

تولید سوخت بیودیزل از متیل استر سویا به عنوان سوخت جایگزین و معرفی

تکنولوژی بهینه تولید و فرآوری آن

مهدی محسنی فر^{۱*}، محمد جعفری^۲، حسین باخدا^۳

پژوهشکده صنعت نفت تهران و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

(مهدی محسنی فر: Mohsenifar.ir@gmail.com)

چکیده:

در این تحقیق به منظور بهینه سازی فرآیند فرآوری سوخت بیودیزل (متیل استر اسید چرب)، پس از مقایسه سایر روشهای تولید موجود با هم به روش ترانس استریفیکاسیون در حضور الکل متیلیک خالص از روغن گیاهی پرداخته شده است، متغیرها و محدوده مورد بررسی آنها به ترتیب عبارتند از نسبت مولی الکل به روغن (۱:۶-۲)، دمای واکنش (۹۰-۶۵ درجه سانتیگراد)، نوع و میزان کاتالیزور مصرفی: متوکسیدسدیم (۰/۱۳ تا ۱ درصد وزنی) و شدت همزنی (۲۰۰-۴۵۰ rpm) در مسیر تولید فرآیند می باشد. در بررسی های جداگانه متغیرها به روش مقایسه میانگین مشخص شده اند. مقادیر بهینه پارامترهای مورد بررسی به ترتیب برابر ۴:۱، ۷۵ درجه سانتی گراد، ۷۵ دقیقه، ۰/۱۳ وزنی بدست آمد و ماکزیمم درصد تبدیل در این شرایط در مدت زمان ۳۱ دقیقه و ۹۴/۶٪ مشاهده شد. سوخت های مورد آزمایش شامل سوخت دیزل مرسوم در ایران به عنوان سوخت مرجع و ترکیبات سوخت تولیدی بر مبنای حجمی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ که به ترتیب با نمادهای B00، B25، B50، B75 و B100 نامیده می شوند و در نظر گرفته شدند. نتایج مقایسه آزمونهای مختلف آزمایش های شاخص ستان، گرانروی، نقطه اشتعال و وزن مخصوص متیل استرخالص سویا را به ترتیب ۰/۶۰/۸، ۳۱/۵٪، ۵۶/۸٪ و ۴٪ بیشتر از سوخت دیزل نشان می دهد. ارزش حرارتی، مقدار گوگرد، میزان خاکستر و نقطه ریزش متیل استرخالص سویا را به ترتیب ۱۱/۶٪، ۰/۱، ۱۰۰٪ و ۹ درجه سانتی گراد کمتر از سوخت دیزل مرسوم می باشند. نتایج آزمون ها، تشابه سوخت B25 را نسبت به B00 و در مواردی برتری و ارجحیت آن را نسبت به سوخته های دیزل مرسوم در ایران تأیید می کند. بطوری که آهنگ تغییرات خواص سوخت B25 به عنوان نزدیک ترین سوخت به سوخت دیزل مرسوم روندی مشابه B00 را داشته و در مورد ارزش حرارتی، گرانروی، وزن مخصوص و عدد اسیدی کاهش اندکی بترتیب به میزان ۱/۱٪، ۳/۶۶٪، ۷٪ و ۱/۳ برابر داشته است. نتایج آزمونهای B75، B50، تأثیر مقدار بیودیزل موجود در ترکیب سوخت را مورد تأیید قرار می دهند.

واژه های کلیدی: بیودیزل - متیل استر - ترانس استریفیکاسیون - خصوصیات سوخت

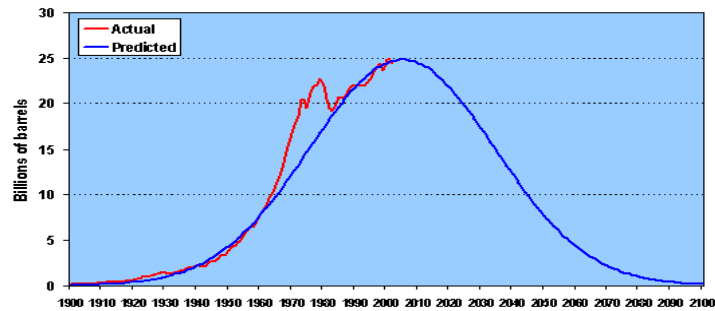
۱- مقدمه:

^{۱*} مربی گروه ماشینهای کشاورزی، مرکز آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی و دانشگاه پیام نور الیگودرز

^۲ مربی گروه ماشینهای کشاورزی، موسسه آموزش علمی کاربردی وزارت جهاد کشاورزی

^۳ استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی، هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

در دهه های اخیر به دلیل محدودیت و کاهش منابع سوختهای فسیلی و مسائل زیست محیطی و اهمیت روز افزون نقش انرژی، تحقیقات گسترده ای در راستای تأمین منابع مناسب از سوختهای جایگزین در کشورهای جهان انجام گرفته است.



