



## تاثیر مراحل مختلف فرایند تصفیه شیمیایی بر پایداری اکسایشی روغن مغز بنه طی فرایند حرارتی شدید و طولانی

انیسه زارعی جلیانی<sup>۱</sup>، حنان لشکری<sup>۲\*</sup>، جواد توکلی<sup>۳\*</sup>، محمود امین لاری<sup>۴</sup>

- ۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سروستان، دانشگاه آزاد اسلامی، سروستان، ایران.  
 ۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد زرین دشت، دانشگاه آزاد اسلامی، زرین دشت، ایران.  
 ۳- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، فارس، ایران.  
 ۴- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱	در مطالعه حاضر، به بررسی اثر فرایند تصفیه شیمیایی بر پایداری اکسایشی روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد پرداخته شد. بررسی ساختار اسید چرب نشان داد که پس از فرایند حرارتی میزان اسید چرب ترانس بسیار ناچیز بود. همچنین روند تغییرات ترکیبات توکوفرولی و پلی فنلی طی فرایند حرارتی متفاوت با تحقیقات دیگر بود. میزان تغییرات توکوفرولی در پایان فرایند حرارتی در روغن های خام، صمغ گیری شده و خنثی سازی شده افزایش و در روغن های رنگبری شده و بوگیری شده کاهش یافت. علت افزایش توکوفرولها، به فرایند بازتولید آنها مربوط بود. همچنین روند تغییرات ترکیبات پلی فنلی پس از فرایند حرارتی نیز نسبت به لحظه صفر تا حد زیادی با تغییرات توکوفرولی هماهنگی داشت. علت افزایش ترکیبات فنلی نیز به شکسته شدن این ترکیبات و تبدیل شدن به ترکیبات ساده تر مربوط بود. بررسی آزمون های پایداری اکسایشی (عدد دی ان مزدوج و اندیس آنیزیدین) نیز نشان داد که روغن خام مغز بنه پایدارترین نمونه بود و بعد از آن به ترتیب روغن صمغ گیری شده، خنثی سازی شده، بوگیری شده و رنگبری شده قرار داشتند. علت اینکه مرحله رنگبری باعث پایین ترین پایداری اکسایشی در روغن مغز بنه شد، می تواند به بیشترین کاهش در میزان ترکیبات توکوفرولی در این نمونه روغن نسبت به لحظه صفر نسبت داد. همچنین نحوه تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی نیز تا حد زیادی با تغییرات ترکیبات آنتی اکسیدانی هماهنگی داشت.
کلمات کلیدی: روغن مغز بنه، تصفیه، پایداری اکسایشی، توکوفرولها، پلی فنلها.	
* مسئول مکاتبات: hlashkari@gmail.com javadtavakoli@jahromu.ac.ir	
DOI: 10.52547/fsct.10.119.231	

## ۱- مقدمه

با کاهش ناچیز ترکیبات مفید همراه نبوده است. وو و همکاران در تحقیقی در مورد اثر فرایند تصفیه بر روغن کلزا، گزارش کردند که میزان توکوفرولها، استرولها و پلیفنلها به ترتیب ۸۸، ۳۵ و ۷۵ درصد کاهش یافتند [۱۰]. در مجموع فرایند تصفیه باید به صورتی انجام شود که حداکثر ترکیبات نامناسب و حداقل ترکیبات مفید حذف شوند. به دلیل اینکه حذف ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طی فرایند تصفیه ارتباط مستقیم با پایداری اکسایشی روغن‌های خوراکی دارد، بررسی این شاخص طی فرایند حرارتی شدید در طول زمان اطلاعات مناسبی در مورد کیفیت فرایند تصفیه روغن‌های خوراکی به ما می‌دهد. بنابراین با توجه به اینکه روغن خام مغز بانه به عنوان روغنی با پایداری اکسایشی بسیار بالا شناخته شده است و همچنین جهت مصرف عمومی آن نیاز به انجام فرایند تصفیه می‌باشد و تاکنون مطالعه‌ای در مورد اثر فرایند تصفیه شیمیایی بر آن صورت نگرفته است، در تحقیق حاضر تصمیم گرفته شد، اثر فرایند تصفیه شیمیایی بر پایداری اکسایشی روغن مغز بانه در دمای بالا (۱۷۰ درجه سانتیگراد) در طول زمان مطالعه شود.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- مواد

میوه درخت بانه از جنگل‌های شهرستان میمند در استان فارس (پاییز ۲۰۱۹) جمع‌آوری و تا زمان استخراج روغن، در فریزر ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. همه استانداردها، مواد شیمیایی و حلال‌ها از شرکت‌های سیگما و مرک تهیه شد.

### ۲-۲- استخراج روغن مغز بانه

ابتدا میوه بانه در دمای محیط در سایه خشک و سپس پوست گیری انجام شد و مغز بانه جهت استخراج روغن جدا گردید. در مرحله بعد روغن مغز بانه به روش پرس سرد استخراج شد، سپس به روغن استخراج شده به مدت یک هفته فرصت داده شد تا مواد جامد معلق رسوب کنند. در نهایت روغن فیلتر شد و در ظروف تیره رنگ حاوی نیتروژن در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد [۱۱].

### ۲-۳- تصفیه شیمیایی

روغن خام مغز بانه تا دمای ۶۵ درجه سانتیگراد گرم و آب گرم ۸۰ درجه سانتیگراد به آن اضافه شد. روغن خام در حال

