

مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متیل استر روغن سویا به عنوان بیودیزل با سوخت دیزل مرسوم در ایران (۲۴۲)

حمید مشهدی میغانی^۱، مرتضی الماسی^۲، حسین باخدا^۳، مهدی محسنی فر^۴

چکیده

در این تحقیق خواص فیزیکی و شیمیایی بیودیزل تولیدی با سوخت دیزل رایج در کشور و ترکیبات مختلف این دو سوخت مورد مقایسه قرار گرفتند. بدین منظور متیل استر سویا از ترنس استریفیکاسیون روغن پالایش نشده سویا توسط الکل متیلیک و در حضور متوکسید سدیم به عنوان کاتالیزر و در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد تهیه گردید. سوخت های مورد آزمایش شامل سوخت دیزل مرسوم در ایران به عنوان سوخت مرجع و ترکیبات متیل استر سویا تولیدی بر مبنای حجمی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ که به ترتیب با نمادهای B00، B25، B50، B75 و B100 نامیده می شوند در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش های شاخص ستان، گرانروی، نقطه اشتعال و وزن مخصوص متیل استرخالص سویا را به ترتیب ۰/۸، ۳۱/۵٪، ۵۶/۸٪ و ۴٪ بیشتر از سوخت دیزل نشان می دهد. ارزش حرارتی، مقدار گوگرد، میزان خاکستر و نقطه ریزش متیل استر خالص 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 وخت B25 را نسبت به B00 و در مواردی برتری آن را تأیید می کند. بطوری که آهنگ تغییرات خواص وخت 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٪، ۳/۶۶٪، ۰/۷ و ۱/۳ برابر داشته است. نتایج آزمونهای B50، B75 تأثیر مقدار بیودیزل موجود در ترکیب سوخت را مورد تأیید قرار می دهند. بصورتی که نقطه اشتعال و نقطه ابری شدن ترکیبات دارای متیل استر سویا بیشتر از سوخت دیزل مرسوم می باشد.

کلید واژه: بیودیزل، متیل استر سویا، ترنس استریفیکاسیون، خصوصیات وخت

۱- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اراک، استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، پست الکترونیک: Hamid_Mashhadi@yahoo.com

۲- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی

۳- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، دانشجوی دکترای مکانیزاسیون

۴- کارشناس ارشد مکانیزاسیون ماشینهای کشاورزی

در سالهای اخیر بدلیل کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست محیطی و قابلیت تجدیدپذیری اینگونه از سوختها تحقیقات وسیعی در راستای امکان استفاده از بیودیزل به جای سوخت دی‌زل انجام یافته است. بیوگاز، بیواتانول، بیوبنزین و بیودیزل از مهمترین اعضای این خانواده از سوختها محسوب می‌شوند. از آنجا که قسمت اعظم آلاینده‌هایی نظیر ترکیبات نیتروژن، منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن و ذرات جامد معلق از گاز خروجی اگزوز موتورهای دیزلی ناشی می‌شوند، لذا در میان سوخت‌های زیستی موجود، تحقیق در راستای یافتن سوختن جایگزین و مناسب برای سوخت دیزل سهم وسیعی از تحقیقات را به خود اختصاص داده است [5]. از مهمترین دلایل انتخاب بیودیزل‌ها می‌توان به تجدیدپذیری، مقادیر کمتر آلاینده‌های حاصل از احتراق، عدم نیاز به تغییر در ساختار موتور اشاره کرد [7]. سویا در سال ۱۳۸۶ دارای سطح زیر کشت ۹۲۰۰۰ هکتار در ایران بوده و ۱۲٪ تولید دانه‌های روغنی را شامل می‌شود. دوره رشد کوتاه، امکان استفاده از آن به عنوان کشت دوم را ایجاد کرده و کاربردهای صنعتی و خوراکی آن سبب شده است که تحقیقات گسترده‌ای در دنیا بر روی استفاده از روغن آن بجای سوخت دی‌زل انجام گیرد.

