

## بررسی پایداری حرارتی روغن دانه کدو و مخلوط آن با روغن سویا و پالم اولئین

سعید پارسایی<sup>۱</sup>، محمد قربانی<sup>۲\*</sup>، علیرضا صادقی ماهونک<sup>۲</sup>، امان محمد ضیائی فر<sup>۳</sup>،  
حامد حسینی<sup>۴</sup>، فاطمه حکیمی<sup>۵</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- عضو گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، ایران

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، مسئول فنی کارخانه روغن گیته طلایی گلستان

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۷

### چکیده

اکسایش چربی‌ها به عنوان مهمترین عامل فساد مواد غذایی محسوب می‌شود. در این پژوهش پایداری اکسایشی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن دانه کدو، روغن سویا، پالم اولئین و مخلوط این روغن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور، تغییرات ویسکوزیته و مقدار اسیدهای چرب آزاد نمونه‌ها طی فرایند حرارتی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت ارزیابی شد. علاوه بر این، پایداری اکسایشی توسط دستگاه رنسیمت در دماهای ۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد برای تمامی نمونه‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد هر یک از روغن‌های مورد بررسی به تنهایی نسبت به زمانی که به شکل مخلوط استفاده می‌شوند، متحمل تغییرات بیشتری در ویسکوزیته می‌گردند به گونه‌ای که کمترین سرعت تغییرات ویسکوزیته برای مخلوط‌های ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: پالم اولئین و نسبت‌های مساوی هر سه روغن ثبت شد. پایین‌ترین سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد برای مخلوط‌های ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: سویا و روغن دانه کدو: پالم اولئین تعیین شد که در این مورد نیز با مخلوط شدن روغن‌ها، سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد کاهش یافت. به طور کلی مخلوط‌های مختلف روغن دانه کدو بالاترین زمان پایداری اکسایشی را در آزمون رنسیمت نشان دادند و پایین‌ترین زمان پایداری اکسایشی برای مخلوط ۷۰:۳۰ روغن دانه کدو: سویا ثبت شد که با افزایش نسبت روغن دانه کدو، زمان پایداری اکسایشی این مخلوط نیز به طور معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) افزایش پیدا کرد. نتایج این مطالعه به شکل مطلوبی نشان داد که روغن دانه کدو می‌تواند در مخلوط با سایر روغن‌ها به بهبود خصوصیات اکسایشی و ویژگی‌های تغذیه‌ای آن‌ها کمک نماید.

کلید واژگان: روغن دانه کدو، مخلوط روغن‌ها، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، پایداری اکسایشی.

\* مسئول مکاتبات: moghorbani@yahoo.com

## ۱- مقدمه

در غذاهای سرخ شده به علت جذب روغن، ارزش تغذیه‌ای افزایش می‌یابد [۱]. روغن سبب ایجاد ویژگی‌های حسی مطلوب، مانند رنگ قهوه‌ای طلایی و تردی محصول سرخ شده می‌شود؛ بنابراین کیفیت روغن سرخ کردنی به طور قابل توجهی کیفیت غذای سرخ شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲]. در طول نگهداری و فرایند حرارتی، روغن‌های گیاهی تحت هیدرولیز، اکسیداسیون و پلیمریزه شدن قرار می‌گیرند و در نهایت موجب تیره شدن روغن، کاهش نقطه دود، تولید کف و افزایش ویسکوزیته روغن می‌شود و با شکسته شدن اسیدهای چرب‌چند غیر اشباع، درجه اشباعیت روغن نیز افزایش می‌یابد [۳]. ترکیبات فرار و غیر فرار ناشی از تجزیه چربی‌ها از دیگر مواد تولیدی در سرخ کردن عمیق<sup>۱</sup> می‌باشند [۴]. اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌های خوراکی را می‌توان توسط کاربرد آنتیاکسیدان‌ها، استفاده از روش‌های فراوری که افت توکوفرول و دیگر آنتیاکسیدان‌ها را به حداقل می‌رساند و به ویژه مخلوط کردن<sup>۲</sup> کنترل کرد [۵ و ۶].

مخلوط کردن روغن‌ها باعث بهبود خواص تغذیه‌ای و فیزیکی و افزایش پایداری آن‌ها می‌شود [۷]. همچنین برای بدست آوردن ترکیب مناسبی از اسیدهای چرب و آنتی اکسیدان‌های موثر، روغن‌ها باهم مخلوط می‌شوند [۸]. با مخلوط کردن روغن‌ها می‌توان میزان لینولنیک اسید را کاهش داد و ماگارین‌های بدون اسید چرب ترانس ایجاد کرد [۹]. مخلوط کردن روغن‌ها و چربی‌های گیاهی علاوه بر بهبود در پایداری اکسایشی<sup>۳</sup>، به عنوان یک راه اقتصادی برای اصلاح کردن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این روغن‌ها شناخته شد [۱۰ و ۱۱]. ماریود و همکاران (۲۰۰۵) بهبود پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان را توسط مخلوط کردن آن با یک روغن غیر متداول بررسی کردند. نشان داده شد که پروفایل اسیدهای چرب در نتیجه مخلوط کردن روغن‌ها بهبود

می‌یابد، بنابراین نیاز به هیدروژنه کردن روغن‌های غیراشباع که طی آن اسیدهای چرب ترانس تشکیل می‌شوند، به طور محسوسی کاهش می‌یابد، در نتیجه منجر به عدم تولید اسید چرب ترانس می‌شود [۱۲].

مخلوط‌های ۲۰ درصد، ۴۰ درصد، ۶۰ درصد و ۸۰ درصد (وزنی/وزنی) از روغن مورینگه اولیفر<sup>۴</sup> با روغن‌های آفتابگردان و سویا در آزمون عملکرد حرارتی نشان داد که پایداری حرارتی روغن مخلوط افزایش یافته است، که بیشترین پایداری مربوط به مخلوط ۸۰ به ۲۰ (وزنی / وزنی) مورینگه اولیفر به سویا بود [۱۱]. گوهری اردبیلی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی پایداری حرارتی روغن کانولا در طول فرایند سرخ کردن دریافتند که مخلوط کردن این روغن با روغن زیتون و یا روغن تخم کدو<sup>۵</sup> باعث افزایش پایداری حرارتی می‌شود [۱۳]. رمضان و وحدان (۲۰۱۱) نشان دادند که با افزودن روغن دانه زیره سیاه و گشنیز به روغن ذرت، پایداری اکسایشی و فعالیت مهار رادیکال آزاد روغن ذرت افزایش می‌یابد [۱۴].

