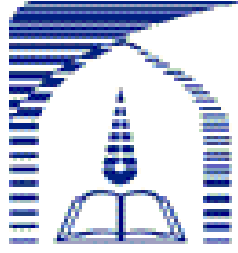


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده کشاورزی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

بررسی فرآیند تولید پیوسته سوخت بیودیزل به کمک تابش ریزموج

مهدی زارع

استاد راهنما:

دکتر برات قبادیان

تحت حمایت شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

تابستان ۱۳۹۱

تأییدیه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهایی پایان نامه آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
			- استاد راهنما
			- استاد ممتحن
			- استاد ممتحن
			- نماینده گروه

تقدیم

این ناچیز را اگر قدری باشد تقدیم می‌کنم به پدر و مادر عزیزم

که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر، مویشانشان سپیدی گرفت تا رویم سفید بماند، آنانکه فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی‌ام هستند. آنان که راستی قامت در شکستگی قامتشان تجلی یافت. در برابر وجود گرامیشان زانوی ادب بر زمین می‌نهم و با دلی مملوء از عشق و محبت، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان هستند، به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند بر دستانشان بوسه می‌زنم.

تشکر و قدردانی

اینک که به یاری یزدان راه گشای، عقبات تألیف و تدوین این پایان نامه به سلامتی و موفقیت طی گردید، بر این ساربان راه‌نادران، مفروض است که شاکر زحمات فراوان و راهنمایی‌های ارزنده راهنمایان و دلیلان این راه باشم چرا که بی دلالت آنها نه تنها به مقصد رسیدن، بلکه قدم گذاشتن به این وادی نیز غیر ممکن بود.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر قبادیان که بزرگووارانه و با سعه صدر همواره مرا از راهنمایی خویش دریغ نکردند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

از اساتید محترم گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس که در طول تحصیل مرا مرهون نعمت آموزش قرار دادند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

از اساتید محترم ناظر پایان نامه جناب آقای دکتر زرین قلم و جناب آقای دکتر نجفی و جناب آقای دکتر بناکار که زحمت مطالعه پایان‌نامه را عهده‌دار بوده‌اند و با راهنمایی‌ها و نظرات سازنده باعث غنی‌تر شدن پژوهش حاضر گردیدند نهایت قدردانی را می‌نمایم.

از دوستان عزیز و بزرگواری که در حد توانشان یاری و مساعدت‌های خود را از بنده حقیر دریغ ننموده‌اند، جناب آقای مهندس رضایی کیا و آقای مهندس هادی زارعی کارشناسان محترم گروه، جناب آقایان احمد عباس زاده، بیوک آقا مصطفایی، بهرام حسین زاده، ابراهیم فیاضی نهایت تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

از دوستان گرامی خود (جناب آقایان همتیان، نوری، کاظمی، منتظری، مهدویان، متولی و نجفی) که همواره مرا مورد لطف و عنایت بی‌دریغ خود قرار دادند و برای من دلسوزانه یاور بودند، سپاسگزاری کنم.

در پایان نیز بر خود لازم می‌دانم از خانواده محترم خود، که در تمامی مراحل تحصیل همواره یاور و مشوق اصلی من بودند کمال تشکر را داشته باشم و نیز از تمامی کسانی که هر نوع کمکی را در انجام این تحقیق نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مهدی زارع