چهار روش اصلی برای تولید و استفاده بیودیزل از روغنهای نباتی شامل ۱- استفاده مستقیم از روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت ۲- میکرو امولسیون ۳- پیرولیز ۴- ترانس استریفیکاسیون روغنهای گیاهی می‌باشند. روش استفاده مستقیم از روغنهای گیاهی به عنوان سوخت دارای مزایایی از جمله راحتی در حمل و نقل، محتوی حرارتی مناسب، وجود منابع فراوان و تجدیدپذیری آن می‌باشد. اما استفاده از این مواد بدلیل خورندگی بیش از حد قطعات متحرک بواسطه بالابودن ویسکوزیته، نقص در سیستم احتراق موتور به واسطه آلاینده‌های موجود در روغن، آلودگی زود هنگام روغن‌های روان‌ساز، فراریت کم و پایین بودن ضریب اشتعال، فعالیت شیمیایی هیدروکربن‌های غیر اشباع، تشکیل رسوب کربن بر روی قطعات موتور و چسبندگی رینگهای روغن‌معیبی همراه است [3]. لذا استفاده مستقیم از این مواد مناسب نبوده و نیازمند تغییر در خواص آنها است از رایج‌ترین روش در صنعت برای تولید سوخت از روغنهای گیاهی و چربی‌های حیوانی ترانس استریفیکاسیون یا الکولیز است [4]. ترانس استریفیکاسیون عبارت است از واکنش دادن یک روغن گیاهی یا چربی حیوانی با یک الکل برای تولید استر به عنوان بیودیزل و گلیسرول می‌باشد. بررسی آلاینده‌های حاصل از بیودیزل تولیدی از روغنهای پسماند نشان می‌دهد که با استفاده از بیودیزل خالص میزان مونوکسید کربن ۵۸/۹ درصد کاهش، دی‌اکسید کربن ۸/۶ درصد، اکسید نیتروژن ۳۷/۵ درصد، دی‌اکسید گوگرد

۵۷/۷ درصد افزایش در دی اکسید نیترژن میزان ۸۱ درصد روی داد [۶]. در تحقیقی که در زمینه تولید بیودیزل از روغن دانه منداب و ترکیبات مختلف متیل استر منداب شتری با سوخت دیزل مرسوم دریافتند با افزایش سهم متیل استر منداب شتری، نقطه اشتعال، ارزش حرارتی، شاخص ستان، نقطه ابری شدن، نقطه ریزش و میزان گوگرد در جهت کارایی مناسب سوخت، کیفیت احتراق و همچنین پخش آلاینده ها بالاخص ترکیبات گوگرد بهبود پیدا کرد [۱]. نتایج تحقیق انجام شده در مورد مقایسه ترکیبات حاوی متیل استر کلزا و سوخت دیزل مرسوم در ایران انجام شده است نشان می دهد این ترکیبات به واسطه بالاتر بودن عدد ستان و نقطه اشتعال به ترتیب به میزان متوسط در سوخت های حاوی متیل استر کلزا ۴/۸۱٪ و ۴۹/۵٪ نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش نشان دادند و از نظر این خواص بر سوخت دیزل برتری داشتند. این برتری از نظر کمتر بودن مقادیر نقطه ریزش و ابری شدن و مقدار خاکستر نیز مشاهده شد [۲].

مواد و روشها

کلیه مراحل استخراج و استریفیکاسیون و تجزیه در آزمایشگاه شیمی آلی مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران و همچنین آزمونهای ترکیبات مختلف سوخت در آزمایشگاههای واحد ارزیابی نفت خام پژوهشکده صنعت نفت تهران در سال ۱۳۸۶ انجام گردید. تیل و اتیل استر روغنهای گیاهی ویزگیهای رفتاری شبیه به سوخت دیزل دارند در نتیجه این تحقیق در راستای تهیه سوخت گیاهی و تهیه متیل استر روغن سویا از روغن پالایش نشده بدلیل کاهش هزینه های تولید و جلوگیری از بروز اثرات نامطلوب در راندمان تولید در حضور کاتالیزور متوکسید سدیم و همراه الکل متیلیک استفاده گردید. پس از تهیه متوکسید سدیم و تیتراسیون الکل و اختلاط الکل و سدیم و واکنش با کاتالیزور و غیر فعال نمودن آن و مرحله جداسازی اولیه و ثانویه نمونه برای تعیین خواص مختلف سوخت در آزمایشگاههای پژوهشکده صنعت نفت تهران آزمایشهای مشخصه های سوخت انجام گردید. در انجام آزمونهای سوخت از روشهای استاندارد مورد تید و به شرح زیر استفاده گردید:

