بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای محمد کرد پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **تعیین معادله سینتیکی حاکم بر فرآیند تولید بیودیزل حاصل از روغن کرچك به کمك روش ریزموج** در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۲۹ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مجتبی صدر عاملی	استاد	
استاد مشاور	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر جعفر توفیقی داریان	استاد	
استاد ناظر	دکتر شهره فاطمی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر جعفر توفیقی داریان	استاد	
استاد ناظر راهنمای دوم	دکتر برات قبادیان	دانشیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی محمد کرد

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی شیمی است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر سید مجتبی صدرعاملی ، و راهنمایی جناب آقای دکتر برات قبادیان از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **محمد کرد** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد کرد

تاریخ و امضا: ۹۲/۵/۶

تقدیم به پدرم

خسته از تمام زحمات متحمل شده در طول زندگی ام، به تکیه گاهی که شانه هایش را پله ترقی ام قرار داد. به کسی که همیشه با ناسازگاری ام سازگار شد و دم برنیاورد.

تقدیم به مادرم

یگانه وجودی که سوخت تا در نور روشنائی اش زندگی کردن را بیاموزم، به مسیحا دمی که دوست داشتن را به من آموخت و انسان گونه زیستن را.

و پیشکش به همسر عزیزم

اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم. آن همیشه همراه به پاس حضور و همراهی بی دریغش در تمامی لحظات زندگی ام. او که اسوه صبر و تحمل بوده و سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد.

تقدیر و تشکر

پس از حمد و سپاس به درگاه یکتای بی‌همتا که قلم را قداست و انسان را کرامت بخشید لازم می‌دانم مراتب امتنان و قدردانی خویش را تقدیم سرورانی نمایم که ارائه پایان نامه حاضر مرهون مساعدت‌های بی‌شائبه آنان بوده است. بدین وسیله از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای **دکتر سید مجتبی صدرعاملی** و جناب آقای **دکتر برات قبادیان** که بزرگوارانه و دلسوزانه با نظرات ارزشمند و مساعدت‌های بی دریغ خویش، راه‌گشای انجام تحقیق شده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. از اساتید محترم ناظر پایان نامه جناب آقای دکتر توفیقی و سرکار خانم دکتر فاطمی که زحمت مطالعه پایان نامه را عهده‌دار بوده اند و با راهنمایی‌ها و نظرات سازنده باعث غنی‌تر شدن پژوهش حاضر گردیدند نهایت قدردانی را می‌نمایم.

از دوستان عزیز و بزرگوارى که در حد توانشان یارى و مساعدت هاى خود را از بنده حقیر دریغ ننموده‌اند، جناب آقاى مهندس رضایی کیاو آقاى مهندس هادى زارعى کارشناسان محترم آزمایشگاه، جناب آقایان مهندس صفی الدین، مهندس مقامی و سرکار خانم مهندس صفائی نهایت تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

محمد کرد

تابستان ۱۳۹۲

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

بهینه سازی و سینتیک فرآیند تولید بیودیزل حاصل از روغن کرچک به کمک روش ریزموج

محمد کرد

استاد راهنمای اول:

دکتر سید مجتبی صدرعاملی

استاد راهنمای دوم:

