروتئین موجود در دانه بامیه به طور چشمگیری بالا بوده و تا حدود ۲۸ درصد نیز گزارش شده که نقش مهمی در رژیم‌های غذایی گیاه‌پایه ایفا می‌کند. به طور مشابه، دانه‌های بامیه منبعی غنی از روغن‌های گیاهی هستند که حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد وزن دانه را تشکیل می‌دهند. این روغن‌ها از اسیدهای چرب مختلفی مانند اسید لینولئیک (۴۹/۵۴ درصد)، اسید اولئیک (۱۶/۸۱ درصد)، اسید لینولنیک (۱/۴۸ درصد)، اسید استئاریک (۳/۵۷ درصد) و اسید پالمیتیک (۲۸/۶۰ درصد) تشکیل شده اند (۵). افزون بر این، دانه‌های بامیه دارای مقادیر مطلوبی از فیبر خام در محدوده ۱/۹۴ تا ۵/۹۶ گرم در هر ۱۰۰ گرم هستند که مصرف آن‌ها برای انسان بسیار مفید است. این دانه‌ها منبعی غنی از مواد معدنی مختلف نظیر فسفر (۱۴۵۰ میلی‌گرم)، کلسیم (۷۸/۶۵ میلی‌گرم)، منیزیم (۳۳۵ میلی‌گرم)، پتاسیم (۱۰۹/۷۶ میلی‌گرم) و سدیم (۵۴/۷۸ میلی‌گرم) به شمار می‌روند، که آن‌ها را به منبعی ارزشمند از ریزمغذی‌های ضروری برای تغذیه انسان تبدیل کرده است (۶).

روغن‌های استخراج شده از دانه‌های گیاهان دارای کاربردهای بالقوه وسیعی در صنایع مختلف هستند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که این روغن‌ها منبعی قابل اعتماد و تجدیدپذیر از اسیدهای چرب سالم و ترکیبات زیست‌فعال به شمار می‌روند. روغن‌های دانه‌ها از نظر ترکیبات اسیدهای چرب، توکوفرول‌ها، فسفولیپیدها، اسفنگولیپیدها و استرول‌ها تنوع بالایی دارند که نسبت و مقدار این ترکیبات بسته به نوع گونه گیاهی متفاوت هستند. برای مثال، اسیدهای چرب ضروری مانند امگا-۳ و امگا-۶ از روغن‌های دانه‌های گیاهان استخراج می‌شوند. تحقیقات گسترده‌ای نیز در خصوص کاربردهای بالقوه آن‌ها به عنوان جایگزینی برای محصولات نفتی در صنایع مختلف در حال انجام است (۷). هدف این پژوهش، بررسی ترکیب اسیدهای چرب بذر و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن ارقام مختلف بامیه در ایران می‌باشد. در این مطالعه، نوع و درصد اسیدهای چرب بذر این ارقام شناسایی شده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن آن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین، قرابت ارقام مختلف بر اساس ساختار ترکیب اسیدهای چرب دانه تحلیل می‌شود و همچنین پروفایل اسید چرب این ارقام با رقم بامیه سبز که به طور سنتی در ایران مصرف

می‌شود نیز مقایسه خواهد شد. نتایج این تحقیق، ترکیب اسید چرب روغن بذر تعدادی از ارقام بامیه را برای نخستین بار در جهان گزارش می‌کند.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه، روغن بذر هفت رقم بامیه به اسامی، سبز، سلطانی، قرمز، حنایی، سفید، تگزاسی و مخملی و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی آن‌ها مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. بذره‌های رسیده، سالم و دست‌نخورده ارقام مورد مطالعه بامیه پس از استخراج از میوه‌ها در دمای ثابت ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای استخراج روغن، از روش اصلاح‌شده‌ی Folch و همکاران (۸) استفاده شد. به این منظور، ۰/۵ از بذره‌های خشک و پودر شده هر رقم را در لوله‌های شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۷ میلی‌لیتر از مخلوط کلروفرم-متانول (نسبت حجمی ۱:۲) به آن افزوده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در حمام آب با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و با سرعت چرخش ۱۲۰ دور در دقیقه انکوبه شدند.

پس از آن، ۲/۵ میلی‌لیتر کلروفرم به مخلوط افزوده و به خوبی ورتکس شد. سپس ۴/۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. در ادامه، لایه‌ی کلروفرمی (پایینی) که حاوی لیپیدها بود، با دقت جمع‌آوری و به لوله‌های شیشه‌ای جدید منتقل شد. کل فرآیند استخراج دو بار دیگر تکرار شد تا بیشینه‌ی روغن ممکن استخراج شد. در پایان، فاز کلروفرمی جمع‌آوری شده تغلیظ و خشک شد و روغن‌های به‌دست‌آمده تا زمان استفاده، در دمای یخچال نگهداری شدند.

آماده‌سازی متیل‌استر اسیدهای چرب: فرآیند متیلاسیون اسیدهای چرب با استفاده از روش Dyer و Bligh (۹) با اندکی اصلاح انجام شد. بدین منظور، روغن‌های استخراج‌شده در ۵ میلی‌لیتر محلول متانول-اسید سولفوریک حل شده و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شدند. سپس مخلوط حاصل به مدت ۱ ساعت در حمام آب با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از پایان واکنش، ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر هگزان به مخلوط افزوده شد و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس لایه‌ی فوقانی (هگزانی) که حاوی متیل‌استرهای اسیدهای چرب بود، به لوله‌های جدید منتقل و با جریان نیتروژن تغلیظ شد. نمونه‌های تغلیظ‌شده تا زمان آنالیز، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. همچنین، برای محاسبه و صحت‌سنجی مقادیر اسیدهای چرب، از ۲۰ میکرولیتر اسید نونادکانوئیک (C19:0) به‌عنوان استاندارد داخلی استفاده شد.