روغن دانه کدو<sup>۶</sup> حاوی حدود ۵۰ درصد روغن می‌باشد و یک روغن رایج سالاد بوده، به رنگ سبز تیره و برای پختن نیز استفاده می‌شود، محتوای ویتامین E بالا به‌ویژه گاماتوکوفرول<sup>۷</sup> می‌باشد [۱۵]. اسیدهای چرب غالب در نمونه‌های روغن دانه کدو شامل - اسید لینولنیک (۴۳ تا ۵۲ درصد) و به دنبال آن اسید اولئیک (۲۸ تا ۳۸ درصد)، اسید پالمیتیک (۱۲ درصد) و اسید استئاریک (۵ درصد) می‌باشند [۱۶ و ۱۷]. اسید لینولنیک در این روغن بسیار ناچیز است [۱۷]. میزان بسیار اندک اسید لینولنیک و سایر اسیدهای چرب غیر اشباع و نیز مقادیر زیاد آنتی اکسیدان-های طبیعی به پایداری اکسایشی خوب روغن تخم کدو طی نگهداری منجر می‌گردد [۱۷].

هدف از این پژوهش افزودن روغن دانه کدو به روغن سویا و پالم اولئین و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این روغن مخلوط‌های آن می‌باشد.

4. Moringa olifera  
5. Pumpkin seed oil (PSO)  
6. Cucurbita pepo  
7.  $\alpha$ -tocopherol

1. Deep frying  
2. Blending  
3. Oxidative stability

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت‌های مرک<sup>۱</sup> و تتراکم<sup>۲</sup> تهیه شدند. روغن دانه کدو از شرکت کشت و صنعت ابکار گلستان به روش پرس سرد و همچنین روغن سویا و پالم اولئین از کارخانه گیتا طلایی گلستان تهیه شدند. تمامی نمونه‌های روغن مورد استفاده در این پژوهش فاقد آنتی‌اکسیدان سنتزی بودند و در مورد روغن سویا و پالم اولئین به صورت تصفیه شده و فاقد آنتی‌اکسیدان تهیه شدند. روغن‌های تهیه شده تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

### ۲-۲- مخلوط کردن روغن‌ها

مخلوط کردن روغن‌های گیاهی توسط هم زدن مداوم هر مخلوط در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد [۱۸].

### ۲-۳- آزمون پایداری

مقدار ۱۲۰۰ گرم شامل روغن خالص یا مخلوط روغن‌ها در یک سرخ کن مولینکس<sup>۳</sup> با ظرفیت ۱٫۵ کیلوگرم قرار داده شد و به مدت ۱۸ ساعت طی سه روز (هر روز ۶ ساعت) در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دید. پس از هر روز ظرف حاوی روغن در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. نمونه برداری با فواصل زمانی ۲ ساعته در دو تکرار صورت پذیرفت. طی مدت فرایند حرارتی تجدید روغن انجام نگرفت. نمونه‌ها پس از خنک شدن و رسیدن به دمای محیط تا زمان انجام آزمون‌ها تحت ازلت در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۱۹].

### ۲-۴- اندازه‌گیری ویسکوزیته

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد<sup>۴</sup> (model LV DV II+ pro, Middleboro, MA, USA) که متصل به تنظیم کننده دامابه جهت ثابت نگه داشتن دما بود استفاده شد. همچنین اسپیندل SC4-18 با قطر ۱۷/۴۸ میلی‌متر و طول ۳۱/۷۲ میلی‌متر برای اندازه‌گیری ویسکوزیته مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری ویسکوزیته برای تمامی نمونه‌های روغن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت برشی ۸۰ انجام شد [۲۰].

## ۲-۵- مقدار اسیدهای چرب آزاد

میزان اسیدیته بر حسب اسید اولئیک مطابق با روش مرجع (AOCS، ۱۹۹۸) با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال به عنوان تیتراژول تعیین گردید [۲۱].

## ۲-۶- پایداری اکسایشی (روش رنسیمت)

پایداری اکسایشی با اندازه‌گیری زمان القاء توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm CH series 892) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور ۲/۵ گرم روغن در سه دمای متفاوت (۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد) مورد آزمایش قرار گرفت. جریان هوا<sup>۱</sup> ۲۰ لیتر بر ثانیه بود. هدایت الکتریکی در حال افزایش آب به طور مداوم اندازه‌گیری گردید و زمان صرف شده برای رسیدن به نقطه عطف هدایت الکتریکی به عنوان زمان القاء ثبت شد [۲۰].

## ۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

مراحل مختلف تحقیق با استفاده از طرح کاملاً تصادفی طراحی شده و نتایج با استفاده از نرم افزار JMP مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل<sup>۲</sup> استفاده گردید.

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- ارزیابی ویسکوزیته نمونه‌ها

در جدول ۱ تغییرات ویسکوزیته نمونه‌های مورد بررسی به همراه تجزیه و تحلیل آماری قابل مشاهده می‌باشند. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل آماری جدول ۱، اثر نوع مخلوط، زمان فرایند حرارت دهی و اثر متقابل آن‌ها بر ویسکوزیته نمونه‌ها معنی دار ( $P < 0/05$ ) شد. در بین روغن‌های سویا، دانه کدو و پالم اولئین، مقدار ویسکوزیته اولیه بالاتری (۲۶/۶۵ سانتی‌پواز) برای روغن پالم اولئین ثبت شد که می‌تواند ناشی از مقدار بالاتر اسیدهای چرب اشباع (۶۶/۸۵ درصد) این روغن نسبت به دو مورد دیگر (کدو ۱۶/۳ و سویا ۱۵،۶۵ درصد) باشد.

