DOI: 10.22059/ijbse.2019.269801.665119 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۵۹۳-۵۸۱)

To Investigate the Physicochemical Properties of Cold Pressed Sesame Oil

MARYAM JALILI[1], LADAN RASHIDI[2*], HAMID RASHIDI NODEH[3]

1. Associated Professor, Departmen of Food, Faculty of Food Industries and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Iranian National Standard Organization, Karaj, Iran.
2. Assistant Professor, Departmen of Food, Faculty of Food Industries and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Iranian National Standard Organization, Karaj, Iran.
3. Postdoctoral student, Departmen of Food, Faculty of Food Industries and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Iranian National Standard Organization, Karaj, Iran.

(Received: Dec. 12, 2018- Revised: March. 8, 2019- Accepted: Apr. 27, 2019)

ABSTRACT

The aim of the current study was to investigate the characteristics of sesame oils prepared by cold pressing method. 18 samples of sesame oil were collected and addition to qualitative characteristics, the amount of *Cis* and *trans* fatty acid, sterols, sterenes and tocopherols were determined. The results showed that 7 out of 18 samples (about 39%) did not match with the national standard at least for one of the investigated characteristics. The highest non-conformance of the samples related to the amount of tocopherols and sterols. The most important sterol in sesame oil was beta-sitosterol (between 57.7 and 61.9%).The current study showed that samples of sesame oil had the acceptable qualitative specifications, although some of them showed a decrease in tocopherol, which could be due to the use of thermal elements during oil extraction. Therefore, determining the amount of tocopherol is an important indicator to determine the quality of cold pressed oil.

Keywords: sesame oil, cold pressed, quality

*Corresponding Author's Email: l.rashidi@standard.ac.ir

بررسی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی روغن کنجد تولید شده به روش پرس سرد

مریم جلیلی[۱]، لادن رشیدی[۲]*، حمید رشیدی نوده[۳]

۱. دانشیار، گروه مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، سازمان ملی استاندارد، کرج، ایران
۲. استادیار، گروه مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، سازمان ملی استاندارد، کرج، ایران
۳. پژوهشگر پسادکترا، گروه مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، سازمان ملی استاندارد، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۷)

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی ویژگی‌های روغن های کنجد تهیه شده به روش پرس سرد بود. تعداد ۱۸ نمونه روغن کنجد جمع آوری و علاوه بر ویژگیهای کیفی مقدار اسیدهای چرب سیس و ترانس، استرول‌ها، استیرن و توکوفرول‌ها در آنها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد از بین نمونه های مورد بررسی، ۷ نمونه (حدود ۳۹٪) حداقل در یکی از ویژگیهای مورد بررسی با استاندارد ملی مطابقت نداشته و بیشترین میزان عدم انطباق نمونه ها مربوط به مقدار توکوفرول‌ها و استرول‌ها بود. مهم‌ترین استرول موجود در روغن کنجد از نظر کمی بتاسیتوسترول بود (۵۷/۷ تا ۶۱/۹٪). نتایج نشان داد نمونه ها از ویژگیهای کیفی خوبی برخوردارند، گرچه کاهش توکوفرول در برخی از نمونه ها مشاهده شد که می‌تواند به دلیل استفاده از المنت‌های حرارتی حین استخراج روغن باشد. لذا تعیین میزان توکوفرول شاخص مهمی برای تعیین کیفیت روغن استحصال شده به روش پرس سرد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: روغن کنجد، پرس سرد، کیفیت

مقدمه

در بین دانه های روغنی، کنجد (*Sesame indicum L.*) یکی از مهم‌ترین و قدیمی ترین آن‌ها است که از لحاظ اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به طور گسترده در سراسر جهان کشت و توزیع می شود (Aglave, 2018). این دانه با دارا بودن ۵۰ تا ۶۰٪ روغن و ۱۸ تا ۲۵٪ پروتئین به عنوان یک منبع روغنی قابل توجه و یک دانه غنی از پروتئین محسوب شده (Anilakumar *et al*., 2010) و از زمان‌های قدیم در تهیه مواد غذایی به کار می رفته است. کنجد از نظر رنگ دارای تنوع زیادی است (از کرم روشن تا رنگ سیاه زغالی)، اما انواع سفید و قهوه‌ای آن رایج‌تر بوده و مهم‌ترین کاربرد آن تولید روغن است. دانه کنجد در درجه اول به منظور استحصال روغن کشت می‌شود و مابقی آن به مصارف خوراکی از جمله تولید کیک کره‌ای (کره کنجد)، حلوا، کراکر، محصولات قنادی و نانوایی ها می‌رسد (Nzikou *et al*., 2009). روغن مشتق شده از دانه کنجد دارای بوی ملایم و طعم خوشایندی است و به همین دلیل به عنوان یک روغن طبیعی برای تهیه سالاد به کار رفته و همچنین می‌تواند برای پخت و پز و یا در تولید شورتنینگ، ماگارین، صابون های دارویی و حشره‌کش‌ها به کار رود. این روغن در جوامع مختلف مقبولیت قابل توجهی داشته، از نظر ارزش غذایی پس از روغن زیتون مقام دوم را دارد و از سایر روغن ها گران تر است (Olaleye & Kukwa, 2018).

اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک در روغن کنجد اسیدهای چرب غالب هستند. به طور کلی این فرآورده دارای حدود ۷۰٪ اسیدهای چرب یک غیر اشباعی (MUFA) و چند غیر اشباعی (PUFA) و حدود ۱۸٪ اسید چرب اشباع شده است. علی‌رغم اینکه وجود اسیدهای چرب غیراشباع سبب کاهش پایداری اکسیداتیو روغن‌ها می‌شود، اما روغن کنجد به دلیل دارا بودن مواد آنتی‌اکسیدانی قابل توجه (سزامول، سزامولین و سزامین) و توکوفرول‌ها در مقابل اکسیداسیون بسیار پایدار است (Corso et al., 2010). از سوی دیگر، از نقطه نظر تغذیه‌ای نیز روغن کنجد دارای درصد قابل توجهی از اسیدهای چرب غیر اشباع، مواد آنتی‌اکسیدان و همچنین یک گروه از ترکیبات به نام لیگنان‌ها است که اثرات قابل توجهی بر سلامت می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به کنترل فشار خون (Rubalya Valantinaet *et al*., 2016)، ممانعت از انسداد عروق و کاهش کلسترول سرم (Crews *et al*., 2006) اشاره نمود (Pathak *et al*., 2014). دانه کنجد، همچنین منبع قابل توجهی از اسیدهای آمینه و اسیدهای

* نویسنده مسئول: l.rashidi@standard.ac.ir

چرب ضروری (به ویژه اسید لینولئیک)، ویتامین‌ها مانند ویتامین E و مواد معدنی مانند کلسیم و فسفر است. گرچه باید این موضوع را در نظر داشت که کمیت و کیفیت روغن به دست آمده از دانه کنجد بستگی به عواملی از جمله موقعیت جغرافیایی که دانه در آن رشد می‌کند، ژنتیک و عوامل فیزیولوژیکی مانند شرایط آب وهوایی، نوع خاک، ارقام و میزان رسیدگی دانه دارد (Rahman *et al.*, 2007).

در سال های اخیر، علاقه مصرف کنندگان به روغن های گیاهی تصفیه نشده در سراسر جهان افزایش یافته که این موضوع به طور عمده به دلیل شواهد در حال گسترشی است که نشان می‌دهد این روغن‌ها دارای اثرات مفید تغذیه‌ای و سلامتی هستند. یک نوع از این روغن ها، روغن‌های تهیه شده به روش پرس سرد هستند. پرس سرد به این مفهوم نیست که روغن هیچ فرآیند دمایی را تحمل نمی‌کند بلکه به این معنی است که از اعمال دمای بالا خودداری می شود (Nederal *et al.*, 2012).

