فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

بررسی تجربی عملکرد موتور دیزل تک استوانه با سوخت زیست‌دیزل

سید محمدرضا میری[۱]، سید رضا موسوی سیدی[۲*]، برات قبادیان[۳]

[۱] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران، mohammadrezamiri89@yahoo.com

[۲] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران، mousavi22@yahoo.com

[۳] دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ghobadib@modares.ac.ir

[*] نویسندهٔ مسئول، شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۵۶۹۷۱۳

چکیده

در این تحقیق ابتدا سوخت زیست‌دیزل روغن کلزای غیرخوراکی از طریق واکنش ترانس‌استریفیکاسیون تولید شد. سپس ویژگی‌های عملکردی موتور دیزل تک استوانه با مخلوط سوخت دیزل شمارهٔ ۲ و زیست‌دیزل حاوی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد حجمی تحت بارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصدی در سرعت‌های ۱۸۰۰ تا ۳۰۰۰ د.د.د. با گام ۴۰۰ د.د.د. بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، توان و گشتاور موتور ابتدا کاهش و سپس افزایش و در مقابل مصرف سوخت ویژهٔ موتور ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. توان موتور در مخلوط سوخت‌های B10، B15 وB20 نسبت به دیزل خالص (B0) به ترتیب ۰,۹۷، ۰,۱۱ و ۴,۲۸ درصد افزایش و مخلوط سوخت B5 نیز ۳,۸۷ درصد کاهش یافت. علاوه بر این سوخت B5 در سرعت دورانی ۲۶۰۰ د.د.د. بیشترین تأثیر و سوخت B20 در سرعت دورانی ۳۰۰۰ د.د.د. کمترین تأثیر روی توان موتور داشت. همچنین سوخت B5 در بار ۲۵ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B10 در بار ۱۰۰ درصد کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور داشت. در نهایت سوخت B10 در سرعت دورانی ۲۶۰۰ د.د.د. و بار ۱۰۰ درصد به عنوان ترکیب بهینه انتخاب شد.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۱۷ مرداد ۱۳۹۴

پذیرش: ۵ دی ۱۳۹۴

کلیدواژه‌ها:

زیست‌دیزل

روغن کلزای غیرخوراکی

عملکرد موتور

موتور دیزل تک استوانه

۱- مقدمه

هر سال به طور مداوم تعداد موتورهای دیزل به دلیل داشتن بازده زیاد، اقتصاد سوخت و تولید گازهای گلخانه‌ای کم، افزایش می‌یابد. موتورهای دیزلی بیش از موتورهای اشتعال جرقه‌ای تقریباً در تمام برنامه‌های کاربردی سنگین ترجیح داده می‌شوند. بنابراین، تقاضای جهانی برای سوخت دیزل در هر سال افزایش می‌یابد. از آنجا که منابع سوخت سنگواره‌ای به تدریج کاهش، و سوخت‌های سنگواره‌ای باعث آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین می‌شوند، لازم به یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر است [۱].

ویژگی‌های روغن‌های گیاهی بسیار شبیه به سوخت دیزل اند. با این حال در تحقیقات اولیه استفاده از روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت برای موتورهای دیزل، منجر به تأثیر منفی بر عملکرد موتور شد.

همچنین استفاده از روغن‌های گیاهی در موتور دیزل منجر به مشکلاتی در افزایش فشار، گرد کردن، چسبندگی، گرفتگی افشانه، چسبندگی حلقهٔ سمبه و آلودگی روغن موتور در عملیات دراز مدت به دلیل گرانروی قوی و چگالی است. روش استریفیکاسیون نبدیل اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن به متیل استر را گویند که با واکنش کاتالیست اسید سولفوریک و متانول همراه است. همچنین در مورد روغن‌هایی با محتوای اسیدهای چرب آزاد فراتر از ۰,۵ درصد، فرآیند نیازمند یک مرحله پیش تصفیه (مرحله استریفیکاسیون) است. سپس به منظور کاهش گرانروی برای احتراق و عملکرد بهتر موتور، از روغن‌های گیاهی با استفاده از روش ترانس‌استریفیکاسیون استفاده می‌شود.