دکتر برات قبادیان

تابستان ۱۳۹۲

چکیده

بیودیزل به عنوان سوخت جایگزین گازوئیل دارای مزیت‌های بسیاری از جمله کاهش میزان انتشار بعضی از آلاینده‌های هوا، کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، قابلیت تجدیدپذیری، زیست تخریب پذیری و داشتن ماهیت غیرسمی می‌باشد. یافتن روش مناسب و دوستدار محیط زیست به منظور تولید بهتر و سریع‌تر بیودیزل، می‌تواند بسیاری از چالش‌های موجود درباره کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و تاثیرات سوء ناشی از آن را برطرف نماید. به‌طور کلی روش‌های تولید بیودیزل به دو دسته مرسوم و پیشرفته طبقه‌بندی می‌شوند. در پژوهش حاضر هدف تولید بیودیزل از ترکیب روغن کرچک و متانول با استفاده از ریزموج به عنوان یکی از تکنیک‌های جدید، و نیز بررسی فرآیند انجام واکنش از نظر سینتیکی می-باشد. در پژوهش حاضر یک سامانه ریزموج برای انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون بازی مورد استفاده قرار گرفت. به کمک سامانه ریزموج اثر عوامل غلظت کاتالیزور (۰.۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪ بر مبنای جرم روغن)، نسبت مولی الکل به روغن (۶ به ۱، ۹ به ۱ و ۱۲ به ۱) ، زمان انجام واکنش (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) و توان ریزموج(۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ وات) بر روی درصد تبدیل اسید چرب به متیل استر بررسی شد. نتایج آماری تجزیه واریانس حاصل از تحلیل داده‌ها با نرم افزار Design Expert نشان دهنده‌ی معنی داری اثر هر چهار متغیر مستقل و اثرهای متقابل آن‌ها بر روی متغیر وابسته می‌باشد. تحلیل داده‌های آزمایشی نشان داد که بیشترین درصد تبدیل (۹۱/۲۱ درصد) در نسبت مولی الکل به روغن ۶ به ۱، غلظت کاتالیزور ۱/۵٪، زمان ۱۲۰ ثانیه و توان ۴۰۰ وات بدست آمد. بهینه سازی واکنش تولید بیودیزل با توجه به درصد تبدیل توسط روش منحنی پاسخ (نرم افزار Design Expert) نشان داد که در ۱/۴۴ ٪ غلظت کاتالیزور، نسبت مولی الکل به روغن ۷/۱۲ به ۱ ، توان ۴۹۰/۳۴ و زمان ۱۲۲ ثانیه بیشینه شدن درصد تبدیل رخ می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از سینتیک فرآیند، نشان داد که داده‌های بدست آمده از واکنش ترانس استریفیکاسیون با معادله درجه دوم تطابق بهتری داشته، و ثایت سرعت برابر با ($L.mol^{-1}.min^{-1}$) ۰/۲۷۰۳ بدست آمد. برای محاسبه انرژی فعال سازی از رابطه آرنیوس استفاده شد که داده‌های آزمایشگاهی با این مدل مطابقت دارند. مقدار انرژی فعال سازی نیز برابر با J/mol ۶۲۳۷/۴۱ بدست آمد.

کلید واژه:

سینتیک تولید بیودیزل، روغن کرچک، ترانس استریفیکاسیون بازی، ریزموج، روش سطح پاسخ.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... أ

فهرست مطالب ..... أ

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د

فهرست جدول‌ها ..... ه

فهرست شکل‌ها ..... و

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تعریف مسئله ۴

۱-۳ اهداف تحقیق ۵

فصل دوم: مرور سابقه تحقیق ۶

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ بیودیزل ۶

۲-۲-۱ تاریخچه ۶

۲-۲-۲ سوخت بیودیزل ۸

۲-۲-۳ مواد اولیه برای تولید بیودیزل ۹

۲-۲-۴ مزایا و معایب بیودیزل ۱۱

۲-۳ روش‌های مختلف تولید سوخت بیودیزل ۱۲

۲-۳-۱ پیرولیز ۱۲

۲-۳-۲ میکروامولسیون ۱۴
۲-۳-۳ ترانس استریفیکاسیون ۱۵
۲-۴ تولید بیودیزل با واکنش ترانس استریفیکاسیون ۱۸
۲-۴-۱ فناوری های تولید بیودیزل ۱۸
۲-۴-۲ فرآیند ترانس استریفیکاسیون به کمک ریزموج ۱۹
۲-۵ مکانیسم ترانس استریفیکاسیون ۲۳
۲-۵-۱ مکانیسم ترانس استریفیکاسیون با کاتالیست بازی ۲۳
۲-۵-۲ مکانیسم ترانس استریفیکاسیون با کاتالیست اسیدی ۲۳
۲-۵-۳ ترانس استریفیکاسیون با آنزیم لیپاز ۲۵
۲-۶ سینتیک واکنش ترانس استریفیکاسیون ۲۷
۲-۷ ضرورت انجام تحقیق حاضر ۳۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۳۳
۳-۱ مقدمه ۳۳
۳-۲ مواد اولیه ۳۵
۳-۲-۱ روغن کرچک ۳۵
۳-۲-۲ الکل و کاتالیزور ۳۹
۳-۲-۳ پمپ ۴۲
۳-۳ سامانه تولید بیودیزل به کمک ریزموج ۴۳
۳-۴ آماده سازی نمونه برای تزریق به دستگاه GC ۴۶
۳-۵ اندازه گیری بازده واکنش ترانس استریفیکاسیون ۴۸
۳-۶ روش سطح پاسخ و طراحی آزمایش‌ها ۴۹
۳-۷ روش‌های تعیین سینتیک واکنش ۵۰
۳-۷-۱ روش انتگرال ۵۱

