مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های تغذیه‌ای و فیزیکوشیمیایی روغن کاملینای کشت شده در ایران و مقایسه آن با روغن‌های کانولا و آفتابگردان

الهه مقصودلو[۱]، زینب رفتنی امیری [۲*]، رضا اسماعیل‌زاده کناری [۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

۲ – استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی ومنابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰

کلمات کلیدی:

روغن کاملینا،

ترکیب اسید چرب،

خواص تغذیه‌ای،

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی،

شاخص پایداری اکسایشی.

DOI: 10.22034/FSCT.19.125.303

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.27.6

* مسئول مکاتبات:

z.raftani@sanru.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، گیاه کاملینا (*Camelina Sativa*) به دلیل ویژگی‌های خاص آن به عنوان منبع جدید روغن خوراکی به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. بذر کاملینا حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای روغن و اسیدهای چرب ضروری است که از نظر تغذیه‌ای و صنعتی حائز اهمیت است. در این مطالعه، ترکیب اسید چرب، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، شاخص پایداری اکسایشی و شاخص‌های تغذیه‌ای آتروژنسیتی و ترومبوژنسیتی روغن دانه کاملینای کشت شده در ایران بررسی و با روغن دانه‌های کانولا و آفتابگردان استخراج شده با روش پرس سرد مقایسه شد. اسید چرب غالب روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان به‌ترتیب اسیدهای لینولنیک (۰/۴۴۳± ۳۰/۴۲۹ درصد)، اولئیک (۰/۱۸۷± ۶۲/۴۹۴ درصد) و لینولئیک (۰/۲۵۲± ۶۲/۰۶۲ درصد) بود. روغن کاملینا با مقادیر پایین شاخص‌های آتروژنسیتی (۰/۰۰۱±۰/۰۶۱) و ترومبوژنسیتی (۰/۰۰۱±۰/۰۶۱) و نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترلمی (۰/۱۷۰±۱۲/۳۱۴) نسبتا بالا مشخص شد. همچنین روغن کاملینا کمترین نسبت امگا-۶ به امگا-۳ (۰/۰۲۸ ±۰/۷۲۹)، و بالاترین مقدار شاخص اکسایش‌پذیری (۰/۰۷۹±۸/۴۷) و نسبت اسیدهای چرب تک‌غیراشباع به چندغیراشباع (۰/۰۰۳±۰/۶۲۸) را داشت. این نتایج خواص تغذیه‌ای خوب و درمقابل حساسیت بالای اکسایشی روغن کاملینا را در مقایسه با روغن‌های آفتابگردان و کانولا نشان می‌دهد. عدد پراکسید روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان به‌ترتیب ۰/۰۲۸±۰/۸، ۰/۰۴۲ ±۰/۷۷ و ۰/۰۵۷±۱/۱۲ و عدد آنیزیدین آن‌ها ۰/۰۱۴±۰/۲۱، ۰/۰۲۸±۰/۱۸ و ۰/۰۰۰±۰/۲۸ به‌دست آمد. بنابراین، پایداری روغن کاملینا باوجود مقادیر بالای اسیدهای چرب امگا-۳، بالاتر از حد انتظار بود که احتمالا به دلیل سطوح بالای توکوفرول‌ها و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در آن می‌باشد.

۱- مقدمه

انواع چربی‌ها و روغن‌ها، به دلیل نقش آن‌ها در تامین انرژی، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌های محلول در چربی و سایر ترکیبات زیست فعال در صنایع غذایی بسیار مهم هستند. در تهیه غذا از چربی‌ها و روغن‌ها به عنوان واسطه انتقال حرارت و اصلاح‌کننده‌ی بافت استفاده می‌شود [۱]. با وجود طیف گسترده‌ی منابع روغن گیاهی، نظیر سویا، کانولا، آفتابگردان و پالم، این منابع دیگر پاسخگوی نیاز روز افزون مصرف‌کنندگان نیستند [۲ و ۳]. از طرفی مقادیر بیش از حد اسیدهای چندغیراشباع امگا-٦ و همچنین نسبت امگا٦- به امگا۳- بسیار بالا در رژیم‌های غذایی امروزه، احتمال بروز بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، بیماری‌های التهابی و خودایمنی را تشدید کرده و در رشد طبیعی مغز اختلال ایجاد می‌کند. طبق تحقیقات پیشین، مقادیر امگا٦- به امگا۳- با نسبت‌های ۳:۱ و ٤:۱ می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌ها را کاهش دهد. اما احتمالا نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ سازگاری بیشتری با جنبه‌های تکاملی رژیم، رشد عصبی و ژنتیک دارند [٤]. بنابراین، یافتن منابع جدید روغنی که دارای ساختار اسید چرب مناسب با قابلیت رشد در شرایط آب و هوایی مختلف باشد، بسیار حائز اهمیت است.

گیاه کاملینا ساتیوا که با نام‌های کتان کاذب[1]، کتان هلندی[2]، کتان صحرایی[3]، کنجد آلمانی[4] و کتان وحشی[5] انگلیسی نیز شناخته می‌شود، دانه‌ی روغنی قدیمی متعلق به خانواده کروسیفرا (براسیکاسه) است [۵]. این گیاه بومی آسیای مرکزی و اروپای شمالی است. روغن آن مایعی به رنگ زرد طلایی با بوی ملایم و مشخص خردل است. ارزش غذایی بالای روغن کاملینا در درجه‌ی اول مربوط به ترکیب اسیدهای چرب آن است. روغن کاملینا حاوی حدود ۱۰٪ اسیدهای چرب اشباع[6] (SFA)، عمدتا اسیدهای پالمتیک، استاریک و ایکوزانوئیک، و ۳۳٪ اسیدهای چرب تک‌غیر اشباع[7] (MUFA) عمدتا اسیدهای اولئیک و ایکوزنوئیک است. بیش از نیمی از ترکیب اسید چرب آن از اسیدهای چرب چندغیراشباع[8] (PUFA) تشکیل شده است، که بالاترین نسبت آن، آلفالینولنیک اسید (ALA) (٪٤۰-۳۱) و لینولئیک اسید (LA) (٪۲۳ - ۱۸) می‌باشد [٦].

رژیم غذایی حاوی روغن کاملینا باعث افزایش مقدار اسیدهای چرب امگا۳- بلند زنجیره، به ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و بهبود نسبت اسیدهای چرب امگا٦- به امگا۳- پلاسما می‌شود که می‌تواند پیامدهای غذایی و اثرات فیزیولوژیکی مفیدی داشته باشد [۷]. بر این اساس، اثبات شده است روغن کاملینا به دلیل محتوای بالای اسیدچرب امگا-۳، تری گلیسیرید و کلسترول سرم را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد [۵ و ۸]. مشتقات بلند زنجیره آلفا-لینولنیک اسید (به ویژه DHA) از اجزای مهم ساختار مغز، قشر مخ، شبکیه و بیضه و اسپرم در پستانداران بوده که فقط از طریق خوردن مستقیم یا سنتز از ALA رژیم غذایی تامین می‌شود [٤]. آثار سودمند روغن کاملینا نه تنها به ترکیب اسیدچرب بلکه به ترکیبات کم مقدار آن از جمله توکوفرول‌ها و پلی‌فنول‌ها مرتبط می‌باشد که دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و فعالیت‌های ضد التهابی، ضد آتروژنی، ضدحساسیتی و ضدمیکروبی هستند [۹ و ۱۰].