یکی از روغن‌هایی که در سال‌های گذشته مطالعات مختلفی در مورد آن صورت گرفته است، روغن خام یا تصفیه نشده مغز بانه است. نتایج مطالعات بیانگر پایداری اکسایشی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالای این روغن و مواد صابونی‌ناشونده آن می‌باشد [۱، ۲، ۳، ۴]. این نتایج در شرایطی حاصل شد که ۸۵ درصد اسیدهای چرب روغن مغز بانه غیراشباع هستند [۲]. بانه، یکی از یازده گونه‌ی رایج پسته است که به صورت وحشی در مناطق مختلف ایران رشد می‌کند. وسعت این درختان در ایران بیش از ۱/۲ میلیون هکتار با تعداد تقریبی ۱۰۰ میلیون راس می‌باشد. مغز بانه ۲۵ درصد میوه بانه را تشکیل می‌دهد که بازدهی روغن آن نزدیک به ۵۰٪ است [۱، ۲]. این گونه دارای سه وارته می‌باشد. وارته موتیکا، مشهورترین و رایجترین وارته بانه است که ۹۰ درصد جمعیت این درختان را شامل می‌شود. تحقیقاتی که تاکنون در مورد روغن مغز بانه صورت گرفته است، مربوط به روغن خام آن است و مطالعه‌ای در مورد روغن مغز بانه تصفیه شده وجود ندارد. ترکیبات ناخوشایند مثل اسیدهای چرب آزاد، فسفولیپیدها و ترکیبات حاصل از اکسایش اثر منفی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های حسی و عمر مفید روغن‌های خوراکی دارند. طی فرایند تصفیه شیمیایی یا فیزیکی این ترکیبات حذف شده و باعث افزایش کیفیت روغن‌های خوراکی می‌شوند [۵، ۶]. به صورت کلی تصفیه شیمیایی شامل صمغ‌گیری، خنثی‌سازی، رنگبری و بوگیری می‌باشد. اگرچه فرایند تصفیه امری لازم جهت حفظ کیفیت روغن‌های خوراکی است، اما می‌تواند از نظر تغذیه‌ای باعث حذف ترکیبات مفید روغن نیز شود [۷، ۸]. به همین دلیل تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد اثر فرایند تصفیه بر ترکیبات مفید و مغذی روغن‌های خوراکی انجام شده است. لیو و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر فرایند تصفیه بر ساختار شیمیایی روغن سبوس برنج پرداختند که نتایج نشان داد که ساختار اسیدچربی و توکوفرولی این روغن تغییر معنی‌داری نسبت به روغن خام نداشت، گرچه میزان سایر ترکیبات صابونی‌ناشونده به صورت معنی‌داری کاهش یافت [۸]. همچنین در تحقیقی دیگر، پان و همکاران گزارش کردند که فرایند تصفیه شیمیایی روغن دانه *perilla* باعث حذف توکوفرولها به میزان ۵ درصد شد [۹]. همیشه فرایند تصفیه

## ۶-۲- ترکیبات پلی فنلی، توکوفرولی و

### استرولی

مقدار ترکیبات پلی فنلی کل به روش توضیح داده شده توسط اسفهلان و همکاران براساس اسید گالیک تعیین شدند [۱۳]. در این روش از معرف فولین سیوکالچو استفاده شد. مقدار ترکیبات توکوفرولی و استرولی روغن های مطالعه شده نیز به روش توکلی و همکاران تعیین شدند [۱۲].

## ۷-۲- عدد اسیدی، عدد دیان مزدوج و اندیس

### آیزیدین

عدد اسیدی، عدد دیان مزدوج و اندیس آیزیدین نمونه های مختلف روغن به ترتیب بر اساس روش توضیح داده شده توسط توکلی و همکاران [۱۲]، توکلی و حداد خدایرست [۱۴] و استخر و همکاران [۱۵] انجام شد.

## ۸-۲- اندازه گیری قدرت مهار کنندگی

### رادیکال آزاد DPPH<sup>۱</sup>

قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH روغن های مطالعه شده در این پژوهش به روش توضیح داده شده توسط سیگر و همکاران تعیین شد [۱۶].

## ۹-۲- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش ها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شدند. میانگین ها با نرم افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد ( $p < 0.05$ ) مقایسه شدند. نمودارها با نرم افزار Microsoft Excel ترسیم گردیدند.

## ۳- نتیجه گیری و بحث

### ۱-۳- ساختار اسید چربی

بررسی اثر فرایند تصفیه بر ساختار اسیدچربی روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است، طی فرایند تصفیه، در میزان اسیدهای چرب مختلف، اختلاف معنی داری مشاهده نشد. همچنین پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی تنها تغییر شاخص، کاهش میزان اسید لینولئیک از

چرخش به مدت ۳۰ دقیقه صمغ گیری و سپس به مدت ۴ ساعت ساکن ماند. سپس با اضافه کردن سود ۲ نرمال در ۳۰ درجه سانتیگراد به روغن و انجام همزدن، خنثی سازی انجام شد. زمانی که دما به ۶۵ درجه سانتیگراد رسید، گرمادهی متوقف گردید. روغن خنثی سازی شده سه بار با آب ۸۰ درجه سانتیگراد شسته شد. صابون های تشکیل شده در اثر همزدن ملایم به هم چسبیده و بزرگ شدند و ته نشین گردیدند. سپس جداسازی روغن از صابون به کمک سانتریفوژ صورت گرفت. برای رنگبری، ۱٪ خاک رنگبر به روغن خنثی شده افزوده و اختلاط کامل آنها انجام شد. در این مرحله حرارت دهی در ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت نیم ساعت صورت گرفت. برای انجام عملیات بوگیری روغن، روغن رنگبری شده در ۲۵۰ درجه سانتیگراد و تحت خلا قرار گرفت و سپس تا دمای ۴۵ درجه سانتیگراد خنک شد [۹].

### ۴-۲- فرایند حرارتی

۷۰۰ گرم از هر یک از نمونه های روغن خام، تصفیه قلیایی شده، رنگبری شده و بوگیری شده را درون بشر ریخته و در یک آون قرار داده شد و در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۲ ساعت حفظ شد. در فواصل زمانی چهار ساعت، ۴۰ گرم نمونه برای بررسی آزمون های پایداری اکسایشی برداشت شد [۲].

### ۵-۲- ساختار اسید چربی

ترکیب اسید چربی نمونه روغن به وسیله کروماتوگرافی گاز-مایع تعیین شد و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. استرهای متیل اسیدهای چرب با اختلاط روغن و هگزان (۰/۳ گرم در ۷ میلی لیتر) با هفت میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی دو نرمال در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه تهیه شدند. استرهای اسیدهای چرب با کروماتوگراف HP-5890 (Hewlett-Packard, CA, USA) مجهز به ستون های موئینه CP-FIL88 شیشه ای سیلیکا (۶۰ متر طول، ۰/۲۲ میلی متر قطر داخلی، ۰/۲ میکرومتر ضخامت لایه داخلی) و آشکار ساز یونی شعله ای شناسایی گردیدند. گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۷ میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. دمای آون، بخش تزریق و آشکار ساز به ترتیب ۱۹۸، ۲۸۰ و ۲۵۰ درجه سانتیگراد بود. آزمایش ها در دو تکرار انجام شدند [۱۲].

1. 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl

کمتر از ۰/۲۸ بود. به دلیل عوارض اثبات شده این اسیدهای چرب، سازمان جهانی غذا و دارو (FDA) حداکثر میزان اسیدهای چرب ترانس در کل چربی را یک درصد اعلان کرد [۱۷].