۳-۷-۲ روش دیفرانسیل ۵۱
۳-۸ تعیین سینتیک واکنش ترانس استریفیکاسیون ۵۱
۳-۸-۱ واکنش درجه اول ۵۲
۳-۸-۲ واکنش درجه دوم ۵۳
۳-۹ بدست آوردن انرژی فعالسازی ۵۴

فصل چهارم: نتایج وبحث ۵۵
۴-۱ بهینه سازی پارمترهای شیمیایی موثر بر واکنش ۵۵
۴-۲ نتایج تجزیه واریانس برای بازده واکنش ۵۷
۴-۲-۱ اثر مجزای پارامترهای عملیاتی بر بازه واکنش ۵۷
۴-۲-۲ اثر متقابل پارامترهای عملیاتی بر بازده واکنش ۶۲
۴-۳ بررسی و تعیین نقطه بهینه برای درصد تبدیل ۷۲
۴-۴ بهینه سازی واکنش تولید بیودیزل با درصد تبدیل ۷۴
۴-۵ سینتیک فرآیند ترانس استریفیکاسیون ۷۵
۴-۵-۱ محاسبه درجه و ثابت سرعت واکنش ۷۷
۴-۵-۲ محاسبه انرژی فعال سازی ۷۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۰
۵-۱ نتیجه گیری ۸۰
۵-۲ پیشنهادها ۸۱

منابع ۸۲

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	واحد	علامت اختصاری
جرم مولکولی	گرم	M
نرمالیته	-	N
جرم	گرم	W
سطح زیر پیک	میکروولت در ثانیه	A
حجم	لیتر	V
بازده	٪	Y

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مقایسه بین روش‌های تولید سوخت بیودیزل با کاتالیست‌های قلیایی و آنزیمی..... ۲۶

جدول ۳-۱: ترکیب درصد مواد تشکیل دهنده روغن کرچک..... ۳۵

جدول ۳-۲ ویژگی‌های متانول..... ۴۰

جدول ۳-۳ ویژگی‌های کاتالیزور..... ۴۱

جدول ۳-٤: جرم الکل مورد نیاز..... ۴۱

جدول ۳-۵: جرم کاتالیزور مورد نیاز..... ۴۲

جدول ۳-٦ : پارامترهای مربوط به آنالیز بیودیزل با استفاده از GC..... ۴۷

جدول ۳-۷ : ماتریس آزمایش‌ها..... ۴۹

جدول ٤-۱ جزئیات طرح بهینه سازی پارامترهای موثر در واکنش تولید بیودیزل با کمک ریزموج..... ۵۵

جدول ٤-۲: طرح آزمایشی بهینه سازی پارامترهای موثر بر واکنش تولید بیودیزل با کمک ریزموج..... ۵٦

جدول ٤-۳ تجزیه واریانس برای بازده تولید بیودیزل..... ۵۸

جدول ٤-٤: آنالیز واریانس مدل رگرسیونی درجه دوم برای درصد تبدیل بیودیزل..... ۷۲

جدول ٤-۵ : شرایط مرزی متغیرهای مستقل و هدف برای بهینه سازی تولید بیودیزل..... ۷٤

جدول ٤-٦: ثابت سرعت واکنش،زمان و بازده ترانس استریفیکاسیون در حالت‌های مختلف..... ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ معادله کلی واکنش ترانس استریفیکاسیون..... ۱۶

