

ارزیابی تأثیر نوع روش استحصال روغن کنجد بر روی پروفایل اسیدچرب، ظرفیت آنتی اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو آن

۱- سیدمهدی حسینی^{*}، سیدحسین استیری^۲، زهره دیدار^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- مربی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۹

چکیده

پژوهش حاضر باهدف تعیین مطلوب‌ترین روغن کنجد و معرفی روش استحصال آن، با حداکثر پایداری اکسایشی و ظرفیت آنتی اکسیدانی انجام پذیرفت. بدین منظور برای نمونه روغن‌های کنجد پالایش شده، سنتی (آبی)، استخراج سرد (آزمایشگاهی) و پرس مغازه‌ای (مارپیچ)، ساختار اسیدچرب، ظرفیت آنتی اکسیدانی و پایداری اکسایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از انجام فرآیند روغن‌کشی از دانه کنجد قهوه‌ای، ترکیب اسیدهای چرب به روش کروماتوگرافی گازی، پایداری به وسیله دستگاه رنسیمت و تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی به کمک آزمون DPPH انجام شد. ارزیابی ساختار اسیدچرب روغن‌های کنجد پالایش شده، سنتی، استخراج سرد و پرس مغازه‌ای نشان داد که به ترتیب لینولئیک اسید با ۴۲/۲۸، ۴۰/۹۲، ۳۵/۷، ۳۵/۴۸ درصد و اولئیک اسید با ۴۰/۵۸، ۴۵/۰۹، ۴۹/۶۵، ۵۰/۰۲ درصد، دو اسیدچرب عمده بودند. نتایج بررسی پایداری اکسایشی بیانگر این است که به ترتیب روغن‌های استخراج سرد، پالایش شده، پرس مغازه‌ای و سنتی با ۲۰، ۱۷/۶، ۱۳/۵ و ۱۰/۰۱ ساعت، دارای بیشترین مقاومت در برابر اکسایش بوده‌اند و ترتیب پایداری روغن‌ها از لحاظ ترکیب اسیدهای چرب همان ترتیب پایداری از لحاظ فاکتور پایداری اکسایشی است. نتایج آزمون DPPH نشان داد که ترتیب روغن استخراج سرد با ۶۳/۹۱ و پالایش شده با ۵۹/۸ درصد از لحاظ قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد با ترتیب آن‌ها از لحاظ اثر پایدارکنندگی در آزمون رنسیمت و نیز ساختار اسیدچرب مشابه است، این در حالی است که نتایج به دست آمده دو نمونه روغن سنتی با ۴۷/۴۲ و پرس مغازه‌ای با ۳۹/۱۷ درصد، در تضاد با مطالب فوق‌الذکر است. به طور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده، روغن کنجد حاصل از روش استخراج سرد به عنوان مطلوب‌ترین روغن مشخص گردید، اما به علت شرایط بسیار سخت استخراج و دستگاه‌های مورد نیاز که فقط آزمایشگاهی می‌باشند، و همچنین بازده بسیار پایین این روش و نیز با توجه به اینکه پس از این روغن، روغن پالایش شده دارای شرایط بهتری است، توصیه می‌شود افراد به جای استفاده از روغن‌های سنتی و به ویژه پرس مغازه‌ای، روغن پالایش شده را مصرف کنند.

واژه های کلیدی: اسیدچرب، پایداری اکسایشی، روغن کنجد، روغن‌کشی، ظرفیت آنتی اکسیدانی.

۱- مقدمه

امروزه یکی از مواردی که کره زمین را در معرض خطر محیط زیستی قرار داده است، تولید بیش از پیش آلاینده های شیمیایی مورد استفاده در کارخانه های تولیدکننده مواد مورد استفاده بشر است. یکی از برجسته ترین موارد این آلاینده های مخرب، کارخانه های تولیدکننده روغن های خوراکی است که با استفاده از حلال های شیمیایی، روغن مورد استفاده را استخراج می کنند (۲۲). از طرفی با توجه به بالا رفتن حساسیت مصرف کنندگان نسبت به مواد شیمیایی به کاررفته در مواد غذایی در چند سال اخیر، روغن های گیاهی که بدون نیاز به نگهدارنده های شیمیایی و فرآیندهای تصفیه با مواد شیمیایی قابلیت مصرف دارند، بسیار مورد توجه مصرف کنندگان قرار گرفته است (۲۲، ۲۷). در این میان روغن کنجد منحصربه فردترین روغن گیاهی محسوب می گردد (۲۲). دانه کنجد بانام علمی (*Sesamum indicum*, L) متعلق به خانواده Pedaliaceae یک منبع غنی از پروتئین و دارای ارزش غذایی زیادی است (۴، ۲۳). طبق آثار تاریخی موجود می توان اذعان داشت که دانه کنجد قدیمی ترین دانه روغنی است که روغن آن استخراج و مورد استفاده قرار می گرفته است (۲۲، ۲۳). روغن کنجد از روغن های نیمه خشک و با مرغوبیت زیاد است و به موجب کیفیت عالی روغن که دارای بوی مطبوع و مزه خوبی است، این دانه را ملکه دانه های روغنی می نامند (۱۱). میزان روغن در دانه کنجد در ارقام مختلف بین ۲۸ تا ۵۹ درصد است (۲۷، ۲۳). روغن کنجد خام به دلیل وجود آنتی اکسیدان های ذاتی (سزامولین^۲ و سزامین^۳) موجود در آن، مقاومت بسیار خوبی نسبت به اکسایش دارد (۴، ۱۱). دانه کنجد به طور میانگین حاوی ۴۵ تا ۵۰ درصد چربی و ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین است. علاوه بر این حاوی ۵ درصد خاکستر و همچنین دارای میزان قابل توجهی فیبر (۱ تا ۱۲ درصد) و کربوهیدرات (۷ تا ۸ درصد) است (۲۲، ۲۷، ۴۳). دانه های