بر اساس تعریف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۹۲، روغن های تهیه شده به روش پرس سرد به روغن هایی گفته می‌شود که با استفاده از دستگاه‌های استخراج مکانیکی مانند پرس و اکسپلر تهیه می شوند و با توجه به اینکه در فرآیند تهیه آن‌ها از حرارت استفاده نمی شود، روی ماهیت روغن تولید شده تغییرات کیفی ایجاد نمی شود. عمل خالص سازی این روغن‌ها معمولاً به روش‌هایی مانند شستشو با آب، ترسیب، فیلتر و سانتریفیوژ کردن انجام می شود و در هیچ یک از مراحل ذکر شده دمای خروجی روغن نباید بیشتر از ۴۵ درجه سلسیوس باشد. در این روغن ها سایر عملیاتی که طی فرآیند تصفیه روی روغن های خوراکی انجام می‌شود (مانند خنثی کردن، رنگ بری و بی بو کردن) مجاز نمی باشد (ISIRI, 13392). اگرچه در روش پرس سرد بازده روغن استحصال شده نسبت به سایر روش‌ها کمتر است، اما ترکیبات مفید طبیعی آن مانند توکوفرول‌ها، استرول‌ها، کاروتنوئید ها و فسفولیپیدها که طی عملیات تصفیه روغن به طور جزئی حذف می‌شوند، بیشتر حفظ می‌گردند (Gogolewski *et al.*, 2000).

هدف از انجام این پژوهش تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (دانسیته، نمایه شکست، عدد یدی، عدد صابونی، مواد غیر قابل صابونی شدن)، ویژگیهای کیفی (اسیدیته، پراکسید، رطوبت و مواد فرار، ناخالصی نامحلول، صابون) و ویژگیهای ترکیبی و شناسایی (اسیدهای چرب، توکوفرول‌ها و استرول‌ها) روغن‌های کنجد تهیه شده به روش پرس سرد به منظور کنترل کیفیت آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه

تعداد ۱۸ نمونه روغن کنجد که به روش پرس سرد تهیه شده بوند از سطح بازار استانهای تهران (کد ۰۱ تا ۰۴)، آذربایجان غربی (کد ۰۵ تا ۰۸)، آذربایجان شرقی (کد ۰۹ تا ۱۲) و یزد (کد ۱۳ تا ۱۸) خریداری و تا هنگام انجام آزمون در یخچالی با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت های مرک (Merck, Darmstadt, Germany) و سیگما آلدریچ (Sigma-Aldrich, Schnelldorf, Germany) تهیه شدند.

اندازه گیری ویژگیهای کیفی و فیزیکو شیمیایی

اسیدیته به روش تیترسنجی با استفاده از هیدروکسید پتاسیم (ISO 660) و پراکسید به روش یدومتری (ISO 3960) اندازه گیری شدند. رطوبت و مواد فرار به روش گرمخانه گذاری در دمای ۱۰۳ درجه اندازه‌گیری شد (ISIRI 4177). ناخالصی های نامحلول در روغن پس از حل کردن نمونه روغن در حلال پترولیوم، صاف کردن و سپس خشک کردن، اندازه گیری شدند (ISO 3596-2). ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل نمایه شکست، دانسیته، عدد یدی به روش ویجس، عدد صابونی و مواد غیر صابونی نیز، به ترتیب، بر اساس استانداردهای بین المللی به شماره‌های ISO 6320، AOCS 1993، ISO 3961، ISO 3657 و ISO 3596-2 اندازه گیری شدند.

اندازه گیری ترکیب اسیدهای چرب

متیله کردن اسیدهای چرب طبق استاندارد بین المللی ایزو به شماره ISO 12966-2 و آنالیز آن بر اساس استاندارد بین المللی به شماره ISO 12966-4 انجام شد. بر اساس این روش، ابتدا اسیدهای چرب موجود در روغن با افزودن ۲ میلی‌لیتر هگزان و ۲۰۰ میکرولیتر پتاس متانولی ۲ مولار در دمای محیط، متیله شده و پس از آب‌گیری با سولفات سدیم بدون آب، نمونه به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) تزریق شد. برای ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب از دستگاه GC مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) و ستون موئینه با طول ۱۲۰ متر (پرشده با سیانوپروپیل ۷۰ درصد)، قطر داخلی ۲/۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه حرارتی از نوع هم دما[1]، درجه حرارت آون ۱۷۵ درجه سلسیوس، درجه حرارت تزریق ۲۸۰ درجه سلسیوس و درجه حرارت آشکارساز ۳۲۰ درجه سلسیوس

1. Isothermal

در نظر گرفته شد. از نیتروژن به عنوان گاز حامل استفاده و سرعت جریان گاز ۰/۶ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد. مقدار ۱ میکرولیتر از نمونه به دستگاه تزریق شد.

اندازه‌گیری استرول تام و خاص

اندازه‌گیری مقدار استرول‌ها در نمونه‌های روغن زیتون طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۹۶۷۰ انجام شد. در مرحله اول، مقدار ۱ میلی‌لیتر محلول استاندارد داخلی (α- کلستان، محلول یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در استن) به ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه به یک بالن اضافه شد. سپس ۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم اتانولی و تعداد کمی سنگ جوش به آن افزوده و پس از اتصال به کندانسور برگشتی حرارت داده شد تا به مدت ۱۵ دقیقه محتویات آن به آرامی بجوشد. سپس حرارت متوقف و بلافاصله ۵ میلی‌لیتر اتانول به محتویات بالن اضافه و به آرامی تکان داده شد تا محتویات آن کاملاً یکنواخت شود. ۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل شده به ستون اکسید آلومینیوم منتقل و محلول خروجی ستون در بالن ته گرد ۵۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری شد. مواد غیر قابل صابونی ابتدا با ۵ میلی‌لیتر اتانول شستشو داده شد و سپس ۳۰ میلی‌لیتر دی اتیل اتر (تازه تقطیر شده) با سرعت ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه به آن اضافه گردید و با استفاده از دستگاه تبخیرکننده چرخشی حلال از بالن جداسازی شد.

در مرحله دوم از کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) استفاده شد. مواد غیرقابل صابونی که به روش فوق استخراج شده بود در مقدار کمی دی‌اتیل‌اتر حل شده و با استفاده از میکروسرنگ در فاصله ۲ سانتی‌متری از لبه پایینی صفحه کروماتوگرافی لایه نازک (ازجنس سیلیکاژل) خطی از محلول فوق کشیده شد. مقدار ۵ میکرولیتر از محلول استاندارد TLC در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از لبه صفحه لکه‌گذاری شد. تانک توسعه با حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول توسعه (به نسبت حجمی مساوی هگزان و دی‌اتیل‌اتر) پر شده، و سپس صفحه TLC درون تانک قرار داده شد. پس از اینکه محلول به لبه بالایی صفحه رسید، صفحه از تانک خارج و حلال موجود در سطح آن زیر هود تبخیر شد.

مرحله سوم، مرحله جداسازی استرول‌ها است. ابتدا متانول به صورت پاششی روی صفحات افشانده شد تا نواحی استرول روی یک زمینه تیره‌تر، به رنگ سفید ظاهر شوند. سپس این قسمت از لایه سیلیکا با استفاده از سر یک کاردک جمع‌آوری و به بشر کوچکی منتقل شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر اتانل به سیلیکاژل جمع آوری شده اضافه شد.

سیلیکاژل موجود در بشر سه مرتبه و هر مرتبه با ۵ میلی‌لیتری دی‌اتیل‌اتر هضم و در بالن صاف شد. سپس با استفاده از تبخیرکننده چرخشی مقدار اتر در محلول به حدود یک میلی‌لیتر کاهش یافت و در نهایت با عبور جریان گاز نیتروژن حلال آن به طور کامل خارج شد.

مرحله چهارم، مرحله آماده‌سازی استرول تری متیل سیلیل اتر می‌باشد. ۱۰۰ میکرولیتر واکنشگر سیلیله‌کننده و ۵۰ میکرولیتر از ۱-متیل ایمیدازول و ۱میلی‌لیتر N–متیل –N– تری متیل سیلیل- هپتا – فلورو بوتیرآمید به ظرف کوچک واکنش که شامل استرول‌های مجزا شده است اضافه شده و پس از بستن در ظرف، به مدت ۱۵ دقیقه در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد. سپس دمای ظرف به دمای اتاق رسیده و در نهایت محلول به طور مستقیم به دستگاه GC تزریق شد.