شکل ۲-۲ معادله کلی واکنش ترانس استریفیکاسیون تری گلیسرید..... ۱۷

شکل ۲-۳ مراحل ترانس استریفیکاسیون تری گلیسریدها..... ۱۷

شکل ۲-٤طیف الکترومغناطیسی..... ۱۹

شکل ۲-۵: مکانیسم واکنش ترانس استریفیکاسیون کاتالیزور بازی..... ۲٤

شکل ۲-٦: مکانیسم ترانس استریفیکاسیون کاتالیزور اسیدی..... ۲۵

شکل ۲-۷ : مراحل انجام واکنش ترانس استریفیکاسیون..... ۲۸

شکل ۲-۸: معادلات سینتیکی واکنش ترانس استریفیکاسیون..... ۲۹

شکل ۳-۱ : مراحل تولید بیودیزل به‌روش ترانس استریفیکاسیون..... ۳٤

شکل ۳-۲: پروفایل اسیدچرب روغن کرچک استفاده تحت آزمایش..... ۳٦

شکل ۳-۳ : شکل فضایی ملکول متانول..... ۳۹

شکل ۳-٤ کاتالیزور مورد استفاده ٤۰

شکل ۳-۵ : شماتیک پیچه استفاده شده به عنوان راکتور..... ٤٤

شکل ۳-٦ : سامانه تولید سوخت بیودیزل به کمک ریزموج..... ٤۵

شکل ٤-۱: نمودار بازده واکنش برحسب زمان در نقطه مرکزی با نسبت مولی ۹، توان ٤۰۰ وات و غلظت کاتالیزور ۱٪ ۵۹

شکل ٤-٢: نمودار بازده واکنش برحسب توان در نقطه مرکزی با زمان ١٢٠ ثانیه، نسبت مولی ٩ و غلظت کاتالیزور ١٪ ٦٠

شکل ٤-٣: نمودار بازده واکنش برحسب غلظت کاتالیزور در نقطه مرکزی با نسبت مولی ٩، زمان ١٢٠ ثانیه و توان ٤٠٠ وات. ٦١

شکل ٤-٤ : نمودار بازده واکنش برحسب نسبت مولی الکل به روغن در نقطه مرکزی با زمان ١٢٠ ثانیه، غلظت کاتالیزور ١٪ و توان ٤٠٠ وات. ٦٢

شکل ٤-٥ : نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده واکنش به ازای تغییرات نسبت مولی و زمان واکنش.... ٦٣

شکل ٤-٦ : خطوط تراز درصد تبدیل به ازای تغییرات نسبت مولی و زمان واکنش. ٦٤

شکل ٤-٧ : نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده واکنش به ازای تغییرات زمان واکنش و توان..... ٦٥

شکل ٤-٨ : خطوط تراز بازده واکنش به ازای تغییرات زمان واکنش و توان..... ٦٥

شکل ٤-٩: نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده واکنش به ازای تغییرات زمان و غلظت کاتالیزور..... ٦٦

شکل ٤-١٠ : خطوط تراز بازده واکنش به ازای تغییرات زمان واکنش و غلظت کاتالیزور..... ٦٧

شکل ٤-١١: نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده واکنش به ازای تغییرات نسبت مولی و توان. ٦٨

شکل ٤-١٢: خطوط تراز بازده واکنش به ازای تغییرات نسبت مولی و توان..... ٦٨

شکل ٤-١٣: نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده به ازای تغییرات نسبت مولی و غلظت کاتالیزور..... ٦٩

شکل ٤-١٤: خطوط تراز بازده واکنش به ازای تغییرات نسبت مولی و غلظت کاتالیزور..... ٧٠

شکل ٤-١٥: نمودار سه بعدی سطح پاسخ بازده واکنش به ازای تغییرات توان و غلظت کاتالیزور..... ٧١

شکل ٤-١٦: خطوط تراز بازده واکنش به ازای تغییرات توان و غلظت کاتالیزور..... ٧١

شکل ٤-١٧: راندمان واکنش مشاهده شده به ازای راندمان واکنش پیش بینی شده..... ٧٤

شکل ٤-١٨ : نمودار بازده متیل استر در نقطه بهینه و در سه دمای مختلف.....٧٦

شکل ٤-١٩: نمودار سینتیک واکنش ترانس استریفیکاسیون با معادله درجه اول.....٧٧

شکل ٤-٢٠: نمودار سینتیک واکنش ترانس استریفیکاسیون با معادله درجه دوم.....٧٨

شکل ٤-٢١ : نمودار انرژِی فعالسازی واکنش ترانس استریفیکاسیون به روش ریزموج.....٧٩

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

سوخت بیودیزل یک جایگزین برای سوخت دیزل محسوب می‌شود. محتوای انرژی موجود در بیودیزل مانند سوخت دیزل می‌باشد. بیودیزل به علت پاک بودن مزایای دیگری نیز دارد. این سوخت از مواد آلی در طبیعت مانند روغن گیاهی یا چربی حیوانی تولید می شود، به همین دلیل هنگام سوختن آلودگی کمتری از خود به جا می‌گذارد. به منظور حفظ منابع موجود و کاهش آلاینده‌ها، گرایش به سمت انرژی‌های تجدید پذیر و سوخت‌های جایگزین امری ضروری به نظر می‌رسد.