از طرف دیگر، گیاه کاملینا مزایای اقتصادی-زراعی بسیاری دارد از جمله: ۱) سازگاری زیاد با شرایط آب و هوایی، ۲) نیاز آبی بسیار کم و مقاوم به سرمای بهاره؛ ۳) امکان رشد در زمین‌های حاشیه‌ای، خاک‌های کم‌حاصلخیز و شور؛ ٤) مقاومت زیاد در برابر علف‌های هرز و آفات رایج در دانه‌های روغنی؛ ۵) دوره رشد کوتاه (۱۰۵ - ۸۵ روز) با امکان کشت به صورت تناوبی با سایر محصولات؛ ٦) عملکرد دانه حدود ۱ - ۳ تن در هکتار، با ٪٤۳ - ۳۸ محتوای روغن [۱۰].

استفاده از روغن کاملینا به عنوان روغن گیاهی به تنهایی یا مخلوط با سایر روغن‌ها به‌دلیل ارزش تغذیه‌ای بالای آن، انتخاب مناسبی برای بهبود رژیم غذایی و سلامت انسان است. این روغن را می‌توان در سالادها یا برای پخت و پز، تهیه مارگارین غنی شده با اسید چرب امگا-۳، فرمولاسیون سس‌های سالاد، مایونز و غیره استفاده کرد [۷].

1. False flax
2. Dutch flax
3. Linseed dodder
4. German sesame
5. Wild flax
6. Saturated Fatty Acid
7. Mono Unsaturated Fatty Acid
8. Poly Unsaturated Fatty Acid

روغن کاملینا، با وجود خواص ارزشمند آن، به دلیل داشتن محتوای امگا-۳ بالا در معرض اکسایش سریع می‌باشد. در دهه گذشته مطالعات اندکی جهت ارزیابی پایداری اکسایشی روغن کاملینا نسبت به سایر روغن‌های خوراکی در نقاط مختلف جهان انجام شده است [۵، ۱۱ و ۱۲]. ایدهین و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی پایداری اکسایشی روغن کاملینا در معرض هوا نشان دادند که این روغن از نظر محتوای پراکسید تشکیل شده نسبت به روغن‌های آفتابگردان، کنجد، ذرت و روغن‌هایی با محتوای بالای اسیدهای چرب چندغیراشباع نظیر روغن‌های بذرک و ماهی پایدارتر است، اما در مقایسه با روغن‌های خوراکی متداول نظیر کلزا و زیتون پایداری کمتری دارد. همچنین از نظر ارزیابی محصولات ثانویه اکسایش (عدد آنیزیدین، عدد تیوباربیتوریک و تری‌ان مزدوج) نسبت به روغن‌های آفتابگردان، ذرت، کنجد، کلزا و زیتون پایداری کمتری دارد و نسبت به روغن‌های بذر کتان و ماهی پایدارتر است [۸]. در مطالعه دیگری گزارش شده است پایداری روغن کاملینا طی ۱۲ هفته نگهداری در دمای اتاق مشابه با روغن آفتابگردان بود، اما نسبت به روغن کلزا پایداری کمتری داشت [٦]. محمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر ترکیب اسید چرب و برخی خواص فیزیکوشیمیایی روغن کاملینای ایرانی را گزارش کردند [۱۳]، اما تاکنون مطالعه‌ای جامع جهت بررسی خواص تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و پایداری اکسایشی روغن کاملینای کشت شده در ایران و مقایسه آن با سایر روغن‌های متداول رژیم غذایی گزارش نشده، که در مطالعه حاضر به آن پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

دانه‌های روغنی کاملینا، کانولا و آفتابگردان به ترتیب از پارک علم و فناوری دانشگاه رازی کرمانشاه، بازار محلی گرگان و گنبد تهیه شدند. پس از جدا کردن ناخالصی‌ها و تمیز کردن دانه‌ها، استخراج روغن با دستگاه روغن‌کشی پرس سرد مدل کنجاله مدادی انجام شد. روغن‌های به‌دست آمده پس از ته‌نشین شدن ناخالصی‌ها صاف شده و تا انجام آزمایشات در ظروف تاریک در فریزر دمای°C ۱۸- قرار گرفتند. همه حلال‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده از درجه آزمایشگاهی و از شرکت‌های مرک (Darmstadt, Germany) و سیگما (St. Louis, Mo) تهیه شدند.

۲-۲- تعیین ترکیب اسید چرب

ساختار اسید چرب روغن‌ها با تزریق متیل استرهای اسید چرب به کروماتوگراف گاز-مایع (Hewlett-Packard، امریکا) مجهز به آشکارساز یونی- شعله‌ای و ستون‌های موئینه ۸۸ CP-FIL سیلیکا (طول ٦۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۲ میلی‌متر و ضخامت لایه داخلی ۰/۲ میکرومتر) و با استفاده از گاز حامل هلیوم با سرعت جریان ۰/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه تعیین شد. متیل استرهای اسید چرب با اختلاط روغن و هگزان (۰/۳ گرم در ۷ میلی‌لیتر) با ۷ میلی‌لیتر هیدروکسیدپتاسیم متانولی ۲ نرمال تهیه شدند. محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۵۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس اجازه داده شد که محلول به مدت ۱۵ دقیقه ته‌نشین شود. لایه فوقانی پس از اختلاط با مقداری سولفات‌سدیم بدون آب و صاف شدن، برای آزمایش جمع‌آوری شد. دمای آون ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد و دمای بخش تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۸۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در نهایت داده‌ها براساس درصد نسبی سطوح گزارش شد [۳].

۲-۳- شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای

شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای آتروژنسیتی (AI)، ترومبوژنسیتی (TI) و نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترلمی (HH) بر مبنای ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌ها طبق روابط تجربی محاسبه شدند [٦].

۲-۳-۱- شاخص‌های آتروژنسیتی (AI) و ترومبوژنسیتی (TI)

AI و TI دو شاخص مهم تغذیه‌ای هستند که قابلیت تحریک تجمع پلاکت‌ها را نشان می‌دهند. ضد آتروژن‌ها از تجمع پلاکت‌ها جلوگیری کرده و سطح استروئیدهای اسید چرب، کلسترول و فسفولیپیدها را کاهش می‌دهند و از ایجاد بیماری‌های قلبی-عروقی جلوگیری می‌کنند. مواد غذایی با سطوح AI و TI پایین (یعنی حاوی اسیدهای چرب اشباع کمتر) توانایی بیشتری برای محافظت در برابر این نوع بیماری-ها دارند. AI و TI به ترتیب طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند،

به‌طوری‌که c۱۲:۰، اسید لوریک؛ c۱٤:۰، اسید میریستیک؛ c۱٦:۰، اسید پالمتیک؛ c۱۸:۰، اسید استئاریک؛ Σ MUFA، مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع؛ $\Sigma(\omega_3)$، مجموع اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا-۳ و $\Sigma(\omega_6)$، مجموع اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا-٦ هستند.

