

مشخصات فیزیکوشیمیایی روغن ارقام رایج کانولا در ایران

* رضا فرهوش^۱، سمانه پژوهان مهر^۲ و هاشم پورآذرنگ^۳

^۱دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی،

دانشگاه فردوسی مشهد، آستاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۱۱

چکیده

در این پژوهش ارقام رایج کانولا در ایران (اوکاپی، هایولا ۴۰۱، زرفام و طلایه) از مناطق تولید (استان‌های خراسان رضوی، گلستان، مازندران، تهران و فارس) تهیه و روغن آنها پس از خشک کردن، استخراج شد. ساختار اسید چربی روغن ارقام یاد شده مرکب از ۷/۲ تا ۸/۰ درصد اسیدهای چرب اشباع، ۶۱/۷ تا ۶۷/۴ درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع و ۲۳/۶ تا ۲۹/۳ درصد اسیدهای چرب چند غیراشباع بود. به استثنای روغن ارقام زرفام تهران و هایولای گلستان با اعداد پراکسید کمتر از ۱/۲۰، روغن سایر ارقام دارای اعداد پراکسید بیش از ۲/۰ بودند. بیشترین میزان عدد یدی به روغن رقم طلایه خراسان رضوی (۱۰۹/۶) و کمترین آن به اوکاپی خراسان رضوی (۱۰۴/۲) و هایولای گلستان (۱۰۴/۸) تعلق داشت. میزان مواد غیرصابونی از ۳/۴ (اوکاپی خراسان رضوی) تا ۸/۶ درصد (هایولای گلستان) متغیر بود. ارقام کانولا به‌طور متوسط دارای روغن‌هایی با ۱/۶ درصد استرول بودند. روغن ارقام زرفام و اوکاپی خراسان رضوی دارای بیشترین میزان توکوفرول‌ها بودند (به ترتیب ۷۹۳/۳۵ و ۷۶۵/۱۴ پی‌پی‌ام)، و کمترین میزان آن در روغن ارقام طلایه فارس (۵۷۳/۵۷ پی‌پی‌ام) و هایولای مازندران (۵۵۵/۹۷ پی‌پی‌ام) مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنلی به ترتیب به روغن ارقام هایولای مازندران (۱۲۷/۳ پی‌پی‌ام) و طلایه فارس (۲۳/۸ پی‌پی‌ام) اختصاص داشت. میزان ترکیبات مومی از ۵/۶ (اوکاپی خراسان رضوی) تا ۱۰/۸۳ درصد (زرفام تهران) متغیر بود. ترکیبات قطبی در دامنه ۲/۲ (اوکاپی خراسان رضوی) و ۱۳/۰ درصد (طلایه فارس) قرار داشت. دانسیته‌ها، ویسکوزیته‌ها و ضرایب شکست به ترتیب عبارت از ۸۰۶/۱ تا ۸۲۰/۰ کیلوگرم بر مترمکعب، ۹۶/۳ تا ۱۰۴/۲ سانتی پواز و ۱/۴۶۷۸۸ تا ۱/۴۶۷۸۸ بودند. شاخص‌های پایداری اکسایشی (OSI) به ترتیب ذیل بود: هایولای گلستان = زرفام تهران < اوکاپی خراسان رضوی < زرفام خراسان رضوی < هایولای مازندران = طلایه فارس < طلایه خراسان رضوی.

واژه‌های کلیدی: روغن کانولا، ساختار شیمیایی، خواص فیزیکی، شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

مقدمه

کانولا عبارت است از کلزای اصلاح شده‌ای که بر اثر دست‌کاری‌های ژنتیکی در گونه‌های *Brassica napus*

و *Brassica rapa* به‌دست می‌آید و دارای حداکثر ۲ درصد اسید اروسیک در روغن استحصالی و ۳۰ میلی‌گرم گلوکوزینولات در گرم کنجاله خشک است. صرف نظر از کنجاله به‌دست آمده که مهم‌ترین منبع پروتئین گیاهی در

* - مسئول مکاتبه: rfarhoosh@um.ac.ir

فیزیکوشیمیایی روغن ارقام رایج کانولا در ایران و مقایسه آنها با یکدیگر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: ارقام کانولا تولید شده در سال زراعی ۱۳۸۶ از مناطق تولید خریداری و بلافاصله به سردخانه انتقال یافت و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. شرایط نگهداری پس از برداشت عبارت از انبارهای تاریک تحت شرایط محیطی بود. رقم اوکاپی از مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر طرق مشهد (استان خراسان رضوی) تأمین شد، هیبرید هایولا ۴۰۱ از دودانگه ساری (استان مازندران) و مینودشت (استان گلستان) خریداری، و رقم زرفام از مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر کرج (استان تهران) و مزارع تربت‌جام (استان خراسان رضوی) جمع‌آوری، و رقم طلایه (کبری) از اقلید (استان فارس) و مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر طرق مشهد (استان خراسان رضوی) تهیه شدند. استاندارد متیل‌استر اسیدهای چرب و تمام مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق از درجه آنالیتیکال بودند و از شرکت‌های مرک و سیگما تأمین شدند.

استخراج روغن: دانه‌های کانولا پس از خشک کردن زیر نور غیرمستقیم خورشید آسیاب شدند. روغن پودرهای حاصل طی مدت ۴۸ ساعت با هگزان نرمال (به نسبت ۱ به ۴ وزنی حجمی) و تحت شرایط دمای محیط، تاریکی و هم زدن استخراج شد. حلال تحت خلاء و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تبخیر گردید.