تعیین پروفایل اسیدهای چرب روغن بذر: برای شناسایی ترکیب اسیدهای چرب روغن بذر در ارقام مختلف بامیه، از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی 6890N شرکت (آجیلنت-آمریکا) و کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی مدل HP6890GC/5973MS، شرکت (آجیلنت-آمریکا) استفاده شد. در آنالیز GC، از ستون موبینه HP-5 با ابعاد ۳۰ متر × ۰/۳۲ میلی‌متر × ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد و گاز حامل هلیوم با سرعت ثابت ۱/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌کار گرفته شد. دمای کوره ابتدا روی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و با نرخ افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بالا رفته و به مدت ۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. از هر نمونه روغن، ۱ میکرولیتر در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱:۵۰ تزریق شد. در آنالیز GC-MS، از ستون موبینه HP-5MS با ابعاد ۳۰ متر × ۰/۳۲ میلی‌متر × ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. گاز حامل هلیوم با سرعت ثابت ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌کار گرفته شد. دمای کوره از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد آغاز شده، با نرخ افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به مدت ۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. از هر نمونه روغن، ۰/۵ میکرولیتر در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱:۳۰ به دستگاه تزریق شد. انرژی یونیزاسیون الکترونی در این آزمون ۷۰ الکترون ولت تنظیم شد. طیف‌های جرمی برای هر دو آنالیز GC و GC-MS ثبت شدند. شناسایی اسیدهای چرب با استفاده از

کتابخانه طیف جرمی وایلی صورت گرفت. درصد نسبی اسیدهای چرب نیز با استفاده از روش نرمال سازی سطح پیک‌های GC محاسبه شد.

ارزیابی ظرفیت آنتی اکسیدانتی ارقام بامیه: ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانتی با استفاده از روش طیف‌سنجی انجام گرفت. همچنین، متانول به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت و درصد ظرفیت آنتی اکسیدانتی به صورت مهار رادیکال (DPPH) انجام شد. بر اساس گزارش Jumina و همکاران (۱۰)، ظرفیت آنتی اکسیدانتی بر اساس مقدار IC_{50} در چهار دسته طبقه‌بندی می‌شود: خیلی قوی: IC_{50} کمتر از ۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر، قوی: IC_{50} بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر، متوسط: IC_{50} بین ۱۰ تا ۱۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر، ضعیف: IC_{50} بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر.

۳- آنالیز آماری

داده‌های کمی حاصل استاندارد شده و برای انجام تحلیل خوشه‌بندی ارقام بامیه بر اساس ترکیب اسیدهای چرب روغن بذر استفاده شدند. برای بررسی میزان قرابت ارقام از روش درخت UPGMA (گروه‌بندی زوجی بدون وزن با میانگین حسابی) و آنالیز PCA (تحلیل مولفه‌های اصلی) بهره گرفته شد. در این راستا، روش آماری درخت گروه بندی (UPGMA Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) یک الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی است که برای دسته‌بندی ارقام بر اساس شباهت یا فاصله بین آن‌ها استفاده می‌شود. این روش به صورت گام‌به‌گام نزدیک‌ترین جفت نمونه‌ها را بر اساس معیار فاصله (مثلاً فاصله Euclidean) شناسایی و آن‌ها را در یک خوشه قرار می‌دهد، سپس خوشه‌ها به ترتیب با هم ادغام شده و درختی تولید می‌شود که ساختار گروه‌بندی و ارتباط بین ارقام را نشان می‌دهد. در آنالیز UPGMA فرض بر این است که نرخ تغییرات در همه شاخه‌ها برابر است و این موضوع در برخی مطالعات فیتوشیمیایی کاربرد دارد.

تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی یا PCA (Principal Component Analysis) یک روش آماری چندمتغیره است که برای کاهش ابعاد داده‌های پیچیده و شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها به کار می‌رود. در این روش، داده‌های چندمتغیره به مجموعه‌ای از مولفه‌های اصلی خطی تبدیل می‌شوند که هر مولفه بیشترین واریانس ممکن را در داده‌ها نمایان می‌کند. مولفه‌های اصلی به گونه‌ای مرتب می‌شوند که مولفه اول بیشترین واریانس را دارد و هر مولفه بعدی واریانس کم‌تری را نسبت به قبلی توضیح می‌دهد. استفاده از این آنالیز کمک می‌کند تا پیچیدگی داده کاهش یافته و گروه‌بندی‌ها یا خوشه‌های ارقام با وضوح بیشتری در فضای دو یا سه‌بعدی قابل مشاهده باشند. برای انجام این آنالیزها از نرم افزار MVSP استفاده شد. همچنین، نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۵ (شرکت IBM، آمریکا) جهت تعیین همبستگی‌های معنی‌دار بین ترکیب اسیدهای چرب روغن بذر و فعالیت‌های آنتی اکسیدانتی آن‌ها به کار رفت.