1. Merck
2. Tetrakem
3. Moulinex AM302
4. Brookfield

5. Induction time
6. Gas flow
7. Excel

**Table 1** Viscosity changes of PSO blended with different amounts of SBO and PO during frying at 170 °C for 16 h.

Sample	Viscosity (CP)						Blend effect	CP/h
	Time (h)							
	0	4	8	12	16	18		
PSO 100	21.400 D , ef	24.600 C , bcd	25.350 BC , bc	27.550 B , bcd	31.150 A , ab	33.150 A , a	27.200 BC	0.62495 A
SBO 100	21.000 E , f	23.250 DE , d	24.600 CD , c	26.200 BC , bcd	28.300 AB , cde	29.900 A , b	25.541 D	0.4676 B
PO 100	26.650 C , a	27.600 C , a	30.300 B , a	30.500 B , a	33.250 A , a	33.850 A , a	30.358 A	0.40815 B
PSO:SBO 50:50	23.300 B , def	23.400 B , cd	24.700 AB , c	25.000 AB , cd	26.250 A , def	26.350 A , d	24.833 D	0.17855 CD
PSO:SBO 30:70	23.450 B , cdef	23.700 B , cd	24.750 AB , bc	24.900 AB , d	25.250 AB , f	26.650 A , d	24.783 D	0.1569 D
PSO:PO 50:50	26.050 A , abc	25.850 A , abcd	26.900 A , bc	27.650 A , bc	27.800 A , cdef	28.250 A , bcd	27.083 BC	0.13505 D
PSO:PO 30:70	26.450 C , ab	26.700 BC , ab	27.400 ABC , b	27.950 ABC , ab	29.150 AB , bc	29.450 A , bc	27.850 B	0.17505 CD
PSO:SBO:PO 33/3:33/3:33/3	23.900 B , bcde	24.950 AB , abcd	25.300 AB , bc	25.650 AB , bcd	25.950 AB , ef	26.800 A , cd	25.425 D	0.1354 D
PSO:SBO:PO 25:37/5:37/5	24.700 B , abcd	26.000 AB , abc	26.300 AB , bc	27.100 AB , bcd	28.150 A , cde	28.200 A , bcd	26.742 C	0.1723 CD
PSO:SBO:PO 15:42/5:42/5	25.200 B , abcd	25.650 B , abcd	26.700 AB , bc	27.300 AB , bcd	28.750 A , bcd	29.000 A , bcd	27.100 BC	0.23095 C
<b>Time effect</b>	24.210 f	25.170 e	26.230 d	26.980 c	28.400 b	29.160 a		

Means with the same small and capital letters within the same rows and columns, respectively, are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

\*PSO Pumpkin seed oil

\*SBO Soybean oil

\*PO Palm Olein oil

استفاده تأثیری در مقایسه آماری نخواهد داشت. در این حالت مقایسه، بالاترین سرعت افزایش ویسکوزیته در روغن دانه کدو مشاهده شد و با کمی تفاوت نسبت به روش قبلی تجزیه و تحلیل، این بار کمترین نرخ تغییرات ویسکوزیته طی زمان سرخ کردن برای مخلوط‌های ۷۰:۳۰ روغن دانه کدو : روغن سویا و ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو : پالم اولئین و نسبت‌های مساوی هر سه روغن مورد بررسی ثبت شد و مشخص شد که هر یک از این روغن‌ها به تنهایی نسبت به زمانیکه به صورت مخلوط تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرند، متحمل تغییرات شدیدتری در ویسکوزیته می‌گردند. در توافق با نتایج جدول ۱، مطالعات قبلی [۲۲، ۲۳ و ۲۴] نشان می‌دهند که روغن‌های غنی از اسید لینولئیک نسبت به روغن‌های غنی از اسید اولئیک طی حرارت دهی، سریعتر متحمل واکنش‌های پلیمریزاسیون و در نتیجه افزایش ویسکوزیته می‌گردند. اسید لینولئیک و اسید لینولئیک شدیداً به

بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری، ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها به جز مخلوط ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: روغن پالم اولئین، تغییر معنی دار ( $P < 0.05$ ) طی زمان حرارت دهی نشان دادند. در مجموع طی کل فرایند حرارت دهی، کمترین میزان ویسکوزیته برای روغن سویا و مخلوط‌های ۵۰:۵۰ دانه کدو: سویا، ۷۰:۳۰ دانه کدو: سویا و ۱:۱:۱ دانه کدو: سویا: پالم اولئین ثبت گردید و بیشترین ویسکوزیته برای روغن پالم اولئین مشاهده شد که البته با توجه به مقدار اولیه بالاتر ویسکوزیته آن، شیب منحنی تغییرات ویسکوزیته در مقابل زمان (سرعت افزایش ویسکوزیته نسبت به زمان بر حسب ساعت، جدول ۱) برای تمامی نمونه‌ها نیز مورد مقایسه آماری و ارزیابی قرار گرفت.

با مقایسه آماری سرعت افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها در واحد زمان (جدول ۱)، نتایج دقیق‌تری حاصل شد به طوری که در این حالت مقادیر اولیه متفاوت ویسکوزیته نمونه‌های روغن مورد

زیتون بکر از ۳/۶۹ به ۲۳/۸۹٪ و در روغن تخم کدو از ۵/۲۶ به ۱۹/۱۹٪ افزایش یافته، این بر مقاومت بیشتر روغن تخم کدو نسبت به روغن زیتون بکر در برابر واکنش‌های مخرب اکسایشی حرارتی دلالت داشت [۲۷]. سرعت افزایش ویسکوزیته موازی با سرعت تشکیل ترکیبات پلیمری در روغن می باشد. پارادایس و ناوار (۱۹۸۱) گزارش کردند که ترکیبات با وزن ملکولی بالاتر معرف قابل اعتمادتری برای شناسایی روغن‌هایی هستند که تحت فرایند حرارتی نامناسب قرار گرفته و غیر قابل استفاده می‌باشند زیرا این ترکیبات پایدار بوده و فراریت پایینی دارند. تشکیل و تجمع این ترکیبات عامل تغییرات فیزیکی (مثل افزایش ویسکوزیته، رنگ و کف کردن) و تغییرات شیمیایی (مثل افزایش اسیدهای چرب آزاد و عدد کربونیل) در روغن سرخ کردن می‌باشد. ویسکوزیته تاثیر مهمی در میزان روغنی دارد که همراه محصول از سرخ کن خارج می‌شود، بنابراین نقش مهمی در جذب روغن و دریافت محصول اکسید شده توسط ماده غذایی سرخ شده دارد [۲۸]. بانزال و همکاران (۲۰۱۰) با توجه به ارتباط بالای مشاهده شده بین ویسکوزیته و تری‌گلیسریدهای پلیمری نمونه‌های روغن سرخ کردن، تعیین ویسکوزیته را به عنوان یک شاخص برای بررسی فساد روغن سرخ‌کردنی معرفی نمودند [۲۹].

