

## Comparison of sesame oil properties obtained from cold press and solvent extraction methods with refined oil during storage

Mirazizi, S.<sup>1</sup>, Gharachorloo, M.<sup>2\*</sup>, Sharifan, A.<sup>2</sup>

1. M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

\*Corresponding author: m\_gharachorloo@srbiau.ac.ir

(Received: 2019/2/5 Accepted: 2020/1/18)

### Abstract

Considering the importance of the edible oils in the diet and the increasing demand for raw and unprocessed oils, in this research the chemical properties of oils obtained from the cold press and solvent extraction of three different varieties of sesame seed including fatty acid composition, chlorophyll, carotenoids, sterol, tocopherol and aflatoxin values were determined. The peroxide value of oils in two conditions of thermal accelerated and optical oxidation was also compared. The results indicated that the extraction efficiency was the highest by using solvent for extraction (58.13%) and oleic acid and linoleic acid are the predominant fatty acids in sesame. There was a significant difference in total sterol, chlorophyll and carotenoid contents of oils extracted by cold pressing, solvent extraction and refined oils ( $P < 0.05$ ). The highest and lowest levels of total tocopherol were related to solvent extracted and refined oils, which were equivalent to 759.18 and 437.4 mg/kg, respectively. The peroxide value increased in accelerated light and temperature conditions over time, and the effect of light on the increasing of the peroxide value was higher than the temperature. The amount of aflatoxin in the extracted oil samples was below the detection limit (ppb 0.01). The results showed that the oils produced by cold pressing methods contain more micronutrients and antioxidants than the refined oils, but have shorter shelf lives in unfavorable conditions.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords:** Sesame oil, Extraction method, Chemical properties, Cold press, Solvent extraction

DOI: 10.30495/JFH.2020.670753

«مقاله پژوهشی»

## مقایسه ویژگی‌های روغن کنجد حاصل از پرس سرد، استخراج با حلال و تصفیه شده طی زمان ماندگاری

سلیمه میرعزیزی<sup>۱</sup>، مریم قراچورلو<sup>۲\*</sup>، انوشه شریفان<sup>۲</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*نویسنده مسئول مکاتبات: m\_gharachorlo@srbiau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۸/۲/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۰/۲۸)

### چکیده

با توجه به اهمیت جایگاه روغن‌های خوراکی در رژیم غذایی و افزایش تقاضا برای استفاده از روغن‌های خام و فرآیند نشده در این تحقیق ویژگی‌های شیمیایی روغن‌های حاصل از روش استخراج پرس سرد و استخراج با حلال سه واریته مختلف دانه کنجد شامل ترکیب اسیدهای چرب، مقادیر کلروفیل، بتاکاروتن، استرول، توکوفرول و آلفاتوکسین با روغن تصفیه شده مورد مقایسه قرار گرفت. عدد پراکسید نیز طی دو شرایط تسریع شده اکسیداسیون حرارتی و نوری تعیین شد. نتایج نشان داد بازده روش استخراج با حلال (۵۸/۱۳ درصد) بیش از روش پرس سرد بوده و اسیدهای چرب غالب در نمونه‌های روغن کنجد شامل اسیدهای اولئیک و لینولئیک می‌باشند. استرول تام در روغن پرس سرد (۵۳۶۷/۴۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم) بیش از روغن استخراج شده با حلال و روغن تصفیه شده بوده است. طی فرآیند تصفیه میزان کلروفیل و کاروتنوئید روغن کاهش یافت ( $P < 0/05$ ). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان توکوفرول کل به ترتیب مربوط به روش استخراج با حلال و روغن تصفیه شده معادل ۷۵۹/۱۸ و ۴۳۷/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود. عدد پراکسید در شرایط تسریع شده نوری و دمایی باگذشت زمان افزایش یافت و تأثیر نور بر روند افزایش عدد پراکسید بیش از دما بوده است. علیرغم وجود مقدار ناچیز (۰/۱۲ - ۰/۰۸ ppb) آلفاتوکسین کل در دانه، میزان آن در نمونه‌های روغن استخراج شده زیر حد قابل تشخیص دستگاه (۰/۰۱ ppb) بود. لذا با وجود خواص تغذیه‌ای بالاتر روغن‌های پرس سرد نسبت به نوع تصفیه شده، این روغن‌ها قابلیت ماندگاری پایین تری نسبت به نوع تصفیه شده دارند.

واژه‌های کلیدی: روغن کنجد، روش استخراج، ویژگی‌های شیمیایی، پرس سرد، استخراج با حلال

## مقدمه

با توجه به اهمیت جایگاه روغن در رژیم غذایی، انتخاب نوع روغن به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار بر سلامتی همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است (Dubois et al., 2007). دانه کنجد بیش‌ترین میزان روغن را در بین دانه‌های روغنی دیگر داراست و به‌عنوان یک غذای سالم و سستی در کشورهای خاورمیانه و ژاپن استفاده می‌شود (Kang et al., 1998). در میان روش‌های مختلف استخراج روغن‌های گیاهی، دو روش استخراج با حلال و روش مکانیکی (پرس سرد یا گرم) از معمول‌ترین روش‌ها می‌باشند. مکانیزم فرایند استخراج روغن به‌وسیله پرس سرد، اعمال نیروی مکانیکی و مکانیزم فرایند استخراج روغن در روش استخراج با حلال بر این اساس استوار است که تا زمانی که حلالیت حلال به حد اشباع نرسیده باشد روغن در آن حل می‌شود. (Prescha et al., 2014).

امروزه با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و گرایش به استفاده از مواد غذایی طبیعی و فرآیند نشده تقاضا برای روغن‌های استخراج شده با روش پرس سرد افزایش یافته است. این روغن‌ها با عطر و طعم به‌خصوص اغلب دارای ترکیبات زیست‌فعال ارزشمندی بوده و حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بیش‌تری در مقایسه با روغن‌های تصفیه شده می‌باشند اما استفاده از آن‌ها برای فرآیند سرخ کردن به علت تجزیه سریع اسیدهای چرب در حرارت‌های بالا و اثر منفی بر خصوصیات حسی محصول نهایی توصیه نمی‌گردد (Prescha et al., 2014). مسئله حائز اهمیت دیگر در به‌کارگیری روش پرس سرد، راندمان پایین استخراج روغن و هم‌چنین

مقدار کم ترکیبات جزئی (فیتواسترول‌ها و توکوفرول‌ها) در روغن حاصل، در مقایسه با روش استخراج با حلال است (Cheng, 1992). از طرف دیگر متابولیت‌های سمی قارچ‌ها یا میکوتوکسین‌های موجود در دانه‌های روغنی و غلات مسئول بسیاری از اپیدمی‌ها در جوامع انسانی در دوران اخیر بوده (Cheng, 1992) و مواد غذایی آلوده به آفلاتوکسین‌ها، باعث عارضه‌های متعددی در بدن انسان می‌شوند (Abbas, 2005)، از این‌رو کنترل میزان آفلاتوکسین در روغن‌های گیاهی قبل از مصرف، بسیار ضروری است.

با توجه به افزایش تقاضا برای روغن‌های خام حاصل از پرس سرد، در این تحقیق بررسی ویژگی روغن کنجد گونه‌های مختلف این دانه روغنی، استخراج شده به‌روش پرس سرد، استخراج با حلال قبل و بعد از فرآیند تصفیه مورد توجه قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### – آماده‌سازی دانه کنجد

دانه کنجد وارسته‌های پاکستانی، هندی و افغانی و هم‌چنین روغن کنجد خام و تصفیه حاصل از پرس سرد دانه کنجد پاکستانی در سال ۱۳۹۶ تهیه گردید و آزمایشات در مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات انجام شد. ابتدا دانه‌های کنجد خام که به‌صورت تصادفی از چند کیسه مختلف در مراکز تولید روغن جمع‌آوری شدند برای رفع آلودگی‌های خارجی مورد بررسی قرار گرفته و آسیاب گردیدند.