از آغاز انقلاب صنعتی در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹، انرژی عامل ضروری برای بشر، حفظ رشد اقتصادی و حفظ حیات شده است. گسترش انقلاب صنعتی در اروپا با دسترسی فراوان به زغال سنگ به عنوان اولین منبع انرژی صورت گرفت. در این حین، ظهور اتومبیل‌ها، هواپیماها و الکتریسیته با استفاده از انرژی نفت در قرن بیستم ممکن شد. از آن به بعد، زغال سنگ و نفت منابع اصلی انرژی برای بشر شدند. تا امروز، انرژی به طور پیوسته از منابع قدیمی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی بدست می‌آید. علیرغم کشف انرژی‌های جایگزین متفاوت بویژه انرژی‌های تجدیدپذیر از زیست سوخت‌ها و خورشیدی، سوخت‌های فسیلی به عنوان بزرگترین منبع برای تامین نیاز انرژی جهانی باقی مانده‌اند. در سال ۲۰۰۶، مجموع نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ بیش از ۸۳ درصد از تولید انرژی اصلی جهان را تشکیل می داد. اگرچه سهم بازار سوخت‌های مایع مانند نفت به دلیل قیمت

بالای آن در آینده احتمالا کاهش خواهد یافت، گاز طبیعی و زغال سنگ به عنوان منبع مهم تامین انرژی باقی خواهند ماند[۱].

نفت منبع پایان پذیر سوختی است که به سرعت در حال کمیاب و گران شدن است. امروزه، بخش حمل و نقل جهان به طور کامل وابسته به سوخت‌های مشتق از نفت است. یک پنجم انتشار جهانی CO_2 توسط بخش حمل و نقل ایجاد می‌شود که حدود ۶۰٪ مصرف نفت جهان است. یکی از مشکلات جدی سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و انواع دیگر آلوده کننده‌های هوا مانند دی اکسید سولفور ، هیدروکربن‌ها و ترکیبات آلی فرار می‌باشد[۲].

پیش بینی می‌شود در صورتی که تلاش موثری برای کم کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط سوخت‌های فسیلی صورت نگیرد، میزان آن در سال ۲۰۳۰ به ۳۹ درصد خواهد رسید. تجمع زیاد این گازها در جو موجب تغییرات ناگهانی آب و هوا و باران اسیدی می‌شود. از سوخت‌های فسیلی علی‌رغم مخالفت‌های گروه‌های فعال محیط زیست، بویژه در کشورهای در حال توسعه بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود[۲].

در طول دهه گذشته، با توجه به رشد جمعیت انسان و صنعتی شدن، مصرف نفت در سراسر جهان به طور دائم افزایش یافته است، و این باعث کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی و افزایش قیمت نفت شده است. از سوی دیگر، احتراق سوخت‌های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه ای و در نتیجه، آلودگی جوی و گرمایش جهانی می‌شود. بخش حمل و نقل تقریبا به طور کامل به سوخت‌های مشتق از نفت خام وابسته است. افزایش تعداد وسایل نقلیه در روی زمین، می‌تواند پایداری محیط زیست و آب و هوا را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین در حال حاضر، محققان در سراسر جهان در صدد جایگزینی سوخت دیزل با یک سوخت تمیز و تجدید پذیر مانند بیودیزل هستند. این سوخت دارای مزایای فنی بسیاری نسبت به سوخت‌های فسیلی مانند اشتقاق از مواد خام تجدید پذیر و داخلی، مقدار سولفور ناچیز، نقطه اشتعال بالاتر و احتراق بهتر است. بیودیزل می تواند به عنوان سوخت خالص و یا به صورت مخلوط با دیزل معمولی، که در تمام نسبت‌ها پایدار است، استفاده شود. از تولید

بیودیزل برای ایجاد اشتغال و توسعه اقتصادی در مناطق روستایی، جایگزینی دراز مدت از سوخت های فسیلی، کاهش وابستگی کشور به واردات نفت و افزایش امنیت منابع انرژی انتظار می‌رود.

