دانشکده کشاورزی
گروه صنایع غذایی

پایان‌نامه دکتری

اولترافیلتراسیون روغن کانولا با میسل رشد یافته

راضیه نیازمند

اساتید راهنما
دکتر رضا فرهوش
دکتر سید محمدعلی رضوی

استاد مشاور
دکتر سید محمود موسوی

تیر ماه ۱۳۹۰

چکیده

در پژوهش حاضر، امکان دفع ناخالصیهای موجود در میسلای روغن کانولا از طریق غشاء آبگریز PVDF با دو MWCO ۵۰ و ۱۰۰ کیلودالتون در دماها (۲۵ تا ۵۵ درجه سانتیگراد) و فشارهای (۲ تا ۵ بار) متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. به منظور رشد میسلها و افزایش کارایی دفع، نمونه‌های روغن با محلولهای آبی کلرید کلسیم، EDTA و SDS پیش‌تیمار شدند و اثر آنها بر کیفیت تراوه و عملکرد غشاء مطالعه شد. بررسیها حاکی از بالاتر بودن شار تراوه غشاء M116 نسبت به غشاء M183 بود. بیشترین کاهش شار تراوه در غشاءهای M183 و M116 به ترتیب به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با SDS (۵۹ درصد) و کلرید کلسیم (۶۱ درصد) اختصاص داشت. افزایش دما و فشار عملیاتی با افزایش شار تراوه در میسلا و نمونه‌های پیش‌تیمار شده همراه بود. نتایج اندازه‌گیری درصد دفع اجزاء ساختاری روغن شامل فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد، ترکیبات قطبی کل و ترکیبات رنگی نشان داد غشاء M116 در دفع اسیدهای چرب آزاد، ترکیبات قطبی و رنگدانه‌ها کارآمد بود در حالی که غشاء M183 در دفع میسلها و مجتمعهای تشکیل شده توسط فسفولیپیدها کارامدتر بود. همچنین، کارایی دفع اجزاء ساختاری بر اثر افزودن محلول کلرید کلسیم به روغن نسبت به میسلا بیشتر کاهش یافت. به هر حال، پیش‌تیمار شیمیایی با محلولهای آبی EDTA و SDS به استثنای ترکیبات رنگی سبب افزایش دفع اجزاء مزبور شد. به طور کلی، افزایش دمای عملیاتی از ۲۵ به ۵۵ درجه سانتیگراد در بسیاری از موارد سبب کاهش دفع اجزاء ساختاری روغن گردید. شرکت ترکیبات فنلی در مجتمعها و میسلها به افزایش اندازه و دفع کارآمدتر آنها از غشاء M183 منجر گردید و پیش‌تیمار شیمیایی بر میزان دفع آنها افزود. قطبیت پایین توکوفرولها به کاهش دفع آنها در نمونه‌های پیش‌تیمار شده منتهی گردید. پایش متغیرهای اولیه و ثانویه اکسایشی بیانگر دفع بیشتر پراکسیدها از غشاء M183 و دفع کارآمدتر ترکیبات دی‌ان مزدوج و کربونیلی از غشاء M116 بود.

واژه‌های کلیدی: اتیلن‌دی‌آمین‌تترااستیک اسید؛ اولترافیلتراسیون؛ تصفیه؛ روغن کانولا؛ سدیم دودسیل سولفات؛ کلرید کلسیم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم- بررسی منابع

