





تبادل استری پسماند روغن های خوراکی با استفاده از نانو ذرات به عنوان کاتالیست

پایان نامه کارشناسی ارشد فرآوری و انتقال گاز

حامد نایب زاده

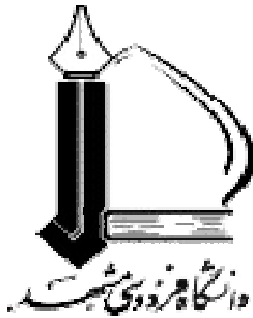
اساتید راهنما

دکتر ناصر ثقه الاسلامی

(هیئت علمی دانشگاه فردوسی - گروه مهندسی شیمی)

دکتر عبدالمجید مسکوی

(هیئت علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی - گروه کشاورزی و صنایع غذایی)



دانشکده مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (فرآوری و انتقال گاز) آقای حامد نایب زاده

تحت عنوان

تبادل استری پسماند روغن های خوراکی با استفاده از نانو ذرات به عنوان کاتالیست

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|------------------------|--|
| دکتر ناصر ثقه الاسلامی | ۱- استاد راهنمای اول پایان نامه |
| دکتر عبدالمجید مسکوکی | ۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه |
| دکتر حسین عشقی | ۳- استاد داور خارجی |
| دکتر سید محمود موسوی | ۴- استاد داور داخلی و نماینده تحصیلات تکمیلی |

دکتر مهدی پورافشاری

مدیر گروه مهندسی شیمی

به نام خداوندی که انسان را با قلم عشق نقاشی نمود و آنگاه که ناقوس خلقت نواخته شد و آدمی رنگ حیات به خود گرفت، تعلیم را سرلوحه تکامل او قرار داد و سپاس خدای بلند مرتبه را که در طی این راه سخت همواره یار من بوده تا بتوانم با تمام سختی‌ها، مسیر پر پیچ و خم علم اندوزی را طی کنم. در ابتدا باید از پدر و مادری دلسوز و برادری رفیق و شفیق که همواره حامی و تکیه‌گاه من در تمامی سختی‌ها بودند و سعی کردند تا کمترین مشکلات را تحمل کنم، تشکر کنم. همچنین باید از اساتید گران‌قدر جناب آقایان دکتر ثقه الاسلامی و دکتر مسکوکی که با کمک‌ها و راهنمایی‌های خود راه درست را به اینجانب نشان دادند، کمال قدردانی را داشته باشم. اما طی این مسیر سخت بدون کمک و همیاری دوست عزیزم جناب مهندس بهگام رحمانی وحید که در تمامی لحظات برای ارتقای سطح علمی اینجانب و انجام طرحی سودمند تلاش کردند، امکان پذیر نبود.

در انجام مراحل آزمایش جناب آقایان مهندس محمدی، جوادی، غیور، امینی و سرکار خانم مهندس زعفرانی و همچنین تمامی عزیزان در پارک علم و فناوری و علی‌الخصوص پژوهشکده علوم و صنایع غذایی که کمک شایانی به اینجانب برای پیشبرد کار تحقیقاتی خود رساندند قدردانی کنم. همچنین از جناب آقای دکتر عشقی مدیر گروه شیمی دانشکده علوم پایه و دکتر حامد موسویان مدیر گروه اسبق مهندسی شیمی به خاطر مساعدت در استفاده از امکانات آزمایشگاه شیمی تجزیه گروه شیمی و آزمایشگاه تحقیقاتی مهندسی شیمی سپاسگزارم.

در انتها از تمامی عزیزانی که شاید نامشان گفته نشده ولی کمک‌های بی‌دریغی به پیشرفت اینجانب و همچنین پیشبرد این کار تحقیقاتی کردند، تشکر می‌کنم. باشد که روزی بتوانم جوابگوی تمامی محبت‌های این عزیزان باشم.

حامد نایب‌زاده

تعهد نامه

اینجانب **حامد نایب زاده** دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده پایان نامه: تبادل استری پسماند روغن های خوراکی با استفاده از نانو ذرات به عنوان کاتالیست، تحت راهنمایی آقایان **دکتر ناصر ثقه الاسلامی و دکتر عبدالمجید مسکوکی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از این نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «*Ferdowsi University of Mashhad*» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده است، اصل رازداری و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۷

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شده است.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.
- متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده وجود داشته باشد.