تابستان ۱۳۹۱

چکیده

منابع محدود ذخایر نفتی و مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی منجر به تمایل بیش از پیش برای استفاده از سوخت‌های جایگزین شده است. بیودیزل امروزه به عنوان یکی از سوخت‌های پاک جایگزین گازوئیل موضوع پژوهش‌های بسیاری را در ایران و جهان به خود اختصاص داده است. به طور کلی روش‌های تولید بیودیزل به دو دسته مرسوم و پیشرفته طبقه‌بندی می‌شوند. در پژوهش حاضر هدف تولید بیودیزل از ترکیب روغن پسماند آشپزخانه و متانول با استفاده از ریزموج به عنوان یکی از تکنیک‌های جدید می‌باشد. در پژوهش حاضر یک سامانه ریزموج برای انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون بازی مورد استفاده قرار گرفت. سامانه متشکل از یک اجاق ریزموج که درون آن یک راکتور پیچ‌های از جنس تفلون جانمایی گردید و یک پمپ پرستالتیک برای ایجاد جریان مواد به درون آن مورد استفاده قرار گرفت. به کمک سامانه ریزموج اثر عوامل غلظت کاتالیزور (۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪ بر مبنای جرم روغن)، نسبت مولی الکل به روغن (۳ به ۱، ۶ به ۱ و ۹ به ۱) و زمان انجام واکنش (۱، ۲ و ۳ دقیقه) بر روی درصد تبدیل اسید چرب به متیل استر بررسی شد. درصد تبدیل بیودیزل به عنوان متغیر وابسته با انجام ۳ تکرار برای هر تیمار آزمایشی استخراج شد. نتایج آماری تجزیه واریانس حاصل از تحلیل داده‌ها با نرم افزار Minitab 16 نشان دهنده‌ی معنی داری اثر هر سه متغیر مستقل و اثرهای متقابل آنها بر روی متغیر وابسته می‌باشد. تحلیل داده‌های آزمایشی نشان داد که بیشترین درصد تبدیل (۹۰/۱۵ درصد) در زمان ۱ دقیقه و غلظت کاتالیزور ۱/۵٪ و نسبت مولی الکل به روغن ۶ به ۱ بدست آمد. بهینه سازی واکنش تولید بیودیزل با توجه به درصد تبدیل توسط روش منحنی پاسخ (نرم افزار Design Expert) نشان داد که در ۱/۳۹٪ غلظت کاتالیزور، ۶/۷۵ به ۱ نسبت مولی الکل به روغن و ۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه زمان بیشینه شدن درصد تبدیل رخ می‌دهد. معادله $y = 172x^{-0.52}$ نیز برای تعیین محتوای متیل استر براساس ویسکوزیته سینماتیکی با $R^2 = 0.853$ حاصل شد.

: روغن پسماند خوراکی، متانول، ترانس استریفیکاسیون بازی، ریزموج، روش سطح پاسخ.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ج	تأییدیه هیات داوران
د	تقدیم
و	چکیده
أ	فهرست مطالب
ه	فهرست جدول‌ها
ز	فهرست شکل‌ها
۱	فصل اول
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ بیان مسئله
۳	۳-۱ اهداف تحقیق
۴	فصل دوم
۴	۱-۲ سوخت‌های زیستی
۴	۲-۲ بیودیزل
۶	۱-۲-۲ ویژگی‌های سوخت بیودیزل
۹	۳-۲ روش‌های تولید سوخت بیودیزل
۱۰	۱-۳-۲ روش میکروامولسیون
۱۲	۲-۳-۲ روش کراکینگ حرارتی (پیرولیز)
۱۵	۳-۳-۲ روش ترانس استریفیکاسیون
۱۶	۴-۲ مواد اولیه تولید سوخت بیودیزل
۱۸	۵-۲ مروری بر روش ترانس استریفیکاسیون
۱۸	۱-۵-۲ روش ترانس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزور
۱۸	۱-۱-۵-۲ روش ترانس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزور همگن