مرحله پنجم آزمون، توسط دستگاه GC انجام شد. ستون گاز کروماتوگرافی SE -۵۴ (با ابعاد ۰/۲۵ μm × ۰/۲۵ ID mm × ۵۰ m)، گاز حامل هیدروژن و شدت جریان آن ۳۶ سانتی‌متر بر ثانیه، سیستم تزریق از نوع شکافته (دوقسمتی) با نسبت ۱ به ۱۰، دمای تزریق و شناساگر ۳۲۰ درجه سلسیوس، برنامه دمایی ۲۴۰ تا ۲۵۵ درجه سلسیوس با سرعت ۴ درجه سلسیوس در هر دقیقه و حجم تزریق ۱ میکرولیتر بود. مقادیر به صورت نسبت سطح زیر هر پیک به مجموع سطوح تمامی پیک‌ها و بر حسب درصد بیان شد.

اندازه گیری توکوفرول‌ها و توکوتری انول ها

اندازه‌گیری توکوفرول در روغن کنجد براساس استاندارد بینالمللی ISO 9936 انجام شد. بدین منظور ۱ میلی‌گرم از نمونه با استفاده از ترازو، با دقت یک ده هزارم، در یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری توزین و به وسیله حلال هپتان به حجم رسانیده شد. نمونه به شدت تکان داده شده و به دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) تزریق شد. جداسازی ترکیبات توکوفرولی با استفاده از دستگاه HPLC مدل یانگ لین[1] (ساخت کره) مجهز به ستون C18 با ابعاد ۵ μm × ۴/۶ mm × ۱۵۰ mm و آشکارساز UV (طول موج ۲۸۰ نانومتر) انجام شد. محلول‌های ذخیره استانداردهای توکوفرول‌ها، شامل آلفا، بتا، دلتا و گاما تهیه شد و رقت‌های مختلفی از هریک از آنها به دستگاه HPLC تزریق و منحنی کالیبراسیون تک تک استانداردها ترسیم گردید. سپس با استفاده از منحنی های کالیبراسیون به دست آمده، میزان توکوفرول‌ها در نمونه‌ها تعیین گردید.

مقدار توکوفرول‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

۱. Young Lin

$$w = \frac{\rho \times \bar{A}_t \times V}{\bar{A}_s \times m}$$

که در آن:

ρ= غلظت آلفا توکوفرول در محلول استاندارد بر حسب میکرو گرم بر میلی‌لیتر

A_s= میانگین سطح زیر پیک‌های به دست آمده برای محلول استاندارد آلفاتوکوفرول

A_t = میانگین سطح زیر پیک‌های به دست آمده برای آلفا توکوفرول در نمونه

m = جرم نمونه بر حسب گرم

V = حجم محلول آزمون نمونه (ISO 9936).

اندازه گیری استیرن

استیرن ها بر اساس استاندارد بین المللی (IOOC, 2001) اندازهگیری شدند. به این منظور از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-Yung Lin 6500) که مجهز به آشکارساز یونش شعله (FID) و تزریق کننده دو قسمتی (شکافت) با تقسیم کننده جریان به نسبت ۱ به ۱۵ بود، استفاده شد. ستون کروماتوگرافی از نوع DBS به ابعاد (۳۰۰mm*۰/۲۵mm*۰/۵۳µm) و گاز حامل هلیوم با فشار ۱۲۰ کیلو پاسکال بود. دمای آون ابتدا از ۶۰ به ۲۳۵ درجه سلسیوس رسید و پس از مدت ۶ دقیقه، با سرعت ۲ درجه در دقیقه افزایش یافت تا به دمای ۲۸۵ درجه برسد. دمای تزریق کننده ۲۸۰ و دمای دتکتور ۳۰۰ درجه سلسیوس بود.

یافته ها

ویژگی‌های کیفی و فیزیکو شیمیایی

ویژگی‌های کیفی ۱۸ نوع نمونه روغن کنجد مورد بررسی (شامل اسیدیته، پراکسید، رطوبت، ناخالصی نامحلول و مقدار صابون) در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. مقدار عدد اسیدی در نمونه‌های مورد آزمون، از ۰/۵۵ تا ۲/۷۷ به دست آمد که همگی با محدوده تعیین شده در استاندارد ملی ۱۳۳۹۲(کمتر از ۴) مطابقت داشتند.

مقدار پراکسید (برحسب میلی اکی والان گرم اکسیژن در کیلوگرم روغن) و مقدار رطوبت و مواد فرار (برحسب درصد وزنی) نیز در همه نمونه ها با حد مجاز تعیین شده در استاندارد ملی ۱۳۳۹۲، (که به ترتیب ۱۵ و ۰/۲ است) مطابقت داشت.

بر اساس استاندارد ملی، مقدار ناخالصی نامحلول نباید از ۰/۰۵ درصد بیشتر باشد. در این بررسی نیز، به استثناء یک نمونه روغن (شماره ۲) که ناخالصی نامحلول آن از حد تعیین شده در استاندارد بالاتر بود (۰/۰۸)، سایر نمونه ها از این نظر مطابق استاندارد بودند. صابون در هیچ یک از نمونه ها شناسایی نشد. به طور کلی، ۹۵٪ نمونه ها از نظر ویژگی‌های کیفی با استاندارد ملی ۱۳۳۹۲ مطابقت داشتند. نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (شامل نمایه شکست، دانسیته، عدد یدی، عدد صابونی، و مواد غیر قابل صابونی شدن) در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. چنانکه در این جدول مشاهده می شود نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های نمایه شکست، دانسیته و عدد یدی با استاندارد ملی شماره ۱۳۳۹۲ مطابقت دارند. از نظر عدد صابونی، یکی از نمونه ها (شماره ۱۸) از حد تعیین شده در استاندارد (۱۹۵ mg KOH/g-۱۸۶) کمتر بود (۱۶۴/۲ mg KOH/g). به طور کلی، از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نیز ۹۵٪ نمونه ها با استاندارد ملی شماره ۱۳۳۹۲ مطابقت داشتند.

اسیدهای چرب

در این بررسی تعداد ۱۸ نوع اسید چرب (مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۳۹۲) شناسایی و تعیین مقدار شدند. مقدار اسیدهای چرب میریستیک (C14:0)، پالمیتیک (C16:0)، پالمیتولئیک (C16:1)، هپتا دکانوئیک (C17:0)، هپتا دسنوئیک (C17:1)، استئاریک (C18:0)، اولئیک (C18:1)، لینولئیک (C18:2)، لینولنیک (C18:3)، آراشیدیک (C20:0)، ایکوزنوئیک (C20:1)، بهینیک (C22:0)، لیگنوسریک (C24:0)، نرونیک (C24:1) الائیدیک (C18:1t) در جداول شماره ۳ و ۴ نشان داده شدهاند. اسیدهای چرب کمتر از ۱۲ اتم کربن و سه اسید C20:2، C22:1 و C24:1 در هیچ یک از نمونه‌ها شناسایی نشد. لینولئیک اسید و اولئیک اسید، دو اسید چرب غالب، به مقدار تقریبا مساوی (لینولئیک اسید تقریبا ۱ تا ۳٪ بیشتر از اولئیک اسید بود) در نمونه ها وجود داشتند و پس از آنها، پالمیتیک اسید با مقدار ۹/۸ تا ۱۴٪ سومین اسید چرب مهم از نظر کمی بود. اسید چرب اشباع استئاریک بین ۴/۸۹ تا ۵/۶۶٪ در روغن‌ها وجود داشت. مقدار اسیدهای چرب ترانس C18:1t و C18:2t+3t و حد مجاز آن‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. همه نمونه ها از نظر مقدار اسید چرب با حدود تعیین شده در استاندارد ملی ۱۳۳۹۲مطابقت داشتند.

استرول‌ها

استرول‌ها شامل ترکیبات استرولی (کلسترول، براسیکا استرول، کمپسترول، استیگما استرول، بتا سیتوسترول، دلتا-۵-اونا استرول، دلتا-۷-استیگما ستنول، دلتا-۷- اونا استرول و سایر استرول‌ها) و استرول کل در نمونه های مورد بررسی اندازه گیری شدند (جدول ۵). مهم‌ترین استرول موجود در روغن کنجد از نظر

کمی بتاسیتوسترول (بین ۵۷/۷ تا ۶۱/۹٪) بود. پس از آن، کمپسترول، دلتا-۵-اونا استرول و استیگما استرول سه استرول غالب بودند. در یکی از نمونه ها (شماره ۱۶)، مقدار دلتا-۷-استیگما ستنول، دلتا-۷- اونا استرول کمتر از حد استاندارد بود. در نمونه دیگری (نمونه۱۱) مقدار کمپسترول از حد استاندارد بیشتر (۲۲/۰۷) و مقدار کلسترول و استرول کل کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ۱۳۳۹۲ بود. به طور کلی از بین ۱۸ نمونه مورد بررسی، ۳ نمونه (حدود ۱۷٪) از نظر مقدار استرول‌ها با استاندارد مطابقت نداشتند.

