

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان
دانشکده صنایع غذایی

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی
(گرایش شیمی مواد غذایی)

بررسی پایداری حرارتی روغن سویا مخلوط شده با روغن‌های پالم اولئین و ذرت

پژوهش و نگارش:

محمد رضا تورانی گلوسالار

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا صادقی ماهونک

دکتر امان محمد ضیائی فر

اساتید مشاور:

دکتر محمد قربانی

مهندس فرحناز ثابت

زمستان ۱۳۹۰

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب محمدرضا تورانی گلوسالار دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

مشکروقدروانی

لطفا اسم اساتیدتون رو بنویسید....

چکیده

فرآیند سرخ کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های شناخته شده برای آماده سازی غذاها به شمار می‌رود در فرآیند سرخ کردن، از روغن‌ها و چربی‌ها به عنوان محیط انتقال حرارت استفاده می‌شود. یک روغن سرخ کردنی مناسب بایستی دارای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی کمتری باشد زیرا این اسیدهای چرب در دماهای بسیار بالا واکنش‌پذیر و ناپایدار هستند روش‌های گوناگونی جهت اصلاح پایداری حرارتی روغن‌های با درجه غیر اشباعیت زیاد مورد استفاده قرار گرفته است که از این جمله می‌توان به اختلاط روغن‌های چند غیر اشباع با انواع اشباع‌تر یا تک غیر اشباع، اشاره کرد. هدف از این پژوهش بررسی پایداری حرارتی و اکسیداتیو روغن‌های سویا، پالم اولئین و ذرت و همچنین مخلوط آن‌ها به ترتیب مخلوط ۱ با نسبت‌های ۵۰، ۳۵ و ۱۵ و مخلوط ۲ با نسبت‌های ۳۵، ۵۵ و ۱۰ جهت ارتقای پایداری حرارتی روغن سویا بود. در نهایت نتایج با یک روغن مخصوص سرخ کردن موجود در بازار مقایسه گردید. تمامی روغن‌ها در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد و طی ۸ ساعت به صورت مداوم حرارت دهی شدند. نمونه‌برداری در دماهای ۲۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد برای بازه زمانی ($t=0$) و همچنین در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد در زمان‌های ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ ساعت انجام گرفت. آزمون‌های تعیین ساختار اسید چرب، زمان پایداری اکسیداتیو، عدد آنیزیدین، عدد دی‌ان‌مزدوج، عدد پراکسید و اندیس توتوکس بر روی روغن‌های مورد بحث انجام گرفت. نتایج آزمون‌ها نشان داد که مخلوط دوم با ۳۱/۸۱ درصد اسیدچرب اشباع و ۶۸/۱۹ درصد اسید چرب غیر اشباع و زمان پایداری اکسیداتیو ۵/۵۴ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد نسبت به روغن‌های سویا، ذرت و مخلوط ۱ از پایداری حرارتی مناسب‌تری برخوردار بود، اما در مقایسه با روغن پالم اولئین از پایداری کمتری برخوردار است. زمان پایداری اکسیداتیو روغن مخصوص سرخ کردن موجود در بازار ۵/۷۹ ساعت با ۳۸/۷۵ درصد اسید چرب اشباع و ۶۱/۲۵ درصد اسیدچرب غیر اشباع بود که تقریباً پایداری مشابهی با مخلوط ۲ داشت. همچنین برای مخلوط ۲ تا قبل از مرحله تجزیه شدن پراکسیدها، ضریب همبستگی بین اندیس آنیزیدین و اندیس پراکسید، ۰/۹۷۷ بود ($p < 0/05$).

واژه‌های کلیدی: روغن سویا، سرخ کردن، پایداری حرارتی، اختلاط، روغن پالم اولئین، روغن ذرت

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول مقدمه

- ۱-۱ اهمیت چربی ها و روغن های خوراکی
- ۲-۱ منابع، مصارف و ساختمان روغن ها و چربی ها
- ۱-۲-۱ دانه های روغنی
- ۱-۲-۱-۱ روغن سویا
- ۲-۱-۲-۱ روغن پالم اولئین
- ۳-۱-۲-۱ روغن ذرت
- ۲-۲-۱ ساختمان روغن ها و چربی ها
- ۱-۲-۲-۱ تری گلیسریدها
- ۲-۲-۲-۱ اسیدهای چرب
- ۳-۱ سرخ کردن عمیق
- ۴-۱ واکنش های اکسیداسیونی و مکانیسم آن
- ۱-۴-۱ عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی ها
- ۵-۱ روش های پایدار سازی روغن ها
- ۶-۱ مشکلات تغذیه ای ناشی از مصرف ترکیبات حاصل از واکنش های اکسیداسیونی روغن ها
- ۷-۱ دلایل، فرضیات و اهداف پروژه