روش ترانس استریفیکاسیون برای تبدیل روغن‌های گیاهی به عنوان سوخت جایگزین که زیست‌دیزل نام دارد، در موتورهای دیزل استفاده می‌شود [۲-۳] .

سوخت زیست‌دیزل براساس استاندارد ASTM D6751، عبارت است از ترکیب استرهای مونواکلیلی زنجیره بلند اسیدهای چرب حاصل از واکنش یک الکل با واکنشگرهای تجدیدپذیر که مهم‌ترین منابع آن‌را چربی‌های حیوانی و روغن‌های گیاهی تشکیل می‌دهند و دارای حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد اکسیژن که به شعله ور شدن کامل سوخت کمک کرده و دارای عدد ستان بزرگ نیز است [۴].

سوخت زیست‌دیزل تولید شده از روغن‌های گیاهی مختلف به‌عنوان سوخت جایگزین تجدیدپذیر، زیست تخریب‌ناپذیر و غیر سمی که در موتورهای دیزل بدون هیچ گونه تغییراتی استفاده می‌شود، است. با این حال، باید اشاره کرد که خواص آن‌ها باید در حدود استانداردهای سوخت زیست‌دیزل، به خصوص استاندارد EN 14214 و ASTM D6751 باشد، در غیر این صورت باعث مشکلات مختلفی در موتورهای دیزل مانند عملکرد و آلایندگی موتور، خوردگی قطعات، تشکیل رسوب در خط سوخت و تخریب روغن می‌شوند [۵].

استاندارد EN 14214، استاندارد سوخت زیست‌دیزل در اروپا است که استانداردهای ملی مربوطه برای هر کشور که جزو کمیته استاندارد اروپا بوده، متفاوت است. به‌عنوان مثال، برای انگلستان، BS 14214 EN و برای آلمان، EN DIN 14214 است. این استاندارد کمینه ملزومات کیفی زیست‌دیزل برای شرکت‌های موتورسازی و صنایع زیست‌دیزل کشورهای اروپایی را تعیین می‌کند. استاندارد D6751 ASTM استاندارد سوخت زیست‌دیزل در ایالت متحده امریکا است که زیست‌دیزل خالص (B100) و مخلوطی از سوخت زیست‌دیزل و دیزل تا سقف ۲۰ درصد زیست‌دیزل را نیز در بر می‌گیرد [۶].

زیست‌دیزل در دیزل امتزاج پذیر است و می‌تواند کیفیت سوخت را بهبود بخشد. بطور مثال افزودن زیست‌دیزل به دیزل می‌تواند روانی آن‌را بهبود دهد و منجر به افزایش عملکرد موتور شود. این سوخت باعث کاهش گازهای خروجی سمی در مقایسه با سوخت دیزل می‌شود. زیست‌دیزل اشکالاتی هم دارد که می‌توان به لزجت قوی آن اشاره کرد. لزجت شدید باعث چسبیدن سوخت به قسمت‌هایی از موتور می‌شود. همچنین روی عدد ستان، دمای شعله و چگالی هم اثر می‌گذارد. زیست‌دیزل بشدت به نور و دما حساس، و از دیزل خورنده‌تر است [۷].

در مطالعه‌ای عملکرد و آلاینده‌های موتوری دیزل چهار زمانه با استفاده از سه ترکیب سوخت زیست‌دیزل و دیزل، زیست‌دیزل و دیزل افزودنی و نفت سفید و زیست‌دیزل با درصد حجم ۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ در سرعت ثابت ۱۸۰۰ دور بر دقیقه تحت شرایط بارگذاری (ضعیف، متوسط و قوی) بررسی شده است.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد، با افزایش درصد سه ترکیب سوخت در بار کم، مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد، در حالی که در بار متوسط و قوی، با افزایش درصد سوخت زیست‌دیزل و دیزل، زیست‌دیزل و دیزل افزودنی، مقدار مصرف سوخت ویژه افزایش، ولی با افزایش درصد سوخت نفت سفید و زیست‌دیزل، مصرف سوخت ویژه کاهش می‌یابد [۸].