کنجد دارای حدود ۱۷ درصد می باشند (۲۳). همچنین روغن کنجد ۲ درصد مواد غیر صابونی دارد (۲۲، ۲۷، ۳۸). این روغن گیاهی یکی از غنی ترین منابع فیتواسترول ها است (۲۲، ۲۳، ۳۸). فیتواسترولها^۵ ساختاری مشابه با کلسترول^۶ دارند. مصرف فیتواسترول ها می تواند کلسترول خون را کاهش دهد (۲۳، ۲۷). این نمونه روغن گیاهی از نظر ویتامین E غنی، ولی از نظر ویتامین A کمبود دارد (۱۲، ۱۳). استخراج روغن از دانه کنجد معمولاً از سه روش عمده شامل استخراج با حلال، استخراج با فشار و روش سنتی (استخراج با آب) استفاده می گردد (۲۲، ۲۷). البته در شرایط کنونی عصر حاضر علاوه بر سه روش عنوان شده، استخراج روغن به روش پرس مغازه ای (مارپیچ) نیز بسیار متداول و رایج شده است، چنانکه در تعدادی از فروشگاه های سطح شهر دستگاه های روغن گیری نه چندان بزرگی دیده می شود که با آن در مقابل مشتری روغن دانه هایی چون کنجد و سیاه دانه را می گیرند و با این شعار که روغن در حضور خریدار استخراج می شود و بدون مواد نگهدارنده و هرگونه افزودنی دیگر است، به مشتری عرضه می شود. در شرکت های پروانه دار و تحت نظارت نهادهای نظارتی (بهداشت و استاندارد) تمامی این مراحل مورد بازرسی و نظارت قرار دارد. اما در هنگام تولید با روش پرس های مغازه ای به هیچ وجه نظارت بهداشتی و استاندارد وجود ندارد و روغن های مایع استحصال شده از آن ها با روش سرد و مغازه ای قابلیت فسادپذیری بالایی دارد. روغن های استحصال مغازه ای، روغنی خام و تصفیه نشده است. روغن خام حاوی صمغ، موم، ذرات ریز جدا شده از گیاه، اسیدهای چرب آزاد، ترکیبات فلزی، باقی مانده سموم نباتی و ترکیبات زائد دیگری است. وجود این مواد برای مصرف کننده مضر بوده و در اثر ماندگاری و مجاورت با هوا، نور، حرارت و رطوبت محیط دچار فعل و انفعالات میکروبی و شیمیایی مختلفی شده و بدون شک بر اثر هیدرولیز و اکسیداسیون فاسد و مسموم می گردد (۱۵، ۱۷، ۳۴). در تحقیقی برجیان بروجنی و همکاران (۱۳۹۲)

^۱ Sesame Oil^۲ Antioxidant^۳ Sesamol^۴ Sesamin^۵ Phytosterol^۶ Cholesterol

رنسیت^۴ نشان داد (۴۰). کویزومی^۵ و همکاران (۱۹۹۶) در تحقیقی با عنوان بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی دانه‌های روغنی ایجادشده به وسیله فرآیند برشته کردن دانه روغنی کنجد، ارتباط میان برشته کردن دانه‌های کنجد و فعالیت آنتی اکسیدانی را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تشکیل ترکیباتی که فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی داشته و پایداری روغن کنجد برشته‌شده را افزایش می‌دهد، در درجه اول به دمای فرایند بستگی دارد (۳۷).

با توجه به اهمیت مطالب مذکور و نیاز کشورمان جهت تولید روغن‌های گیاهی جدید، تأثیرگذاری نوع روش روغن‌کشی بر روی کیفیت روغن و کنجاله حاصل از آن و نیز کمبود مطالعات انجام‌شده در زمینه روش‌های متفاوت استخراج روغن کنجد که منجر به تولید مرغوب‌ترین روغن می‌گردند، این پژوهش باهدف تعیین مطلوب‌ترین نمونه روغن کنجد و معرفی روش استحصال آن در نتیجه ارزیابی سه پارامتر اسیدچرب، پایداری اکسایشی و ظرفیت آنتی اکسیدانی انجام پذیرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- **مواد اولیه:** دانه کنجد خام قهوه‌ای مورد مطالعه و ارزیابی از شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان تهیه گردید.

۲-۲- **استخراج روغن با استفاده از روش‌های متفاوت:** دانه‌های کنجد تهیه‌شده با بکارگیری هر یک از روش‌های استخراج سرد، پرس مغازه‌ای، سنتی و استخراج با حلال‌های آلی روغن‌گیری شدند.

استخراج سرد: دانه‌های کامل در این روش بعد از بوجاری شدن، به کمک آسیاب آزمایشگاهی مدل Depose، ساخت شرکت Moulinex فرانسه خردشده و سپس با نسبت ۳ به ۱ (سه قسمت حلال هگزان، یک قسمت دانه) در داخل ارلن ریخته شده و بر روی دستگاه هم زن مغناطیسی AGE مدل Velp ساخت اروپا، به مدت ۲۴ ساعت و در

بهینه‌سازی فرآیند برشته کردن دانه کنجد جهت تولید روغن باکیفیت بهتر را انجام دادند. هدف از این پژوهش بررسی شرایط برشته کردن کنجد از لحاظ دما و زمان با استفاده از روش سطح پاسخ به منظور دستیابی به بالاترین درجه مقاومت اکسیداتیو و بهترین رنگ روغن کنجد برشته‌شده بود. نتایج تحقیق بیانگر این امر بود که فاکتور دما بیش از فاکتور زمان در تغییرات مقاومت اکسیداتیو و رنگ روغن کنجد در طی برشته کردن مؤثر بود (۸). در پژوهشی توکلی و همکاران (۱۳۹۱) قدرت آنتی اکسیدانی پوست کلخونگ^۱ با روغن‌های پوست بنبه و کنجد را که به عنوان روغن‌هایی با قدرت آنتی اکسیدانی بالا شناخته شده هستند، مقایسه نمودند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بین میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی روغن‌های مورد مطالعه و قدرت آنتی اکسیدانی آن‌ها رابطه مستقیم وجود دارد (۵). جنت و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر شرایط برشته نمودن را بر روی خواص آنتی اکسیدانی و کل محتوای ترکیبات فنلی ۸ رقم کنجد ایرانی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این مسئله بود که خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان کل ترکیبات فنلی با افزایش دمای برشته نمودن به طور فراوان تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد پایه افزایش می‌یابد (۳۵). بورچانی^۲ و همکاران (۲۰۱۰) خصوصیات شیمیایی و پایداری اکسیداتیو را در روغن‌های دانه و پوره کنجد و روغن زیتون مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست پیدا کردند که پایداری روغن کنجد نسبت به اکسیدشدن بیشتر از روغن پوره کنجد و روغن زیتون است (۳۲). در پژوهشی ناگک^۳ و همکاران (۱۹۹۹) به این نتیجه دست پیدا کردند که فرایند پوست‌گیری از دانه کنجد نه تنها سبب افزایش مقدار روغن موجود در دانه شد، بلکه کیفیت رنگ روغن حاصل نیز در مقایسه با شرایطی که روغن از دانه کامل استخراج گردید، بهتر بود. اما روغن استخراج‌شده از دانه‌های کنجد پوست‌گیری شده پایداری اکسیداتیو کمتری را (باروش

^۱ Pistacia Khinjuk

^۲ Borchani

^۳ Nagg

^۴ Rancimat

^۵ Koizumi

۳-۲- آزمون‌های شیمیایی

پایداری اکسایشی: جهت اندازه‌گیری مقاومت حرارتی نمونه‌ها از دستگاه رنسیمت مدل ۷۴۳، ساخت شرکت Metrohm سوئیس در دمای 110°C ، جریان هوای 20 L/h و میزان 3 g از نمونه روغن‌های مورد مطالعه، استفاده شد (روش‌های آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۳۴) (۸).