- ۱۹-۲-۵-۱ ترانس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزورهای بازی.....
- ۲۰-۲-۵-۱ روش ترانس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزورهای اسیدی.....
- ۲۲-۲-۵-۱ روش ترانس استریفیکاسیون الکل فوق بحرانی کاتالیزوری.....
- ۲۳-۲-۵-۱ ترانس استریفیکاسیون با استفاده از کاتالیزور ناهمگن.....
- ۲۵-۲-۵-۲ روش ترانس استریفیکاسیون بدون استفاده از کاتالیزور.....
- ۲۵-۲-۵-۱ روش ترانس استریفیکاسیون الکل فوق بحرانی بدون کاتالیزور.....
- ۲۷-۲-۵-۲ ترانس استریفیکاسیون به روش بیوکس.....
- ۲۷-۲-۶ ریز موج (مایکروویو).....
- ۲۹-۲-۶-۱ سیستم تولید امواج در آون‌های ریز موج.....
- ۳۰-۲-۷ ساز و کار تولید گرما در گرمایش ریز موج.....
- ۳۰-۲-۷-۱ هدایت یونی.....
- ۳۲-۲-۷-۲ چرخش دو قطبی.....
- ۳۳-۲-۸ برخورد امواج الکترومغناطیسی با مواد.....
- ۳۵-۲-۹ ویژگی‌های دی الکتریک مواد.....
- ۳۷-۲-۱۰ عمق نفوذ امواج الکترومغناطیسی.....
- ۳۸-۲-۱۱ مقایسه گرمایش ریز موج و روش‌های معمول گرم کردن مواد.....
- ۴۰-۲-۱۲ تأثیر ریز موج بر واکنش ترانس استریفیکاسیون.....
- ۴۴-۲-۱۳ تولید و کاربرد سوخت بیودیزل در ایران.....
- ۴۵-۲-۱۳-۱ تولید و فراوری سوخت بیودیزل در ایران.....
- ۴۹-۲-۱۳-۲ کاربرد سوخت بیودیزل در ایران.....
- ۵۰-۲-۱۴ ضرورت انجام تحقیق حاضر.....
- ۵۲ فصل سوم.....
- ۵۲-۳-۱ روش‌های تولید سوخت بیودیزل.....
- ۵۳-۳-۲ مواد اولیه مورد استفاده در تولید بیودیزل به روش ترانس استریفیکاسیون.....
- ۵۳-۳-۲-۱ روغن پسماند خوراکی.....
- ۵۳-۳-۲-۱-۱ آماده سازی روغن پسماند خوراکی.....
- ۵۵-۳-۲-۲ تیتراسیون روغن.....
- ۵۶-۳-۲-۳ تعیین ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن.....

۵۸	..... ۲-۲-۳ الکل
۵۸	..... ۳-۲-۳ کاتالیزور
۵۹	..... ۴-۲-۳ محاسبه میزان الکل و کاتالیزور مورد نیاز
۶۰	..... ۵-۲-۳ آماده سازی مخلوط الکل و کاتالیزور
۶۰	..... ۳-۳ سامانه تولید بیودیزل به کمک ریزموج
۶۰	..... ۱-۳-۳ اجاق ریزموج
۶۲	..... ۲-۳-۳ راکتور جریان پیوسته
۶۴	..... ۳-۳-۳ پمپ
۶۵	..... ۴-۳-۳ مخزن پیش همزن
۶۶	..... ۴-۳ روش ارزیابی بیودیزل تولیدی
۶۷	..... ۱-۴-۳ آماده سازی نمونه برای تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی
۶۸	..... ۲-۴-۳ روش محاسبه محتوای متیل استر و درصد تبدیل
۶۹	..... ۵-۳ اندازه گیری گرانیوی سینماتیکی
۷۰	..... ۶-۳ روش تحلیل نتایج
۷۰	..... ۱-۶-۳ تجزیه واریانس
۷۱	..... ۲-۶-۳ روش سطح پاسخ
۷۱	..... ۱-۲-۶-۳ معرفی روش سطح پاسخ
۷۳	..... ۲-۲-۶-۳ روش اجرای سطح پاسخ
۷۵	..... فصل چهارم
۷۵	..... ۱-۴ ترکیب اسیدهای چرب روغن مورد استفاده
۷۶	..... ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای میزان درصد تبدیل بیودیزل
۷۸	..... ۱-۲-۴ بررسی اثر غلظت کاتالیزور و نسبت مولی
۸۰	..... ۲-۲-۴ بررسی اثر غلظت کاتالیزور و زمان واکنش
۸۴	..... ۳-۲-۴ بررسی اثر نسبت مولی و زمان واکنش
۸۶	..... ۳-۴ ارتباط میان محتوای متیل استر و ویسکوزیته
۸۸	..... ۴-۴ بهینه سازی فرآیند توسط روش سطح پاسخ
۸۹	..... ۱-۴-۴ بررسی و تعیین نقطه بهینه برای درصد تبدیل
۹۲	..... ۱-۱-۴-۴ اثر غلظت کاتالیزور و نسبت مولی
۹۳	..... ۲-۱-۴-۴ اثر غلظت کاتالیزور و زمان واکنش
۹۵	..... ۳-۱-۴-۴ اثر نسبت مولی و زمان واکنش