۲-۱- مبانی فرایند غشائی ۵

۲-۱-۱- ویژگیهای غشاء ۸

۲-۱-۱-۱- قابلیت عبور آب خالص یا شار ۸

۲-۱-۱-۲- اندازه حفره های غشاء ۹

۲-۱-۱-۳- تخلخل (چگالی حفره ها) ۱۰

۲-۱-۱-۴- ضخامت غشاء ۱۰

۲-۱-۱-۵- چروکیدگی ۱۰

۲-۱-۱-۶- دفع ۱۱

۲-۱-۱-۷- آبگریزی غشاء (زاویه تماس) ۱۱

۲-۱-۱-۸- بار سطحی ۱۲

۲-۱-۱-۹- جذب کنندگی ۱۲

۲-۱-۲- ساختمان غشاء ۱۲

۲-۱-۲-۱-غشاءهای متقارن ۱۳

۲-۱-۲-۲- غشاءهای نامتقارن ۱۵

۲-۱-۲-۳- غشاءهای سرامیکی، فلزی و مایع ۱۵
۲-۱-۳- پیکربندی غشاء ۱۶
۲-۱-۳-۱- پیکربندی الیاف توخالی ۱۶
۲-۱-۳-۲- پیکربندی لوله ای ۱۸
۲-۱-۳-۳-پیکربندی مارپیچ حلزونی ۱۹
۲-۱-۳-۴-پیکربندی یکپارچه ۲۰
۲-۱-۳-۵-پیکربندی قاب و صفحه ۲۰
۲-۱-۴-پیکربندی فرآیند ۲۱
۲-۱-۵- قطبش غلظت ۲۵
۲-۱-۲- گرفتگی غشاء ۲۸
۲-۱-۶- مکانیسم جداسازی ۳۰
۲-۲- روغن کانولا ۳۲
۲-۲-۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی روغن کانولا ۳۳
۲-۲-۲- فرآوری روغن کانولا ۳۶
۲-۲-۲-۱- استخراج روغن ۳۶
۲-۲-۲-۲- تصفیه روغن ۳۸

فصل سوم- مواد و روشها

۳-۱- مواد اولیه ۵۷
۳-۲- غشاء ۵۸
۳-۳ - سامانه غشائی ۵۸
۳-۴- نحوه آماده سازی نمونه ها و عملیات اولترافیلتراسیون ۵۹
۳-۵- آزمایشها ۶۱

۳-۵-۱- اندازه گیری ترکیبات توکوفرولی ۶۱

۳-۵-۱-۱- ترسیم منحنی کالیبراسیون ۶۱

۳-۵-۱-۲- اندازه گیری ترکیبات توکوفرولی نمونه ۶۱

۳-۵-۲- اندازه گیری ترکیبات فنلی ۶۳

۳-۵-۲-۱- ترسیم منحنی کالیبراسیون ۶۳

۳-۵-۲-۲- اندازه گیری ترکیبات فنلی نمونه ۶۴

۳-۵-۳- اندازه گیری عدد پراکسید ۶۵

۳-۵-۳-۱- ترسیم منحنی کالیبراسیون ۶۵

۳-۵-۳-۲- تهیه محلول استاندارد آهن ш ۶۵

۳-۵-۳-۳- تهیه محلول تیوسیونات آمونیوم ۶۵

۳-۵-۳-۴- تهیه محلول آهن п ۶۶

۳-۵-۳-۵- اندازه گیری عدد پراکسید نمونه روغن ۶۶

۳-۵-۴- عدد اسیدی ۶۷

۳-۵-۵- اندازه گیری مقدار کل ترکیبات قطبی (TPC) ۶۷

۳-۵-۵-۱- آماده سازی سیلیکاژل ۶۷

۳-۵-۵-۲- اندازه گیری مقدارکل ترکیبات قطبی ۶۸

۳-۵-۶- ساختار ترکیبات قطبی ۶۹

۳-۵-۷- اندازه گیری عدد دی¬ان مزدوج (CDV) ۶۹

۳-۵-۷- اندازه گیری عدد کربونیل (CV) ۷۰

۳-۵-۷-۱- خالص سازی حلال ۷۰

۳-۵-۷-۲- محاسبه میزان ترکیبات کربونیل ۷۰

۳-۵-۸- اندازه گیری فسفر ۷۱

۳-۵-۹- اندازه گیری رطوبت ۷۲
۳-۵-۱۰- اندازه گیری رنگ ۷۲
۳-۵-۱۱- اندازه گیری گرانروی دینامیکی ۷۳
۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری ۷۳