برای اندازه گیری چگالی از دستگاه چگالی متر دیجیتال تحت استاندارد D4052 متعلق به استانداردهای انجمن آزمون و مواد آمریکا (ASTM) استفاده شد. روش کار بدین صورت بود که حجم کوچکی در حدود ۰/۷ میلی لیتر از نمونه را به دستگاه تزریق کرده و پس از برطرف شدن

نوسانات در عدد ارائه شده بر روی مانیتور دستگاه که نشانه کالیبره کردن اتوماتیک دستگاه بود، دانسیته نمونه به طور اتوماتیک محاسبه شد.

گرانروی سینماتیکی براساس زمان عبور حجم معینی از مایع در دمای ثابت ۴۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد. برای اندازه گیری گرانروی سینماتیکی از دستگاه گرانروی سنج استوالد تحت استاندارد D446 استفاده شد. برای تعیین گرانروی سوخت از دستگاه حمام ویسکوزیته استفاده گردید. روش آزمایش به این صورت بود که ابتدا حمام گرانروی را در دمای آزمایش ۴۰ درجه سانتیگراد تنظیم کرده و با توجه به اطلاعات مربوط به ویسکوزیته تقریبی روغن نسبت به انتخاب به لوله ویسکومتر مناسب با گستره اندازه گیری مورد نظر اقدام شد. در این صورت گرانروی براساس رابطه (۱) بدست آمد. که در آن:

$$V = C.T \quad (1)$$

V = گرانروی سینماتیکی (سانتیمتر استوک) C = ثابت کالیبره گرانروی سنج (میلیمتر بر مجذور ثانیه بر ثانیه)

T = متوسط زمان عبور نمونه (ثانیه)، می باشند.

دمای نقطه اشتعال یکی از معیارهای سنجش تمایل نمونه به تشکیل ترکیب قابل اشتعال با هوا تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاه می باشد. نقطه اشتعال سوخت پایین ترین دمایی است که در آن سوخت به اندازه کافی به بخار تبدیل می شود و با هوا یک مخلوط قابل اشتعال ایجاد می کند بطوری که با نزدیک شدن شعله آتش به آن در یک لحظه مشتعل و سپس خاموش می شود. این پارامتر از رابطه (۲) محاسبه گردید. که در آن:

$$FP = C + 0.0033(760 - P) \quad (2)$$

C = نقطه اشتعال بدست آمده از آزمون (درجه سانتیگراد) P = فشار هوای محل آمایش (میلیمتر جیوه)

FP = نقطه اشتعال تصیح شده (درجه سانتیگراد)، می باشند.

نقطه احتراق پایین ترین دمایی است که در آن سوخت به اندازه ای بخار تولید کند که با نزدیک کردن شعله، مشتعل شود و این اشتعال مدتی ادامه یابد. این آزمایش به وسیله دستگاه پنسکی-مارتنز و به روش بسته انجام شد.

پایین ترین دمایی که سوخت هنوز در آن بحالت سیال است را نقطه ریزش گویند. این آزمون توسط دستگاه تعیین نقطه ریزش انجام گردید. بدین صورت که سرد کردن را پس از ظهور حالت مومی

ملکولهای سنگین ادامه داده تا تمام نمونه به حالت مومی و متبلور در آید و دیگر سوخت جریان نیابد. دمای آستانه توقف جریان به عنوان نقطه ریزش درج گردید.