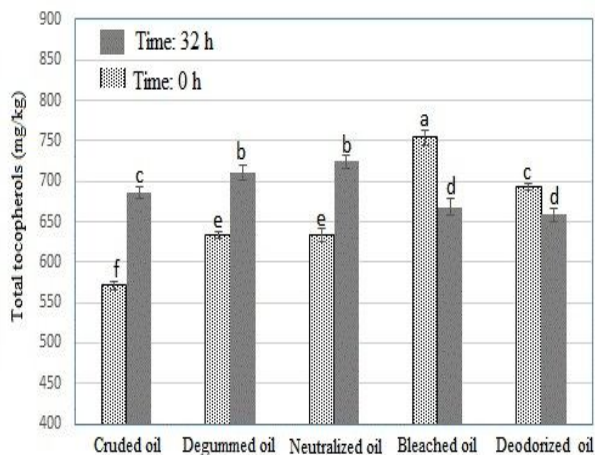
درصد به ۳۱/۷۷-۳۱/۲۵ درصد در مراحل مختلف تصفیه بود که با توجه به فرایند حرارتی شدید و مدت زمان طولانی این میزان تغییرات قابل قبول است. همچنین مشخص شد که اسیدچرب ترانس لحظه صفر وجود نداشت و میزان این اسیدهای مضر پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی

**Table 1** Effect of refining process on the fatty acid structure Bene kernal oil after 32 hours of thermal process at 170 °C.

Fatty acid (%)	Crude oil		degummed oil	
	Time (hour)		Time (hour)	
	0	32	0	32
Myristic acid (14:0)	0.08±0.02 b	0.15±0.04 a	0.09±0.03 b	0.16±0.03 a
Palmitic acid (16:0)	10.01±0.03 a	10.41±0.2 a	10.25±0.22 a	10.46±0.25 a
Palmitoleic acid (16:1)	1.12±0.07 a	1.17±0.05 a	1.17±0.05 a	1.14±0.04 a
Stearic acid (18:0)	2.15±0.12 a	2.25±0.11 a	2.12±0.11 b	2.37±0.08 a
Trans-9 -octadecamonoenoic acid)	-	-	-	-
Oleic acid (18:1)	52.5±0.42 a	52.77±1.2 a	52.09±0.34 a	52.66±0.28 a
All-Trans-9,12-octadecadienoic acid	-	0.1±0.2	-	0.05±0.02
Linoleic acid (18:2)	33.2±0.24 a	31.25±0.29 b	33.1±0.27 a	31.77±0.35 b
α-Linolenic acid (18:3(9,12,15))	0.42±0.05a	0.18±0.04 b	0.46±0.04 a	0.18±0.03 b
γ-linolenic acid (18:3 (6, 9, 12))	0.3±0.03 a	0.34±0.05 a	0.31±0.04 b	0.5±0.04 a
Gadoleic acid (20:1)	0.12±0.04 a	0.09±0.04 a	0.15±0.02 a	0.13±0.03 a
Arachidic acid (20:0)	-	0.03±0.2	-	0.38±0.04
	Neutralized oil		Bleached oil	
	Time (hour)		Time (hour)	
	0	32	0	32
Myristic acid (14:0)	0.09±0.02 a	0.13±0.03 a	0.08±0.03 a	0.1±0.04 a
Palmitic acid (16:0)	10.52±0.32 b	11.1±0.24 a	10.23±0.21 b	10.97±0.29 a
Palmitoleic acid (16:1)	1.15±0.04 a	1.19±0.03 a	1.32±0.03 a	1.29±0.05 a
Stearic acid (18:0)	2.05±0.08 b	2.27±0.05 a	2.23±0.10 a	2.24±0.09 a
Trans-9 -octadecamonoenoic acid)	-	0.18±0.02	-	0.06±0.01
Oleic acid (18:1)	51.93±0.41 a	52.2±0.31 a	52.09±0.32 a	52.42±0.45 a
All-Trans-9,12-octadecadienoic acid	-	0.1±0.01	-	0.05±0.02
Linoleic acid (18:2)	33.1±0.31 a	30.72±0.42 b	33.11±0.22 a	31.31±0.37 b
α-Linolenic acid (18:3(9,12,15))	0.45±0.03 a	0.36±0.04 b	0.46±0.02 a	0.32±0.03 b
γ-linolenic acid (18:3 (6, 9, 12))	0.31±0.05 a	0.32±0.04 a	0.33±0.04 a	0.33±0.04 a
Gadoleic acid (20:1)	0.14±0.03 a	0.15±0.04 a	0.16±0.04 a	0.15±0.03 a
Arachidic acid (20:0)	-	0.9±0.2	-	0.15±0.02
	Deodorized oil			
	Time (hour)			
	0	32		
Myristic acid (14:0)	0.09±0.02 a	0.13±0.03 a		
Palmitic acid (16:0)	10.76±0.3 b	11.1±0.2 a		
Palmitoleic acid (16:1)	1.22±0.05 a	1.19±0.04 a		
Stearic acid (18:0)	2.15±0.07 a	2.27±0.08 a		
Trans-9 -octadecamonoenoic acid)	-	0.18±0.04		
Oleic acid (18:1)	51.95±0.37 a	52.2±0.29 a		
All-Trans-9,12-octadecadienoic acid	0.04±0.02 a	0.1±0.01 a		
Linoleic acid (18:2)	32.72±0.29 a	30.72±0.19 b		
α-Linolenic acid (18:3(9,12,15))	0.45±0.03 a	0.36±0.04 b		
γ-linolenic acid (18:3 (6, 9, 12))	0.29±0.04 a	0.32±0.03 a		
Gadoleic acid (20:1)	0.14±0.03 a	0.16±0.02 a		
Arachidic acid (20:0)	-	0.16±0.03		

Mean ± SD within a row with the same letters for each type of oil are not significantly different at P<0.05.

سایر ترکیبات دیگر نسبت داده شد [۱۹، ۲۰]. به نظر می‌رسد که در روغن مغز بنه، ترکیبات توکوفرولی غیرآزاد وجود دارد که پس از انجام مراحل تصفیه و فرایند حرارتی آزاد می‌شوند و مقدار این ترکیبات افزایش می‌یابد.



**Fig 1** Effect of refining process on thermal stability of tocopherol compounds of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 ° C. Mean  $\pm$  SD within a column with the same letters are not significantly different at  $P < 0.05$ .

بررسی تغییرات ترکیبات استروولی نمونه‌های روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در شکل ۲ آورده شده است. همانگونه که مشخص است میزان ترکیبات استروولی کل روغن مغز بنه (۷۵۶-۷۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در انتهای فرایند تصفیه اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. همچنین مشخص شد که میزان ترکیبات استروولی طی فرایند حرارتی حالت کاهشی داشت به طوریکه میزان این ترکیبات پس از فرایند حرارتی در روغن‌های خام، صمغ‌گیری شده، خنثی-سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده و فرایند حرارتی به ترتیب ۲/۷، ۱۲/۱، ۷/۹، ۲۴/۹ و ۲۹/۲ درصد کاهش یافت. توکولی و همکاران در تحقیقی گزارش کردند که میزان ترکیبات استروولی روغنهای خام مغز *Amygdalus reuteri* و *Amygdalus scoparia* پس از ۸ ساعت فرایند حرارتی نسبت به لحظه صفر به ترتیب ۱۹/۳ و ۳۳/۸ درصد کاهش یافت که مشابه تحقیق حاضر حالت کاهشی داشت [۱۲]. بر اساس بسیاری از تحقیقات گذشته، انتظار هست که طی فرایند حرارتی و طی فرایند تصفیه روغن‌های خوراکی میزان ترکیبات استروولی کاهش یابد [۹، ۱۰، ۱۲، ۱۸]، اگرچه افزایش ترکیبات استروولی طی در برخی مطالعات دیگر نیز مشاهده شد. لیو و همکاران در تحقیقی گزارش کردند که میزان ترکیبات

با توجه به اینکه در این تحقیق، میزان اسید چرب ترانس کمتر از ۱ درصد است و پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی مشاهده شده و این روغن فاقد هر گونه آنتی اکسیدان سنتزی بودند، نتیجه قابل قبول می‌باشد.