۲-۴-۴ بهینه سازی واکنش تولید بیودیزل با درصد تبدیل..... ۹۶

فصل پنجم..... ۹۸

۱-۵ نتیجه گیری..... ۹۸

۲-۵ پیشنهادها..... ۹۹

مراجع..... ۱۰۰

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۷	جدول ۱-۲: ویژگی‌های سوخت بیودیزل بر اساس استاندارد EN 14214-08
۸	جدول ۲-۲: ویژگی‌های سوخت بیودیزل بر اساس استاندارد ASTM D 6751-11a
۱۴	جدول ۳-۲: ویژگی‌های سوختی روغن سویا تولید شده به روش تجزیه حرارتی
۱۷	جدول ۴-۲: نام و تعداد کربن‌های موجود در برخی زنجیره‌های کربنی اسیدهای چرب
۲۳	جدول ۵-۲: مقایسه بین دما و فشار بحرانی الکل‌های مختلف
۲۴	جدول ۶-۲: مقایسه بین روش کاتالیزور بازی و کاتالیزور آنزیمی در تولید بیودیزل
	جدول ۷-۲: مقایسه تولید بیودیزل در روش‌های ترانس‌استریفیکاسیون (کاتالیزور بازی) و متانول فوق بحرانی بدون کاتالیزور
۲۶	
۲۸	جدول ۸-۲: فرکانس‌های مجاز ISM
۳۶	جدول ۹-۲: تانژانت اتلاف برای برخی حلال‌ها در فرکانس ۲۴۵۰ MHz و دمای ۲۰ °C
۳۶	جدول ۱۰-۲: تانژانت اتلاف برای برخی مواد
۳۸	جدول ۱۱-۲: عمق نفوذ برای مواد مختلف در فرکانس 2450 MHz
۴۱	جدول ۱۲-۲: نتایج تولید متیل اولئات در شرایط مختلف
۴۲	جدول ۱۳-۲: نتایج تولید بیودیزل به روش مرسوم در حضور ۱/۵ درصد وزنی KOH
۴۳	جدول ۱۴-۲: نتایج تولید بیودیزل به کمک ریز موج در حضور ۱/۵ درصد وزنی KOH
۴۹	جدول ۱۵-۲: مقایسه بیودیزل تولیدی از روغن کلزا، پسماند و ماهی
۵۸	جدول ۱-۳: برخی ویژگی‌های متانول
۵۹	جدول ۲-۳: جرم الکل مورد نیاز
۵۹	جدول ۳-۳: جرم کاتالیزور مورد نیاز
۶۱	جدول ۴-۳: مدت زمان تابش و قطع تابش اجاق
۶۷	جدول ۵-۳: شرایط کاری برای دستگاه کروماتوگرافی گازی
۷۳	جدول ۶-۳: تیمارهای اندازه‌گیری شده در آزمایش برای تحلیل به روش سطح پاسخ

- جدول ۴-۱: نسبت اجزای سازنده اسید چرب روغن پسماند خوراکی..... ۷۵
- جدول ۴-۲: تجزیه واریانس برای میزان درصد تبدیل بیودیزل..... ۷۸
- جدول ۴-۳: معادله نمودارهای برازش شده بر مقادیر ویسکوزیته و محتوای متیل استر..... ۸۷
- جدول ۴-۴: تیمارهای اندازه‌گیری شده در آزمایش برای تحلیل به روش سطح پاسخ..... ۸۸
- جدول ۴-۵: آنالیز واریانس مدل رگرسیونی درجه دوم برای درصد تبدیل بیودیزل..... ۹۰
- جدول ۴-۶: شرایط مرزی متغیرهای مستقل و هدف برای بهینه سازی تولید بیودیزل..... ۹۶