نقطه ابری شدن پایینی ترین دمایی است که در آن دما در سوخت مایع اولین ذرات کریستال و موم ظاهر می شود. نمونه را در استوانه شیشه ای استاندارد به قطر خارجی ۳۴/۸-۳۳/۲ میلی متر و ارتفاع ۱۲۵-۱۱۵ میلی متر تا سطح علامت خورده استاندارد ریخته، سپس به منظور ایجاد شرایط همگن در محلول، آن را به دمای ۴۰ درجه سانتیگراد رساندی. نمونه را حداقل ۱۴ درجه سانتیگراد بالای نقطه ابری شدن و پس از هم دما شدن با محیط در دستگاه سردکن قرار دادی و در هر ۳ درجه سانتیگراد کاهش، دمای نمونه کنترل و به محض رویت اولین ذرات کریستال و مومی شکل، دمای نمونه بعنوان نقطه ابری شدن اعلام گردید.

اندازه گیری میزان گوگرد به روش اشعه ایکس انجام شد. برای این کار نمونه را در ظرف مخصوص دستگاه قرار داده و دستگاه بطور اتوماتیک در سه تکرار میزان گوگرد را اندازه گیری نمود بطوریکه سرعت آنالیز آن ۱ تا ۲ دقیقه در نمونه بود.

ارزش حرارتی شامل میزان انرژی آزاد شده از جرم مشخص ماده می باشد و به صورت خالص و ناخالص وجود دارد. در حالت خالص ماده تولیدی به حالت گاز و آب حاصل به صورت مایع می باشد ولی در حالت ناخالص آب حاصل نیز بخار می شود. این آزمایش بوسیله دستگاه بمب کالری انجام شد. در این روش ارزش حرارتی با سوختن حدود یک گرم از نمونه در بمب کالری متر در شرایط کنترل شده تعیین گردید. ارزش حرارتی بطور اتوماتیک از محاسبه دمای قبل، بعد و در حین احتراق و با در نظر گرفتن انتقال حرارت حاصل از سوخت با تصحیح مقدار گوگرد موجود در نمونه بدست آمد. ارزش حرارتی محاسبه شده توسط دستگاه بصورت ارزش حرارتی خالص بود و می توان با توجه به رابطه (۳) ارزش حرارتی ناخالص را محاسبه نمود که در آن:

$$Q_n = Q_g - 0.2122H \quad (3)$$

Q_n = ارزش حرارتی خالص در فشار ثابت و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (مگاژول بر کیلوگرم)

Q_g = ارزش حرارتی ناخالص در حجم ثابت و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (مگاژول بر کیلوگرم)

H = درصد جرمی هیدروژن در نمونه، می باشد.

اطلاع از محدوده تقطیر سوختهای مایع برای تعیین مقدار فراریت سوخت، عددستان و همچنین بررسی اثر سوخت بر کاهش غلظت روغن، میزان انتشار دود، سهولت روشن شدن و نور کاربرد دارد. برای تعیین محدوده تقطیر از استاندارد D86 در فشار اتمسفر استفاده شد. در این روش ۱۰۰ میلی لیتر

از نمونه در شرایط فشار اتمسفر تقطیر شد. مشاهده منظم دما و حجم میعان و حجم افت تقطیر ته به اطلاعات مورد نیاز بطور اتوماتیک صورت گرفت. دماهای ثبت شده را باید با توجه به فشار استاندارد اتمسفر طبق رابطه (۴) تصحیح گردد که در آن:

$$C = 0.0009 (101.3 - P_k)(273 + t_c) \quad (4)$$

t_c = دمای ثبت شده (سانتیگراد) P_k = فشار بارومتري موجود در زمان و

مکان تست (کیلو پاسکال)

می باشند.

شاخص ستان عددی است که بیانگر درصد حجمی ستان و هپتامتیل ننان در یک سوخت مرجع می باشد که همان خاصیت احتراق سوخت نمونه را دارد. این شاخص تحت استاندارد D976 محاسبه می شود. شاخص ستان بوسیله رابطه (۵) محاسبه گردید. که در آن:

(۵)

$$CI = 454.74 - 1641.416D + 774.74D^2 - 0.554B + 97.803(\text{Log}M)^2$$

CI = شاخص ستان سوخت M = نقطه جوش (درجه فارنهایت)

D = چگالی B = متوسط نقطه جوش

می باشند.