«تقدیم به آنکه این راه، برای او طی شد»

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
چکیده.....	۱.....
پیش گفتار.....	۲.....
فصل اول : بیودیزل، مزایا و معایب و روش های تولید آن.....	۶.....
۱-۱- ترکیبات روغن های گیاهی	۷.....
۱-۲- مشکلات استفاده مستقیم روغن گیاهی در موتورهای دیزل.....	۸.....
۱-۳- روش های اصلاح روغن های گیاهی برای کاربرد در موتورهای دیزل.....	۸.....
۱-۳-۱- استفاده مستقیم از روغن با ترکیب های آمیخته	۸.....
۱-۳-۲- کراکینگ حرارتی یا پیرولیز.....	۹.....
۱-۳-۳- میکرو امولسیون.....	۹.....
۱-۳-۴- تبادل استری	۹.....
۱-۴- آمارهایی از مصرف سوخت.....	۱۰.....
۱-۵- موازنه انرژی بیودیزل	۱۱.....
۱-۶- زمینه تولید بیودیزل	۱۱.....
۱-۶-۱- بررسی زمینه های عملیاتی در ایران.....	۱۳.....
۱-۷- بیودیزل و گازوئیل - مقایسه کارایی، کارکرد و کاربرد.....	۱۳.....
۱-۸- فرایند تشکیل بیودیزل	۱۴.....
۱-۹- اشکالات فرایند معمولی	۱۸.....
۱-۱۰- کاتالیست های ناهمگن برای تولید بیودیزل	۱۹.....
۱-۱۰-۱- کاتالیست های بازی جامد.....	۱۹.....
۱-۱۰-۲- کاتالیست های اسیدی جامد	۲۰.....
۱-۱۱- بررسی مطالعات پیشین	۲۰.....
فصل دوم : بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر سنتز کاتالیست	۲۳.....
۱-۲- روش های سنتز کاتالیست	۲۵.....
۱-۲-۱- روش های اشباع سازی	۲۵.....
۱-۲-۲- روش هم رسوبی	۲۵.....
۱-۲-۳- روش بدون حلال	۲۶.....
۱-۲-۴- روش سل- ژل	۲۷.....
۱-۲-۲- مقایسه روش ها	۲۹.....

۲۹	۳-۲- تأثیر دمای کلسینه کردن.....
۳۰	۴-۲- درصد بارگذاری ماده تقویتی.....
۳۱	فصل سوم: روش‌های آماری برای آنالیز داده‌های آزمایشگاهی.....
۳۴	۳-۱- روش طراحی آزمایش (DOE).....
۳۶	۳-۲- روش اجرا.....
۳۷	۳-۲- مراحل مورد نیاز جهت طراحی یک آزمایش:.....
۳۷	۳-۲-۱- درک و بیان مسئله.....
۳۷	۳-۲-۲- تعیین متغیر پاسخ.....
۳۷	۳-۲-۳- انتخاب عامل‌ها و سطوح.....
۳۸	۳-۲-۴- انتخاب نوع آزمایش طراحی شده.....
۳۸	۳-۲-۵- انجام آزمایش.....
۳۸	۳-۲-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها:.....
۳۸	۳-۲-۷- تعیین اعتبار نتایج.....
۳۸	۳-۲-۸- نتیجه‌گیریها و پیشنهادها.....
۳۹	۳-۳- روش سطح پاسخ.....
۴۲	فصل چهارم: مواد و روش آزمایش.....
۴۳	۴-۱- مواد آزمایش.....
۴۳	۴-۲- روش سنتز کاتالیست‌ها.....
۴۴	۴-۳- تعیین مشخصات کاتالیست‌ها.....
۴۵	۴-۳-۱- پراش اشعه ایکس.....
۴۵	طیف سنجش پراش اشعه X (XRD).....
۴۶	۴-۳-۲- روش‌های طیف سنجی.....
۴۶	طیف سنج تبدیل فوریه مادون قرمز.....
۴۷	۴-۳-۳- اندازه‌گیری مساحت سطح.....
۴۷	روش BET.....
۴۷	اندازه‌گیری حجم منافذ و توزیع اندازه‌ی منافذ.....
۴۸	۴-۳-۴- عکسبرداری الکترونی.....
۴۸	میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM).....
۴۸	۴-۳-۵- سنجش قدرت کاتالیست به وسیله روش‌های تیراسیون.....