توکوفرول‌ها

نتایج حاصل از اندازه گیری توکوفرول‌ها (آلفا، بتا، گاما، دلتا)، توکو ترینول ها (آلفا، گاما، دلتا) و توکوفرول کل بر حسب میلی گرم در کیلوگرم و میانگین و انحراف معیار و همچنین حد مجاز آن‌ها بر استاندارد ملی (۱۳۳۹۲) در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

توکوفرول‌های آلفا و بتا در هیچ یک از نمونه ها تشخیص داده نشد. مهم‌ترین توکوفرول موجود در نمونه ها گاما توکوفرول بود که مقدار آن بین ۲۸۳/۹۵ تا ۷۷۸/۳ میلی گرم در کیلوگرم روغن متغیر بود. در ۵ نمونه از ۱۸ نمونه مورد بررسی (حدود ۲۸٪) مقدار گاما توکوفرول کمتر از حد مجاز استاندارد ملی ۱۳۳۹۲ بود و کمترین آن در نمونه شماره ۱ بود (۲۶۳/۹۵ میلی گرم در کیلوگرم). پس از گاما توکوفرول، دلتا توکوفرول ایزومری است که باید در روغن کنجد بین ۴ تا ۲۱ میلی گرم در کیلوگرم وجود داشته باشد. مقدار آن در همه نمونه های مورد بررسی در محدوده مجاز استاندارد ملی بود. در ۲ نمونه از ۱۸ نمونه (حدود ۱۱٪) مقدار توکوفرول کل از حد مجاز استاندارد کمتر بود. بر اساس استاندارد ملی (۱۳۳۹۲)، توکوفرول بتا و توکوترینول های آلفا و دلتا نباید در روغن کنجد وجود داشته باشند و آلفا توکوفرول و گاما توکوترینول باید حداکثر ۳/۳ و ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم باشند.

جدول ۱- ویژگی های کیفی ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد

کد نمونه	عدد اسیدی (mg KOH/kg oil)	عدد پراکسید **(Meq O2/kg oil)**	رطوبت و مواد فرار (درصد وزنی/وزنی)	ناخالصی نامحلول (درصد وزنی/وزنی)
۰۱	۰/۵۵	۸/۲۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴
۰۲	۰/۹۵	۷/۸۵	۰/۰۴۳	۰/۰۸
۰۳	۱/۸۲	۵/۴	۰/۰۳۷	۰/۰۵
۰۴	۱/۴	۷/۴	۰/۰۸۸	۰/۰۲
۰۵	۱/۷۵	۵/۵۴	۰/۰۳۸	۰/۰۷
۰۶	۱/۴۳	۲/۴۵	۰/۰۳۳	۰/۰۵
۰۷	۱/۴۸	۳/۵	۰/۰۹۲	۰/۰۲۴
۰۸	۲/۷۷	۵/۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۲
۰۹	۲/۷۲	۶/۸۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳
۱۰	۱/۹۸	۴/۴	۰/۰۳۴	۰/۰۷
۱۱	۱/۰۹	۳/۵	۰/۰۳۴	۰/۰۵
۱۲	۱/۰۵	۳/۶	۰/۱۵۳	۰/۰۴
۱۳	۱/۶۲	۴/۲	۰/۰۳۲	۰/۰۵
۱۴	۲/۰۷	۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲
۱۵	۱/۶۲	۵/۱	۰/۰۴۱	۰/۰۳
۱۶	۱/۴۶	۳/۴	۰/۱۳۵	۰/۰۵
۱۷	۰/۵۵	۹/۹	۰/۰۴۷	۰/۰۵
۱۸	۰/۶۷	۶/۱۲	۰/۰۴۹	۰/۰۲
x±SD	۱/۰±۵/۶۴	۵/۱±۴۳/۹۸	۰/۰±۰۶/۰۴	۰/۰±۰۶/۰۴
حد استاندارد	۴	۱۵	۰/۲	۰/۰۵

جدول ۲- ویژگی های فیزیکو شیمیایی ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد

کد نمونه	نمایه شکست (ND40ºC)	دانسیته نسبی (xºC/water ºC)	عدد یدی روش ویجس	عدد صابونی (mgKOH/g)	مواد غیر قابل صابونی (g/kg)
۰۱	۱/۴۶۶	۰/۹۱۹	۱۱۰	۱۹۵	۱۳/۹
۰۲	۱/۴۶۵	۰/۹۱۸	۱۰۷	۱۹۲	۸/۸
۰۳	۱/۴۶۵	۰/۹۱۶	۱۱۹	۱۹۴	۱۴/۵
۰۴	۱/۴۶۵	۰/۹۲۱	۱۰۷	۱۹۳	۱۶/۷
۰۵	۱/۴۶۵	۰/۹۱۸	۱۰۴	۱۹۴	۱۳/۲
۰۶	۱/۴۶۵	۰/۹۲۱	۱۱۷	۱۹۴	۱۱/۳
۰۷	۱/۴۶۵	۰/۹۱۹	۱۰۷	۱۹۸	۶/۵
۰۸	۱/۴۶۵	۰/۹۲۱	۱۰۴	۱۹۱	۹/۷
۰۹	۱/۴۶۵	۰/۹۱۹	۱۰۶	۱۸۹	۱۲/۵
۱۰	۱/۴۶۵	۰/۹۲۱	۱۰۹	۱۹۳	۱۵/۰
۱۱	۱/۴۶۵	۰/۹۱۶	۱۰۵	۱۹۰	۱۶/۲
۱۲	۱/۴۶۵	۰/۹۱۹	۱۲۴	۱۹۳	۹/۱
۱۳	۱/۴۶۵	۰/۹۲۱	۱۱۳	۱۹۵	۱۴/۷
۱۴	۱/۴۶۵	۰/۹۱۸	۱۰۸	۱۹۳	۷/۰
۱۵	۱/۴۶۶	۰/۹۱۸	۱۰۷	۱۸۸	۱۱/۳
۱۶	۱/۴۶۶	۰/۹۲۰	۱۰۲	۱۹۳	۱۷/۱
۱۷	۱/۴۶۶	۰/۹۱۹	۱۱۰	۱۹۵	۱۳/۹
۱۸	۱/۴۶۸	۰/۹۱۸	۱۰۵	۱۶۴	۱۸/۷
x±SD	۱/۴۷±۰/۰۰	۰/۹۱۹±۰/۰۰	۱۰۹±۵/۸	۱۹۱±۷/۲	۱۲/۸±۳/۵
حد استاندارد	۱/۱-۴۶۵/۴۶۹	۰/۹۱۵-۰/۹۲۴	۱۰۴-۱۲۰	۱۸۶-۱۹۵	۲۰≤

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب از C14:0 تا C18:0 موجود در ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد

کد نمونه	اسیدهای چرب (درصد وزنی)								
	لینولنیک C18:3	لینولئیک C18:2	اولئیک C18:1	میریستیک C14:0	پالمیتیک C16:0	پالمیتولئیک C16:1	مارگاریک C17:0	هپتا دسنوئیک C17:1	استئاریک C18:0
۰۱	۰/۳۱	۴۲/۱۴	۳۹/۱	۰±۰,۰۵/۰۱	۱۱/۴	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۵/۲۱
۰۲	۰/۳۱	۴۲/۱۴	۴۰/۴۹	۰/۰۵	۱۰/۸۵	۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۵/۳۳
۰۳	۰/۳۱	۴۲/۴	۳۹/۲۵	۰/۰۱	۱۰/۸	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۵	۵/۴۲
۰۴	۰/۳۲	۴۳/۳	۴۰/۶۳	۰/۰۱	۱۰/۶۷	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۵/۶۵
۰۵	۰/۳۲	۴۱/۴۱	۴۰/۵	۰/۰۲	۱۰/۷۳	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۵/۵۷
۰۶	۰/۳۱	۴۱/۴	۴۰/۵۵	۰/۰۳	۱۰/۷۹	۰/۱۹	۰/۰۶	۰/۰۴	۵/۶۶
۰۷	۰/۱۸	۴۲/۲۵	۳۹/۵۶	۰/۰۲	۱۱/۴۴	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۵/۲۲
۰۸	۰/۱۳	۴۲/۷۹	۳۹/۵۸	۰/۰۱	۱۰/۷۵	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۵/۱۴
۰۹	۰/۳۱	۴۲/۷۳	۳۹/۵۷	۰/۰۲	۱۰/۸۴	۰/۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۵/۲۳
۱۰	۰/۳۱	۴۳/۲۹	۳۸/۴۶	۰/۰۴	۱۱/۱۳	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۵/۲۳
۱۱	۰/۳۲	۴۱/۹۱	۳۹/۳۳	nd	۱۰/۷۹	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۰۴	۵/۳۸
۱۲	۰/۳۲	۴۱/۹۲	۳۹/۶۲	۰/۰۲	۱۰/۸	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۵/۱۵
۱۳	۰/۳۲	۴۲/۸۳	۳۹/۶۲	۰/۰۲	۱۰/۹۷	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۵/۰۷
۱۴	۰/۳۲	۴۲/۵۵	۳۹/۹۶	۰/۱	۱۰/۷	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۵/۲۸
۱۵	۰/۳۱	۴۱/۷۹	۳۸/۳	۰/۰۳	۱۲	۰/۲	۰/۱	۰/۰۲	۵/۲۴
۱۶	۰/۳۱	۴۳/۰۴	۳۹/۳۲	۰/۰۲	۱۱/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۵/۰۴
۱۷	۰/۳۱	۴۲/۱۴	۳۹/۱	۰/۰۱	۱۱/۴	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۵/۲۱
۱۸	۰/۶۴	۴۵/۵	۳۶/۷۸	۰/۰۱	۹/۸	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۲	۴/۸۹
x±SD	۰/۳۵±۰/۱۹	۴۲/۵۳±۰/۹۳	۳۹/۴±۰/۹۱	۰/۰۲±۰/۰۲	۰/۴۵±۱۰/۹۴	۰/۱۸±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۳	۰/۰۴±۰/۰۱	۵/۲۷±۰/۲
حد استاندارد	۰/۲-۱	۳۶/۹-۴۷/۹	۳۴/۳-۴۵/۵	nd -۰/۱	۷/۹-۱۲	nd -۰/۲	nd -۰/۲	nd -۰/۱	۶/۴-۷/۵

nd= غیر قابل تشخیص

جدول ۴- ترکیب اسیدهای چرب از C20 تا C24، موجود در ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد

کد نمونه	آراشیدیک C20:0	ایکوزانوئیک C20:1	بهنیک C22:0	لیگنوسریک C24:0	الائیدیک C18:1t	مجموع C18:3t+C18:2t
۰۱	۰/۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۵	nd	۰/۰۳
۰۲	۰/۵۵	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۲
۰۳	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۷	nd	۰/۰۲
۰۴	۰/۳	۰/۱۸	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷
۰۵	۰/۵۶	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۱	۰/۱۳
۰۶	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۶
۰۷	۰/۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸
۰۸	۰/۵۳	۰/۲	۰/۲	۰/۱۴	nd	۰/۰۷
۰۹	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۵	nd	۰/۰۲
۱۰	۰/۴۹	۰/۱۶	۰/۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۳
۱۱	۰/۵۳	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۲
۱۲	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۳
۱۳	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۲
۱۴	۰/۵۳	۰/۱۷	۰/۱	۰/۰۳	nd	۰/۰۲
۱۵	۰/۴۷	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۲	nd	۰/۰۳
۱۶	۰/۵۱	۰/۱۶	۰/۱	۰/۰۷	nd	۰/۰۲
۱۷	۰/۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۵	nd	۰/۰۳
۱۸	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۲۳	nd	nd	۰/۰۳
x±SD	۰/۵۱±۰/۰۶	۰/۱۷±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۴	۰/۰۶۲±۰/۰۲۶	-	۰/۰۴±۰/۰۳
حد استاندارد	۰/۳-۰/۷	nd-۰/۳	nd-۱/۱	nd-۰/۳	۰/۱≤	۰/۲≤

nd= غیر قابل تشخیص

جدول ۵- ترکیبات استرولی (بر حسب درصد وزنی از کل استرول) و استرول تام (بر حسب میلی گرم در کیلوگرم) در ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد

کد نمونه	کلسترول	براسیکا استرول	کمپسترول	استیگما استرول	بتا سیتوسترول	دلتا ۵- اونا استرول	دلتا ۷- استیگما استنول	دلتا ۷- اونا استرول	سایر استرول‌ها	استرول کل
۰۱	۰/۲	۰/۱	۱۲/۴	۵/۶	۶۱/۶	۶/۲	۱/۸	۱/۹	۴/۵	۱۴۵۵۳
۰۲	۰/۲	۰/۲	۱۹/۹	۶/۲	۵۸/۷	۷/۸	۱/۳	۱/۳	۳/۶	۸۶۰۷
۰۳	۰/۲	۰/۲	۲۰/۰	۶/۶	۵۸/۵	۶/۹	۲/۳	۱/۵	۳/۱	۷۴۰۸
۰۴	۰/۲	۰/۲	۱۹/۲	۶/۲	۶۰	۷/۸	۰/۱	۱/۹	۳/۴	۸۰۹۹
۰۵	۰/۲	۰/۲	۲۰/۰	۶/۷	۵۷/۵	۷/۰	۰/۸	۱/۷	۲/۷	۴۵۹۱
۰۶	۰/۲	۰/۲	۲۰/۰	۶/۶	۵۸/۹	۶/۷	۰/۵	۱/۲	۰/۹	۸۱۸۳
۰۷	۰/۲	۰/۱	۲۰/۰	۶/۸	۵۹/۱	۶/۸	۲/۸	۱/۵	۲/۵	۷۵۲۵
۰۸	۰/۱	۰/۱	۱۹/۹	۶/۶	۵۷/۸	۷/۷	۱/۴	۱/۷	۳/۴	۱۲۶۱۹
۰۹	۰/۳	۰/۱	۲۰/۰	۶/۶	۵۹/۴	۷/۴	۱/۹	۱/۵	۱/۲	۱۸۸۰۵
۱۰	۰/۲	۰/۲	۲۰/۰	۷/۳	۵۷/۸	۷/۲	۱/۵	۱/۵	۱/۱	۷۵۸۲
۱۱	۰/۱	۰/۱	۲۲/۱	۶/۷	۵۷/۹	۷/۸	۰/۶	۱/۹	۳/۳	۱۸۴۹/۷
۱۲	۰/۱	۰/۲	۱۸/۹	۶/۱	۵۷/۷	۷/۸	۰/۵	۱/۲	۷/۸	۴۸۵۸
۱۳	۰/۱	۰/۱	۱۹/۲	۶/۸	۶۱/۶	۷/۰	۰/۶	۱/۳	۳/۹	۶۳۶۰
۱۴	۰/۱	۰/۲	۱۳/۶	۵/۹	۵۸/۰	۷/۰	۰/۵	۱/۴۲	۸/۱	۵۶۷۰
۱۵	۰/۱	۰/۱	۲۰/۰	۶/۵	۵۸/۹	۷/۸	۰/۷	۱/۳	۵/۰	۵۲۲۷
۱۶	۰/۱	۰/۱	۱۸/۱	۵/۱	۶۱/۹	۶/۷	۰/۲	۰/۵	۷/۴	۵۶۸۹
۱۷	۰/۲	۰/۱	۱۲/۴	۵/۶	۶۱/۶	۶/۲	۱/۸	۱/۹	۴/۵	۱۴۵۵۳
۱۸	۰/۱	۰/۶	۱۷/۰	۵/۷	۵۸/۰	۷/۲	۲/۴	۱/۳	۲/۰	۹۷۴۰
x±SD	۰/۰±۲/۱	۰/۰±۲/۱	۱۸/۲±۵/۸	۶/۰±۳/۶	۵۹/۱±۲/۵	۷/۰±۲/۵	۱/۰±۳/۸	۱/۰±۵/۴	۳/۲±۸/۱	۴۲۳۶±۸۴۴۰
حد استاندارد	۰/۰-۱/۵	۰/۰-۱/۲	۱۰/۲۰-۱	۳/۱۲-۴	۵۷/۶۱-۷/۹	۶/۷-۲/۸	۰/۷-۵/۶	۱/۵-۲/۶	۰/۹-۷/۲	۴۵۰۰-۱۹۰۰۰

استیرن

مقدار استیرن در نمونه ها بین ۰/۰۲ تا ۰/۱۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم و میانگین و انحراف معیار آن در ۱۸ نمونه مورد بررسی ۰/۰۴±۰۷/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود. بر اساس استاندارد ملی ایران مقدار استیرن باید حداکثر ۰/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم بود. نتایج نشان داد همه نمونه ها از این نظر مطابق با استاندارد بودند.