۳- نتایج

روغن‌های استخراج شده ارقام مورد مطالعه از اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع تشکیل شده بود که درصد مجموع اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع آن‌ها در میان ارقام مورد مطالعه تفاوت داشت. بیشترین میزان درصد مجموع اسید چرب اشباع (۴۲/۵۳ درصد) در رقم بامیه سفید و کم‌ترین آن در رقم بامیه سلطانی (۳۶/۴۱ درصد) مشاهده شد. اسید پالمیتیک به عنوان اسید چرب اشباع غالب در بین ارقام مورد بررسی شناسایی شد که بیشترین (۳۵/۷۴ درصد) و کم‌ترین (۳۰/۷ درصد) میزان درصد آن به ترتیب در ارقام بامیه سفید و تگزاسی مشاهده شد. اسید استئاریک به عنوان دومین اسید چرب اشباع غالب در بین ارقام مورد بررسی وجود داشت که کم‌ترین میزان درصد آن (۳/۶۹ درصد) در رقم بامیه سلطانی و بیشترین آن در رقم بامیه سفید (۴/۹۴ درصد) وجود داشت. همچنین، تعداد اسید چرب اشباع به مقدار جزئی در ارقام یافت شدند که در این میان اسید هپتادکانوئیک،

اسید آراشیدیک، اسید بهنیک و اسید لیگنوسریک در همه ارقام یافت شدند ولی اسید لائوریک فقط در ارقام مخملی، تگزاسی و سفید وجود داشت (جدول ۱).

اسیدهای چرب غیر اشباع میزان ۵۷/۳۳ تا ۶۳/۳۳ درصد ترکیب روغن بامیه را در ارقام مورد مطالعه تشکیل دادند که کمترین و بیشترین میزان آن به ترتیب در ارقام بامیه سفید و بامیه سلطانی وجود داشت. در همه ارقام مورد مطالعه، اسید لینولئیک به عنوان اسید چرب اصلی روغن بود به استثناء رقم بامیه سفید که در آن اسید اولئیک به عنوان اسید چرب غیر اشباع اصلی بود. بیشترین میزان درصد اسید لینولئیک (۴۰/۱۱) در رقم بامیه قرمز و کمترین میزان درصد آن (۲۵/۸) در رقم بامیه سفید وجود داشت. بیشترین (۳۰/۴۹ درصد) و کمترین (۲۰/۱۸ درصد) میزان درصد اسید اولئیک به ترتیب در ارقام بامیه سفید و قرمز وجود داشت. همچنین تعداد زیادی اسید چرب غیر اشباع در درصدهای جزئی وجود داشتند. در این میان، اسید میریستولئیک، اسید پالمیتولئیک، اسید ترانس هیتادکانوئیک، اسید لینولئیک، اسید گوندولیک و اسید اروسیک در همه ارقام مشاهده شدند و اسید اکوسادینوئیک در همه ارقام به استثناء رقم بامیه سفید وجود داشت (شکل ۱). هیچ ارتباط معنی داری بین میزان درصد اسیدهای چرب با ظرفیت آنتی اکسیدانتی روغن بذر وجود نداشت.

ارقام بامیه در درخت UPGMA حاصل از داده‌های فیتوشیمی به دو دسته اصلی تقسیم شدند. در یک دسته ارقام بامیه سبز و مخملی در کنار یکدیگر قرار گرفتند و رقم بامیه سفید با کمی فاصله به آن‌ها ملحق شد. در دسته دیگر دو گروه وجود داشت. در یک گروه ارقام بامیه قرمز و سلطانی قرار گرفتند و در گروه دیگر ارقام بامیه‌های تگزاسی و حنایی مشاهده شدند (شکل ۲). نمودار PCA حاصل از داده‌های فیتوشیمیایی، نتایج گروه‌بندی ارقام در درخت UPGMA را تایید کرد. در این راستا، محور ۱ نمودار ارقام بامیه سفید، مخملی و سبز را از بقیه جدا نموده و دو دسته متمایز ایجاد کرد. سپس محور ۲ نمودار هر یک از این دسته‌ها را به دو گروه تقسیم نمود (شکل ۳).

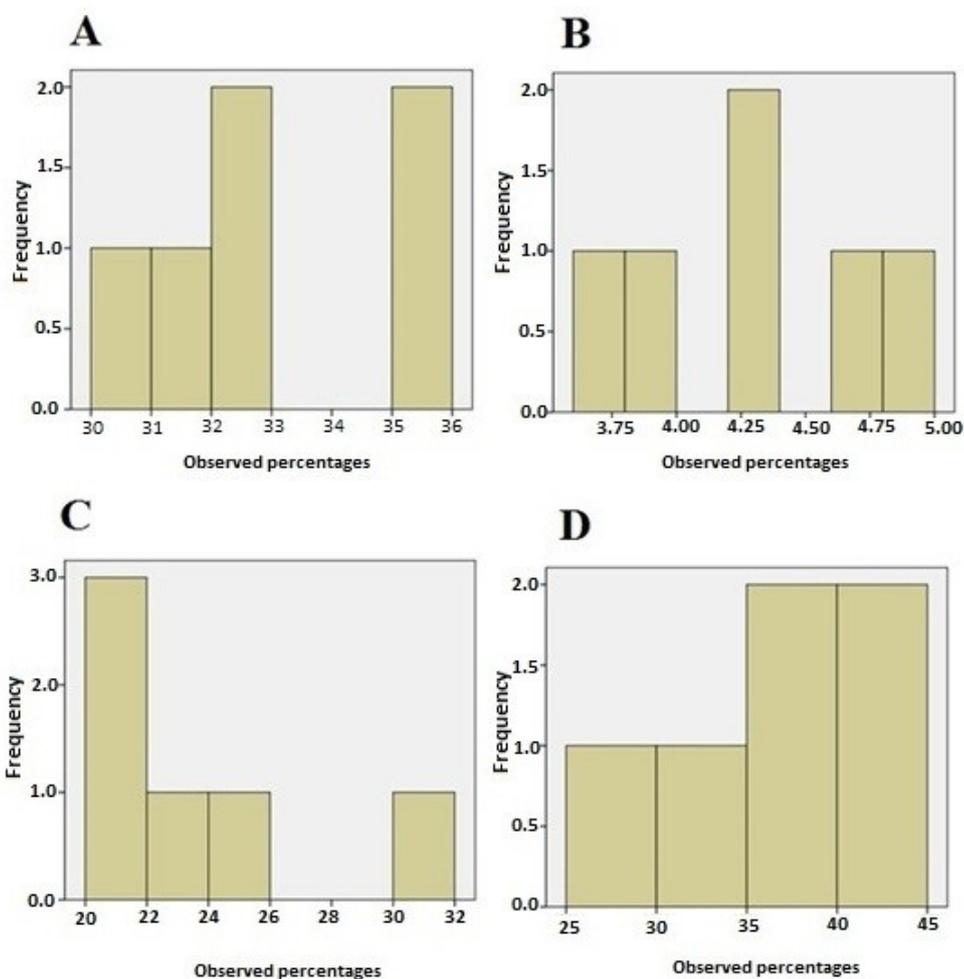
ظرفیت آنتی اکسیدانتی روغن‌های استخراج شده با استفاده از روش مهار رادیکال DPPH شناسایی و تعیین شد و به صورت IC₅₀ و در واحد میکروگرم در میلی‌لیتر ارائه شد (جدول ۲). میانگین IC₅₀ در بین ارقام ۱۰۵۸/۶۷ میکروگرم در میلی‌لیتر بود که از ۶۸۹/۲۳ میکروگرم در میلی‌لیتر برای بامیه رقم سبز تا ۲۵۵۱/۱۲ میکروگرم در میلی‌لیتر برای بامیه رقم تگزاسی متفاوت بود.