### ۳-۲- ارزیابی درصد اسیدهای چرب آزاد

در جدول ۲ تغییرات اسیدیته نمونه‌های مورد بررسی به همراه تجزیه و تحلیل آماری قابل مشاهده می‌باشند. مقدار اسیدهای چرب آزاد تشکیل شده طی فرایند حرارت دهی در ۱۷۰ درجه سانتی گراد برای نمونه‌های مختلف روغن بر حسب درصد اسید اولئیک در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اثر زمان، نوع روغن و اثر متقابل این دو بر اسیدیته نمونه‌های روغن معنی دار ( $P < 0.05$ ) شد. با توجه به بکر بودن روغن دانه کدو و عدم انجام فرایند تصفیه، مقدار اولیه اسیدیته آن نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر شد (۱/۲۲۲) و در پایان دوره حرارت دهی مقدار اسیدیته برای این روغن و مخلوط‌های حاوی این روغن نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر یا مشابه گردید.

اکسایش حساس هستند به طوری که طی تجزیه حرارتی تشکیل ترکیبات قطبی و پلیمری می‌دهند که منجر به افزایش ویسکوزیته روغن سرخ کردن می‌شوند [۲۵]. بنابراین نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد روغن دانه کدو طی فرایند حرارت دهی دچار تغییرات معنی دار ویسکوزیته و در نتیجه پیشرفت واکنش‌های پلیمریزاسیون و تشکیل ترکیبات با وزن مولکولی بالا می‌گردد که به منظور تعدیل این مشکل و بهره‌مندی از خصوصیات تغذیه و سلامتی آن می‌توان از روغن دانه کدو به شکل مناسبی در مخلوط با سایر روغن‌ها استفاده نمود.

نتایج مشابهی توسط دیگران گزارش گردید، به طوریکه عبدالکریم و همکاران (۲۰۰۷) طی سرخ کردن سیب زمینی در روغن‌های سویا و پالم اولئین به مدت ۳۰ ساعت طی ۵ روز در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش معنی دار ویسکوزیته آن‌ها را مشاهده نموده و همبستگی بالای تغییرات این شاخص با ترکیبات قطبی کل را گزارش نمودند. بر طبق یافته‌های آن‌ها، در پایان دوره سرخ کردن مقادیر ویسکوزیته ۱۰۸/۷ و ۹۵/۹ سانتی پواز به ترتیب برای روغن‌های پالم اولئین و سویا ثبت گردید. آن‌ها تفاوت معنی داری بین مقادیر اسیدیته این دو روغن در پایان فرایند سرخ کردن مشاهده نکردند [۲۶]. همچنین در بررسی پایداری اکسایشی روغن سویا و آفتابگردان با افزودن روغن مورینگا اولیفرآ به آن‌ها (۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۲ ساعت هر روز ۶ ساعت حرارت دهی) نشان داده شد که با افزایش مدت زمان حرارت دهی، محتوای ترکیبات پلی‌مری (ویسکوزیته) در تمام نمونه‌های روغن افزایش یافت. کمترین افزایش مربوط به روغن مورینگا اولیفرآ بود. پس از آن روغن سویا و سایر مخلوط‌ها کمترین افزایش را داشتند. این درحالی بود که بیشترین افزایش مربوط به روغن آفتابگردان خالص بود [۱۱]. گوهری اردبیلی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی میزان تولید ترکیبات قطبی در روغن زیتون بکر و تخم کدو در طول فرایند حرارتی دریافتند که میزان و سرعت افزایش مجموع تری‌گلیسریدهای اکسیده و پلیمری در روغن زیتون بکر به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از روغن تخم کدو بود. این کمیت در روغن

**Table 2** Acid value of PSO blended with different amounts of SBO and PO during frying at 170 °C for 16 h.

Sample	% FFA					Blend effect	% FFA/h
	Time (h)						
	0	6	10	14	18		
PSO 100	1.222 B, a	1.292 AB, a	1.310 AB, a	1.318 AB, a	1.365 A, a	1.301 A	0.00725 BC
SBO 100	0.336 B, f	0.392 B, f	0.336 B, f	0.435 AB, f	0.502 A, f	0.4 F	0.00835 B
PO 100	0.353 C, ef	0.421 BC, ef	0.463 B, e	0.516 B, de	0.642 A, cd	0.479 E	0.0151 A
PSO:SBO 50:50	0.572 A, bc	0.573 A, c	0.587 A, cd	0.578 A, c	0.611 A, cde	0.584 C	0.00185 E
PSO:SBO 30:70	0.451 A, de	0.471 A, de	0.437 A, e	0.474 A, ef	0.506 A, ef	0.468 E	0.0025 DE
PSO:PO 50:50	0.675 A, b	0.674 A, b	0.673 A, bc	0.703 A, b	0.672 A, c	0.680 B	0.0013 E
PSO:PO 30:70	0.549 A, cd	0.560 A, c	0.570 A, cde	0.562 A, cd	0.616 A, cd	0.571 C	0.003 CDE
PSO:SBO:PO 33/3:33/3:33/3	0.668 B, b	0.667 B, b	0.702 AB, b	0.732 AB, b	0.788 A, b	0.711 B	0.00635 BCD
PSO:SBO:PO 25:37/5:37/5	0.502 A, cd	0.506 A, d	0.532 A, def	0.555 A, cd	0.560 A, def	0.531 D	0.00365 CDE
PSO:SBO:PO 15:42/5:42/5	0.446 A, de	0.445 A, e	0.475 A, ef	0.499 A, e	0.504 A, f	0.474 E	0.0038 CDE
<b>Time effect</b>	0.577 d	0.600 c	0.608 c	0.637 b	0.676 a		

Means with the same small and capital letters within the same rows and columns, respectively, are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