ساختار اسیدچرب: برای تهیه متیل استرهای اسیدهای چرب نمونه‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۱۲۶-۲ (تهیه متیل استرهای اسیدچرب) استفاده گردید. از دستگاه گاز کروماتوگراف گاز-مایع Agilent-Technologies مدل 7890A آمریکا، مجهز به آشکارساز یونی شعله‌ای برای آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها استفاده شد. شرایط کروماتوگرافی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۳۱۲۶ (اندازه‌گیری با کروماتوگرافی مدرن متیل استرهای اسیدهای چرب) بود (۶، ۷).

اندازه‌گیری فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH)

در این روش به‌عنوان ترکیب رادیکالی پایدار از معرف (DPPH) که در یک محلول متانولی با آنتی‌اکسیدان واکنش می‌دهد، استفاده شد. بدین‌صورت که ۱ میلی‌لیتر از غلظت نمونه روغن مورد مطالعه با ۱ میلی‌لیتر محلول ۹۰ میکرومتر (DPPH) محلول در متانول مخلوط شده و حجم نهایی از ۴ میلی‌لیتر متانول تشکیل گردید. مخلوط به‌خوبی تکان داده شد. بعد از ۶۰ دقیقه تاریک گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میزان جذب نوری نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. از متانول به‌عنوان شاهد استفاده خواهد شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد (DPPH) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(A_{\text{Blank}} - A_{\text{Sample}})}{A_{\text{Blank}}} \times 100$$

در این رابطه A_{Sample} و A_{Blank} به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه است.

دمای محیط در تاریکی قرار داده شد تا روغن استحصال گردد. روغن حاصل از این روش به‌وسیله کاغذ صافی Machery-Nagel ۹۰ میلی‌متر، صاف و جهت تکمیل صاف کردن روغن از دستگاه سانتریفوژ Thermo مدل pk110 آلمان با ۴۰۰۰ دور در دقیقه استفاده گردید. بعد از اتمام فرآیند صاف کردن، روغن درون دستگاه روتاری Heidolph مدل Laborota4000 آلمان (تقطیر در خلأ) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد حلال زدایی گردید. استخراج با حلال‌های آلی: دانه کنجد کامل پس از بوجاری و آماده‌سازی اولیه به‌وسیله دستگاه پرس^۱ و سپس با استفاده از حلال هگزان^۲ در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد روغن‌کشی شده و روغن حاصل تحت فرآیند تصفیه کامل قرار خواهد گرفت. به‌طورکلی فرایند تصفیه روغن شامل مراحل زیر است: ۱- صمغ‌گیری. ۲- خنثی‌سازی. ۳- بی‌رنگ کردن. ۴- بی‌بو کردن. ۵- زمستانه کردن (۲۳)، (روغن کنجد پالایش‌شده شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان، مبنای مطالعات و ارزیابی‌های نمونه روغن پالایش‌شده قرار گرفت). سنتی (استخراج با آب): در این روش دانه کنجد پوست‌گیری شده و سپس اندکی برشته می‌گردد. سپس جهت استخراج با آب باید دانه‌های کنجد را آسیاب کرده و به ارده تبدیل نمود، از همین رو به روغن حاصله روغن ارده هم اطلاق می‌شود. به‌طورکلی مراحل استخراج روغن کنجد به روش سنتی در ایران به شرح زیر است: ۱- بوجاری و خیساندن دانه‌ها. ۲- پوست‌گیری. ۳- برشته کردن. ۴- استخراج روغن کنجد با آب (۲۲). پرس مغازه‌ای (مارپیچ): دانه کنجد کامل بدون اجرای مرحله بوجاری، توسط دستگاه پرس مارپیچ در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد روغن‌کشی و جهت ته‌نشین شدن ناخالصی‌ها، روغن در ظروف نگهداری شده تا باگذشت زمان ناخالصی‌ها ته‌نشین گردد.

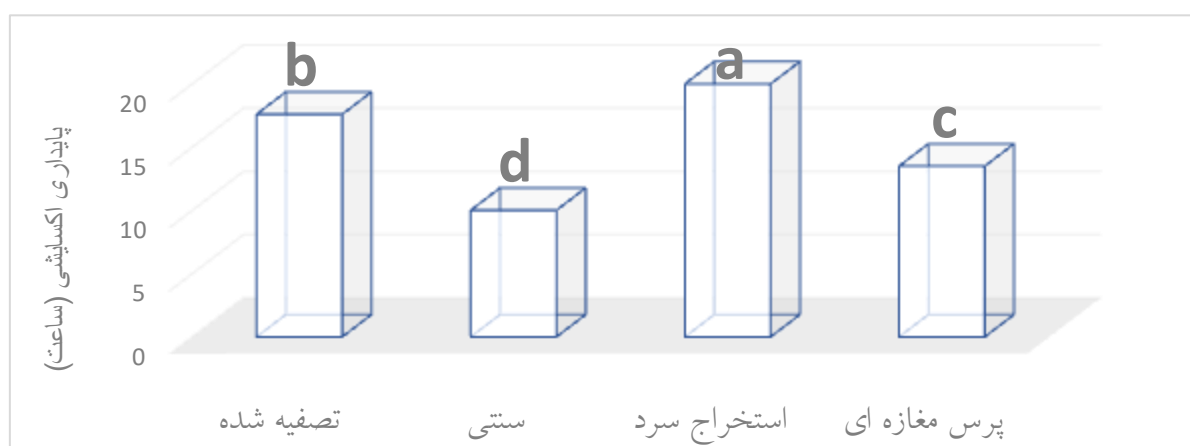
^۱ Press

^۲ Hexane

^۳ 2,2-Diphenyl-1-Picryl hydrazyl

۲-۴- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار اجرایی گردید. جهت آنالیز آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین جهت تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین هر یک از فاکتورهای اندازه‌گیری شده در چهار روش مورد مطالعه از آزمون LSD در سطح آماری ۵ درصد (سطح اطمینان ۹۵ درصد) و ۱ درصد (سطح اطمینان ۹۹ درصد) استفاده گردید. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel انجام شد.



شکل ۱- پایداری اکسایشی نمونه روغن‌های کنجد تصفیه‌شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه‌ای در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد.

در استاندارد ملی ایران به شماره ۹۱۳۱ (۹)، کمیته مقدار مجاز پایداری اکسایشی عنوان شده برای روغن‌های خوراکی مصرف خانوار برابر با ۱۵ ساعت عنوان شده است. روش استحصال روغن باعث تفاوت در میزان پایداری اکسایشی روغن کنجد گردید ($P < 0/01$). با توجه به شکل (۱) می‌توان عنوان نمود که میزان پایداری روغن‌های کنجد پالایش‌شده و استخراج سرد با استاندارد ملی ایران مطابقت دارد. این در حالی است که میزان پایداری نمونه روغن‌های سنتی و پرس مغازه‌ای از حد مجاز مشخص شده در استاندارد ملی ایران پایین‌تر است. با در نظر گرفتن این موضوع که سرعت اکسایش اسیدهای چرب آزاد، بیشتر از اسیدهای چرب شرکت‌کننده در ساختار تری گلیسیریدها است، بنابراین می‌توان گفت هرچه میزان اسیدهای چرب آزاد کمتر باشد؛ میزان اندیس اسیدی بیشتر کاهش پیدا کرده و

در نتیجه روغن از پایداری بالاتری برخوردار خواهد شد (۳).