رابطه (۱):

$$AI = \frac{C12:0 + 4\,C14:0 + C16:0}{\sum MUFA + 0.5\sum(\omega_3) + \sum(\omega_6)}$$

رابطه (۲):

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0.5\,MUFA + 0.5\sum(\omega_6) + 3\sum(\omega_3) + \left(\sum\omega_3 \big/ \sum\omega_6\right)}$$

۲-۳-۲- نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترلمی (HH)

نسبت HH شاخص دیگری برای تعیین تاثیر اسیدهای چرب بر متابولیسم کلسترول است. از نظر ارزش تغذیه‌ای نسبت HH بیشتر با مقدار اسیدهای چرب چندغیراشباع رابطه مستقیمی دارد که برای سلامتی انسان مفیدتر است. مقدار HH روغن‌های مورد مطالعه طبق رابطه ۳ محاسبه شد، به‌طوری‌که c۱۸:۱، اسید اولئیک؛ c۱۸:۲، اسید لینولئیک؛ c۱۸:۳، اسید لینولنیک؛ c۱۸:٤، اسید استئاریدونیک؛ c۲۰:٤، اسید آراشیدونیک؛ c۱٤:۰، اسید میریستیک و c۱٦:۰، اسید پالمتیک هستند.

رابطه (۳):

$$HH = \frac{C18:1 + C18:2 + C18:3 + C18:4 + C20:4}{C14:0 + C16:0}$$

۲-٤- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن‌ها

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن‌ها شامل ضریب شکست با استفاده از رفراکتومتر ABBE (Atago، ژاپن) مجهز به سیرکولاتور ترمواستاتیک و دانسیته نسبی با استفاده از پیکنومتر ۵۰ میلی‌لیتری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند [۱٤]. عدد صابونی با استفاده از روش AOCS (۲۰۰۵) شماره ۱٦۰-۹۲۰ و اعداد پراکسید و اسیدی به روش تیتراسیون مطابق با AOCS (۲۰۰٤) به ترتیب شماره‌های cd 8-53 و cd 3d-63 تعیین شدند [۱۵ و ۱٦]. عدد یونی و شاخص اکسایش‌پذیری[9] (COX value) نیز به ترتیب با استفاده از روش فرهوش و همکاران (۲۰۰۸) و فاطمی و هامند (۱۹۸۰) بر اساس مقادیر اسیدهای چرب ۱٦ و ۱۸ کربنه و ضرایب ویژه طبق روابط زیر محاسبه گردید [۱۷ و ۱۸].

رابطه (٤):

$$COXValue = \frac{\left[1(C18:1\%) + 10.3(C18:2\%) + 21.6(C18:3\%)\right]}{100}$$

رابطه (۵):

$$Iodin\ Value = (C16:1\%)\times 0.95 + (C18:1\%)\times 0.86 + (C18:2\%)\times 1.732 + (C18:3\%)\times 2.618$$

جهت تعیین عدد آنیزیدین و توتوکس[10] از روش آیوپاک-۲/۵۰٤ استفاده شد. طبق این روش ۲ گرم نمونه روغن در ۲۵ میلی‌لیتر ایزواکتان حل و جذب محلول در طول موج ۳۵۰ نانومتر (A_b) خوانده شد. پنج میلی‌لیتر از محلول بالایی با ۱ میلی‌لیتر از محلول ۲۵درصد اسیداستیک گلاسیال مخلوط شد و پس از ۱۰ دقیقه جذب آن در ۳۵۰ نانومتر (A_S) توسط اسپکتروفتومتر (PG-instrument-Ltd، امریکا) ثبت شد. عدد آنیزیدین و عدد توتوکس به ترتیب از روابط زیر محاسبه شدند [۱۹].

رابطه (٦):

$$AnV = 25 \times \frac{(1.2\,A_s - A_b)}{m}$$

رابطه (۷):

$$TOTOX = 2 \times PV + AnV$$

۲-۵- شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

شاخص پایداری اکسایشی مطابق با روش شرح داده شده توسط فرهوش و همکاران (۲۰۱۱) اندازه‌گیری شد. به این منظور از دستگاه رنسیمت مدل ۷٤۳ (Metrohm، سوئیس) استفاده شد. به طور خلاصه، ۳ گرم نمونه روغن با دقت در ظروف واکنش توزین و در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت جریان ۱۰ لیتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت [۲۰].

۲-٦- تجزیه و تحلیل آماری

بررسی داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و در دو تکرار انجام شد. جهت تعیین معنی‌دار بودن داده‌ها، از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد و مقایسات میانگین در

9. Calculated Oxidizability (COX) Value
10. TOTOX

سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۱ و با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ترکیب اسید چرب روغن‌ها

ترکیب اسید چرب روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان در جدول ۱ نشان داده شده است. روغن کاملینا حاوی به ترتیب ۵۵/۷۵ درصد اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA، عمدتا اسیدهای آلفا- لینولنیک c۱۸:۳، سپس لینولئیک c۱۸:۲ و به مقدار جزئی اسیدهای ایکوزاپنتانوئیک c۲۰:۵ و دوکوزاهگزانوئیک c۲۲:۶)، ۳۴/۹۹ درصد انواع تک‌غیراشباع (MUFA، عمدتا اسیدهای اولئیک c۱۸:۱ و ایکوزنوئیک c۲۰:۱) و ۸/۴ درصد انواع اشباع (SFA، عمدتا اسیدهای پالمیتیک c۱۶:۰ و استئاریک c۱۸:۰) بود.

روغن آفتابگردان و کاملینا به ترتیب با ۶۲/۱۳ و ۵۵/۷۵ درصد حاوی بیشترین مقدار اسیدهای چرب چندغیراشباع بودند و روغن کانولا با ۲۸/۰۳ درصد کمترین مقدار آن را به خود اختصاص داد. اسید چرب چندغیراشباع غالب در روغن آفتابگردان، اسید لینولئیک (۶۲/۰۶ درصد) و در روغن کاملینا اسید آلفا-لینولنیک (۳۰/۴۳ درصد) است. روغن‌های گیاهی متداول، نظیر روغن‌های زیتون، ذرت و آفتابگردان کمتر از ۱درصد و روغن‌های کانولا و سویا حدود ۹-۸ درصد آلفا-لینولنیک اسید دارند و روغن بذر کتان با بیش از ۶۰ درصد غنی‌ترین منبع این اسید چرب می‌باشد [۲۱]. مقادیر اسید لینولئیک و اولئیک در روغن کاملینا به ترتیب ۱۶/۲۳ و ۱۹/۴۶ درصد به دست آمد. همچنین حضور گوندوئیک (ایکوزنوئیک) اسید با ۱۴/۵۳ درصد مختص روغن کاملینا است و در متداولترین روغن‌های گیاهی حضور چشمگیری ندارد [۲۲].