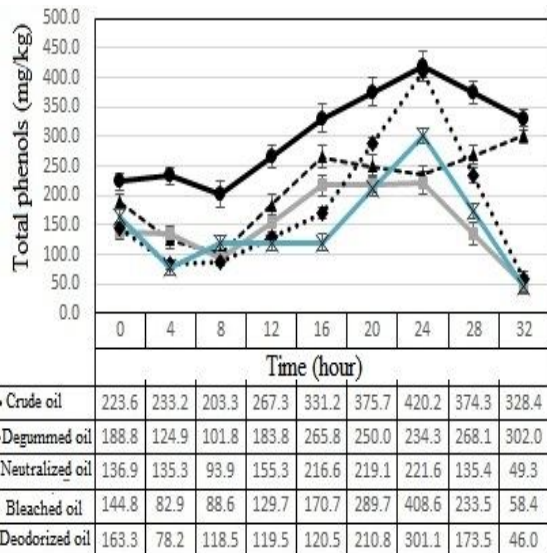
لیو و همکاران در تحقیقی، به بررسی اثر فرایند تصفیه بر ساختار شیمیایی روغن سبوس برنج پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که فرایند تصفیه اثر معنی‌داری بر ساختار اسید چربی روغن مغز سبوس برنج نداشت [۸]. نتایج مشابه‌ای نیز در تحقیقی دیگر در مورد روغن evening primrose گزارش شد [۱۸] که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

### ۳-۲- ترکیبات توکوفرولی، استروولی و پلی‌فنلی

#### پلی‌فنلی

نحوه تغییرات ترکیبات توکوفرولی نمونه‌های مختلف روغن مغز بنه طی فرایند حرارتی به مدت ۳۲ ساعت در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد در شکل ۱ آورده شده است. همانگونه که مشخص است میزان ترکیبات توکوفرولی کل در روغن‌های خام، صمغ‌گیری شده، خنثی سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده مغز بنه به ترتیب ۵۷۲، ۶۳۴، ۶۳۳، ۷۵۴ و ۶۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات توکوفرولی تا مرحله رنگبری افزایش (۳۲٪) یافت و تنها در مرحله بوگیری کاهش این ترکیبات مشاهده شد. همچنین مشخص شد که پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد، میزان ترکیبات توکوفرولی روغن‌های خام، صمغ‌گیری شده و خنثی‌سازی شده مغز بنه نسبت به لحظه صفر به ترتیب ۲۰، ۱۲/۱ و ۱۴/۴ درصد افزایش داشت، این در حالی بود که در روغن‌های رنگبری شده و بوگیری شده میزان این ترکیبات به ترتیب ۱۱/۴ و ۵/۱ درصد کاهش یافت. معمولا انتظار هست که طی فرایند تصفیه یا فرایند حرارتی میزان ترکیبات توکوفرولی در روغن‌های خوراکی کاهش یابد [۱۹، ۱۸]، اما نتایج تحقیقات حاضر با مطالعات دیگر متفاوت بود. افزایش ترکیبات توکوفرولی در برخی تحقیقات گزارش شده است. روسی و همکاران و گاپتور و همکاران در تحقیقات خود به بررسی اثر فرایند بر ترکیبات توکوفرولی روغن پالم پرداختند که نتایج آنها بیانگر افزایش این ترکیبات بود. علت افزایش ترکیبات توکوفرولی به باز تولید آنها، از طریق شکسته شدن پیوندهای دیمیری بین توکوفرولها یا شکسته شدن پیوند استری توکوفرولها و

است ترکیبات فنلی پیچیده در اثر دما شکسته شوند و به چندین ترکیبات فنلی ساده تر تبدیل شوند و در نتیجه میزان این ترکیبات افزایش یابد. میرزایی رودکی و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر فرایند حرارتی بر ویژگیهای روغن زیتون پرداختند. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنلی روغن بکر و تصفیه شده زیتون طی فرایند حرارتی در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۳۹ و ۴۲ درصد افزایش یافت [۲۴].

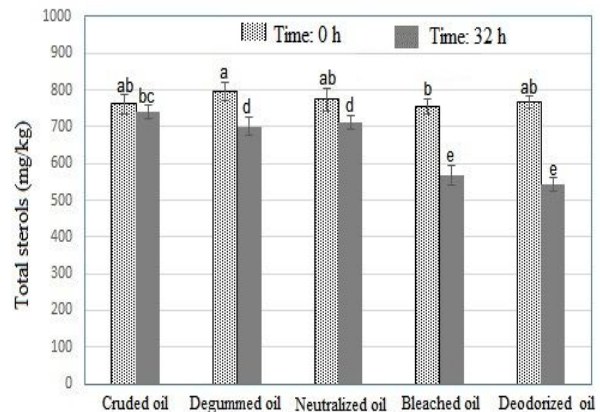


**Fig 3** Effect of refining process on thermal stability of phenol compounds of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 °C.

### ۳-۳- پایداری اکسایشی (عدد اسیدی، عدد دی‌ان مزدوج، اندیس آنیزیدین)

اثر فرایند تصفیه بر مقاومت روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در تشکیل اسیدهای چرب آزاد در شکل ۴ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است طی فرایند حرارتی دو حالت افزایش و کاهش عدد اسیدی مشاهده شد. میزان عدد اسیدی پس از فرایند حرارتی در روغن‌های خام و رنگبری شده به ترتیب ۱۸/۷ و ۱۹/۵ درصد کاهش و در روغن‌های صمغ‌گیری شده، خنثی‌سازی شده و بوگیری شده به ترتیب ۲/۸، ۴۷/۱ و ۳۶/۵ درصد افزایش یافت. افزایش عدد اسیدی طی فرایند حرارتی در اکثر تحقیقات گذشته گزارش شده است [۳، ۴]. گرچه کاهش عدد اسیدی نیز در برخی تحقیقات مشاهده شده است. توکلی و همکاران در تحقیقی گزارش کردند که عدد اسیدی روغن پوست کلخونگ خام طی فرایند حرارتی با افزایش همراه بود که علت آن تبخیر اسیدهای

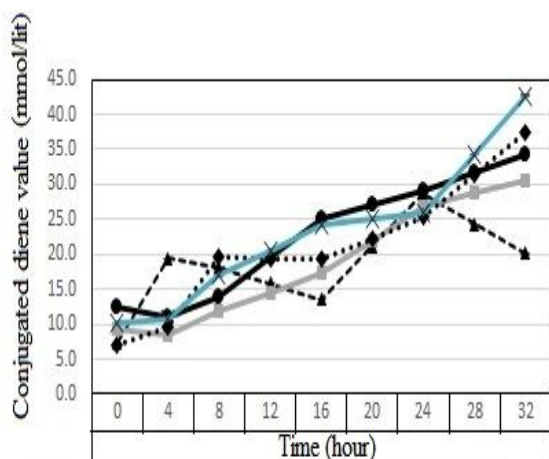
استرولی روغن سبوس برنج طی مرحله صمغ‌گیری افزایش و در سایر مراحل تصفیه کاهش یافت [۸].



