



DOI: 10.22034/fr.2021.29955.1611

اثر فرایند سرخ‌کردن بر ویژگی‌های اکسیداتیو و حرارتی فرمولاسیون بهینه روغن کنجد و هسته انگور

مریم خاکباز حشمتی^{۱*}، ناصر ناصری^۲، اکرم پزشکی^۱ و مریم جعفرزاده مقدم^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۳

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۲ به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد و دکتری علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: m.khakhbazzheshmati@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: استفاده از روغن هسته انگور در رژیم غذایی با توجه به غنی بودن آن از اسیدهای چرب ضروری و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی همچون توکوفرول‌ها و پلی‌فنول‌ها می‌تواند نقش مؤثری در سلامتی مصرف‌کننده داشته باشد. با این حال پایداری اکسیداتیو این روغن نسبتاً پایین بوده و مخلوط کردن آن با روغن‌های پایدارتر از جمله روغن کنجد می‌تواند روشی مناسب جهت بهبود پایداری اکسیداتیو آن باشد. هدف: هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر سرخ‌کردن بر خواص کیفی مخلوط روغن هسته انگور و کنجد می‌باشد. روش کار: در این پژوهش، پایداری حرارتی مخلوط روغن کنجد (۷۵٪) و روغن هسته انگور (۲۵٪) به عنوان فرمولاسیون بهینه در زمان‌های صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه فرآیند سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ °C مورد بررسی قرار گرفت. و با روغن سرخ‌کردنی تجاری مقایسه شد. طی فرآیند سرخ‌کردن، شاخص‌های اصلی کیفی روغن شامل عدد اسیدی، مقدار پراکسید، اندیس پارا‌آنیزیدین، ترکیبات فنولی و درصد ترکیبات قطبی مورد سنجش قرار گرفتند. **نتایج:** نتایج آزمون‌های اختصاصی روغن‌های سرخ‌کردنی نشان داد که با افزایش زمان فرآیند سرخ‌کردن، میزان عدد اسیدی، اندیس پارا‌آنیزیدین و درصد ترکیبات قطبی افزایش پیدا کردند ولی مقدار پراکسید تنها تا ۶۰ دقیقه اول فرآیند افزایش یافت و پس از آن کاهش یافت. با افزایش زمان حرارت‌دهی مقدار ترکیبات فنولی کاهش یافت. **نتیجه‌گیری نهایی:** مقایسه مقادیر بدست آمده برای فاکتورهای مختلف مخلوط روغن‌های کنجد و هسته انگور با حدود مجاز استاندارد ملی ایران نشان داد که پارامترهای عدد اسیدی و پراکسید بیش از حدود مجاز استاندارد ملی ایران بود، ولی مقدار ترکیبات قطبی در محدوده مجاز استاندارد ملی ایران قرار داشت. مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور برای حرارت‌دهی طولانی مدت و سرخ‌کردن مناسب نمی‌باشد.

واژگان کلیدی: پایداری حرارتی، روغن کنجد، روغن هسته انگور، سرخ‌کردن، شاخص‌های کیفی روغن

مقدمه

سرخ‌کردن یکی از معمول‌ترین و پر کاربردترین روش‌های فرآوری مواد غذایی در دنیا می‌باشد و محصولات سرخ‌شده به واسطه بافت ترد و عطر و طعم دلپذیر، از محبوبیت بسیار بالایی در میان مصرف‌کنندگان برخوردار هستند. یکی از منابعی که از پتانسیل بالایی جهت استحصال روغن سرخ‌کردنی برخوردار است، کنجد می‌باشد. کنجد با نام علمی *Sesamus indicum* از خانواده *Pedaliaceae* یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در کشورهای توسعه یافته محسوب می‌شود. روغن کنجد یکی از روغن‌های غیر اشباع و مفید برای انسان بوده و ثابت شده که این روغن می‌تواند سطح کلسترول خون انسان را کاهش دهد (بسبس و همکاران ۲۰۰۴). با این وجود تا کنون پژوهشی در ارتباط با بررسی تأثیر سرخ‌کردن بر ویژگی‌های کیفی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور صورت نگرفته است. بر این اساس پس از دستیابی به فرمولاسیون بهینه مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور در تحقیق اولیه (خاکباز حشمتی و همکاران ۱۳۹۸)، در این پژوهش تغییرات احتمالی ایجاد شده در برخی از خواص کیفی فرمولاسیون بهینه طی اعمال فرایند سرخ‌کردن مورد بررسی قرار گرفته و همچنین نمونه بهینه با نمونه روغن سرخ‌کردنی تجاری مقایسه شد تا ضمن ارزیابی تأثیر سرخ‌کردن بر برخی خواص کیفی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور بتوان به تولید روغنی با خصوصیات تغذیه‌ای مفید و بدون آنتی‌اکسیدان سنتزی و مناسب جهت سرخ‌کردن دست یافت.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی مورد استفاده شامل کلروفرم، اتانول، سود، اسید استیک، دیدید پتاسیم، تیوسولفات سدیم، هگزان، ایزوپروپانول، p-آنیزیدین، تولوئن، پترولیوم اتر که همگی ساخت شرکت مرک کشور آلمان بود.