زابر (۲۰۰۹) با بررسی خصوصیات روغن‌های کاملینای کشت شده در اروپای مرکزی و شمالی، کرالان و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی روغن کاملینای کشت شده در ترکیه و آبراموویچ و آبرام (۲۰۰۵) با بررسی روغن‌های کاملینای کشت شده در کشور اسلوونی، محتوای بیشتری از آلفا-لینولنیک اسید (به ترتیب ۴۰/۸- ۳۶/۸، ۳۴/۵و ۳۵/۲ درصد) و گوندوئیک اسید (به‌ترتیب ۱۵/۷- ۱۵/۴، ۱۶/۵۳ و ۱۴/۹۰ درصد) و محتوای کمتری از لینولئیک اسید (به ترتیب ۱۵/۳- ۱۲/۴، ۱۷/۶۶ و ۱۶/۹ درصد) نسبت مطالعه حاضر یافتند [۷، ۲۲ و ۲۳]. اما نتایج گزارشات وولمن و همکاران (۲۰۰۷)، آنجلینی و همکاران (۱۹۹۷)، و دومیل و همکاران (۲۰۱۵) به نتایج این پژوهش نزدیک بود [۲۴-۲۶]. تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب این روغن‌ها را نه تنها به تنوع ارقام بلکه به مناطق و شرایط مختلف رشد می‌توان نسبت داد [۷].

همچنین نتایج نشان داد روغن‌های کاملینا و کانولا حاوی مقادیری اسید اروسیک (c۲۲:۱) به‌ترتیب ۳/۴۹ و ۰/۴۱ درصد بودند. محتوای اسید اروسیک روغن کانولا بسیار کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۲ درصد) بود. مقدار اسید اروسیک روغن کاملینا نیز در محدوده مجاز (۵ درصد) کمیسیون اتحادیه اروپا و مشابه با مقدار اسید اروسیک گزارش شده ت اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین نسبت اسیدهای چرب تک غیراشباع به چند غیراشباع (MUFA/PUFA) در روغن کانولا (۰/۰۱۰±۲/۳۰۲) با آفتابگردان (۰/۰۰۱±۰/۴۱۰) و کاملینا (۰/۰۰۳±۰/۶۲۸) وجود داشت (جدول۱). بنابراین می‌توان انتظار داشت پایداری روغن کاملینا مشابه با روغن آفتابگردان و کمتر از روغن کانولا باشد. نتایج نسبت MUFA/PUFA با مقادیر شاخص اکسایش‌پذیری روغن‌های مورد مطالعه، به خوبی مطابقت داشت. به‌طوری‌که روغن کانولا کمترین میزان شاخص اکسایش‌پذیری (۰/۰۱۴±۴/۳۳۰) را به خود اختصاص داد و روغن‌های آفتابگردان (۰/۰۲۳±۶/۶۶۸) و کاملینا (۰/۰۷۹±۸/۷۳۹) در مراتب بعدی قرار گرفتند. شاخص اکسایش‌پذیری روغن‌های کانولا و آفتابگردان طبق استاندارد کدکس به ترتیب ۷/۳۱ و ۵/۰۴ است. بنابراین روغن‌های مورد بررسی از نظرکیفیت در محدوده قابل قبولی قرار داشتند (جدول ۱).

وسط زابر (۲۰۰۹) در روغن کاملینای زمستانه کشت شده در آلمان (۳/۳ درصد) و سوئد (۳/۷ درصد) بود [۲۲ و ۲۷].

Table 1 Fatty acid composition of the unrefined oils

Factor/Treatment	Camelina oil	Canola oil	sunflower oil
C14:0	0.049±0.001 [b]	0.052±0.006 [b]	0.135±0.007 [a]
C16:0	5.341±0.055 [b]	4.658±0.151 [c]	6.505±0.092 [a]
C16:1	0.121±0.011 [b]	0.252±0.010 [a]	0.122±0.003 [b]
C17:0	0.038±0.001 [a]	0.040±0.002 [a]	0.041±0.015 [a]
C17:1	0.032±0.001 [b]	0.057±0.004 [a]	0.019±0.002 [c]
C18:0	2.436±0.019 [b]	2.078±0.004 [c]	4.073±0.061 [a]
C18:1 ω9	16.229±0.061 [c]	62.494±0.187 [a]	25.180±0.042 [b]
C18:2 ω6	19.464±0.156 [b]	18.808±0.146 [c]	62.062±0.252 [a]
C18:3 ω6	2.300±0.417 [a]	0.593±0.019 [b]	0.005±0.007 [c]
C18:3 ω3	30.429±0.443 [a]	8.187±0.016 [b]	0.111±0.016 [c]
C20:0	0.134±0.005 [c]	0.224±0.003 [b]	0.294±0.034 [a]
C20:1 ω9	14.532±0.149 [a]	1.225±0.049 [b]	0.138±0.003 [c]
C20:2 ω6	1.731±0.007 [a]	0.071±0.001 [c]	0.126±0.004 [b]
C20:3 ω3	1.227±0.008 [a]	0.314±0.002 [b]	0.000±0.000 [c]
C20:4 ω3	0.251±0.018 [a]	0.000±0.000 [b]	0.000±0.000 [b]
C20:5 ω3	0.178±0.001 [a]	0.026±0.001 [b]	0.000±0.000 [c]
C22:0	0.000±0.000 [c]	0.102±0.139 [b]	0.711±0.013 [a]
C22:1 ω9	3.494±0.001 [a]	0.414±0.000 [b]	0.000±0.000 [c]
C22:6 ω3	0.168±0.001 [a]	0.029±0.020 [b]	0.000±0.000 [c]
C24:0	0.403±0.003 [a]	0.000±0.000 [c]	0.250±0.028 [b]
C24:1 ω9	0.582±0.003 [a]	0.145±0.001 [b]	0.000±0.000 [c]
other	0.465±0.658 [a]	0.385±0.017 [b]	0.220±0.084 [c]
PUFA	55.747±0.110 [b]	28.027±0.129 [c]	62.128±0.000 [a]
MUFA	34.989±0.095 [b]	64.513±0.023 [a]	25.459±0.045 [c]
SFA	8.399±0.076 [b]	7.153±0.026 [c]	12.008±0.223 [a]
MUFA/PUFA	0.628±0.003 [b]	2.302±0.010 [a]	0.410±0.001 [c]
COX Value	8.739±0.079 [a]	4.330±0.014 [c]	6.668±0.023 [b]

Different letters in each row indicate a significant difference between the data ($P<0.05$).