**Fig 2** Effect of refining process on thermal stability of sterol compounds of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 °C. Mean ± SD within a column with the same letters are not significantly different at P<0.05.

بررسی اثر تغییرات ترکیبات فنلی نمونه‌های مختلف روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند در شکل ۳ آورده شده است. میزان ترکیبات فنلی روغن‌های خام، صمغ‌گیری شده، خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده مغز بنه به ترتیب ۲۲۴، ۱۸۹، ۱۳۷، ۱۴۵ و ۱۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. همان گونه که مشخص است میزان این ترکیبات طی فرایند صمغ‌گیری و خنثی‌سازی کاهش و طی فرایند رنگبری ثابت و در مرحله بوگیری افزایش یافت. در اکثر تحقیقات گذشته گزارش شده است که طی فرایند تصفیه میزان ترکیبات فنلی روغن‌های خوراکی کاهش می‌یابد [۱۰، ۲۱، ۲۲]. اما در مطالعاتی نیز مشاهده شده است که میزان ترکیبات فنلی افزایش یافت [۸] همچنین طی فرایند حرارتی روند سینوسی (افزایش و کاهش) تغییرات ترکیبات فنلی مشاهده شد به طوریکه پس از فرایند حرارتی میزان ترکیبات فنلی در روغن‌های خام و صمغ‌گیری شده به ترتیب ۶۷/۹ و ۵۹/۹ افزایش و در روغنهای خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده به ترتیب ۶۴، ۵۹/۶ و ۷۱/۸ کاهش یافت. ترکیبات فنلی از نظر ساختاری شامل رنج گسترده‌ای از ترکیبات از ملکول‌های ساده تا پلیمرهای پیچیده هستند. همچنین این ترکیبات به دو شکل آزاد و باند شده با ترکیبات دیگر وجود دارند [۲۳]. علت افزایش این ترکیبات می‌تواند به این دلیل باشد که طی فرایند حرارتی ممکن است، ترکیبات فنلی باند شده با ترکیبات دیگر آزاد شوند و میزان این ترکیبات افزایش یابد. همچنین ممکن

طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد میزان افزایش عدد دی‌ان‌مزدوج نسبت به لحظه صفر در روغن‌های خام، صمغگیری شده، خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده به ترتیب ۱۷۵، ۱۷۳، ۲۳۱، ۴۴۳ و ۳۲۱ درصد تعیین شد. نتایج بیانگر این بود با پیشرفت فرایند تصفیه، نمونه‌های روغن حاصل با تشکیل بیشتر هیدروپراکسیدهای دی‌ان‌مزدوج همراه بودند.

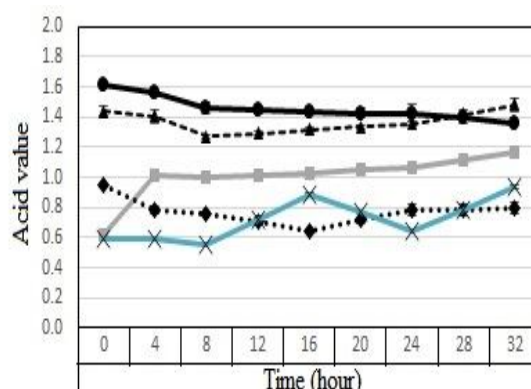


	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Crude oil	12.5	11.1	13.9	19.5	25.1	27.2	29.3	31.8	34.4
Degummed oil	7.4	19.5	18.2	15.9	13.5	21.1	28.7	24.4	20.1
Neutralized oil	9.2	8.4	12.0	14.6	17.2	22.0	26.8	28.7	30.6
Bleached oil	6.9	9.6	19.5	19.4	19.3	22.3	25.4	31.5	37.6
Deodorized oil	10.2	10.6	17.0	20.6	24.1	25.0	25.9	34.3	42.7

**Fig 5** Effect of refining process on the trend of conjugated diene value changes of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 ° C.

البته در مرحله رنگبری، افزایش بیشتر این شاخص نسبت به مرحله بوگیری مشاهده شد. همچنین مشخص شد تغییرات عدد دی‌ان‌مزدوج با تغییرات ترکیبات استرولی همخوانی داشت. با کاهش این ترکیبات، عدد دی‌ان‌مزدوج افزایش یافت. فرهوش و همکاران گزارش کردند که عدد دی‌ان‌مزدوج روغن مغز خام بنه طی فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد به میزان ۲۳۴ درصد افزایش یافت [۲]. همچنین در تحقیقی دیگر نیز گزارش شد که این شاخص در روغن مغز کلخونگ (نزدیکترین گونه به بنه) پس از فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد ۵۹ درصد افزایش یافت [۲۶]. اثر فرایند تصفیه روغن مغز بنه در روند تغییرات اندیس آنیزیدین طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در شکل ۶ نشان داده شده است.

چرب آزاد طی فرایند حرارتی و همچنین اتصال این اسیدها به ترکیبات دیگر طی پلیمریزاسیون گزارش شد [۲۵]. در روغن‌های خام با توجه به اینکه تصفیه شده نیستند و ترکیبات مختلفی در آن وجود دارد، امکان اتصال اسیدهای چرب آزاد با سایر ترکیبات وجود دارد. بر اساس استاندارد کدکس ۱۹۹۹-۲۱۰ میزان عدد اسیدی روغن‌های حرارت ندیده خوراکی باید کمتر از ۰/۶ باشد [۸]. با توجه به اینکه عدد اسیدی نمونه‌های مختلف مغز بنه پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی بین ۰/۸ تا ۱/۵ بود، دارای شرایط مناسب تشخیص داده شد.



