



دانشکده کشاورزی  
گروه علوم و صنایع غذایی

رساله دکتری

اثر روغن مغز پسته وحشی و مواد صابونی ناشونده آن بر پایداری مخلوط کانولا/پالم-  
اولئین/زیتون و اثر نوع روغن و فرایندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب زمینی  
طی فرآیند سرخ کردن عمیق

پروین شرایعی

بهمن ۱۳۸۹

سنة الفجر



رساله دکتری

اثر روغن مغز پسته وحشی و مواد صابونی ناشونده آن بر پایداری مخلوط کانولا/پالم-  
اولئین/زیتون و اثر نوع روغن و فرایندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب زمینی  
طی فرآیند سرخ کردن عمیق

پروین شرایعی

استادان راهنما  
دکتر رضا فرهوش  
دکتر هاشم پورآذرنگ

استاد مشاور  
دکتر محمد حسین حداد خداپرست

بهمن ۱۳۸۹

این پایان نامه با عنوان «اثر روغن مغز پسته وحشی و مواد صابونی ناشونده آن بر پایداری مخلوط کانولا/پالم اولئین/زیتون و اثر نوع روغن و فرآیندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب زمینی طی فرآیند سرخ کردن عمیق» توسط «پروین شرایعی» در تاریخ بیست و پنجم بهمن ماه ۱۳۸۹ با نمره ۲۰ و درجه ارزشیابی عالی حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.

تاریخ دفاع ۱۳۸۹/۱۱/۲۵ نمره و درجه ارزشیابی

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	آقای دکتر رضا فرهوش	دانشیار	استاد راهنما	
۲	آقای دکتر هاشم پورآذرنگ	استاد	استاد راهنما	
۳	آقای دکتر محمد حسین حداد خداپرست	استاد	استاد مشاور	
۴	آقای دکتر علی شریف	استادیار	مدعو	
۵	آقای دکتر مهدی وریدی	استادیار	مدعو	
۶	آقای دکتر علیرضا صادقی ماهونک	استادیار	مدعو	
۷	آقای دکتر مهدی قیافه داوودی	استادیار	مدعو	
۸	خانم دکتر محبت محبی	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

## تعهد نامه

### عنوان پایان نامه:

اثر روغن مغز پسته وحشی و مواد صابونی ناشونده آن بر پایداری مخلوط کانولا/پالم اولئین/زیتون و اثر نوع روغن و فرایندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب زمینی طی فرآیند سرخ کردن عمیق

اینجانب پروین شرایعی دانشجوی دوره دکتری رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی آقایان دکتر رضا فرهوش و دکتر هاشم پورآذرنگ متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تا کنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از این پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت های آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