۴۹	روش تبادل یونی
۴۹-۴-۴	مراحل انجام آزمایش
۴۹-۴-۴-۱	ساخت راکتور
۵۰-۴-۴-۲	آزمایش استری کردن اسید اولئیک
۵۱-۴-۴-۳	آزمایش تبدیل پسماند روغن خوراکی به بیودیزل
۵۲	اندیس صابونی
۵۳	اندیس اسید (اسید یته)
۵۴	آنالیز بیودیزل بوسیله کروماتوگراف گازی
۵۶	فصل پنجم: بحث و نتایج
۵۸-۱-۵	بررسی تأثیر دمای کلسینه روی فعالیت کاتالیست‌ها
۵۸-۱-۱-۵	آنالیز XRD
۶۱-۱-۵-۲	طیف IR
۶۲-۱-۵-۳	سنجش قدرت اسیدی
۶۴-۲-۵	تأثیر درصد بارگذاری استرن تیم اکسید روی سولفات زیر کونیا
۶۴-۱-۲-۵	آنالیز XRD
۶۷-۲-۲-۵	آنالیز BET
۶۸-۲-۵-۳	طیف FT-IR
۷۰-۲-۵-۴	عکس TEM
۷۰-۲-۵-۵	سنجش قدرت اسیدی
۷۴-۲-۵-۶	قابلیت استفاده پی در پی
۷۴-۲-۵-۷	مقایسه قدرت این کاتالیست در مقابل دیگر کاتالیست‌ها
۷۵-۳-۵	نتایج حاصل از تولید بیودیزل از پسماند روغن خوراکی و آنالیزهای آماری
۷۶-۱-۳-۵	تعریف متغیرها و تعداد آزمایشات
۷۹-۲-۳-۵	آنالیز آماری
۸۵-۳-۳-۵	بررسی اثرات متقابل فاکتورها
۹۰-۴-۵	بهبود سازی
۹۲-۵-۵	نتیجه گیری
۹۵	پیوست
۹۹	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- میزان تولید بیودیزل در آمریکا و اتحادیه اروپا..... ۱۱
- شکل ۲-۱- برآورد کل مصرف انرژی در چند سال آینده..... ۱۲
- شکل ۳-۱- واکنش تبادل استری..... ۱۴
- شکل ۴-۱- مکانیزم واکنش با کاتالیست‌های همگن بازی در واکنش تبادل استری..... ۱۵
- شکل ۵-۱- مکانیزم واکنش با کاتالیست‌های همگن بازی در واکنش تبادل استری..... ۱۷
- شکل ۱-۲- فناوری سل - ژل..... ۲۷
- شکل ۲-۲- مراحل فرایند سل-ژل..... ۲۸
- شکل ۱-۳- مدل عمومی یک فرآیند..... ۳۶
- شکل ۲-۳- مراحل اجرای روش طراحی آزمایش در یک نگاه..... ۴۰
- شکل ۱-۴- دسته بندی جزئی روش‌های آنالیز و شناسایی مواد..... ۴۴
- شکل ۲-۴- پهنای پیک در نصف ارتفاع..... ۴۶
- شکل ۳-۴- راکتور آزمایش..... ۵۰
- شکل ۴-۴- راکتورهای مورد استفاده در آزمایش..... ۵۱
- شکل ۱-۵- نمودار XRD مربوط به کاتالیست SrO/S-ZrO_2 / ۲۵٪ در دمای کلسینه (a) 500°C (b) 600°C (c) 700°C (d) 900°C ۵۸
- نمودار ۱-۵- رابطه بین درصد فاز تتراگونال و فعالیت کاتالیست در واکنش استری..... ۶۰
- شکل ۲-۵- طیف IR کاتالیست‌های کلسینه شده در دمای (a) 500°C (b) 600°C (c) 700°C (d) 900°C ۶۱
- نمودار ۲-۵- رابطه بین قدرت اسیدی و فعالیت کاتالیست‌های کلسینه شده در دمای مختلف..... ۶۳
- نمودار ۳-۵- رابطه بین قدرت اسیدی و کسر فاز تتراگونال کاتالیست‌های کلسینه شده در دمای مختلف..... ۶۳
- شکل ۳-۵- نمودار XRD مربوط به سولفات زیرکونیا تقویت شده با (a) ۰ (b) ۱۵ (c) ۲۰ (d) ۲۵ (e) ۳۰ درصد مولی استرنتیم..... ۶۴
- نمودار ۴-۵- رابطه بین درصد فاز تتراگونال و فعالیت کاتالیست سولفات زیرکونیا تقویت شده با درصد‌های مختلف استرنتیم..... ۶۷
- شکل ۴-۵- طیف FT-IR مربوط به سولفات زیرکونیا تقویت شده با (a) ۰ (b) ۱۵ (c) ۲۰ (d) ۲۵ (e) ۳۰ درصد مولی استرنتیم اکسید..... ۶۹