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱- شار ۷۵
۴-۱-۱- شار هگزان ۷۵
۴-۱-۲- شار تراوه ۷۶
۴-۱-۲-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۷۶
۴-۱-۲-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۸۰
۴-۱-۲-۳- اثر دما ۸۴
۴-۱-۲-۴- اثر فشار ۸۷
۴-۲- گرفتگی ۹۵
۴-۲-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۹۵
۴-۲-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۹۶
۴-۲-۳- اثر دما ۹۸
۴-۲-۴- اثر فشار ۱۰۰
۴-۳- گرانروی تراوه ۱۰۲
۴-۳-۱- اثر انداره حفره های غشاء ۱۰۳
۴-۳-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۰۳
۴-۳-۳- اثر دما ۱۰۴
۴-۳-۴- اثر فشار ۱۰۶

۴-۴- درصد دفع ۱۰۹
۴-۴-۱- فسفولیپیدها ۱۰۹
۴-۴-۱-۱- اثر انداره حفره های غشاء ۱۰۹
۴-۴-۱-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۱۲
۴-۴-۱-۳- اثر دما ۱۱۷
۴-۴-۱-۴- اثر فشار ۱۲۰
۴-۴-۲- اسیدهای چرب آزاد ۱۲۳
۴-۴-۲-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۲۳
۴-۴-۲-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۲۴
۴-۴-۲-۳- اثر دما ۱۲۷
۴-۴-۲-۴- اثر فشار ۱۲۸
۴-۴-۳- ترکیبات قطبی کل ۱۳۲
۴-۴-۳-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۳۲
۴-۴-۳-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۳۳
۴-۴-۳-۳- اثر دما ۱۳۴
۴-۴-۳-۴- اثر فشار ۱۳۷
۴-۴-۴- ساختار ترکیبات قطبی ۱۳۸
۴-۴-۴-۱- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۴۰
۴-۴-۴-۲- اثر دما ۱۴۳
۴-۴-۴-۳- اثر فشار ۱۴۷
۴-۴-۵- ترکیبات رنگی ۱۴۹
۴-۴-۵-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۴۹

۴-۴-۵-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۵۰
۴-۴-۵-۳- اثر دما ۱۵۴
۴-۴-۵-۴- اثر فشار ۱۵۶
۴-۴-۶- پلی فنلها ۱۵۹
۴-۴-۶-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۵۹
۴-۴-۶-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۵۹
۴-۴-۶-۳- اثر دما ۱۶۱
۴-۴-۶-۴- اثر فشار ۱۶۳
۴-۴-۷- توکوفرولها ۱۶۴
۴-۴-۷-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۶۴
۴-۴-۷-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۶۴
۴-۴-۷-۳- اثر دما ۱۶۶
۴-۴-۷-۴- اثر فشار ۱۶۷
۴-۴-۸- عدد پراکسید ۱۶۷
۴-۴-۸-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۶۷
۴-۴-۷-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۶۸
۴-۴-۸-۳- اثر دما ۱۷۰
۴-۴-۸-۴- اثر فشار ۱۷۳
۴-۴-۹- عدد دی ان مزدوج ۱۷۴
۴-۴-۹-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۷۴
۴-۴-۹-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۷۵
۴-۴-۹-۳- اثر دما ۱۷۶

۴-۴-۹-۴- اثر فشار ۱۷۸
۴-۴-۱۰- عدد کربونیل ۱۷۸
۴-۴-۱۰-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۷۸
۴-۴-۱۰-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۷۹
۴-۴-۱۰-۳- اثر دما ۱۸۰
۴-۴-۱۰-۴- اثر فشار ۱۸۱
۴-۴-۱۱- محتوی آب ۱۸۲
۴-۴-۱۱-۱- اثر اندازه حفره های غشاء ۱۸۲
۴-۴-۱۱-۲- اثر پیش تیمار شیمیایی ۱۸۲
۴-۴-۱۱-۳- اثر دما ۱۸۴
۴-۴-۱۱-۴- اثر فشار ۱۸۵
فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات
۵-۱- نتیجه گیری ۱۸۷
۵-۲- پیشنهادات ۱۸۹
منابع ۱۹۱
پیوست ۲۰۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول: ۲-۱ ویژگیهای فرآیندهای مختلف غشائی ۷