## - استخراج روغن

استخراج روغن به دو روش پرس سرد و استخراج با حلال انجام شد. در روش پرس سرد، استخراج روغن توسط دستگاه روغن گیری انجام و جهت جداسازی ذرات معلق جامد از ته نشینی و ترسیب ذرات استفاده گردید (Lee et al., 2010). جهت استخراج با حلال از روش غوطه‌وری توسط حلال نرمال هگزان استفاده شد (Ghavami et al., 2008). نمونه‌های روغن کاملاً شفاف در ظروف تیره در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

## - ارزیابی میزان رطوبت دانه کنجد

رطوبت دانه کنجد به روش خشک کردن در آون  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس طبق استاندارد ملی ایران تعیین شد (ISIRI, 8034/2005).

## - تعیین ترکیب اسید چرب و اندیس یدی

جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب ابتدا متیل استر اسید چرب تهیه شد. بدین منظور به ۵ قطره روغن ۱ میلی لیتر تولوئن و ۲ میلی لیتر متوکسید سدیم ۰/۵ نرمال افزوده شد. پس از نیم ساعت قرارگیری در بن ماری ۵۰

درجه سلسیوس، ۰/۱ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال و ۵ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد و محتویات لوله آزمایش به مدت چند ثانیه با ورتکس مخلوط گردید. سپس فاز روئی که حاوی هگزان و متیل استر اسید چرب بود، جدا گردید و آبگیری با سولفات سدیم بدون آب انجام شد (Ghavami et al., 2008).

تعیین ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Shimadzunexis GC-2030 مجهز به آشکارساز شعله‌ای FID در ستون ۶۰ متری با قطر ۰/۲۵ میلی متر انجام شد (Chen et al., 2016). گاز حامل هیدروژن با خلوص ۹۹/۹۹ درصد و با جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه و مقدار تزریق نمونه ۱ میکرولیتر بود. دمای محل تزریق، آشکارساز و ستون به ترتیب ۲۶۰، ۳۰۰ و ۲۳۰ درجه سلسیوس تنظیم گردید. شناسایی با مقایسه زمان بازداری اسیدهای چرب با زمان بازداری استاندارد اسیدهای چرب تعیین و نتایج به صورت درصد بیان شد.

اندیس یدی نیز به روش محاسباتی از روی ترکیب اسید چرب طبق فرمول زیر تعیین گردید.

$$+ (1.732 \times \%C18:2) + (0.860 \times \%C18:1) + (0.950 \times \%C16:1) = \text{اندیس یدی} \\ + (0.723 \times \%C22:1) + (0.785 \times \%C20:1) + (2.616 \times \%C18:3)$$

## - ارزیابی ترکیبات استرولی

ارزیابی ترکیبات استرولی توسط صابونی کردن مقدار مشخصی نمونه روغن با محلول هیدروکسید پتاسیم الکلی، جداسازی ترکیبات غیرصابونی شونده با استفاده از کروماتوگرافی لایه نازک و سپس شناسایی ترکیبات

استرولی با کروماتوگرافی گازی صورت پذیرفت (Ghavami et al., 2008).

دستگاه کروماتوگرافی گازی Shimadzu nexis GC-2030 با ستون موئین، مقدار تزریق ۱ میکرولیتر و آشکارساز شعله‌ای (FID)، دمای محل تزریق و

اسپکتروفتومتر صورت گرفت و مقدار کل کاروتنوئید در روغن برحسب میزان بتاکاروتن (میلی گرم در کیلوگرم) برحسب اختلاف جذب نوری در محلول روغن و سیکلوهگزان (A)، حجم محلول V (برحسب میلی لیتر)، طول مسیر سل L (برحسب سانتی متر)، وزن روغن مورد استفاده جهت اندازه گیری (برحسب گرم) W، بر اساس معادله زیر محاسبه می گردد. ضریب خاموشی محلول بتاکاروتن خالص با سل یک سانتی متری برابر ۰/۲۶۱ می باشد (ISIRI, 6686/2002).

$$\beta = \frac{AV}{0.261LW}$$

- تعیین اسیدیته روغن

تعیین اسیدیته از طریق تیتراسیون با هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال صورت گرفت (Ghavami et al., 2008).

- تعیین زمان مقاومت به اکسیداسیون

زمان پایداری روغن‌ها با استفاده از دستگاه رنسیمت Metrohm مدل ۷۴۳ برای ۲/۵ گرم نمونه روغن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس و با جریان هوای ۱۰ لیتر بر ساعت اندازه گیری و نتایج آن برحسب ساعت بیان شد (Tabee et al., 2008).

- بررسی پایداری اکسیداتیو در شرایط تسریع شده حرارتی یا نوری

بررسی پایداری اکسیداتیو روغن‌ها از طریق تعیین عدد پراکسید نمونه‌های روغن قرار گرفته تحت شرایط تسریع شده اکسیداسیون حرارتی و نوری تعیین گردید. جهت شرایط تسریع شده اکسیداسیون حرارتی نمونه‌های روغن برای ۲۱ روز در آن ۶۰ درجه سلسیوس مجهز به سیستم گردش هوای اجباری قرار

آشکارساز ۳۰۰ و ۳۱۰ درجه سلسیوس، گاز حامل: هیدروژن با خلوص ۹۹/۹۹ درصد با جریان ۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. دمای اولیه دستگاه ۲۴۰ درجه و با گرادیان ۱۰ درجه سلسیوس در دقیقه به دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس رسید.

- ارزیابی ترکیبات توکولی

برای این منظور طبق روش استاندارد AOCs Ce 8- 89 ابتدا ۱ گرم از نمونه روغن در ۹ میلی لیتر نرمال هگزان حل شد و جهت شناسایی و تعیین میزان توکوفرول‌ها به دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مجهز به ستون RStech Hector-M Silica (150 mm x 4.6 mm id, particle size S- 5 μm) تزریق گردید. دمای ستون ۲۵ درجه سلسیوس نگه داشته شد. جداسازی توکوفرول بر اساس شستشو ایزوکراتیک با متانول (۱۰۰٪) در ۱ میلی لیتر/دقیقه صورت گرفت (De Greyt et al., 1998).

- ارزیابی مقدار کلروفیل و بتا کاروتن

جهت تعیین مقدار کلروفیل، جذب نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰، ۶۷۰ و ۷۱۰ نانومتر در یک سل ۱۰ میلی متری و در مقابل هوا به عنوان شاهد تعیین شد. میزان رنگدانه‌های کلروفیل برحسب میلی گرم فنوفیتین آ بر کیلوگرم نمونه روغن (C) برحسب مقادیر جذب (A) و طول مسیر عبور نور برحسب میلی متر از معادله زیر محاسبه گردید (ISIRI, 5952/2002).

$$C = 345.3 \times \frac{(A_{670} - 0.5A_{630} - 0.5A_{710})}{L}$$

جهت تعیین مقدار کاروتنوئیدها، اندازه گیری جذب محلول روغن در سیکلوهگزان توسط دستگاه

از ستون، آنالیت موجود در عصاره (آنتی ژن) به آنتی‌بادی‌های درون ستون، با عبور متانول از داخل ستون، شسته و درون ویال جمع‌آوری و با آب رقیق گردید.

تزیق، جداسازی، تشخیص و تعیین مقدار با روش فازمعکوس کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا به ترتیب، با استفاده از ستون فازمعکوس، مشتق ساز و دکتور فلورسانس، مقایسه سطح زیر منحنی و یا ارتفاع منحنی‌های استاندارد با نمونه مجهول، با احتساب ضریب رقت انجام شد.

#### - تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از آنالیز واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰.۰۵٪ استفاده شد.

#### یافته‌ها

##### - رطوبت دانه و بازده استخراج روغن

طبق جدول (۱) بیش‌ترین و کم‌ترین درصد رطوبت به ترتیب مربوط به واریته هندی و واریته پاکستانی بوده و تفاوت معنی‌داری بین میانگین درصد رطوبت واریته‌های مختلف دانه کنجد وجود دارد ( $P < 0/05$ ).