نمودار ۱ - تخمین به پایان رسیدن سوختهای فسیلی جهان وزارت اطلاعات و انرژی آمریکا

این موضوع طبق نمودار ۱- تخمین به پایان رسیدن سوختهای فسیلی جهان توسط وزارت اطلاعات و انرژی آمریکا تا پایان سال ۲۱۰۰ میلادی و با توجه به رشد استخراج از منابع نفتی موجود، عملاً این منابع قابل استفاده نیستند و دیگر هزینه استخراج یا بازیافت اجازه بهره برداری از این منابع را نمی دهد. [3]

به منظور حفظ منابع موجود، استفاده از منابع نوین و سوختهای جایگزین امری اجتناب ناپذیر است. بیوگاز، بیوبنزین، بیواتانول، بیودیزل از مهمترین اعضای این خانواده از سوختها محسوب می شوند. چون بیشترین آلاینده ها نظیر ترکیبات نیتروژن، منواکسیدکربن و ذرات جامد معلق از گاز خروجی اگزوز موتورهای دیزل ناشی می شوند، لذا در میان سوختهای زیستی موجود تحقیق در راستای یافتن سوخت جایگزین و مناسب برای سوخت دیزل سهم وسیعی از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. سالانه تقریباً ۶۰۰ میلیون تن بنزین و ۴۷۰ میلیون تن سوخت دیزل توسط خودروهای موجود در جهان مصرف که تا سال ۲۰۱۰ به میزان ۳۵ درصد به آن افزوده خواهد شد. [3]

لذا طبق مصوبه سیاست انرژی جهان ۱۹۹۲ دولتها موظفند تا سال ۲۰۱۰ به میزان ۲۵ درصد سوختهای موتورهای موجود را با سوختهای غیرنفتی جایگزین نمایند. از مهمترین دلایل انتخاب بیودیزل، تجدیدپذیری و آلاینده های کم حاصل از احتراق و عم نیاز به تغییر ساختار موتور و تجزیه پذیری طبیعی ۹۹/۶٪ در ۲۱ روز به صورت طبیعی اشاره نمود. [8]

سویا با توجه به سطح زیرکشت ۹۲۰۰۰ هکتاری و ۱۲ درصد تولید دانه های روغنی ۱۳۸۶ کشور و دوره رشد کوتاه و به عنوان کشت دوم به عنوان پایه سوخت مذکور انتخاب شد. [3]

بیودیزل بر اساس استاندارد ASTM عبارت است از ترکیب استرهای مونوالکیلی زنجیره بلند اسیدهای چرب حاصل از واکنش یک الکل بالیپیدهای تجدیدپذیر [5] که مهمترین منابع را چربیهای حیوانی و روغنهای گیاهی تشکیل می دهند که بخش عمده این روغنها را تری گلیسرید تشکیل می دهند که در کنار انجام فرآیند واکنش علاوه بر استر محصول با ارزش تجاری دیگری بنام گلیسرین بدست می آید. از میان چهار روش اصلی تولید و استفاده بیودیزل از فرآوری روغنهای نباتی که شامل ۱- استفاده مستقیم از روغنهای نباتی یا لیپیدها به عنوان سوخت ۲- میکرو امولوسیون ۳- پیرولیز ۴- ترانس استریفیکاسیون می باشند. روش اول دارای مزیت راحتی حمل و نقل و محتوای حرارتی مناسب و وجود منابع زیاد و معایب خوردگی زیاد قطعات متحرک به واسطه بالا بودن ویسکوزیته، نقصد سیستم احتراق موتور به واسطه آلاینده های موجود در روغن، فراریت کم و پایین بودن ضریب اشتعال، فعالیت های شیمیایی هیدروکربنهای غیراشباع، تشکیل رسوب کربن بر روی قطعات و چسبندگی رینگها همراه است. [7]

ازاین میان رایجترین روش در صنعت برای تولید سوخت ترانس استریفیکاسیون یا الکلایز می باشد [6] که به دلیل حفظ و حضور اکسیژن که از مزیت بالای این سوختها می باشد و به سوختهای اکسیژن دار معروفند و نیز امکانات و تجهیزات

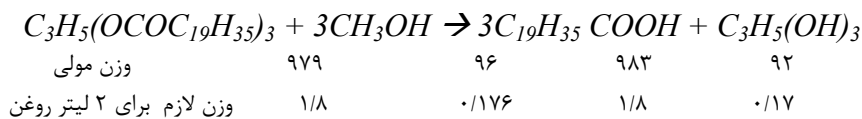
آزمایشگاهی کمتر این روش انتخاب شد. الکل مصرفی از الکل‌های نوع اول یا دوم منوهیدریدی آلیفاتیکی که شامل متانول، اتانول، پروپانول، بوتانول و امیل الکل استفاده می‌شود.

۲- مواد و روشها

در تحقیق حاضر کلیه فرآیندها و مراحل استخراج و استریفیکاسیون و تجزیه نمونه‌ها در آزمایشگاه شیمی آلی مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و همچنین آزمونهای ترکیبات مختلف سوخت در آزمایشگاههای واحد ارزیابی نفت خام پژوهشکده صنعت نفت تهران و گروه شیمی دانشگاه لرستان توسط نگارنده از سال ۱۳۸۶ به بعد شروع و انجام گردید. متیل و اتیل استرلیپیدهای جانوری و روغنهای نباتی ویزگیهای رفتاری شبیه سوخت دیزل دارند. در نتیجه تحقیق حاضر در راستای تهیه SME (متیل استر روغن سویا) از روغن پالایش نشده بدلیل کاهش هزینه تولید و جلوگیری از اثرات نامطلوب به عنوان پایه استفاده شد.