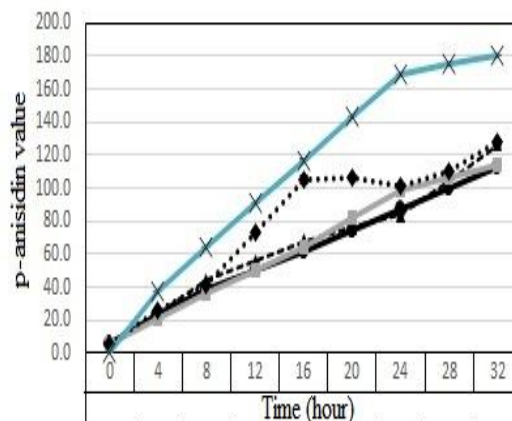
	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Crude oil	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Degummed oil	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
Neutralized oil	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
Bleached oil	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8
Deodorized oil	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9

**Fig 4** Effect of refining process on the trend of acid value changes of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 ° C.

عدد دی‌ان‌مزدوج، شاخص مناسبی برای نشان دادن میزان اکسایش لیپیدی است و میزان آن با جذب اکسیژن و تشکیل پراکسیدهای لیپیدی افزایش می‌یابد [۲]. دی‌ان‌مزدوج در روغن چندغیراشباع به سرعت تشکیل و انباشته می‌شود. این ترکیبات می‌توانند با اکسیژن برای تشکیل هیدروپراکسیدهای مزدوج واکنش دهند. اندازه‌گیری عدد دی‌ان‌مزدوج نشانگر خوبی از اکسایش اولیه نمونه‌های روغنی می‌باشد. افزایش جذب در طول موج ۲۳۴ نانومتر با افزایش مصرف اکسیژن و تشکیل هیدروپراکسیدها در طول مراحل اولیه اکسایش متناسب می‌باشد [۲، ۳]. روند تغییرات عدد دی‌ان‌مزدوج نمونه‌های مختلف روغن مغز بنه در شکل ۵ نشان داده شده است. میزان این شاخص در روغنهای ذکر شده حالت صعودی داشت که

### ۳-۴- فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اثر فرایند تصفیه روغن مغز بنبه در روند تغییرات قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در شکل ۷ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است میزان قدرت مهارکنندگی رادیکالهای آزاد اولیه روغنهای خام، صمغگیری شده، خنثی سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده مغز بنبه به ترتیب ۸۰/۴، ۸۱/۲، ۸۲/۲ و ۹۰/۵ و ۷۸/۷ درصد تعیین شد. روند تغییرات مهارکنندگی رادیکال آزاد تا مرحله رنگبری حالت صعودی بود که بیشترین میزان افزایش در مرحله رنگبری مشاهده شد و سپس در مرحله بوگیری این فاکتور کاهش یافت. در بسیاری از تحقیقات گذشته تایید شده است که قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد روغنهای خوراکی، طی فرایند تصفیه حالت نزولی دارد که به کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طی فرایند مربوط می‌شود [۸، ۹، ۲۷]. همچنین در برخی تحقیقات دیگر افزایش قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد در برخی مراحل تصفیه مشاهده شد. چپو و همکاران گزارش کردند میزان قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد روغن کناف، طی فرایند تصفیه ۸۴ درصد افزایش یافت که علت آن، افزایش ترکیبات توکوفرولی این روغن طی فرایند تصفیه بود [۲۸]. همچنین در تحقیقی دیگر به بررسی اثر فرایند تصفیه بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روغن پالم پرداخته شد که نتایج نشان داد که میزان مهارکنندگی رادیکال آزاد، طی فرایند تصفیه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت که با تغییرات ترکیبات فنلی همخوانی داشت [۲۹]. در تحقیق حاضر نیز نحوه تغییرات مهارکنندگی رادیکال آزاد طی فرایند تصفیه روغن مغز بنبه با تغییرات مجموع ترکیبات توکوفرولی کل همخوانی داشت (شکل ۴). میزان ترکیبات توکوفرولی و استرولی تا مرحله رنگبری افزایش یافتند و در مرحله بوگیری کاهش یافتند که مشابه تغییرات مهارکنندگی رادیکال آزاد بود. همچنین بررسی تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی نشان داد که در روغنهای خام، صمغگیری شده و خنثی‌سازی شده مغز بنبه ابتدا افزایش مهارکنندگی رادیکال آزاد مشاهده شد و سپس کاهش این شاخص اتفاق افتاد اما در دو روغن رنگبری شده و بوگیری شده، روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی فرایند حرارتی ابتدا حالت کاهشی و در انتها حالت افزایشی داشت. بررسی تغییرات مهارکنندگی رادیکال آزاد نشان داد که میزان



	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Crude oil	5.5	23.0	38.8	50.2	61.6	74.7	87.7	100.0	112.2
Degummed oil	6.6	24.7	44.1	55.9	67.8	75.8	83.8	105.1	126.3
Neutralized oil	5.8	21.1	35.7	49.9	64.1	81.6	99.1	106.5	113.8
Bleached oil	5.3	25.8	41.5	73.3	105.0	107.0	101.0	110.0	128.6
Deodorized oil	0.1	37.3	64.9	91.0	117.2	143.3	169.3	175.0	180.6

**Fig 6** Effect of refining process on the trend of anisidin value changes of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 °C.

بررسی تغییرات اندیس آنیزیدین طی فرایند تصفیه نشان داد که در مرحله صمغ‌گیری میزان این اندیس از ۵،۵ به ۶،۵۵ افزایش یافت و در مرحله بعدی روند کاهشی یافت، به طوری‌که اندیس آنیزیدین در روغنهای خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده به ترتیب ۵،۲۹، ۰،۱۱ و ۰،۸۳ تعیین شد. نکته قابل توجه، اثر بسیار معنی‌دار مرحله بوگیری بر کاهش (۹۸٪) این اندیس نسبت به مرحله قبل بود. علت این نتیجه را می‌توان به فرار بودن ترکیبات آلدوئیدی و ایجاد خلا در مرحله بوگیری نسبت داد. ژو و همکاران در مطالعه‌ای گزارش کردند که طی فرایند تصفیه روغن بادام زمینی، میزان اندیس آنیزیدین تا مرحله رنگبری افزایش یافت و بعد از آن در مرحله بوگیری میزان این ترکیبات کاهش یافت [۱۹]. همچنین تغییرات اندیس آنیزیدین نمونه‌های مختلف روغن مغز بنبه نشان داد که طی فرایند حرارتی روند تغییرات این شاخص افزایشی بود، به طوری‌که پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی میزان افزایش اندیس آنیزیدین در روغن‌های خام، صمغگیری شده، خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده به ترتیب ۱۸۲۸، ۱۸۵۱، ۲۳۳۱ و ۱۶۴۵ درصد تعیین شد. همانگونه که مشخص است، با پیشرفت فرایند تصفیه، مقاومت به اندیس آنیزیدین طی فرایند حرارتی کاهش می‌یابد، اما در روغن بوگیر شده بیشترین مقاومت به تشکیل این شاخص مشاهده شد که دلیل آن به کاهش شدید این ترکیبات در مرحله بوگیری مربوط بود.