جدول۶- ترکیبات توکوفرولی در ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم روغن

کد نمونه	گاما توکوفرول	دلتا توکوفرول	توکوفرول کل
۰۱	۲۶۳/۹	۴/۰	۲۷۵
۰۲	۵۹۱/۴	۴/۰	۶۲۵
۰۳	۷۷۸/۳	۵/۳	۷۸۳
۰۴	۵۲۱/۱	۴/۰	۵۲۵
۰۵	۶۸۳/۶	۱۲/۱	۶۹۵
۰۶	۵۷۳/۶	۸/۱	۵۸۱
۰۷	۶۰۰/۰	۶/۱	۶۰۶
۰۸	۶۳۷/۳	۴/۵	۶۴۱
۰۹	۵۷۳/۹	۵/۰	۵۷۹
۱۰	۶۶۶/۳	۱۰/۵	۶۷۷
۱۱	۵۹۶/۳	۴/۰	۶۰۰
۱۲	۶۴۶/۱	۸/۰	۶۲۵
۱۳	۵۲۱/۸	۵/۱	۵۲۷
۱۴	۴۷۹/۱	۴/۰	۴۸۳
۱۵	۶۰۷/۹	۱۰/۱	۶۱۸
۱۶	۴۸۰/۰	۴/۰	۴۸۴
۱۷	۲۸۴/۰	۴/۵	۲۸۵/۰
۱۸	۴۰۵/۶	۴/۰	۴۰۹/۵
x±SD	۵۵۰/۱۳۲±۶/۲	۶/۲±۰/۶	۱۳۳±۵۵۸/۴
حد استاندارد	۵۲۱-۹۸۳	۴-۲۱	۳۳۰-۱۰۱۰

بحث

اندازه گیری اسیدهای چرب

محتوای اسیدهای چرب روغن‌ها نه تنها یک پارامتر مهم برای تعیین ارزش غذایی، تعیین کاربردهای روغن و پایداری اکسیداتیو آن به شمار می‌رود، بلکه یک شاخص ترکیبی و شناسایی است که میزان خلوص انواع روغن را نیز نشان می‌دهد. میزان اسیدهای چرب در روغن های مختلف متفاوت است و معمولاً در تحقیقاتی که روی انواع روغن های خوراکی انجام می شود، مقدار آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. تغییر در پروفایل اسیدهای چرب می تواند دلیل مخلوط کردن یک روغن با سایر روغن‌ها باشد. در روغن کنجد اسیدهای چرب غالب به ترتیب اهمیت عبارت از لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک و استئاریک می باشند. دو اسید چرب لینولئیک، و اولئیک که مقدار آن‌ها تقریبا برابر است، مجموعاً بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند. یکی از ویژگی‌های مهم و مشترک بسیاری از روغن‌های گیاهی، دارا بودن درصد زیادی از اسیدهای چرب اشباع نشده است که آن‌ها را در معرض فساد اکسیداتیو قرار می‌دهد. اما روغن کنجد علیرغم درصد بالای اسیدهای چرب غیر اشباع نسبت به فساد اکسیداتیو مقاوم است (Kikugawa *et al.*, 1983).

به طور کلی اختلاف بین اسیدهای چرب در نمونه های مختلف مورد بررسی بسیار کم بود و به نظر می‌رسد دانه های کنجد اولیه نیز از نظر ترکیب اسیدهای چرب بسیار به هم شبیه بوده اند. شایان ذکر است در استانداردهای ملی و بین المللی نیز فاصله بین حداقل و حداکثر اسیدهای چرب در روغن کنجد نسبت به روغن سایر دانه ها کمتر است. به عنوان مثال حد مجاز اسید چرب اولئیک در روغن آفتابگردان از ۱۴ تا ۳۹/۴ درصد و

در روغن ذرت از ۲۰ تا ۴۲/۲ درصد متغیر است در حالیکه در روغن کنجد مقدار آن بین ۳۴/۴ تا ۴۵/۵ درصد است (ISIRI, 13392). در بررسی که توسط Orsavova و همکاران انجام شد نتایج تا حدی مشابه بررسی حاضر بود. این محققین نیز گزارش نمودند که چهار اسید عمده به ترتیب عبارت از اولئیک (۴۱٪/۵)، لینولئیک (۴۰٪/۹)، پالمیتیک (۹٪/۷) و استئاریک (۶٪/۵) بودند. به نظر می رسد فرآیند تهیه روغن (پرس سرد یا سایر روشها) تاثیری شایان توجهی روی ترکیب اسیدهای چرب آن ندارد (Orsavova *et al*., 2015). در تحقیق دیگری که توسط Kurt و همکاران انجام شد، اسیدهای چرب در دو نوع روغن تهیه شده به روش استخراج با حلال و روغن تهیه شده به روش پرس سرد اندازه گیری و نشان داده شد که تفاوت معنی داری بین مقدار اسیدهای چرب در روغن استخراج شده به این دو روش وجود ندارد (Kurt *et al*., 2016). یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این روغن‌ها عدم وجود اسید چرب ترانس بود. اسیدهای چرب ترانس یکی از ویژگی‌های شناختی در روغن تهیه شده به روش پرس سرد است. عدم وجود اسید چرب ترانس یکی از عواملی است که نشان می دهد روغن فرآیندهای تصفیه را طی ننموده است. تمامی نمونه‌های مورد بررسی در این تحقیق یا فاقد اسید چرب ترانس بودند و/یا اینکه مقدار اسیدچرب ترانس در آنها از حد مجاز استاندارد کمتر بود که نشان می داد روغن کنجد به روش پرس سرد استحصال شده است.

استرول‌ها

فیتواسترولها، عمدتا بتاسیتوسترول، کمپسترول و استیگمااسترول، یکی از اجزاء طبیعی غشاء سلول های گیاهی هستند که در روغن‌های گیاهی، آجیل و دانه‌ها فراوان هستند (Erinc *et al*., 2009). فیتواسترول‌ها جزء ترکیبات موجود در بخش غیر قابل صابونی شدن روغن‌ها هستند. فرآیند تصفیه روغن و یا هیدروژناسیون باعث کاهش مقدار استرول‌ها و افزایش استرول‌های استریفیه شده نسبت به روغن‌های خام یا پالایش نشده، می شود. در این بررسی تنها در یکی از نمونه ها (شماره ۱۱) مقدار استرول کل کمتر از نیمی از حداقل مجاز استاندارد بوده و مقدار کمپسترول آن بیشتر از حد استاندارد بود، به همین دلیل احتمال دارد این نمونه روغن با روغن دیگری مخلوط شده باشد و/ یا اینکه دمای آن حین عمل استخراج از حد مجاز ۴۵ درجه بالاتر رفته باشد.

نتایج این بررسی تا حدی با نتایج سایر محققین مشابه بود. در تحقیقی که روی روغن ۴ نوع دانه کنجد مختلف که در مناطق متفاوت ترکیه کشت داده شده بودند انجام شد، میانگین مقدار بتاسیتوسترول ۶۸/۶۲٪، کمپسترل ۱۸/۴۲٪، استیگما استرول ۱۷٪/۷ و دلتا -۵- اونا استرول ۵/۳۵٪ به دست آمد (Unal 2008 & Yalcın,).