جدول ۱: نام و درصد اسیدهای چرب اشباع در ارقام بامیه (تمامی مقادیر در واحد درصد بیان شده است)

نام اسید چرب	فرمول	سبز	سلطانی	مخملی	تگزاسی	سفید	حنایی	قرمز
اسید لائوریک	c12:0	--	--	0.03	0.04	0.12	--	--
اسید میریستیک	c14:0	0.28	0.31	0.34	0.26	0.42	0.26	0.32
اسید پالمیتیک	c16:0	30.98	31.31	35.52	30.7	35.74	32.83	32.35
اسید هیتادکانوئیک	c17:0	0.12	0.15	0.13	0.16	0.17	0.18	0.14
اسید استئاریک	c18:0	4.63	3.69	4.27	4.64	4.94	4.34	3.84
اسید آراشیدیک	c20:0	0.59	0.5	0.53	0.55	0.63	0.53	0.49
اسید بهنیک	c22:0	0.33	0.3	0.3	0.3	0.34	0.31	0.31
اسید لیگنوسریک	c24:0	0.17	0.15	0.14	0.13	0.17	0.14	0.14
مجموع		37.1	36.41	41.26	36.78	42.53	38.59	37.59

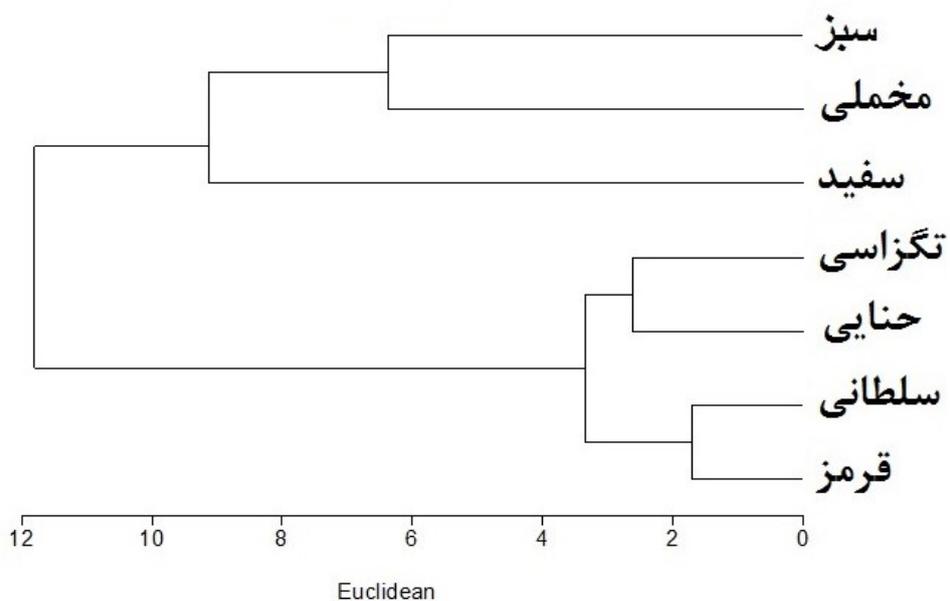
جدول ۲: نام و درصد اسید های چرب غیر اشباع در ارقام بامیه و ظرفیت آنتی اکسیدانتی روغن بذر ها (تمامی مقادیر در واحد درصد بیان شده است)

نام اسید چرب	فرمول	سبز	سلطانی	مخملی	تگزاسی	سفید	حنایی	قرمز
اسید میریستولئیک	c14:1	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
اسید پالمیتولئیک	c16:1	0.40	0.45	0.47	0.39	0.57	0.45	0.42
اسید ترانس هپتادکانوئیک	c17:1	0.29	0.35	0.29	0.37	0.31	0.3	0.32
اسید اولئیک	c18:1	28.95	21.51	24.5	23.31	30.49	21.84	20.18
اسید لینولئیک	c18:2	32.94	40.88	33.16	38.81	25.8	38.47	41.11
اسید لینولنیک	c18:3	0.14	0.2	0.15	0.18	0.12	0.17	0.19
اسید گوندولیک	c20:1	0.5	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05
اسید اکوسادینوئیک	c20:2	0.01	0.01	0.01	0.01	--	0.01	0.01
اسید اروسیک	c22:1	0.4	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
مجموع		63.65	63.33	58.55	63.01	57.33	61.19	62.17
ظرفیت آنتی اکسیدانتی (میکروگرم در میلی لیتر)		689/23	868/13	975/35	2551/12	704/35	811/65	810/89