- شکل ۵-۵- عکس TEM راست) سولفات زیر کونیا چپ) سولفات زیر کونیا تقویت شده با ۲۵٪ مولی استرنتیم اکسید..... ۷۱
- نمودار ۵-۵- رابطه بین قدرت اسیدی و فعالیت کاتالیز گر (a) تمامی کاتالیست‌ها (b) بدون در نظر گرفتن SrO/S-ZrO_2 ۳۰٪..... ۷۲
- نمودار ۵-۶- رابطه بین قدرت اسیدی و کسر فاز تراگونال سولفات زیر کونیا تقویتی با درصد‌های مختلف استرنتیم اکسید..... ۷۳
- نمودار ۵-۷- نمودار نحوه تغییرات قدرت کاتالیست در دفعات پی در پی استفاده در واکنش استری..... ۷۴
- نمودار ۵-۸- نمودار نرمالیده باقی مانده‌ها..... ۸۴
- نمودار ۵-۹- برازش داده‌های واقعی و داده‌های بدست آمده توسط معادله پیشنهادی..... ۸۴
- شکل ۵-۶- سطح سه بعدی از اثر متقابل دما و واکنش و درصد مولی الکل / روغن مصرفی شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۵
- شکل ۵-۷- سطح سه بعدی از اثر متقابل دما و درصد وزنی کاتالیست / روغن مصرفی در شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۶
- شکل ۵-۸- سطح سه بعدی از اثر متقابل دما و زمان واکنش در واکنش در شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۷
- شکل ۵-۹- سطح سه بعدی از اثر متقابل درصد وزنی کاتالیست و درصد مولی متانول در شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۸
- شکل ۵-۱۰- سطح سه بعدی از اثر متقابل زمان واکنش و درصد مولی متانول در شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۹
- شکل ۵-۱۱- سطح سه بعدی از اثر متقابل زمان واکنش و درصد وزنی کاتالیست در شرایط صفر دو پارامتر دیگر..... ۸۹
- شکل ۱- نمودار GC مربوط به آزمایش ۲۳..... ۹۸
- شکل ۲- نمودار GC مربوط به آزمایش ۲..... ۹۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- ترکیبات اسید چرب در چند نمونه روغن [۱۵].....	۷
جدول ۲-۱- مشخصات سوخت‌های نفتی ترکیبی با درصدهای متفاوت از بیودیزل	۱۰
جدول ۱-۴- مواد آزمایشگاهی	۴۳
جدول ۱-۵- مشخصات ساختاری و فعالیت کاتالیست‌های کلسینه شده در دماهای مختلف	۵۹
جدول ۲-۵- قدرت اسیدی کاتالیست‌های کلسینه شده در دماهای مختلف	۶۲
جدول ۳-۵- مشخصات کاتالیست سولفات زیرکونیا تقویت شده به وسیله استرنتیم اکسید با درصدهای بارگذاری مختلف	۶۶
جدول ۴-۵- قطر و اندازه خلل و فرج بدست آمده از آنالیز BET.....	۶۸
جدول ۵-۵- قدرت اسیدی و فعالیت کاتالیست سولفات زیرکونیا تقویت شده با درصدهای متفاوت از استرنتیم اکسید	۷۲
جدول ۶-۵- برخی کارهای مشابه انجام شده برای تقویت سولفات زیرکونیا	۷۵
جدول ۷-۵- متغیرها و سطح‌های در نظر گرفته شده برای واکنش تبادل استری	۷۷
جدول ۸-۵- ترتیب آزمایشات و شرایط اجرای آن‌ها	۷۸
جدول ۹-۵- ترتیب آزمایشات و درصد بازده	۸۰
جدول ۱۰-۵- درجه‌های آزادی	۸۱
جدول ۱۱-۵- مجموع مربعات و مدل پیشنهادی بر اساس آن	۸۱
جدول ۱۲-۵- تست Lack of Fit	۸۱
جدول ۱۳-۵- جدول آنالیز واریانس (ANOVA) برای مدل درجه دوم	۸۲
جدول ۱۴-۵- شرایط بهینه سازی شده آزمایش تولید بیودیزل	۹۰
جدول ۱۵-۵- برخی کارهای مشابه انجام شده برای تقویت سولفات زیرکونیا	۹۱