بازده استخراج روغن در روش پرس سرد در واریته‌های مختلف در محدوده ۴۰/۲۹ تا ۴۷/۹۶ درصد و در روش استخراج با حلال در محدوده ۵۰/۷۷ تا ۵۸/۱۳ درصد بوده است که نشان دهنده بالاتر بودن بازده استخراج به روش حلال می‌باشد. نتایج آنالیز

داده شد و در دوره‌های زمانی ۷ روزه اندیس پراکسید تعیین گردید (Ramadan et al., 2004).

جهت ایجاد شرایط تسریع شده اکسیداسیون نوری نمونه‌های روغن در محفظه‌ای با تابش نور سفید فلورسانس با شدت ۴۰ وات از فاصله ۱۰ سانتی‌متری بالای ظرف نمونه در دمای محیط (۲۷ درجه سلسیوس) به مدت ۲۱ روز قرار داده شدند (Khan et al., 2002). تعیین عدد پراکسید طبق استاندارد ملی ایران در فواصل زمانی ۷ روزه صورت پذیرفت (ISIRI, 4179/1999).

##### - اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین

اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین کل و آفلاتوکسین B<sub>1</sub> در دانه‌های کنجد و نمونه‌های روغن حاصل از روش‌های مختلف استخراج توسط روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) و تخلیص با استفاده از ستون ایمونوآفینیته انجام شد (ISIRI, 6872/2008).

جهت استخراج آفلاتوکسین از دانه کنجد، ۶ گرم از دانه‌های آسیاب شده در داخل فلاسک ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و مقداری کلروفرم به نسبت وزنی دانه به کلرفرم ۳ به ۱ به آن اضافه شد. سپس با استفاده از همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰ rpm به مدت ۲ ساعت هم زده شد. لایه کلروفرمی از مخلوط جدا شد و جهت تزیق و تعیین مقدار آفلاتوکسین مورد استفاده قرار گرفت (Mbah et al., 2009).

جهت استخراج آفلاتوکسین از روغن، آنالیت با استفاده از حلال (۵۵ حجم متانول و ۴۵ حجم آب) استخراج گردید. عصاره رقیق شده از ستون‌های ایمونوآفینیته دارای آنتی‌بادی‌های ویژه آفلاتوکسین‌های گروه B و G عبور داده شد. با عبور عصاره رقیق شده

واریانس نشان داد که روش استخراج و وارپته کنجد اثر معنی داری بر بازده استخراج روغن داشته‌اند ( $P < 0/05$ ).

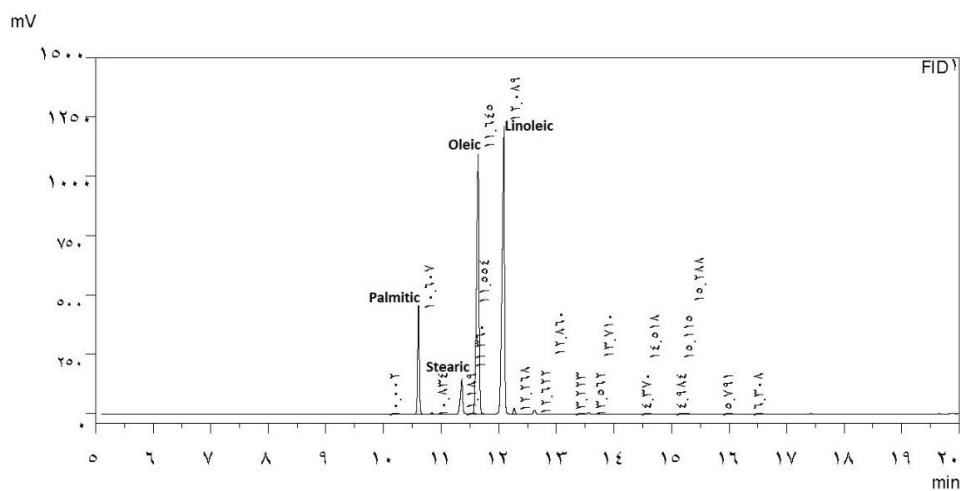
جدول (۱) - بازده استخراج روغن (میانگین و انحراف معیار) برحسب وزن مرطوب دانه در وارپته‌های مختلف کنجد از روش پرس سرد و استخراج با حلال

بازده استخراج روغن (درصد)		رطوبت (درصد)	وارپته کنجد
استخراج با حلال	پرس سرد		
۵۰/۷۷±۲/۵۹ <sup>Ab</sup>	۴۰/۲۹±۱/۹۶ <sup>Bc</sup>	۴/۴۳±۰/۲۵ <sup>b</sup>	افغانی
۵۸/۱۳±۰/۹۲ <sup>Aa</sup>	۴۷/۹۶±۱/۶۶ <sup>Ba</sup>	۵/۳۸±۰/۲۴ <sup>a</sup>	هندی
۵۲/۱۳±۲/۵۳ <sup>Ab</sup>	۴۴/۷۷±۲/۵۸ <sup>Bb</sup>	۳/۵۸±۰/۲۱ <sup>c</sup>	پاکستانی

A, B, C در هر ردیف و a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0/05$ ).

با توجه به بالاتر بودن اسیدهای چرب غیراشباع در روغن حاصل از روش استخراج با حلال عدد یدی این نمونه‌ها نیز بیش تر از روش استخراج به روش پرس سرد می‌باشد (جدول ۳). در واقع روش استخراج اثر معنی داری بر اندیس یدی روغن کنجد داشته است ( $P < 0/05$ ). عملیات تصفیه نیز به دلیل عدم تغییر در ترکیب اسیدهای چرب اثر معنی داری بر اندیس یدی روغن نداشته است.

- ترکیب اسیدهای چرب و اندیس یدی  
نمونه‌ای از کروماتوگرام ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد در نمودار (۱) نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از بررسی ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های روغن کنجد (جدول ۲)، عملیات تصفیه اثر معنی داری بر ترکیب و درصد اسیدهای چرب موجود در نمونه‌های روغن نداشته است.



نمودار (۱) - کروماتوگرام ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد

جدول (۲) - درصد (میانگین و انحراف معیار) اسیدهای چرب نمونه‌های روغن کنجد

واريته/اسیدچرب	افغانی		هندی		پاکستانی	
	روغن خام	روغن تصفیه	روغن خام	روغن تصفیه	روغن خام	روغن تصفیه
	پرس سرد	پرس سرد	پرس سرد	پرس سرد	پرس سرد	پرس سرد
C12:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	ND	ND	N.D	۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۰۰	۰/۰۷±۰/۰۰
C16:0	۷/۷۴±۰/۳۵	۶/۶۰±۰/۲۶	۵/۷۲±۰/۳۰	۴/۹۶±۰/۲۳	۹/۸۱±۰/۲۶	۹/۱۹±۰/۱۲
C16:1	ND	ND	ND	ND	۰/۱۵±۰/۰۰	۰/۱۵±۰/۰۰
C17:0	ND	ND	ND	ND	۰/۰۶±۰/۰۰	۰/۰۵±۰/۰۰
C17:1	ND	ND	ND	ND	۰/۰۴±۰/۰۰	۰/۰۳±۰/۰۰
C18:0	۵/۷۹±۰/۴۳	۳/۹۳±۰/۵۳	۵/۱۰±۰/۳۵	۴/۴۲±۰/۱۴	۵/۱۸±۰/۲۵	۵/۲۲±۰/۳۳
C18:1t	ND	ND	ND	ND	۰/۱۱±۰/۰	۰/۱۳±۰/۰۰
C18:1	۴۶/۱۱±۱/۰۶	۴۶/۴۷±۰/۹۹	۴۵/۵۴±۱/۱۰	۴۶/۱۷±۰/۱۶	۴۰/۱۲±۰/۷۷	۴۰/۲۴±۰/۵۶
C18:2	۴۰/۳۴±۰/۹۵	۴۲/۹۸±۰/۸۵	۴۰/۴۵±۰/۹۷	۴۲/۹۹±۱/۱۵	۴۲/۹۲±۰/۷۴	۴۲/۷۰±۰/۳۲
C18:3	ND	ND	ND	ND	۰/۴۷±۰/۰۰	۰/۴۸±۰/۰۰
C20:0	ND	ND	ND	ND	۰/۵۹±۰/۰۰	۰/۶۱±۰/۰۰
C22:0	ND	ND	۰/۰۴±۰/۰۰	۰/۰۳±۰/۰۲	۰/۱۶±۰/۰۰	۰/۱۶±۰/۰۰
C24:0	ND	ND	ND	ND	۰/۱۵±۰/۰۰	۰/۱۳±۰/۰۰
سایر	۰/۰۲±۰/۰۰	۰/۰۲±۰/۰۰	۳/۱۵±۰/۰۳	۱/۴۳±۰/۰۲	۰/۲۸±۰/۰۲	۱/۵±۰/۰۳