از دو گزینه مطرح استخراج، استحصال به روش تلفیقی مکانیکی (پرس) و شیمیایی (حلال) و با توجه به هدف استحصال و افزایش راندمان روش اول بخاطر تولید بیش از حد اسید چرب آزاد، شیوه جمع آوری و عدم کنترل دقیق فرآیند استفاده نگردید. با روش تلفیقی ۱۰ تا ۱۲ درصد راندمان استحصال بیشتر از حالت مکانیکی می‌باشد. در این روش با هدف کاهش مصرف انرژی با استفاده از ستون تقطیر دستگاه سوکسله و انتخاب نرمال هگزان صنعتی با نقطه جوش ۶۹ درجه سانتی گراد انتقال جرم از جامد اسباب شده به حلال انجام و توسط دستگاه روتاری مدل Heidalph ساخت آلمان در دمای ۹۰ - ۷۵ درجه سانتی گراد و ۲۷۰ - ۲۵۰ rpm استحصالی انجام و حلال تفکیک گردید. پیشرفت واکنش تابعی از پارامترهای متنوعی می‌باشد که مهمترین این متغیرها نسبت مولی الکل به روغن، نوع و مقدار کاتالیزور، دمای واکنش، زمان واکنش و درصد اسدهای چرب آزاد و اب موجود در روغن می‌باشد.

در این تحقیق از متوکسید سدیم به عنوان کاتالیزور بدلیل سهولت پراکنده شدن در چربی که خود و الکل متیلیک با درصد خلوص بالا استفاده شد و برای جلوگیری از اتلاف سدیم و خنثی سازی الکل در مرحله تولید متوکسید سدیم الکل را با محلول ۰/۱ نرمال هیدروکسید پتاسیم تا ظهور رنگ ارغوانی به مدت ۲۵ ثانیه تیترا گردید و سدیم را در الکل خنثی شده حل نموده تا متوکسید ۰/۵ نرمال به دست آید چون این اختلاط یک واکنش گرمایزا است و منجر به واکنش های ناخواسته می‌شود رعایت نکات ایمنی بسیار مهم و حیاتی می‌باشد. معادله انجام واکنش در این مرحله با در نظر گرفتن فرمول هایپوتتیکیال روغن به صورت زیر می‌باشد.



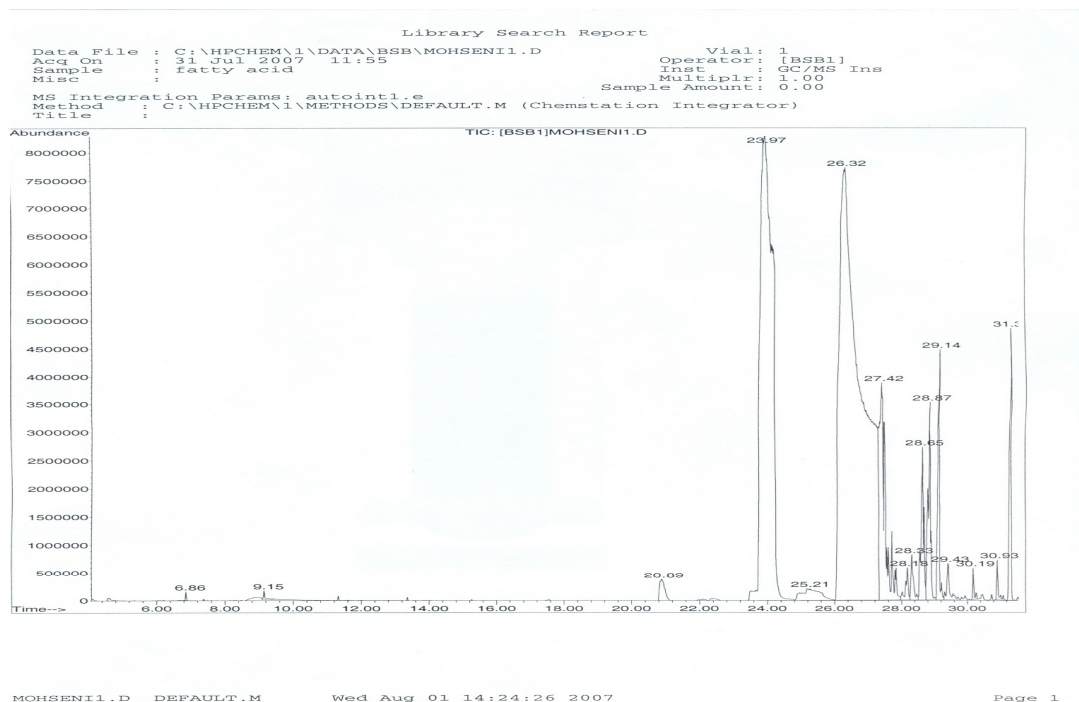
در مرحله آماده سازی روغن وپیش از استری نمودن آن را در خلاء و در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت به جهت خارج نمودن اسیدهای چرب آزاد و مواد فرار قرار گرفت و محصول فرآیند را روی دستگاه شیکر در محدوده ۴۰۰ rpm - ۲۵۰ در دستگاه گرم کن با حرارت ۹۰ - ۶۵ درجه سانتی گراد و ۹۰ - ۷۵ دقیقه قرار داده تا اسیدهای چرب متصل به اسکلت گلیسرولی با متانول در حضور کاتالیزور متوکسید سدیم به متیل استر تبدیل شوند و گلیسرین که ماده تجاری و فرعی واکنش است بدست آید و به دلیل تفاوت جرم حجمی در پایین ظرف ته نشین شود. در این تحقیق برای پیشگیری از واکنشهای نامطلوب کاتالیزور اضافی را با اسید گلاسیال و به روش تیتراسیون تا حصول رنگ شفاف تیترو برای جلوگیری از اسیدی شدن به تناوب PH مربوطه تست شد. جداسازی اولیه با استفاده از سانتریفوژ و جداسازی ثانویه متیل استر از اسیدچرب واسید استیک و الکل و مواد صابونی را با استفاده از دستگاه تقطیر نفت خام و فرآورده‌ها از روش تقطیر جزء به جزء