\*PSO Pumpkin seed oil

\*SBO Soybean oil

\*PO Palm Olein oil

قوانین کشورهای مختلف، مقدار اسیدیته ۰/۹ (آژانس ملی نظارت بهداشت برزیل، ۲۰۰۵) [۳۰] تا ۲/۵ درصد (استیر، ۲۰۰۱) [۳۱] به عنوان حداکثر اسیدیته قابل پذیرش برای روغن حرارت دیده در نظر گرفته می‌شود. با توجه به جدول ۲ اسیدیته کلیه نمونه‌ها در پایان فرایند حرارت دهی کمتر از مقدار مجاز مذکور تعیین شدند. اما با توجه به بکر بودن روغن دانه کدو و تاثیر آن بر صحت تجزیه و تحلیل آماری موجود در جدول ۲، تصمیم گرفته شد با رسم مقادیر درصد اسیدیته هر یک از نمونه‌ها در مقابل زمان فرایند حرارت دهی بر حسب ساعت، شیب منحنی‌های مربوطه (سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد) نیز مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند (جدول ۲). بر اساس این نوع ارزیابی که از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد، نتایج نسبتاً متفاوتی حاصل شد به طوری که بالاترین سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد برای پالم

با این حال با مقایسه تغییرات معنی دار اسیدیته نمونه‌ها طی زمان، مشاهده شد که روغن دانه کدو و مخلوط‌های حاوی آن نسبت به بقیه نمونه‌ها تغییر معنی دار ( $P < 0/05$ ) کمتری نشان دادند، به طوری که در زمان استفاده از روغن دانه کدو به تنهایی، تغییر معنی دار ( $P < 0/05$ ) اسیدیته بعد از ۱۴ ساعت حرارت دهی مشاهده شد و برای سایر مخلوط‌های حاوی روغن دانه کدو، به جز نسبت ۱:۱، تغییر معنی دار ( $P < 0/05$ ) اسیدیته تا پایان دوره حرارت دهی مشاهده نشد. در نهایت با توجه به تجزیه و تحلیل آماری (جدول ۲)، کمترین میانگین درصد اسیدیته طی کل فرایند حرارت دهی به ترتیب برای روغن سویا و مخلوط‌های ۳۰:۷۰ سویا: دانه کدو و ۴۲/۵:۱۵:۴۲/۵ پالم اولئین: سویا: دانه کدو ثبت شد. همچنین بیشترین تغییرات معنی دار ( $P < 0/05$ ) اسیدیته طی زمان حرارت دهی برای روغن پالم اولئین ثبت شد. بر طبق

غذایی، دمای سرخ کردن، زمان تجدید روغن و تجمع ذرات غذایی سوخته در روغن سرخ کردنی دارد [۳۴]. این مقدار به عنوان درصد اسیدهای چرب آزاد تعیین می‌شود و بر حسب اسید اولئیک (بر حسب اسید پالمیتیک برای روغن پالم) محاسبه می‌گردد. افزایش پایدار تشکیل اسیدهای چرب آزاد طی فرایند سرخ کردن می‌تواند تا حدی مربوط به هیدرولیز و همچنین تا حدی مربوط به گروه‌های کربوکسیل موجود در محصولات پلیمری باشد [۳۵]. عمدتاً، افزایش اسیدیته طی فرایند حرارتی ناشی از هیدرولیز تری‌گلیسریدها است که توسط رطوبت ماده‌ی غذایی و اکسایش (توسط واکنش روغن با رطوبت تشکیل شده طی سایر واکنش‌های فساد) تشدید می‌گردد [۳۶].

### ۳-۳- ارزیابی پایداری اکسایشی (رنسیمت)

پایداری اکسایشی نمونه‌های مختلف روغن طی فرایند حرارت دهی در دماهای ۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه رنسیمت مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل به همراه تجزیه و تحلیل آماری در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد. اثر دما و نوع مخلوط مورد استفاده بر زمان پایداری اکسایشی نمونه‌ها معنی دار ( $P < 0.05$ ) شد. بالاترین پایداری اکسایشی برای روغن دانه کدو (۱۰/۴۵ ساعت) و پایین‌ترین پایداری اکسایشی (۲/۷۷۲ ساعت) برای روغن سویا ثبت شد. در بین مخلوط‌های مورد استفاده، بالاترین زمان پایداری اکسایشی در مخلوط‌های مختلف روغن دانه کدو و پالم اولئین و پایین‌ترین زمان پایداری اکسایشی در مخلوط ۳۰:۷۰ روغن دانه کدو: سویا مشاهده شد که با افزایش نسبت روغن دانه کدو، زمان پایداری اکسایشی این مخلوط نیز به طور معنی دار ( $P < 0.05$ ) افزایش پیدا کرد. علاوه بر این مشاهده شد که با افزایش دمای حرارت دهی، پایداری اکسایشی نمونه‌های مورد بررسی به طور معنی دار ( $P < 0.05$ ) کاهش می‌یابد (جدول ۳)، که می‌توان این موضوع را به تخریب حرارتی بیشتر ترکیبات زیست فعال روغن در دماهای بالاتر و کاهش تاثیر آنها در بهبود پایداری اکسایشی روغن نسبت داد.