بنابراین با توجه به مطالب عنوان شده و برخلاف انتظار ما، پایداری اکسایشی روغن پالایش‌شده علی‌رغم برخورداری از میزان کمتری از اسیدهای چرب آزاد (۰/۰۳ درصد)، نسبت به نمونه روغن استخراج سرد (۰/۳ درصد)، پایین‌تر است. این پدیده احتمالاً به این دلیل است که در طی فرآیند تصفیه سازی روغن و در مرحله بوگیری، بخشی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از روغن خارج می‌شود و افزودن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی همچون TBHQ^۱ به روغن، باز هم به‌طور کامل جبران آنتی‌اکسیدان‌های حذف‌شده را نخواهد کرد و در نتیجه علی‌رغم برخورداری از میزان کمتری از اسیدهای چرب آزاد، مقاومت پایین‌تری را نسبت به اکسایش نشان داد (۲۳). این در حالی است که روغن

^۱ Tertiary Butyl Hydro Quinone

استخراج سرد علاوه بر دربر گرفتن میزان بیشتری از اسیدهای چرب آزاد، آنتی اکسیدان طبیعی بیشتری را در خود حفظ کرده و پایداری قابل قبولی را از خود نشان داد. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در پژوهش خود به این نکته اشاره کرده اند که روغن کنجد خام به دست آمده از پرس سرد نسبت به روغن کنجد تصفیه شده، به دلیل مقدار بالاتر آنتی اکسیدان های طبیعی پایداری بیشتری است که دلیلی بر تأیید نتیجه پژوهش است (۲۴). روغن پرس مغازه ای پایداری اکسایشی بالاتری را نسبت به روغن سنتی نشان داد. وجود مواد ضد اکسیداسیون طبیعی نظیر گاما-توکوفرول^۱ در پوست دانه می تواند سبب پایداری روغن استخراج شده از دانه کنجد کامل گردد (۲۳). بنابراین با توجه به این موضوع که در روش پرس مغازه ای برخلاف روش سنتی مرحله پوست گیری اجرایی نمی شود، نتایج حاصل شده از این پژوهش قابل قبول است. در پژوهشی ناگک و همکاران (۱۹۹۹) به این نتیجه دست پیدا کردند که فرایند پوست گیری از دانه کنجد نه تنها سبب افزایش مقدار روغن موجود در دانه شد، بلکه کیفیت رنگ روغن حاصل نیز در مقایسه با شرایطی که روغن از دانه کامل استخراج گردید، بهتر بود. اما روغن استخراج شده از دانه های کنجد پوست گیری شده پایداری اکسایشی کمتری را (با روش رنسیمت) نشان داد (۴۰) که، تأییدی بر نتیجه پژوهش حاضر نیز است. علاوه بر این نتایج حاصل از پژوهش جنت

و همکاران (۲۰۱۰) (۳۵)، شهیدی و همکاران (۱۹۹۷) (۴۲)، ابوگاریا^۲ و همکاران (۲۰۰۰) (۳۰) و کمال الدین و اپلکوست^۳ (۱۹۹۵) (۳۸) مؤید این بخش از نتایج پژوهش حاضر است. شایان ذکر است در روش سنتی دانه های کنجد در طی فرآیند برشته کردن تحت تاثیر دمای بالایی قرار می گیرند. این موضوع نیز می تواند باعث کاهش پایداری اکسایشی روغن سنتی نسبت به روغن پرس مغازه ای شود (۲).، زیرا مقاومت حرارتی آنتی اکسیدان ها بر میزان کار آیی و کاربرد آن ها در محیط تأثیرگذار است. روند واکنش های اکسایشی چربی ها به دوره القای آنتی اکسیدان موجود در سیستم بستگی دارد که تا چه مدت بتواند ۹۰ درصد کار آیی خود را حفظ کند. با افزایش دما دوره القا به صورت لگاریتمی کاهش پیدا می کند (۲۹).

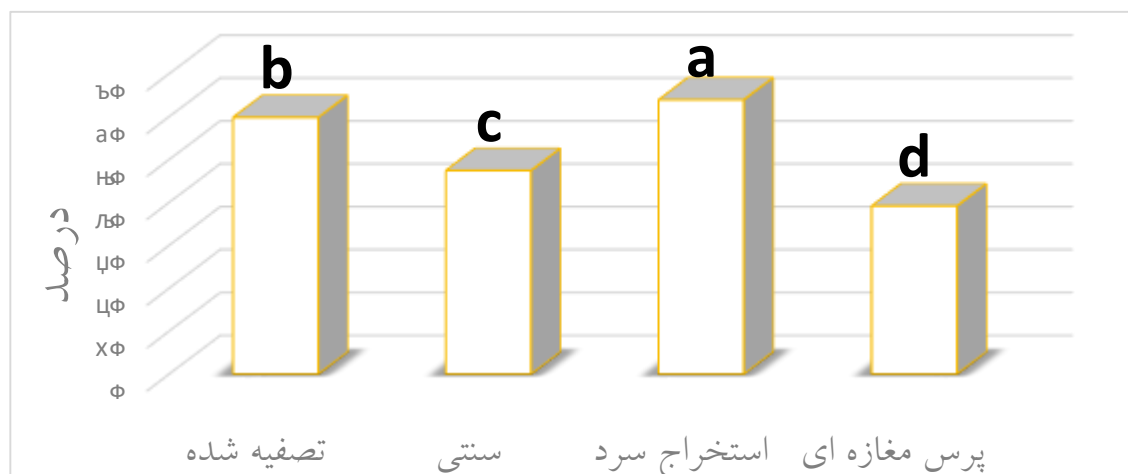
۲-۳- ارزیابی شاخص DPPH نمونه روغن های کنجد پالایش شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه ای.

نقش و اثرات سودمند آنتی اکسیدان ها در مقابل بسیاری از بیماری های انسانی و فساد مواد غذایی که ناشی از فساد اکسایشی است، در طی سال های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. در این بین آنتی اکسیدان هایی که مهارکننده رادیکال آزاد می باشند، نسبت به سایر آنتی اکسیدان ها، اهمیت بیشتری داشته و بررسی ظرفیت مهارکنندگی آن ها موضوع بسیاری از تحقیقات و بحث های علمی است (۱۰).