ND: غیر قابل تشخیص

جدول (۳) - اندیس یدی (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (گرم I<sub>2</sub> بر ۱۰۰ گرم روغن)

نوع روغن	پرس سرد	حلال
روغن خام (افغانی)	۱۰۹/۵۲±۲/۵۵ <sup>Ba</sup>	۱۱۴/۴۰±۲/۳۲ <sup>Aa</sup>
روغن خام (هندی)	۱۰۹/۲۲±۲/۶۲ <sup>Ba</sup>	۱۱۴/۱۶±۲/۱۲ <sup>Aa</sup>
روغن خام (پاکستانی)	۱۱۰/۲۱±۱/۹۴ <sup>Aa</sup>	۱۰۹/۹۶±۱/۰۳ <sup>Ab</sup>
روغن تصفیه (پاکستانی)	۱۰۹/۶۲±۰/۷۱ <sup>Aa</sup>	-

A, B, C در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو روش استخراج و a, b, c در هر ستون،

نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بین واریته‌ها است.

### - ترکیب استرول‌ها و توکوفرول‌ها

تصفیه و هم روش استخراج اثر معنی‌داری بر میزان

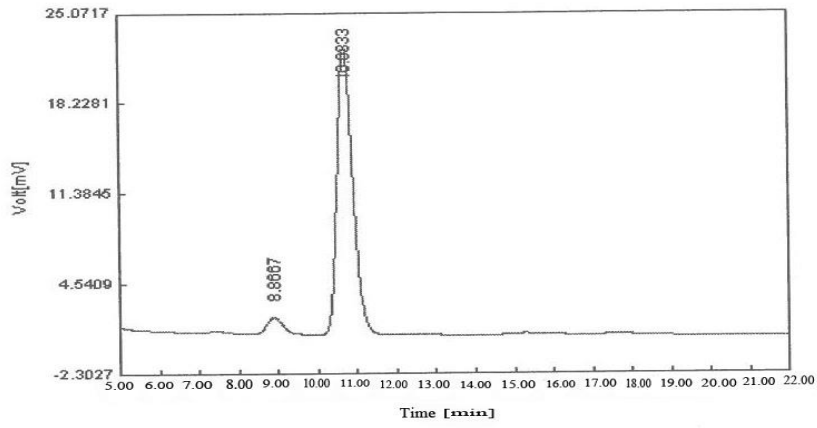
استرول تام داشته‌اند ( $P < 0.05$ ).

روغن تصفیه کم‌ترین و روغن استخراج شده با حلال بیش‌ترین میزان گاما-توکوفرول و توکوفرول کل را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵). نمونه‌ای از

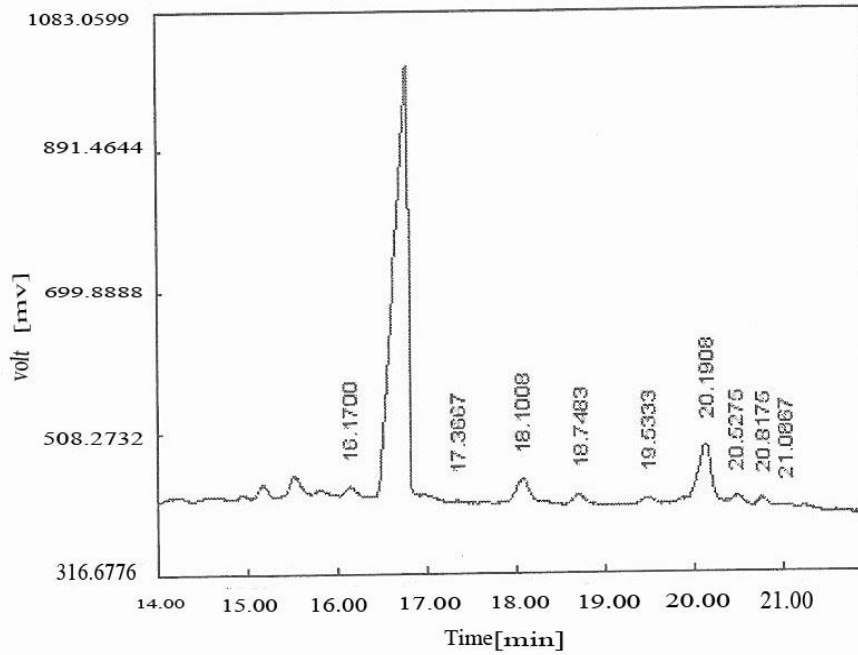
طبق نتایج جدول (۴) بالاترین درصد استرول‌ها به‌ترتیب مربوط به بتاسیتواسترول، کامپسترول، استیگماسترول و دلتا ۵-اواناسترول می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که هم عملیات



کروماتوگرام ترکیبات توکوفرولی و استرولی در نمودارهای (۲) و (۳) نشان داده شده است.



نمودار (۲) - کروماتوگرام ترکیبات توکوفرولی روغن کنجد



نمودار (۳) - کروماتوگرام ترکیبات استرولی روغن کنجد

جدول (۴) - میزان استرول (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (گرم بر ۱۰۰ گرم چربی)

استرول‌ها	روغن خام پاکستانی (پرس سرد)	روغن خام پاکستانی (استخراج با حلال)	روغن تصفیه پاکستانی (پرس سرد)
استرول تام (mg/Kg)	۵۳۶۷/۴۷±۴۳۵/۱۶ <sup>a</sup>	۴۶۲۶/۹۸±۳۴۵/۴۳ <sup>b</sup>	۴۵۹۸/۲۳±۳۱۵/۲۱ <sup>b</sup>
کلسترول (%)	۰/۰±۳۹/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۰±۳۶/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۰±۳۷/۰۷ <sup>a</sup>
براسیکا استرول (%)	۰/۰±۱۱/۰۰۵ <sup>b</sup>	۰/۰±۱۳/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰±۱۳/۰۰۴ <sup>a</sup>
کامپسترول (%)	۱۸/۰±۴۳/۳۱ <sup>b</sup>	۱۸/۰±۶۲/۵۴ <sup>b</sup>	۱۹/۰±۶۷/۴۰ <sup>a</sup>
استیگما استرول (%)	۸/۰±۵۱/۲۴ <sup>a</sup>	۵/۰±۹۲/۳۱ <sup>c</sup>	۷/۰±۷۷/۲۹ <sup>b</sup>
بتاسیتوسترول (%)	۵۸/۱±۳۹/۰۷ <sup>a</sup>	۶۰/۱±۷۷/۲۲ <sup>a</sup>	۵۸/۱±۲۹/۱۴ <sup>a</sup>
دلتا-۵-آوناسترول (%)	۶/۰±۴۷/۳۱ <sup>b</sup>	۷/۰±۴۶/۲۵ <sup>a</sup>	۵/۰±۶۴/۱۶ <sup>c</sup>
دلتا-۷-استیگمااسترول (%)	۳/۰±۴۹/۱۱ <sup>c</sup>	۵/۰±۱۵/۱۸ <sup>a</sup>	۴/۰±۵۲/۲۰ <sup>b</sup>
دلتا-۷-آونا استرول (%)	۰/۶ ± ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۰±۳۰/۰۶ <sup>a</sup>	۱/۰±۳۳/۰۴ <sup>a</sup>
سایر استرول‌ها (%)	۴/۰۰ ± ۰/۱۵ <sup>b</sup>	۰/۰±۶۵/۰۹ <sup>c</sup>	۲/۰±۶۵/۳۴ <sup>a</sup>

a, b, c در ترکیب، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) بین میانگین‌ها است.