آماده‌سازی نمونه روغن

روغن بکر کنجد از کارخانه روغن کنجد سمن (تهران) خریداری شد و استخراج روغن هسته انگور با روش

سوکسله و استفاده از حلال پترولیوم اتر در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۹۰ به مدت ۶ ساعت در آزمایشگاه انجام گرفت. در پژوهش اولیه انجام شده توسط خاکباز حشمتی و همکاران (۱۳۹۸)، نمونه‌های حاصل از اختلاط نسبت‌های متفاوت روغن کنجد (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪) با روغن هسته انگور (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰٪) تهیه و از نظر عدد پراکسید، عدد یدی، ترکیب پروفایل اسید چرب، پایداری اکسیداتیو، مقدار فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت که طبق نتایج این تحقیق و همچنین نظر به قیمت پایین محصول، فرمولاسیون ۲۵٪ روغن هسته انگور + ۷۵٪ روغن کنجد از بین درصدهای مختلف اختلاط روغن‌های هسته‌ی انگور و کنجد به عنوان فرمولاسیون بهینه انتخاب شد (خاکباز حشمتی و همکاران ۱۳۹۸). جهت ادامه این پژوهش روغن‌های کنجد و هسته انگور به میزان ۲۰۰ گرم و با نسبت وزنی/وزنی ذکر شده در بشر آزمایشگاهی ریخته شده و به طور کامل با استفاده از همزن مغناطیسی (در دمای محیط) جهت تشکیل مخلوط یکنواخت همگن گردید. در مرحله بعد به منظور بررسی تغییرات کیفی روغن در طی فرآیند سرخ‌کردن، چهار نمونه ۱۵۰ گرمی از فرمولاسیون بهینه روغن بدون هیچ افزودنی تهیه و در ظروف شیشه‌ای ریخته شد. نمونه‌ها در آون و در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۱۸۰ و در بازه‌های زمانی صفر (نمونه کنترل)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه حرارت داده شدند. بعد از سرد شدن در دسیکاتور، نمونه‌ها در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۱۸- تا زمان آزمایش نگهداری شدند. همچنین روغن تجاری (ترکیبی از روغن‌های آفتاب‌گردان، سویا، پالم اولئین، پالم سوپراولئین و کانولا) مورد استفاده در این پژوهش بلافاصله پس از تولید خریداری شده و تا زمان انجام پژوهش در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۱۸- نگهداری شد.

اندازه‌گیری عدد یدی

عدد یدی طبق روش استاندارد ملی ایران شماره ۴۸۸۶ (روش اندازه‌گیری عدد یدی به روش هانسون در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی) اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۷۹).

اندازه‌گیری عدد اسیدی

برای اندازه‌گیری عدد اسیدی ابتدا ۱۰ گرم نمونه توزین شد. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر مخلوط کلروفورم-تانول به نسبت ۱:۱ به آن اضافه شده و با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن تیترا شد. سپس عدد اسیدی بر حسب درصد اسید اولئیک محاسبه گردید (رهنمون و همکاران ۱۳۹۳).

اندازه‌گیری عدد پراکسید

به منظور اندازه‌گیری عدد پراکسید ابتدا ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک-کلروفورم به نسبت ۳:۲ به همراه ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به ۵ گرم نمونه اضافه شد و به مدت یک دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس عدد پراکسید طبق روش استاندارد ملی ایران محاسبه گردید (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۷).

اندازه‌گیری پایداری نمونه‌های روغن

برای تعیین پایداری نمونه‌های روغن از دستگاه رنسیمت مدل Metrohem ساخت کشور سوئیس استفاده شد. به این منظور ۳ گرم نمونه روغن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفت. سرعت هوادهی نیز ۲۰ لیتر بر ساعت تنظیم شد (فرهوش و موسوی ۲۰۱۰).

تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن

جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب ابتدا متیل استر اسیدهای چرب نمونه‌ها طبق روش استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۹۰ تهیه شد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۷۶). سپس آنالیز اسیدهای چرب نمونه طبق روش AOAC شماره ۹۶۳/۲۲ انجام شد. (AOAC ۲۰۰۳).

اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

ترکیبات فنولی کل نمونه‌ها بر اساس روش رنگ سنجی فولین-سیوکالتیو توصیف شده توسط ولیوگلو و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت.

اندازه‌گیری ترکیبات قطبی کل

ترکیبات قطبی کل به روش کروماتوگرافی با دستگاه HPLC مدل Knauer ساخت کشور آلمان انجام شد (چولته ۲۰۰۴).

اندازه‌گیری عدد p-آنیزیدین

عدد p-آنیزیدین عبارت از جذب محلول ۱ گرم روغن یا چربی حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر ایزواکتان حاوی p-آنیزیدین می‌باشد. عدد آنیزیدین طبق روش رهنمون و همکاران (۱۳۹۳) و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه [۱] عدد آنیزیدین

$$= \frac{25 \times (1.2AS - AB)}{W}$$

در رابطه بالا، AS میزان جذب محلول حاوی نمونه و p-آنیزیدین، AB میزان جذب محلول حاوی نمونه خالص و W وزن نمونه بر حسب گرم می‌باشد (رهنمون و همکاران ۱۳۹۳).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب یک طرح "کاملاً تصادفی" و با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲، امریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث**نتایج بررسی کیفیت اولیه روغن**

در جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور و روغن تجاری ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی اولیه مخلوط روغن کنجد، روغن هسته انگور، مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور و روغن تجاری

Table 1: Characteristics of primary physicochemical properties of sesame oil, grape seed oil, sesame oil and grape seed oil mixture and the commercial oil

parameters	sesame oil	grape seed oil	sesame oil and grape seed oil mixture	Commercial oil (Control)
Iodine value (g/100g)	102.43	123.55	106.19±1.43 ^a	81.32± 1.1 ^b
Acid number (%)	2.14	0.26	0.64± 0.02 ^a	0.073±0.001 ^b
peroxide value(meq/kg)	2.34	7.21	3.52± 0.21 ^a	1.540± 0.10 ^b
p-anisidine value (anisidine unit)	1.96	8.5	7.5± 0.85 ^a	3.25± 0.16 ^b
polar components (%w/w)	7	4.4	6.01± 0.23 ^a	3.21± 0.21 ^b
oxidative stability(h)	21.5	7.53	18.42± 0.70 ^a	17± 0.5 ^b