ساختار اسید چربی: محلولی از ۰/۳ گرم نمونه روغن در ۷ میلی‌لیتر هگزان نرمال با ۲ میلی‌لیتر پتاس متانولی ۷ نرمال به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به شدت هم زده شد تا اسیدهای چرب نمونه روغن به استرهای متیل مربوطه تبدیل شوند. استرهای متیل با دستگاه کروماتوگراف^۱ مجهز به ستون موئینه^۲ و آشکارساز

تغذیه دام محسوب می‌شود، ویژگی‌هایی مانند میزان روغنی بیش از سایر دانه‌های روغنی، خواص تغذیه‌ای فوق‌العاده ارزشمند برای انسان، ارزش اقتصادی مشخص در بین دانه‌های روغنی و برخورداری از مزایای متعدد زراعی، کانولا را از جمله مهم‌ترین گیاهان روغنی در سطح دنیا و کانون توجه بسیاری از متخصصان امر ساخته است (پرزبیلسکی و ماگ، ۲۰۰۲). دانه‌های کانولا متشکل از ۴۱ تا ۴۸ درصد (بر مبنای وزن خشک) روغن دارای سطوح بسیار پایین اسیدهای چرب اشباع (۷ درصد)، سطوح به نسبت بالای اسیدهای چرب تک غیراشباع (اسید اولئیک، ۶۰ درصد)، سطوح متوسطی از اسیدهای چرب چند غیراشباع (اسید لینولئیک، ۲۰ تا ۲۱ درصد؛ اسید لینولنیک، ۱۰ تا ۱۱ درصد) و نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ حدود ۲ به ۱ می‌باشند. برحسب استانداردهای حال حاضر دنیا شاید بتوان این روغن گیاهی را تنها روغنی در سلسله گیاهی دانست که از دیدگاه تغذیه‌ای دارای چنین موازنه مناسبی بین اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده خود است. ضمن آن که روغن کانولا منبعی غنی از توکوفرول‌هاست که دارای فعالیت‌های ویتامین E و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (اکمن، ۱۹۹۰؛ لی و همکاران، ۱۹۹۹).

مطالعه ساختار شیمیایی و خواص فیزیکوشیمیایی چربی‌ها و روغن‌های خوراکی از جایگاه علمی ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این اطلاعات دارای اهمیت زیادی در خصوص تشخیص ماهیت، نوع کاربرد، پایداری اکسایشی و به‌طورکلی کیفیت نهایی محصول و مواد غذایی مرتبط با آن است. ارقام رایج کانولا در ایران برحسب عوامل زراعی مانند عملکرد محصول، درصد روغن دانه، میزان گلوکوزینولات دانه، وزن هزاردانه، زمان رسیدن، میزان مقاومت به اقلیم‌های مختلف و متغیرهایی از این دست انتخاب می‌شوند (حجازی، ۲۰۰۰)، حال آن که مشخصات فیزیکوشیمیایی روغن استحصالی که از دیدگاه صنعت مواد غذایی دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد، در این بین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، هدف از اجرای این پژوهش، بررسی مشخصات

1- HP-5890, Hewlett-Packard, CA, USA
2- Supel Co., Inc., Bellefonte, PA, 60 m×0.22 mm I.D., 0.2 μm Film Thickness

هرگونه آلودگی احتمالی کاتالیزکننده واکنش‌های اکسایشی، ظروف شیشه‌ای دستگاه پیش از هر مرحله کار به شرح ذیل تمیز شده‌اند: یک ساعت جوشاندن در محلول سود سوزآور ۲ درصد، خشک کردن و خیساندن در محلول اسید کلریدریک ۳۷ درصد، شستشو با آب معمولی و مقطر و در نهایت خشک کردن در آون. همچنین ظروف اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، الکترودها و لوله‌های ارتباطی دستگاه چندین بار با اتانول و آب مقطر و سپس گاز ازت تمیز شدند (گوردون و مورسی، ۱۹۹۴). به منظور اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی (OSI)^۵، جریانی از هوای خشک و تمیز با سرعت ۱۵ لیتر بر ساعت به درون ظرف دارای ۳ گرم نمونه روغن دمیده و هوای حامل اسیدهای آلی فرار ناشی از اکسایش نمونه به ظرف اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (حاوی ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر) هدایت شدند. شاخص پایداری اکسایشی به‌طور خودکار در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. در هر مرحله کار دستگاه، ۸ نمونه به‌طور هم‌زمان مورد آزمایش قرار گرفت. موقعیت ظروف نمونه در محوطه حرارتی دستگاه در هر بار آزمایش به‌صورت تصادفی تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: تمام اندازه‌گیری‌ها در ۳ تکرار انجام و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس گردید. میانگین صفات با نرم‌افزار آماری MSTATC و براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. به‌منظور ترسیم نمودارهای مربوطه از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ساختار اسید چربی روغن‌های کانولا مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین میزان اسیدهای چرب اشباع (SFA)^۶ به‌ترتیب به روغن ارقام طلایه خراسان رضوی، زرفام خراسان رضوی، اوکاپی خراسان

یونیزه‌کننده شعله‌ای (FID)^۱ تعیین مقدار شدند (درصد). ازت با سرعت جریان ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. دمای آون ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد و دمای بخش‌های تزریق نمونه و آشکارساز ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود.

کمیت‌های ساختاری: میزان مواد غیرقابل صابونی برحسب روش لوزانو و همکاران (۱۹۹۳) تعیین، و ترکیبات استرولی بر طبق واکنش رنگی لیبرمن-بورچارد (سایبر و همکاران، ۲۰۰۳) تعیین مقدار گردید. میزان ترکیبات توکوفرولی به روش رنگ‌سنجی (وانگ و همکاران، ۱۹۸۸) اندازه‌گیری و ترکیبات فنلی به روش طیف‌سنجی مبتنی بر معرف فولین-سیوکالچيو تعیین مقدار شد (کاپانزی و همکاران، ۲۰۰۰). ترکیبات مومی بر طبق روش مزوآری و همکاران (۲۰۰۶) اندازه‌گیری و میزان ترکیبات قطبی به روش شولت (۲۰۰۴) تعیین شد.

شاخص‌های شیمیایی: روش تیوسیانات برای تعیین عدد پراکسید نمونه‌های روغن مورد استفاده قرار گرفت (شانتا و دکر، ۱۹۹۴). عدد اسیدی بر طبق روش AOCS (۱۹۹۳) تعیین شد. اعداد یدی و صابونی به‌ترتیب بر طبق روش‌های AOAC (920.158) و AOAC (920.160) (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های فیزیکی: ضریب شکست نمونه‌های روغن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به کمک شکست‌سنج آبه^۲ مجهز به سیرکولاتور تنظیم‌کننده دما اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته دینامیکی در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با ویسکومتر لوله موئینه^۳ کالیبره شده با آب مقطر تعیین گردید. دانسیته در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با پیکنومترهای ۲۵ میلی‌لیتری کالیبره شده با آب مقطر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

آزمون رنسیمت: برای این منظور مدل ۷۴۳ دستگاه رنسیمت^۴ مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور حذف

-
- 1- Flame Ionization Detector
 - 2- Atago, Co Ltd, Tokyo, Japan
 - 3- DURAN, West Germany, Model A200
 - 4- Metrohm Rancimat Model 743, Herisau, Switzerland

5- Oil/Oxidative Stability Index
6- Saturated Fatty Acids

زیتون بوده و دارای سطوح کمتری نسبت به روغن‌های ذرت، پنبه دانه، گلرنگ، سویا و آفتابگردان می‌باشد (هیوی، ۱۹۹۶). میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع در روغن‌های گیاهی از این نظر دارای اهمیت است که این دسته از اسیدهای چرب (اسیدهای لینولئیک و آلفا-لینولئیک) در ردیف اسیدهای چرب ضروری قرار می‌گیرند و علاوه بر این سطح کلسترول پلاسماي خون را پایین آورده و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهند (ماتسون و گروندی، ۱۹۸۵). جالب توجه است که نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ در خصوص روغن ارقام کانولا مورد مطالعه از ۱/۹۳ برای روغن رقم هایولا گلستان تا ۲/۶۹ برای روغن رقم زرفام خراسان رضوی متغیر بود.