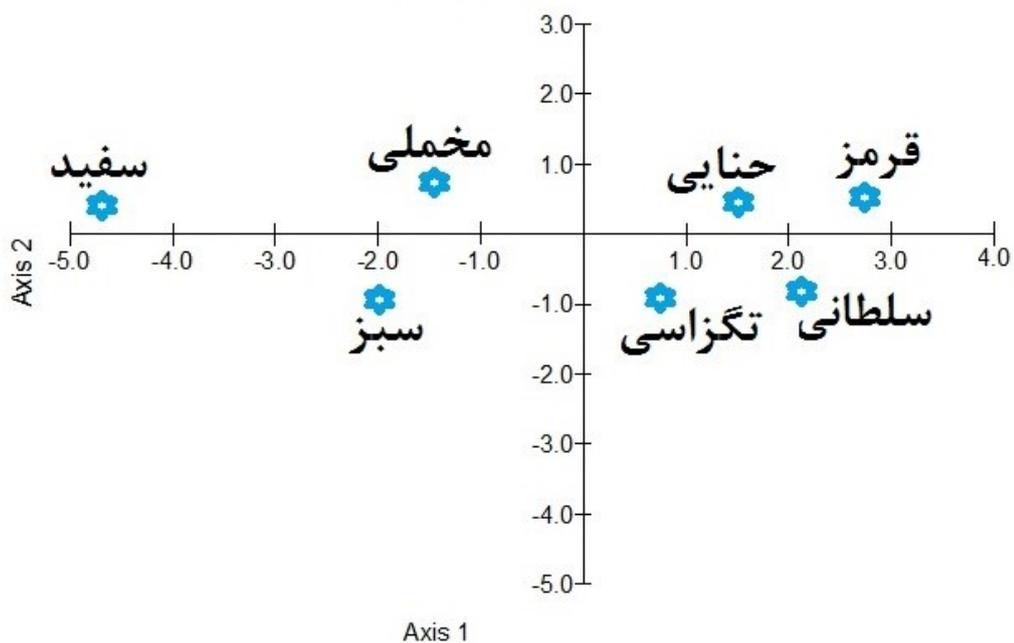


شکل ۱: میزان درصد اسیدهای چربی اصلی و فرکانس حضور آن‌ها در ارقام مختلف بامیه. اختصارات:

اسید پالمیتیک (A)، اسید استئاریک (B)، اسید اولئیک (C)، اسید لینولئیک (D)



شکل ۲: درخت UPGMA ارقام مختلف بامیه بر اساس ساختار اسید چرب روغن بذر



شکل ۳: نمودار PCA ارقام مورد مطالعه بامیه بر اساس ترکیب اسید چرب روغن بذر

۴- بحث

نتایج نشان داد که حدود ۶۰ درصد از روغن‌های بذر ارقام مورد مطالعه از اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل شده است. نتایج مشابهی توسط Anwar و همکاران (۱۱) و Guo و همکاران (۱۲) به ترتیب برای جمعیت‌های بامیه در کشورهای پاکستان و چین گزارش شده است. با این حال، در مطالعه‌ی حاضر بیش از ۶ درصد تغییر در مقادیر مجموع اسیدهای چرب غیراشباع بین ارقام مورد مطالعه مشاهده شد. چنین تفاوت‌هایی در مطالعات قبلی روی جمعیت‌های مختلف بامیه سبز نیز ثبت شده است. بر اساس مطالعات پیشین (۱۲) نحوه استخراج روغن بذر بر ترکیب و درصد اسید چرب آن تاثیر می‌گذارد. با توجه به این که همه روغن‌های ارقام مورد مطالعه به یک روش استخراج شده بودند بنابراین تغییرات مشاهده شده نمی‌تواند ناشی از روش استخراج روغن باشد.

میزان اسید لینولئیک، به‌عنوان اسید چرب غالب، در حدود ۶۲ درصد در بین ارقام مورد مطالعه تفاوت داشت و بیشترین آن در رقم بامیه قرمز و کم‌ترین در بامیه رقم سفید مشاهده شد. با توجه به ارزش دارویی و تغذیه‌ای این اسید چرب غیراشباع، ارقامی که درصد بالایی از آن را در ترکیب روغن خود دارند ارزشمندتر از سایرین می‌باشند. در سال‌های اخیر، پژوهشگران تحقیقات گسترده‌ای روی اسید آلفا-لینولئیک (ALA) انجام داده و توانایی‌های متعددی برای این اسید چرب گزارش نمودند که از بین آن‌ها می‌توان به تنظیم چربی‌های خون، کمک به کاهش وزن، کاهش فشار خون، پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی و مغزی-عروقی و مهار سرطان اشاره نمود. همچنین این اسید می‌تواند با عملکرد آنتی‌اکسیداتی خود باعث کاهش التهاب شده و دارای اثرات ضد پیری است (۱۳). با وجود این که اسید آلفا-لینولئیک دارای اثرات درمانی قابل توجهی می‌باشد ولی مکانیسم عمل آن هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است. به دلیل این که مکانیسم اثر اسید آلفا-لینولئیک به میزان فراهمی زیستی آن وابسته است. تحقیقات نشان داده‌اند که این اسید چرب غیر اشباع به‌عنوان پیش‌ساز، از طریق فرایند‌های متابولیسمی به اسیدهای چرب ایکوزاپنتینوئیک و دیکوزاهگزانوئیک تبدیل می‌شود. با این حال، راندمان تبدیل اسید آلفا-لینولئیک به اسیدهای چرب مذکور نسبتاً پایین است (۱۴).