### تاریخ

### نام و امضاء دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

## چکیده

در گام اول تحقیق حاضر، پایداری اکسایشی روغن کانولا (CAO) تحت تاثیر روغن مغز بنه (BKO، ۰/۰۵ تا ۰/۴ درصد) و ترکیبات صابونی ناشونده آن (UFB، ۱۰۰ پی پی ام) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد با آنتی-اکسیدان قدرتمند سنتزی ترسیوبوتیل هیدروکینون (TBHQ، ۱۰۰ پی پی ام) مقایسه شد. سرعت تخریب نمونه‌های روغن بر حسب اندازه‌گیری میزان تغییر عدد اسیدی، عدد دی‌ان مزدوج، عدد کربونیل، میزان کل ترکیبات قطبی، اجزاء ترکیبات قطبی، توکوفرول تام و رنگ پایش شد. پایداری CAO با ۰/۱ درصد BKO و کمتر از آن افزایش یافت و سطوح بیش از ۰/۱ درصد کمتر تاثیرگذار بودند. کارایی UFB در کنترل واکنش‌های فیزیکوشیمیایی مختلف، مساوی یا حتی در برخی موارد (جلوگیری از تشکیل تری‌گلیسیریدهای دیمری و پلیمری) بهتر از TBHQ بود. در گام دوم تحقیق، پایداری اکسایشی CAO تحت تاثیر اختلاط با روغن‌های پالم اولئین و زیتون بکر (۷۵:۱۵:۱۰) و افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی (۰/۰۵ و ۰/۱ درصد BKO، ۱۰۰ پی پی ام UFB و ۱۰۰ پی پی ام TBHQ) مورد بررسی قرار گرفت. اثر بازدارندگی افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی بر محصولات اکسایشی مخلوط روغن‌ها بیش از محصولات هیدرولیزی بود. بعلاوه، قدرت آنتی‌اکسیدانی UFB در مهار هر دو نوع محصولات اولیه و ثانویه اکسایش لیپیدی، مساوی یا حتی بهتر از TBHQ بود. ترکیبات توکولی، عمده‌ترین اجزاء UFB بودند؛ ضمن آن که مقادیر قابل توجهی دلتا<sup>۵</sup>- و دلتا<sup>۷</sup>- آوناسترول در UFB مشاهده شد. سرانجام، تاثیر تیمارهای قبل از سرخ کردن (بلانچینگ در آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به مدت ۶ دقیقه و سپس فرو بردن در محلول ۱ درصد کربوکسی‌متیل سلولز، بلانچینگ در آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی ۰/۵ درصد کلرید کلسیم به مدت ۶ دقیقه و سپس فرو بردن در محلول ۲ درصد ثعلب و تیمار شاهد) طی فرآیند سرخ کردن در روغن‌های CAO و مخلوط یاد شده حاوی ۰/۱ درصد BKO، ۱۰۰ پی پی ام TBHQ و ۱۰۰ پی پی ام UFB بر میزان دفع رطوبت و جذب روغن خلالهای سیب‌زمینی مطالعه شد. افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی و پیش تیمارها توانستند دفع رطوبت و جذب روغن را کاهش دهند؛ ضمن آن که کارایی BKO و UFB معادل کارایی TBHQ بود. کربوکسی‌متیل سلولز نسبت به ورود روغن و خروج رطوبت از ثعلب کارا تر بود.

**کلید واژه ها:** روغن مغز بنه، مواد صابونی ناشونده، قدرت آنتی‌اکسیدانی، سرخ کردن، ساختار شیمیایی، جذب روغن، کربوکسی

متیل سلولز، ثعلب

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول - مقدمه

مقدمه ..... ۱

### فصل دوم - بررسی منابع

۱-۲. دانه‌های روغنی ..... ۵

۲-۲. طبقه بندی گیاهی پسته ..... ۶

۱-۲-۲. بنبه ..... ۷

۱-۱-۲-۲. موتیکا ..... ۸

۲-۱-۲-۲. کردیکا ..... ۸

۳-۱-۲-۲. کابولیکا ..... ۸

۴-۱-۲-۲. دسف ..... ۹

۲-۲-۲. خنجوک ..... ۹

۳-۲. روغن مغز بنبه ..... ۱۰

۴-۲. روغن کانولا ..... ۱۰

۱-۴-۲. ساختار اسید چرب ..... ۱۱

۲-۴-۲. لیپیدهای قطبی ..... ۱۲

۳-۴-۲. ترکیبات صابونی ناشونده ..... ۱۳

۱-۳-۴-۲. توکوفرولها و استرولها ..... ۱۳

- ۱۳..... ۲-۳-۴-۲. رنگدانه ها
- ۱۴..... ۴-۴-۲. عناصر کمیاب
- ۱۵..... ۵-۲. روغن زیتون
- ۱۶..... ۶-۲. روغن پالم اولئین
- ۱۶..... ۷-۲. سرخ کردن عمیق
- ۱۸..... ۱-۷-۲. ویژگیهای روغنهای سرخ کردنی
- ۲۰..... ۲-۷-۲. تغییرات فیزیکی و شیمیایی روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق
- ۲۰..... ۱-۲-۷-۲. تغییرات فیزیکی
- ۲۱..... - کف
- ۲۱..... - رنگ
- ۲۲..... -گرانروی
- ۲۲..... - نقطه دود
- ۲۳..... ۲-۲-۷-۲. تغییرات شیمیایی
- ۲۳..... - هیدرولیز روغن
- ۲۴..... - اکسایش
- ۲۶..... - پلیمری شدن
- ۲۹..... ۳-۷-۲. عوامل موثر بر کیفیت روغن حین سرخ کردن عمیق
- ۲۹..... - زمان و درجه حرارت سرخ کردن
- ۲۹..... - کیفیت روغن سرخ کردنی
- ۳۰..... - آنتی اکسیدانها
- ۳۲..... ۴-۷-۲. ارزیابی روغنهای سرخ کردنی
- ۳۲..... ۱-۴-۷-۲. عدد پراکسید