نسبت PUFA به SFA که تحت عنوان شاخص پلی‌ان^۳ خوانده می‌شود، معمولاً به عنوان معیاری از میزان چند غیراشباعی بودن روغن‌ها و به دنبال آن میزان تمایل به انجام واکنش‌های خود اکسایشی در نظر گرفته می‌شود. مقادیر بالاتر این شاخص به معنای اکسایش‌پذیری بیشتر روغن یا چربی مربوطه است (مندز و همکاران، ۱۹۹۶). بالاترین نسبت PUFA به SFA به روغن‌های طلايه خراسان رضوی (۳/۶۴) و زرفام تهران (۳/۵۹) تعلق داشت و روغن ارقام طلايه فارس (۳/۴۴)، هایولا مازندران (۳/۲۹) و زرفام خراسان رضوی (۳/۱۵) از دیدگاه آماری به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری میان نسبت PUFA به SFA روغن‌های ارقام زرفام خراسان رضوی و اوکاپی خراسان رضوی (۳/۱۴) مشاهده نشد. روغن رقم هایولا گلستان دارای کمترین میزان معنی‌دار نسبت PUFA به SFA بود (۳/۰۶).

رضوی، هایولا گلستان، هایولا مازندران، طلايه فارس و زرفام تهران تعلق داشت. میزان اسیدهای چرب اشباع روغن ارقام کانولا در محدوده ۷ تا ۸ درصد قرار گرفت که این میزان تقریباً نصف میزان مربوطه در روغن‌های ذرت، زیتون و سویا، و حدود $\frac{1}{4}$ میزان آن در روغن پنبه دانه است (هیوی، ۱۹۹۶). بررسی‌ها نشان داده رابطه مستقیمی میان خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و سهم اسیدهای چرب اشباع در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی وجود دارد (بار و همکاران، ۱۹۹۲)، و روغن کانولا از این نظر دارای جایگاه ارزشمندی در بین روغن‌های گیاهی است. اسید اولئیک اسید چرب عمده در میان اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده روغن ارقام کانولا مورد مطالعه بود. به‌طورکلی، روغن کانولا در بین روغن‌های گیاهی رایج دارای بیشترین میزان اسید اولئیک پس از روغن زیتون می‌باشد (هیوی، ۱۹۹۶). بررسی‌ها نشان داده نقش اسید اولئیک در کاهش سطح کلسترول پلاسماي خون هم‌سنگ اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA)^۱ است (ماتسون و گروندی، ۱۹۸۵). با توجه به سهم عمده اسید اولئیک در بین اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA)^۲، روغن ارقام هایولا گلستان و هایولا مازندران به ترتیب حامل بیشترین و کمترین میزان معنی‌دار اسیدهای چرب تک غیراشباع بود و سایر ارقام از این نظر وضعیت میانه‌ای داشتند. بیشترین میزان معنی‌دار اسیدهای چرب چند غیراشباع را روغن رقم طلايه خراسان رضوی به خود اختصاص داد. روغن ارقام زرفام خراسان رضوی، طلايه فارس و هایولا مازندران هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و از این نظر در مرتبه بعدی قرار گرفتند. روغن ارقام اوکاپی خراسان رضوی و هایولا گلستان به ترتیب حامل کمترین میزان معنی‌دار اسیدهای چرب چند غیراشباع بودند. میزان اسیدهای چند غیراشباع روغن کانولا به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش از روغن‌های نخل و

3- Polyene Index

1- Polyunsaturated Fatty Acids
2- Monounsaturated Fatty Acids

جدول ۱- ساختار اسید چربی (درصد) روغن ارقام کانولا مورد مطالعه*.