Each value in the table represents the mean ±standard deviation of triplicate analysis. Different superscripts within the same line represent significant difference at P<0.05

۵ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد) قرار داشتند. از سوی دیگر مقایسه عدد پراکسید نمونه‌های پژوهش حاضر با استاندارد کدکس گویای این مطلب بود که عدد پراکسید تمامی نمونه‌ها در حدود مورد قبول استاندارد کدکس می‌باشد (بر طبق این استاندارد حداکثر اندیس پراکسید قابل قبول روغن ۱۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد). میزان اندیس پارا آنیزیدین برای مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور با اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بیش از میزان اولیه آن در روغن تجاری است (جدول ۱) که احتمالاً به علت بالا بودن اندیس پارا آنیزیدین در روغن هسته انگور می‌باشد. با این حال نتایج میزان پارامتر پایداری اکسایشی جدول ۱ حاکی از پایداری اکسایشی بالاتر مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور نسبت به روغن تجاری است. همانطور که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، پایداری اکسایشی یا همان زمان فاز القاء در فرآیند اکسیداسیون، برای مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور حدود ۱۸/۴۲ ساعت و برای روغن تجاری حدود ۱۷ ساعت می‌باشد که با اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بیش از میزان اولیه آن در روغن تجاری است. طبق نتایج جدول ۲ عمده‌ترین اسید چرب مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور اسید لینولئیک و پس از آن اسید اولئیک بود، در حالی که اسید اولئیک و اسید پالمیتیک به ترتیب بیشترین سهم اسید چرب را در پروفایل اسید چرب روغن تجاری به خود اختصاص دادند.

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، میزان اندیس یدی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور به گونه معنی‌داری ($P < 0.05$) نسبت به روغن تجاری بیشتر است. اندیس یدی به عنوان معیاری از غیر اشباعیت روغن در نظر گرفته می‌شود. طبق نتایج جدول ۱، میزان عدد اسیدی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور به گونه معنی‌داری ($P < 0.05$) نسبت به روغن تجاری بیشتر است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، اندیس پراکسید، ترکیبات قطبی و اندیس پارا آنیزیدین مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور به گونه معنی‌داری ($P < 0.05$) بیشتر از روغن تجاری بود. به عبارتی، حضور این ترکیبات به اکسیداسیون روغن (اتواکسیداسیون، فتواکسیداسیون و اکسیداسیون حاصل از فعال شدن آنزیم لیبوکسیژناز) طی برداشت منبع استحصال روغن، حمل و نقل آن، نگهداری و بالاخره فرآیند استخراج و تصفیه مربوط است. با توجه به میزان بالاتر اسیدهای چند غیر اشباع مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور نسبت به روغن تجاری (جدول ۲ و ۳)، میزان اندیس پراکسید بالاتر مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور قابل پیش‌بینی بود. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، اندیس پراکسید روغن کنجد، مخلوط روغن هسته انگور و روغن کنجد (فرمولاسیون بهینه) و روغن تجاری در حدود قابل قبول استاندارد ملی ایران (حداکثر میزان قابل قبول عدد پراکسید برای روغن‌های خوراکی و روغن‌های مخلوط،

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب عمده مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور و روغن تجاری

Table 2- The composition of the main fatty acids of the sesame oil and grape seed oil mixture and the commercial oil

Sample	The mixture of sesame oil and grapeseed oil	Commercial oil (Control)
Palmitic acid (16: 0)	8.81±0.04	27.54±0.31
Stearic acid (18: 0)	3.82±0.09	5.54±0.33
Oleic acid (18: 1)	26.94±0.21	42.06±1.19
Linoleic acid (18: 2)	57.71±0.33	21.93±1.03
Linolenic acid (18: 3)	0.93±0.04	1.57±0.10

۲۵٪ بود. با این وجود این امر به تنهایی برای تعیین پایداری حرارتی و اکسایشی بالاتر روغن (مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور یا روغن تجاری) کافی نیست. بنابراین مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور به سبب دارا بودن اسیدهای چرب اشباع کمتر نسبت به روغن تجاری مورد نظر، روغن مناسب‌تری برای فرآیند سرخ کردن می‌باشد. هر چند تأیید این امر نیاز به بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این روغن طی فرآیند سرخ کردن دارد.

همان‌گونه که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد فراوانی اسیدهای چرب غیر اشباعی لینولنیک و اولئیک در مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور کمتر از روغن تجاری مورد بررسی در این پژوهش بود و این امر می‌تواند دلیلی بر پایداری اکسیداتیو بالای مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور باشد. طبق نتایج جدول ۳ حدود ۵۸٪ از فراوانی اسیدهای چرب مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور را اسیدهای چرب چند غیراشباع به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که فراوانی اسیدهای چرب چند غیراشباع در روغن تجاری حدود

جدول ۳- سهم اسیدهای چرب اشباع، تک غیراشباع و چند غیراشباع از ترکیب اسیدهای چرب مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور و روغن تجاری

Table 3- The contribution of saturated fatty acids, mono unsaturated fatty acids and unsaturated fatty acids from the combination of fatty acids of sesame oil and grape seed oil and the commercial oil

Smple	Mixture of sesame oil and grape seed oil	Commercial oil (Control)
Saturated Fatty Acids	13.98(%)	32.24(%)
Unsaturated Fatty Acids	86.02(%)	67.76(%)
Mono Unsaturated Fatty Acids	27.44(%)	42.12(%)
Polyunsaturated Fatty Acids	58.58(%)	25.64(%)