- ۲-۷-۴-۲. اسیدهای دی ان مزدوج..... ۳۳.
- ۲-۷-۴-۳. عدد کربونیل ..... ۳۳.
- ۲-۷-۴-۴. ترکیبات قطبی..... ۳۴.
- ۲-۸-۱. جذب روغن..... ۳۴.
- ۲-۸-۱. مکانیسم جذب روغن..... ۳۵.
- فرآیند انتقال رطوبت ..... ۳۵.
- اثر مرحله سرد کردن ..... ۳۶.
- نظریه ترکیبات فعال سطحی ..... ۳۶.
- ۲-۸-۲. عوامل موثر بر میزان جذب روغن..... ۳۷.
- کیفیت روغن سرخ کردنی ..... ۳۷.
- شرایط فرآیند..... ۳۷.
- روش سرخ کردن ..... ۳۸.
- ویژگیهای فیزیکی شیمیایی ماده غذایی ..... ۳۹.
- پیش تیمارهای قبل از سرخ کردن ..... ۴۰.
- ۲-۸-۳. سینتیک افت رطوبت ..... ۴۲.
- ۲-۸-۴. سینتیک جذب روغن ..... ۴۴.

#### فصل سوم- مواد و روشها

- ۳-۱. مواد اولیه ..... ۴۵.
- ۳-۲. استخراج روغن ..... ۴۶.
- ۳-۳. استخراج مواد صابونی ناشونده..... ۴۶.
- ۳-۴. آماده سازی مخلوط روغنها ..... ۴۶.

- ۴۷..... ۵-۳. فرآیند سرخ کردن
- ۴۷..... ۶-۳. فرآیند جذب روغن
- ۴۸..... ۷-۳. میزان رطوبت خلالهای سیب زمینی
- ۴۸..... ۸-۳. میزان روغن خلالهای سیب زمینی
- ۴۹..... ۹-۳. ساختار اسید چربی
- ۴۹..... ۱۰-۳. شاخص پایداری اکسایشی
- ۴۹..... ۱۱-۳. اندازه گیری ترکیبات توکوفرولی
- ۴۹..... ۱-۱۱-۳. ترسیم منحنی کالیبراسیون
- ۵۰..... ۲-۱۱-۳. اندازه گیری ترکیبات توکوفرولی نمونه
- ۵۱..... ۱۲-۳. اندازه گیری ترکیبات فنلی
- ۵۱..... ۱-۱۲-۳. ترسیم منحنی کالیبراسیون
- ۵۲..... ۲-۱۲-۳. اندازه گیری ترکیبات فنلی نمونه
- ۵۳..... ۱۳-۳. اندازه گیری عدد پراکسید
- ۵۳..... ۱-۱۳-۳. ترسیم منحنی کالیبراسیون
- ۵۴..... ۲-۱۳-۳. تهیه محلول استاندارد آهن III
- ۵۴..... ۳-۱۳-۳. تهیه محلول تیوسیونات آمونیوم
- ۵۵..... ۴-۱۳-۳. تهیه محلول آهن II
- ۵۵..... ۵-۱۳-۳. اندازه گیری عدد پراکسید نمونه روغن
- ۵۵..... ۱۴-۳. عدد اسیدی
- ۵۶..... ۱۵-۳. اندازه گیری ترکیبات قطبی کل (TPC)
- ۵۶..... ۱-۱۵-۳. آماده سازی سیلیکاژل
- ۵۶..... ۲-۱۵-۳. پر کردن ستون کروماتوگرافی