اولئین و پایین‌ترین سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد برای مخلوط‌های ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: سویا و روغن دانه کدو: پالم اولئین تعیین شد. همچنین از جدول ۲ مشخص می‌شود که هر یک از روغن‌ها به تنهایی نسبت به زمانیکه به صورت مخلوط تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرند، متحمل واکنش‌های هیدرولیتیک شدیدتر و در نتیجه افزایش بیشتر اسیدیته می‌گردند. نتایج مشابهی توسط گوهری اردبیلی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی پایداری حرارتی روغن کانولا در حضور مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵٪ از روغن‌های دانه کدو و زیتون مشاهده گردید به طوری که عدد اسیدی در طول فرایند حرارتی در همه نمونه‌ها افزایش یافت. بالاترین میزان افزایش ( $4.43 \text{ mg KOH/g oil}$ ) در زمان صفر) در روغن خالص کانولا مشاهده شد. مخلوط کردن روغن کانولا با دو روغن دیگر منجر به افزایش کمتر عدد اسیدی در طول فرایند سرخ کردن شد. عدد اسیدی در روغن کانولای حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵٪ از روغن دانه کدو (که به ترتیب ۳،۳۰، ۳،۳۵ و  $3.52 \text{ mg KOH/g oil}$  بود) نسبت به آن‌هایی که حاوی روغن زیتون بکر بودند (به ترتیب ۳،۷۷، ۳،۸۱ و  $4.00 \text{ mg KOH/g oil}$ )، افزایش کمتری داشت. به گونه‌ای که مخلوط روغن کانولا-دانه کدو (۹۵ به ۵)، بالاترین مقاومت را نسبت به تولید ترکیبات هیدرولیتیک نشان داد. همچنین پایداری هیدرولیتیک روغن کانولا با افزایش نسبت روغن‌های دانه کدو و زیتون بکر (از ۵٪ به ۱۵٪)، کاهش یافت [۱۳]. همچنین کو و لانگ (۲۰۱۲) تغییرات کمتری را برای تشکیل اسیدهای چرب آزاد در روغن نارگیل بکر نسبت به روغن نارگیل و پالم اولئین تصفیه شده طی فرایند سرخ کردن گزارش نمودند، در حالیکه مشابه مطالعه حاضر، روغن بکر مورد استفاده آن‌ها مقدار اسیدیته اولیه بالاتری نسبت به نمونه‌های تصفیه شده داشت [۳۲]. مقدار اسیدهای چرب آزاد معمول-ترین آزمون استفاده شده (گاهی اوقات تنها آزمون) برای بررسی کیفیت روغن طی فرایند حرارت دهی می‌باشد، زیرا معرف خوبی از فساد روغن بوده و به شکل ساده و سریع قابل اندازه‌گیری است [۳۳]. با این حال تشکیل اسیدهای چرب بستگی به محیط سرخ کردن، ترکیب ماده‌ی

**Table 3** Oxidative stability (h) determined by Rancimat for PSO blended with different amounts of SBO and PO at 110, 130 and 160 °C.

Sample	Induction period (h)			Blend Effect
	110 °C	130 °C	160 °C	
PSO	26.070 A, a	4.605 A, b	0.675 A, c	10.450 A
SBO	6.500 F, a	1.660 B, b	0.155 A, b	2.772 G
PO	16.850 C, a	4.170 AB, b	0.535 A, c	7.185 CD
70:30 PSO:SBO	16.910 C, a	3.250 AB, b	0.300 A, c	6.820 D
50:50 PSO:SBO	12.725 D, a	2.930 AB, b	0.365 A, b	5.340 E
30:70 PSO:SBO	9.365 E, a	2.110 AB, b	0.280 A, b	3.918 FG
70:30 PSO:PO	20.315 B, a	4.565 A, b	0.590 A, c	8.490 BC
50:50 PSO:PO	19.480 BC, a	4.660 A, b	0.610 A, c	8.250 BC
30:70 PSO:PO	20.420 B, a	4.840 A, b	0.550 A, c	8.603 B
33/5:33/5:33/5	12.240 D, a	2.850 AB, b	0.340 A, b	5.143 EF
PSO:SBO:PO	11.275 DE, a	2.745 AB, b	0.295 A, b	4.772 EF
25:37/5:37/5				
PSO:SBO:PO				
<b>Temperature effect</b>	15.650 a	3.489 b	0.427 c	

Means with the same small and capital letters within the same rows and columns, respectively, are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

\*PSO Pumpkin seed oil

\*SBO Soybean oil

\*PO Palm Olein oil

مطالعه، افزایش پایداری سرخ کردن و کاهش طعم سبب زمینی سرخ شده با کاهش اسید لینولئیک و افزایش اسید اولئیک در روغن کانولا مشاهده شده بود [۳۹]. چنین کاهش پایداری با افزایش اسید لینولئیک از ۱۷ به ۷۸ درصد نیز مشاهده شده بود [۴۰]. همچنین در بررسی پایداری اکسایشی روغن سویا و آفتابگردان با افزودن روغن مورینگا اولیفرآ به آن‌ها (توسط دستگاه رنسیمت در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داده شد که با افزودن این روغن میزان اسید اولئیک در روغن‌های مخلوط افزایش می‌یابد. که متناسب با افزایش زمان پایداری اکسایشی (زمان القاء) در روغن‌های مخلوط بود [۱۱]. ماریود و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی بهبود پایداری روغن آفتابگردان به این نتیجه

کازال و همکاران (۲۰۱۰) طی انجام فرایند سرخ کردن با استفاده از روغن زیتون بکر نشان دادند که تخریب حرارتی ترکیبات فنولی روغن زیتون طی فرایند حرارتی موجب کاهش پایداری اکسایشی (تعیین شده توسط رنسیمت) آن می‌گردد و بعد از تخریب این ترکیبات، وجود اسیدهای چرب تک غیر اشباع بالا در این روغن را عامل مهم محدود کننده سرعت اکسایش معرفی نمودند [۲۰]. علاوه بر این گوتفینگر (۱۹۸۱) همبستگی بالایی بین پایداری اکسایشی اندازه‌گیری شده توسط رنسیمت و مقدار کل ترکیبات فنولی (مرتبط با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا) روغن‌ها گزارش نمود [۳۷].

وارنر و گلین (۱۹۹۷) [۳۸] ادعان داشتند که با کاهش اسید لینولئیک، پایداری اکسایشی روغن افزایش می‌یابد. طی یک



متحمل واکنش‌های مخرب شدیدتر و در نتیجه افزایش بیشتر اسیدیته و ویسکوزیته می‌گردند. در بین مخلوط‌های مورد استفاده، بالاترین زمان پایداری اکسایشی در مخلوط‌های مختلف روغن دانه کدو و پالم اولئین و پایین‌ترین زمان پایداری اکسایشی در مخلوط ۷۰:۳۰ روغن دانه کدو: سویا مشاهده شد که با افزایش نسبت روغن دانه کدو، زمان پایداری اکسایشی این مخلوط نیز به طور معنی دار ( $P < 0/05$ ) افزایش پیدا کرد. نتایج این مطالعه به شکل واضحی نشان داد که روغن دانه کدو می‌تواند در مخلوط با سایر روغن‌ها به بهبود خصوصیات اکسایشی (در ترکیب با روغن سویا) و ویژگی‌های تغذیه‌ای (در ترکیب با پالم اولئین) آن‌ها کمک نماید.

## ۵- تقدیر و تشکر

این پژوهش با همکاری و حمایت مالی کارخانه روغن گیته طلایی به عنوان طرح سفارشی پژوهشی انجام گرفت. لذا از کارخانه روغن گیته طلایی به خاطر تحت پوشش قرار دادن این پژوهش قدردانی می‌گردد.