در نقاط جوش حقیقی در پژوهشکده صنعت نفت تهران استفاده گردید. در این مرحله با استفاده از افزایش خلاء به منظور کاهش انرژی و دمای کمتر و جلوگیری از کراکینگ به نقطه جوش در محدوده دمای ۲۰۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد تحت فشار استاندارد انتخاب گردید.

۳- نتیجه گیری

براساس نتایج بدست آمده در روند انجام پروسه تحقیق با توجه به کاهش عدد اسیدی به میزان ۰/۵۲ در روش استخراج به کمک حلال شیمیایی نرمال هگزان صنعتی و راندمان بالای استخراج در روش شیمیایی حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد نسبت به روش مکانیکی نتیجه گرفته شد که استحصال به روش تلفیقی استفاده گردد.

برای تشخیص نوع و میزان ترکیبات شرکت کننده در واکنش از روش کروماتوگرافی گازی و برای شناسایی پیوندهای ملکولی و ترکیبات آنها از روش طیف سنجی جرمی استفاده گردید بدین منظور مخلوط متیل استرها موجود را برای تعیین درصد تبدیل (درصد وزنی) واکنش ترانس استریفیکاسیون را با استفاده از دستگاه GC - MS موجود در مجتمع آزمایشگاهی علوم و تحقیقات تهران بر طبق استانداردهای لازم انجام و نتایج براساس نمودار ۲ به شرح زیر می باشد:



نمودار ۲- تعیین درصد تبدیل (درصد وزنی) واکنش ترانس استریفیکاسیون را با استفاده از دستگاه GC - MS

نتایج آزمون کروماتوگرافی گازی پایه اولیه و متیل استر نهایی و بررسی مقایسه ای بین ترکیبات موجود بیانگر روند تغییر ساختمان مولکولی و شکسته شدن مولکولهای سنگین و تبدیل آن به مولکولهای کوچکتر می باشد. نواحی قابل تفکیک منحنی های حاصل به دلیل وجود ترکیبات مختلف با جرم مولکولی متفاوت می باشد. زمان ثبت و آشکار سازی و سطح زیر منحنی و نقاط موج منحنی ها نشان دهنده نوع و مقدار ترکیبات مورد نظر می باشد. آنالیز سوخت نشان داد که نقاط اوج منحنی بترتیب وزنی و زمانی نشانگر متیل پالتیک، متیل لینولئیک، متیل اولئیک، متیل آراکدیریک، متیل آراکیدیکو متیل پلاستیک می باشد. براساس نتایج حاصل حداکثر درصد تبدیل در این شرایط به میزان ۹۴/۶ درصد از ترکیبات مورد نظر در

مدت زمان ۳۱ دقیقه نه متیل استر تبدیل و Octade Cadienoicacid Methel Ester بیشترین سهم را با ۴۹/۱۷ در صد و در زمان ۲۶/۳۲ ثانیه را به خود اختصاص داده است. آهنگ تغییرات خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی و نتایج آزمونهای مختلف سوخت جایگزین تولیدی (SME: Soybean Methyl Ester) با سوخت دیزل مرسوم در ایران به عنوان سوخت مرجع، بر مبنای حجمی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ که به ترتیب با نمادهای B00، B25، B50، B75 و B100 در نظر گرفته شده و مورد مقایسه میانگین آماری قرار گرفتند. بهترین شرایط واکنش و مقادیر مناسب و بهینه پارامترهای مورد بررسی این تحقیق براساس نتایج بهینه زیر طبق جدول (1) حاصل شد.