جدول: ۲-۲ مشخصات فیزیکی و شیمیایی روغن کانولا ۳۵

جدول: ۲-۳ ترکیبات غیرآسیل گلیسرولی روغنهای خام و تصفیه شده کانولا ۴۳

جدول: ۴-۱ اثر دما و پیش تیمار بر گرانروی میسلا و نمونه های پیش تیمارشده (سانتی پواز) ۸۵

جدول: ۴-۲ اثر پیش تیمار شیمیایی و دما بر شار تراوه و گرفتگی غشاء تراوه طی اولترافیلتراسیون نمونه‌های روغن کانولا ۸۷

جدول: ۴-۳ اثر پیش تیمار شیمیایی و فشار بر شار تراوه و گرفتگی غشاء تراوه طی اولترافیلتراسیون نمونه‌های روغن کانولا ۹۳

جدول: ۴-۴ اثر دما و فشار بر شار تراوه طی اولترافیلتراسیون ۹۴

جدول: ۴-۵ اثر دما-پیش تیمار و فشار-پیش تیمار بر گرانروی تراوه (سانتی پواز) ۱۰۶

جدول: ۴-۶ تجزیه واریانس مدل گرانروی تراوه نمونه های روغن اولترافیلتر شده با غشاء PVDF ۱۰۸

جدول: ۴-۷ ویژگیهای ساختاری و شیمیایی روغنهای خام و فرآیند شده کانولا در مراحل مختلف روش متداول تصفیه ۱۱۱

جدول: ۴-۸ اثر پیش تیمار شیمیایی و دما بر درصد دفع فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد و میزان کل ترکیبات قطبی طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۰

جدول: ۴-۹ اثر پیش تیمارشیمیایی و فشار بر درصد دفع فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد و میزان کل ترکیبات قطبی طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۱

جدول: ۴-۱۰ اثر دما و فشار بر درصد دفع فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد و میزان کل ترکیبات قطبی طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۲

جدول: ۴-۱۱ اثر متقابل پیش تیمار- دما و پیش تیمار- فشار بر محتوی تری آسیل گلیسرولهای پلیمری (TGP)، تری آسیل گلیسرولهای دیمری (TGD)، مونومر تری آسیل گلیسرولهای اکسیده (oxTGM)، دی آسیل گلیسرولها (DG) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء M116 ۱۴۶

جدول: ۴-۱۲ تأثیر متقابل اندازه حفره های غشاء -پیش تیمار شیمیایی و اندازه حفره های غشاء –دما بر شاخصهای L، a، b و درصد دفع ترکیبات رنگی تراوه در طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۵۳

جدول: ۴-۱۳ اثر متقابل پیش تیمار شیمیایی- دما و دما- فشار بر شاخصهای L، a، b و درصد دفع ترکیبات رنگی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۵۸

جدول: ۴-۱۴ اثر متقابل پیش تیمار شیمیایی- دما و دما- فشار بر درصد دفع ترکیبات فنلی و توکوفرول تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۶۲

جدول: ۴-۱۵ اثر متقابل پیش تیمار شیمیایی- دما بر شاخصهای اکسایشی و درصد دفع آب طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۳

جدول: ۴-۱۶ اثر پیش تیمار شیمیایی و فشار بر درصد دفع آب طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۸۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل: ۲-۱. اندازه گیری زاویه تماس در غشاء ۱۲