۳-۲- شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای

کیفیت چربی در رژیم غذایی به مقدار PUFA، MUFA، SFA و به ویژه نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ بستگی دارد[٦]. درروغن کاملینا، آلفا- لینولنیک اسید (امگا-۳) با مقدار (۰/٤٤۳±۳۰/٤۲۹) غالب بود. این اسید چرب برای عملکرد بدن ضروری است و از آن‌جا که توسط بدن انسان سنتز نمی‌شود باید از طریق رژیم غذایی جذب شود [٤]. بنابراین روغن کاملینا در مقایسه با روغن‌های خوراکی متداول نظیر کانولا وآفتابگردان (به ترتیب با مقادیر آلفا- لینولنیک اسید ۸/۱۸۷±۰/۰۱٦ و ۰/۱۱۱±۰/۰۱٦) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳ ازنظر تغذیه‌ای قابل توجه است، زیرا هر دو خانواده اسیدهای چرب ضروری امگا-۳ و امگا-٦ طی فرایندهای متابولیک در بدن انسان، برای یک نوع آنزیم رقابت می‌کنند. در روغن کاملینای مورد بررسی، نسبت اسیدهای چرب امگا-٦ به امگا-۳، ۰/۰۲۸±۰/۷۲۹ بود که ارزش غذایی بالای روغن کاملینا را در مقایسه با روغن‌های کانولا (۰/۰۱٥±۲/۲۷٦) و آفتابگردان (۸۱/۷۰۲±٥٦٦/۰۱۸) اثبات می‌کند (جدول۲). از دیگر شاخص‌های ارزیابی ارزش غذایی، شاخص‌های آتروژنز (AI) وترومبوژنز (TI) و نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترلمی (HH) هستند که براساس آن‌ها می‌توان وضعیت قلبی-عروقی انسان را بررسی کرد. شاخص‌های (AI) و (TI) و (HH) که بر مبنای ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌ها محاسبه شدند در جدول۲ آورده شده است.

مقادیرAI روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان به ترتیب ۰/۰۰۱±۰/۰٦۱، ۰/۰۰۲±۰/۰٥۳، و ۰/۰۰۲±۰/۰۸۰ بود که از نظر آماری به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند. راتوس و همکاران (۲۰۱۸) مقدار AI در روغن کاملینا (۰/۰۷-۰/۰٥) و اولبریخت

و سوتگیت (۱۹۹۱) در روغن‌های نارگیل (۱۳/۶۳)، پالم (۰/۸۸) و زیتون (۰/۱۴) را به‌دست آوردند و نشان دادند که این شاخص با افزایش اسیدهای چرب امگا-۳ کاهش می‌یابد [۶ و ۲۸]. همچنین روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان با مقادیر TI به ترتیب ۰/۰۰۱±۰/۰۶۱، ۰/۰۰۲±۰/۱۰۰، ۰/۰۰۴±۰/۲۴۳ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشتند. مقدار TI نسبتا مشابهی توسط راتوس و همکاران (۲۰۱۸) در روغن کاملینا (۰/۱)، پینگ و همکاران (۲۰۱۸) در روغن‌های هسته زردآلو (۰/۱۱) و شاهدانه (۰/۲۳) ارائه شده است [۶ و ۲۹]. اولبریخت و سوتگیت (۱۹۹۱) مقادیر بالاتری از TI در روغن نارگیل (۶/۸۱) و پالم (۲/۰۷) را گزارش کردند [۲۸].

نسبت HH روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان از ۰/۱۷۰±۱۲/۳۱۴ تا ۰/۶۹۸±۱۹/۰۱۳ متغیر و مشابه با نتایج راتوس و همکاران (۲۰۱۸) برای روغن کاملینا (۱۴/۷- ۱۱/۷) و پینگ و همکاران (۲۰۱۸) برای روغن شاهدانه (۱۴/۸۸) و هسته انگور سیاه (۱۳/۸۲) بود [۶ و ۲۹]. بنابراین غنی‌سازی رژیم غذایی با روغن کاملینا که AI و TI کم و نسبت HH تقریبا بالایی دارد، می‌تواند شاخص‌های آتروژنز و ترومبوژنز رژیم غذایی را کاهش دهد و در کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی نقش مهمی ایفا کند [۲۸ و ۲۹].

Table 2 Nutritional quality indices of the unrefined oils

Factor/Treatment	Camelina oil	Canola oil	sunflower oil
Atherogenicity index (AI)	0.061±0.001 [b]	0.053±0.002 [c]	0.080±0.002 [a]
Thrombogenicity index (TI)	0.061±0.001 [c]	0.100±0.002 [b]	0.243±0.004 [a]
Hypocholesterolemic/ Hypercholesterolemic (HH)	12.314±0.170 [b]	19.013±0.698 [a]	13.157±0.239 [b]
ω_6 /ω_3	0.729±0.028 [b]	2.276±0.015 [b]	566.018±81.702 [a]

Different letters in each row indicate a significant difference between the data ($p<0.05$).

۳-۳- ویژگی‌های فیزیکی

ضریب شکست از ثابت‌های فیزیکی بدون بعد روغن‌ها و چربی‌ها است که برای تشخیص نوع روغن، بررسی میزان غیراشباعیت و همچنین تعیین خلوص روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با افزایش طول زنجیره و تعداد باندهای مضاعف اسیدهای چرب، ضریب شکست افزایش می‌یابد. ضریب شکست روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰/۰۰±۱/۴۷۱، ۰/۰۰±۱/۴۶۵ و ۰/۰۰±۱/۴۶۱ بود (جدول۳) که براساس استاندارد کدکس (روغن کانولا ۱/۴۶۹- ۱/۴۶۵ و روغن آفتابگردان ۱/۴۶۸- ۱/۴۶۱) در محدوده قابل قبولی قرار داشتند. پوپا و همکاران (۲۰۱۹) میزان ضریب شکست روغن حاصل از چهار واریته کاملینا (۱/۴۷۷۷۲-۱/۴۷۷۸) را گزارش کردند که بالاتر از نتایج تحقیق حاضر بود [۱۰]. دانسیته نسبی، کمیتی است که برای شناسایی روغن‌ها و چربی‌ها به کارمی‌رود و با طول زنجیره و اشباعیت رابطه مستقیمی دارد [۳۰]. دانسیته نسبی روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان به‌ترتیب ۰/۰۰۱±۰/۹۱۲، ۰/۰۰±۰/۹۲ و ۰/۰۰±۰/۹۱۸ به دست آمد (جدول ۳). پایین‌تر بودن دانسیته نسبی روغن کاملینا را می‌توان به مقادیر بالاتر اسیدهای چرب گوندوئیک (c۲۰:۱) و نیز اسیدهای چرب ۱۸ کربنه چندغیراشباع نسبت داد [۳۱].