مقایسه با روغن مخلوط کمتر بود. افزایش عدد اسیدی طی فرآیند حرارت‌دهی در دمای بالا را می‌توان به نقش دمای بالا در تسریع جداسازی اسید چرب از مولکول‌های چربی و یا به عبارتی تسهیل مخلوط شدن آب ماده غذایی سرخ‌شونده و روغن سرخ‌کردنی تحت این شرایط نسبت داد. به علاوه خود اسیدهای چرب آزاد به واسطه ویژگی امولسیفایریشان قادر به امولسیون کردن آب و روغن و تشدید فرآیند آبکافت و در نهایت افزایش شمار اسیدهای چرب آزاد هستند (فرگا و همکاران ۱۹۹۹). طی ۹۰ دقیقه

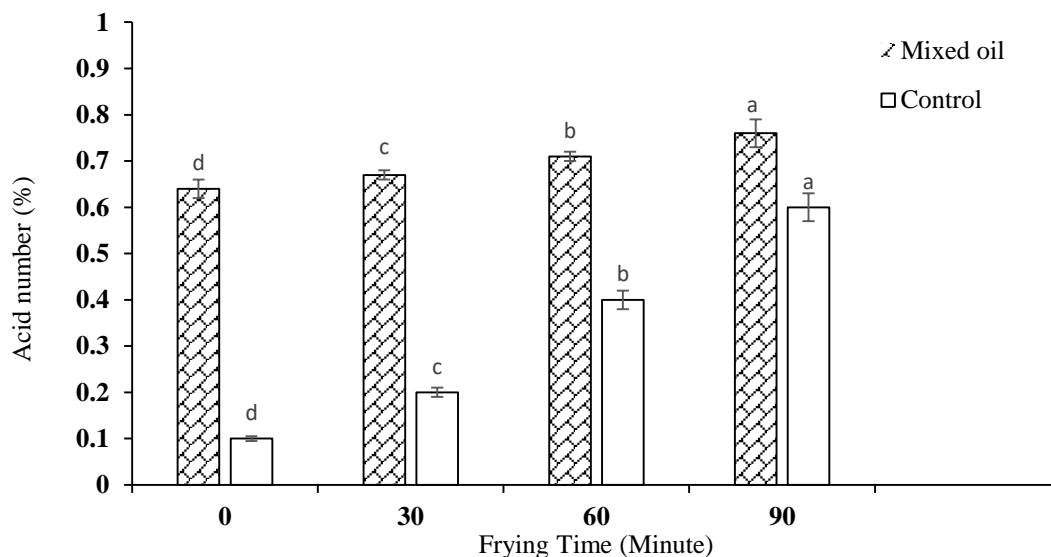
نتایج تغییرات کیفی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرآیند سرخ کردن

نتایج تغییرات عدد اسیدی

تغییرات میزان عدد اسیدی روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی ۹۰ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C در شکل ۱ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش زمان سرخ کردن میزان عدد اسیدی به گونه قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$). مقادیر عدد اسیدی در روغن تجاری در

شدن زمان فرآیند، با یافته‌های بسیاری از پژوهشگران همخوانی دارد.

فرایند سرخ‌کردن، عدد اسیدی روغن مخلوط به ۰/۷ درصد و عدد اسیدی روغن تجاری به ۰/۶ درصد افزایش یافت. روند افزایش اسیدهای چرب آزاد روغن با طولانی



شکل ۱- تغییرات میزان عدد اسیدی روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرآیند سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ °C

Figure 1- Changes in Acid number (%) of the commercial oil (control) and the mixture of sesame oil and grape seed oil during frying process at 180 °C. Different superscripts represent significant difference at $P < 0.05$.

که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در هر دو روغن تجاری و مخلوط، اندیس پراکسید از ابتدای فرآیند تا دقیقه ۶۰ پیوسته افزایش یافته، اما پس از آن تا انتهای فرآیند کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$). از آنجایی که عدد پراکسید نشان‌دهنده محصولات اولیه اکسیداسیون می‌باشد، در مراحل اولیه حرارت‌دهی بر مقدار آن افزوده شده ولی با گذشت زمان و تبدیل شدن محصولات اولیه اکسیداسیون به محصولات ثانویه، عدد پراکسید کاهش می‌یابد. پراکسیدهای تولیدشده ناپایدار بوده و به محصولات ثانویه اکسیداسیونی تبدیل می‌شوند.

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۵۲، بیشینه مقدار پراکسید مجاز برای روغن‌های گیاهی سرخ‌کردنی، ۵ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم روغن می‌باشد. بر اساس نتایج شکل ۲، میزان پراکسید در هیچ یک از روغن‌های تجاری و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور بعد از حرارت‌دهی در محدوده مجاز تعیین شده توسط