حرارتی نسبت به لحظه صفر تا حد زیادی با تغییرات توکوفرولی هماهنگی داشت. بررسی آزمون‌های پایداری اکسایشی (عدد دی‌ان مزدوج و اندیس آنیزیدین) نیز نشان داد که روغن خام مغز بنه پایدارترین نمونه بود و بعد از آن به ترتیب روغن صمغ‌گیری شده، خنثی‌سازی شده، بوگیری شده و رنگبری شده قرار داشتند. علت اینکه مرحله رنگبری باعث پایین‌ترین پایداری اکسایشی در روغن مغز بنه شد، می‌تواند به بیشترین کاهش در میزان ترکیبات توکوفرولی در این نمونه روغن نسبت به لحظه صفر نسبت داد. با توجه به اینکه توکوفرول‌ها مهمترین آنتی‌اکسیدان روغن مغز بنه هستند. همچنین نحوه تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز تا حد زیادی با تغییرات ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هماهنگی داشت.

## ۵- منابع

- [1] Tavakoli, J., Hajpour Soq, Kh., Yousefi, A.R., Estakhr, P., Dalvi, M., Mousavi Khaneghah, A., 2019. Antioxidant activity of *Pistacia atlantica* var *mutica* kernel oil and it's unsaponifiable matters. *Food Science and Technology*. 56: 5336–5345.
- [2] Farhoosh, R., Tavakoli, J., Haddad Khodaparast, M.H., 2008. Chemical composition of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. *American Oil Chemists' Society*, 85: 723–729.
- [3] Sharayei, P., Farhoosh, R., Poorazarang, H., Haddad Khodaparast, M.H., 2011. Effect of Bene Kernel Oil on the Frying Stability of Canola Oil. *American Oil Chemists' Society*, 88: 648-654.
- [4] Sharayei, P., Farhoosh, R., Poorazarang, H., Haddad Khodaparast, M.H., 2011. Improvement of canola oil frying stability by Bene kernel oil's unsaponifiable matter. *American Oil Chemists' Society*, 88: 993-1000.
- [5] Pestana, V.R., Zambiazzi, R.C., Mendonça, C.R.B., Bruscatto, M.H., Lerma-García, M.J., Ramis-Ramos, G., 2008. Quality changes and tocopherols and  $\gamma$ -orizanol concentrations in rice bran oil during the refining process. *American Oil Chemists' Society*, 85: 1013–1019.
- [6] Zhu, M., Wen, X., Zhao, J., Liu, F., Ni, Y., Ma, L., Li, J. 2016., Effect of Industrial Chemical Refining on the Physicochemical Properties and the Bioactive Minor Components of Peanut Oil. *American Oil*

کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به لحظه صفر در روغنهای خام، صمغ‌گیری شده، خنثی‌سازی شده، رنگبری شده و بوگیری شده پس از ۲۴ ساعت از فرایند حرارتی به ترتیب ۵/۲، ۲۰/۸، ۴۰/۱، ۵۱/۸ و ۵۰/۴ درصد و پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی به ترتیب ۳۲/۹، ۳۵/۷، ۴۱/۵، ۳۵/۵ و ۴۱/۵ درصد تعیین شد. با توجه به اینکه ترکیبات توکوفرولی و پلی‌فنلی طی فرایند حرارتی هر دو حالت افزایش و کاهش در آنها مشاهده شد، انتظار چنین رفتاری در تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی فرایند حرارتی وجود داشت.

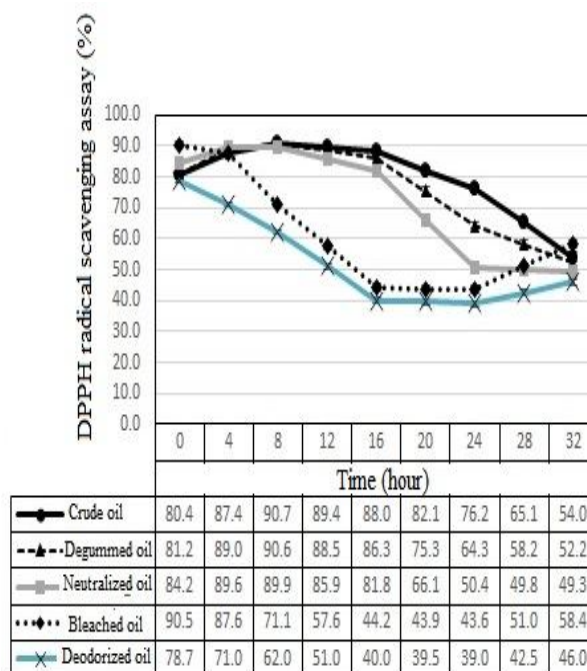


Fig 7 Effect of refining process on the trend of DPPH radical scavenging changes of Bene kernel oil during 32 hours of heating process at 170 °C.

## ۴- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر به بررسی اثر فرایند تصفیه بر پایداری اکسایشی روغن مغز بنه طی ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سانتیگراد پرداخته شد. بررسی ساختار اسیدچربی نشان داد که پس از فرایند حرارتی میزان اسید چرب ترانس بسیار ناچیز بود. بررسی ترکیبات توکوفرولی طی فرایند حرارتی نیز نشان داد که میزان این آنتی‌اکسیدان‌ها در پایان فرایند حرارتی در روغن‌های خام، صمغ‌گیری شده و خنثی‌سازی شده افزایش و در روغن‌های رنگبری شده و بوگیری شده کاهش یافت. علت افزایش توکوفرول‌ها با فرایند باز تولید آنها مربوط بود. همچنین میزان ترکیبات پلی‌فنلی پس از فرایند