جدول ۱: مقایسه خصوصیات SME تولیدی و ترکیبات مختلف آن با سوخت دیزل مرسوم در ایران

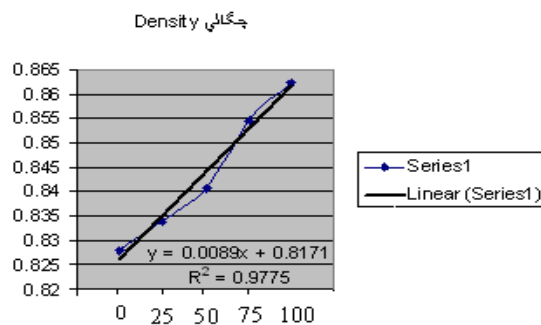
روش آزمایش ASTM	سوخته‌های مورد استفاده در آزمون					واحد	خصوصیت
	B100	B75	B50	B25	دیزل		
D4052	۰/۸۶۲۳	۰/۸۵۴۵	۰/۸۴۰۷	۰/۸۳۳۹	۰/۸۲۸۰	گرم بر سانتیمتر مکعب	چگالی
D445	۴/۳۰۸	۴/۱۸۰	۳/۶۷۳	۳/۳۹۴	۳/۲۷۴	سانتی استوک	گرانروی سینماتیک
D93	۱۰۲	۷۵	۶۶	۵۶	۴۴	درجه سانتیگراد	نقطه اشتعال
D2500	-۶	-۴/۸	-۳/۸	-۳	-۲	درجه سانتیگراد	نقطه ابری شدن
D97	-۱۲	-۱۰	-۹	-۶	-۳	درجه سانتیگراد	نقطه ریزش
D2622	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۸۴	درصد وزنی	میزان گوگرد
D240	۴۰/۱۰۵	۴۱/۰۴۱	۴۲/۶۲۵	۴۴/۳۱۹	۴۴/۷۷۴	مگاژول بر کیلوگرم	ارزش حرارتی
D86		۳۴۰-۳۴۴	۳۲۳-۳۳۴	۲۱۲-۲۲۸	۱۵۴-۱۵۸	درجه سانتیگراد	محدوده تقطیر
D976	۸۰/۴	۷۵	۷۰	۶۴	۶۰	---	شاخص ستان میلیگرم
D664	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۱۸	هیدروکسید پتاسیم برای هر گرم نمونه	عدد اسیدی
D482	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	درصد وزنی	خاکستر
D483	۰/۰۱۹					درصد وزنی	میزان کربن
D1533	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	قسمت در میلیون	میزان آب

نسبت مولی الکل به روغن در محدوده (۱:۶ تا ۱:۲) در رنج ۴:۱ و دمای واکنش در محدوده (۹۰-۶۵ درجه سانتی گراد) در دمای بهینه ۷۵ درجه سانتی گراد و زمان مناسب ۷۵ دقیقه و میزان متوکسید سدیم مصرفی ۰/۱۳ وزنی و بهترین شرایط همزنی شدید ۲۷۰ rpm حاصل گردید. که این نتایج موید تحقیقات و نتایج بدست آمده توسط گرپن (۲۰۰۴) ویسنت (۲۰۰۴) و کارل خان (۲۰۰۲) و مشهدی میغانی (۱۳۸۱) که نتایج مشابهی را اعلام نمودند می باشد. تفاوت‌های موجود بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سوخته‌های دارای ترکیبات مختلف (SME) با سوخت دیزل مرسوم آنها را به دو دسته تقسیم بندی می کند:

دسته ای که ترکیبات حاوی (SME) به سبب بالاتر بودن عدد ستان و نقطه اشتعال که به ترتیب و به میزان متوسط در سوخته‌های حاوی (SME) ۳۴ درصد و ۲/۳ برابر نسبت به سوخت دیزل مرسوم افزایش نشان دادند بر سوخت دیزل رایج در ایران ارجحیت دارند. دسته ای از ترکیبات حاوی (SME) که به دلیل کمتر بودن مقدار گوگرد این ترکیبات به میزان ۰/۱ مقدار گوگرد در سوخت دیزل مرسوم مشخص گردیده و همچنین کمتر بودن مقادیر نقطه ابری شدن و ریزش و مقدار خاکستر نسبت به سوخت دیزل و مرسوم کاهش نشان داده و برتری دارند.

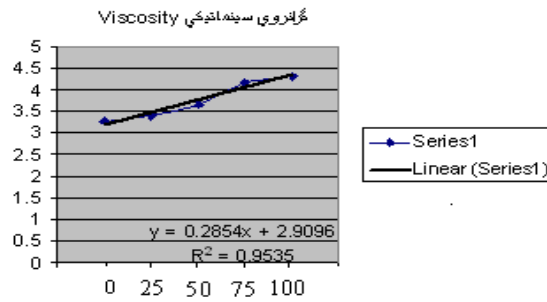
هر کدام از این عوامل در کیفیت احتراق و در نتیجه عملکرد موتور و شرایط نگهداری سوخت نقش بسزایی دارا می باشد. همچنین ترکیبات (SME) به جهت بیشتر بودن گرانیوزن مخصوص و اسیدیته که به طور متوسط نسبت به سوخت دیزل خالص به ترتیب ۳۱/۴٪، ۴/۱٪ و ۲/۵ برابر است کارایی این سوخته‌ها را کاهش می دهد و نیز کمتر بودن ارزش حرارتی این سوخته‌ها به میزان متوسط ۱۱/۶٪ نسبت به سوخت دیزل نیز مشهود می باشد. در این موارد با تغییر در سیستم سوخت رسانی استفاده از سوخت بیشتر در جهت رفع مشکل افزایش گرانیوزن و کاهش ارزش حرارتی کارایی لازم این سوخته‌ها حاصل می گردد. نتایج آزمون‌ها آهنگ تغییرات خواص سوخت B25 و شباهت آنرا به عنوان نزدیک ترین سوخت به B00 و حتی برتری آنرا نیز در مواردی نشان می دهد.