^۲ Abou-Gharbia

^۳ Kamel-eldin, A. and Appelqvist

^۱ Gamma-Tocopherol



شکل ۲. درصد گیرندگی رادیکال آزاد (DPPH) نمونه روغن های کنجد تصفیه شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه ای.

نتیجه به دست آمده می توان عنوان نمود که فعالیت ضد اکسیدانی روغن کنجد برشته بیشتر از روغن کنجد غیر برشته است (۲۳)، چراکه خصوصیت آنتی اکسیدانی دانه کنجد برشته شده در اثر تولید آنتی اکسیدان های جدید مانند فرآورده های حاصل از واکنش میلارد؛ حفظ شده و یا حتی افزایش نیز خواهد یافت (۱) و تشکیل ترکیباتی که فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی داشته همچون سزامینول (پیش ساز آنتی اکسیدانی) و سزامول که ترجیحاً به عنوان گیرنده های رادیکالی عمل می کنند و در نتیجه فرآیند تجزیه توکوفرول را کاهش می دهند (۲۵)، در درجه اول به دمای فرآیند بستگی دارد (۳۷). عبدالشاهی و همکاران (۱۸) در تحقیق خود به این نکته اشاره کرده اند که هرچه تعداد پیوندهای دوگانه در اسیدچرب بیشتر باشد، لذا حمل رادیکال های آزاد با سهولت بیشتری صورت می گیرد که این نکته خود دلیلی دیگر مبنی بر چربی بالاتر بودن قدرت آنتی اکسیدانی نمونه روغن سنتی نسبت به نمونه روغن پرس مغازه ای و تأیید نمودن نتیجه تحقیق است، چراکه روغن سنتی از اسید لینولئیک بالاتری نسبت به روغن پرس مغازه ای برخوردار بود. نتایج حاصل از پژوهش کویزومی و همکاران (۱۹۹۶) (۳۷) و کوچهار^۱ و همکاران (۲۰۰۰) (۳۶) مؤید نتیجه به دست آمده در ارتباط با شاخص DPPH نمونه روغن های سنتی و پرس مغازه ای پژوهش حاضر است.

ظرفیت آنتی اکسیدانی روغن های پالایش شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه ای باهم اختلاف معنی داری را نشان دادند ($P < 0/01$). نتایج عنوان شده در شکل (۲) نشان داد که بیشترین میزان شاخص DPPH، مربوط به نمونه روغن استخراج سرد و پس از آن، روغن پالایش شده قرار داشت. همان طور که نتایج حاصل از ارزیابی دو شاخص DPPH و رنسیمت نمونه روغن های پالایش شده و استخراج سرد نشان داد، ترتیب روغن ها از لحاظ قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد با ترتیب آن ها از لحاظ اثر پایدارکنندگی در آزمون رنسیمت مشابه بود و روغنی که بیشترین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد را داشته باشد؛ حائز بیشترین اثر پایدارکنندگی در آزمون رنسیمت نیز است. بنابراین به نظر می رسد اثر پایدارکنندگی روغن ها در آزمون رنسیمت از مکانیسم مهار کردن رادیکال های آزاد و پایان دادن به واکنش های مخرب زنجیره ای رادیکالی تبعیت می نماید. این در حالی است که نتایج به دست آمده در زمینه بررسی فاکتورهای DPPH و رنسیمت دو نمونه روغن سنتی و پرس مغازه ای در تضاد با مطالب فوق الذکر است، به نحوی که در ارتباط با شاخص رنسیمت؛ روغن پرس مغازه ای مقاوم تر از نمونه روغن سنتی و در ارتباط با DPPH، برعکس نمونه روغن سنتی قدرت مهارکنندگی آنتی اکسیدانی بالاتری را نسبت به روغن پرس مغازه ای دربر گرفته بود. در توجیه این

^۱ Kochhar

۳-۳- بررسی ساختار اسیدهای چرب نمونه روغن های کنجد پالایش شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه ای.

شناسایی ساختار اسیدهای چرب تشکیل دهنده تری گلیسیریدها از جمله شاخص های مهمی است که می تواند در بررسی کیفیت، پایداری اکسایشی، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ارزش تغذیه ای روغن مطرح باشد (۵). تفاوت ساختاری اسیدهای چرب که از تفاوت در طول زنجیره، درجه غیراشباعی و محل قرارگیری پیوندهای دوگانه و شکل فضایی ایزومرهای ناشی از آن حاصل می گردد، احتمالاً سرعت اکسیداسیون آنها را تحت تأثیر قرار دهد (۲۵). محققان گزارش کرده اند که دمای پایین باعث افزایش اولئیک اسید و دمای بالا باعث افزایش میزان پالمیتیک و لینولئیک اسید می گردد (۲۶). در دماهای پایین اکسیداسیون اسیدهای چرب بیشتر مربوط به واکنش های تولید هیدروپراکسیدها است که در این حالت ترکیبات غیراشباع کاهش پیدا نمی کند. ولی در دماهای بالای اکسیداسیون، میزان زیادی از پیوندهای دوگانه اشباع می شوند (۲۵). روغن هایی که دارای تعداد بیشتری پیوند دوگانه یا چندگانه هستند، در شرایط یکسان سریع تر اکسید شده و نسبت به فساد اکسیژنی حساس تر هستند (۱۹). به همین دلیل پایداری روغن ها در برابر اکسیداسیون در دماهای بالا اهمیت زیادی دارد (۲۵). پایداری اکسیداتیو نمونه روغن را می توان به وسیله تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن و یا افزودن آنتی اکسیدان ها به آن بهبود داد (۲۴). در نتیجه از جمله عوامل مؤثر بر سرعت و میزان اکسیداسیون می توان به درجه غیراشباعیت اسیدچرب اشاره کرد. اسیدهای چرب چند

غیراشباع به علت حضور پیوندهای دوگانه بیشتر نسبت به تک اشباع و اسیدهای چرب تک اشباع نسبت به اسیدهای چرب اشباع سریع تر اکسید می شوند (۲۸). ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت است که در تعیین پایداری یک نمونه روغن نمی توان فقط به وجود یک نوع اسیدچرب بسنده کرد، و باید مجموع و ترکیب کامل اسیدهای چرب را در نظر گرفت (۱۹). در بررسی یک روغن باید سه عامل را مدنظر داشته باشیم: PUFA^۱، MUFA^۲، SFA^۳. این سه عامل در بررسی روغن حائز اهمیت است تا به این موضوع پی ببریم که چقدر از این روغن اشباع است، چه میزان از آن تک غیراشباع و چقدر از آن چند غیراشباع. زمانی که درصد ایده آل یک روغن را بررسی می کنیم نسبت PUFA به SFA (Se=PUFA/SFA) است که حائز اهمیت است. شاخص PUFA، اسید لینولئیک؛ شاخص MUFA، اولئیک اسید و شاخص اسیدچرب اشباع یا SFA، پالمیتیک اسید است (۱۸). در نتیجه زمانی که می خواهیم درصد ایده آل یک نمونه روغن را محاسبه کنیم، باید شاخص Se را محاسبه کنیم (۱۹). یعنی مبنای کاربر پایه دو اسیدچرب اشباع پالمیتیک اسید و اسیدچرب غیراشباع لینولئیک اسید است. در نتیجه می توان عنوان نمود که با به دست آوردن میزان شاخص Se، در ارتباط با پایداری یک نمونه روغن می توان به نتایج قابل استناد و مطمئن دست پیدا کرد، چراکه شاخص پلی-ان (شاخص Se)، به عنوان معیاری از میزان چندغیراشباعیت نمونه روغن ها مورد استفاده قرار می گیرد و بالطبع حاکی از میزان تمایل روغن به انجام واکنش های خوداکسایشی است (۲۱، ۲۴، ۲۵).