جدول (۵) - مقدار توکوفرول (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

توکوفرول‌ها	روغن خام پاکستانی (پرس سرد)	روغن خام پاکستانی (استخراج با حلال)	روغن تصفیه پاکستانی (پرس سرد)
آلفا توکوفرول	ND	ND	ND
گاماتوکوفرول	۶۲۴/۱۵±۱۷/۵۲ <sup>b</sup>	۶۸۹/۱۹±۷۸/۲۱ <sup>a</sup>	۳۴۹/۶±۴۳/۹۱ <sup>c</sup>
دلتا توکوفرول	۳۵/۱±۶۳/۲۴ <sup>c</sup>	۶۴/۱±۴۵/۰۴ <sup>b</sup>	۸۷/۱±۸۷/۱۲ <sup>a</sup>
توکوفرول کل	۶۵۶/۱۱±۸/۶۱ <sup>b</sup>	۷۵۹/۱۸±۷۸/۳۵ <sup>a</sup>	۴۳۷/۱۴±۲۱/۱۶ <sup>c</sup>

ND: غیرقابل تشخیص

a, b, c در هر روش استخراج، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0/05$ ).

در نمونه‌های روغن خام استخراجی به ترتیب مربوط به واریته پاکستانی و واریته هندی در روش پرس سرد بوده و میزان کلروفیل این دو واریته در روش پرس سرد بیش از استخراج با حلال می‌باشد در حالی که در واریته هندی روند معکوس بوده است. نتایج آماری نشان داد که روش استخراج، واریته کنجد و اثر متقابل واریته کنجد-روش استخراج اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل در روغن کنجد داشته است ( $P < 0/05$ ).

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق میزان گاما توکوفرول و توکوفرول کل برای نمونه‌های روغن خام در محدوده مشخص شده در استاندارد کدکس است. عملیات تصفیه و روش استخراج اثر معنی‌داری بر میزان گاماتوکوفرول، دلتاتوکوفرول و توکوفرول کل داشته‌اند ( $P < 0/05$ ).

#### - مقدار کلروفیل و بتاکاروتن

نتایج میزان کلروفیل نمونه‌های روغن کنجد (جدول ۶) نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل

جدول (۶) - مقدار کلروفیل (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (میلی‌گرم فنوفیتین آ بر کیلوگرم روغن)

نوع روغن	پرس سرد	استخراج با حلال
روغن خام (افغانی)	۰/۸۴۸±۰/۰۰۱ <sup>Ab</sup>	۰/۵۰۵±۰/۰۲ <sup>Bb</sup>
روغن خام (هندی)	۰/۲۴۵±۰/۰۰۴ <sup>Bc</sup>	۱/۰۴۴±۰/۱۱ <sup>Aa</sup>
روغن خام (پاکستانی)	۱/۷۰۶±۰/۰۰۱ <sup>Aa</sup>	۰/۳۳۰±۰/۰۱۱ <sup>Bc</sup>
روغن تصفیه (پاکستانی)	۰/۰۰±۰/۰۰ <sup>d</sup>	

A, B, C در هر ردیف و a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0/05$ ).

بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بتاکاروتن در نمونه‌های روغن خام استخراجی به ترتیب مربوط به واریته‌های پاکستانی و هندی در روش استخراج با حلال بوده است.

جدول (۷) - مقدار بتاکاروتن (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن)

نوع روغن	پرس سرد	حلال
روغن خام (افغانی)	۳۲/۴۰۱±۱/۴۴۲ <sup>Bb</sup>	۴۰/۴۷۲±۱/۷۲۷ <sup>Ab</sup>
روغن خام (هندی)	۳۰/۰۰۶±۰/۱۱۷ <sup>Ac</sup>	۲۶/۳۰۹±۰/۵۹۸ <sup>Bc</sup>
روغن خام (پاکستانی)	۴۱/۳۴۱±۰/۱۳۸ <sup>Ba</sup>	۴۸/۰۸۴±۰/۲۶۸ <sup>Aa</sup>
روغن تصفیه (پاکستانی)	۱۳/۸۵۷±۱/۵۷ <sup>d</sup>	-

A, B, C در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو روش استخراج و a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) بین واریته‌ها است.

#### - اسیدیته روغن

بیش‌ترین میزان اسیدیته نمونه‌های روغن مربوط به واریته هندی و کم‌ترین آن‌ها مربوط به واریته پاکستانی می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که در واریته هندی و پاکستانی میزان اسیدیته روغن حاصل از روش استفاده از حلال بیشتر از روش پرس سرد است.

نتایج حاصل از اسیدیته نمونه‌های روغن (جدول ۸) نشان داد که روش استخراج، واریته کنجد و اثر متقابل واریته کنجد-روش استخراج دارای اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته روغن کنجد می‌باشند ( $P < 0/05$ ) و واریته کنجد و روش استخراج به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را بر میزان اسیدیته نمونه‌های روغن داشته‌اند.

جدول (۸) - اسیدیته (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (mg KOH/g)

نوع روغن	پرس سرد	حلال
افغانی (خام)	۱/۱۷۹±۰/۰۹ <sup>Bb</sup>	۱/۶۵۸±۰/۰۷ <sup>Ab</sup>
هندی (خام)	۱/۸۴۶±۰/۰۵ <sup>Ba</sup>	۲/۶۳۴±۰/۰۶ <sup>Aa</sup>
پاکستانی (خام)	۰/۶۷۶±۰/۰۱ <sup>Bc</sup>	۰/۷۳۱±۰/۰۲ <sup>Ac</sup>
پاکستانی (تصفیه)	۰/۱۸۲±۰/۰۱ <sup>d</sup>	-

A, B, C در هر ردیف و a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است ( $P < 0/05$ ).

### - مقاومت به اکسیداسیون

کاهش می‌یابد (جدول ۹). روش استخراج، وارپته کنجد و اثر متقابل وارپته کنجد - روش استخراج اثر معنی‌داری بر پایداری اکسیداسیونی روغن کنجد داشته‌اند ( $P < 0/05$ ).

پایداری روغن به اکسیداسیون در نمونه‌های روغن استخراج شده با حلال که دارای مقدار بیشتری توکوفرول هستند بیشتر از نمونه‌های پرس سرد بوده و طی تصفیه نیز به دلیل حذف برخی ترکیبات توکوفرولی

جدول (۹) - زمان پایداری اکسیداسیونی (میانگین و انحراف معیار) نمونه‌های روغن کنجد (ساعت)

نوع روغن	پرس سرد	حلال
روغن خام (افغانی)	۹/۹۵±۰/۹۱ <sup>Ba</sup>	۲۰/۳۲±۱/۴۲ <sup>Ab</sup>
روغن خام (هندی)	۱۱/۰۷±۰/۹۸ <sup>Ba</sup>	۲۵/۷۶±۱/۵۷ <sup>Aa</sup>
روغن خام (پاکستانی)	۹/۷۲±۰/۸۴ <sup>Ba</sup>	۱۴/۵۶±۱/۲۳ <sup>Ac</sup>
روغن تصفیه (پاکستانی)	۷/۳۹±۰/۹۴ <sup>b</sup>	-

A, B, C در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو روش استخراج و a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) بین وارپته‌ها است.