فصل دوم: بررسی منابع

- ۱-۲ ویژگی های روغن های سرخ کردنی
- ۲-۲ تغییرات شیمیایی روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق
- ۱-۲-۲ هیدرولیز روغن
- ۲-۲-۲ اکسایش
- ۳-۲ عوامل مؤثر بر کیفیت روغن حین سرخ کردن عمیق
- ۱-۳-۲ روش سرخ کردن
- ۲-۳-۲ زمان و درجه حرارت سرخ کردن

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

.....	۳-۳-۲ کیفیت روغن سرخ‌کردنی
.....	۴-۲ ارزیابی روغن‌های سرخ‌کردنی
.....	۱-۴-۲ عدد پراکسید
.....	۲-۴-۲ اسیدهای دی‌ان مزدوج
.....	۳-۴-۲ ترکیبات قطبی
.....	۴-۴-۲ اندیس آنیزیدین
.....	۵-۲ عوامل مؤثر بر میزان جذب روغن
.....	۶-۲ بررسی چندین پژوهش انجام گرفته بر اختلاط روغن‌ها

فصل سوم: مواد و روش‌ها

.....	۱-۳ مواد و تجهیزات مورد استفاده
.....	۱-۱-۳ روغن‌ها
.....	۲-۱-۳ مواد شیمیایی
.....	۳-۱-۳ تجهیزات آزمایشگاهی
.....	۲-۳ مکان و زمان انجام پروژه
.....	۳-۳ مراحل انجام تحقیق
.....	۱-۳-۳ آماده‌سازی مخلوط روغن‌ها
.....	۲-۳-۳ فرآیند سرخ‌کردن
.....	۳-۳-۳ نمونه‌برداری
.....	۴-۳-۳ آزمون‌های مورد استفاده
.....	۱-۴-۳-۳ تعیین توزیع فراوانی اسیدهای چرب روغن‌ها
.....	۲-۴-۳-۳ تعیین زمان پایداری اکسیداتیو
.....	۳-۴-۳-۳ اندازه‌گیری عدد دی‌ان مزدوج
.....	۴-۴-۳-۳ محاسبه مقدار پارا-آنیزیدین
.....	۵-۴-۳-۳ اندازه‌گیری مقدار پراکسید

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

..... ۳-۳-۴-۶ محاسبه اندیس توتوکس

..... ۳-۳-۵ تجزیه و تحلیل آماری

فصل چهارم: نتایج و بحث

..... ۴-۱ شناسایی و تعیین توزیع فراوانی اسیدهای چرب سازنده روغن‌ها

..... ۴-۲ زمان پایداری اکسیداتیو روغن‌ها

..... ۴-۳ اندازه‌گیری مقدار دی‌ان مزدوج

..... ۴-۴ اندیس آنزیدین

..... ۴-۵ اندازه‌گیری مقدار پراکسید

..... ۴-۶ تعیین ارتباط بین اندیس پراکسید و آنزیدین

..... ۴-۶-۱ روغن پالم اولئین

..... ۴-۶-۲ روغن مخلوط ۲

..... ۴-۶-۳ روغن سرخ‌کردنی

..... ۴-۶-۴ روغن ذرت

..... ۴-۶-۵ روغن مخلوط ۱

..... ۴-۶-۶ روغن سویا

..... ۴-۷ محاسبه اندیس توتوکس و مقایسه این اندیس برای روغن‌های مختلف

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

..... ۵-۱ نتیجه‌گیری کلی

..... ۵-۲ پیشنهادات

..... ۵-۲-۱ پیشنهادات پژوهشی

..... ۵-۲-۲ پیشنهادات اجرایی

..... منابع

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲ تصویر ساختمان شیمیایی پارا-آنیزیدین
- شکل ۱-۴ منحنی آزمون رنسیمات مربوط به روغن ذرت قبل از فرایند حرارت دهی
- شکل ۲-۴ منحنی آزمون رنسیمات مربوط به مخلوط ۱ قبل از فرایند حرارت دهی
- شکل ۳-۴ زمان پایداری اکسیداتیو روغن‌های مختلف در دمای 180°C
- شکل ۴-۴ تغییرات دیان مزدوج در طی روند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۵-۴ تغییرات دیان مزدوج در طی افزایش دما در فرآیند سرخ کردن
- شکل ۶-۴ تغییرات اندیس آنیزیدین در طی روند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۷-۴ تغییرات اندیس آنیزیدین در طی روند سرخ کردن بر حسب افزایش دما
- شکل ۸-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن پالم اولئین در طی فرآیند سرخ کردن در دمای 180°C ..
- شکل ۹-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن مخلوط ۲ در طی فرآیند سرخ کردن دمای 180°C
- شکل ۱۰-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن سرخ‌کردنی در طی فرآیند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۱۱-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن ذرت در طی فرآیند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۱۲-۴ بهترین خط نشان‌دهنده ارتباط بین دو اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن ذرت
- شکل ۱۳-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن مخلوط ۱ در طی فرآیند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۱۴-۴ تغییرات اندیس پراکسید و آنیزیدین روغن سویا در طی فرآیند سرخ کردن در دمای 180°C
- شکل ۱۵-۴ مقدار اندیس توتوکس برای روغن‌های مختلف در دمای 180°C