^۱ Poly Unstaturated Fatty Acid

^۲ Mono Unstaturated Fatty Acid

^۳ Saturated Fatty Acid

جدول ۱- ساختار اسیدهای چرب روغن کنجد و شاخص پلی-ان (Se) روغن های کنجد پالایش شده، استخراج سرد، سنتی و پرس مغازه ای.

نمونه روغن های کنجد	نوع اسیدچرب				شاخص Se
	۱۸:۲ (اسید لینولئیک)	۱۸:۱ (اسید اولئیک)	۱۸:۰ (اسید استئاریک)	۱۶:۰ (اسید پالمیتیک)	
پالایش شده	۴۲/۲۸	۴۰/۵۸	۵/۳	۱۰/۸۳	۳/۹۰۳
استخراج سرد	۳۵/۷	۴۹/۶۵	۵/۵	۹/۱۵	۳/۹۰۱
سنتی	۴۰/۹۲	۴۵/۰۹	۴/۹۹	۹/۰۱	۴/۵
پرس مغازه ای	۳۵/۴۸	۵۰/۰۲	۵/۲۸	۸/۸۶	۴

ساختار اسیدهای چرب نمونه روغن های کنجد مختلف، باهم اختلاف معنی داری داشتند ($P<0/01$). پروفایل اسیدهای چرب نمونه روغن های کنجد مختلف و شاخص پلی-ان مربوط به هریک در جدول (۱) نشان داده شده است. همان طور که در جدول نشان داده شده است، نمونه روغن های کنجد با تفاوت معنی دار در درصد اسید پالمیتیک^۱، اسید استئاریک^۲، اسید اولئیک^۳ و اسید لینولئیک^۴ متمایز شدند. بر اساس نتایج به دست آمده از فرآیند تجزیه اسیدهای چرب توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC): اسیدهای چرب عمده در چهار نمونه روغن کنجد مشاهده گردید. اولئیک اسید با ۵۰/۰۲ و لینولئیک اسید با ۴۲/۲۸ درصد، عمده ترین اسیدهای چرب شناخته شده نمونه روغن های کنجد بودند. وجود مقادیر زیاد اولئیک اسید که در مقابل اکسیداسیون به مراتب مقاوم تر از اسیدهای چرب چند پیوند غیراشباع (مانند لینولئیک و لینولئیک اسید) است، سبب پایداری خوب روغن در برابر حرارت می شود (۲۵، ۲۶). سایر اسیدهای چرب شناسایی شده شامل پالمیتیک اسید و استئاریک اسید بودند. به دنبال محاسبه شاخص پلی-ان و توجه نمودن به مجموع درصد اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع و تک غیراشباع برای نمونه روغن های متفاوت، نتایج به دست آمده در زمینه پایداری نمونه روغن ها از لحاظ

میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع با نتایج به دست آمده از شاخص رنسیمت تبعیت کرده و ترتیب پایداری نمونه روغن ها از لحاظ ترکیب اسیدهای چرب (به ترتیب افزایش پایداری؛ استخراج سرد، پالایش شده، پرس مغازه ای و سنتی)، همان ترتیب پایداری نمونه ها در شاخص رنسیمت بود. علاوه بر این نتایج حاصل از محاسبه شاخص Se بیانگر این مطلب است که، هرچه میزان تفاوت در شاخص Se به دست آمده از نمونه روغن ها کمتر باشد، میزان تفاوت در ساعات پایداری نمونه روغن های مورد مطالعه نیز پایین تر و هرچه میزان تفاوت Se بیشتر؛ میزان تفاوت ساعات پایداری نمونه روغن ها بالاتر است که بازهم بیانگر اهمیت بالای میزان و ساختار ترکیب اسیدهای چرب در زمینه پایداری روغن خواهد بود. در پژوهشی که محمدی و همکاران (۲۴) انجام دادند، به این نتیجه دست پیدا کردند که پایداری مخلوط روغن های کانولا و آفتاب گردان با درصد اولئیک اسید به صورت خطی، مستقیم و قوی و با درصد اسید لینولئیک به صورت قوی و معکوس دارای ارتباط است. این نتیجه با نتایج حاصل از این بخش تحقیق مورد مطالعه مطابقت و همخوانی دارد. علاوه بر این نتایج تحقیقات عسکری و همکاران (۱۳۹۶) (۱۹)، فرهوش و همکاران (۱۳۹۰) (۲۱)، موریاه و همکاران (۲۰۰۰) (۳۹) و پارسر سیا^۶ (۱۹۹۵) (۴۱) مؤید این بخش از نتایج تحقیق حاضر است.

¹ Palmitic Acid

² Stearic Acid

³ Oleic Acid

⁴ Linoleic Acid

⁵ Moria

⁶ Parcerisa

۴- نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر تعیین مرغوب‌ترین نوع روغن کنجد بود. این موضوع در شرایط کنونی عصر حاضر بسیار حائز اهمیت است، چراکه امروزه مردم به این باور رسیده‌اند که روغن‌های سنتی و به‌طور ویژه پرس مغازه‌ای، روغنی بسیار مطلوب و خالص است؛ حال آنکه با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش خلاف این موضوع به اثبات رسیده است. روغن استخراج سرد نسبت به سایر روغن‌های دیگر، بهترین نتایج را از نظر ساختار اسیدچرب، شاخص پایداری اکسایشی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به خود اختصاص داده بود. با وجود اینکه در این پژوهش روغن استخراج سرد به‌منزله مناسب‌ترین روغن مورد تأیید قرار گرفت، اما شرایط بسیار سخت استخراج و دستگاه‌های مورد نیاز در این روش که فقط آزمایشگاهی می‌باشند و همچنین بازده بسیار پایین این روش و نیز با توجه به اینکه پس‌ازاین روغن، روغن پالایش‌شده در ارتباط با فاکتورهای مورد مطالعه دارای شرایط بهتری است، توصیه می‌گردد افراد به‌جای استفاده از روغن‌های سنتی و به‌ویژه پرس مغازه‌ای، روغن پالایش‌شده را استفاده کنند، چنان‌که رستمی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود بر روی روغن کنجد عنوان نمودند که می‌توان با بکارگیری تمهیداتی از قبیل کمتر کردن دمای حلال و در کل فرآیند و با توجه به اینکه میزان راندمان در روش پالایش‌شده، بیشتر از روش‌های پرس سرد است، می‌توان روش پالایش‌شده را جایگزین روش‌های استخراج سرد معمول نمود (۱۴). در روش پرس مغازه‌ای فرآیندهای بوجاری، پوست‌گیری و برشته کردن دانه‌ها جایی نداشته که این خود در بحث تمیزی و نیز باقی ماندن عناصر ضد تغذیه‌ای در روغن حاصله تأثیرگذار است. علاوه بر این به علت وجود مواردی از قبیل قابلیت فسادپذیری بالا، حضور ترکیبات زائد، دمای بالا، عدم رعایت نمودن ضوابط بهداشتی در زمینه شست‌وشوی دستگاه، محل روغن‌گیری، ظروف و شرایط نگهداری روغن‌های استحصال‌شده، مخلوط نمودن نمونه روغن‌های استخراج‌شده از بازه‌های زمانی متفاوت و... در روغن حاصل از روش پرس مغازه‌ای، مصرف روغن سنتی توصیه می‌گردد. تحقیق حاضر اولین