- ۳-۱۵-۳. تهیه و آماده سازی نمونه و حلال جداسازی..... ۵۶
- ۳-۱۵-۲-۳. عملیات کروماتوگرافی و محاسبه درصد ترکیبات قطبی کل ..... ۵۷
- ۳-۱۶. ساختار ترکیبات قطبی ..... ۵۷
- ۳-۱۷. اندازه گیری عدد دی ان مزدوج (CDV)..... ۵۸
- ۳-۱۸. اندازه گیری عدد کربونیل ..... ۵۸
- ۳-۱۸-۱. خالص سازی حلال ..... ۵۸
- ۳-۱۸-۲. محاسبه میزان ترکیبات کربونیل کل تحت عنوان عدد کربونیل (CV) ..... ۵۸
- ۳-۱۹. جداسازی اجزاء مواد صابونی ناشونده با روش کروماتوگرافی لایه نازک ..... ۵۹
- ۳-۲۰. اندازه گیری اجزاء توکوفرولی ..... ۶۰
- ۳-۲۱. اندازه گیری میزان استرول‌های خاص و استرول تام ..... ۶۱
- ۳-۲۱-۱. آماده سازی ستون آلومینا ..... ۶۱
- ۳-۲۱-۲. استخراج مواد صابونی ناشونده ..... ۶۱
- ۳-۲۱-۳. کروماتوگرافی لایه نازک ..... ۶۲
- ۳-۲۱-۴. جداسازی استرول‌ها ..... ۶۲
- ۳-۲۱-۵. آماده سازی استرول تری متیل سیلیل اتر ..... ۶۳
- ۳-۲۱-۶. کروماتوگرافی گازی ..... ۶۳
- ۳-۲۱-۷. بیان کمی نتایج ..... ۶۳
- ۳-۲۲. اندازه گیری رنگ روغن ..... ۶۴
- ۳-۲۳. تجزیه و تحلیل آماری ..... ۶۴

## فصل چهارم - نتایج و بحث

- ۴-۱. بررسی کارآیی سرخ کردن روغن کانولا در حضور روغن مغز بنه و مواد صابونی ناشونده آن در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی ترسیو بوتیل هیدروکینون ..... ۶۵.
- ۴-۱-۱. ساختار اسید چربی و کیفیت اولیه نمونه های روغن ..... ۶۵.
- ۴-۱-۲. پایداری مخلوط روغنهای طی فرآیند سرخ کردن ..... ۶۸.
- ۴-۱-۲-۱. عدد دی ان مزدوج ..... ۶۸.
- ۴-۱-۲-۲. عدد کربونیل ..... ۷۰.
- ۴-۱-۲-۳. عدد اسیدی ..... ۷۲.
- ۴-۱-۲-۴. مقدار کل ترکیبات قطبی ..... ۷۴.
- ۴-۱-۲-۵. ساختار ترکیبات قطبی ..... ۷۶.
- ۴-۱-۲-۶. باقیمانده ترکیبات توکوفرولی ..... ۸۵.
- ۴-۱-۲-۷. رنگ ..... ۸۷.
- ۴-۱-۳. نتیجه گیری ..... ۹۳.
- ۴-۲. بررسی اجزا مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه ..... ۹۵.
- ۴-۲-۱. بررسی ساختار شیمیایی ..... ۹۵.
- ۴-۲-۲. نتیجه گیری ..... ۹۹.
- ۴-۳. بررسی کارآیی سرخ کردن مخلوط روغن کانولا با روغنهای پالم اولئین و زیتون بکر در حضور روغن مغز بنه و مواد صابونی ناشونده آن در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی ترسیو بوتیل هیدروکینون ..... ۱۰۰.
- ۴-۳-۱. شاخصهای کیفی روغنهای اولیه ..... ۱۰۰.
- ۴-۳-۲. پایداری مخلوط روغنهای طی فرآیند سرخ کردن ..... ۱۰۲.
- ۴-۳-۲-۱. عدد دی ان مزدوج ..... ۱۰۲.
- ۴-۳-۲-۲. عدد کربونیل ..... ۱۰۴.