نتایج آزمون‌های وزن مخصوص سوخته‌ها طبق نمودار ۳ افزایش این مشخصه‌ها را برای B100 نسبت به B00 در حدود ۴/۱٪ نشان داد. این افزایش نسبت به سوخت دیزل مرسوم با میزان سهم بیودیزل موجود در ترکیب به طور مستقیم در ارتباط بوده و کارایی این سوخته‌ها را کاهش می‌دهد. دلیل این امر نیز وجود ترکیبات سنگین با ملکولهای پیچیده می‌باشد. کمترین میزان افزایش مشخصه مورد نظر برای B25 بدست آمده است که به میزان ۰/۷٪ نسبت به B00 افزایش نشان داد.



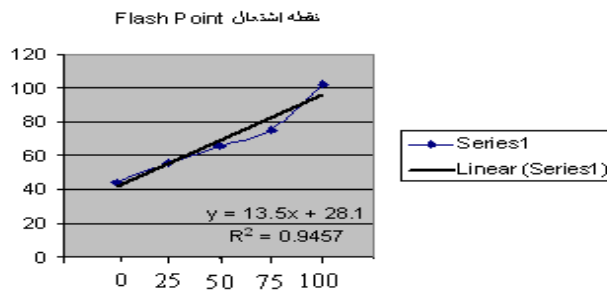
نمودار ۳- مقایسه مقادیر وزن مخصوص در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج آزمون‌های گرانیوزن سوخته‌ها طبق نمودار ۴ افزایش این مشخصه‌ها را برای B100 نسبت به B00 در حدود ۳۱/۴٪ نشان داد. این افزایش نسبت به سوخت دیزل مرسوم با میزان درصد بیودیزل موجود در ترکیب به طور مستقیم در ارتباط بود. دلیل این امر نیز حساسیت گرانیوزن به درجه حرارت و چسبندگی زیاد به سبب وجود ترکیبات سنگین با ملکولهای پیچیده و بروز مشکلات در سیستم سوخت رسانی می‌باشد. اثر گرانیوزن زیاد در کیفیت پودر کردن سوخت در هنگام پاشش انژکتور است، بطوری که انژکتور قادر نمی‌باشد سوخت را برای تبخیر و احتراق مناسب به قطره‌های کوچک تبدیل کند. کمترین میزان افزایش مشخصه مورد نظر برای B25 بدست آمده است که به میزان ۳/۶۶٪ نسبت به B00 افزایش نشان داد. این حالت از نظر اقتصادی مناسب بوده بصورتی که با اضافه نمودن درصد مناسبی از بیودیزل به سوخت دیزل مرسوم، سوختی با خصوصیات نزدیک به سوخت دیزل مرسوم خواهیم داشت.



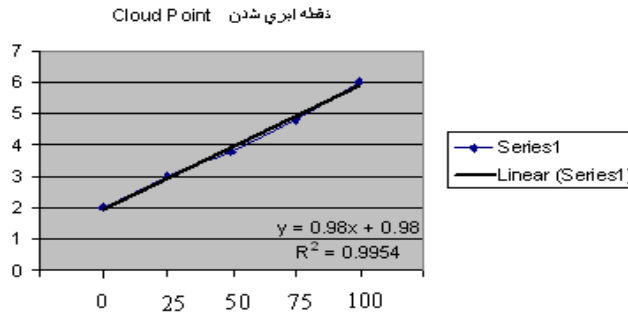
نمودار ۴- مقایسه مقادیر گرانروی سینماتیکی در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج اندازه‌گیری نقطه اشتعال طبق نمودار ۵ نشان داد که افزایش درصدهای مختلف متیل استر روغن سویادر سوخت ترکیبی باعث افزایش نقطه اشتعال سوخت شد بطوری که نقطه اشتعال B100 به میزان قابل ملاحظه ای نسبت به B00 تا ۲/۳ برابر افزایش داشت. کمترین میزان افزایش مشخصه مورد نظر برای B25 بدست آمد که به میزان ۱/۲ برابر نسبت به B00 افزایش نشان می‌دهد. دلیل این امر وجود هیدروکربنهای آلیفاتیک با تعداد کربن کم بدون باندهای دوگانه در سوخت دیزل می‌باشد. این خاصیت فراریت بالا و راحتی تبخیر و اشتعال سریعتر باعث کمتر بودن نقطه اشتعال سوخت دیزل مرسوم نسبت به بیودیزل می‌باشد. اگر چه نقطه اشتعال به طور مستقیم در کیفیت کار موتور تاثیرگذار نیست ولی از لحاظ احتیاط‌های ایمنی در حمل و نقل کردن و انبار کردن سوختها دارای اهمیت است.