پژوهش در زمینه ارزیابی تأثیر انواع روش‌های استحصال بر خصوصیات شیمیایی روغن کنجد است. امید است که در آینده تحقیقات گسترده‌تری با توجه به اهمیت روغن کنجد اجرایی گردد تا بتوان به نتایج مطمئن‌تری در ارتباط با انتخاب مطلوب‌ترین نوع روغن و حذف روغن‌های نامطلوب رایج در جامعه، بخصوص روغن پرس مغازه‌ای که امروزه جایگاه منحصربه‌فردی را در رژیم غذایی روزانه افراد به دست آورده است، تکیه کرد.

۵- سپاسگزاری

این پژوهش حاصل بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که با حمایت شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان انجام شده است. بدین‌وسیله بر خود واجب میدانیم از مدیریت عامل محترم جناب آقای مهندس بوژمهرانی و مدیریت محترم واحد کنترل کیفیت جناب آقای مهندس زارع که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه داشته‌اند، تشکر و قدردانی نماییم.

۶- منابع

- ۱- الهامی راد، ا. م. و عسکری، ب. ۱۳۹۱. آنتی‌اکسیدان‌ها در مواد غذایی. چاپ اول. انتشارات سخن‌گستر و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار صفحات ۲۹۶-۲۹۷.
- ۲- بیگ محمدی، ز.، مقصودلو، ی.، صادقی ماهونک، ع. ر. و صفافر، ح. ۱۳۸۸. بررسی اثر پیش تیمار حرارتی و نوع پرس بر میزان پایداری اکسیداتیو روغن کلزای استخراج‌شده طی دوره نگهداری. مجله الکترونیک فراوری و نگهداری مواد غذایی، جلد ۱، شماره ۱، ۶۳-۷۲.
- ۳- پاک ترکمنی، م.، قجربیگی، پ. و مولودی، ف. ۱۳۹۴. مقایسه پایداری حرارتی روغن کنجد بکر و هسته انگور. دوماهنامه علمی پژوهشی دانشکده علوم پزشکی کرمانشاه، سال ۱۹، شماره ۵، ۲۶۱-۲۶۸.
- ۴- پیروای ونک، ز. ۱۳۹۵. بررسی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) و فلزات سنگین

(*Sesamum indicum*. L). مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۲۰، شماره ۴، ۳۲۷-۳۳۳.

۱۲- رجیبی بخشنده، ب.، الهامی راد، ا. م. و هوشمند دلیر، م. ا. ۱۳۹۰. بررسی پایداری اکسیداتیو روغن کنجد خام در طول نگهداری، همایش ملی صنایع غذایی (فن‌آوری‌های نوین، کنترل کیفیت و بسته‌بندی مواد غذایی)، قوچان.

۱۳- رحیمی پور سی سخت، س. و حداد خداپرست، م. ح. ۱۳۹۳. بررسی پایداری حرارتی روغن فراسودمند حاصل از روغن‌های بزرک، کنجد و روغن‌زیتون، سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، قوچان.

۱۴- رستمی، م.، استکی، م.، بوژمهرانی، ا.، بخش آبادی، ح.، زارع، ا. و آتشی، ا. ۱۳۹۲. بررسی برخی از خصوصیات روغن و کنجاله دانه کنجد حاصل از روش استخراج با حلال، سومین همایش ملی امنیت غذایی، سوادکوه.

۱۵- روزنامه جام جم. ۱۳۹۳. شماره ۴۱۴۶، قابل دسترسی از طریق Magiran.com/n39.972.

۱۶- سیوش، ب.، کاراپتیان، ژ. و زارع، ص. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری و مقایسه مقدار روغن و اسیدهای چرب موجود در دانه چند رقم کلزا. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۶، ۹۵-۱۰۱.

۱۷- شرکت سپوس مازندران. قابل دسترسی از طریق www.Mazandoil.com/fahealt/post-20html.php.

۱۸- عبدالشاهی، آ.، مرتضوی، س. ع.، شعبانی، ع. ا.، الهامی راد، ا. ح.، طاهری، م. و آرمین، م. ۱۳۹۳. بررسی مقاومت حرارتی و ترکیب اسیدهای چرب روغن ارقام پسته (*Pistacia vera* L.) دامغان. نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال ۶، شماره ۳، ۹-۱۶.

۱۹- عسکری، س.، میراحمدی، ف. و شعیف، س. ۱۳۹۶. بررسی اندیس‌های مختلف (یدی، پراکسید، اسیدی و اسیدچرب آزاد) روغن برخی ارقام ژنوتیپ‌های زراعی گلرنگ تحت شرایط مختلف آبیاری، اولین همایش ملی

به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های ایمنی در روغن کنجد خوراکی، سومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان.

۵- توکلی، ج.، حداد خداپرست، م. ح.، اسماعیل زاده کناری، ر.، لاری، م. ا. و شریف، ع. ۱۳۹۱. بررسی قدرت آنتی اکسیدانی روغن پوست کلخونگ به‌عنوان منبع غذایی جدید در ایران. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۹، شماره ۱، ۶۱-۶۷.

۶- جمهوری اسلامی ایران، سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۵. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی- کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسیدهای چرب- قسمت ۱: اندازه‌گیری با کروماتوگرافی گازی مدرن متیل استرهای اسیدهای چرب- راهنما. استاندارد ملی ایران، شماره ۱-۱۳۱۲۶، چاپ اول.

۷- جمهوری اسلامی ایران، سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۴. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی- کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسیدهای چرب- قسمت ۲: تهیه متیل استرهای اسیدهای چرب. استاندارد ملی ایران، شماره ۲-۱۳۱۲۶، چاپ اول.