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۲: معادله واکنش ترانس استریفیکاسیون.....
۱۰	شکل ۲-۲: خلاصه‌ای از روش‌های تولید بیودیزل.....
۱۳	شکل ۳-۲: مکانیسم تجزیه شیمیایی تری‌گلیسریدها.....
	شکل ۴-۲: ترانس استریفیکاسیون تری‌گلیسرید با الکل R1, R2, R3 و R نشان دهنده گروه‌های
۱۶	آلکیلی.....
۱۸	شکل ۵-۲: منابع مورد استفاده برای تولید سوخت بیودیزل.....
	شکل ۶-۲: ترانس استریفیکاسیون به کمک کاتالیزور بازی B. کاتالیزور بازی، ROH الکل و R'، R'' و R'''
۲۰	گروه‌های آلکیلی.....
۲۲	شکل ۷-۲: ترانس استریفیکاسیون به کمک کاتالیزور اسیدی.....
۲۸	شکل ۸-۲: طیف امواج الکترومغناطیسی.....
۲۹	شکل ۹-۲: اجزای تشکیل دهنده یک مگنترون.....
۳۰	شکل ۱۰-۲: نمای کلی یک سیستم ریز موج.....
۳۱	شکل ۱۱-۲: روند نمای سازوکار هدایت یونی.....
۳۲	شکل ۱۲-۲: روند نمای سازوکار چرخش دوقطبی.....
۳۳	شکل ۱۳-۲: روند نمای رفتار یک ماده رسانا در برابر تابش امواج الکترومغناطیسی.....
۳۴	شکل ۱۴-۲: روند نمای رفتار یک ماده عایق در برابر تابش امواج الکترومغناطیسی.....
۳۵	شکل ۱۵-۲: روند نمای رفتار مواد جاذب در برابر تابش امواج الکترومغناطیسی.....
	شکل ۱۶-۲: گرادیان‌های حرارتی (مدل‌سازی اجزا محدود)، الف- گرادیان حرارتی در روش
۳۹	مرسوم (حمام روغن)، و ب- گرادیان حرارتی ریز موج.....
۵۳	شکل ۱-۳: روند نمای تولید بیودیزل از روغن پسماند خوراکی.....
۵۵	شکل ۲-۳: روغن پسماند. الف- قبل از آماده سازی و ب- بعد از آماده سازی.....
۵۶	شکل ۳-۳: PH متر مورد استفاده در تیتراسیون.....

- شکل ۳-۴: دستگاه گاز کروماتوگرافی مورد استفاده در آنالیز درصد اسید چرب روغن پسماند. ۵۷
- شکل ۳-۵: کاتالیزور مورد استفاده. ۵۸
- شکل ۳-۶: استفاده از همزن مغناطیسی برای انحلال KOH در متانول. ۶۰
- شکل ۳-۷: طرحواره اجاق ریزموج. ۶۲
- شکل ۳-۸: شماتیک پیچه استفاده شده به عنوان راکتور. ۶۳
- شکل ۳-۹: درگاه‌های ورودی و خروجی، الف- درون محفظه اجاق و ب- دیواره پشتی اجاق. ۶۳
- شکل ۳-۱۰: یک پمپ پرستالتیک نانوزیستک مدل P 566. ۶۵
- شکل ۳-۱۱: سامانه تولید پیوسته سوخت بیودیزل. ۶۶
- شکل ۳-۱۲: نمونه قرار داده شده در حمام آب و یخ. ۶۸
- شکل ۳-۱۳: دستگاه ویسکومتر مورد استفاده. ۷۰
- شکل ۳-۱۴: سطح پاسخ سه بعدی امید ریاضی به صورت تابعی از دما و فشار (شاهکار، ۱۳۸۵). ۷۲
- شکل ۳-۱۵: نمودار منحنی‌های تراز سطح پاسخ (شاهکار، ۱۳۸۵). ۷۲
- شکل ۴-۱: اثر نسبت مولی و غلظت کاتالیزور بر میزان درصد تبدیل (حروف غیر مشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میانگینها در سطح احتمال ۵٪ میباشد). ۷۹
- شکل ۴-۲: اثر غلظت کاتالیزور و زمان واکنش. ۸۱
- شکل ۴-۳: تاثیر زمان بر درصد تبدیل. ۸۲
- شکل ۴-۴: اثر غلظت کاتالیزور بر درصد تبدیل بیودیزل. ۸۳
- شکل ۴-۵: تاثیر غلظتهای مختلف KOH بر خلوص بیودیزل تولیدی. ۸۳
- شکل ۴-۶: تاثیر زمان واکنش بر درصد تبدیل. ۸۴
- شکل ۴-۷: اثر نسبت مولی و زمان واکنش بر روی درصد تبدیل بیودیزل. ۸۵
- شکل ۴-۸: اثر نسبت مولی بر درصد تبدیل. ۸۶
- شکل ۴-۹: منحنی توانی برازش شده بر دادههای ویسکوزیته. ۸۷
- شکل ۴-۱۰: راندمان واکنش مشاهده شده به ازای راندمان واکنش پیش بینی شده. ۹۱
- شکل ۴-۱۱: سطح پاسخ درصد تبدیل بیودیزل به ازای تغییرات غلظت کاتالیزور و نسبت مولی. ۹۲
- شکل ۴-۱۲: خطوط تراز درصد تبدیل به ازای تغییرات غلظت کاتالیزور و نسبت مولی. ۹۳