گرچه بیودیزل مزایای زیادی نسبت به دیزل معمولی دارد، اما قیمت بالای تولید، مانع اصلی برای استفاده تجاری آن است. ژانگ و همکاران نشان دادند که قیمت هرلیتر بیودیزل در حدود ۰/۵ دلار، در مقایسه با دیزل معمولی با ۰/۳۵ دلار می‌باشد. به طور کلی، قیمت سوخت بیودیزل به هزینه‌های مواد اولیه، که ۷۰ تا ۹۵ درصد از کل هزینه آن را در بردارد، وابسته است. استفاده از روغن‌های غیر خوراکی ارزان می تواند راهی برای بهبود اقتصادی تولید بیودیزل و تولید تجاری آن در مقیاس صنعتی باشد. شرایط آب و هوایی مختلف، باعث شده است که کشورهای مختلف به دنبال انواع گوناگون روغن های گیاهی غیر خوراکی به منظور استفاده در تولید بیودیزل باشند[۳]

در حال حاضر، روغن‌های خوراکی از منابع اصلی برای تولید بیودیزل در جهان می‌باشد (بیش از ۹۵٪). بنابراین، دلایل زیادی برای عدم استفاده از روغن‌های خوراکی به عنوان مواد اولیه در تولید بیودیزل وجود دارد. استفاده از روغن خوراکی در تولید بیودیزل باعث عدم توازن جهانی به تقاضای بازار و عرضه مواد غذایی با قیمت‌های بالا، کاهش منابع غذایی و رشد ظرفیت نیروگاه تجاری می‌شود. بنابراین، باید منابع غیر خوراکی، که در تغذیه انسان استفاده نمی شود و می تواند در زمین‌های بایر رشد کنند را مورد توجه قرار داد. روغن‌هایی که از این منابع هستند، به دلیل وجود ترکیبات سمی برای مصرف انسان نامناسب هستند. به عنوان مثال، ترکیبات سمی در گیاهان جاتروفا، پروتئین کیوسین[۱] و عوامل ضد یبوست، پروتئین ریسین[۲] در گیاه کرچک، وجود دارد. علاوه بر هزینه‌های کم و عدم امکان استفاده از آن‌ها برای مصرف انسان، دلایل دیگری نیز برای تولید بیودیزل از روغن‌های غیر خوراکی وجود دارد. در سراسر جهان، تعداد زیادی از گیاهان روغنی وجود دارد که مقادیر زیادی

[1] Cucin

[2] Ricin

از روغن‌های غیرخوراکی تولید می‌کنند. همچنین این گیاهان غیر خوراکی را می‌توان به راحتی در زمین‌های نامناسب برای محصولات انسانی با هزینه بسیار پایین‌تر نسبت به محصولات خوراکی، کشت کرد . همچنین رشد این گیاهان، غلظت CO_2 در جو را کاهش می دهد. با این حال، به عنوان یک نقطه ضعف جدی، روغن‌های غیر خوراکی حاوی مقدار زیادی اسیدهای چرب آزاد (FFAs) هستند که هزینه تولید بیودیزل را افزایش می دهد[۳].

۱-۲ تعریف مسئله

امروزه افزایش کاربرد سوخت‌های فسیلی در زمینه‌های مختلف باعث نگرانی فزاینده‌ای در مورد استفاده از این سوخت و یا مسایل مربوط به گرمایش جهانی شده است. علاوه بر این، کاهش این منبع بزرگ انرژی، باعث می‌شود که محققان دنبال جایگزین کردن سوخت‌های کارآمد دیگری باشند. یکی از این سوخت‌های جایگزین، بیودیزل است که باتوجه به مزایای آن از جمله غیرسمی بودن، زیست تخریب پذیری، تجدیدپذیری، کاهش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی کمتر در مقایسه با دیگر سوخت‌ها، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است[۴].

در حال حاضر، میزان تقریبی حجم ذخایر نفتی جهان به اندازه‌ای است که چنانچه روند تکیه بر سوخت‌های فسیلی ادامه یابد، در آینده نزدیک جهان با مشکلات زیادی در خصوص محیط زیست و کمبود مواد اولیه رو به رو خواهد شد. به همین دلیل، در سال‌های اخیر تحقیقات در جهان بر روی سوخت‌های تجدیدپذیر غیرآلاینده متمرکز شده است. در ایران نیز چند سالی است که پیرامون تولید و کاربرد این سوخت‌ها تحقیقاتی شروع شده است. یکی از این سوخت‌ها بیودیزل است که ماده اولیه آن روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی هستند. در حدود ۷۵ درصد از هزینه تمام شده محصول نهایی سوخت بیودیزل، ماده اولیه آن (روغن گیاهی یا چربی حیوانی) است. از این رو، در هر کشوری تلاش می شود تا ماده اولیه در آن کشور تولید شود[۵].