۳-۴- ویژگی‌های شیمیایی

۳-۴-۱- عدد یدی

عدد یدی(IV) معیاری از غیراشباعیت روغن‌های گیاهی است. عدد یدی بالاتر، تعداد پیوندهای مضاعف بالاتر و پایداری اکسایشی پایین‌تر را نشان می‌دهد [۳۲]. در تحقیق حاضر عدد یدی روغن‌های آفتابگردان و کاملینا با مقادیر ۰/۴۳۵±۱۲۹/۵۵ و ۰/۸۴۷±۱۲۷/۳۸ نسبت به روغن کانولا (۰/۳۶۳±۱۰۷/۹۷) بالاتر بود که می‌توان آن را به حضور مقادیر بالای (حدود ۹۰ درصد) اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک و یا لینولنیک نسبت داد (جدول ۳). محمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) عدد یدی بالاتری (۱۴۳/۴۷) برای روغن کاملینای کشت شده در ایران گزارش کردند [۱۳]. درحالی‌که آبراموویچ و آبرام (۲۰۰۵) عدد یدی روغن کاملینای کشت شده در اسلوونی را ۱۰۴/۷ بدست آورند [۷]. همچنین در مطالعه دیگری مقادیر متفاوتی برای عدد یدی روغن کاملینا (۱۶۲/۲۶- ۱۴۳/۱۸) گزارش شده است [۱۰].

۳-۴-۲- عدد صابونی

عدد صابونی شاخصی از وزن ملکولی نسبی اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن می‌باشد. بیشترین مقدار عدد صابونی متعلق به روغن‌های کاملینا (۰/۰٤±۱۹۵/٤) و آفتابگردان (۰/۱۱±۱۹۱/٤) و کمترین مقدار آن در روغن کانولا (۰/۰۷±۱۷۹/۳) مشاهده شد (جدول ۳). محمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) و اولمن (۱۹۹۵) مقدار عدد صابونی روغن کاملینا را به ترتیب ۱۸۷/۸ و ۱۹۰-۱۸۰ گزارش کردند که کمتر از نتایج تحقیق حاضر است [۱۳ و ۳۳]. با توجه به محدوده عدد صابونی روغن‌های گیاهی متداول نظیر سویا (۲۰۰-۱۸۸)، آفتابگردان (۱۹٤-۱۸۲)، ذرت (۱۹۵-۱۸۷)، پنبه-دانه (۱۹۸-۱۸۹)، اسیدهای چرب روغن کاملینای مورد بررسی وزن ملکولی تقریبا مشابهی با سایر روغن‌های گیاهی دارد [۳٤ و ۳۵].

۳-٤-۳- عدد پراکسید

اعداد پراکسید (PV) روغن‌های خام کاملینا، کانولا و آفتابگردان به ترتیب ۰/۰۲۸±۰/۸، ۰/۰٤۲±۰/۷۷ و ۰/۰۵۷±۱/۱۲ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن (جدول ۳) و بسیار کمتر از میزان پراکسید مجاز درنظر گرفته شده در استاندارد کدکس (۱۵ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) و استاندارد ملی ایران (۲۰ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) بود. در مطالعات پیشین، مقادیر مختلفی برای PV (٤/۸- ۱/۱ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) روغن‌های کاملینای تصفیه نشده گزارش شده است که بالاتر از PV روغن کاملینای مورد بررسی بودند [٦، ۷، ۱۱ و ۲۳]. اما مقادیر کمتری برای PV روغن کاملینا (۰/۵۱ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) توسط آبراموویچ و همکاران (۲۰۰۷) به‌دست آمده است [۳٦]. راتوس و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی روغن دانه‌های کاملینای رشدیافته در لهستان عدد پراکسید مشابهی (۰/۸۹ میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) را به‌دست آوردند. تفاوت‌های موجود در مراحل اکسایش (عدد پراکسید) این روغن‌ها را می‌توان به تنوع در شرایط نگهداری دانه‌های روغنی، کیفیت ماده اولیه و همچنین شرایط فرآیندهای استخراج و نگهداری روغن (دما، اکسیژن، نور و رطوبت) نسبت داد [٦].

Table 3 Physicochemical characteristics of the unrefined oils

Factor/Treatment	Camelina oil	Canola oil	sunflower oil
Refractive index (25ºC)	1.471±0.00 [a]	1.465±0.00 [b]	1.461±0.00 [c]
Specific gravity (25ºC)	0.912±0.001 [b]	0.92±0.000 [a]	0.918±0.000 [a]
Peroxide value (meq o_2/Kg oil)	0.8±0.028 [b]	0.77±0.042 [b]	1.12±0.057 [a]
Acid Value (mg KOH/g oil)	0.12±0.000 [b]	0.32±0.028 [a]	0.166±0.006 [b]
Iodine value (g I_2/100g oil)	127.38±0.84 [b]	107.97±0.36 [c]	129.55±0.43 [a]
Saponification number (mg KOH/g oil)	195.4±0.04 [a]	179.3±0.07 [b]	191.4±0.11 [a]
Anisidine value	0.21±0.014 [b]	0.18±0.028 [b]	0.28±0.000 [a]
TOTOX Value	1.81±0.07 [b]	1.72±0.06 [b]	2.52±0.11 [a]

Different letters in each row indicate a significant difference between the data ($p<0.05$).

۳-٤-٤- عدد اسیدی

عدد اسیدی (Av) روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان به ترتیب ۰/۰۰۰±۰/۱۲، ۰/۰۲۸±۰/۳۲ و ۰/۰۰٦±۰/۱٦٦ میلی‌گرم KOH در گرم روغن به دست آمد (جدول ۳) که بسیار کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط استاندارد کدکس (کمتر از ٤ میلی‌گرم KOH در گرم روغن) و نیز استاندارد ملی ایران (بیشینه ۳/۵ میلی‌گرم KOH در گرم برای روغن کانولا و آفتابگردان خام) بوده و بنابراین کیفیت اولیه مورد نیاز را داشتند. زابر (۲۰۰۹) با آزمایش روغن‌های کاملینای کلدپرس در برخی مناطق اروپای شمالی و مرکزی مقدار اسید چرب آزاد آن‌ها را ۰/۳٤-۰/۱٦ گزارش کرد که نزدیک به نتیجه روغن کاملینای مورد بررسی است [۲۲]. اما، مقادیر Av گزارش شده برای روغن کاملینا توسط گروهی از محققان، در طیف وسیعی از ۰/۵۱ تا ٤/٦۱ میلی‌گرم KOH در گرم روغن، بالاتر از مقدار به دست آمده در این تحقیق بود [٦، ۷ و ۱۱].

۳-٤-۵- تعیین عدد آنیزیدین و توتوکس

محصولات ثانویه اکسایش، یعنی ترکیبات کربونیل، توسط عدد آنیزیدین (AnV) تعیین شد که در روغن‌های تازه کاملینا، کانولا و آفتابگردان به ترتیب ۰/۰۱٤±۰/۲۱، ۰/۰۲۸±۰/۱۸ و ۰/۰۰۰±۰/۲۸ به دست آمد (جدول ۳). به طور کلی مقادیر کم AnV برای روغن‌های کلدپرس بدیهی است، زیرا دمای بالایی در حین فرآیند استخراج اعمال نمی‌شود. راتوس و همکاران

(۲۰۱۸) مقادیر AnV مشابهی (۰/۲۹- ۰/۲۲) با تحقیق حاضر گزارش کردند [٦] و مقادیر بالاتری از آن (۱/٦-۰/٤٥) توسط سایر محققان به دست آمده است [۱۱و ۱۲]. مقدار اکسایش کل، اصطلاحا عدد توتوکس، شاخص مورد استفاده دیگری برای تعیین شروع فساد پیش‌رونده در روغن است [۷]. این شاخص برای روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان مورد بررسی بسیار پایین (به ترتیب ۰/۰۷±۱/۸۱، ۰/۰٦±۱/۷۲، و ۰/۱۱±۲/۵۲) بود (جدول ۳) که نشان‌دهنده کیفیت اولیه بسیار خوب روغن‌های تازه استخراج شده به روش پرس سرد می‌باشد. راچیک و همکاران (۲۰۱٦) و راتوس و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب مقادیر ٤/۷۱-۳/۳۸ و ۷/۸۳- ۲/٤۰ را برای عدد توتوکس روغن کاملینا گزارش کرده‌اند [٦ و ۱۱].