Talebi و همکاران (۱) ساختار اسید چرب بذر جمعیت‌ها مختلف بامیه سبز را در کشور ایران بررسی کرده و اسید لینولئیک را به‌عنوان اسید چرب غالب معرفی کردند که میزان آن حدود ۹ درصد در بین جمعیت‌ها متغیر بود. همچنین نتایج مشابهی نیز در سایر مطالعات پیشین وجود داشت (۱۱ و ۱۲).

اسید پالمیتیک به‌عنوان اسید چرب اشباع غالب در بین ارقام مورد مطالعه وجود داشت که بیشترین آن در بامیه رقم سفید و کم‌ترین آن در بامیه رقم سبز دیده شد که تغییری در حدود ۵/۵ درصد را در بین ارقام نشان داد. اسید پالمیتیک، یکی از فراوان‌ترین اسیدهای چرب اشباع در رژیم‌های غذایی اروپایی می‌باشد که با پیامدهای نامطلوبی برای سلامت همراه بوده است. مطالعات، ارتباط این اسید چرب را با اختلال در عملکرد سیستم قلبی-عروقی نشان داده‌اند و همچنین آن را در آسیب به سلول‌های مغزی و بروز بیماری‌های زوال عقل و اعصاب نظیر بیماری‌های آلزایمر و پارکینسون موثر دانسته‌اند. علاوه بر این، اسید پالمیتیک در ایجاد سرطان پروستات و نیز در گسترش متاستاتیک کارسینوم‌های دهانی و ملانوما در مدل‌های حیوانی آزمایشگاهی نقش دارد. از این‌رو، اسید پالمیتیک به‌عنوان یک عامل مهم در حوزه سلامت عمومی مطرح است. با این حال، با وجود شیوع گسترده مصرف آن، داده‌های کافی در خصوص میزان دریافت غذایی این اسید چرب در دست نیست و حدود بالای قابل قبول مصرف آن هنوز به‌طور رسمی تعیین نشده است (۱۵).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که رژیم‌های غذایی غنی از اسید اولئیک موجب کاهش قابل توجه خطر ابتلا به بیماری‌های عروق کرونر قلب، اختلالات متابولیک قلبی، چاقی، دیابت نوع ۲ و پرفشاری خون می‌شود. علاوه بر این، داده‌های حاصل از

مطالعات صورت پذیرفته در جمعیت‌های مدیترانه‌ای حاکی از آن است که مصرف اسیدهای چرب تک‌غیراشباع، به‌ویژه اسید اولئیک، نقش محافظتی در پیشگیری از سکتة مغزی و کاهش خطر ابتلا به بیماری آلزایمر ایفا می‌کند. همچنین، حساسیت به انسولین در رژیم‌های غذایی کم اسید اولئیک یا سرشار از اسیدهای چرب ترانس تک‌غیراشباع و غنی از اسید پالمیتیک به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این شواهد نشان‌دهنده اهمیت اسید اولئیک در حفظ سلامت متابولیک و پیشگیری از بیماری‌های مزمن مرتبط با سبک زندگی است (۱۶ و ۱۷).

Anwar و همکاران (۱۱) پیشنهاد کردند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی هر روغن خوراکی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مهم برای بررسی کیفیت آن روغن در نظر گرفته شود. بنابراین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن‌های استخراج شده از بذر ارقام بامیه با استفاده از روش DPPH ارزیابی شد و غلظت مهارکنندگی آن‌ها (IC_{50}) تعیین شد. مقدار IC_{50} غلظتی از روغن دانه را بررسی می‌کند که می‌تواند میزان رادیکال‌های آزاد را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. در این راستا، مقدار IC_{50} پایین‌تر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی بالاتری از روغن را نشان می‌دهد (۱۲). بر اساس روش Jumina و همکاران (۱۰) سطح فعالیت آنتی‌اکسیدانتی روغن ارقام مورد مطالعه بسیار ضعیف و حتی ناچیز بود با این وجود این ظرفیت در بامیه رقم سبز بهتر از سایر ارقام می‌باشد. در همین حال، Adelakun و همکاران (۱۸) ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی خوبی را برای پودر دانه بامیه گزارش کردند. به‌نظر می‌رسد دو عامل اصلی نقش مهمی در تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی عصاره دانه بامیه دارند: (الف) ترکیبات فیتوشیمیایی دانه (به‌جز اسیدهای چرب) مانند فلاونوئیدها، فنول‌ها، ساپونین‌ها و تریپنئیدها که ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی را نشان می‌دهند و (ب) ساختار ژنتیکی گیاه. به‌نظر می‌رسد ساختار ژنتیکی گیاه که تعیین‌کننده مقدار و نوع متابولیت‌های ثانویه مختلف در روغن بذر می‌باشد عامل اصلی تعیین‌کننده ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن بذر است.

نتایج حاصل نشان داد که بین درصد اسیدهای چرب و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن بذر ارقام بامیه رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد، که این موضوع بیانگر آن است که ترکیب اسیدهای چرب تاثیر مستقیمی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن ندارد. یافته مشابهی نیز در پژوهش Zhang و همکاران (۱۹) در مورد روغن بذر کتان گزارش شده است، که در آن نقش ترکیبات فنولی در فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بسیار موثرتر از اسیدهای چرب می‌باشد.