فهرست معادله‌ها

- معادله ۱-۴- عدد اسیدی ۵۰
- معادله ۲-۴- اندازه گیری درصد تبدیل با استفاده از عدد اسیدی ۵۰
- معادله ۳-۴- وزن مولکولی ۵۱
- معادله ۴-۴- عدد (اندیس) صابونی ۵۲
- معادله ۵-۴- عدد اسیدی ۵۳
- معادله ۶-۴- نحوه بدست آوردن درصد تبدیل بوسیله نمودار GC (۱) ۵۵
- معادله ۷-۴- نحوه بدست آوردن درصد تبدیل بوسیله نمودار GC (۲) ۵۵
- معادله ۱-۵- کسر فاز تراگونال ۵۹
- معادله ۲-۵- معادله درجه دوم در حالت کلی ۷۷
- معادله ۳-۵- معادله برازش شده با سطوح کد شده با تمامی متغیرها ۸۲
- معادله ۴-۵- معادله برازش شده با سطوح واقعی با تمامی متغیرها ۸۳
- معادله ۵-۵- معادله برازش شده با سطوح واقعی با حذف پارامترهای بدون اهمیت ۸۳

چکیده

به علت مشکلات زیست محیطی حاصل از سوخت‌های فسیلی و منابع رو به اتمام این سوخت‌ها، تولید یک سوخت جایگزین بسیار حائز اهمیت است. بیودیزل که حاصل از واکنش تبادل استری روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی با استفاده از یک الکل در حضور کاتالیست می‌باشد، یکی از سوخت‌های جایگزین می‌باشد. امروزه، از روغن‌های غیر خوراکی یا پسماند روغن‌های خوراکی (روغن‌های خوراکی مصرف‌شده) برای کاهش قیمت تولید بیودیزل استفاده می‌شود. در این مطالعه از روش بدون حلال استفاده شد تا تاثیر دمای کلسینه و میزان بارگذاری استرنیتیم اکسید را روی فعالیت کاتالیستی SrO/S-ZrO_2 که تا به حال هیچگونه تحقیقی بر روی آن صورت نگرفته است، بررسی کنیم. فعالیت کاتالیست در واکنش استری کردن اسید اولئیک نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای رسیدن به این اهداف، آنالیزهای FT-IR، XRD، BET برای تعیین مشخصات ساختار کاتالیست‌ها بکار برده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که ۲۵ درصد مولی استرنیتیم اکسید بارگذاری شده روی سولفات زیرکونیای کلسینه شده در 500°C دارای بالاترین درصد فاز تتراگونال زیرکونیا و گروه‌های سولفات می‌باشد. همچنین این کاتالیست نشان داد که می‌تواند $94/88\%$ از اسید اولئیک را به متیل استر مربوطه-اش تبدیل کند و همچنین $25\ \text{mol. \% SrO/S-ZrO}_2$ فعالیت بالاتری را نسبت به S-ZrO_2 از خود نشان داد. در انتها برای اطمینان از تولید کاتالیست در مقیاس نانو، از این کاتالیست عکس TEM نیز گرفته شد. سپس از این نانو کاتالیست جدید برای تبدیل پسماند روغن خوراکی به بیودیزل استفاده شد. بعد از آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار Design Expert 6.0.2 مشخص شد که دما به عنوان مؤثرترین متغیر در تولید بیودیزل می‌باشد و بالاترین بازده تولید بیودیزل ($69/16\%$) در دمای 136°C ، درصد کاتالیست مصرفی $2/84\ \text{wt. \%}$ ، درصد الکل مصرفی $16/44\ \text{mol. \%}$ و زمان واکنش ۹۴ دقیقه، بدست می‌آید.