- Ferula persica* by Ultrasound waves using various ratios of ethanol-water solvent at different temperatures whit Response Surface Methodology. *Journal of Food Science & Technology*, 16: 291-303.
- [16] Siger, A., Nogala-kalucka, M. & Lampart-Szczapa, E., 2007, The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of Food Lipids*, 15, 137-149.
- [17] Meremäe, K., Roasto, M., Kuusik, S., Ots, M., Henno, M., 2012. Trans fatty acid contents in selected dietary fats in the Estonian market. *Food Science*, 77: 163-168.
- [18] Pan, F., Li, Y., Luo, X., Wang, X., Wang, Ch., Wen, B., Guan, X., Xu, Y., Liu, B., 2020. Effect of the chemical refining process on composition and oxidative stability of evening primrose oil. *Food Processing and Preservation*, 44: 1-10.
- [19] Zhu, M., Wen, X., Zhao, J., Liu, F., Ni, Y., Ma, L., Li, J., 2016. Effect of Industrial Chemical Refining on the Physicochemical Properties and the Bioactive Minor Components of Peanut Oil. *American Oil Chemists' Society*, 93: 285–294.
- [20] Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., Stanga, F., 2001. The effect of bleaching and physical refining on color and minor components of palm oil. *American Oil Chemists' Society*, 78: 1051–1055.
- [21] Gapor, A.B., Top, M.D., Berger, K.G., Hashimoto, T., Kato, A., Tanabe, K., Mamuro, H., Yamaoka, M., 1983. Effects of Processing on the Content and Composition of Tocopherols and Tocotrienols in Palm Oil, in *Palm Oil Product Technology in the Eighties*, edited by E. Peshparajah and M. Rajadurai, I.S.P., Kuala Lumpur, pp. 145–156.
- [22] Ghazani, S.M., García-Llatas, G., Marangoni, A.G., 2013. Minor constituents in canola oil processed by traditional and minimal refining methods. *American Oil Chemists' Society*, 90: 743–756.
- [23] Pérez-Jiménez, J., Torres, J.L., 2011. Analysis of nonextractable phenolic compounds in foods: The current state of the art. *Agricultural and Food Chemistry*, 59: 12713-12724.
- [24] Mirrezaie Roodaki, M.S., Sahari, M.A., Ghiassi Tarzi, B., Barzegar, M., Gharachorloo, M., 2016. Effect of refining and thermal processes on olive Oil properties. *Agricultural Science and Chemists' Society*, 93: 285–294.
- [7] Kreps, F., Vrbikova, L., Schmidt, S. 2014., Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116: 1572–1582.
- [8] Liu, R., Liu, R., Shi, L., Zhang, Z., Zhang, T., Lu, M., Chang, M., Jin, X., Wang, X., 2019. Effect of refining process on physicochemical parameters, chemical compositions and in vitro antioxidant activities of rice bran oil. *LWT - Food Science and Technology*, 109: 26–32.
- [9] Pan, F., Wen, B., Luo, X., Wang, Ch., Wang, X., Guan, X., Xu, Y., Dang, W., Zhang, M., 2020. Influence of refining processes on the bioactive composition, in vitro antioxidant capacity, and their correlation of perilla seed oil. *Food Chemistry*, 85: 1160-1166.
- [10] Wu, Y, Zhou, R., Wang, Z., Wang, B., Yang, Y., Ju, X., He, R., 2019. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212879>
- [11] Ozcan, M.M., Al-Juhaimi, F.Y., Mohamed Ahmed, I.A. Osman, M.A., Gassem, M.A., 2019. Effect of different microwave power setting on quality of Chia seed oil obtained in a cold press. *Food Chemistry*, 728: 190-196.
- [12] Tavakoli, J., Emadi, T., Hashemi, S.M.B., Mousavi Khaneghah, A., Munekata, P.E.S., Lorenzo, J.M., Brnčić, M., Barba, F.J., 2018. Chemical properties and oxidative stability of Arjan (*Amygdalus reuteri*) kernel oil as emerging edible oil. *Food Research International*, 107: 378-384.
- [13] Sfahlan, A. J., Mahmoodzadeh, A., Hasanzadeh, A., Heidari, R., Jamei, R., 2009. Antioxidants and antiradicals in almond hull and shell (*Amygdalus communis* L.) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 115: 529-533.
- [14] Tavakoli, J., Haddad Khodaparast, M.H., 2013. Chemical properties of the oil from *P.khinjuk* fruits growing wild in Iran. *Journal of Chemistry of Natural Compounds*, 49: 803–810.
- [15] Estakhr, P., Tavakoli, J., Beigmohammadi, F., Alaei, Sh., 2019. Optimization of antioxidant activity of

- Dianoczki, C., Recseg, K., Szlyk, E., 2008. Comparison of two Analytical methods for assessing antioxidan capacity of rapeseed and olive oils. *American Oil Chemists' Society*, 85: 141–149.
- [28] Chew, S.C., Tan, C.P., Long, L., Nyam, K.L., 2016. Effect of chemical refining on the quality of kenaf (*hibiscus cannabinus*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 89: 59–65.
- [29] Szydłowska-Czerniak, A., Trokowski, K., Karlovits, G., Szlyk, E., 2011. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. *Food Chemistry*, 129: 1187-1192.
- Technology*, 18: 629-641.
- [25] Tavakoli, J., Haddad Khodaparast, M.H., Esmaeilzadeh Kenari, R., Aminlari, M., Sharif, A., 2013. Introducing Pistacia khinjuk (Kolkhoung) fruit hull oil as a vegetable oil with special chemical composition and unique oxidative stability. *Chemistry of Natural Compounds*, 5:803-810.
- [26] Tavakoli, J., Hamedani, F., Haddad Khodaparast, M.H., (2016). Investigating Chemical Properties and Oxidative Stability of Kernel Oil from *Pistacia khinjuk* Growing Wild in Iran. *American Oil Chemists' Society*, 93: 681–687.
- [27] Szydłowska-Czerniak, A., Karlovits, G.,



## The effect of different stages of chemical refining process on the oxidative stability of Bene kernel oil during intense and long thermal process

Zarei Jelyani, A. <sup>1</sup>, Lashkari, H. <sup>2\*</sup>, Tavakoli, J. <sup>3\*</sup>, Aminlari, M. <sup>4</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Sarvestan Branch, Islamic Azad University, Sarvestan, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Zarin Dasht Branch, Islamic Azad University, Zarin Dasht, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Fars, Iran.
4. Department of Biochemistry, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2021/ 06/ 09  
Accepted 2021/ 08/ 23

#### Keywords:

Bene kernel oil,  
Refining,  
Tocopherols,  
Polyphenols,  
Oxidative stability

**DOI:** 10.52547/fsct.18.119.231

\*Corresponding Author E-Mail:  
hlashkari@gmail.com  
javadtavakoli@jahromu.ac.ir

In the present study, the effect of chemical refining process on the oxidative stability of Bene kernel oil during 32 hours of thermal process at 170 ° C was investigated. Examination of fatty acid structure showed that the amount of trans fatty acid was very small after the thermal process. The trend of changes in tocopherol and polyphenolic compounds during the heating process was different from other studies. The rate of tocopherol changes increased at the end of the thermal process in crude, degummed and neutralized oils and decreased in bleached and deodorized oils. The reason for the increase in tocopherols was related to their regeneration process. Also, the amount of polyphenolic compounds after the thermal process compared to the zero moment was largely in line with tocopherol changes. The reason for the increase in phenolic compounds was related to the breakdown of these compounds and their becoming simpler compounds. Examination of oxidation stability tests (conjugated diene value and p-anisidine value) also showed that crude kernel oil was the most stable sample, followed by degummed, neutralized, deodorized and bleached oils, respectively. The reason that the decolorization step caused the lowest oxidative stability in Bene kernel oil can be attributed to the greatest reduction in the amount of tocopherol compounds in this oil sample compared to the zero moment. Also, the trend of changes in antioxidant activity was largely consistent with changes in antioxidant compounds.