اندازه گیری میزان اسید موجود در یک نمونه بر مبنای اندازه گیری وزن ماده بازی لازم جهت خنثی کردن یک گرم نمونه می باشد. عدد اسیدی برابر است با مقدار میلی گرم هیدروکسید پتاسیم مورد نیاز برای تیتراسیون یک گرم از نمونه تا زمان خنثی شدن کامل نمونه. این آزمایش بوسیله دستگاه تیتراسیون انجام گردید. بدین صورت که وزن مشخصی از نمونه در مخلوطی از تولوئن و پروپانول و مقدار اندکی آب تیتراشد که تیرانت واکنش، هیدروکسید پتاسیم می باشد.

خاکستر به اکسیدهای به جا مانده پس از سوختن کامل مقدار مشخصی از سوخت گفته می شود که شامل ذرات جامد و ریز و ترکیبات فلزی بوده و به صورت درصدی از وزن نمونه سوخته شده تعیین می گردد. نمونه وزن شده را در بوتله قرار داده و آن را در حرارت غیرمستقیم قرار داده تا زمانی که تمام نمونه سوخته و فقط کربن و خاکستر باقی ماند. سپس پسماند کربنی را در درون کوره ۷۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱ تا ۲ ساعت حرارت داده تا زمانی که فقط خاکستر در ظرف باقی ماند پس از سرد شدن، وزن مورد نظر با استفاده از رابطه (۶) اندازه گیری شد که در آن:

$$ASH = \left(\frac{w'}{w} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

W' = وزن خاکستر باقی مانده (گرم) w = وزن سوخت نمونه (گرم)

ASH = میزان خاکستر (درصد)، می باشد.

برای تعیین مقدار کربن باقیمانده به روش کنرادسون نمونه مورد آزمایش تا دمای ۱۰ درجه حرارت داده تا زمانی که دود ظاهر شد و به تدریج حرارت را کم کرده تا ۰.۵٪ حرارت وارده باعث سوختن کربن نگردی. پس از اتمام، دود شعله را مانند اول طوری تنظیم نموده که

فلز بوته سرخ رنگ شود و هفت دقیقه پس از سرخ رنگ شدن فلز تحتانی بوته فلزی بتوان کربن باقیمانده را پس از سرد شدن در دسیکاتور وزن کرد. می‌زان پسماند کربن طبق رابطه (۷) بدست آمد که در آن:

$$A/W = \left(\frac{A}{W} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

A = جرم نمونه (گرم) W = جرم پسماند کربن (گرم)

می باشد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج کلیه آزمونها در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج آزمونهای وزن مخصوص سوختها افزایش این مشخصه‌ها را برای B100 نسبت به B00 در حدود ۱/۴٪ 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 سوختها 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. نتایج آزمونهای گرانی سوختها 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 گرانی به درجه حرارت و چسبندگی زیاد به سبب وجود ترکیبات سنگین با ملکولهای پیچیده و بروز مشکلات در سیستم سوخت‌رسانی می‌باشد. اثر گرانی 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 صورتی که با اضافه نمودن درصد مناسبی از بیودیزل به سوخت دیزل مرسوم، سوختی با خصوصیات نزدیک به سوخت دیزل مرسوم خواهی‌م داشت. نتایج اندازه‌گیری نقطه اشتعال نشان داد که افزایش درصد‌های مختلف متیل استر روغن سویا در سوخت ترکیبی باعث افزایش نقطه اشتعال سوخت شد بطوری که نقطه اشتعال B100 به میزان قابل ملاحظه‌ای 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.

نتایج اندازه‌گیری نقطه ابری شدن و ریزش نمونه 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. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان گوگرد 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 می‌باشد. در نفت خام ترکیبات گوگرد به صورت محلول وجود دارد ولی بخش بیشتر گوگرد در مراحل پالایش جدا می‌شود. وجود گوگرد در سوخت نامطلوب است. اکسیدهای گوگرد که در مدت احتراق تشکیل می‌شوند می‌توانند 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 می‌باشند. بطور کلی این کاهش برتری استفاده از سوختهای گیاهی یا ترکیبات آنها را نشان می‌دهد. نتایج اندازه‌گیری ارزش حرارتی نشان داد که ارزش حرارتی سوختهای بیودیزل از سوختهای فسیلی کمتر است. ارزش حرارتی B100 در حدود ۱۱/۶٪ کمتر از B00 بوده و کمترین میزان کاهش

مربوط به نسبت بین ارزش حرارتی B25 و B00 بوده که ارزش حرارتی B25 در حدود 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.