کلمات کلیدی: بیودیزل، پسماند روغن خوراکی، نانو کاتالیست، سولفات زیرکونیا، استرنیتیم اکسید.

تأمین انرژی و تغییر اقلیم جهان سبب شده است که جهان به دنبال یافتن منابع انرژی جایگزین و تجدید پذیر برای جایگزینی با منابع فسیلی موجود باشد. تعویض مقیاس بزرگ سوخت‌های پایه نفتی و تولید انرژی با منابع تجدید پذیر نیاز به حداقل سازی نتایج محیطی دارد. امروزه سوخت‌های فسیلی حدود ۸۲٪ انرژی مورد نیاز جهان را تأمین می‌کند که عامل اصلی در تغییر شرایط اقلیمی زمین و مشکلات زیست محیطی موجود، نظیر گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا و باران اسیدی می‌باشند. به علاوه ذخایر این منابع فسیلی به شدت محدود می‌باشد و به سرعت در حال به اتمام رسیدن می‌باشد. به طور کلی، این منابع فسیلی با مصرف حاضر، حداکثر برای نفت به مدت ۵۰ سال، برای گاز طبیعی به مدت ۶۵ سال و برای ذغال سنگ به مدت ۲۰۰ سال موجود خواهد بود که البته با توجه به رشد سرعت جهانی مصرف سوخت‌های فسیلی، این مدت حتی کاهش می‌یابد.

بنابر افزایش تقاضا برای نفت به ویژه برای جبران رشد اقتصادی بعضی کشورها مانند چین (که اکنون بعد از آمریکا دومین کشور بزرگ استفاده کننده نفت است) و هند، قیمت نفت به شدت در حال افزایش است. در این راستا، انرژی‌های جایگزین و حتی تجدید پذیر بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است که عبارتند از:

- ✓ انرژی هیدرولیک
- ✓ انرژی خورشیدی
- ✓ انرژی باد
- ✓ انرژی جذر و مد
- ✓ انرژی گرمایی زمین
- ✓ انرژی حاصل از مواد خام زیستی مانند زیست توده

زیست انرژی، انرژی تجدید پذیر آزاد شده از زیست توده است. زیست توده^۱ چهارمین منبع بزرگ انرژی در سرتاسر جهان بعد از ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی است. زیست توده به پنج دلیل یک خوراک مناسب برای سوخت و مواد زیستی است. اول اینکه، یک منبع انرژی تجدید پذیر کربن طبیعی است که می‌تواند برای تولید بیوانرژی و مواد زیستی توسعه یابد. دوم اینکه، به طور کامل برای محیط زیست بی‌خطر است و به گازهای گلخانه‌ای اضافه نمی‌کند و حداقل امکان NOx، SOx وابسته به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. همان طور که می‌دانیم، گاز دی‌اکسید کربن تولیدی توسط سوخت‌های فسیلی مشکلات افزایش دمای جهان را به همراه دارد که یک تهدید واقعی برای اکولوژی و سیستم زندگی روی کره زمین می‌باشد. سوختن کربن در سوخت.

^۱ Biomass

های فسیلی سبب تجمع دی‌اکسید کربن در سطح زمین می‌شود ولی دی‌اکسید کربن خروجی ناشی از سوختن بیودیزل، میزان دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر را به وسیله فتوسنتز گیاهان ثابت نگه می‌دارد، اما هنگامی که بیودیزل (حاصل از زیست توده) در کوره سوزانده شد، گازهای خروجی از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه^۱، دی‌اکسیدها، فوران و مواد سنگین یک عامل نگران کننده است. سوم اینکه، زیست توده دارای پتانسیل اقتصادی چشمگیر و نوسان قیمت کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی می‌باشد و با استفاده از این سوخت وابستگی به کشورهای دیگر برای تأمین انرژی از بین رفته و امنیت اقتصادی ملی را به همراه خواهد داشت. چهارم اینکه، توسعه اقتصادی پایه زیستی، بخت را برای قدرتمند شدن قشر روستایی و همچنین تأمین سوخت را فراهم می‌کند زیرا منابع زیست توده در سرتاسر دنیا توزیع شده است. به علاوه بیودیزل می‌تواند به پیشرفت مزارع کشاورزی کمک کند زیرا دانه‌هایی چون جاتروفا^۲ که گیاهانی هرز به شمار می‌رفتند و در مزارع خشک می‌رویند و حتی جلبک را می‌توان به عنوان یکی از منابع جدید برای تولید بیودیزل اشاره کرد. این به معنی ایجاد اشتغال و اقتصادی بهتر است. پنجم اینکه، این سوخت بدون هیچ اصلاحی می‌تواند در موتورهای دیزلی بسوزد. در حقیقت وقتی رادولف دیزل^۳ موتور دیزل را اختراع کرد، آنرا برای سوختن روغن بادام زمینی طراحی کرد [۱].