## ۶- منابع

- [1] Fillion, L., Henry, C. J. K. (1998). Nutrient losses and gains during frying: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 49, 157-168.
- [2] Warner, K. (2008). Chemistry of frying oils in: Akoh, C. C., Min, D. B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology CRC Press, USA*, 189-202.
- [3] Saguy, I. S., & Pinthus, E. J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanisms. *Food Technology*, 152, 142-145.
- [4] Blumenthal, M. M. (1991). A new look at chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*, 45, 65-94.
- [5] Miraliakbaru, H., & Shahidi, F. (2008). Oxidative stability of tree nut oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4751-4759.
- [6] Su, C., & White, P. (2004). Frying stability of high-oleate and regular soybean oil blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81, 783-788.

دست یافتند که با مخلوط کردن روغن‌های *S. birrea*<sup>8</sup> و خربزه (Melon bug) به روغن آفتابگردان پایداری اکسایشی در تست رنسیمت (۱۲۰ درجه سانتی‌گراد) از ۴۷٪ به ۱۴۷٪ (با افزودن *S. birrea*) و از ۵٪ به ۶۸٪ (با افزودن Melon bug) نسبت به روغن آفتابگردان خالص بهبود می‌یابد. این در حالی بود که با افزایش درصد روغن‌های *S. birrea* و خربزه، محتوای اسید لینولئیک در مخلوط‌ها کاهش و محتوای اسید اولئیک افزایش یافت [۱۲].

مقدار اسید چرب لینولئیک در روغن دانه کدو (۴۳ تا ۵۲ درصد) و روغن سویا تقریباً (۵۳ درصد) (ال‌دگس و همکاران، ۲۰۱۱) [۴۱] مشابه می‌باشد، با این حال مقدار بالاتر اسید اولئیک (۲۸ تا ۳۸ درصد) در روغن دانه کدو می‌تواند در کنار مقدار بالای ترکیبات زیست فعال آن نقش مهمی در پایداری اکسایشی بالای این روغن داشته باشد [۱۶]. طبیعی و همکاران (۲۰۰۸) عنوان نمودند که پایداری اکسایشی روغن‌ها نه تنها به درجه غیر اشباعیت، بلکه به مقدار آنتیاکسیدان‌های موجود در جز غیر قابل صابونی نیز وابسته است [۴۲]. بنابراین بر اساس نتایج جدول ۳، روغن دانه کدو با توجه به پایداری اکسایشی و خصوصیات تغذیه‌ای مطلوب آن می‌تواند در مخلوط با سایر روغن‌ها استفاده شود تا علاوه بر بهبود خصوصیات اکسایشی (در ترکیب با روغن سویا) به بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای (در ترکیب با پالم اولئین) آن‌ها نیز کمک نماید.

## ۴- نتیجه گیری

تغییرات برخی مشخصات فیزیکوشیمیایی روغن دانه کدو و مخلوط آن با روغن سویا و پالم اولئین طی فرایند حرارت دهی مورد ارزیابی قرار گرفت. کمترین نرخ تغییرات ویسکوزیته طی زمان سرخ کردن برای مخلوط‌های ۷۰:۳۰ روغن دانه کدو: روغن سویا و ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: پالم اولئین و نسبت‌های مساوی هر سه روغن مورد بررسی ثبت شد. پایین‌ترین سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد برای مخلوط‌های ۵۰:۵۰ روغن دانه کدو: سویا و روغن دانه کدو: پالم اولئین تعیین شد. براساس نتایج حاصل مشخص شد که هر یک از روغن‌ها به تنهایی نسبت به زمانیکه به صورت مخلوط تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرند،

8. *Sclerocarya birrea*

- seasons. *Industrial Crops and Products*, 60, 15–21.
- [17] Tsaknis, J., Lalas, S., & Lazos, E.S. (1997). Characterization of crude and purified pumpkin seed oil. *Grasas Aceites*, 48, 267–272.
- [18] Khan, M., Asha, M. R. Bhat K. K., & Khatoon, S. (2011). Studies on chemical and sensory parameters of coconut oil and its olein blends with sesame oil and palm olein during wheat flour-based product frying. *Journal of Food Science Technology*, 48, 175–182.
- [19] Farhoosh, R., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Poorazrang, H. (2009). Frying stability of canola oil blended with palm olein, olive, and corn oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 71–76.
- [20] Casal, S., Malheiro, R., Sendas, A., Oliveira, B. P. P., & Pereira, J. A. (2010). Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2972–2979.
- [21] AOCS, (1998). Official method of analysis. *Washington, DC: American Oil Chemist's Society*.
- [22] Valdes, A.F., & Garcia, A.B. (2006). A study of the evolution of the physicochemical and structural characteristics of olive and sunflower oils after heating at frying temperatures. *Food Chemistry*, 98, 214–219.
- [23] Takeoka, G.R., Full, G.H., & Dao, L.T. (1997). Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3244–3249.
- [24] Martínez-Pineda, M., Ferrer-Mairal, A., Vercet, A., & Yagüe, C. (2011). Physicochemical characterization of changes in different vegetable oils (olive and sunflower) under several frying conditions Caracterización fisicoquímica de los cambios en diferentes aceites vegetales (oliva y girasol) bajo varias condiciones de fritura, *CyTA - Journal of Food*, 9:4, 301–306.
- [25] Razali, I., & Badri, M. (2003). Oil absorption, polymer and polar compounds formation during deep-fat frying of French fries in vegetable oils. *Palm Oil Developments*, 38, 11–15.
- [26] Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S., & Ghazali, H. M. (2007). Frying quality and stability of high-oleic
- [7] Curvelo, F.M., de Almedia, D.T., Nunes, I.L. & Feitosa, S. (2011). The quality of crude palm oil (*Elaeis guineensis*): raw material for deep-frying acarajés. *Rev. Instituto Adolfo Lutz* 70, 641–646.
- [8] Kochhar, S.P. (2000). Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 552–559.
- [9] Dinh, T., Blanton Jr., J., Brooks, J., Miller, M., & Thompson, L. (2008). A simplified method for cholesterol determination in meat and meat products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 306–314.
- [10] Premavalla, K. S., Madhura, C. V., & Arya, S. S. (1998). Storage and thermal stability of refined cottonseed oil: Mustered blend. *Journal of Food Science and Technology*, 35, 530–532.
- [11] Anwar, F., Hussain, A. I., Iqbal, S., & Bhangar, M. I. (2007). Enhancement of the oxidative stability of some vegetable oils by blending with *Moringa oleifera* oil. *Food Chemistry*, 103, 1181–1191.
- [12] Mariod, A., Matthaus, B., Eichner, K., & Hussain, I. H. (2005). Improving the oxidative stability of sunflower oil by blending with *Sclerocarya birrea* oil and *Aspongopus viduatus* oils. *Journal of Food Lipids*, 12, 150–158.
- [13] Gohari Ardabili, A., Farhoosh, R., & Haddad Khodaparast, M.H. (2010). Frying stability of canola oil in presence of pumpkin seed and olive oils. *Eur. Journal of Lipid Science and Technology*, 112, 871–877.
- [14] Ramadan, M. F., & Wahdan, K. M. M. (2011). Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum*) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 132, 873–879.
- [15] Murkovic, M., Hillebrand, A., Winkler, J., & Pfannhauser, W. (1996). Development of pumpkin seed for production of edible oil: distribution of tocopherols in breeding lines.
- [16] Nederal, S., Petrovic, M., Vincek, D., Pukec, D., Skevin, D., Kraljic, K., & Obranic, M. (2014). Variance of quality parameters and fatty acid composition in pumpkin seed oil during three crop