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱	تولید جهانی گیاهان روغنی طی سال‌های اخیر.....
جدول ۱-۲	تولید جهانی انواع روغن‌های نباتی.....
جدول ۱-۲	انواع شورتنینگ و روغن سرخ‌کردنی.....
جدول ۲-۲	ویژگی‌های روغن‌های سرخ‌کردنی تصفیه شده.....
جدول ۳-۲	استاندارد روغن‌های سرخ‌کردنی تولیدی در ایران.....
جدول ۱-۳	مواد شیمیایی مورد استفاده.....
جدول ۱-۴	شناسایی و تعیین توزیع فراوانی اسیدهای چرب سازنده روغن‌های مختلف.....
جدول ۲-۴	زمان پایداری اکسیداتیو در دماهای مختلف (درجه سانتیگراد) بر حسب ساعت.....
جدول ۳-۴	مقدار اندیس پراکسید برای روغن‌های مختلف بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن برکیلوگرم.....

فصل اول

مقدمه و کلیات

فصل اول مقدمه

امروزه دانه‌های روغنی مهمترین منابع روغن‌های خوراکی هستند و از جایگاه خاصی در کشاورزی برخوردار می‌باشند. اراضی وسیعی در سراسر جهان به کشت این محصولات با ارزش اختصاص دارد و پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (مددنعی، ۱۳۷۱؛ مالک، ۱۳۷۹). این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غنی از اسیدهای چرب، حاوی منابع غنی از پروتئین گیاهی بوده و کنجاله آنها در تغذیه دام و طیور، به عنوان یک مکمل پروتئینی از اهمیت خاصی برخوردار است (صفا، ۱۳۸۲a؛ شریعتی و قاضی شهینی زاده، ۱۳۷۹). تولید جهانی دانه‌های روغنی در سال‌های اخیر رشدی بسیار قابل توجه و چشم‌گیر داشته است. طبق آمار فائو^۱، از کل چربی‌ها و روغن‌های تولید شده در جهان دو سوم آن از دانه‌های روغنی استخراج می‌شود. از میان گیاهان روغنی، چهار گیاه روغنی سویا، کلزا، پنبه‌دانه و آفتابگردان دارای بیشترین میزان تولید روغن در سال‌های اخیر (جدول ۱-۱ و ۱-۲)، بوده‌اند (فائو، ۲۰۰۷).

با توجه به اهمیت دانه‌های روغنی در تجارت جهانی، تولید روز افزون داخلی و کاهش واردات دانه‌های روغنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا توجه به کشت دانه‌های روغنی و فرآوری آنها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

جدول ۱-۱ تولید جهانی گیاهان روغنی طی سال‌های اخیر (میلیون تن)

دانه‌های روغنی	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷
نارگیل	۵/۳۸	۵/۵۹	۵/۵۰	۵/۲۸	۵/۳۷
پنبه دانه	۳۵/۷۷	۴۵/۳۶	۴۳/۱۷	۴۴/۷۰	۴۳/۹۰
هسته پالم	۸/۴۳	۹/۵۱	۹/۹۸	۱۰/۲۷	۱۰/۹۵
بادام زمینی	۳۲/۷۹	۳۳/۵۶	۳۳/۰۳	۳۲/۳۶	۳۲/۴۲
کلزا	۳۹/۴۳	۴۶/۱۶	۴۶/۷۳	۴۸/۲۳	۴۹/۶۵
سویا	۱۸۶/۵۳	۲۱۵/۷۲	۲۲۰/۵۶	۲۳۶/۰۸	۲۲۱/۶۲
آفتابگردان	۲۶/۸۹	۲۵/۴۲	۳۰/۱۰	۳۰/۰۹	۲۷/۴۴
جمع	۳۳۵/۲۲	۳۸۱/۳۱	۳۹۱/۰۷	۴۰۷/۰۰	۳۹۱/۳۴

منبع: FAO, FAOSTAT

جدول ۱-۲ تولید جهانی انواع روغن های نباتی (میلیون تن)

۲۰۰۷	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	روغن نباتی
۳/۳۲	۳/۲۵	۳/۴۰	۳/۴۴	۳/۲۹	نارگیل
۴/۸۴	۴/۸۶	۴/۶۵	۴/۷۶	۳/۸۵	پنبه دانه
۳/۰۲	۲/۹۹	۲/۵۹	۲/۹۷	۳/۰۶	زیتون
۳۹/۰۰	۳۶/۳۸	۳۵/۸۱	۳۳/۸۸	۲۹/۵۹	پالم
۴/۷۹	۴/۴۸	۴/۳۸	۴/۱۳	۳/۶۷	هسته پالم
۴/۸۹	۴/۸۸	۴/۹۷	۵/۰۹	۵/۰۷	بادام زمینی
۱۸/۵۴	۱۷/۷۶	۱۷/۱۴	۱۵/۷۶	۱۴/۱۷	کلزا
۳۷/۴۴	۳۵/۷۳	۳۴/۴۸	۳۲/۵۱	۳۰/۰۶	سویا
۱۰/۰۱	۱۰/۸۶	۱۰/۴۲	۹/۰۴	۹/۱۷	آفتابگردان
۱۲۵/۸۲	۱۲۱/۱۹	۱۱۷/۸۴	۱۱۱/۵۷	۱۰۱/۹۴	جمع