در سال‌های اخیر، دولت مردان از مطالعات تحقیقی و پروژه‌ها برای توسعه منابع زیست توده در دسترس کشورها برای کاربردهای بیوسوخت‌ها حمایت بی‌شماری کرده‌اند. گزارشات دولتی در آمریکا گفته است که تا سال ۲۰۳۰ زمین‌های زراعی آمریکا توانایی تولید بالغ بر یک بیلیون تن از زیست توده مورد نیاز برای جانشینی ۳۰٪ یا بیشتر از مصرف مواد نفتی فعلی را با بیوسوخت‌ها دارند. بنابر قانون تصویب شده در سال ۲۰۰۷ در آمریکا، دولت مردان این کشور موظفند تا سال ۲۰۱۷، ۲۰٪ از سوخت‌های فسیلی را با سوخت‌های تجدید پذیر جایگزین کنند. مطابق با آژانس انرژی جهانی (IEA)، زیست انرژی این قابلیت را که ۵۰٪ از انرژی مورد نیاز جهان در قرن ۲۱ را فراهم کند، داراست. در مقایسه با منابع فسیلی، مواد خام کشاورزی مانند گندم یا ذرت به علت افزایش در تولیدات کشاورزی با کاهش قیمت روبرو بوده‌اند. تخمین دپارتمان انرژی آمریکا نشان می‌دهد که بالغ بر ۵۰۰ میلیون تن از این مواد در هر سال در آمریکا در دسترس است که بازه قیمتی بین ۲۰ تا ۵۰ دلار در هر تن برای آن برآورد می‌شود. حتی تحولات اخیر مانند مهندسی ژنتیک محصول و تولید زیست انرژی از باقی‌مانده محصولات کشاورزی، به این روند کمک کرده‌است. محصولات زراعتی مانند ذرت، گندم و دیگر غلات و نیز نیشکر، چغندر و سیب زمینی که دارای هیدروکربن‌های فراوانی هستند، به روش تخمیر برای استفاده

^۱ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon

^۲ Jatrophia

^۳ Radoulf Diesel

به عنوان مواد خام اولیه استفاده می‌شود. این فرایند تخمیر خوراک اولیه را به محصولات با ارزشی از جمله بیواتانول تبدیل می‌کند [۲].

ضایعات تولیدات کشاورزی مانند پوشال، سبوس، چوب ذرت، علوفه ذرت و غیره مواد زراعتی هستند که هم‌اکنون به طور ناچیز دارای ارزش شده‌اند یا برای پوسیدن در زمین‌ها رها می‌شوند که به همراه ضایعات حیوانی می‌تواند به طور موثر به بیوگاز تبدیل شود و برای گرما، انرژی یا تولید جریان الکتریکی استفاده شود که به این زیست سوخت‌های تولیدی از منابع طبیعی غیر خوراکی، نسل دوم زیست سوخت‌های تولیدی گفته می‌شود که معمولاً متشکل از بافت‌های سلولزی چوبی^۱ می‌باشد. دانه‌های روغنی مانند سویا، کانولا، کلزا و دانه خرما و نیز روغن‌های تولیدی می‌توانند در تولید بیودیزل استفاده شوند. حتی می‌توان از دانه‌های روغن‌های غیر خوراکی که در زمین‌هایی که موارد مصرف کشاورزی ندارند می‌رویند، برای تولید بیودیزل استفاده کرد. بیودیزل از نسبت انرژی خروجی بالایی نیز برخوردار است که توجه تولید این سوخت را فراهم می‌کند [۳].