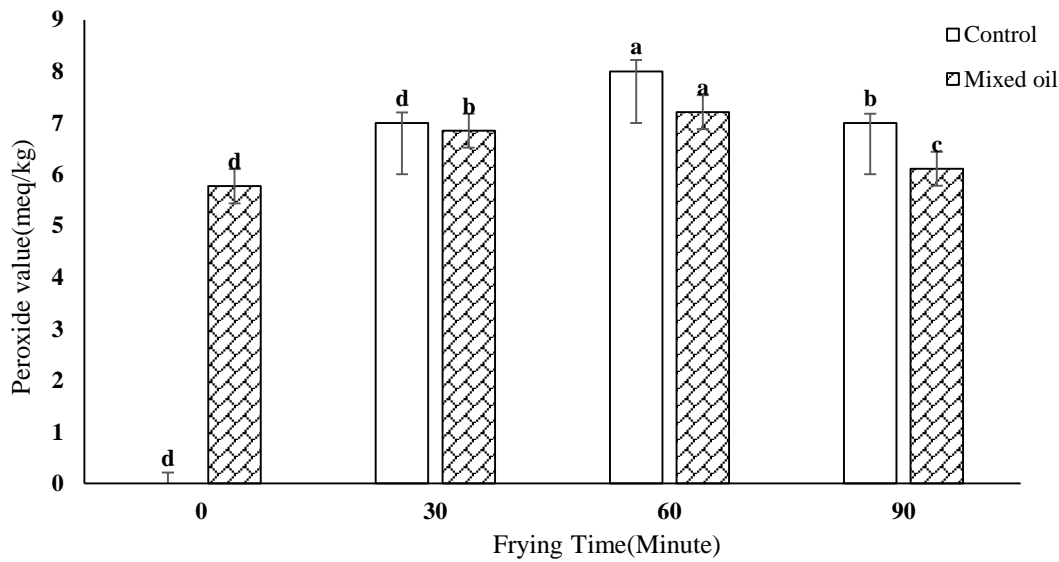
طبق استاندارد ۲۱۰ کدکس (۱۹۹۹)، حداکثر عدد اسیدی روغن‌های بکر قبل از حرارت‌دهی ۰/۳٪ و روغن‌های گیاهی تصفیه شده حداکثر ۰/۱٪ است. همچنین بر طبق استاندارد ملی شماره ۴۱۵۲، حداکثر عدد اسیدی برای روغن‌های گیاهی مخصوص سرخ‌کردن ۰/۲٪ می‌باشد. بنابراین عدد اسیدی روغن تجاری مورد استفاده در این تحقیق طی نیم ساعت سرخ‌کردن در محدوده حد مجاز استاندارد ملی ایران (۰/۲ درصد) است ولی در زمان‌های فرایند طولانی‌تر بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران می‌باشد. همچنین عدد اسیدی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور (۰/۷٪) در محدوده بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران است.

نتایج تغییرات اندیس پراکسید

شکل ۲ تغییرات اندیس پراکسید روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی ۹۰ دقیقه سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ °C را نشان می‌دهد. همانگونه

کدکس می‌باشد. طی فرایند سرخ کردن عدد پراکسید روغن تجاری بیشتر از مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور بود.

استاندارد ملی ایران نبود. از سوی دیگر مقایسه عدد پراکسید نمونه‌های مختلف با استاندارد کدکس (حداکثر اندیس پراکسید قابل قبول روغن ۱۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد) بیانگر این است که عدد پراکسید روغن تجاری و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور پس از پایان دوره حرارت‌دهی در حدود مورد قبول استاندارد



شکل ۲- تغییرات اندیس پراکسید روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرایند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C

Figure 2- Changes in peroxide value (meq/kg) of the commercial oil (control) and the mixture of sesame oil and grape seed oil during frying process at 180 °C. Different superscripts represent significant difference at $P < 0.05$

همان زمانی‌ای است که اندیس پراکسید پس از آن، یک روند کاهشی را تجربه کرد (شکل ۲).

نتایج تغییرات درصد ترکیبات قطبی

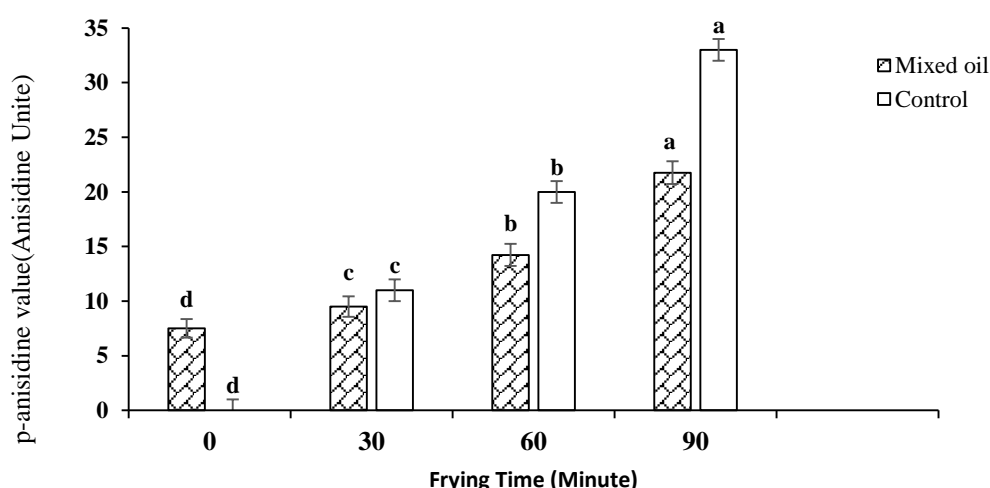
شکل ۴ تغییرات درصد ترکیبات قطبی روغن تجاری و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی ۹۰ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C را نشان داده است. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان فرایند سرخ کردن، درصد ترکیبات قطبی در هر دو روغن به طور پیوسته افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$). ترکیبات قطبی در بر گیرنده مجموعه‌ای از ترکیبات حاصل از فرایندهای اکسیداسیون، پلی‌مریزاسیون و آبکافت مولکول‌های چرب همچون اسیدهای چرب آزاد، مونو و دی‌آسیل گلیسرول‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها، دی‌مرها، تری‌مرها و می‌باشند. بنابراین حتی در روغن تازه