نوع رقم		نوع رقم				
اوکاپی خراسان رضوی	هایولا گلستان	هایولا مازندران	زرفام تهران	زرفام خراسان رضوی	طلایه فارس	طلایه خراسان رضوی
اسید میریستیک (C14:0)	۰/۰۶±۰/۰۱ ^a	۰/۰۷±۰/۰۲ ^a	۰/۰۸±۰/۰۱ ^a	۰/۰۶±۰/۰۲ ^a	۰/۰۷±۰/۰۱ ^a	۰/۰۷±۰/۰۱ ^a
اسید پالمیتیک (C16:0)	۴/۲۷±۰/۰۷ ^c	۴/۰۶±۰/۰۲ ^d	۴/۲۹±۰/۰۴ ^c	۴/۲۱±۰/۰۶ ^c	۴/۷۶±۰/۰۸ ^b	۴/۲۲±۰/۰۵ ^c
اسید پالمیتولیک (C16:1)	۰/۲۶±۰/۰۲ ^a	۰/۳۳±۰/۰۳ ^a	۰/۳۲±۰/۰۳ ^a	۰/۲۸±۰/۰۱ ^a	۰/۳۶±۰/۰۱ ^a	۰/۲۹±۰/۰۲ ^a
اسید استئاریک (C18:0)	۲/۳۱±۰/۰۸ ^b	۲/۵۹±۰/۰۹ ^a	۲/۳۱±۰/۰۶ ^b	۱/۹۶±۰/۰۳ ^e	۲/۱۵±۰/۰۴ ^c	۲/۰۷±۰/۰۲ ^{cd}
اسید اولئیک (C18:1)	۶۴/۶۳±۰/۱۲ ^b	۶۵/۶۸±۰/۱۲ ^a	۶۴/۰۸±۰/۲۰ ^c	۶۴/۵۹±۰/۳۳ ^b	۶۴/۴۸±۰/۳۳ ^b	۶۴/۳۰±۰/۰۳ ^{bc}
اسید لینولئیک (C18:2)	۱۷/۶۹±۰/۱۰ ^e	۱۵/۵۵±۰/۰۵ ^g	۱۶/۷۸±۰/۰۷ ^f	۱۸/۱۳±۰/۰۵ ^e	۱۸/۳۳±۰/۰۰ ^b	۱۷/۸۶±۰/۰۷ ^d
اسید لینولئیک (C18:3)	۶/۷۶±۰/۰۶ ^e	۸/۰۴±۰/۰۸ ^b	۸/۳۴±۰/۰۷ ^a	۷/۶۴±۰/۱۱ ^c	۶/۸۱±۰/۰۴ ^e	۷/۲۷±۰/۱۰ ^d
اسید آراشیدیک (C20:0)	۱/۱۵±۰/۰۶ ^a	۰/۹۹±۰/۰۵ ^b	۰/۹۷±۰/۰۳ ^b	۰/۹۴±۰/۱۱ ^b	۰/۹۹±۰/۰۴ ^b	۰/۹۵±۰/۰۵ ^b
اسید گادولئیک (C20:1)	۱/۵۴±۰/۰۳ ^{ab}	۱/۳۵±۰/۰۶ ^{bc}	۱/۴۳±۰/۱۱ ^b	۱/۴۱±۰/۰۷ ^b	۱/۲۱±۰/۱۰ ^c	۱/۶۵±۰/۰۸ ^a
سایر اسیدهای چرب	۱/۳۳±۰/۰۹ ^a	۱/۳۴±۰/۱۴ ^a	۱/۴۱±۰/۰۹ ^a	۰/۷۸±۰/۲۱ ^b	۰/۸۴±۰/۲۸ ^b	۱/۳۳±۰/۱۲ ^a
اسیدهای چرب اشباع (SFA)	۷/۷۹±۰/۱۰ ^b	۷/۷۱±۰/۱۱ ^{bc}	۷/۶۵±۰/۰۹ ^c	۷/۱۷±۰/۰۵ ^e	۷/۹۸±۰/۱۰ ^a	۷/۳۱±۰/۰۱ ^d
اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA)	۶۶/۴۳±۰/۱۳ ^b	۶۷/۳۶±۰/۱۷ ^a	۶۵/۸۲±۰/۰۷ ^d	۶۶/۲۸±۰/۳۰ ^{bc}	۶۶/۰۴±۰/۲۳ ^{cd}	۶۶/۲۴±۰/۱۰ ^{bc}
اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA)	۲۴/۴۵±۰/۱۳ ^d	۲۳/۵۹±۰/۱۲ ^e	۲۵/۱۲±۰/۰۶ ^c	۲۵/۷۷±۰/۰۸ ^b	۲۵/۱۴±۰/۱۱ ^c	۲۵/۱۳±۰/۱۷ ^c
نسبت C18:2/C18:3	۲/۶۲±۰/۰۳ ^b	۱/۹۳±۰/۰۲ ^f	۲/۰۱±۰/۰۲ ^e	۲/۳۷±۰/۰۴ ^d	۲/۶۹±۰/۰۱ ^a	۲/۴۶±۰/۰۳ ^c
نسبت C18:2/C18:3	۳/۱۴±۰/۰۶ ^d	۳/۰۶±۰/۰۶ ^e	۳/۲۹±۰/۰۳ ^c	۳/۵۹±۰/۰۲ ^a	۳/۱۵±۰/۰۵ ^d	۳/۴۴±۰/۰۲ ^b

* ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$).

احتمالاً ناشی از شرایط نامناسب حمل و نگهداری دانه‌های روغنی بوده است. در واقع انتظار می‌رود تحت شرایط یکسان از دیدگاه سایر عوامل مؤثر بر فساد اکسایشی روغن‌ها و چربی‌ها، روغن‌های با عدد پراکسید

به استثنای روغن ارقام زرفام تهران و هایولا گلستان با اعداد پراکسید کمتر از ۱/۲۰ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم، روغن سایر ارقام دارای اعداد پراکسید بیش از ۲/۰ اکی‌والان گرم بر کیلوگرم بودند (جدول ۲). این

بر می‌گیرند (ملکا، ۱۹۹۴). میزان مواد غیرقابل صابونی به‌عنوان شاخصی برای کیفیت روغن‌های تصفیه شده یا کنترل فرآیند تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال، میزان مواد غیرقابل صابونی روغن‌های خوراکی گلرنگ، سویا و نخل برحسب استانداردهای زراعی کشور ژاپن نباید از میزان یک درصد تجاوز نماید. میزان بالاتر مواد غیرقابل صابونی در واقع شدت بیشتری از عملیات تصفیه را طلب می‌نماید. از سوی دیگر، تحقیقات نشان داده است این ترکیبات نقش مؤثری در کاهش فساد روغن‌ها و چربی‌های خوراکی دارند.

استرول‌های گیاهی یا فیتواسترول‌ها که تقریباً در تمام روغن‌های گیاهی به چشم می‌خورند، ساختمان و عملی مشابه کلسترول را در سیستم‌های حیوانی دارا هستند (لاگادا و همکاران، ۲۰۰۶). این ترکیبات به‌طور متوسط ۰/۳ تا ۲ درصد از روغن‌های گیاهی را به خود اختصاص می‌دهند و در برخی موارد ممکن است میزان آنها به بیش از ۱۰ درصد برسد (استوکلیک و زاک، ۲۰۰۲). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان استرول‌ها به روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی (۲/۱۰ درصد) و کمترین آن به روغن ارقام هایولا مازندران (۱/۳۱ درصد)، هایولا گلستان (۱/۱۹ درصد) و طلایه فارس (۱/۱۱ درصد) تعلق داشت. روغن ارقام زرفام (۱/۸۵ درصد) و ۱/۷۴ درصد) و طلایه خراسان رضوی (۱/۵۲ درصد) به‌ترتیب دارای رتبه‌های بعدی در محدوده میانی بودند. بررسی‌ها نشان داده فیتواسترول‌ها قادرند سطح کلسترول خون را پایین آورده و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهند (لی و همکاران، ۲۰۰۷).

پایین‌تر را بتوان به مدت طولانی‌تری نگهداری کرد. همچنین، عدد اسیدی به نسبت بالای روغن ارقام کانولا مورد مطالعه، به‌خصوص روغن ارقام زرفام خراسان رضوی (۱/۴۹) و هایولا مازندران (۱/۸۸)، تایید دیگری بر نامناسب بودن شرایط حمل و نگهداری روغن‌های مربوطه است (جدول ۲).