مقدار استرول کل در نمونه‌های مورد بررسی در این تحقیق (به استثناء ۳ نمونه)، از آنچه که برای روغن کنجد موروکو توسط Gharby گزارش شده است (mg/kg ۵۴۰۰) بیشتر بود. گرچه نتایج گزارش شده برای کمپسترول (۱۷٪/۸)، استیگما استرول (۱۰٪/۲) و دلتا-۵- اونا استرول (۶٪/۴) با نتایج آنها مشابه بود (Gharby *et al*., 2017). به طور کلی، فیتواسترول‌ها در روغن‌های گیاهی همواره مورد بررسی قرار می‌گیرند زیرا از یک سو یک پارامتر بسیار مفیدی برای تشخیص تقلب و/ یا بررسی خلوص روغن به شمار می‌روند و از سوی دیگر اثرات مفیدی بر سلامت جسمی انسان دارند. به عنوان مثال، فیتواسترول ها میزان کلسترول خون را کاهش داده و به سلامت قلب کمک می‌کنند. روغن های تصفیه نشده منبع مهم این مواد در رژیم‌های غذایی هستند. بنابراین، بالا بودن مقدار استرول در این نمونه ها نشان می‌دهد که روغن کنجد ایرانی می تواند ارزش تغذیه ای قابل توجهی داشته باشد.

در بین نمونه های مورد بررسی در این تحقیق، مقدار استرول‌ها از نظر کمی از تنوع زیادی برخوردار بود که به احتمال زیاد نشان دهنده تفاوت در شرایط جغرافیایی و یا تنوع گونه های گیاهی است.

توکوفرول‌ها

توکوفرول‌ها و توکوتری‌انول‌ها جزء ویژگی‌های ترکیبی و شناسایی روغن‌های گیاهی هستند. بنابراین همراه با سایر آزمونها، شاخص مناسبی برای تشخیص تقلب در روغن محسوب شوند، زیرا مقدار آن‌ها در دانه های روغنی مختلف متفاوت است. مهم‌ترین توکوفرول موجود در روغن کنجد، ایزومر گاما توکوفرول است. در بین سایر دانه های روغنی مانند آفتابگردان و ذرت و همچنین دانه های سایر مغزها (مانند گردو، بادام، پسته، فندق و بادام زمینی)، کنجد بیشترین مقدار گاما توکوفرول را دارا است. به نظر می رسد عملکرد اصلی بیوشیمیایی توکوفرول‌ها حفاظت از اسیدهای چرب اشباع نشده در برابر پراکسیداسیون است (Erinc *et al*., 2009). هرچه مقدار گاماتوکوفرول بیشتر باشد، اثر آنتی اکسیدانی در روغن بالاتر است. مقاومت بیشتر روغن دانه خشخاش در برابر اکسیداسیون می تواند ناشی از محتوای بالاتر γ-توکوفرول آن باشد.

مقدار حد مجاز توکوفرول‌ها از نظر استانداردهای ملی و بین المللی کدکس در روغن های تهیه شده به روش پرس سرد

و/یا سایر روش‌ها (روشهای مکانیکی و استخراج با حلال) یکسان است. بنابراین، احتمالا روش استخراج روغن اثر چندانی بر میزان توکوفرول‌ها ندارد و در نتیجه بر اساس این ویژگی نمی‌توان در مورد روش تهیه روغن اظهار نظر نمود. در سال ۱۹۸۵، روغن از چند نوع دانه روغنی شامل ذرت، زیتون، لوبیا سویا و دانه‌های کنجد، گلرنگ و آفتابگردان، به روش پرس سرد و پرس معمولی تهیه و مقدار چهار ایزومر توکوفرول در آن‌ها اندازه گیری شد. هیچ تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های این ترکیبات در روغن های تهیه شده به روش داغ و سرد وجود نداشت. همچنین مقدار گاما توکوفرول در روغن کنجد بین ۲۴۷ تا ۵۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و سه ایزومر دیگر (دلتا، آلفا و بتا) کمتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم بود (Speek *et al.*, 1985). در حالی که در مطالعه حاضر فقط ایزومرهای گاما و دلتا شناسایی شدند

در مطالعه مشابهی، Crews و همکاران در سال ۲۰۰۶ گزارش نمودند که مقدار گاما توکوفرول در روغن کنجد ۱۷۷-۷۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و سه ایزومر دیگر در روغن کنجد شناسایی نشدند.

در تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۴ تعیین میزان لیگنان و توکوفرول در ارقام کنجد هندی اندازه گیری شد. مقدار گاما توکوفرول در دانه کنجد بین۱۹۰ تا ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و در روغن آن بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر بود. در این بررسی نیز سایر ایزومرها شناسایی نشدند (Hemalatha, & Ghafoorunissa, 2004). کمال الدین و همکاران در سال ۱۹۹۴ نیز گزارش کردند که گاما توکوفرول تنها توکوفرول موجود در روغن کنجد (۵۸۴ میلی گرم بر کیلوگرم) بوده است. با توجه به اختلافات موجود در بین گزارشات ارائه شده، به نظر می رسد واریته کنجد در مقدار توکوفرول و ایزومرهای آن موثر است.

در تحقیق مشابهی که توسط حاجی محمودی و همکاران انجام شد، محتوای گاما توکوفرول در روغن و دانه ۷ نوع کنجد ایرانی با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا تعیین شد. محتوای گاما توکوفرول از ۵۶۳ تا ۱۰۹۵ در روغن و از ۲۹۳ تا ۵۶۹ میلی گرم در کیلوگرم در دانه کنجد متغیر بود. بر اساس نظر این محققین مقدار گاما توکوفرول در دانه های ایرانی از مقادیر گزارش شده توسط محققین سایر کشورها بیشتر بود که نشان دهنده ارزش غذایی و پایداری اکسیداتیو در دانه کنجد ایرانی است (Hajimahmoodi *et al.*, 2008). زیرا گاماتوکوفرول در دانه کنجد از یک فعالیت ویتامین E برابر با آلفا توکوفرول برخوردار بوده و لیگنان‌های موجود در دانه کنجد روی آن اثر سینرژیستی دارند (Yamashita *et al.*, 1992). توکوفرول‌ها دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نیز هستند. دلتا توکوفرول بیشترین خاصیت آنتی اکسیدانی را داراست. به طور کلی اختلاف قابل توجهی بین ۱۸ نمونه مورد بررسی از نظر مقدار توکوفرول‌ها مشاهده شد (جدول ۶). مقدار توکوفرول در روغن بستگی به شرایط انبارداری پس از برداشت و نگهداری دانه‌ها و فاصله زمانی بین استخراج روغن و اندازه‌گیری توکوفرول دارد. به این ترتیب که هرچه فاصله بیشتر باشد، مقدار این ترکیبات است کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، تغییرات ژنتیکی نیز روی میزان توکوفرول‌ها موثر است (Abidi, 2001). بنابراین تفاوت فاحش بین نمونه ها قابل توجیه است.

استیرن

استیرن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که طی فرآیندهای تصفیه یا استرول‌زدایی (که در روغنهای گیاهی انجام می شود)، از استرول‌ها ایجاد می‌شوند. مقدار استیرن و اسیدهای چرب ترانس جزء ویژگی‌هایی هستند که برای شناسایی روغن تهیه شده به روش پرس سرد به کار می روند. وقتی مقدار استیرن‌ها کمتر از ۰/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم و مقدار اسیدهای چرب ترانس کمتر از ۰/۲ درصد از کل اسیدهای چرب باشد، می توان نتیجه گرفت که روغن به روش پرس سرد تهیه شده است. تمامی نمونه های مورد بررسی در این تحقیق، از نظر این دو ویژگی با استاندارد مطابقت داشتند.