شکل ۴-۱۳: سطح پاسخ درصد تبدیل بیودیزل به ازای تغییرات غلظت کاتالیزور و زمان واکنش... ۹۴

شکل ۴-۱۴: خطوط تراز درصد تبدیل به ازای تغییرات غلظت کاتالیزور و زمان واکنش..... ۹۴

شکل ۴-۱۵: نمودار سه بعدی سطح پاسخ درصد تبدیل بیودیزل به ازای تغییرات نسبت مولی و زمان

واکنش..... ۹۵

شکل ۴-۱۶: خطوط تراز درصد تبدیل به ازای تغییرات نسبت مولی و زمان واکنش..... ۹۶

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

جهان کنونی با دو بحران کاهش منابع سوخت فسیلی و مشکلات زیست-محیطی ناشی از مصرف این نوع سوخت‌ها، مواجه شده است و این دو موجب ناپایداری در جهان امروزی گردیده‌اند. برای غلبه بر این مشکلات و تامین انرژی پایدار، انرژی‌های تجدیدپذیر به علت دارا بودن مزایای زیست-محیطی و نیز این حقیقت که از منابع تجدید شونده حاصل می‌شوند، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. منابع انرژی تجدیدپذیر شامل باد، آب، خورشید، زیست توده^۱، سوخت‌های زیستی^۲، زمین گرمایی و جزر و مد می‌باشد.

از آنجا که موتورهای درونسوز سهم عمده‌ای از قوای محرکه سیستم‌های حمل و نقل را به خود اختصاص داده‌اند و این موتورها مصرف کننده سوخت‌های فسیلی می‌باشند، به نظر می‌رسد برای جایگزین کردن این سوخت‌ها با منابع انرژی تجدیدپذیر در کوتاه مدت و میان مدت سوخت‌های زیستی بهترین گزینه می‌باشند.

بیودیزل و بیواتانول سوخت‌های زیستی مایعی هستند که به ترتیب می‌توانند جایگزین بنزین و گازوئیل شوند. بیودیزل اولین بار در آمریکا و در سال ۱۹۹۲ به وسیله National SoyDiesel Development Board که هم اکنون با نام National Biodiesel Board فعالیت می‌کند، به این نام، نام‌گذاری شد. از نظر شیمیایی بیودیزل عبارت است از ترکیب استرهای مونوالکیلی^۳ زنجیره بلند اسیدهای چرب حاصل از واکنش یک الکل با لیپیدهای تجدیدپذیر (Anonymous, 2012).

بیودیزل سوختی است مشابه سوخت گازوئیل نفتی و قابلیت استفاده در موتورهای دیزل (اشتعال تراکمی) را دارا بوده و برای این منظور موتورهای مذکور نیازمند اصلاحات بسیار اندکی است. از سوی

¹ Biomass

² Biofuels

³ Mono Alkyl Ester

دیگر، راندمان سوخت بیودیزل مشابه سوخت گازوئیل می‌باشد. هرچند محتوای انرژی بیودیزل به ازای هر گالن در حدود ۸٪ کمتر از سوخت گازوئیل است، ولی با استفاده از مخلوط B20 (۲۰٪ حجمی بیودیزل و ۸۰٪ حجمی گازوئیل) اختلافی در حدود ۱ تا ۲٪ در توان، گشتاور و میزان سوخت مصرفی از طریق نتایج تحقیقات مشاهده شده است. همچنین به واسطه خاصیت روانکاری خوب بیودیزل، افزودن در حدود ۲٪ از آن ویژگی روانکاری سوخت گازوئیل را بهبود می‌بخشد (باقرپور و همکاران، ۱۳۸۶).