منبع: FAO, FAOSTAT

۱-۱ اهمیت چربی ها و روغن های خوراکی

روغن های خوراکی تأثیر زیادی در لذیذ شدن غذاها از طریق بهبود طعم، رنگ و بافت دارند و منبع بسیار خوبی از انرژی می باشند. از سوختن هر گرم چربی در بدن حدود ۹ کیلو کالری انرژی حاصل می شود که این رقم ۲/۲۵ برابر کالری حاصل از کربوهیدرات ها و پروتئین ها است (مددوعی، ۱۳۷۱؛ مالک، ۱۳۷۹). اسیدهای چرب از طریق چربی ها و روغن های خوراکی تأمین می شوند. بعضی از اسیدهای چرب ضروری هستند و بدن انسان به دلیل فقدان آنزیم های لازم قادر به ساختن آنها نیست و باید از طریق غذاها تأمین گردند. اسید لینولئیک^۱ (امگا۶) و اسید آلفا لینولئیک^۲ (امگا۳) دو اسید چرب اساسی برای انسان هستند که نقش مهمی را در بدن دارند (مددوعی، ۱۳۷۱؛ هال، ۱۹۹۶).

همچنین لیپید^۳ های غذایی تأمین کننده ویتامین های محلول در چربی (A, D, K, E) بوده و سبب سهولت در هضم و جذب این ویتامین ها می شوند. روغن های نباتی منبع خوبی از توکوفرول^۴ (ویتامین E) و کاروتن ها (پروویتامین A) و ترکیبات آنتی اکسیدان طبیعی هستند (مالک، ۱۳۷۹؛ فاطمی، ۱۳۸۴).

- 1 Linoleic
- 2 Alpha Linolenic
- 3 Lipid
- 4 Tochoferol

۱-۲ منابع، مصارف و ساختمان روغن‌ها و چربی‌ها

عموماً انسان می‌تواند از سه منبع گیاهی، حیوانی و ضایعات کارخانجات مواد غذایی، چربی و روغن استخراج نماید. استخراج چربی و یا روغن از منابع حیوانی، شامل تولید کره، استخراج چربی از بافت‌های حیوانی و استخراج روغن ماهی و روغن کبد ماهی از آبزیان می‌باشد. منابع گیاهی روغنی، بخش اصلی تولید انواع روغن‌ها و چربی‌ها را به عهده دارند. با پیشرفت فن‌آوری روغن، در سال‌های اخیر ضایعات کارخانجات مختلف مانند تولید رب گوجه فرنگی (بذر گوجه فرنگی)، کارخانجات آرمیوه (هسته میوه‌های مختلف مانند انار، انگور، انواع مرکبات)، کارخانجات شالیکوبی (شالی و سبوس برنج) نیز برای تولید روغن بکار برده شده است. با پیشرفت مهندسی ژنتیک در بعد کشاورزی، با کمک قارچ‌ها، مخمرها و باکتری‌ها می‌توان روغن تک یاخته SCO¹ و پروتئین تک یاخته SCP²، از ضایعات کارخانه‌ها مانند آب پنیر، ملاس و باگاس، استخراج نمود (میرنظامی ضیابری، ۱۳۸۰). بزرگترین منبع تأمین کننده روغن‌های نباتی گیاهان یک ساله نظیر سویا، کلزا، ذرت، پنبه دانه، بادام زمینی و غیره و گیاهان ماندگار مانند میوه‌های روغنی نظیر پالم روغنی، زیتون و نارگیل می‌باشند (مالک، ۱۳۷۹؛ آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). کاشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی بسیاری از کشورها را تشکیل می‌داده است و برخی از آن‌ها جزو اقلام عمده صادراتی محسوب می‌شده‌اند. کاربرد دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان و استفاده از کنجاله آن‌ها برای دام و نیز مصرف آن‌ها در داروسازی، صابون‌سازی، سوخت و سایر کاربردهای آن‌ها، سبب جلب علاقه کشاورزان به کاشت بیشتر این محصولات گردیده است. کشف پروتئین گیاهی در این محصولات و استفاده از آن به جای گوشت و پروتئین‌های حیوانی و نیز معرفی فرآورده‌های مختلف از جمله نوشیدنی‌های مقوی تهیه شده از بادام زمینی و محصولات تهیه شده از سویا و همچنین بررسی اثرات سودمند بسیاری از روغن‌های گیاهی، سبب اهمیت روزافزون این محصولات شده است (ناصری، ۱۳۷۰). ایران از جمله کشورهایی است که کاشت بسیاری از دانه‌های روغنی از جمله کنجد، کرچک، گلرنگ و آفتابگردان در آن قدمتی طولانی دارد (سعادت لاجوردی، ۱۳۵۹). اما به رغم این سابقه دیرینه و پی بردن به ظرفیت بالقوه دانه‌های روغنی، کشور ما به دلایل گوناگونی چون متکی بودن به صنعت نفت، فقدان برنامه ریزی صحیح برای اولویت‌های کشاورزی و عدم آگاهی از چگونگی تولید