شکل: ۲-۲. ساختمان و ریخت شناسی غشاءهای متفاوت ۱۳

شکل: ۲-۳. شمای پیکربندی توخالی ۱۷

شکل: ۲-۴. شمای پیکربندی لوله ای ۱۸

شکل: ۲-۵. شمای پیکربندی مارپیچ حلزونی ۱۹

شکل: ۲-۶. شمای پیکربندی یکپارچه ۲۰

شکل: ۲-۷. نمایش برش عرضی فیلتراسیونهای جریان عرضی و جریان عمودی، و اختلاف بین این دو الگوی جریان از نظر شار تراوه و مقاومت لایه ژلی ۲۲

شکل: ۲-۸. شمای قطبش غلظت در فرایند اولترافیلتراسیون ۲۵

شکل: ۲-۹. اثر فشار، سرعت همزن و غلظت پروتئین آلبومین بر شار در سامانه انتها بسته ۲۶

شکل: ۲-۱۰. اولترافیلتراسیون آب پنیر کاتج با پیکربندی مارپیچ حلزونی ۲۶

شکل: ۲-۱۱. شمای انواع گرفتگی ۲۹

شکل: ۲-۱۲. شمای فیلتراسیون سطحی و فیلتراسیون عمقی ۳۲

شکل: ۲-۱۳. مراحل تصفیه روغنهای خوراکی ۳۹

شکل: ۳-۱. شمای سامانه غشائی انتها بسته استفاده شده برای تصفیه روغن کانولا ۵۹

شکل: ۳-۲. منحنی کالیبراسیون میزان آلفا- توکوفرول در برابر میزان جذب خوانده شده در طول موج ۵۲۰ نانومتر ۶۲

شکل: ۳-۳. منحنی کالیبراسیون غلظت ترکیبات پلی فنلی در برابر میزان جذب خوانده شده در طول موج ۷۶۵ نانومتر ۶۳

شکل: ۳-۴. منحنی کالیبراسیون غلظت آهن III در برابر جذب خوانده شده در طول موج ۵۰۰ نانومتر۶۶

شکل: ۴-۱ شار پایای هگزان در دماهای مختلف در غشاءهای M183 و M116 ۷۶

شکل: ۴-۲ اثر اندازه حفره های غشاء بر تغییرات شار تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۷۷

شکل: ۴-۳ اثر اندازه حفره های غشاء بر شار تراوه طی اولترافیلتراسیون ۷۸

شکل: ۴-۴ اثر پیش تیمار شیمیایی بر شار تراوه غشاء M183 طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۸۰

شکل: ۴-۵ اثر پیش تیمار شیمیایی بر شار تراوه غشاء M116 طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۸۱

شکل: ۴-۶ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر شار پایای تراوه ۸۳

شکل: ۴-۷ اثر دمای عملیاتی بر شار پایای تراوه طی اولترافیلتراسیون ۸۵

شکل: ۴-۸ اثر اندازه حفره های غشاء و دمای عملیاتی بر شار پایای تراوه ۸۶

شکل: ۴-۹ اثر تغییر فشار بر شار تراوه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد طی اولترافیلتراسیون روغن ۸۸

شکل: ۴-۱۰ اثر تغییر فشار بر شار تراوه در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد طی اولترافیلتراسیون روغن ۸۹

شکل: ۴-۱۱ اثر تغییر فشار بر شار تراوه در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد طی اولترافیلتراسیون روغن ۸۹

شکل: ۴-۱۲ اثر تغییر فشار بر شار تراوه در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد طی اولترافیلتراسیون روغن ۹۰

شکل: ۴-۱۳ اثر فشار عملیاتی بر شار پایای تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۹۱

شکل: ۴-۱۴ اثر اندازه حفره های غشاء و فشار عملیاتی بر شار پایای تراوه ۹۲

شکل: ۴-۱۵ اثر اندازه حفره های غشاء بر گرفتگی غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۹۵

شکل: ۴-۱۶ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر گرفتگی غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۹۷