عدد یدی که معیاری از میزان غیراشباع بودن روغن‌هاست، در میان روغن ارقام کانولا مورد مطالعه از دیدگاه آماری دارای مقادیر متفاوتی بود. بیشترین میزان عدد یدی به روغن رقم طلایه خراسان رضوی (۱۰۹/۶۲) و کمترین آن به روغن ارقام اوکاپی خراسان رضوی (۱۰۴/۱۶) و هایولا گلستان (۱۰۴/۷۶) اختصاص داشت. اختلاف عدد یدی روغن ارقام کانولا مورد مطالعه را می‌توان به ساختار اسید چربی متفاوت آنها نسبت داد، به‌طوری‌که داده‌های جدول ۱ بیانگر تفاوت معنی‌دار میزان MUFA، SFA و PUFA آنها با یکدیگر است.

کمترین و بیشترین میزان مواد غیرقابل صابونی به‌ترتیب به روغن ارقام هایولا گلستان (۸/۵۶ درصد) و اوکاپی خراسان رضوی (۳/۴۲ درصد) تعلق داشت (جدول ۲). هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری میان میزان مواد غیرقابل صابونی روغن رقم هایولا گلستان (۸/۵۶ درصد) با روغن رقم زرفام خراسان رضوی (۷/۶۷ درصد)، و نیز روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی با روغن ارقام هایولا مازندران (۴/۷۳ درصد) و طلایه فارس (۴/۱۰ درصد) مشاهده نشد. سایر ارقام از این نظر وضعیت میانه‌ای داشتند. مواد غیرقابل صابونی روغن‌های گیاهی به‌طور طبیعی دارای هیدروکربن‌ها، الکل‌های ترپنی، استرول‌ها، توکوفرول‌ها و ترکیبات فنلی بوده، ۰/۵ تا ۲/۵ درصد و در برخی موارد ۵ تا ۶ درصد از وزن روغن‌های گیاهی را در

جدول ۲- کمیت‌های ساختاری و شاخص‌های شیمیایی روغن ارقام کائولا مورد مطالعه.*

اطلایه خراسان رضوی	اطلایه فارس	نوع رقم				اطلایه خراسان رضوی	عدد پراکسید (میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن)	عدد اسیدی (میلی گرم پتاس بر گرم روغن)	عدد پدی (گرم پدی بر ۱۰۰ گرم روغن)	مواد غیر قابل صابونی (درصد)	استرول‌ها (درصد)	توکوفرول‌ها (بی‌بی‌ام)	ترکیبات فنلی (بی‌بی‌ام)	ترکیبات مومی (درصد)	ترکیبات قطعی (درصد)
		زرقام خراسان رضوی	زرقام تهران	هالیلا مازندران	هالیلا گلستان										
۲/۴۸±۰/۱۳ ^c	۲/۰۳±۰/۱۱ ^d	۳/۳۱±۰/۰۹ ^a	۰/۳۲±۰/۱۰ ^f	۳/۱۹±۰/۰۵ ^g	۱/۱۵±۰/۰۹ ^e	۲/۸۴±۰/۰۹ ^b									
۰/۴۵±۰/۰۱ ^e	۰/۳۶±۰/۰۳ ^f	۱/۴۹±۰/۰۶ ^b	۰/۴۵±۰/۰۰۵ ^e	۱/۸۸±۰/۰۳ ^h	۰/۹۹±۰/۰۳ ^c	۰/۶۷±۰/۰۶ ^d									
۱۰/۹/۶۲±۰/۳۹ ^a	۱۰/۵/۵۱±۰/۳۳ ^d	۱۰/۵/۳۵±۰/۴۶ ^d	۱۰/۷/۱۹±۰/۲۸ ^b	۱۰/۶/۳۰±۰/۰۳ ^c	۱۰/۴/۸۶±۰/۳۱ ^e	۱۰/۴/۱۶±۰/۱۹ ^e									
۶/۱۷±۰/۵۴ ^{bc}	۴/۱۷±۰/۱۴ ^{cd}	۷/۶۷±۱/۸۷ ^{ab}	۶/۰±۰/۱۵ ^{bc}	۴/۸۳±۰/۸۳ ^{cd}	۸/۵۶±۲/۱۴ ^a	۳/۴۲±۱/۳۵ ^{de}									
۱/۵۲±۰/۱۷ ^c	۱/۱±۰/۰۶ ^d	۱/۷۴±۰/۰۶ ^b	۱/۵±۰/۰۲ ^b	۱/۳۱±۰/۱۲ ^d	۱/۱۹±۰/۱۳ ^d	۲/۱±۰/۱۴ ^a									
۶۰/۶۷±۲۳/۱۷ ^d	۵۷۳/۵۷±۱۰/۷۷ ^e	۷۹۳/۳۵±۱۱/۰۳ ^a	۷۵۰/۴۲±۱۴/۱۴ ^b	۵۵۵/۹۷±۲۸/۲۰ ^e	۶۴۸/۹۶±۲۷/۹۳ ^c	۷۶۵/۱۴±۳۹/۷۵ ^{ab}									
۴/۱/۱۱±۴/۸۲ ^{de}	۲۳/۸۱±۱/۵۰ ^f	۴۷۷/۸۳±۴/۸۱ ^{cd}	۴۷/۱۸±۱/۴۹ ^c	۱۲۷/۲۷±۵/۲۲ ^d	۸۳/۹۲±۱/۲۳ ^b	۳۵/۲۷±۲/۶۳ ^e									
۶/۷۷±۰/۱۷ ^{cd}	۶/۶۰±۰/۲۲ ^{cd}	۵/۹۳±۰/۳۷ ^e	۱۰/۸۳±۰/۸۲ ^a	۷/۶۱±۰/۷۵ ^{bc}	۷/۹۳±۰/۷۸ ^b	۵/۵۸±۱/۰۸ ^d									
۷/۲۶±۱/۰۷ ^c	۱۲/۹۸±۱/۲۳ ^a	۴/۰۴±۰/۹۴ ^{de}	۵/۸۹±۱/۵۵ ^{cd}	۵/۰۹±۰/۴۹ ^d	۹/۳۳±۱/۸۳ ^b	۲/۱۸±۰/۲۳ ^e									

*ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$).