- [35] Tyagi, V. K., & Vasishtha, A. K. (1996). Changes in characteristics and composition of oils during deep fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 499–506.
- [36] Al-Harbi, M. M., & Al-Kabtani, H. A. (1993). Chemical and biological evaluation of discarded frying palm oil commercial restaurants. *Food Chemistry*, 48, 395–401.
- [37] Gutfinger, T. (1981). Polyphenols in olive virgin oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58, 966±968.
- [38] Warner, K., Orr, P., & Glynn, M. (1997). Effect of fatty acid composition of oils on flavour and stability of fried foods. *Journal of American Oil Chemist's society*, 74, 347-356.
- [39] Warner, K., Orr, P., Parrott, L., & Glynn, M. (1994). Effects of frying oil composition on potato chip stability. *Journal of American Oil Chemist's society*, 71, 1117–1121.
- [40] Warner, K., Evans, C. D., List, G. R., Boundy, B. K., & Kwolek, W. F. (1974). Pentane formation and rancidity in vegetable oils and in potato chips. *Journal of Food Science*, 39, 761–765.
- [41] Al-Degs, Y. S., Al-Ghouti, M., & Salem, N. (2011). Determination of frying quality of vegetable oils used for preparing falafel using infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Food Analytical Methods*, 4, 540–549.
- [42] Tabee, E., Azadmard-Damirchi, S., Jagerstad, M., & Dutta, P.C. (2008). Effects of alpha-tocopherol on oxidative stability and phytosterol oxidation during heating in some regular and high-oleic vegetable oils. *Journal of American oil chemist's society*, 85, 857-867.
- Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*, 105, 1382-1389.
- [27] Gohari Ardabili, A., Farhoosh, R., & Haddad Khodaparast, M.H. (2010). The Stability of the Virgin Olive and Pumpkin Seed Oils in terms of the Polar Compounds Composition Determined by High-Performance Size-Exclusion Chromatography (HPSEC). *Iranian association of food scientists and technologists*, 1 (4), 25-41.
- [28] Paradis, A. J., & Nawar, W.W. (1981). A gas chromatographic method for the assessment of used frying oils: Comparison with other methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58, 635–38.
- [29] Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P. J., Lo, H. L., & Neo, F. L. (2010). Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food Chemistry*, 121, 338–347.
- [30] Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria—Anvisa. (2005). <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa-ingles>.
- [31] Stier, R. F. (2001). The measurement of frying oil quality and authenticity. In: Rossell JB (ed) *Frying: improving quality*. Woodhead Publishing, Cambridge, p 382.
- [32] Koh, S.P., & Long, K. (2012). Oxidative stability study of virgin coconut oil during deep frying. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. 40(1), 35–44.
- [33] Rossell, J. B. (1998). Industrial frying process. *Grasas y Aceites*, 49, 282–295.
- [34] Choe, E., Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*. 72, 77–86.

## Investigation of thermal stabilities of pumpkin seed oil and its blend with soybean oil and palm olein

Parsaei, S.<sup>1</sup>, Ghorbani, M.<sup>2\*</sup>, Sadeghi Mahoonak, A.<sup>3</sup>, Ziaifar, A.M.<sup>3</sup>, Hosseini, H.<sup>4</sup>, Hakimi, F.<sup>5</sup>

1. M.Sc. student, Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associated Prof., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Researcher of Food Additives Department, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran.
5. M.Sc. graduated, Dept. of chemistry, Technical Assistant of Gita Talaei oil factory, Gorgan, Iran.

(Received: 2016/06/22 Accepted: 2016/09/17)

Fat oxidation is considered as the most important reason for food spoilage. Oxidative stability and physicochemical properties of pumpkin seed oil (PSO), soybean oil (SBO), palm olein (PO) and their blends were evaluated. For this purpose, viscosity changes and free fatty acid were studied for all the samples during the heating process at 170 °C for 18 hours. In addition to oxidative stability were studied by Rancimat at temperatures of 110, 130 and 160 °C for all samples. The results showed that any of the individual investigated oils in pure form undergone more changes in viscosity rather than when it was blended with other oils. So that the lowest rate of change in viscosity was seen for PSO: PO (50:50) and PSO: SBO: PO (33/3:33/3:33/3) blends. The lowest rate of formation of free fatty acids were determined for PSO: SBO (50:50) and PSO: PO (50:50). The results showed that, as with viscosity, the blending of the oils decreased the rate of formation of free fatty acids as compared with any individual oils. In general, different blends of PSO showed the highest induction time (IT) in Rancimat test. PSO: SBO (30:70) had the lowest IT, in which, IT of this blend significantly ( $P < 0.05$ ) increased by increasing the proportion of PSO.

The results of this study favorably showed that PSO blended with other oils could help to improve the oxidation stability and nutritional properties of the blended oils.

**Keywords:** Pumpkin seed oil, Oil blends, Physicochemical properties, Oxidative stability.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: moghorbani@yahoo.com