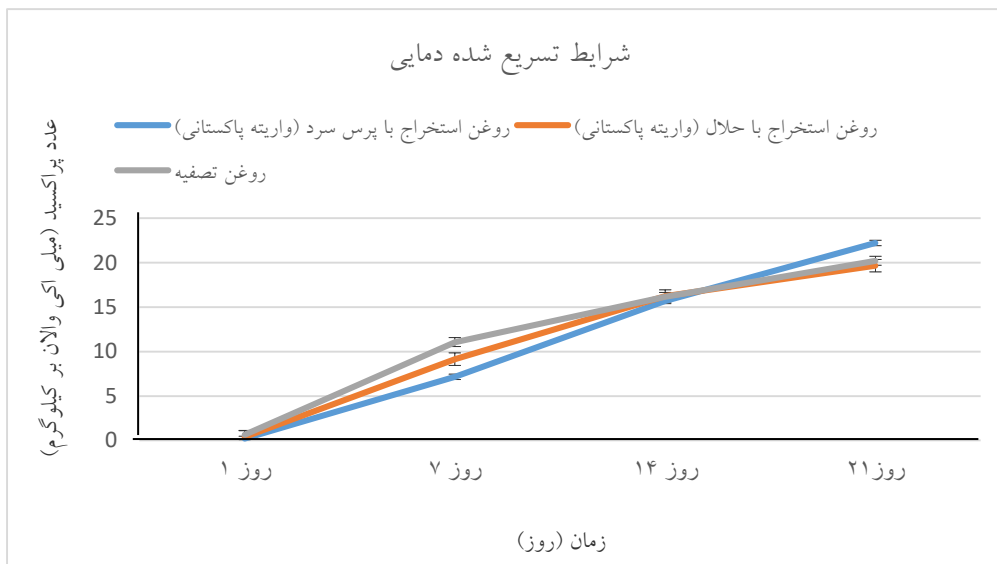
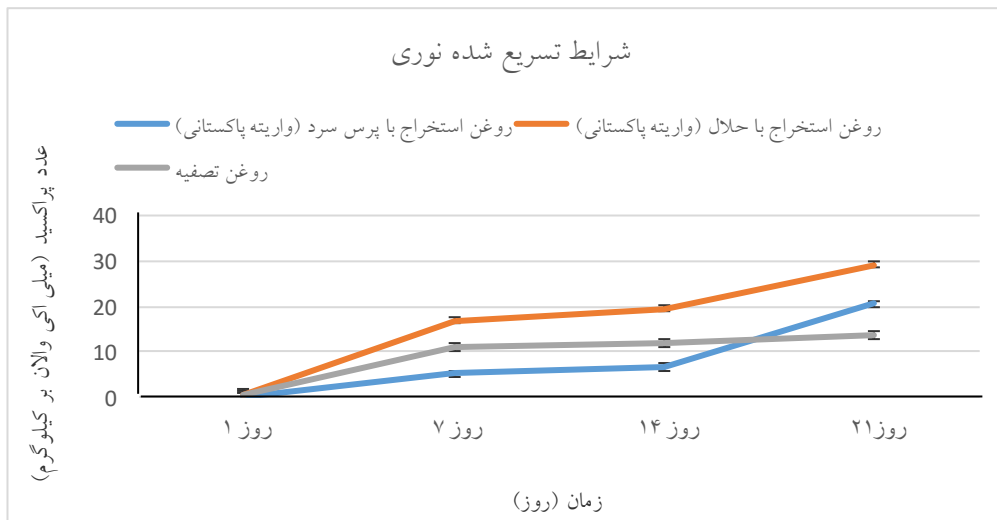
### - پایداری به اکسیداسیون در روش‌های تسریع شده

تفاوت معنی‌داری بین عدد پراکسید در کلیه روزها وجود دارد. در حالی که در نمونه روغن تصفیه در روز ۷ و ۱۴ تفاوت معنی‌داری در میانگین‌های عدد پراکسید مشاهده نمی‌شود. بیش‌ترین میزان عدد پراکسید مربوط به روز ۲۱ و کم‌ترین آن مربوط به روز اول می‌باشد. به‌طور خلاصه روند تغییرات طی شرایط تسریع شده نوری تا روز ۱۴ نمونه پرس سرد از دو نمونه دیگر افزایش کمتری داشت اما در روز ۲۱ نسبت به روغن

نتایج نشان می‌دهد که روش استخراج اثر معنی‌داری بر عدد پراکسید روغن کنجد در شرایط تسریع شده داشته ( $P < 0/05$ ) و شرایط تسریع شده نوری نیز اثر بیشتری بر عدد پراکسید روغن نسبت به شرایط تسریع شده دمایی داشته است.

مقایسه میانگین‌های عدد پراکسید در نمونه‌های روغن در شرایط تسریع شده دمایی و نوری نشان می‌دهد که

تصفیه افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت. عدد پراکسید روغن تصفیه طی این ۲۱ روز افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشت اما روغن استخراج شده با حلال در تمام روزهای مورد بررسی عدد پراکسید بالاتری نسبت به بقیه نمونه‌ها نشان داد.



نمودار (۴) - مقایسه میانگین عدد پراکسید در شرایط تسریع شده نوری و دمایی

و پرس سرد نشان می‌دهد که این روند در روز ۱۴ برای هر سه نمونه در یک حد می‌باشد اما در روز ۲۱ پرس

روند تغییرات در شرایط تسریع شده دمایی در روز ۷ برای روغن تصفیه عدد پراکسید بالاتری نسبت به حلال

سرد افزایش بیشتری نسبت به دو نمونه دیگر نشان داد. به طور کلی افزایش عدد پراکسید در طول زمان ناشی از شدت یافتن اکسیداسیون با افزایش مدت زمان نگهداری است. (۱۰) ارائه شده است.

میزان آفلاتوکسین - نتایج حاصل از ارزیابی میزان آفلاتوکسین کل و آفلاتوکسین B<sub>1</sub> در واریته‌های مختلف کنجد در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول (۱۰) - آفلاتوکسین کل و آفلاتوکسین B<sub>1</sub> (میانگین و انحراف معیار) در واریته‌های مختلف کنجد (ppb)

کل	آفلاتوکسین B <sub>1</sub>	واریته کنجد
۰/۱۰±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	افغانی
۰/۰۸±۰/۰۰۹ <sup>c</sup>	۰/۰۶±۰/۰۰۶ <sup>b</sup>	هندی
۰/۱۲±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۳±۰/۰۰۷ <sup>c</sup>	پاکستانی

a, b, c در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) است.

چرب غیراشباع در روش استخراج با حلال بیشتر از روش استخراج با پرس سرد است.

طی عملیات تصفیه، کلروفیل در نمونه‌های روغن به کلی حذف شده است در حالی که طی تحقیقی کاهش ۲۰/۲-۲۷/۱ درصدی میزان کلروفیل طی عملیات تصفیه فیزیکی روغن‌های آفتابگردان و کلزا گزارش شده است (Kreps *et al.*, 2014). نتایج نشان می‌دهد طی عملیات تصفیه به‌ویژه در مرحله رنگ‌بری میزان کاروتنوئید کاهش می‌یابد.