تعدادی اسید چرب اشباع و غیراشباع در مقادیر اندک وجود داشت. وجود این اسیدهای چرب در مقادیر جزئی می‌تواند نقش مهمی در ویژگی‌های تغذیه‌ای، پایداری اکسیداتیو و خصوصیات فیزیکیوشیمیایی روغن ایفا کند. برای مثال اسیدهای لینولنیک و گوندولیک از جمله ترکیبات موثر در بهبود ارزش تغذیه‌ای روغن هستند (۲۰). همچنین حضور اسید اروسیک، هرچند در مقادیر کم، می‌تواند بر خواص عملکردی و پایداری حرارتی روغن تاثیرگذار باشد (۲۱).

در آنالیزهای کلاسترینگ انجام شده ارقام بامیه سفید، مخملی و سبز از بقیه ارقام مورد مطالعه جدا شدند مخصوصاً رقم بامیه سفید جدا از بقیه ارقام قرار گرفت. شاید مهم‌ترین دلیل آن تفاوت در نوع اسید چرب غالب غیر اشباع باشد. در حالی که در همه ارقام اسید لینولئیک ترکیب اصلی در بین اسیدهای چرب غیراشباع بود در رقم سفید، اسید اولئیک به‌عنوان اسید چرب غیراشباع غالب تعیین شد. همچنین در ارقام مخملی و سفید اسید پالمیتیک به‌عنوان اسید چرب غالب بود که در این مورد متفاوت از بقیه ارقام بودند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد برخی از ارقام بامیه از نظر ترکیب اسیدهای چرب و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی، برتری قابل توجهی نسبت به سایر ارقام دارند و می‌توانند به‌عنوان ارقام مناسب برای استفاده در صنایع دارویی و غذایی مورد استفاده قرار گیرند. در این راستا، رقم بامیه قرمز با دارا بودن بالاترین درصد اسید لینولئیک، به‌عنوان اسید چرب غیراشباع ضروری با ارزش تغذیه‌ای و دارویی بالا، گزینه‌ای مطلوب برای صنایع غذایی محسوب می‌شود. این اسید چرب نقش مهمی در

تنظیم کلسترول خون، بهبود سلامت قلب و پیشگیری از بیماری‌های متابولیکی دارد. همچنین، رقم بامیه سبز به دلیل داشتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی بالاتر نسبت به سایر ارقام، می‌تواند در صنایع دارویی و مکمل‌های تغذیه‌ای به‌عنوان منبعی طبیعی از ترکیبات زیست‌فعال و آنتی‌اکسیدانت‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در مقابل، رقم بامیه سفید که دارای میزان بالاتری از اسید اولئیک است، از دیدگاه تغذیه‌ای نیز اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا اسید اولئیک در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و بهبود حساسیت به انسولین نقش موثری ایفا می‌کند. با این حال، میزان نسبتاً بالای اسید پالمیتیک در برخی ارقام مانند سفید و مخملی می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت داشته باشد و در نتیجه، این ارقام کم‌تر برای کاربردهای گسترده در صنایع غذایی توصیه می‌شوند. در مجموع، می‌توان بیان داشت ارقام قرمز و سبز بامیه به دلیل دارا بودن درصد بالاتری از اسیدهای چرب غیراشباع مفید، به‌ویژه لینولئیک و آلفا-لینولئیک، و نیز برخورداری از فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بیشتر، به‌عنوان ارقام برتر برای صنایع دارویی و غذایی پیشنهاد می‌شوند.

برای پژوهش‌های آینده، پیشنهاد می‌شود بررسی‌های گسترده‌تری به‌منظور درک بهتر عوامل موثر بر ترکیب اسیدهای چرب و ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی روغن بذر ارقام مختلف بامیه انجام گیرد. در این راستا، مطالعه‌ی تاثیر شرایط اقلیمی، نوع خاک و روش‌های مختلف استخراج روغن بر میزان و کیفیت اسیدهای چرب می‌تواند اطلاعات ارزشمندی فراهم کند. همچنین، انجام تحلیل‌های مولکولی و ژنتیکی برای شناسایی ژن‌های موثر در سنتز اسیدهای چرب غیراشباع، به‌ویژه اسیدهای لینولئیک و آلفا-لینولئیک، می‌تواند به اصلاح و تولید ارقام جدید با ارزش تغذیه‌ای بالاتر کمک نماید. از سوی دیگر، شناسایی و ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی غیراز اسیدهای چرب مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها و ساپونین‌ها در روغن و عصاره بذر بامیه و بررسی نقش آن‌ها در ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی ضروری به‌نظر می‌رسد. در نهایت، بررسی ارتباط بین ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیب شیمیایی بذر با هدف شناسایی شاخص‌های فنوتیپی موثر بر کیفیت روغن می‌تواند در برنامه‌های اصلاح نباتی آتی مورد استفاده قرار گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که روغن استخراج شده از بذر ارقام مختلف بامیه دارای تنوع قابل توجهی در ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع است، به‌طوری‌که رقم سفید بیشترین درصد اسیدهای چرب اشباع و رقم سلطانی کمترین آن را دارند. اسید پالمیتیک و استئاریک به‌عنوان اسیدهای چرب اشباع غالب، و اسید لینولئیک و اولئیک به‌عنوان اسیدهای چرب غیر اشباع اصلی در ترکیب روغن ارقام مختلف مشخص شدند که تفاوت‌های قابل توجهی در مقادیر نسبی این اسیدها بین ارقام مورد مطالعه وجود داشت. تحلیل خوشه‌ای UPGMA و آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) ساختار گروه‌بندی مشخصی را بر اساس پروفایل اسید چرب بذر ارقام ارائه کردند که معرف تمایز فیتوشیمیایی و تنوع ژنتیکی ارقام مورد مطالعه بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانتی اندازه‌گیری شده به‌روش مهار رادیکال DPPH نیز تفاوت قابل توجهی بین ارقام داشت، به‌طوری‌که رقم بامیه سبز با کم‌ترین مقدار IC₅₀ بیشترین ظرفیت مهار رادیکال آزاد را نشان داد. این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل ارقام مختلف بامیه در تولید روغنی با ویژگی‌های متفاوت اسید چرب است که می‌تواند در انتخاب ارقام هدفمند برای کاربردهای تغذیه‌ای، دارویی و صنعتی نقش موثری ایفا کند.