در تحقیقی متغیرهای عملکردی و آلایندگی موتوری دیزل تک استوانهٔ آب خنک با بکارگیری مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در بارهای مختلف بررسی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد با افزایش بار، توان ترمزی و بازده حرارتی ترمزی برای تمام سوخت‌ها افزایش می‌یابند. همچنین با افزایش درصد زیست‌دیزل، بازده حرارتی ترمزی و مصرف سوخت ویژه به ترتیب افزایش و کاهش یافته است [۹].

در تحقیقی که روی ویژگی‌های احتراق و آلایندهٔ موتوری دیزل تک استوانه با احتراق تراکمی تحت شرایط پایدار در دور متغیر موتور بین ۱۲۰۰ تا۲۶۰۰ دور در دقیقه و سوخت زیست‌دیزل B5 و B10 با استفاده از زیست‌دیزل روغن پسماند موجود در رستوران به عنوان سوخت جایگزین انجام شد، به این نتیجه رسیدند که سوخت

زیست‌دیزل، افزایش ۵,۹۵ درصدی در مصرف سوخت ویژه ترمزی با توجه به ارزش حرارتی کمتر یافت شد.

نتایج تجربی نشان می‌دهد که مقدار مصرف سوخت، بازده حرارتی ترمزی و درجه حرارت گاز خروجی افزایش یافته، در حالی که مصرف سوخت ویژه با افزایش سرعت موتور کاهش یافته است. علاوه بر این، قدرت موتور افزایش می یابد. به طور خاص، زیست‌دیزل تولید شده با افزودن فرآیند پراکسید کردن، پایین‌ترین نسبت هم ارزی را ایجاد می‌کند. بنابراین، فرآیند پراکسید کردن می‌تواند به طور مؤثر برای بهبود خواص سوخت هنگامی که زیست‌دیزل استفاده می‌شود، استفاده شود [۱۰].

در تحقیقی که برای ارزیابی ویژگی‌های عملکرد زیست‌دیزل خالص و سوخت ترکیبی آن بر روی یک موتور دیزل اروپا ۴ تحت سه بار مختلف (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و چهار سرعت مختلف موتور (۸۰۰، ۱۲۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۶۰۰ دور در دقیقه) انجام شده بود، به این نتیجه رسیدند که استفاده از ترکیب سوخت زیست‌دیزل منجر به افزایش مصرف سوخت ویژه ترمزی به خصوص در سرعت‌های کم موتور و شرایط بار جزئی می‌شود.

به‌عنوان مثال، در بار ۲۵ درصدی موتور، برای مصرف سوخت ویژه ترمزی مشخص شد که افزایش ۴۲ و ۳۴,۴ درصدی برای زیست‌دیزل در مقایسه با دیزل به ترتیب در دور ۸۰۰ دور در دقیقه و ۱۲۰۰ دور در دقیقه را دارا است.

بازده حرارتی ترمزی زیست‌دیزل در مقایسه با دیزل در بار ۵۰ و ۱۰۰ اندکی بزرگتر، ولی در بار ۲۵ درصدی روند مخالفی مشاهده شد. از طرفی زیست‌دیزل به‌عنوان یک سوخت جایگزین تجدیدپذیر بخاطر کیفیت خوب، پایداری (حفظ کردن تمام خواص خود در طول زمان) و تجزیه‌پذیر بودن، در سرتاسر جهان از اهمیت خاصی برخوردار است. زیست‌دیزل، متیل استرهای تک‌آلکیلی است که از روغن‌های گیاهی و حیوانی در حضور واکنشگر استحصال می‌شود [۱۱].