نتایج تغییرات اندیس پارا آنیزیدین

اندیس پارا آنیزیدین شاخصی از میزان شکسته شدن محصولات اولیه اکسیداسیون به محصولات ثانویه اکسیداسیون و به‌ویژه میزان آلدئیدهای با فراریت پایین است. بنابراین میزان این اندیس می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از پیشرفت اکسیداسیون در نظر گرفته شود. نتایج بررسی تغییرات اندیس پارا آنیزیدین روغن تجاری و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی ۹۰ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C در شکل ۳ نشان داده شده است. در طی فرایند هر دو روغن تجاری و روغن مخلوط، اندیس پارا آنیزیدین افزایش قابل توجهی داشت ($P < 0.05$). البته شیب این افزایش از دقیقه ۶۰م فرایند به بعد، کمی تندتر بود. جالب است که دقیقه ۶۰م فرایند

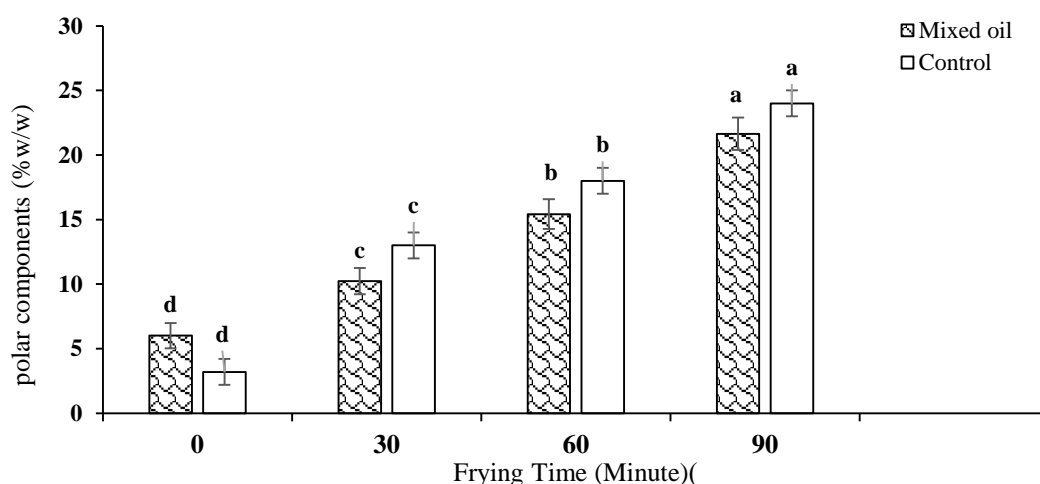
روغن کنجد و هسته انگور پس از ۹۰ دقیقه حرارت‌دهی در دمای ۱۸۰ °C به حدود ۲۱/۶۵٪ (وزنی-وزنی) و در روغن تجاری میزان این ترکیبات به ۲۴٪ (وزنی-وزنی) رسید که در محدوده مجاز قرار دارد.

استحصال‌شده نیز، ترکیبات قطبی ممکن است کم و بیش حضور داشته باشند. بیشینه مقدار مجاز ترکیبات قطبی یک روغن و به عبارتی نقطه دور ریز روغن سرخ‌کردنی در بسیاری از استانداردهای ملی و بین‌المللی ۲۴ تا ۲۵٪ (وزنی-وزنی) تعیین شده است (بانسال و همکاران ۲۰۱۰). در این پژوهش، میزان ترکیبات قطبی در مخلوط



شکل ۳- تغییرات اندیس پارا آنیزیدین روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرآیند سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ °C

Figure 3- Changes in p-anisidine value (anisidine unit) of the commercial oil (control) and the mixture of sesame oil and grape seed oil during frying process at 180 °C. Different superscripts represent significant difference at P<0.05



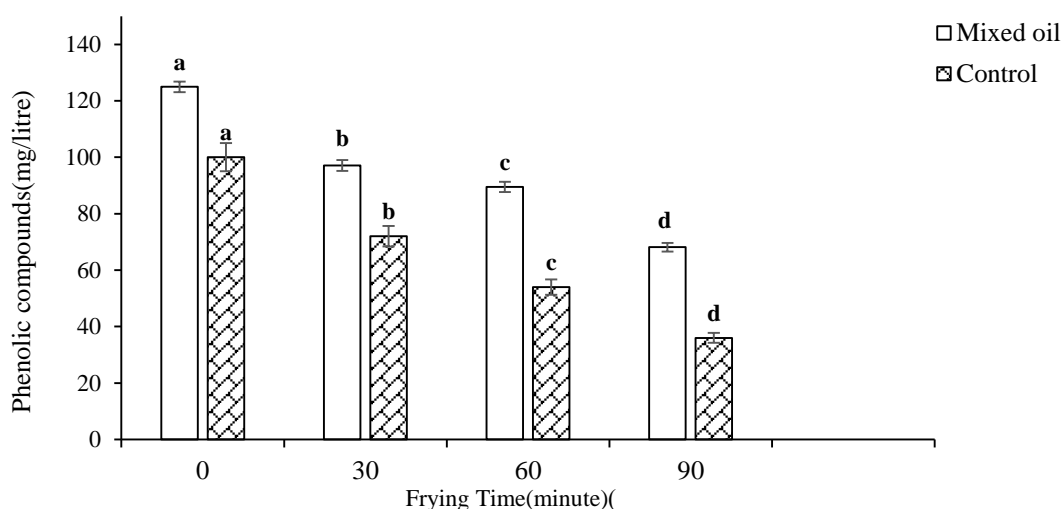
شکل ۴- تغییرات درصد ترکیبات قطبی روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرآیند سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ °C

Figure 4- Changes in Polar compounds of the commercial oil (control) and the mixture of sesame oil and grape seed oil during the frying process at 180 °C. Different superscripts represent significant difference at P<0.05.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن، میزان ترکیبات فنولیک به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش پیدا کرد و در پایان دوره سرخ کردن (۹۰ دقیقه) به کمترین میزان خود رسید. پلی‌فنول‌ها در طی حرارت‌دهی می‌توانند اکسید شوند و به همین دلیل با افزایش زمان حرارت‌دهی مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد.