تفاوت معنی داری نداشت. جالب توجه است که ترکیبات فنلی به طور عمده به واسطه قدرت آنتی اکسیدانی خود مورد توجه قرار می گیرند، حال آن که متخصصان فعالیت های بیولوژیکی مهم دیگری را نیز به آنها نسبت می دهند که بر سلامتی و سیستم دفاعی بدن انسان اثرگذارند (مورلو و همکاران، ۲۰۰۴).

موم ها گروهی از ترکیبات نامحلول با نقطه ذوب بالا هستند که به طور طبیعی در روغن های خام گیاهی یافت می شوند. ترکیبات مومی به تیرگی رنگ روغن های تصفیه شده منجر شده، سبب افت بیشتر روغن طی عملیات تصفیه می شوند. البته، موم ها دارای کاربردهای غیر غذایی متعددی در صنایع آرایشی، روان کننده ها، پلاستیسایزرها، دارویی، پلیمر و چرم نیز می باشند. میزان ترکیبات مومی روغن ارقام کانولا از ۵/۵۸ درصد برای اوکاپی خراسان رضوی تا ۱۰/۸۳ درصد برای زرفام تهران متغیر بود. لازم به ذکر است که میزان ترکیبات مومی روغن ارقام کانولا مورد مطالعه به طور کلی بیش از روغن سبوس برنجی بود که با ۳ تا ۶ درصد ترکیبات مومی دارای رتبه اول در بین روغن های گیاهی است (مزوآری و همکاران، ۲۰۰۶).

میزان ترکیبات قطبی روغن های کانولا مورد مطالعه به طور معنی داری با یکدیگر تفاوت داشت (جدول ۲). تعیین ترکیبات قطبی به عنوان شاخصی کیفی برای روغن های خوراکی و به خصوص روغن های سرخ کردنی در سراسر جهان مورد قبول واقع شده است و بسیاری از کشورها بیشترین حد پذیرفته شده آن را ۲۴ تا ۲۷ درصد اعلام نموده اند (فایرستون و همکاران، ۱۹۹۱). از این رو، سطوح بالاتر میزان ترکیبات قطبی در روغن های خام دال بر کیفیت پایین تر آنها بوده، در واقع بار عملیات تصفیه را افزایش خواهد داد. بر این اساس، کمترین کیفیت اولیه به روغن رقم طلایه فارس و بیشترین آن به روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی تعلق داشت. روغن سایر ارقام کانولا مورد مطالعه دارای کیفیتی بینابینی از این نظر بودند. مشخصات فیزیکی روغن های کانولا مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. دانسیته، ویسکوزیته و ضریب شکست عبارت از سه خاصیت فیزیکی هستند که

توکوفرول ها از جمله اجزای بسیار مهم ترکیبات تشکیل دهنده مواد غیر قابل صابونی روغن های گیاهی به شمار می آیند. این ترکیبات دارای خواص آنتی اکسیدانی و نیز فعالیت ویتامین E می باشند و از این رو از اهمیت فوق العاده ای برای سلامت انسان برخوردارند. همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، روغن ارقام زرفام و اوکاپی خراسان رضوی دارای بیشترین میزان ترکیبات توکوفرولی بودند (به ترتیب ۷۹۳/۳۵ و ۷۶۵/۱۴ پی پی ام)، و کمترین میزان آن در روغن ارقام طلایه فارس (۵۷۳/۵۷ پی پی ام) و هایولا مازندران (۵۵۵/۹۷ پی پی ام) مشاهده شد. میزان ترکیبات توکوفرولی روغن رقم زرفام تهران فاقد هرگونه تفاوت معنی داری با میزان ترکیبات توکوفرولی روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی بود و روغن ارقام هایولا گلستان (۶۴۸/۹۶ پی پی ام) و طلایه خراسان رضوی (۶۰۶/۷۵ پی پی ام) به ترتیب دارای اولویت های میانی بودند. بررسی ها نشان می دهد روغن های گیاهی رایج به طور متوسط حامل ۶۰۰ پی پی ام ترکیبات توکوفرولی هستند (اسکین و همکاران، ۱۹۹۶) که از این رو نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن بود که روغن بیشتر ارقام کانولا مورد مطالعه حامل مقادیر قابل ملاحظه ای ترکیبات توکوفرولی می باشند.

ترکیبات فنلی از جمله دیگر اجزای تشکیل دهنده مواد غیر قابل صابونی روغن های گیاهی هستند که هم چون توکوفرول ها دارای ظرفیت آنتی اکسیدانی می باشند (آپاریسیو و همکاران، ۱۹۹۹). میزان ترکیبات فنلی روغن ارقام کانولا مورد مطالعه به طور معنی داری با یکدیگر تفاوت داشتند (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنلی به ترتیب به روغن ارقام هایولا مازندران (۱۲۷/۲۷ پی پی ام) و طلایه فارس (۲۳/۸۱ پی پی ام) اختصاص داشت. روغن ارقام هایولا گلستان (۸۳/۹۲ پی پی ام) و سپس زرفام تهران (۴۷/۸۱ پی پی ام) و زرفام خراسان رضوی (۴۷/۱۳ پی پی ام) از این نظر در اولویت های دوم و سوم قرار گرفتند. میزان ترکیبات فنلی روغن ارقام زرفام خراسان رضوی با طلایه خراسان رضوی و طلایه خراسان رضوی با اوکاپی خراسان رضوی

سانتی‌پوآز و ۱/۴۶۴۷۶۵ تا ۱/۴۶۷۸۸۸ قرار گرفت. به استثنای میزان دانسیته که قدری کمتر از مقادیر گزارش شده برای روغن‌های تصفیه شده کانولا بود، دو شاخص فیزیکی دیگر در خصوص روغن‌های کانولا مورد مطالعه تقریباً معادل مقادیر ذکر شده در منابع بود (هیوی، ۱۹۹۶).

به‌طور گسترده برای شناسایی و تعیین ماهیت ترکیبات لیپیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دانسیته، ویسکوزیته و ضریب شکست نمونه‌های مورد آزمایش به‌ترتیب در محدوده‌های ۸۰۶/۰۶ تا ۸۲۰/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب، ۹۶/۳۱ تا ۱۰۴/۲۳

جدول ۳- شاخص‌های فیزیکی روغن ارقام کانولا مورد مطالعه*.