در این تحقیق، سوخت زیست‌دیزل حاصل از روغن کلزای غیرخوراکی و مخلوط‌های آن با سوخت دیزل شماره ۲ در موتور دیزل تک استوانهٔ هوا خنک، در چهار بار موتور و سرعت‌های مختلف استفاده شد. در ادامه داده‌های لازم برای محاسبه و بررسی متغیرهای عملکردی موتور ثبت گردیده و عملکرد موتور با استفاده از سوخت زیست‌دیزل ارزیابی شده است.

۲- مواد و روش

در تحقیق حاضر به منظور بررسی متغیرهای عملکردی موتور دیزل تک استوانهٔ هوا خنک از مخلوط سوخت دیزل معمولی با زیست‌دیزل با نسبت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد حجمی در سرعت‌های ۱۸۰۰ تا ۳۰۰۰ د.د.د. با گام ۴۰۰ د.د.د. تحت بارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد استفاده شد.

گشتاور و توان بوسیله لگام ترمز متصل به موتور دیزل تک استوانه تحت بار و سرعت بیان شده، پس از رسیدن به حالت پایدار اندازه‌گیری شد. همچنین متغیرهای عملکردی موتور (مصرف سوخت، گشتاور و توان) توسط سامانهٔ پایش از راه دور که رک (RAK) نام دارد، ثبت شد. شکل ۱ نمای کلی سامانهٔ پایش از راه دور را نشان می‌دهد.

شکل ۱: نمایی کلی سامانهٔ پایش از راه دور

۲-۱- سوخت آزمایش

سوخت زیست‌دیزل تولید شده در این پژوهش، متیل استر کلزای غیرخوراکی است که در آزمایشگاه انرژی تجدیدپذیر گروه مکانیک زیست‌سامانهٔ دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد.

همچنین روغن کلزای غیرخوراکی از کارخانه سبوس گندم شهرک صنعتی جویبار مازندران تهیه شد. برخی از خواص زیست‌دیزل تولید شده به همراه استاندارد و حدود مجاز مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های مهم سوخت دیزل و زیست‌دیزل مورد استفاده به همراه استاندارد ASTM و حدود مجاز

خصوصیات	آزمون	حد مجاز	زیست‌دیزل	دیزل
گرانروی سینماتیک (mm2/s)	D445	۱,۹ – ۶	۴,۵۵	۳,۱۶
چگالی (g/cm3)	D445	۰,۶۵ – ۳	۰,۸۶	۰,۸۲
گرانروی دینامیک (MPa.s)	D445	۱,۹ – ۶	۳,۹۳	۲,۶

۲-۲- لگام ترمز و موتور آزمایش

در تحقیق حاضر از دستگاه لگام ترمز جریان گردابی D400 با سامانهٔ پایش و بیشینهٔ دور ۱۰۰۰۰ د.د.د. و به ترتیب حداکثر توان و حداکثر گشتاور ۸۰ Kw و ۸۰ N.m برای اندازه‌گیری گشتاور، توان و اعمال سرعت و بارهای مختلف استفاده شد.

دقت این لگام ترمز برای متغیرهای اندازه‌گیری شده بین ۰,۵ تا ۱ درصد مقیاس کلی (کل محدودهٔ اندازه‌گیری) است.

همچنین موتور مورد استفاده در این آزمون، موتور دیزل چهار زمانه تک استوانهٔ هوا خنک LOMBARDINI ساخت کشور ایتالیا بود که در جدول ۲ ویژگی های فنی موتور بیان شده است.

جدول ۲: مشخصات موتور مورد آزمایش

مشخصات موتور	مقدار
نوع	DIESEL 3LD 510
وزن (کیلوگرم)	۶۰
تعداد استوانه	۱
قطر استوانه (میلیمتر)	۸۵
پیمایش استوانه (میلیمتر)	۹۰
حجم استوانه (سانتی متر مکعب)	۵۱۰
نسبت تراکم	۱۷,۵:۱
توان بیشینه (کیلو وات)	۹
گشتاور بیشینه (نیوتن‌متر)	۳۳

همچنین شکل ۲ نمایی از موتور و لگام ترمز مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهد.