1 Single Cell Oil

2 Single Cell Protein

صحیح این محصولات، در تولید دانه‌های روغنی در دهه‌های اخیر در سطح جهان مطرح نبوده و ناگزیر برای تهیه روغن‌های نباتی و فرآورده‌های دیگر دانه‌های روغنی به بازار جهانی رو آورده است (ناصری، ۱۳۷۰). در حال حاضر از بین انواع مختلف مواد گیاهی حاوی روغن خوراکی، منابع اصلی نام برده شده بیش از ۹۵ درصد از تولید روغن‌های نباتی را در جهان به عهده دارند (مالک، ۱۳۷۹).

۱-۲-۱ دانه‌های روغنی

دانه‌های روغنی مهمترین محصولات کشاورزی حاوی روغن‌های گیاهی هستند کشور ایران در زمینه روغن‌های خوراکی به شدت به واردات از خارج از کشور وابسته است. بنا بر آماري که در سال ۱۳۸۱ منتشر شده است، نزدیک به ۹۰٪ از روغن مورد نیاز کشور از خارج تامین می‌شود (وزارت بازرگانی، ۱۳۸۱). امروزه روغن‌های گیاهی به دلیل آثار مفیدی چون کاهش کلسترول خون بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند و به صورت‌های مختلفی از جمله روغن‌های سالادی، پخت و پز و سرخ کردنی به رژیم غذایی افراد راه پیدا کرده‌اند (ماتالگیتو و خلیفه، ۱۹۹۸). در زیر به توضیح برخی از این منابع روغنی پرداخته می‌شود:

۱-۱-۲-۱ روغن سویا

در سال ۲۰۰۳ مقدار تولید فراورده‌های کشاورزی جهت تولید روغن‌های خوراکی در سراسر جهان به بیش از ۳۱۷/۸۹ میلیون تن رسید که سهم دانه روغنی سویا از این مقدار ۱۸۴/۴۹ میلیون تن بوده که بیشترین میزان تولید روغن را در سراسر دنیا از آن خود کرده است (USDA, ۲۰۰۵) انتظار می‌رفت که میزان تولید روغن سویا بالغ بر ۲۹/۸۵ میلیون تن از کل روغن تولیدی در این سال یعنی ۹۱/۷۹ میلیون تن باشد. بیشترین مقدار تولید این روغن در مناطق حاره‌ای قاره آمریکا به خصوص ایالات متحده با حدود ۸/۵۹ میلیون تن بود که تقریباً حدود ۷/۸۶ میلیون تن آن به مصرف داخلی اختصاص یافت. مقام دوم و سوم تولید این روغن نیز مربوط به برزیل و آرژانتین به ترتیب با تولید ۴/۹ و ۴/۱۲ میلیون تن مربوط می‌شود (بارهاربر، ۲۰۰۳). معمولاً روغن سویا بیشتر به عنوان روغن سالاد مصرف می‌گردد با این حال با هیدروژناسیون این روغن می‌توان آن را به عنوان مارگارین یا روغن سرخ‌کردنی استفاده نمود. در دهه اخیر تلاش‌های بسیار زیادی در جهت اصلاح کاربری روغن

سویا در سبد خانوار انجام گرفته که مشکلاتی از قبیل عطر و طعم نامطلوب مارگارین‌های تهیه شده از روغن سویا، افزایش قیمت تمام شده محصول و عدم پذیرش آن به دلیل مشکلات سلامت مصرف کننده روبرو بوده است. مقدار روغن موجود در دانه سویا حدود $0/64 \pm 21/38$ می‌باشد که بعد از پروتئین، رکورد بیشترین مقدار ترکیب سازنده این محصول کشاورزی با ارزش می‌باشد (برام وهوربورگ، ۲۰۰۲). مقدار تولید روغن توسط دانه روغنی سویا با مقدار تولید پروتئین و دمای منطقه کاشت این دانه رابطه عکس دارد پس می‌توان با در نظر گرفتن این موضوع رویکردی به سمت ارقام ژنتیکی پر بازده از لحاظ روغن‌کشی داشت. ذکر این موضوع الزامی است که ساختار شیمیایی اسیدهای چرب سازنده این روغن بیشتر به سمت چند غیر اشباعی (۳:۱۸) می‌باشد که پایداری حرارتی بسیار ضعیفی دارند اما منبع بسیار خوبی از اسیدهای چرب ضروری است (مکی، ۲۰۰۰). با کاهش دمای منطقه کاشت مقدار تولید اسیدهای چرب چند غیر اشباعی افزایش می‌یابد که این موضوع محدودیت‌های بسیاری در حوزه تولید روغن‌های مقاوم به اکسیداسیون ایجاد می‌نماید (مائستری و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۱-۲-۱ روغن پالم اولئین