محدوده استرول کل روغن کنجد در استاندارد کدکس معادل ۴۵۰۰-۱۹۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد میزان استرول کل در محدوده مشخص شده در استاندارد کدکس بوده، بالاترین مقدار استرول کل به ترتیب در روغن کنجد پرس سرد، روغن کنجد استخراج شده با حلال و سپس روغن تصفیه شده می‌باشد. در تحقیقی که بر روی وجود فیتواسترول‌ها در روغن خام و تغییر آن‌ها طی

بررسی میزان آفلاتوکسین کل و B<sub>1</sub> در واریته‌های مختلف کنجد نشان داد بیش‌ترین میزان آفلاتوکسین کل و B<sub>1</sub> به ترتیب در واریته‌های پاکستانی و افغانی و کم‌ترین مقدار آفلاتوکسین کل و B<sub>1</sub> به ترتیب در واریته‌های هندی و پاکستانی وجود دارد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که واریته کنجد اثر معنی‌دار در آفلاتوکسین نوع B<sub>1</sub> و آفلاتوکسین کل داشته است ( $P < 0/05$ ). ارزیابی میزان آفلاتوکسین نمونه‌های روغن کنجد حاصل از واریته‌های مختلف کنجد در روش‌های مختلف استخراج نشان داد میزان آفلاتوکسین نوع B<sub>1</sub> و آفلاتوکسین کل در نمونه‌های روغن مورد بررسی زیر حد قابل تشخیص دستگاه (۰/۰۱ ppb) بوده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

اسیدهای چرب غالب در روغن کنجد حاصل از واریته‌های مختلف اسید اولئیک و اسید لینولئیک می‌باشد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر میزان اسیدهای

پراکسید بوده که با توجه به اینکه روغن با روش استخراج با حلال قبل از فرایند تصفیه ناخالصی بالایی دارد اکسیداسیون ترکیباتی همچون فسفولیپید و فتواکسیداسیون در بالا بردن میزان عدد پراکسید در این روش در مقایسه با پرس سرد مؤثر است (Habibi et al., 2010). در بررسی شرایط تسریع شده دمایی ابتدا وارسته پاکستانی پرس سرد عدد پراکسید کمتری نسبت به دو نوع دیگر داشته که می‌توان آن را به وجود مقدار بالای کلروفیل در روش استخراج پرس سرد نسبت داد که کلروفیل در غیاب نور نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و ممانعت کننده مراحل اولیه اکسیداسیون خود به خودی است؛ اما کلروفیل در دمای بالا تجزیه شده و از بین می‌رود و خاصیت خود را از دست می‌دهد، بنابراین در روز ۲۱ افزایش اندیس پراکسید پرس سرد نسبت به حلال دیده می‌شود. در مورد روغن تصفیه شده هم به علت حذف کامل اسیدهای چرب آزاد و ناخالصی‌های روغن شاهد پایداری بالاتر در مدت‌زمان بیشتر هستیم که در مدت‌زمان کمتر به علت اینکه آنتی‌اکسیدان‌ها و توکوفرول‌های روغن تصفیه کمتر می‌باشد ابتدا مقاومت کمتری نسبت به پرس سرد نشان می‌دهد اما در مدت‌زمان بالاتر که اثر آنتی‌اکسیدانی در اثر نور و حرارت در روغن‌های تصفیه نشده کاهش یافته روغن تصفیه شده به علت خالص بودن مقاومت بالاتری از خود نشان می‌دهد که این می‌تواند نشان‌دهنده پایداری بالاتر روغن‌های تصفیه شده در طی نگهداری طولانی‌تر باشند. در تحقیقی بررسی پایداری اکسیداتیو روغن نشان داد که به‌ترتیب در شرایط تسریع شده نوری (تحت نور فلورسانس به مدت ۲۸ روز) و حرارتی

تصفیه انجام شد مشخص گردید که مقدار فیتواستروئول‌ها در طی تصفیه کاهش می‌یابند (Bortolomeazzi et al., 2003).

فاکتورهای بسیاری در میزان توکوفرول‌ها در روغن‌های گیاهی تأثیرگذار است که از جمله آن‌ها شرایط آب و هوایی، ژنتیک، غلظت اسیدهای چرب چند غیراشباعی و نحوه فرآیند استخراج و شرایط نگهداری روغن می‌باشد (Ferrari et al., 1996). در بررسی ویژگی‌های کیفی روغن دانه‌های کنجد میزان گاماتوکوفرول موجود در روغن استخراج شده به روش استفاده از حلال در محدوده ۳۹۲/۶ تا ۶۶۳/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Elleuch et al., 2007) و میزان توکوفرول کل نیز در نمونه‌های روغن کنجد طبق استاندارد کدکس در محدوده ۳۳۰ تا ۱۰۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Hwang, 2005).

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میزان توکوفرول کل نمونه روغن استخراج شده توسط حلال از وارسته پاکستانی بیشتر از روغن حاصل از روش پرس سرد و روغن تصفیه است و همچنین میزان کلروفیل کل روغن حاصل از پرس سرد بیشتر از روغن حاصل از روش استفاده از حلال و تصفیه است. از آنجاکه طبق مطالعات قبلی حضور کاروتنوئیدها و توکوفرول‌ها اثر مثبت و حضور کلروفیل‌ها اثر منفی بر عدد پراکسید داشته‌اند به نظر می‌رسد وجود برهمکنش بین ترکیبات موجود در روغن بر روند تغییرات عدد پراکسید روغن کنجد تأثیرگذار بوده است (Ayu et al., 2016).

طبق نتایج در کلیه شرایط با افزایش زمان عدد پراکسید افزایش یافته است و روغن استخراج با حلال نسبت به روش پرس سرد دارای مقادیر بالاتر عدد

ترکیب اسیدهای چرب و آنتی‌اکسیدان‌ها، به‌ویژه توکوفرول‌ها و سایر مواد غیرقابل تصفیه، تعیین می‌شود (Kamal-Eldin, 2006).

ارزیابی میزان آفلاتوکسین نمونه‌های روغن کنجد حاصل از واریته‌های مختلف کنجد در روش‌های مختلف استخراج نشان داد میزان آفلاتوکسین نوع B<sub>1</sub> و آفلاتوکسین کل در نمونه‌های روغن مورد بررسی زیر حد قابل تشخیص دستگاه (۰/۰۱ ppb) بوده است. در تحقیقاتی میزان آفلاتوکسین نوع B<sub>1</sub> در نمونه روغن کنجد سودان معادل ۰/۲-۰/۸ میکروگرم بر کیلوگرم (Idris et al., 2010) و میزان آفلاتوکسین کل در محدوده ۰/۴۳ الی ۳۳۹/۹ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Elzupir et al., 2010). آفلاتوکسین‌ها در شرایط لازم از جمله رطوبت بیش از ۱۵ درصد، حداقل دمای محیطی ۲۵ درجه سلسیوس، وجود هوای کافی و به‌طور ویژه در شرایط محیطی گرم و مرطوب در مواد غذایی مختلف تولید می‌شوند (Hassan et al., 2015).

لذا به‌نظر می‌رسد عدم وجود شرایط مناسب برای تولید آفلاتوکسین‌ها، که مایکوتوکسین‌هایی هستند که به‌وسیله چندین گونه از قارچ‌های جنس آسپرژیلوس شامل انواع فلاووس و پارازیتیکوس، تولید می‌شوند، دلیل عدم وجود این مواد سرطان‌زا در نمونه‌های روغن مورد بررسی بوده، ضمن آنکه آفلاتوکسین‌ها مواد کمی قطبی هستند و به‌همین دلیل احتمال حضور آن‌ها در روغن‌های گیاهی ناچیز می‌باشد (Abbas, 2005).

نتایج حاصل از بررسی‌های مختلف صورت گرفته در این تحقیق نشان داد خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی روغن کنجد علاوه بر وابستگی به واریته کنجد مورد استفاده جهت روغن‌گیری به‌طور قابل ملاحظه‌ای به‌روش

(دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۸ روز) عدد پراکسید روغن کنجد معادل ۰/۹۲ درصد و ۴/۳۲ درصد افزایش یافته است (Walallawita et al., 2016).

اگرچه روغن‌های تصفیه شده (بسته به شرایط نگهداری) تقریباً عاری از اسیدهای چرب آزاد هستند اما مقادیر قابل ملاحظه‌ای از این ترکیبات در روغن‌های خام موجود می‌باشند؛ که ممکن است در اثر هیدرولیز گلیسیریدها این مقدار از حد معینی تجاوز کند؛ بنابراین اندازه‌گیری درصد اسیدهای چرب آزاد به‌عنوان شاخصی از تند شدن روغن‌ها ضروری می‌باشد (Anjum et al., 2006). با توجه به نتایج مشخص است که عدد اسیدی نمونه روغن حاصل از روش حلال بالاتر از روش پرس سرد است و هم‌چنین به‌دلیل رطوبت بالاتر کنجد واریته هندی نسبت به دو واریته افغانی و پاکستانی فعالیت آنزیمی بالاتری در روغن در حال انجام است و در نتیجه میزان عدد اسیدی بالاتر است.