۸- جمهوری اسلامی ایران، سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۵. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی- اندازه‌گیری پایداری اکسیداتیو (روش تسریع شده)- روش آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳۴، تجدیدنظر دوم. ۹- جمهوری اسلامی ایران، سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۶. روغن خوراکی مصرف خانوار- ویژگی‌ها. استاندارد ملی ایران، شماره ۹۱۳۱، چاپ اول.

۱۰- حسینی، س.، قراچورلو، م.، غیائی طرزی، ب. و قوامی، م. ۱۳۹۳. مروری بر روش‌های تعیین ظرفیت آنتی اکسیدان‌ها (اساس واکنش، روش کار، نقاط قوت و ضعف). مجله علوم غذایی و تغذیه، سال ۱۱، شماره ۴، ۸۹-۱۱۱.

۱۱- دینی ترکمانی، م. ر. و کاراپتیان، ژ. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد

۲۸- نواب دانشمند، ف. و قوامی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر دما و زمان بر تولید و شکست هیدروپراکسیدها در روغن های کانولا و سویا. مجله علوم غذایی و تغذیه، سال نهم، شماره ۱، ۶۱-۷۲.

۲۹- یزدان پناه، ص.، ارجمند، پ.، پورآذرنگ، ه. و محمدی جعفری، م. بررسی مقاومت حرارتی عصاره آنتی اکسیدانی پوست خارجی انار در روغن آفتاب گردان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۳، شماره ۴۷ (الف)، ۱۰۲-۹۵.

30- Abou-Gharbia, H. A., Shehata, A. A., and Shahidi, F. 2000. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. Food Research International, 33, 331e340.

31- Anwar, F., Bhanger, M I., and Kazi, T.G. 2003. Relationship between Rancimat and Active Oxygen Method Values at Varying Temperatures for Several Oils and Fat. JAOCS. 80 (2): 151-154.

32- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C.H., and Attia, H. 2010. Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, and Olive Oils. Journal of Agriculture Science and Techonology. 12: 585-596.

33- Hassanien, MMM. And Abdel-Razek, AG. 2012. Improving the Stability of Edible Oils by Blending with Roasted Sesame Seed Oil as a Source of Natural Antioxidant. JApp Sci Res. 8 (8).

34- <http://www.num.ac.ir>

35- Janat, B., Oveisi, M., Sadeghi, N., Hajimahmoodi, M., Choopankari, E., and Behfar, A. 2010. Effect of Roasting Temperature and Time on Healthy Nutraceuticals of Antioxidant and Total phenolic Content in Iranian Sesame Seeds. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 7: 97-102.

36- Kochhar, Sp. 2000. Stabilisation of Frying Oils with Natural Antioxidative Components. Eur. J Lipid Sci Technol. 102 (8-9): 552-9.

تکنولوژی های نوین در علوم و صنایع غذایی و گردشگری ایران، بابلسر-مازندران.

۲۰- فرخی، ه. و یاسینی اردکانی، س.ع. ۱۳۹۳. بررسی پایداری اکسایشی روغن های گیاهی مختلف تولید شده در ایران با استفاده از روش رنسیمت، اولین همایش ملی میان وعده های غذایی، مشهد.

۲۱- فرهوش، ر.، نیازمند، ر.، سرابی، م. و رضایی، م. ۱۳۹۰. تخمین پایداری نسبی روغن های نباتی برحسب آزمون های تسریع شده. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۸، شماره ۱، ۱۱-۱۷.

۲۲- کشاورزی، آ.، فرمانی، ج.، محرمی، ا. و مهران فر، ا. ۱۳۹۳. استخراج روغن کنجد با آب به روش سستی و عوامل مؤثر بر آن، دومین همایش ملی بهینه سازی زنجیره تولید توزیع و مصرف در صنایع غذایی، ساری.

۲۳- مالک، ف. ۱۳۸۹. دانه های روغنی و روغن های نباتی (ویژگی ها و فرآوری). چاپ اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. صفحات ۵۲۶-۵۶۵.

۲۴- محمدی، ت.، حاتمی، م.، میرزائی سیس آباد، ی.، هوشیاری، ع. و تجاتیان، م. ۱۳۹۳. فرمولاسیون روغن مایع مخلوط حاوی روغن های کانولا و کنجد بدون آنتی اکسیدان سنتزی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال ۹، شماره ۳، ۸۳-۹۲.

۲۵- محمدی، ت.، عزیزی، م. ح. و تسلیمی، ا. ۱۳۸۶. بررسی رابطه بین ترکیب اسیدهای چرب با پایداری روغن در مخلوط روغن های آفتابگردان و کانولا. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۴، شماره ۲، ۶۷-۷۵.

۲۶- مولودی، ف.، قجریگی، پ.، حاج حسینی بابایی، ا. و محمدپوراصل، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی خصوصیات شیمیایی و اکسایشی روغن های زیتون فرا بکر وارداتی. مجله علوم غذایی و تغذیه، سال ۱۲، شماره ۴، ۲۷-۳۴.

۲۷- مهران فر، ا.، فرمانی، ج.، محرمی، ا. و کشاورزی، آ. ۱۳۹۳. مروری بر روش استخراج روغن کنجد با پرس سرد، دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی در علوم کشاورزی، تهران.

- 40- Nagg, D.K., Pandit, D., Sen. M., Bhattaacharya, D.K., Chakraborty, M.M. and Mukherjee, S. 1999. Sci. Culture. 65 (163).
- 41- Parcerisal, J. and Rafecas, M. 1995. Influence of Variety and Geographical Origin on the Lipid Fraction of Hazelnus (Corylus Avellana L.) from Spain (III) Oil Stability, Tocopherol Content and some Mineral Contents (Mn, Fe, Cu). J.Food Chem. 53: 71-74.
- 42- Shahidi, F., Amarowicz, R., Abou-Gharbia, H. A., and Shehata, A. A. 1997. Endogenous antioxidants and stability of sesame oil as affected by processing and storage. Journal of American Oil Chemists' Society, 74, 143e147.
- 43- Sun Hwang, L. 2005. In Shahidi. F (Ed). Sesame oil, in bailey's industrial oil and fat products, New York Inter Science publishers, 6th Ed: 538-570
- 37- Koizumi, Y; Fukuda, Y. and Namiki, M. 1996. Marked antioxidative activity of seed oils developed by roasting of oil sesame seeds. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 43: 689-694.
- 38- Kamel-eldin, A. and Appelqvist, L. A. 1995. The Effects of Extraction Methods on Sesame Oil Stability. Journal of American oil Chemists' Society. Vol, 72, pp: 968-969.
- 39- Moria, G. and Mais, V.R. 2000. Surveys in Happer Biochemistry. Trans: Niavarani AR. 1st ed. Tehran: Esharat Publication. P (205) (Persian).