روغن پالم (نخل)، روغنی خوراکی است که از قسمت گوشتی میوه درخت نخل استخراج می‌شود و تولید گسترده آن در سه دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است. روغن پالم به دو بخش مایع (اولئین) و جامد (استئارین) جداسازی می‌شود. روغن پالم در گروه روغن‌های پالمیتیک قرار می‌گیرد و حاوی حدود ۵۰ درصد اسیدهای چرب اشباع (عمدتاً اسید پالمیتیک) و ۵۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع (۳۹ تا ۴۰ درصد اسید اولئیک؛ ۱۰ تا ۱۱ درصد اسید اولئیک) است. این روغن دارای اسید لینولنیک ناچیز (کمتر از ۰/۵ درصد) و فاقد اسیدهای چرب ترانس است. روغن پالم اولئین حاوی ۳۹ تا ۵۵ درصد اسید اولئیک و ۱۰ تا ۱۳ درصد اسید لینولنیک است. روغن‌های پالم و پالم اولئین به دلیل ساختار اسید چربی ویژه از مقاومت بالایی در برابر تخریب اکسایشی برخوردار هستند و کاربرد زیادی در سرخ کردن عمیق دارند (سیو، ۲۰۰۰). پایداری اکسایشی بالای این روغن همچنین به حضور گروهی از ترکیبات کم مقدار (حدود ۱ درصد) با فعالیت آنتی اکسیدانی قوی نسبت داده می‌شود. قسمت عمده این ترکیبات را کاروتنوئیدها، توکوفرولها، استروئولها، فسفاتیدها و

الکلها تشکیل می‌دهند (گاه و همکاران، ۱۹۸۵). مقدار کاروتنوئیدهای روغن پالم خام حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ پی‌پی‌ام است که عمدتاً به صورت آلفا - و بتا - کاروتن هستند (جلانی و همکاران، ۱۹۹۷). روغن پالم خام دارای توکوفرول‌ها و توکووتری‌انول‌ها به میزان ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام است که پس از تصفیه ۵۰ درصد از آنها در روغن باقی می‌مانند. آلفاتوکوفرول (۲۱/۵ درصد) و گاما توکووتری‌انول (۴۳/۷) بیشترین این ترکیبات را به خود اختصاص می‌دهند (عبدل‌گپور و هازرینا، ۲۰۰۰). استرول‌های روغن پالم عمدتاً از بتاسیتوسترول، استیگماسترول و کامپسترول تشکیل شده‌اند. مقدار کمی کلسترول در روغن خام پالم اولئین وجود دارد که طی فرایندهای تصفیه کمتر نیز می‌شود (سیو، ۱۹۹۰). مقدار کم کلسترول همراه با آثار ضد سرطانی برخی کاروتنوئیدها و وجود توکوفرول‌ها و توکووتری‌انول‌ها بر ارزش تغذیه‌ای روغن پالم افزوده است (سربینوا و همکاران، ۱۹۹۳؛ گائری و همکاران، ۱۹۹۷).

۱-۲-۳-۱ روغن ذرت

ذرت (*Zea Mays*) گیاهی از خانواده گیاهان علفی است. این گیاه احتمالاً قدیمی‌ترین غله کشت شده در آمریکا بوده و مکزیک مبدا احتمالی این گیاه، و تاریخ استفاده از آن ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد است (مالک، ۱۳۷۹). در بین محصولات زراعی، ذرت از لحاظ سطح زیر کشت، مقام سوم در دنیا را دارا می‌باشد. مهمترین کشورهای صادرکننده ذرت در جهان، آمریکا، آرژانتین، فرانسه و چین می‌باشند. کشورهای ژاپن، کره جنوبی، مکزیک و چین از مهمترین واردکنندگان دانه ذرت محسوب می‌شوند. پیش بینی می‌گردد که تقاضا برای دانه ذرت تا سال ۱۳۹۹ در مقایسه با سال ۱۳۷۴، به میزان ۶۲ درصد افزایش یابد (از ۵/۵ میلیون تن به ۳۷/۸ میلیون تن برسد). تولید ذرت (برحسب هزار تن) در جهان ۹۷۴۵۹۹، و عمدتاً توسط کشورهای بزرگ تولیدکننده، شامل آمریکا ۲۳۵۰۰۰، چین ۱۱۰۳۹۰، برزیل ۴۱۴۱۱ و در ایران ۱۰۵۵ بوده است. ایران حدود ۱۰۸۰ بر حسب هزار تن از این دانه روغنی را وارد می‌کند (بانک اطلاعاتی وزارت جهاد کشاورزی ۱۳۸۶). در میان همه روغن‌های گیاهی، روغن ذرت رتبه دهم از نظر تولید سالانه و حدود ۲ درصد از روغن نباتی تولید شده در سراسر جهان را از آن خود کرده است. نظیر بسیاری از دانه‌های خوراکی ذرت در درجه اول برای نشاسته و پروتئین موجود در آن (به ترتیب ۶۱-۷۸ درصد و ۶-۱۲ درصد) کشت می‌شود (مالک، ۱۳۷۹). روغن فقط