استفاده از بیودیزل منجر به کاهش محسوسی در میزان هیدروکربن نسوخته، مونو اکسید کربن و ذرات معلق خروجی از آگزوز می‌گردد. اکسیدهای نیتروژن حاصل نیز با توجه به فرآیند تولید بیودیزل، کمی کاهش و یا افزایش را نشان داده است. به واسطه وجود اکسیژن (در حدود ۱۱ درصد وزنی) در ساختمان سوخت بیودیزل، احتراق آن نسبت به سوخت گازوئیل کامل‌تر بوده و لذا از سهم کربن موجود در ذرات معلق کاسته می‌شود. همچنین عدم وجود ترکیبات سولفوری در آن از دیگر دلایل سازگاری این سوخت با محیط زیست می‌باشد (Morris et al., 2003).

۲-۱ بیان مسئله

استفاده از روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت موتور، اولین بار توسط رادولف دیزل گزارش شده است. اصلی‌ترین مسئله‌ای که از استفاده‌ی مستقیم این روغن‌ها در موتورهای دیزل امروزی جلوگیری می‌کند، گرانروی سینماتیکی بالای آن‌ها است. گرانروی سینماتیکی بالا، موجب بروز اشکال در پاشش و پودر شدن مناسب سوخت در محفظه احتراق شده و همچنین باعث اختلال در روانکاری، احتراق ناقص و در نهایت رسوب کربن در سیلندر موتور می‌شود (Ma and Hanna, 1999).

برای کاهش گرانروی، استفاده از چهار روش ترانس‌استریفیکاسیون، پیرولیز، رقیق سازی و میکروامولسیون تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است و از میان آن‌ها ترانس‌استریفیکاسیون رایج‌ترین روشی است که امروزه در صنعت برای کاهش گرانروی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Knothe et al., 2005).

واکنش میان یک روغن یا چربی و یک الکل، ترانس‌استریفیکاسیون نامیده می‌شود. این واکنش اغلب در حضور کاتالیزور انجام می‌پذیرد و محصول آن بیودیزل و گلیسرین است. از آنجا که روغن و الکل

نسبت به هم مخلوط نشدنی هستند، واکنش آن‌ها با هم مدت زمان زیادی طول می‌کشد. بنابراین، استفاده از کاتالیزور، هم زدن مکانیکی با شدت زیاد و افزایش دما (روش مرسوم) مدت زمان تولید بیودیزل را تا حدی کاهش داده است (Ghobadian and Khatamifar, 2005)، لیکن این کاهش به حدی نیست که خواسته‌های مورد انتظار را برآورده کند. از این رو، یافتن راه‌حلی برای این مسئله موضوع تحقیق بسیاری از پژوهشگران بوده است. یکی از این روش‌های مورد استفاده، تابش امواج ریزموج است.

۳-۱ اهداف تحقیق

در این تحقیق هدف این است که سامانه‌ای برای تولید بیودیزل به کمک ریز موج^۱ ساخته شود. سپس با استفاده از آن بیودیزل تولید گردد و در نهایت شرایط بهینه تولید برای کاربردهای صنعتی و تولید انبوه گزارش گردد.

به طور خلاصه اهداف تحقیق حاضر به طور خلاصه عبارتند از:

۱- طراحی و ساخت سامانه آزمایشگاهی تولید بیودیزل مجهز به امواج ریزموج

۲- تولید بیودیزل با استفاده از امواج ریزموج

۳- بررسی درصد نهایی تولید بیودیزل با تغییر در متغیرهای مستقل

^۱ Microwave

فصل دوم

مروری بر پژوهش‌های پیشین

۱-۲ سوخت‌های زیستی

سوخت‌های زیستی به آن دسته از سوخت‌ها اطلاق می‌گردد که انرژی آن‌ها از تثبیت بیولوژیکی کربن حاصل گردیده و شامل سوخت‌های مشتق شده از زیست توده از قبیل زیست توده جامد، سوخت‌های مایع و زیست گازهای مختلف می‌باشد (Anonymous, 2011a).