شکل: ۴-۱۷ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر گرفتگی غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن ۹۹

شکل: ۴-۱۸ اثر اندازه حفره های غشاء و فشار بر گرفتگی غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن ۱۰۱

شکل: ۴-۱۹ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر گرانروی تراوه غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۰۳
شکل: ۴-۲۰ اثر دما بر گرانروی تراوه غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۰۵
شکل: ۴-۲۱ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر گرانروی تراوه غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۰۶
شکل: ۴-۲۲ اثر فشار بر گرانروی تراوه غشاء PVDF طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۰۷
شکل: ۴-۲۳ اثر اندازه حفره های غشاء بر درصد دفع فسفولیپیدها طی اولترافیلتراسیون روغن ۱۱۰
شکل: ۴-۲۴ اثر پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع فسفولیپیدها و محتوی فسفر تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۱۲
شکل: ۴-۲۵ نمای ترسیمی برهمکنش یونهای کلسیم با مولکولهای فسفولیپیدی ۱۱۳
شکل: ۴-۲۶ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع فسفولیپیدها طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۱۴
شکل: ۴-۲۷ نمای ترسیمی سامانه های مدل پیوند برای فسفولیپیدها در حضور یونهای کلسیم ۱۱۵
شکل: ۴-۲۸ اثر دما بر درصد دفع فسفولیپیدها و محتوی فسفر تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن ۱۱۸
شکل: ۴-۲۹ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر درصد دفع فسفولیپیدها طی اولترافیلتراسیون ۱۱۸
شکل: ۴-۳۰ اثر پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع اسیدهای چرب آزاد طی اولترافیلتراسیون ۱۲۴
شکل: ۴-۳۱ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع اسیدهای چرب آزاد طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۶
شکل: ۴-۳۲ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر درصد دفع اسیدهای چرب آزاد طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۷
شکل: ۴-۳۳ اثر تغییرات فشار بر درصد دفع و محتوی اسیدهای چرب آزاد تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۹

شکل: ۴-۳۴ اثر اندازه حفره های غشاء و فشار بر درصد دفع اسیدهای چرب آزاد طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۲۹
شکل: ۴-۳۵ اثر اندازه حفره های غشاء PVDF و پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع ترکیبات قطبی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۳۳
شکل: ۴-۳۶ اثر دما بر درصد دفع و میزان کل ترکیبات قطبی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۳۵
شکل: ۴-۳۷ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر درصد دفع ترکیبات قطبی کل تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۳۶
شکل: ۴-۳۸ اثر اندازه حفره های غشاء و فشار بر درصد دفع ترکیبات قطبی کل تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۳۸
شکل: ۴-۳۹ ساختار ترکیبات قطبی نمونه ای از روغنهای خوراکی تعیین شده به روش کروماتوگرافی غربال مولکولی با کارایی بالا ۱۳۹
شکل: ۴-۴۰ اثر پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع تری آسیل گلیسرولهای پلیمری (TGP)، تری آسیل گلیسرولهای دیمری (TGD)، مونومر تری آسیل گلیسرولهای اکسیده (oxTGM)، دی آسیل گلیسرولها (DG) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء M116 ۱۴۱
شکل: ۴-۴۱ اثر دما بر درصد دفع تری آسیل گلیسرولهای پلیمری (TGP)، تری آسیل گلیسرولهای دیمری (TGD)، مونومر تری آسیل گلیسرولهای اکسیده (oxTGM)، دی آسیل گلیسرولها (DG) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء M116 ۱۴۴
شکل: ۴-۴۲ اثر اندازه حفره های غشاء بر شاخصهای L، a، b و درصد دفع ترکیبات رنگی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۵۰
شکل: ۴-۴۳ اثر پیش تیمار شیمیایی بر شاخصهای L، a، b و درصد دفع ترکیبات رنگی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۵۱

شکل: ۴-۴۴ اثر دما بر شاخصهای L، a، b و درصد دفع ترکیبات رنگی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۵۵