۳/۱-۵/۷ درصد وزن مغز دانه را تشکیل داده و در حدود ۸۳ درصد آن در جوانه^۱ موجود می‌باشد. بر اساس استاندارد کدکس ۱۹۸۱، اندیس یدی^۲ روغن ذرت ۱۰۳-۱۲۸ و عدد صابونی آن ۱۸۷-۱۹۵ می‌باشد. پنج اسیدچرب عمده روغن ذرت به ترتیب مقدار، لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک، استئاریک و لینولنیک می‌باشد. علی‌رغم مقدار زیاد اسیدهای چرب غیر اشباع، روغن ذرت طبیعی دارای پایداری زیادی بوده و برای بسیاری از مصارف از جمله برای سرخ‌کردن مناسب است. نتایج به دست آمده از بررسی نحوه توزیع اسیدهای چرب روغن ذرت نشان می‌دهد که ۹۸ درصد اسیدهای چرب که در وضعیت ۲ (جایگاه بتا) تری‌گلیسریدهای روغن ذرت قرار گرفته‌اند غیر اشباع و فقط ۲ درصد آنها اشباع شده‌اند (مالک، ۱۳۷۹).

۲-۲-۱ ساختمان روغن‌ها و چربی‌ها

۱-۲-۲-۱ تری‌گلیسریدها^۳

روغن‌ها و چربی‌ها به‌طور عمده از تری‌گلیسریدها (تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها)^۴ که ترکیبی از یک مولکول گلیسرول و سه مولکول اسید چرب می‌باشد، تشکیل می‌شوند (فنما، ۱۹۹۶). آسیل‌گلیسرول‌ها، استر اسیدهای چرب با گلیسرول هستند و بر اساس تعداد اسیدهای چرب که با گلیسرول پیوند می‌دهند ممکن است مونو، دی یا تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها ایجاد شوند. یک مخلوط تری‌گلیسرید دارای سه اسید چرب مختلف است. بر حسب اینکه کدام اسید چرب در وضعیت وسط (β) یا شماره ۲) مولکول گلیسرول و کدامین اسیدهای چرب در خارج (کربن‌های α یا ۱ و ۳) قرار گرفته باشد دارای سه فرم ایزومری است. اسیدهای چرب مختلف دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت و حتی متضاد یکدیگر می‌باشند. تفاوت روغن‌ها و چربی‌ها ناشی از نوع و میزان این اسیدهای چرب در ساختار تری‌گلیسریدها است (مددنعی، ۱۳۷۱). نوع و میزان تری‌گلیسریدها و اسیدهای چرب در مواد غذایی مختلف، بسیار متغیر می‌باشد. ۹۹ درصد لیپیدها را در مواد گیاهی و جانوری، چنین استرهایی تشکیل می‌دهند که به عنوان چربی و روغن شناخته می‌شوند. در دمای اتاق، چربی‌ها جامد

1 Germ

2 Wijs and Hanos method

3 Triglycerides

4 Triacylglycerol

و روغن‌ها مایع می‌باشند. تری‌گلیسریدهای موجود در چربی‌های حیوانی، مقدار زیادی اسیدهای چرب اشباع شده دارند، به همین دلیل این چربی‌ها در دمای اتاق به حالت جامد هستند. در روغن‌های نباتی، مقدار زیادی اسیدهای چرب غیراشباع وجود دارد که سبب می‌شود تا این روغن‌ها در دمای اتاق به حالت مایع باشند. به طور کلی چربی‌ها به دو صورت در مواد غذایی یافت می‌شوند: چربی‌های مرئی مانند چربی‌ها و روغن‌های گیاهی و حیوانی و چربی‌های نامرئی مانند چربی موجود در شیر، پنیر، گردو، بادام زمینی، برنج و سایر مواد غذایی (قنبرزاده، ۱۳۸۴).