شکل ۲: نمایی از موتور و لگام ترمز مورد آزمایش

۲-۳- روش آزمایش

بدین ترتیب پس از وارد کردن داده‌ها به رایانه، ابتدا متغیرها از لحاظ معنی‌دار و غیرمعنی‌دار بودن بررسی شدند. در این بررسی عملیات تجزیهٔ واریانس داده‌ها و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

برای رسم نمودارها نیز از صفحهٔ Excel استفاده گردید.این آزمایش با هدف مقایسهٔ متغیرهای عملکردی موتور بین ترکیبات مختلف سوخت دیزل و زیست‌دیزل انجام گرفت. متغیرهای تحت پایش در این آزمایش، نوع سوخت، دور و بار موتور بوده است.

روش کار بدین صورت است که پس از روشن شدن موتور به مدت ۱۵ دقیقه و گرم شدن آن (رسیدن دمای روغن موتور به ۶۰ درجهٔ سلسیوس) دور موتور به مقدار مورد نظر می‌رسد و در آن دور پایدار می‌شود. با استفاده از دستگاه رک (RAK) دور موتور را در حالت مورد نظر قرار داده و با پایدار شدن دور، مقادیر متغیرهای عملکردی موتور (مصرف سوخت، گشتاور و توان) در دستگاه فوق ثبت می‌شود. ابتدا آزمایش در حالت بار کامل موتور (۱۰۰ درصد) انجام شد. سپس با استفاده از گشتاور کل، بارهای بعدی را (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) محاسبه شد و سپس با استفاده از دستگاه RAK که به لگام ترمز متصل بود، به موتور اعمال شد.

همچنین برای تعویض سوخت نیز به مدت ۱۰ دقیقه به موتور اجازه می‌دهیم تا کار کرده تا سوخت قبلی به اتمام برسد [۱۲]. تمام آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت.

۲-٤- طرح آماری مورد استفاده

در این تحقیق از آزمایش فاکتوریل (بررسی اثرات دو یا چند متغیر روی صفت مورد نظر)، در قالب طرح کامل تصادفی با ۸۰ تیمار (۵ سطح سوخت × ۴ سطح بار × ۴ سطح دور) در سه تکرار استفاده گردید. هر یک از عواملی را که برای مطالعه اثر آن‌ها روی صفت یا صفات مختلف در یک آزمایش مقایسه می‌شود، تیمار گویند.

در این آزمون تأثیر سه متغیر مستقل شامل ۵ سطح سوخت، ۴ سطح بار و ۴ سطح دور روی متغیرهای عملکردی موتور به‌عنوان متغیر وابسته بررسی گردید. کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزار GenStat با سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

مصرف سوخت ویژه، توان و گشتاور به‌عنوان شاخص‌های عملکردی موتور در نظر گرفته شده است. در این بخش ابتدا اثر تیمارهای موجود و سپس اثر متقابل آنها بر روی متغیرهای عملکردی موتور ارائه می‌شود.

۳-۱- توان موتور

در این قسمت ارزیابی اثر انواع سوختهای بررسی شده بر توان موتور ارائه می‌شود.

۳-۱-۱- اثر سوخت زیست‌دیزل بر توان موتور

مشخصات زیست‌دیزل بویژه ارزش گرمایی، گرانروی و نرمی، تأثیر مهمی بر توان موتور دارند. ارزش گرمایی سوخت‌ها یک معیار بسیار مهم است که برای تولید کار، انرژی آزاد می‌کند.

بنابراین ارزش گرمایی ضعیف زیست‌دیزل موجب کاهش توان موتور می‌شود [۱۳].

در شکل ۳ تغییرات توان موتور نسبت به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نشان داده شده‌است.