- ۱۰۴ ..... عدد اسیدی ۳-۲-۳-۴
- ۱۰۷ ..... مقدار کل ترکیبات قطبی ۴-۲-۳-۴
- ۱۰۷ ..... ساختار ترکیبات قطبی ۵-۲-۳-۴
- ۱۱۶ ..... باقیمانده ترکیبات توکوفرولی ۵-۲-۳-۴
- ۱۱۸ ..... نتیجه گیری ۳-۳-۳-۴
- ۴-۴ بررسی میزان جذب روغن خلال سیب زمینی در روغن کانولا و مخلوط کانولا/پالم اولئین/زیتون در حضور روغن مغز بنه و مواد صابونی ناشونده آن نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی ترسیو بوتیل هیدروکینون ۱۱۹
- ۱۱۹ ..... میزان رطوبت ۱-۴-۴
- ۱۲۴ ..... میزان جذب روغن ۲-۴-۴
- ۱۳۰ ..... نتیجه گیری ۳-۴-۴

#### فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱۳۱ ..... نتیجه گیری ۱-۵
- ۱۳۲ ..... پیشنهادات ۲-۵

#### فصل ششم - منابع

- ۱۳۵.....منابع
- ۱۵۰ ..... پیوست

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲. پراکندگی پسته‌های موجود در ایران.....	۷
شکل ۲-۲. واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی روغن طی فرآیند سرخ کردن .....	۲۲
شکل ۳-۲. مراحل آغازین، انتشار و پایانی اکسایش حرارتی روغن‌ها و چربی‌های خوراکی .....	۲۴
شکل ۴-۲. واکنش پلیمری شدن در روغن‌های سرخ کردنی (پلیمرهای غیرحلقوی با اتصالات - کربن- کربن- ) .....	۲۶
شکل ۵-۲. واکنش پلیمری شدن در روغن‌های سرخ کردنی ( پلیمرهای غیرحلقوی با اتصالات- کربن- اکسیژن - کربن- و - کربن- اکسیژن- اکسیژن- کربن- ) .....	۲۷
شکل ۶-۲. واکنش پلیمری شدن در روغن‌های سرخ کردنی ( پلیمرهای حلقوی بر طبق مکانیسم دیلز- آلدِر ) .....	۲۸
شکل ۱-۳. منحنی کالیبراسیون میزان آلفا- توکوفرول در برابر جذب خوانده شده در طول موج ۵۲۰ نانومتر .....	۵۰
شکل ۲-۳. منحنی کالیبراسیون غلظت ترکیبات پلی فنلی در برابر جذب خوانده شده در طول موج ۷۶۵ نانومتر .....	۵۲
شکل ۳-۳. منحنی کالیبراسیون غلظت آهن III در برابر جذب خوانده شده در ۵۰۰ نانومتر .....	۵۴
شکل ۱-۴. زمان لازم برای رسیدن مقدار ترکیبات قطبی به عدد ۲۴ درصد ( $t_{24}$ ) در خصوص روغن کانولا و روغن کانولای حاوی درصد‌های مختلف روغن مغز بنه (۰/۰۵ تا ۰/۴ درصد)، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام) و مواد صابونی‌ناشونده (۱۰۰ پی‌پی‌ام) .....	۷۷
شکل ۲-۴. ساختار ترکیبات قطبی نمونه‌های از روغن‌های آزمایش شده به روش کروماتوگرافی غریبال ملکولی با کارایی بالا (HPSEC) .....	۷۸
شکل ۳-۴. تغییر میزان تری آسیل‌گلیسرول‌های پلیمری (TGP) روغن کانولا و مخلوط‌های آن با ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد روغن مغز بنه ، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی ترسیو بوتیل هیدروکینون (TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد .....	۷۹

شکل ۴-۴. تغییر میزان تری‌آسیل‌گلیسرول‌های دیمیری (TGD) روغن کانولا و مخلوط‌های آن با ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد روغن مغز بانه، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بانه (UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۸۰

شکل ۵-۴. تغییر میزان تری‌آسیل‌گلیسرول‌های اکسیده (oxTGM) ..... ۸۱

شکل ۶-۴. تغییر میزان دی‌آسیل‌گلیسرول‌های (DG) روغن کانولا و مخلوط‌های آن با ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد روغن مغز بانه، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بانه (UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۸۲