روغن کنجد اگرچه دارای حدود ۸۵ درصد اسیدچرب غیراشباع می‌باشد از پایداری اکسیداتیو بالاتری نسبت به دیگر روغن‌های گیاهی برخوردار است که احتمالاً به علت وجود موادی مانند لیگنان‌ها و توکوفرول‌ها می‌باشد که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند (Abou-Gharbia et al., 2000). نتایج نشان می‌دهد که پایداری اکسیداتیو روغن کنجد حاصل از واریته هندی در روش استخراج با حلال بالاتر از واریته افغانی و روغن حاصل از واریته افغانی بالاتر از واریته پاکستانی است. این مسئله با بالاتر بودن ترکیبات توکوفرولی در نمونه‌های روغن استخراج شده در ارتباط است. پایداری اکسیداتیو روغن‌های گیاهی به‌وسیله



پراکسید بیش از دما می‌باشد؛ اما از طرفی روغن‌های تولید شده به‌روش پرس سرد اگرچه نسبت به روغن‌های تصفیه دارای ریزمغذی‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری بوده و جهت مصرف مفید می‌باشند اما قابلیت ماندگاری کمتری نسبت به روغن‌های تصفیه شده در شرایط نگهداری دارند.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

استخراج روغن بستگی دارد و همچنین عملیات تصفیه بر خصوصیات روغن تأثیرگذار است و از آنجایی که کیفیت روغن استحصالی از روش پرس سرد کاملاً به مرغوبیت دانه بستگی دارد روش نگهداری دانه جهت تولید روغن باکیفیت خوب بسیار حائز اهمیت است. روغن‌های تهیه شده به‌روش حلال دارای میزان توکوفرول بیشتری نسبت به پرس سرد بودند که طبیعتاً دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو بالاتری خواهند بود اما در شرایط نگهداری طولانی مدت آسیب‌پذیر می‌باشند. تأثیر نور بر روند افزایش عدد

### منابع

- Abbas, H. K. (2005). *Aflatoxin and food safety*: CRC Press, 267-286
- Abou-Gharbia, H. A., Shehata, A. A. Y., and Shahidi, F. (2000). Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*, 33(5), 331-340.
- Anjum, F., Anwar, F., Jamil, A., and Iqbal, M. (2006). Microwave roasting effects on the physico-chemical composition and oxidative stability of sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(9), 777-784.
- Ayu, D. F., Andarwulan, N., Hariyadi, P., and Purnomo, E. H. (2016). Effect of tocopherols, tocotrienols,  $\beta$ -carotene, and chlorophyll on the photo-oxidative stability of red palm oil. *Food Science and Biotechnology*, 25(2), 401-407
- Bortolomeazzi, R., Cordaro, F., Pizzale, L., and Conte, L. S. (2003). Presence of phytosterol oxides in crude vegetable oils and their fate during refining. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8), 2394-2401
- Chen, L., Li, H., Fu, J., Miao, C., Lv, P., and Yuan, Z. (2016). Catalytic hydroprocessing of fatty acid methyl esters to renewable alkane fuels over Ni/HZSM-5 catalyst. *Catalysis Today*, 259, 266-276.
- Cheng, C. T. (1992). Perak, Malaysia, Mass Poisoning Tale of the Nine Emperor Gods and Rat Tail Noodles. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 13(3), 263-261.
- De Greyt, W. F., Petrauskaite, V., Kellens, M. J., and Huyghebaert, A. D. (1998). Analysis of tocopherols by gas-liquid and high-performance liquid chromatography: a comparative study. *Lipid/Fett*, 100(11), 503-507.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M. (2007). vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 1 (7), 710-732.
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., and Attia, H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*, 103(2), 641-650.
- Elzupir, A. O., Suliman, M. A., Ibrahim, I. A., Fadul, M. H., and Elhoussein, A. M. (2010). Aflatoxins levels in vegetable oils in Khartoum State, Sudan. *Mycotoxin research*, 26(2), 69-73.

- Ferrari, R. A., Schulte, E., Esteves, W., Brühl, L., and Mukherjee, K. D. (1996). Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(5), 587-592.
- Ghavami, M., Gharachooloo, M. and Ghiassi Tarzi, B. (2008). *Laboratory Techniques, Oils and Fats*. [In Persian]
- Habibi nodeh, F., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, j., Nemati, M., Fathi achachelooyee, B., and Ahmadi, E. (2010). Effect of colza seeds attendance by microwave on the quality of extracted oil. *The journal of food research(agricultural science)*, 20(3), 19-29. [In Persian]
- Hassan, M. A. (2012). Studies on Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and its products 1- physicochemical analysis and phenolic acids of roasted Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L). *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 7(2), 195-201.
- Hassan, M. N., El-Sayed, A. S., and Nada, H. M. (2015). Detection of aflatoxins by HPLC and the expression of biosynthetic nor-1 gene of aflatoxin and ocrA gene of ochratoxin.
- Hwang, L. S. (2005). Sesame oil. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*.
- Idris, Y. M., Mariod, A. A., Elnour, I. A., and Mohamed, A. A. (2010). Determination of aflatoxin levels in Sudanese edible oils. *Food and chemical toxicology*, 48(8), 2539-2541.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2005). Oil seeds-Determination of moisture and volatile matter content-Test metod. ISIRI No.8034. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2002). Edible fats and oils – Determination of chlorophyll pigments in crude oil. ISIRI No. 6686. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2002). Edible fats and oils – Determination of caroten-specification. ISIRI No. 5952. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (1999). Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination. ISIRI No 4179. [In Persian]
- Khan, M. A., and Shahidi, F. (2002). Photooxidative stability of stripped and non-stripped borage and evening primrose oils and their emulsions in water. *Food chemistry*, 79(1), 47-53.
- Kang, M.-H., Naito, M., Tsujihara, N., and Osawa, T. (1998). Sesamolin inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. *The journal of nutrition*, 128(6), 1018-1022.
- Kamal-Eldin, A. (2006). Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(12), 1051-1061.
- Kreps, F., Vrbiková, L., and Schmidt, Š. (2014). Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(11), 1572-1582.
- Lee, S. W., Jeung, M. K., Park, M. H., Lee, S. Y., and Lee, J. (2010). Effects of roasting conditions of sesame seeds on the oxidative stability of pressed oil during thermal oxidation. *Food Chemistry*, 118(3), 681-685
- Mbah, M., and Akueshi, C. (2009). Aflatoxin in mould infested sesame seeds. *African Journal of Biotechnology*, 8(3), 145-152.
- Nabloussi, A., Hanine, H., El Harfi, M., and Rizki, H. (2016). Moroccan sesame: an overview of seed and oil quality. *Magnesium (mg/100 g)*, 389(324), 347.340

- 
- Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., and Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 9(8), 1291-1301.
  - Ramadan, M. F., and Mörsel, J. T. (2004). Oxidative stability of black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass) crude seed oils upon stripping. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(1), 35-43
  - Tabea, E., Azadmard-Damirchi, S., Jägerstad, M., and Dutta, P. C. (2008). Effects of  $\alpha$ -tocopherol on oxidative stability and phytosterol oxidation during heating in some regular and high-oleic vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(9), 857-867.
  - Walallawita, W., Bopitiya, D., Sivakanthan, S., Jayawardana, N., and Madhujith, T. (2016). Comparison of oxidative stability of sesame (*Sesamum indicum*), soybean (*Glycine max*) and mahua (mee) (*Madhuca longifolia*) oils against photo-oxidation and autoxidation. *Procedia Food Science*, 6, 204-207.