شکل: ۴-۴۵ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع ترکیبات فنلی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۶۰

شکل: ۴-۴۶ اثر دما بر درصد دفع ترکیبات فنلی تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۶۱

شکل: ۴-۴۷ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع توکوفرول طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۶۵

شکل: ۴-۴۸ اثر پیش تیمار شیمیایی بر عدد پراکسید تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا ۱۶۸

شکل: ۴-۴۹ اثر دما بر عدد پراکسید تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۱

شکل: ۴-۵۰ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر عدد پراکسید تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۲

شکل: ۴-۵۱ اثر اندازه حفره های غشاء و فشار بر عدد پراکسید تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۴

شکل: ۴-۵۲ اثر پیش تیمار شیمیایی بر درصد دفع ترکیبات دی ان مزدوج طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۵

شکل: ۴-۵۳ اثراندازه حفره های غشاء و دما بر درصد دفع ترکیبات دی ان مزدوج طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۷

شکل: ۴-۵۴ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار شیمیایی بر عدد کربونیل تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۷۹

شکل: ۴-۵۵ اثر تغییرات دما بر درصد دفع ترکیبات کربونیلی و عدد کربونیل تراوه طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۸۱

شکل: ۴-۵۶ اثر اندازه حفره های غشاء و پیش تیمار بر درصد دفع آب طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۸۳

شکل: ۴-۵۷ اثر اندازه حفره های غشاء و دما بر درصد دفع آب طی اولترافیلتراسیون روغن کانولا با غشاء PVDF ۱۸۵

فصل اول

مقدمه

روغن کانولا به عنوان روغنی با مقدار پایین اسیدهای چرب اشباع (کمتر از ۴ درصد اسید پالمیتیک) و مقدار نسبتاً بالای اسیدهای اولئیک (۶۰ درصد) و آلفا-لینولئیک (۱۰درصد) شناخته می-شود. در میان روغنها و چربیهای معمول، روغن کانولا بعد از روغن زیتون قرار دارد و به استثنای روغن سویا تنها روغن رژیمی متداول است که حاوی مقدار قابل توجهی اسید آلفا-لینولئیک می‌باشد. بعلاوه، تعادل مطلوبی در نسبت مقدار اسید لینولئیک به لینولنیک دارد. همچنین گزارش شده است روغن کانولا مانند روغن ذرت، سویا، گلرنگ و آفتابگردان در کاهش مقدار کلسترول کل پلاسمای خون و LDL مؤثر می‌باشد.

روغن کانولا نیز همانند سایر روغنهای گیاهی دارای ناخالصیهای متعددی است که بر کیفیت و بازارپسندی آن تأثیر نامطلوبی دارند. به استثنای روغن زیتون و برخی روغنهای خاص، عملیات تصفیه روی سایر روغنهای نباتی انجام می‌گیرد تا ترکیبات نامطلوب آنها حذف شده، بتوان محصولی با خلوص رضایت‌بخش و پایدار به دست آورد. در فرایند پالایش روغنهای خوراکی تا حد ممکن بخشهای غیرگلیسریدی و ناخالصیهای روغن را خارج می‌کنند تا کیفیت و پایداری روغن بهبود یابد. برخی اجزاء

روغن مانند اسیدهای چرب آزاد، لستین و ویتامینها به تنهایی ارزشمند می‌باشند. فرایند معمول تصفیه شامل صمغ‌گیری، خنثی‌سازی، رنگبری و بوگیری است که در نتیجه اعمال این فرایندها فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد، رنگدانه‌ها، هیدروپراکسیدها و مومها به طور عمده حذف می‌شوند.