شکل ۷-۴. تغییر میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA) روغن کانولا و مخلوط‌های آن با ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد روغن مغز بانه، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بانه (UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۸۳

شکل ۸-۴. تغییر مجموع تری‌آسیل‌گلیسرول‌های پلیمری (TGP) و اکسیده (oxTGM) روغن کانولا و مخلوط‌های آن با ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد روغن مغز بانه، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (TBHQ) و ۱۰۰ پی‌پی‌ام مواد صابونی-ناشونده روغن مغز بانه (UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۸۳

شکل ۹-۴. کروماتوگرافی لایه نازک مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بانه ..... ۹۶

شکل ۱۰-۴. میزان توکوفرول‌ها و استرول‌های روغن مغز بانه ..... ۹۷

شکل ۱۱-۴. زمان لازم برای رسیدن به ۱۰ درصد TGDP (مجموع تری‌گلیسیریدهای پلیمری، TGP، و تری‌گلیسیریدهای دیمیری، TGD) در خصوص روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم‌اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بانه (BKO)، ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بانه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/پالم‌اولئین/زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۱۱۷

شکل ۱۲-۴. باقیمانده ترکیبات توکوفرولی (درصد) روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم‌اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بانه (BKO)، ترسیوبوتیل‌هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بانه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/پالم‌اولئین/زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۱۱۷

شکل ۴-۱۳. میزان رطوبت (گرم بر گرم ماده خشک) خالهای سیبزمینی شاهد، بلانچ شده با آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی کلرید کلسیم ۰/۵ درصد به مدت ۶ دقیقه و سپس پوشش داده شده با محلول ۲ درصد صمغ ثعلب و بلانچ شده با آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی کلرید کلسیم ۰/۵ درصد به مدت ۶ دقیقه و سپس پوشش داده شده با محلول ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل- سلولز طی فرآیند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷ دقیقه در روغن کانولا ..... ۱۲۰

شکل ۴-۱۴. میزان روغن (گرم بر گرم ماده خشک) خالهای سیب زمینی شاهد، بلانچ شده با آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی کلرید کلسیم ۰/۵ درصد به مدت ۶ دقیقه و سپس پوشش داده شده با محلول ۲ درصد صمغ ثعلب و بلانچ شده با آب ۸۵ درجه سانتیگراد حاوی کلرید کلسیم ۰/۵ درصد به مدت ۶ دقیقه و سپس پوشش داده شده با محلول ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل- سلولز طی فرآیند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷ دقیقه در روغن کانولا ..... ۱۲۵



## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲. خواص فیزیکوشیمیایی روغن مغز بنه.....	۱۱.....
جدول ۲-۲. دسمتیل استرولها و توکوفرولهای روغن کانولا.....	۱۴.....
جدول ۳-۲. دسمتیل استرولها و توکوفرولهای روغن پالم.....	۱۷.....
جدول ۴-۲. انواع شورتینگ و روغن سرخ کردنی.....	۱۹.....
جدول ۵-۲. ویژگیهای روغنهای سرخ کردنی تصفیه شده.....	۲۰.....
جدول ۶-۲. استاندارد روغنهای سرخ کردنی تولیدی در ایران.....	۲۰.....
جدول ۱-۴. ساختار اسید چربی و برخی ویژگیهای روغنهای کانولا و مغز بنه.....	۶۷.....
جدول ۲-۴. عدد دی‌ان مزدوج (میلی‌مول بر لیتر) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد.....	۶۹.....
جدول ۳-۴. نتایج محاسبه شده از معادله خطی برازش یافته بر تغییرات عدد دی‌ان مزدوج طی ۴۸ ساعت سرخ کردن روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد.....	۷۰.....
جدول ۴-۴. عدد کربونیل (میکرومول بر گرم) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد.....	۷۱.....