نوع رقم	دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	ویسکوزیته دینامیکی (سانتی‌پوآز)	ضریب شکست (n_D^{20})
اوکاپی خراسان رضوی	۸۱۷/۲۳±۱/۰۱ ^c	۱۰۲/۲۶±۰/۹۹ ^b	۱/۴۶۷۱۳±۰/۰۰۰۰۸۴ ^a
هایولا گلستان	۸۱۶/۹۳±۰/۵۰ ^c	۱۰۴/۱۳±۰/۷۵ ^a	۱/۴۶۵۹۰۴±۰/۰۰۰۰۸۸ ^b
هایولا مازندران	۸۱۱/۸۸±۰/۴۱ ^d	۹۸/۵۸±۰/۶۲ ^d	۱/۴۶۵۸۰۹±۰/۰۰۰۱۶۰ ^b
زرغام تهران	۸۱۸/۷۰±۰/۳۷ ^b	۱۰۳/۴۹±۰/۸۸ ^{ab}	۱/۴۶۶۴۴۳±۰/۰۰۰۰۸۹ ^a
زرغام خراسان رضوی	۸۲۰/۰۳±۰/۲۵ ^a	۱۰۴/۲۳±۰/۸۷ ^a	۱/۴۶۷۸۸۸±۰/۰۰۰۱۸۹ ^a
طلایه فارس	۸۰۶/۰۶±۰/۴۵ ^f	۱۰۰/۰۲±۰/۶۲ ^c	۱/۴۶۴۷۶۵±۰/۰۰۰۰۹۱ ^c
طلایه خراسان رضوی	۸۰۹/۵۷±۰/۲۳ ^e	۹۶/۳۱±۰/۵۸ ^e	۱/۴۶۶۳۳۹±۰/۰۰۰۰۴۴ ^a

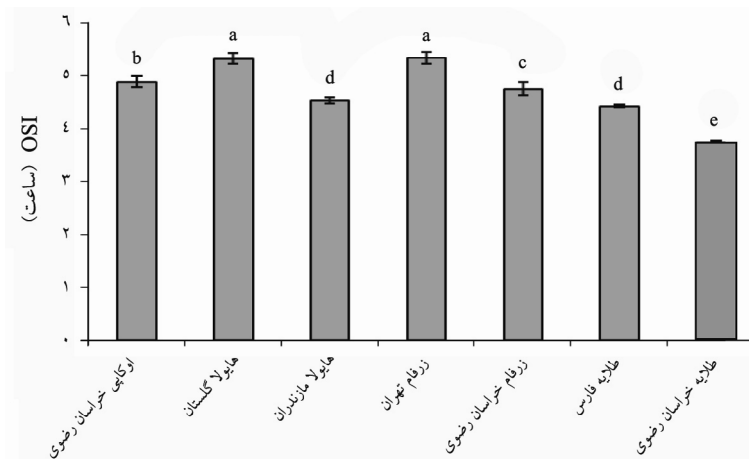
*ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$).

هایولا گلستان (اعداد پراکسید و اسیدی مندرج در جدول ۲) می‌باشد. از این رو، انتظار می‌رود مشروط بر یکسان بودن شرایط حمل و نگهداری، روغن رقم هایولا گلستان از پایداری اکسایشی بالاتری نسبت به روغن رقم زرفام تهران برخوردار باشد. روغن ارقام اوکاپی و زرفام خراسان رضوی به‌ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم از نظر میزان شاخص پایداری اکسایشی قرار گرفتند. براساس استدلال اخیر، کیفیت اولیه این دو روغن نیز پایین‌تر از روغن رقم زرفام تهران بوده است، حال آن‌که پایداری اکسایشی آن‌ها از دیدگاه کمیت‌های یاد شده فراتر از روغن رقم زرفام تهران است؛ ضمن آن‌که روغن رقم زرفام خراسان رضوی از پایداری اکسایشی بهتری نسبت به روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی برخوردار می‌باشد. اولویت چهارم به روغن ارقام هایولا مازندران و طلایه فارس تعلق داشت. همان‌طور که از داده‌های جدول ۲ بر می‌آید، پایین‌ترین کیفیت اولیه را می‌توان به روغن رقم هایولا مازندران نسبت داد اما بیشترین میزان ترکیبات فنلی را نیز می‌توان در این روغن مشاهده نمود. از این رو، روغن رقم هایولا مازندران به‌ذاته پایداری از روغن رقم

شاخص پایداری اکسایشی (OSI) روغن ارقام کانولا مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص پایداری اکسایشی روغن ارقام هایولا گلستان و زرفام تهران به‌طور معنی‌داری بیش از روغن سایر ارقام کانولا بود. این به آن معنی است که مقاومت این روغن‌ها نسبت به اکسایش لیپیدی و به بیان دقیق‌تر تولید آن دسته از ترکیبات ثانویه اکسایش لیپیدی که در دماهای بالا به وجود می‌آیند بیش از سایرین است. به‌طور طبیعی، پایداری اکسایشی برتر روغن این ارقام برگرفته از ساختار شیمیایی آنهاست (جدول‌های ۲ و ۳). مقایسه ساختار شیمیایی روغن دو رقم یاد شده بیانگر آن است که روغن رقم هایولا گلستان دارای نسبت PUFA به SFA به مراتب پایین‌تری از روغن رقم زرفام تهران بوده (۳/۰۶ در مقابل ۳/۵۹)، ترکیبات فنلی حدود ۲ برابر و توکوفرول‌های تا حدی کمتر از روغن رقم زرفام تهران دارد (جدول ۱). این به آن معنی است که روغن رقم هایولا گلستان از پایداری بیشتری نسبت به روغن رقم زرفام تهران برخوردار است، و شاخص پایداری اکسایشی تقریباً یکسان آنها ناشی از کیفیت اولیه پایین‌تر روغن رقم

روغن زرفام تهران و طلایه فارس را از دیدگاه پایداری اکسایشی برای آن متصور می‌سازد. در مجموع، بیشترین پایداری اکسایشی ذاتی روغن ارقام کانولا مورد مطالعه را می‌توان بر طبق ترتیب ذیل نمایش داد: هایولا گلستان < زرفام خراسان رضوی < اوکاپی خراسان رضوی = هایولا مازندران < زرفام تهران < طلایه فارس < هایولا گلستان < اوکاپی خراسان رضوی < زرفام خراسان رضوی < هایولا فارس.

طلایه فارس بوده، انتظار می‌رود از این دیدگاه همانند اوکاپی خراسان رضوی عمل نماید. همچنین، در خصوص روغن رقم طلایه فارس می‌توان برای آن از دیدگاه پایداری اکسایشی جایگاهی پس از روغن زرفام تهران را در نظر گرفت. براساس نتایج آزمون رنسیمت، روغن رقم طلایه خراسان رضوی دارای کمترین میزان پایداری اکسایشی بود اما بررسی‌های ساختاری، جایگاهی میان



شکل ۱- شاخص پایداری اکسایشی (OSI) روغن ارقام کانولا مورد مطالعه. ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$). تیرک‌های ترسیم شده بر بالای ستون‌ها نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌های اندازه‌گیری شده است.