با توجه به شکل ۳، با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، ابتدا مقدار توان موتور کاهش و سپس افزایش می‌یابد. مقدار

توان برای مخلوط‌های B0، B5، B10، B15 و B20 به ترتیب برابر ۳,۶ kw، ۳,۴۷ kw، ۳,۶۳ kw، ۳,۶۱ kw و ۳,۷۵ kw است.

شکل ۳: تأثیر مخلوط سوخت روی توان موتور

همچنین توان موتور با مخلوط سوخت‌های B10، B15 و B20 نسبت به دیزل خالص (B0) به ترتیب ۰,۹۷، ۰,۱۱ و ۴,۲۸ درصد افزایش و برای مخلوط سوخت B5 نیز ۳,۸۷ درصد کاهش یافته است.

با افزایش سوخت زیست‌دیزل در مخلوط‌های ۵ تا ۱۰ درصد و مخلوط ۱۵ تا ۲۰ درصد، مقدار توان موتور افزایش می‌یابد که علت آن مربوط به احتراق کامل‌تر، افزایش چگالی و گرانروی قوی مخلوط سوخت ۱۰ و ۲۰ درصد نسبت به دو مخلوط دیگر است [۱۴].

برخی محققان نتایج مشابهی از مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص را گزارش کرده‌اند [۱۵-۱۶].

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل روی توان موتور اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B20 بیشترین تأثیر و سوخت B5 کمترین تأثیر بر توان موتور می‌گذارند. علت کاهش یافتن مخلوط سوخت ۵ درصد، ارزش حرارتی پایین آن است [۱۷].

۳-۱-۲- اثر متقابل مخلوط سوخت و سرعت بر توان موتور

توان یک موتور به طور مستقیم با گشتاور و سرعت موتور متناسب است. در جدول ۳ تغییرات توان با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در سرعت‌های مختلف موتور نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۳، اثر متقابل مخلوط‌های سوخت و سرعت‌های مختلف موتور روی توان اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B5 در دور ۲۶۰۰ rpm بیشترین تأثیر و سوخت B5 در دور rpm ۳۰۰۰ کمترین تأثیر را روی توان موتور می‌گذارند.

همچنین مقدار توان برای دورهای ۱۸۰۰ تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به ترتیب برابر ۳,۷۲، ۳,۹۷، ۴,۳۳ و ۲,۴۳ کیلو وات است. با افزایش سرعت موتور، مقدار توان تا دور ۲۶۰۰ دور بر دقیقه افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد که علت آن می‌تواند به محتوای انرژی کمتر مخلوط زیست‌دیزل در واحد حجم از سوخت دیزل نسبت داد.

علاوه بر این غلظت و چگالی غلیظ مخلوط سوخت زیست‌دیزل در احتراق ناقص و ضعیف، درکاهش توان موتور تأثیر گذار است [۱۸].

جدول ۳: اثر متقابل سرعت و مخلوط سوخت موتور روی توان موتور

سوخت	سرعت موتور (دور بر دقیقه)				
	۱۸۰۰	۲۲۰۰	۲۶۰۰	۳۰۰۰	میانگین
D100 (B0)	۳,۵۸i	۳,۸۹f	۴,۲۵b	۲,۶۸k	۳,۶C
B5	۳,۶۸h	۴,۱۸c	۴,۴۲a	۱,۵۸n	۳,۴۷D
B10	۳,۷۱h	۳,۹۲f	۴,۱۶c	۲,۷۴j	۳,۶۳B
B15	۳,۶۰i	۳,۸۰g	۴,۴۰a	۲,۶۱l	۳,۶۰C
B20	۴e	۴,۰۶d	۴,۴۱a	۲,۵۴m	۳,۷۵A
میانگین	۳,۷۲C	۳,۹۷B	۴,۳۳A	۲,۴۳D	

اعداد با حروف متفاوت طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

همچنین در دور نامی (۱۸۰۰ د.د.) با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، مقدار توان موتور افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند مربوط به روانسازی بهتر سوخت زیست‌دیزل نسبت به سوخت دیزل و در نتیجه موجب کاهش تلفات اصطکاکی شود [۱۹].