روش متداول تصفیه روغنهای خوراکی دارای معایب جدی است که مهمترین آنها عبارتند از: (۱) مصرف بالای انرژی فرایند؛ مقادیر زیادی انرژی به شکلهای الکتریسیته، گاز طبیعی یا سوخت در مراحل مختلف فرایند و همچنین برای ایجاد خلأ به کار می‌رود. به عنوان مثال، مقدار بالایی انرژی به منظور گرم و سرد کردن روغن بین مراحل مختلف فراوری و در تولید خلأ مورد نیاز طی فرایندهای صمغ‌گیری، تصفیه، رنگبری و بی‌بوکردن لازم است. بسته به نوع دانه روغنی، مصرف بخار برای فرآوری روغن خام از ۴۶۵۲ تا ۹۳۰۳ ژول بر کیلوگرم متغیر است. برای فرآوری پنبه‌دانه، سویا، ذرت و بادام زمینی در آمریکا به ازای تولید $۶/۸۵\times۱۰^{۹}$ کیلوگرم روغن خام تقریباً $۶۸/۲۵\times۱۰^{۹}$ کیلوژول انرژی مورد نیاز می‌باشد. میزان مصرف برق برای فرایند تصفیه بین ۱۶۰۰۰۰ تا۱۲۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت در سال است؛ (۲) افت روغن؛ تصفیه قلیایی روغن سبب صابونی شدن اسیدهای چرب آزاد می‌شود و صابون حاصل قادر است بخشی از روغن (بالغ بر ۵۰ درصد مقدار اسیدهای چرب آزاد) را به دام اندازد. افت کل تصفیه معمولاً برابر مقدار اسیدهای چرب آزاد در روغن است. (۳) مصرف بالای آب و مواد شیمیایی و (۴) تولید بالای فاضلاب و پساب بسیار آلوده.

بنابراین به رغم پیشرفتهایی که طی نیم قرن گذشته در زمینه مهندسی و طراحی تجهیزات فرآوری و تصفیه روغن بر مبنای کاهش افت روغن، مصرف انرژی و بهبود کیفیت روغنهای خوراکی صورت گرفته است، اصول فرآوری و تصفیه روغنها همچنان ثابت مانده است و با توجه به مشکلات مزبور، جایگزین کردن یا تلفیق روشهای موجود با روشهای نوین ضروری به نظر می‌رسد.

فناوری غشائی بتدریج پذیرش قابل قبولی را در صنعت فرآوری غذایی به دست آورده است. همچنین، توانمندی بالایی در خصوص صنعت فرآوری روغن برای آن گزارش شده است. فناوری غشائی به دلایل متعدد از جمله مصرف پایین انرژی، ایمنی بالا، عدم استفاده از آلاینده‌های شیمیایی، بهبود

کیفیت محصول، حفظ مواد مغذی و سایر ترکیبات مطلوب روغن، کاهش حجم فاضلاب یا حذف فرآیند تصفیه فاضلاب، سهولت عملیات و انجام فرایند در دماهای پایین و معمولی به عنوان روشی جایگزین بسیار مورد توجه است.

به منظور مقایسه کیفیت روغن تصفیه شده به روش معمول و فناوری غشائی لازم است اثر این فرایندها بر کل اجزاء عمده روغن که بر کیفیت و پایداری محصول تأثیر بسزایی دارند مورد ارزیابی قرار گیرد. اغلب مطالعات غشائی بر دفع فسفولیپیدها، اسیدهای چرب آزاد و رنگ از روغن و همچنین شار تراوه متمرکز شده است. از آن جایی که به نظر می‌رسد الحاق مواد شیمیایی با فناوری غشائی تأثیر رضایت‌بخشی در فرایند به دنبال داشته باشد، در مطالعه حاضر تلاش شد کیفیت و پایداری روغن کانولای تصفیه شده با غشاءهای پلیمری متخلخل و تأثیر پیش‌تیمارهای شیمیایی (کلرید کلسیم، اتیلن-دی‌آمین‌تترا استیک اسید و سدیم‌دودسیل سولفات) بر آن مورد ارزیابی قرار گرفته، با روش متداول تصفیه مقایسه گردد.