نتایج تغییرات ترکیبات فنولی کل

فنولیک‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که به وسیله واکنش با رادیکال‌های آزاد لیپید از شروع فرآیند اکسیداسیون جلوگیری یا سرعت آن را کاهش می‌دهند، نتایج بررسی تغییرات میزان ترکیبات فنولیک در روغن تجاری و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور با افزایش زمان سرخ کردن در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- تغییرات درصد ترکیبات فنولی روغن تجاری (کنترل) و مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور طی فرآیند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ °C

Figure 5- Changes in the percentage of phenolic compounds of the commercial oil (control) and the mixture of sesame oil and grape seed oil during frying process at 180 °C. Different superscripts represent significant difference at $P < 0.05$

تجزیه و کاهش پراکسیدها به طور معنی‌داری افزایش یافت. اکسید شدن ترکیبات فنولی با افزایش زمان حرارت‌دهی، سبب کاهش مقدار آن‌ها کاهش یافت. مقایسه مقادیر به دست آمده برای فاکتورهای عدد اسیدی و اندیس پراکسید مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور با حدود مجاز استاندارد ملی ایران نشان از عدم قرار گرفتن در حدود مجاز استاندارد ملی ایران داشت ولی میزان ترکیبات قطبی در محدوده مجاز قرار داشت. در نتیجه می‌توان نتیجه‌گیری کرد مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور هر چند برای حرارت‌دهی کوتاه مدت و پخت و پز مناسب است ولی قابلیت استفاده به عنوان روغن سرخ‌کردنی را کسب نکرد روغن مناسبی برای حرارت‌دهی طولانی مدت و سرخ کردن نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر حرارت‌دهی در دمای ۱۸۰ °C به مدت ۹۰ دقیقه بر ویژگی‌های مختلف مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عدد اسیدی مخلوط روغن کنجد و روغن هسته انگور با افزایش زمان حرارت‌دهی به گونه معنی‌داری افزایش یافت که در نتیجه هیدرولیز و آزاد شدن اسیدهای چرب بود. با افزایش زمان حرارت‌دهی تا دقیقه ۶۰ با توجه به اکسیداسیون و افزایش پراکسیدها، اندیس پراکسید به گونه معنی‌داری افزایش پیدا کرد، اما در ادامه فرآیند حرارت‌دهی محصولات اولیه اکسیداسیون ناپایدار بوده و با تجزیه شدن آن‌ها موجبات کاهش عدد پراکسید فراهم شد. عدد آنیزیدین با

قدردانی

استفاده از طرح اثر فرایند سرخ کردن بر ویژگی‌های اکسیداتیو و حرارتی فرمولاسیون بهینه" می‌باشد و از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز اجرا گردیده است.

این مقاله مستخرج از گزارش نهایی طرح پژوهشی "تولید فرمولاسیون جدید روغن (مقاوم در برابر اکسیداسیون)، حاصل از ترکیب روغن‌های هسته انگور و کنجد، با

منابع مورد استفاده

- خاکباز حشمتی م، باستانی ع، پزشکی ا و جعفرزاده مقدم م، ۱۳۹۸. ارزیابی پروفایل اسید چرب، ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی ترکیب روغن‌های هسته‌ی انگور و کنجد، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۹(۱)، ۲۱۰-۱۹۵.
- رهنمون پ، آزاد مرد ص، پیغمبردوست س ه، حصارى ج، نعمتی م و زنوزی ع، ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر سرخ کردن بر برخی خواص کیفی روغن هسته انگور، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۴۵، ۳۳-۲۵.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶. روش اندازه‌گیری و تهیه متیل استرهاى اسیدهای چرب، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۰۹۰.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۹. روش اندازه‌گیری عدد یدی به روش هانسون در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی، استاندارد ملی ایران، ۴۸۸۶.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی اندازه‌گیری مقدار پراکسید به روش یدومتری-تعیین نقطه پایانی به طریق چشمی، استاندارد ملی ایران، ۴۱۷۹.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۴. روغن‌ها و چربی‌های خوراکی - روغن سرخ‌کردنی - ویژگیها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، ۴۱۵۲.

- Casal S, Malheiro R, Sendas A, Oliveira B P and Pereira J A, 2010. Olive oil stability under deep-frying conditions. *Journal of Food and Chemical Toxicology* 48(10): 2972-2979.
- Alimentarius C, 2001. Codex standard for named vegetable oils, CODEX STAN 210-1999. *Codex Alimentarius* 8: 11-25.
- Bansal G, Zhou W, Barlow P J, Lo H L and Neo F L, 2010. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Journal of Food Chemistry* 121(2): 338-347.
- Besbes S, Blecker C, Deroanne C, Drira N E and Attia H, 2004. Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Journal of Food Chemistry* 84(4): 577-584.
- Farhoosh R and Moosavi S M R, 2010. Evaluating the performance of peroxide and conjugated diene values in monitoring quality of used frying oils. *Journal of Agricultural Science and Technology* 11: 173-179.
- Frega N, Mozzon M and Lercker G, 1999. Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76(3): 325-329.
- Romano R, Giordano A, Vitiello S, Grottaglie L L and Musso S S, 2012. Comparison of the Frying Performance of Olive Oil and Palm Superolein. *Journal of Food Science* 77 (5): C519-C531.
- Schulte E, 2004. Economical micromethod for determination of polar components in frying fats. *Journal of European Journal of Lipid Science and Technology* 106(11): 772-776.
- Velioglu Y S, Mazza G, Gao L and Oomah B D, 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of agricultural and food chemistry* 46(10): 4113-4117.