بیودیزل مخلوطی از استر آلکیل‌های اسید چرب^۲ تولیدی از منبع زیستی می‌باشد. به طور کلی مخلوط متیل یا اتیل استرها از واکنش تبادل استری تری‌گلسیریدها (روغن گیاهی یا حیوانی) و الکل (متانول، اتانول) تولید می‌شود که گلیسرول محصول جانبی می‌باشد. اتیل یا متیل استرهای تولیدی ساختاری شبیه به سوخت نفتی دارند که می‌توانند به طور مستقیم در موتورهای دیزلی امروزی بکار روند [۴-۶].

همان‌طور که گفته شد، قیمت بیودیزل دارای نوسانات کمتری نسبت به بنزین می‌باشد و در حدود ۵۰-۷۰ سنت می‌باشد، که با توجه به افزایش قیمت بنزین روزی دارای قیمتی برابر خواهند بود. علاوه بر این باید توجه داشت که موتور دیزل حدود ۵۰٪ مسافت بیشتری نسبت به موتورهای بنزینی طی می‌کند. تولید مقیاس صنعتی برای تولید بیودیزل می‌تواند مرحله بعدی باشد. البته روش تولید بیودیزل نیاز به کمی بررسی دارد. برای چنین محصول سازگار به محیط زیست که به اصطلاح Green می‌گویند، پروسه‌های رایج تولید، نسبتاً آلوده‌کننده و طاقت فرسا است. بیودیزل معمولاً با استفاده از کاتالیست‌های بازی تولید می‌شود [۳]. این فرایند نیاز به جداسازی عوامل نامطلوب بعد از واکنش دارد. در طی این فرایند کاتالیست در مخلوط واکنش حل می‌شود و نیز صابون به عنوان محصول جانبی تولید می‌شود که نیاز به شستشو با آب دارند که حدود ۸ گالن پساب به ازای هر گالن بیودیزل تولیدی ایجاد می‌شود [۷-۸]. جداسازی این محصولات جانبی و نیز جداسازی و خالص‌سازی بیودیزل تولیدی مشکلات و هزینه‌های زیادی را برای تولید در مقیاس صنعتی ایجاد می‌کند [۹-۱۰]. این مشکلات منجر شد تا تحقیقاتی برای راه‌های جایگزین برای تولید بیودیزل صورت گیرد. در این راستا کاتالیست‌های جامد

¹ Lignocellulosic

² Fatty Acid Alkyl ester

مسیری را برای تولید موفقیت آمیز بیودیزل در مقیاس صنعتی ایجاد کردند. کاتالیست جامد چند مزیت نسبت به کاتالیست‌های متداول دارند. در این فرایند مشکلات مربوط به جداسازی وجود ندارد و واحدهای فرایندی مختلف اضافی در فرایندهای متداول، حذف می‌شود. اما این فرایند به دمای بالا نیازمند است که البته اگر فرایند پیوسته باشد، می‌تواند این انرژی بازیابی شود و زمان واکنش نیز کاهش خواهد یافت [۱۱-۱۴]. دلایلی دیگری نیز برای افزایش راندمان این فرایند نیز وجود دارد، که عبارتند از:

- ✓ مواد خام از بین نمی‌رود مانند انحلال کاتالیست‌های بازی در الکل و تشکیل صابون
- ✓ کاتالیست از بین نمی‌رود یعنی مصرف نمی‌شود
- ✓ گلیسرول به عنوان محصول جانبی خالص خواهد شد و بازده خوبی دارد
- ✓ از آلودگی آب و تولید پساب جلوگیری می‌شود.

در فصل اول روش‌های تولید بیودیزل را شرح می‌دهیم. سپس در فصل دوم عوامل تاثیر گذار بر قدرت و سنتز کاتالیست را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. در فصل سوم اطلاعاتی در مورد مزیت استفاده از روش‌های آماری و روش‌های مناسب آن را در اختیار شما قرار داده و در فصول چهارم و پنجم نیز به ترتیب مواد و روش بکار برده شده و نتایج حاصل را بطور کامل شرح می‌دهیم و در انتها نتیجه کلی و پیشنهادات برای ادامه روند آزمایشات ارائه می‌شود.

فصل اول

بیودیزل، مزایا و معایب

و

روش‌های تولید آن