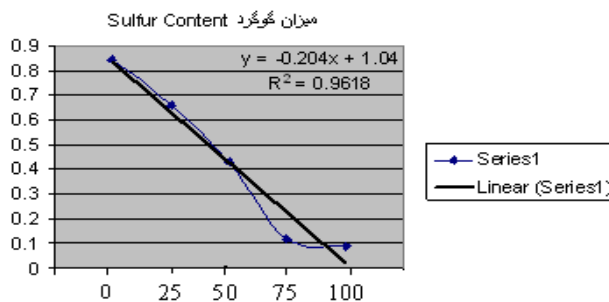
نمودار ۵- مقایسه مقادیر نقطه اشتعال در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج اندازه‌گیری نقطه ابری شدن و ریزش نمونه طبق نمودار ۶ نشان داد که زیاد شدن میزان سهم متیل استر روغن سویا در سوخت ترکیبی و کم شدن سهم سوخت دیزل مرسوم منجر به افزایش دمای نقطه ابری شدن و ریزش می‌شود. نقطه ریزش و نقطه ابری شدن B100 نسبت به B00 بترتیب ۴ و ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد. این افزایش برای B25 نسبت به B00 بترتیب ۲ و ۱/۵ برابر می‌باشد. دلیل این امر قرار گرفتن ملکولهای گلیسرین آزاد در بین ملکولهای سوخت و ممانعت از تشکیل ترکیبات مومی شکل بوده که موجب پایین آمدن نقطه ابری شدن و ریزش می‌گردد که این عوامل نقش مهمی در بهبود عملکرد موتور و شرایط نگهداری دارد.



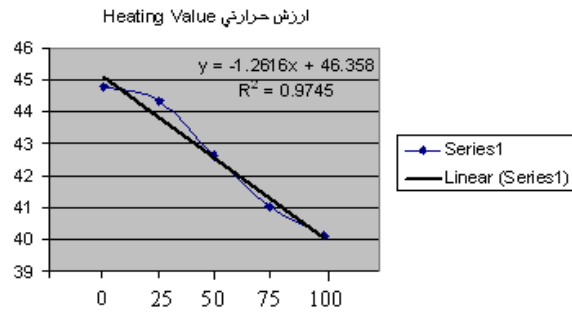
نمودار ۶- مقایسه مقادیر نقاط ابری شدن در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان گوگرد طبق نمودار ۷ نشان داد که درصد گوگرد موجود در سوخت متیل استر روغن سویای خالص به مقدار چشمگیری نسبت به سوخت دیزل مرسوم کمتر بود. بطور کلی نسبت میزان گوگرد B100 نسبت به B00 در حدود ۰/۱ می باشد. در نفت خام ترکیبات گوگرد به صورت محلول وجود دارد ولی بخش بیشتر گوگرد در مراحل پالایش جدا می شود. وجود گوگرد در سوخت نامطلوب است. اکسیدهای گوگرد که در مدت احتراق تشکیل می شوند می توانند به اسید تبدیل شوند و سبب خوردگی تدریجی اجزای موتور و فرسایش رینگها و بوش سیلندرها را شتاب بخشند و نیز از نقطه نظر تاثیرات زیست محیطی نامطلوب می باشند. بطور کلی این کاهش برتری استفاده از سوختهای گیاهی یا ترکیبات آنها را نشان می دهد.



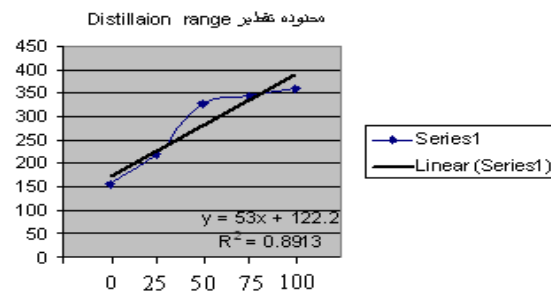
نمودار ۷- مقایسه مقادیر گوگرد در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج اندازه گیری ارزش حرارتی طبق نمودار ۸ نشان داد که ارزش حرارتی سوختهای بیودیزل از سوختهای فسیلی کمتر است. ارزش حرارت B100 در حدود ۱/۶٪ کمتر از B00 بوده و کمترین میزان کاهش مربوط به نسبت بین ارزش حرارتی B25 و B00 بوده که ارزش حرارتی B25 در حدود ۰/۱٪ کمتر از B00 بود. دلیل کاهش ارزش حرارتی افزایش جرم ملکولی در راستای افزایش طول زنجیره کربن، وجود باندهای دوگانه بین اتمهای کربن و حضور اکسیژن در ساختمان ملکولی این ترکیبات باعث پایداری آنها در شرایط احتراق شده و این امر باعث کاهش ارزش حرارتی سوختها نسبت به سوختهای فسیلی که دارای ساختمان ساده تری هستند می شود.



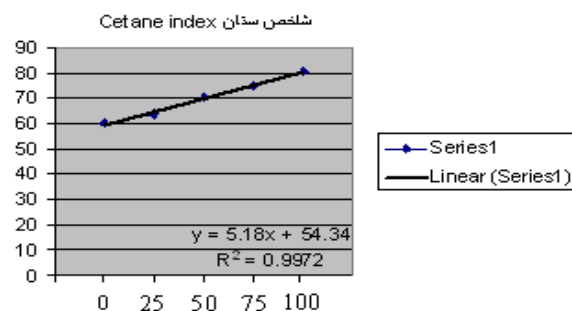
نمودار ۸- مقایسه مقادیر ارزش حرارتی در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج اندازه‌گیری محدوده تقطیر طبق نمودار ۹ نشان داد که با افزایش سهم متیل استر سویا در سوخت ترکیبی محدوده تقطیر افزایش یافت. افزایش متوسط ۹/۶٪ میانگین دمای تقطیر B100 نسبت به B00 دلیل برتری برای بیودیزلها محسوب و ضریب ایمنی نگهداری این مواد را بالا می‌برد. دلیل افزایش محدوده تقطیر، افزایش متوسط طول زنجیره H-C سوخت بیودیزل و افزایش جرم ملکولی سوخت می‌باشد.