Journal of Food Researches/vol.30 No.4/ 2021/pp 27-38

<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>

DOI: 10.22034/fr.2021.29955.1611

Effect of frying process on the oxidative and thermal properties of sesame and grape seed oil optimized formulation

M Khakbaz Heshmati^{1*}, N Naseri², A Pezeshki¹ and M Jafarzadeh Moghaddam²

Received: October 22, 2018

Accepted: May 25, 2019

¹Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²MSc and PhD Graduated Student, respectively, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: Email: m.khakbazheshmati@tabrizu.ac.ir

Introduction: Using grape seed oil in the diet can play an important role in the health of consumers, due to its richness of essential fatty acids and antioxidant compounds such as tocopherols and polyphenols. However, the oxidative stability of this oil is relatively low and mixing it with more stable oils such as sesame oil can be a good way to improve its oxidative stability. However, during the heating of vegetable oils, some of their physical and chemical properties change, such as: increasing the number of acidic and peroxide, reducing the oxidative stability, changing the type and amount of pigments, and eventually forming a dimer and Polymers that increase the viscosity of oils (Casal et al., 2010). The effect of frying heat on the composition and chemical properties of various vegetable oils such as olive oil (Romano et al., 2012) and sunflower oil (Norstand et al., 2006) have been tested by various researchers. However, no research has ever been carried out on the effect of frying on the quality characteristics of a mixture of sesame oil and grape seed oil. Accordingly, after obtaining an optimum formulation of sesame and grape seed oil mixture in the initial research (Khakbaz Heshmati et al., 2019), in this study, possible changes in some of the qualitative properties of optimal formulation during the frying process were investigated and also, an optimal sample was compared with commercial frying oil to evaluate the effect of frying on some quality properties of a mixture of sesame oil and grape seed oil, to produce oily products with beneficial nutritional properties without synthetic anti-oxidants for frying.

Material and methods: In the preliminary research carried out by Khakbaz Heshmati et al. (2019), the samples obtained from mixing different proportions of sesame oil (0, 25, 50, 75 and 100%) with grape seed oil (100, 75, 50, 25 and 0%) was prepared and evaluated in terms of peroxide number, iodine number, fatty acid profile, oxidative stability, total phenol and antioxidant activity, the results of this study showed that with increasing the ratio of sesame oil from 25 to 75%, the linoleic acid content of the samples decreased; while oleic, palmitic and stearic fatty acids increased in combined samples. Increasing the proportion of sesame oil in the mixture, reduced the iodine number and peroxide index of the samples. The addition of sesame oil in different ratios to grape seed oil, increased the number of phenolic compounds and antioxidant strength, resulting in the oxidative stability of the mixed samples. According to the results of the evaluation of chemical and antioxidant properties and also due to the low price of the product, the formulation of 25% grape seed oil + 75% sesame oil was selected as the optimal formulation for different mixing percentages of grape seed and sesame oils (Khakbaz Heshmati et al., 2019). To proceed with this study, sesame oil and grape seed oil of 200 grams (w/w) were poured in a laboratory container and homogeneously mixed with a magnetic stirrer (at ambient temperature) to form a uniform mixture. In the next step, to test the oil quality changes during the frying process, four samples of 150 grams of optimum oil formulation

were prepared without any additives and were poured into glass containers. Samples were heated in an oven at 160 °C and at 0 °C (control sample), for 30, 60 and 90 minutes. After cooling in the desiccator, the samples were stored at -18°C until the test. Also, a commercial oil (a combination of sunflower, soybean, palm olein, palm super olein, and canola) used as the control sample in this study. It was purchased immediately after production and kept until the research was carried out at -18 ° C. In this research, the thermal stability of the mixture of sesame oil (75%) and grape seed oil (25%) as the optimized formulation, was investigated for 90 minutes of frying process at 180°C and compared with the frying oil. During the frying process, at 30 minutes intervals, the main oil qualitative indicators including acid number, peroxide value, p-anisidine value, phenolic compounds, and polar components were measured.

Results and discussion: In this study, a mixture of sesame oil and grape seed oil was heated at 180°C and, the quality factors of the oil were investigated for 90 minutes. The results showed that by the increasing heating time acid value of the mixture of sesame oil and grape seed oil increased significantly, which resulted in hydrolysis and release of fatty acids. By increasing heating time up to 60 minutes due to oxidation of peroxides, peroxide value increased significantly. However, by the continuation of the heating process, the initial oxidation products were unstable and, by the decomposition of these products, the peroxide value was reduced. By the decomposition of peroxides, the anisidine value increased significantly. With the increasing heating time, the oxidation of phenolic compounds increased and, the number of phenolic compounds decreasing. Comparison of the acid values and peroxide value of the mixture of sesame oil and grape seed oil with the permitted values of the Iranian national standard showed that these values were not within the permitted range while the number of polar compounds was within the allowable range. As a result, it was noted that the mixture of sesame oil and grape seed oil, although suitable for short-term heating and cooking. But it did not gain usability as a frying oil. It is not an applicable oil for long-term heating and frying. The results of specific tests of frying oils showed that, with increasing frying time, the acid number, p-anisidine value, and polar components were increased but peroxide value increased only for the first 60 minutes of the process and then decreased.

Conclusion: Comparison of the obtained values for different factors of sesame and grape seed oil with the national Iranian standard limits showed that the parameters of acid number and peroxide value were more than the national standard of Iran, but the content of polar compounds was within the permissible national standard of Iran. Finally, the mixture of sesame oil and grape seed oil is not suitable for long term heating and frying.

Keywords: Grape seed oil, Oil quality indicators, Sesame oil, Thermal stability