۳-٦- شاخص پایداری اکسایشی

شاخص پایداری اکسایشی روغن‌ها (OSI) عبارت است از مدت زمان لازم برای تجزیه هیدروپراکسیدهای تولیدشده حین اکسایش که به صورت دوره القا بیان می‌شود. از این شاخص می‌توان جهت تخمین حساسیت روغن‌ها به اکسایش، مقایسه پایداری و تخمین مدت زمان نگهداری آن‌ها استفاده کرد. شاخص پایداری اکسایشی روغن‌های کاملینا، کانولا و آفتابگردان در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۳/٤۲، ۱۰/٤٦ و ٤/۹۷ ساعت بود (شکل۱). روغن کاملینا به دلیل محتوای بالای اسید آلفا- لینولنیک کمترین زمان القا و روغن کانولا به دلیل داشتن بالاترین محتوای اسید چرب تک غیراشباع و کمترین میزان اسید چرب چندغیراشباع پایداری اکسایشی بالاتری داشت. دومیل و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی روغن کاملینا و کانولای کشت شده در رومانی مقادیر OSI به ترتیب ۲/۲ و ۸/۳ ساعت را گزارش کردند که پایداری اکسایشی کمتری نسبت به روغن‌های مورد مطالعه داشتند [۲٦]. متئوس (۱۹۹٦) شاخص پایداری اکسایشی در روغن آفتابگردانی با ۲۰ درصد اولئیک، ٦٦ درصد لینولئیک و ٦۳۰ میلی گرم در کیلوگرم توکوفرول را در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ۲/٦ ساعت گزارش کرد [۳۷]. از آنجایی که هر ۱۰ درجه افزایش دما باعث کاهش دوبرابری زمان القا می‌شود، بنابراین با مقدار OSI روغن آفتابگردان در این مطالعه مطابقت دارد. همچنین در مطالعات دیگر، آبراموویچ و آبرام (۲۰۰۵)، راچیک و همکاران (۲۰۱٦) و کرالان و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر بالاتری از دوره القا (به‌ترتیب ٦/۱۸-٤/۵۸، ۳/۳۷ و ٤/۸ ساعت) برای روغن کاملینا به‌دست آورند [۷، ۱۱ و ۲۳].

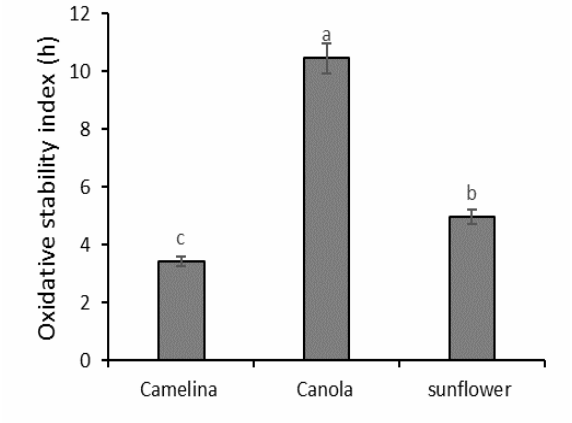

Fig 1 Oxidative stability index of oils

٤- نتیجه گیری کلی

روغن کاملینا منبع غنی از اسید چرب آلفا لینولنیک (امگا-۳) و بسیار غیراشباع است که این روغن را مستعد اکسایش سریع می‌کند. در این مطالعه شاخص پایداری اکسایشی آن کمتر از روغن‌های کانولا و آفتابگردان به‌دست آمد. اما پایداری اکسایشی روغن کاملینا براساس مقادیر پراکسید و آنیزیدین بیشتر از حد انتظار بود که احتمالا به دلیل محتوای بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آن مانند توکوفرول‌ها، فنول‌ها و فیتواسترول‌ها می‌باشد.

در این تحقیق اطلاعات جامعی از ترکیب اسید چرب، خواص فیزیکوشیمیایی و شاخص‌های پایداری اکسایشی روغن کاملینا در مقایسه با روغن‌های آفتابگردان و کانولا ارائه شد که نشان می‌دهد این محصول می‌تواند به صورت مستقیم یا مخلوط با سایر روغن‌ها، جایگاه ارزشمندی را در بین سایر روغن‌های گیاهی مصرفی پیدا کند. همچنین، با توجه به خواص تغذیه‌ای این روغن و آثار سلامتی‌بخش اسیدهای چرب امگا-۳ در کاهش بیماری‌های قلبی_عروقی، التهابی و انواع سرطان، به نظر می‌رسد برای استفاده در تولید مکمل‌های غذایی و دارویی سودمند باشد.

۵- منابع

[1] Salas, J. J., Sánchez, J., Ramli, U. S., Manaf, A. M., Williams, M., & Harwood, J. L. 2000. Biochemistry of lipid metabolism in

olive and other oil fruits. *Progress in Lipid Research,* 39,151-180.

[2] Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T. and Inglett, G. E. 2007. Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4005–4013.

[3] Gohari, A.A., Farhoosh, R. and Haddad, K.M., 2011. Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (Cucurbita pepo Subsp. pepo Var. Styriaka) grown in Iran.

[4] Simopoulos, A.P., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental biology and medicine, 233(6), pp.674-688.

[5] Abad, A. and Shahidi, F., 2021. Fatty acid, triacylglycerol and minor component profiles affect oxidative stability of camelina and sophia seed oils. Food Bioscience, 40, p.100849.

[6] Ratusz, K., Symoniuk, E., Wroniak, M. and Rudzińska, M., 2018. Bioactive compounds, nutritional quality and oxidative stability of cold-pressed camelina (Camelina sativa L.) oils. *Applied Sciences*, *8*(12), p.2606.

[7] Abramovic, H. and Abram, V. 2005. Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. Food Technology and Biotechnology, 43: 63- 70.

[8] Eidhin, D.N., Burke, J. and Beirne, D. 2003. Oxidative stability of ω3-rich Camelina oil and Camelina oil-based spread compared with plant and fish oils and sunflower spread. Journal of Food Science, 68: 345–353.

[9] Teh, S.S. and Birch, J., 2013. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. Journal of Food Composition and Analysis, 30(1), pp.26-31.