دلایل متعددی در ارتباط با رویکرد کشورهای صنعتی و در حال توسعه به استفاده از سوخت‌های زیستی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به امنیت انرژی، نگرانی‌های زیست محیطی، درآمد حاصل از تبادلات بین‌المللی و مباحث اجتماعی- اقتصادی مربوط به بخش کشاورزی اشاره کرد. (Demirbas and Balat, 2006)

سناریوهای مختلفی در رابطه با میزان تولید بیوفیول‌ها از منابع بیوماس در آینده تولید انرژی جهان وجود دارد. یکی از سناریوهای پر قوت در رابطه با آینده بیوماس‌ها بیان می‌کند که تا سال ۲۰۵۰ در حدود نیمی از انرژی مصرفی در کشورهای توسعه‌یافته از منابع زیست توده تولید خواهند شد (IPCC, 1997).

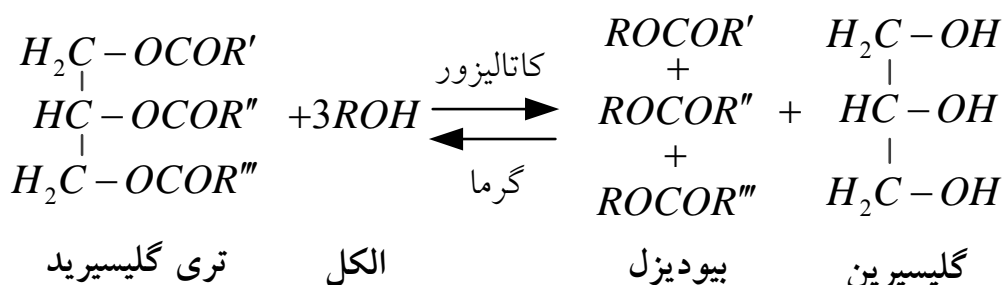
۲-۲ بیودیزل

از روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت جایگزین نزدیک صد سال پیش زمانی که دکتر رادولف دیزل مخترع موتور دیزل برای اولین بار روغن بادام زمینی را در موتور احتراق تراکمی خود آزمایش نمود، می‌گذرد (shay, 1993). روغن‌های گیاهی دارای پتانسیل خوبی در جایگزینی بخشی از سوخت‌های فسیلی در آینده نزدیک می‌باشند. اگر چه روغن‌های گیاهی جایگاه برجسته‌ای را در توسعه سوخت‌های جایگزین دارا هستند اما با این حال هنوز هم مشکلات زیادی در استفاده مستقیم از آن‌ها در موتور دیزل (به ویژه در موتورهای پاشش مستقیم) وجود دارد.

برخی از این مشکلات عبارتند از (Ma and Hana, 1999):

- ❖ پدیده کک سازی و تشکیل پدیده شیپوری در انژکتورها و ایجاد مشکل در پاشش مناسب سوخت.
- ❖ تشکیل رسوبات کربن.
- ❖ ایجاد لایه روغن چسبناک.
- ❖ تغلیظ و ژل‌سان نمودن روغن روانکاری به علت ناخالصی‌های موجود در روغن‌های گیاهی، پدیده اکسیداسیون و پلیمراسیون در طول احتراق.
- ❖ تشکیل اسید و دارا بودن اسیدهای چرب آزاد.
- ❖ گرانروی بالا.

به منظور به‌کارگیری مستقیم این ترکیبات به عنوان منبع انرژی در موتورهای درون‌سوز و دارا بودن شرایط احتراق مناسب، لازم است تا ساختار مولکولی این ترکیبات به اجزاء ساده‌تری از طریق واکنش‌های ترانس‌استریفیکاسیون، رقیق سازی، پیرولیز و میکروامولسیون شکسته شده و متعادل گردد. از این میان روش‌های مذکور، ترانس‌استریفیکاسیون رایج‌ترین و بهترین روش در تولید سوختی پاک‌تر و سازگارتر با محیط زیست است. تبدیل شیمیایی روغن به استر چرب متناظر آن ترانس‌استریفیکاسیون نامیده می‌شود و در شکل (۱-۲) معادله آن آورده شده است:



شکل ۱-۲: معادله واکنش ترانس‌استریفیکاسیون (Cancela et al., 2012).