۶- منابع

1. Talebi SM, Salman A, Najibzadeh M, Ghorbanpour M. Unraveling the genetic diversity, seed oil fatty acid constituents and antioxidant activity of different okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) populations. *J The Sci Food Agric*. 2025 (<https://doi.org/10.1002/jsfa.14334>)

2. Gaur SS, Raveendran A, Athulya A, et al. Exploring the nutritional, pharmacological, and industrial potential of okra and its byproducts: a comprehensive review. *Discov Food*.2025; 5:251. (<https://doi.org/10.1007/s44187-025-00492-6>).
3. Omoniyi SA, Idowu MA, Adeola AA. Potential domestic and industrial utilizations of okra seed: a review. *Annals FS&T*. 2018; 19(4):722–730.
4. Badgajar CM, Dhingra HS, Manes GS., et al. Engineering properties of okra (*Abelmoschus esculentus*) seed. *Agric Res J*. 2018; 55(4):722–728. (<https://doi.org/10.5958/2395-146X.2018.00131.X>)
5. Açıkgöz Ç, Akpınar Borazan A, Andoğlu EM, et al. Chemical composition of Turkish okra seeds (*Hibiscus esculenta* L.) and the total phenolic content of okra seeds flour. *AUJST A*. 2016; 17(5), 766–774. <https://doi.org/10.18038/aubtda.279845>
6. Habtamu FG, Haki GD, Fekadu B, et al. Nutritional and antinutritional evaluation of indigenous Ethiopian okra (*Abelmoschus esculentus*) seed accessions. *Afr J Food Agric Nutr Dev*. 2018; 18(1):13019–13033. <https://doi.org/10.18697/ajfand.81.16515>
7. Pachuau L, Devi CM, Goswami A, Sahu S, Dutta RS. Seed oils as a source of natural bio-active compounds. In: Akhtar M., Swamy M., Sinniah U. (eds). *Natural Bio-active Compounds*. Springer, Singapore. 2019; (https://doi.org/10.1007/978-981-13-7154-7_8)
8. Folch J, Lees M, Sloane GMA. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*. 1957; 226:497–509.
9. Bligh EG, Dyer WJA, Rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911–917 (1959).
10. Jumina J, Siswanta D, Zulkarnain K, Triono S, Priatmoko P, Yuanita FN, et al. Development of C-Arylcalix [4] resorcinarenes and C-Arylcalix [4] pyrogallolarenes as antioxidant and UV-B protector. *Indones J Chem*. 2019; 19:273. (<https://doi.org/10.22146/Ijc.26868>)
11. Anwar F, Rahman Q, Naveed A. Cold pressed okra (*Abelmoschus esculentus*) seed oil. In *Cold Pressed Oils*. 2020; Elsevier. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00027-X>)
12. Guo G, Xu W, Zhang H, Hu X, Chen Y, He X, et al. Characteristics and antioxidant activities of seed oil from okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Food Sci Nutr*. 2024; 12:2393–2407. (<https://doi.org/10.1002/fsn3.3924>)
13. Huang Y, Liu W, Luo X, Zhao M, Liu T, Feng F. (2023). Synthesis and characterization of medium- and long-chain structural lipid rich in α -linolenic acid and lauric acid. *Food Bioscience*. 2023; 52, 102363. (<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102363>)
14. Zhu P, Fan L, Yan X, Li J. Advances of α -linolenic acid: Sources, extraction, biological activity and its carrier. *Trends in Food Science & Technology*. 2024; 152: 104676. (<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104676>)
15. Kotopoulou S, Marakis G, Papanastasiou D, et al. Palmitic acid content in savoury baked goods and modelled trend intake prior and post EU trans-fat regulation. *Eur J Nutr*. 2025; 64, 147. (<https://doi.org/10.1007/s00394-025-03659-0>)
16. Granados N, Amengual J, Ribot J, Palou A, Bonet M.L. Distinct effects of oleic acid and its trans-isomer elaidic acid on the expression of myokines and adipokines in cell models. *Br J Nutr*. 2011; 105(8):1226–1234.

17. Lopez-Miranda J, Perez-Jimenez F, Ros E, De Caterina R., Badimon L, et al. Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaen and Cordoba (Spain) 2008. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2010; 20(4):284–294.
18. Adelakun OE, Oyelade OJ, Ade-Omowaye BIO, Adeyemi IA, et al. Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian okra seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) flour. *Food Chem Toxicol.* 2009; 47:1123–1126. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.036>
19. Zhang Q, Zhang J, Shen J, Xu Y. Correlation between fatty acid composition and antioxidant activity of flaxseed oil. *Food Chemistry* 2018; 254: 121–127.
20. Aruna TE, Akinoso R, Popoola, F. Physicochemical properties and fatty acid composition of okra seed oil (*Abelmoschus esculentus* L.). *Journal of Oleo Science* 2018; 67 (6), 729–739. (<https://doi.org/10.5650/jos.ess17164>)
21. Nzikou JM, Matos L, Bouanga-Kalou G, Ndangui CB, Pambou-Tobi NPG, Kimbonguila A, Silou T, Linder M, Desobry S. Characterization of seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) and the effect of roasting on oil quality. *Agricultural Journal*, 2009, 4(3); 160–165.