اکسایشی روغن‌ها و چربی‌های خوراکی تحت شرایط نگهداری و فرآیندهای مواد غذایی به شدت تحت‌تأثیر آنهاست و داده‌های آزمون رنسیمت در این تحقیق نیز بیانگر این امر است، به‌طور معنی‌داری در بین روغن‌های ارقام کانولا متفاوت بودند. این تفاوت‌ها به‌طبع تا حدی برگرفته از ویژگی‌های ذاتی ارقام کانولا و تا حدی ناشی از شرایط اقلیمی و زراعی منطقه است. از این‌رو، انجام تحقیقاتی با رویکرد بررسی اثر شرایط اقلیمی و زراعی بر خواص یاد شده به انتخاب رقم یا ارقام مناسب کانولا برای کشت در مناطق مختلف کشور خواهد انجامید. از سوی دیگر، تولید روغن‌های خوراکی کیفی‌تر و پایدارتر مستلزم آگاهی بیشتر نسبت به ویژگی‌های ماده اولیه آن است که این پژوهش اطلاعات مناسبی را در این خصوص به دست‌اندرکاران صنعت روغن‌ها و چربی‌های خوراکی در کشور تقدیم می‌دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد روغن‌های ارقام رایج کانولا در ایران به‌طورکلی در گروه روغن‌هایی قرار می‌گیرند که بخش عمده ساختار اسید چربی آنها را اسیدهای اولئیک و لینولئیک تشکیل می‌دهند اما کمیت‌های ساختاری، فیزیکی و شیمیایی آنها به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت می‌باشند. در این میان، شاخص‌هایی چون عدد پراکسید، عدد اسیدی و ترکیبات قطبی که مقادیر بالاتر آنها حاصل شرایط نامطلوب حمل و نگهداری است و بار عملیات تصفیه و نیز کیفیت محصول پایانی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، به‌طور معنی‌داری در بین ارقام مورد مطالعه متفاوت بودند. این مستلزم توجه بیشتر به شرایط حمل و نگهداری ماده اولیه پیش از فرآیند است. ساختار اسید چربی، مواد غیرقابل صابونی، ترکیبات فنلی و توکوفرول‌ها که پایداری

منابع

1. Hejazi, A. 2000. Colza Farming (planting, nursing, harvesting). Rozaneh Publication, Tehran, 157p.
2. Ackman, R.G. 1990. Canola fatty acids-an ideal mixture for health, nutrition and food use. In Canola and Rapeseed, Shahidi, F. (ed), Van Nostrand Reinhold, New York, Pp: 81-89.
3. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, Pp: 28-81.
4. AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL, 762p.
5. Aparicio, R., Roda, L., Albi, M.A., and Gutierrez, F. 1999. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 4150-4155.
6. Barr, S.L., Ramakrishnan, R., Johnson, C., Hollerau, S., Dell, R.B., and Ginsberg, H.N. 1992. Reducing total dietary fat without reducing saturated fatty acids does not significantly lower total plasma cholesterol concentrations in normal males. *Am. J. Clin. Nutr.*, 26: 194-202.
7. Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M., and Parenti, A. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chem.*, 71: 553-562.
8. Eskin, N.A.M., McDonald, B.E., Przybylski, R., Malcolmson, L.J., Scarth, R., Mag, T., Ward, K., and Adolph, D. 1996. Canola oil. In Bailey's industrial oil and fat products, Hui, Y.H. (ed), Wiley-Interscience Press, New York, Pp: 1-95.
9. Firestone, D., Stier, R.F., and Blumenthal, M. 1991. Regulation of frying fats and oils. *Food Technol.*, 45: 90-94.
10. Gordon, M.H., and Mursi, E. 1994. A comparison of oil stability based on the Metrohm Rancimat with storage at 20 °C. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 71: 649-651.
11. Hui, Y.H. 1996. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley & Sons, Inc., New York.
12. Lagarda, M.J., Garcia-Llatas, G., and Farre, R. 2006. Analysis of phytosterols in foods. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 41: 1486-1496.
13. Li, D., Sinclair, A., Wilson, A., Nakkote, S., Kelly, F., Abedin, L., Mann, N., and Turner, A. 1999. Effect of dietary α -linolenic acid on thrombotic risk factors in vegetarian men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 872-882.
14. Li, T.S.C., Beveridge, T.H.J., and Drover, J.C.G. 2007. Phytosterol content of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil: extraction and identification. *Food Chem.*, 101: 1633-1639.
15. Lozano, Y.F., Mayer, C.D., Bannon, C., and Gaydou, E.M. 1993. Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70: 561-565.
16. Malecka, M. 1994. The effect of squalene on the thermostability of rapeseed oil. *Nahrung*, 38: 135-140.
17. Mattson, F.H., and Grundy, S.M. 1985. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J. Lipid Res.*, 26: 194-202.
18. Mendez, E., Sanhueza, J., Speisky, H., and Valenzuela, A. 1996. Validation of the Rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 73: 1033-1037.
19. Mezouari, S., Parkash Kochhar, S., Schwarz, K., and Eichner, K. 2006. Effect of dewaxing pretreatment on composition and stability of rice bran oil: Potential antioxidant activity of wax fraction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 108: 679-686.
20. Morello, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J., and Romero, M.P. 2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chem.* 85: 357-364.
21. Przybylski, R., and Mag, T. 2002. Canola/rapeseed oil. In Vegetable Oils in Food Technology. Composition, Properties, and Uses, Gunstone, F.D. (ed), Blackwell Publishing, Osney Mead, Oxford (UK), Pp: 98-101.
22. Sabir, S.M., Hayat, I., and Gardezi, S.D.A. 2003. Estimation of sterols in edible fats and oils. *Pak. J. Nutr.*, 2: 178-181.
23. Schulte, E. 2004. Economical micromethod for determination of polar components in frying fats. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106: 772-776.
24. Shantha, N.C., and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J. AOAC Int.*, 77: 421-424.
25. Stuchlik, M., and Zak, S. 2002. Vegetable lipids as components of functional foods. *Biomed. Papers*, 146: 3-10.
26. Wong, M.L., Timms, R.E., and Goh E.M. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65: 258-261.