نتیجه گیری

در مجموع از بین ۱۸ نمونه روغن کنجد تهیه شده به روش پرس سرد، ۷ نمونه (حدود ۳۹٪) حداقل در یکی از ویژگیهای مورد بررسی با استاندارد مطابقت نداشت. بیشترین میزان عدم انطباق نمونه ها مربوط به توکوفرول‌ها و پس از آن، استرول‌ها بود. تغییرات این ترکیبات در روغن های خوراکی می تواند ناشی از انجام عملیات تصفیه روغن باشد. اما از آنجا که در هیچ یک از نمونه های مورد بررسی مقدار اسیدهای چرب ترانس و استیرن از حد استاندارد روغن های تهیه شده به روش پرس سرد بیشتر نبود می توان نتیجه گرفت که نمونه ها همگی طبق ادعای تولید کنندگان به روش پرس سرد تهیه شده اند. گرچه ممکن است دمای روغن خروجی از دستگاه پرس سرد از ۴۵ درجه سلسیوس بیشتر شده باشد. پروفایل اسید چرب در همه نمونه ها مطابق استاندارد بوده و علاوه بر آن حدود ۹۰٪ نمونه‌ها از نظر ویژگیهای کیفی (اسیدیته، پراکسید، رطوبت و مواد فرار، ناخالصی نامحلول، صابون) و ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی (دانسیته، نمایه شکست، عدد یدی، عدد صابونی، مواد غیر قابل صابونی شدن) وضعیت مطلوبی داشتند. روغن کنجد ایرانی می‌تواند منبع خوبی از استرول‌ها و توکوفرول‌ها باشند.

در تهیه برخی از انواع روغن ها که به روش پرس سرد تهیه می شوند، از المنت استفاده می شود که حرارت ناشی از آن به توکوفرول ها وسایر ترکیبات فعال زیستی موجود در روغن آسیب رسانده و آنها را کاهش می‌دهد. بنابراین بهتر است گستره تعیین شده در استاندارد ملی ۱۳۳۹۲ برای مقادیر توکوفرول و توکوترینول به نحوی تعیین گردد که بر اساس آن، روغن های کنجد پرس سردی که در آنها از المنت استفاده می‌شود از روغن های پرس سردی که دمای آنها از ۴۵ درجه بالاتر نمی‌رود، متمایز گردند. همچنین پیشنهاد می شود به منظور کنترل بهتر این محصول، ویژگی های حسی روغن کنجد و روش ارزیابی آنها تعیین و در استاندارد آن ذکر شوند.

REFERENCES

Abidi, S.L. (2001). Chromatographic analysis of plant sterols in foods and vegetable oils. *Journal of Chromatography A*, 935, 173-20.

Aglave, H.R. (2018). Physiochemical characteristics of sesame seeds. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(1), 64-66.

Anilakumar, K.R., Pal, A., Khanum, F. & Bawa, A.S. (2010). Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (Sesamumindicum L.) seeds–an overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75 (4), 159-168.

AOCS. Official method CC-Loa-25. (1993). Specific gravity of oils and liquid fats.

Crews, C., Hough, P., Godward, J., Brereton, P., Lees, M., G uiet, S. & Winkelmann, W. (2006). Quantitation of the main constituents of some authentic grape-seed oils of different origin. Journal *of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6261-6.

Erinç, H., Tekin, A. & Ozcan, M.M. (2009). Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (Papaver somniferumL.) seeds. *GRASAS Y ACEITES*, 60 (4), 375-381.

Gharby, S., Harhar, H., Z. Asdadi A., El Yadini, A. & Charrouf, Z. (1017). Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* 16(2), 105-111.

Gogolewski, M., Nogala-Kałucka, M. & Szeliga, M. (2000). Changes of tocopherol and fatty acid contents in rapeseed oil during refining. *European Journal of Lipid Science and Technolo,*120, 618-623.

Hajimahmoodi, M., Oveisi, M.R., Sadeghi, N., Jannat, B., Bahaeddin, Z. & Mansoori, S. (2008). Gamma tocopherol content of Iranian sesame seeds. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 7(2), 135-139.

Hemalatha, S. & Ghafoorunissa, (2004). Lignans and tocopherols in Indian sesame Cultivars, Journal of the American Oil Chemists' Society, 81(5), 467-470.

Kikugawa, K., Arai, M. & Kurechi, T.R. (1983). Participation of sesamol in stability of sesame oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(8), 1528-1533.

Kurt, C., Arioglu, H., Erdem, T. & Akkaya. M.R. (2016). A comparative study of fatty acid extraction methods of sesame (sesamumindicum l.) varieties grown under mediterranean. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4, (V-Suppl.).

ISIRI 13392, (2015). Edible cold pressed oils – Specifications &Test methods. 1st. revision. *Iranian National Standardization Organization.* (In Farsi).

ISIRI 4177, (2009). Animal and vegetable fats and oils-Determination of water content-Karl Fischer method (pyridine free). 1st. revision. *Iranian National Standardization Organization*. (In Farsi).

ISIRI 9670, (2007). Animal and vegetable fats and oils -Determination of individual and total strols contents by as chromatography -Test method. 1st.edition. *Iranian National Standardization Organization.* (In Farsi).

IOOC COI/T.20/Doc.no.16/Rev.1, (2001). Method of analysis – Determination of sterenes in refined vegetable oils.

ISO 3657, (2013)(E). Animal and vegetable fats and oils-Determination of saponification value. *International Organization on Standardisation.*

ISO 3961, (2013). Animal and vegetable fats and oils – Determination of iodine value – Test method. *International Organization on Standardisation.*

ISO 6320, (2000). Animal and vegetable fats and oils-Determination of refractive index. *International Organization on Standardisation.*

ISO 3596-2, (1988). Animal and vegetable fats and oils - Determination of unsaponifiable matter. Part 2: Rapid method using hexane extraction. *International Organization on Standardisation.*

ISO 9936, (2016). Animal and vegetable fats and oils-Determination of tocopherol and tocotrienol contents by highperformance liquid chromatography method. *International Organization on Standardisation.*

ISO 12966-2, (2011). Animal and vegetable fats and oils-Gas chromatography of fatty acid methyl esters- Part 2: Preparation of fatty acid methyl esters. *International Organization on Standardisation.*

ISO 12966-4, (2011). Animal and vegetable fats and oils-Gas chromatography of fatty acid methyl esters- Part 4: Determination by capillary gas chromatography. *International Organization on Standardisation.*

ISO 660, (2009). Animal and vegetable fats and oils . Determination of acid value and acidity. Test method. *International Organization on*

Standardisation.

ISO 3960, (2017). Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value -Iodometric (visual) endpoint determination.

ISO 3657, (2013)(E). Animal and vegetable fats and oils - Determination of saponification value. *International Organization on Standardisation.*

Nederal, S., Kraljic, K., Bataljaku, A., Skevin, D., Obranovic, M. & Papesa. S. (2012). Chemical Composition and Oxidative Stability of Roasted and Cold Pressed Pumpkin Seed Oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 89, 1763–1770.

Nzikou, J.M., Matos, L., Bouanga-Kalou, G., Ndangui, C.B., Pambou-Tobi, N.P.G., Kimbonguila, A., Silou, Th., Linder M. & Desob, S. (2009). Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (Sesamumindicum L.) Grown in Congo. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 6-11.

Olaleye, O.O. & Kukwa, R.E. (2018). Physico Chemical Properties and Chemical Constituent Characterization of Moringa oleifera Seed Oil from Benue State, Nigeria, Extracted Using Cold and Soxhlet Method. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 16(3): 1-11.

Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, V. J., Vicha, R. & Mlcek, J. (2015). Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *International Journal of Molecular Science*, 16, 12871-12890.

Pathak, N., Rai, A.K., Kumari, R. & Bhat, K.V. (2014). Valueadditionin sesame: A perspective on bioactive components forenhancing utility and profitability. *Pharmacogn Review*, 8,147-155.

Rahman, M.S., Hossain, M.A., Ahmed, G.M. & Uddin, M.M. (2007). Studies on the characterization, lipids and glyceride compositions of Sesame (Sesamumindicumlinn.) seed oil. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 42, 67-74.

Rubalya Valantina, S., Mukesh Kumar, V. & Devasena, T. (2016). Selected Rheological Characteristics and Physicochemical Properties of Vegetable Oil Affected by Heating. *International Journal of Food Properties*, 19(8), 1852-1862.

Speek, J. A., Schrijver, J. & Schreurs, W.H.P. (1985). Vitamin E composition of some seed oil as determined by high performance liquid chromatography with fluorometric Detection. *Journal of Food Science*, 50, 121-124.

Unal, M.K. & Yalcın, H. (2008). Proximate composition of Turkish sesame seeds and characterization of their oils. . *GRASAS Y ACEITES*, 59 (1), 23-26.

Yamashita, K., Nohara, Y., Katayama, K. & Namiki, M. (1992). Sesame Seed Lignans and γ-Tocopherol Act Synergistically to Produce Vitamin E Activity in Rats. *Journal of Nutrition*, 122, 2440–2446.