[10] Popa, A.L., Drumea, V., Nita, R.A., Florea, M.A., Olariu, L., Jurcoane, S. and Cristea, S., 2019. A physico-chemical characterization of oil from Camelina sativa seeds grown in Romania. Romanian Biotechnological Letters, 24, p.776.

[11] Raczyk, M., Popis, E., Kruszewski, B., Ratusz, K. and Rudzinska, M. 2016. Physicochemical quality and oxidative stability of linseed (*Linum usitatissimum*) and camelina (*Camelina sativa*) cold-pressed oils from retail outlets. European Journal of Lipid Science and Technology. 118, 834–839.

[12] Symoniuk, E., Ratusz, K., Ostrowska-Ligęza, E. and Krygier, K., 2018. Impact of selected chemical characteristics of cold-pressed oils on their oxidative stability determined using the rancimat and pressure differential scanning calorimetry method. Food analytical methods, 11(4), pp.1095-1104.

[13] Mohammadi-Nejad, R., Bahramian, S. and Kahrizi, D., 2018. Evaluation of physicochemical properties, fatty acid composition and oxidative stability of Camelina sativa (DH 1025) oil. *Food Sci Technol*, *15*(77), pp.269-261 (in Persian).

[14] American Oil Chemists Society .2009. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 6th ed. (edited by d. firestone). Champaign. IL. AOCS press.

[15] American Oil Chemists Society. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

[16] American Oil Chemists Society. 2004. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th ed. Champaign, Illinois.

[17] Farhoosh, R., Tavakoli. J., Haddad Khodaparast, M. H. 2008. Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of Pistacia atlantica in Iran. Journal of the American Oil Chemists' Society, 85: 723–729.

[18] Fatemi, S.H., Hammond, E.G .1980. Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. Journal of Lipids, 15: 379–385.

[19] Iupac 2.504. 1987. Determination ofthe p-anisidine value (p-A.V.).

[20] Farhoosh R, Tavassoli-Kafrani MH, Sharif A. 2011. Antioxidant activity of the fractions separated from the unsaponifiable matters of bene hull oil. Food chemistry. 126: 583-589.

[21] Hui: Y.H. 1996. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol. 2, (5th ed.), Wiley, New York.

[22] Zubr, J. 2009. Camelina oil in human nutrition. AgroFood industry hi-tech, 20: 22-28.

[23] Kiralan, M., Kıralan, S.S., Subaşı, I., Aslan, Y., and Ramadan, M.F., 2018. Fatty

acids profile and stability of Camelina (Camelina sativa) seed oil as affected by extraction method and thermal oxidation.

[24] Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., and Wagentristl, H. 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Industrial Crops and Products, 26: 270-277.

[25] Angelini, L.G., Moscheni, E., Colonna, G., Belloni, P., and Bonari, E. 1997. Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in central Italy. Industrial Crops and Products, 6: 313- 323.

[26] Domil, G., Pîrvulescu, L. and Popescu, I.M., 2015. The study of Camelina oil characteristics. Research Journal of Agricultural Science, 47(4), pp.55-58.

[27] EC. 1980. Council Directive 80/891/EEC, Official Journal. p. 254.

[28] Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. Lancet, *338*, 985-992.

[29] Ying, Q., Wojciechowska, P., Siger, A., Kaczmarek, A., Rudzi´nska, M. 2018. Phytochemical Content, Oxidative Stability, and Nutritional Properties of Unconventional Cold-pressed Edible Oils. *J. Food Nutr. Res.*, *6*, 476–485.

[30] Sikorski, E.Z. and Kolakowska. A. 2003. Chemical and functional properties of food lipids. CRC Press. USA, Print ISBN: 978-1-58716-105-6.

[31] Ackman, R.G., Eaton, C.A. 1977. Specific gravities of rapeseed and canola oils. Journal of American Oil Chemists' Society, 54: 435-439.

[32] Zahir, E., Saeed, R., Hameed, M.A. and Yousuf, A., 2017. Study of physicochemical properties of edible oil and evaluation of frying oil quality by Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spectroscopy. Arabian Journal of Chemistry, 10, pp.S3870-S3876.

[33] Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, vol A 10, Fats and oils, VCH, Weinheim 1995. Retrieved from http://www.dgfett.de/material/physikalische_eigenschaften.pdf.

[34] Iranian institute of national standards. 2010. Corn oil- Specifications and test methods, No 1447.

[35] Iranian institute of national standards. 2013. Crude sunflower oil – Specifications, No 10086.

[36] Abramovic, H., Butinar, B. and Nikolic, V. 2007. Changes occurring in phenolic content and oxidative stability of *Camelina sativa* oil during storage. Food Chemistry, 104: 903-909.

[37] Matthaus, B.W. 1996. Determination of the oxidative stability of vegetable oils by Rancimat and conductivity and chemiluminescence measurements, J. Am. Oil Chem. Soc. 73: 1039–1043.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of chemical composition and nutritional and physicochemical properties of oil from camelina seed cultivated in Iran and comparison with canola and sunflower oils

Maghsoudlou, E. [1], Raftani Amiri, Z. [2*], Esmaeilzadeh Kenari, R. [2]

1. Ph.D. Student, Department of Food science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran.
2. Professor, Department of Food science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 02/ 05
Accepted 2022/ 05/ 31

Keywords:

Camelina oil,
Fatty acid composition,
Nutritional properties,
Physicochemical properties,
Oxidative stability index.

DOI: 10.22034/FSCT.19.125.303

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.27.6

*Corresponding Author E-Mail:
z.raftani@sanru.ac.ir

ABSTRACT

In recent years, Camelina (Camelina Sativa) has gained an extensive attention due to its properties as a new source of edible oil. Camelina seeds contain significant amounts of oil and essential fatty acids with nutritional and industrial importance. In this study, fatty acid composition, physicochemical properties, oxidative stability index, as well as atherogenicity and thrombogenicity of oil from camelina seed grown in Iran were investigated and compared with those of canola and sunflower seed oils extracted by cold pressing method. The dominant fatty acids of camelina, canola and sunflower oils were linolenic (30.429 ± 0.443), oleic (62.494 ± 0.187%) and linoleic (62.062 ± 0.252%) acids, respectively. Camelina oil was characterized by low values of atherogenicity (0.061 ± 0.001) and thrombogenicity (0.061 ± 0.001) and relatively high hypocholesterolemic to hypercholesterolemic ratio (12.314 ± 0.170). In addition, camelina oil had the lowest ratio of omega-6 to omega-3 (0.729 ±0.028), and the highest calculated oxidizability value (8.47 ±0.079) and monounsaturated to polyunsaturated fatty acids ratio (0.628 ±0.003). These results indicate the appropriate nutritional properties but high oxidative susceptibility of camelina oil compared to sunflower and canola oils. The peroxide and anisidine values of camelina, canola and sunflower oils were found to be 0.8 ±0.028, 0.77 ±0.042, 1.12 ± 0.057, and 0.21 ±0.014, 0.18 ±0.028, 0.28 ±0.000, respectively. Therefore, the stability of camelina oil was higher than expected despite the high level of omega-3 fatty acids, which might be justified by its high levels of tocopherols and other antioxidant compounds.