نتایج اندازه گیری محدوده تقطیر 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 می برد. دلیل افزایش محدوده تقطیر، افزایش متوسط طول زنجیره H-C سوخت بیودیزل و افزایش جرم ملکولی سوخت می باشد.

نتایج آزمون شاخص ستان نشان داد که شاخص ستان روغن سویای خالص برابر ۸۰/۴ بود که افزایشی معادل ۳۴٪ در B100 نسبت به B00 را نشان داد. دلیل این افزایش این بود که عدد ستان با افزایش درصد استر با یک رابطه صعودی غیرخطی افزایش پیدا می کند 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 نداشته اند، دانست. ترکیبات مذکور قابلیت احتراق و ترکیب کمی داشته و باعث افزایش عدد ستان می شود. بیشتر بودن عدد ستان بیودیزلها باعث افزایش کیفیت احتراق و مزیت عمده برای بیودیزلها به شمار می رود.

جدول ۱: مقایسه خصوصیات متیل استرسوبا و ترکیبات مختلف آن با سوخت دیزل مرسوم در ایران

روش آزمایش	سوخت های مورد استفاده در آزمون					واحد	خصوصیت
	B100	B75	B50	B25	دیزل		
ASTM							
D4052	۰/۸۶۲۳	۰/۸۵۴۵	۰/۸۴۰۷	۰/۸۳۳۹	۰/۸۲۸۰	گرم بر سانتی متر مکعب	چگالی
D445	۴/۳۰۸	۴/۱۸۰	۳/۶۷۳	۳/۳۹۴	۳/۲۷۴	سانتی استوک	گرانروی سی نماتی ک
D93	۱۰۲	۷۵	۶۶	۵۶	۴۴	درجه سانتی گراد	نقطه اشتعال
D2500	-۶	-۴/۸	-۳/۸	-۳	-۲	درجه سانتی گراد	نقطه ابری شدن
D97	-۱۲	-۱۰	-۹	-۶	-۳	درجه سانتی گراد	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 سانتی گراد	محدوده قطی ر
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

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 ۱ دیته B25، ۱/۳ برابر بیشتر از B00 بود که دلیل این امر حضور اسیدهای چرب آزاد در این ختها و مقدار کمی اسید باقیمانده از مرحله خنثی سازی به هنگام تهیه خت 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٪ ای جاد 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 ۰/۱۹ 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

بدینوسیله از زحمات آقای مهندس سید محمد جواد افضلی کارشناس محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و کلیه مسئولین و پرسنل مجتمع آزمایشگاهی واحد علوم و تحقیقات تهران و پژوهشگاه صنعت نفت تهران سپاسگذاری می گردد.

منابع

- ۱- باخدا، ح. ۱۳۸۲. امکان استفاده از روغن منداب شتری به عنوان سوخت جایگزین و معرفی تکنولوژی تولید آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران
- ۲- مشهدی میغانی، ح. ۱۳۸۱. 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



3. Auld, D. L., Betties, B. L. and Peterson, C. L. 1999. 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.
4. Bondioli, P. Mariani, C. and Sala, M. 2001. Vegetable oil derivatives as diesel fuel substitutes. Analytical aspects. Determination of methanol. JAOCS, 64(6):133-141.
5. Caruana, C. M. 2000 .Pollution control drives new interest in biodiesel. Chemical engineering process.Vol. (84):14-18.
6. Dorado, j. 2003 . Emission evaluation of soybean derived biodiesel fuel. Southwest research institute study sponsored by the department of energy and university of Idaho. Presented at DOE biodiesel emission testing meeting, WA.
7. Zanchi, M. 1998. Development of experiments with vegetable oils as a diesel substitute. Applied engineering in agriculture, 9(9):103-117.