نمودار ۹- مقایسه مقادیر محدوده تقطیر در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج آزمون شاخص ستان طبق نمودار ۱۰ نشان داد که شاخص ستان روغن سویای خالص برابر ۸۰/۴ بود که افزایشی معادل ۳۴٪ در B100 نسبت به B00 رانشان داد. دلیل این افزایش این بود که عدد ستان با افزایش درصد استر بایک رابطه صعودی غیرخطی افزایش پیدا می‌کند که دلیل این امر را وجود گلیسرین آزاد و ملکولهای با طول زنجیره های بلند کربن در ساختمان بیودیزل که قابلیت صابونی شدن در مراحل تهیه را نداشته‌اند، دانست. ترکیبات مذکور قابلیت احتراق و ترکیب کمی داشته و باعث افزایش عدد ستان می‌شود. بیشتر بودن عدد ستان بیودیزلها باعث افزایش کیفیت احتراق و مزیت عمده برای بیودیزلها به شمار می‌رود.



نمودار ۱۰- مقایسه مقادیر شاخص ستان در ترکیبات مختلف سوخت

نتایج اندازه گیری عدد اسیدی نشان داد که اسیدیته ترکیبات حاوی متیل استر سویا بیشتر از سوخت دیزل بودند که در B100 نسبت به B00 افزایش اسیدیته ای معادل ۲/۵ برابر مشاهده گردید. کمترین میزان افزایش مربوط به نسبت بین اسیدیته B25 و B00 بوده که اسیدیته B25، ۱/۳ برابر بیشتر از B00 بود که دلیل این امر حضور اسیدهای چرب آزاد در این سوختها و مقدار کمی اسید باقیمانده از مرحله خنثی سازی به هنگام تهیه سوخت می باشد.

نتایج تعیین درصد کربن و خاکستر نمونه نشان داد که درصد خاکستر ترکیبات حاوی متیل استر سویا کمتر از سوخت دیزل بود. بیشترین تفاوت مربوط به سوخت B100 نسبت به B00 بود که کاهش ۵۰٪ ایجاد نمود. این میزان کاهش در افزایش عمر سیستم احتراق نقش بسزایی دارد زیرا خاکستر حاوی رسوبات معدنی و اکسیدهای فلزی حل شده در سوخت است که مقدار زیاد آن در سوختهای مایع موجبات فرسودگی قسمتهای متحرک سیستم احتراق را فراهم می سازد. کربن اندازه گیری شده در حدود ۰/۰۱۹ درصد وزنی متیل استر سویا بوده که نسبت به B00 در حدود ۳۱٪ کاهش داشته است. نتایج آزمون میزان آب در نمونه سوخت متیل استر سویا برابر ۰/۰۴٪ قسمت در میلیون اندازه گیری شده است. دلیل میزان آب بیشتر در نمونه سوختهای بیودیزل نحوه استخراج و منشاء این سوخت ها است.

تشکر و قدردانی :

با سپاس فراوان از کلیه پرسنل دانشگاه پیام نور الیگودرز و مرکز آموزش علمی کاربردی جهادکشاورزی الیگودرز و مهندسین مهران ایزدی و بهمن فریدونی و حسن مهدور و مهندس بهرهی ریاست محترم دانشگاه جامع علمی و کاربردی استان لرستان و مجتمع آزمایشگاهی علوم تحقیقات تهران و پژوهشکده صنعت نفت تهران و گروه شیمی دانشگاه لرستان و کلیه عزیزانی که در انجام تحقیق بنده را یاری نموده اند.

مراجع

- ۱- سادات ، س.، "بررسی جایگزینی انرژی های نو در بهبود محیط زیست" ، پایان نامه کارشناسی ارشد واحد علوم تحقیقات تهران، ۱۳۷۶.
- ۲- خسروی ، م.، "شیمی نفت" ، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.
- ۳- مشهدی میغانی، ح.، "تحقیق درباره بکارگیری متیل استر روغن کلزا به عنوان سوخت در موتور اشتعال تراکمی کم دور" ، رساله دکتری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ۱۳۸۱.

- 4- Auld, D. L., and Betties, B. L., and Peterson, C. L., "Production and fuel characteristics of vegetable oils from oilseed crops in the Pacific Northwest", Proceeding of the international conference on plant and vegetable oils as fuel. ASAE, St. Joseph MI .Pages 92-97. 1999.
- 5- Kusdiana, D ., Saka, S., "Kinetics of Transesterification in Rapeseed Oil to Bio Diesel Fuel as Treated in Supercritical Methanol", Fuel 80, 693-698 (2000).
- 6- Korbitz, W., In World Fuel Ethanol Congress (Beijing, China, 2001).
- 7- Vicente, G., Matinez, M., and Aracil, g. "Integrated Biodiesel Production :a Comparison of Different homogeneous Catalysts Systems" , Bioresource Technology , 92:297-305, (2004).
- 8- Zanchi, M., "Development of experiments with vegetable oils as a diesel substitute", Applied engineering in agriculture, 9(9):103-117. 1998