۱-۲-۲-۲ اسیدهای چرب

واحد تشکیل دهنده چربی‌ها اسیدهای چرب نام دارند. بیش از هزار نوع اسید چرب وجود دارد که تنها تعداد محدودی از آن‌ها در تغذیه انسان بسیار مهم می‌باشند. اسیدهای چرب همگی دارای زنجیره هیدروکربنی و انتهای کربوکسیلی می‌باشند. تعداد اتم‌های کربن در آن‌ها معمولاً زوج و بین ۴ تا ۲۴ می‌باشد (دمن، ۱۹۹۹). اسیدهای چرب تنوع بسیار زیادی دارند و همین وضع سبب شده تا چربی‌های فراوانی با خصوصیات کاملاً متفاوت به وجود آیند. اسیدهای چرب را می‌توان بر حسب اشباع یا غیر اشباع بودن تقسیم‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی از جهت تکنولوژی مواد غذایی و فساد چربی‌ها و روغن‌ها حائز اهمیت است (فاطمی، ۱۳۸۴؛ قنبرزاده، ۱۳۸۴). اسیدهای چربی که در زنجیر کربنی آن‌ها دو اتم هیدروژن به هر اتم کربن متصل است و پیوند بین کربن‌ها به صورت پیوندهای اشباع است را اسیدهای چرب اشباع^۱ می‌نامند و اسیدهای چربی که دارای پیوندهای دوگانه بین اتم‌های کربن هستند را اسیدهای چرب غیراشباع^۲ می‌نامند. بر حسب تعداد پیوندهای دوگانه غیراشباع، اسیدهای چرب غیر اشباع به انواع یک غیراشباعی^۳ و چند غیر اشباعی^۴ تقسیم می‌شوند. نقطه ذوب اسیدهای چرب اشباع بیشتر از انواع غیر اشباع با تعداد اتم‌های کربن مشابه می‌باشد. اسیدهای چرب غیراشباع، براساس ساختار هندسی خود به دو دسته سیس^۵ و ترانس^۶ تقسیم می‌شوند. اسیدهای چرب

-
- 1 Saturated Fatty Acid (SFA)
 - 2 Unsaturated Fatty Acid
 - 3 Mono Unsaturated Fatty Acid (MUFA)
 - 4 Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA)
 - 5 Cis
 - 6 Trans

غیراشباع در مواد غذایی معمولاً به شکل سیس هستند، یعنی هیدروژن‌ها در همان طرفی قرار گرفته‌اند که اتصال غیر اشباع قرار دارد. معمولاً انواع اسیدهای چرب ترانس در فرایند هیدروژناسیون ناقص به وجود می‌آیند و به طور طبیعی وجود ندارند مگر در چند مورد (دمن، ۱۹۹۹). اگرچه اسیدهای چرب طبیعی عموماً از ترکیبات با زنجیر مستقیم هستند، بر این عمومیت نیز استثناهایی وجود دارند. اسیدهای با زنجیره‌های جانبی، اکثراً در موم‌ها وجود دارند (فاطمی، ۱۳۸۴). روش رایج دیگر، تقسیم اسیدهای چرب بر حسب طول زنجیره کربنی به انواع زنجیر کوتاه (۴ تا ۱۰ اتم کربن)، زنجیر متوسط (۱۲ تا ۱۴ اتم کربن) و زنجیر بلند (بیش از ۱۶ کربن) می‌باشد. به طور عمده اسیدهای چرب با ۱۸ اتم کربن، چه به صورت اشباع و چه غیر اشباع، بیشتر از سایر اسیدهای چرب در منابع غذایی انسان وجود دارد (فنما، ۱۹۹۶).

۳-۱ سرخ کردن عمیق

فرآیند سرخ کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های شناخته شده برای آماده سازی غذاها به شمار می‌رود. این روش پخت را احتمالاً چینیه‌های باستان ابداع کردند اما استفاده از آن برای آماده‌سازی مواد غذایی در منازل، رستوران‌ها و کارخانجات به سرعت در سراسر دنیا رایج گردید (راسل، ۱۹۹۸). سرخ کردن مواد غذایی به دلیل ایجاد خواص حسی منحصر به فرد امروزه به طور وسیعی در سطوح صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک این فرآیند، ماده غذایی با طعم دلپذیر، بافت ترد و ظاهر طلایی مطلوب تولید می‌شود (اورتوفر و همکاران، ۱۹۹۶). حین سرخ کردن عمیق، در حضور اکسیژن و دمای بالا، واکنش‌های اکسایشی و هیدرولیزی زیادی در روغن صورت گرفته، مواد نامطلوبی ایجاد می‌گردند که ضمن بروز آثار منفی بر طعم و رنگ محصول، احتمالاً سلامت انسان را نیز به خطر می‌اندازند (ایناوانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

در فرآیند سرخ کردن، از روغن‌ها و چربی‌ها به عنوان محیط انتقال حرارت استفاده می‌شود. در طی حرارت دادن طولانی در دمای بالا، رطوبت، نور، اکسیژن و ناخالصی‌های موجود باعث واکنش‌های هیدرولیز، اکسیداسیون، پلیمریزاسیون و در نهایت تیره شدن روغن، ایجاد مواد دارای عطر و طعم قوی، کاهش نقطه دود، تولید کف و افزایش ویسکوزیته روغن می‌شود و بیشتر روغن‌های غیر اشباع به سرعت شکسته می‌شوند و درجه اشباعیت روغن نیز زیاد می‌گردد (ساگوی و پینتوس، ۱۹۹۵). یک