جدول ۴-۵. عدد اسیدی (میلی گرم بر گرم) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۷۳

جدول ۴-۶. مقدار کل ترکیبات قطبی (درصد) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۷۵

جدول ۴-۷. نتایج محاسبه شده از معادله نمایی برازش یافته بر تغییرات اجزاء ترکیبات قطبی (میلی گرم بر گرم) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۸۴

جدول ۴-۸. مقدار کل ترکیبات توکوفرولی (میلی گرم بر کیلو گرم) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۸۶

جدول ۴-۹. مولفه رنگی L (روشنی) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۸۹

جدول ۴-۱۰. مولفه رنگی a (قرمزی) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۹۰

جدول ۴-۱۱. مولفه رنگی b (زردی) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۹۱

جدول ۴-۱۲. شاخص تفاوت کلی رنگ (TCD) روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیوبوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۹۲

جدول ۴-۱۳. نتایج محاسبه شده از معادله خطی برازش یافته بر تغییرات شاخص تفاوت کلی رنگ طی ۴۸ ساعت سرخ کردن روغن کانولا تحت تاثیر روغن مغز بنه، ترسیو بوتیل هیدروکینون و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۹۴

جدول ۴-۱۴. میزان اجزاء مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه..... ۹۸

جدول ۴-۱۵. ساختار اسید چربی و برخی ویژگیهای شیمیایی روغنهای کانولا، زیتون بکر و پالم اولئین و مخلوط تهیه شده از آنها ..... ۱۰۱

جدول ۴-۱۶. عدد دیان مزدوج (میلی مول بر لیتر) روغن کانولا و مخلوط آن با روغنهای پالم اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام) - پی پی ام، (UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد ..... ۱۰۳

جدول ۴-۱۷. عدد کربونیل (میکرومول بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغنهای پالم اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۰۵

جدول ۴-۱۸. عدد اسیدی (میلی گرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغنهای پالم اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۰۶

جدول ۴-۱۹. تغییرات ترکیبات قطبی کل (درصد) روغن کانولا و مخلوط آن با روغنهای پالم اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۰۹

جدول ۴-۲۰. تغییر میزان تری آسید گلیسرولهای پلیمری (TGP، میلیگرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغنهای پالم اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی پی ام، TBHQ) و مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی پی ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۱۰

جدول ۴-۲۱. تغییر میزان تری‌آسیل‌گلیسرول‌های دیمری (TGD، میلی‌گرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم-اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم‌اولئین/زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۱۱

جدول ۴-۲۲. تغییر میزان تری‌آسیل‌گلیسرول‌های اکسیده (oxTGM، میلی‌گرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم‌اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم‌اولئین/ زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۱۳

جدول ۴-۲۳. تغییر میزان دی‌گلیسرول‌های (DG، میلی‌گرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم‌اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم‌اولئین/زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۱۴

جدول ۴-۲۴. تغییر اسیدهای چرب آزاد (FFA، میلی‌گرم بر گرم) روغن کانولا و مخلوط آن با روغن‌های پالم‌اولئین و زیتون و تاثیر روغن مغز بنه (BKO)، ترسیو بوتیل هیدروکینون (۱۰۰ پی‌پی‌ام، TBHQ) و مواد صابونی‌ناشونده روغن مغز بنه (۱۰۰ پی‌پی‌ام، UFB) بر مخلوط کانولا/ پالم اولئین/زیتون طی ۴۸ ساعت سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۱۵

جدول ۴-۲۵. میزان رطوبت نهایی خلال‌های سیب زمینی تیمار شده با روش‌های مختلف و سرخ شده در روغن‌های مختلف طی ۷ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۲۱

جدول ۴-۲۶. میزان ضرایب انتشار رطوبت (K، بر ثانیه) و نفوذ موثر رطوبت ( $D_{eff}$  متر مربع بر ثانیه) خلال‌های سیب زمینی تیمار شده با روش‌های مختلف و سرخ شده در روغن‌های مختلف طی ۷ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۲۳

جدول ۴-۲۷. میزان جذب روغن نهایی خلال‌های سیب زمینی تیمار شده با روش‌های مختلف و سرخ شده در روغن‌های مختلف طی ۷ دقیقه سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد..... ۱۲۷