همچنین در موتورهای دیزل، سوخت دیزل بر اساس حجمی، درون استوانه تقویت شده و چگالی مخلوط زیست‌دیزل غلیظ از سوخت دیزل است. بنابراین سوخت دارای شار جرمی بزرگتر بوده است که در موتور تزریق و در نتیجه باعث افزایش توان می‌گردد [۲۰].

۳-۱-۳- اثر متقابل مخلوط سوخت و بار بر توان موتور

در جدول ۴ تغییرات توان با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در بارهای مختلف موتور نشان داده شده است.

جدول ۴: اثر متقابل بار و مخلوط سوخت موتور روی توان موتور

سوخت	بار موتور (٪)				
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	میانگین
D100 (B0)	۱,۴۴j	۲,۹۲h	۴,۳۲d	۵,۷۰a	۳,۵۹۹C
B5	۱,۴۲j	۲,۹۹g	۴,۱۴e	۵,۳۱b	۳,۴۶۵D
B10	۱,۴۶j	۲,۹۹g	۴,۳۴d	۵,۷۴a	۳,۶۳۴B
B15	۱,۳۶k	۳,۰۱fg	۴,۳۴d	۵,۶۹a	۳,۶۰۳C
B20	۱,۵۹i	۳,۰۶f	۴,۶۸c	۵,۶۹۵a	۳,۷۵۳A
میانگین	۱,۴۵D	۲,۹۹C	۳,۳۷B	۵,۶۳A	

با توجه به جدول ۴، مخلوط‌های سوخت و بار موتور اثر متقابلی معنی‌داری نسبت بهم داشته و همچنین مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که سوخت B10 در بار ۱۰۰ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B15 در بار ۲۵ درصد کمترین تأثیر را روی توان موتور می‌گذارند.

زیادتر بودن مقدار اکسیژن و درجه اشتعال‌پذیری بیشتر زیست‌دیزل منجر به احتراق کامل‌تر و در نتیجه موجب افزایش توان می‌شود [۲۰].

همچنین با افزایش بار، مقدار توان موتور افزایش می‌یابد. در موتورهای دیزل با افزایش نسبت هم ارزی سوخت – هوا، اکسیژن اضافی موجود در مخلوط‌های زیست‌دیزل باعث احتراق کامل‌تر سوخت شده و منجر به بهبودی توان موتور می‌گردد [۲۱].

همچنین در بار کامل با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به سوخت دیزل، مقدار توان کاهش می‌یابد که مربوط به کاهش ارزش حرارتی سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل است. همچنین هرچه ارزش حرارتی زیست‌دیزل پایین‌تر باشد، توان موتور کاهش می‌یابد [۲۲].

از طرفی کاهش توان را نیز می‌توان به چگالی و گرانروی زیاد سوخت زیست‌دیزل که منجر به گرد شدن ضعیف و کاهش بازده احتراق می‌شود، نسبت داد [۲۳].

۳-۲- گشتاور

۳-۲-۱- اثر سوخت زیست‌دیزل بر گشتاور موتور

در شکل ۴ تغییرات گشتاور موتور نسبت به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۴، با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، مقدار گشتاور موتور به جز سوخت B5، افزایش می‌یابد. گرانروی قوی زیست‌دیزل که نفوذ تزریق را تقویت می‌کند (با بهبود مخلوط آب و هوا)، برای بیان بهبود گشتاور تأثیر گذار است [۲۴].

شکل ۴: تأثیر مخلوط سوخت روی گشتاور موتور

علاوه بر این، احتراق ناقص و محتویات اکسیژن مخلوط سوخت B5، منجر به کاهش گشتاور نسبت به سوخت دیزل می‌گردد [۲۵].

برخی محققان نتایج مشابهی از مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص را گزارش کرده‌اند [۲۶-۲۷].

همچنین مخلوط سوخت‌های B10، B15 و B20 نسبت به دیزل خالص (B0) به ترتیب ۰,۳۴، ۰,۶۸ و ۰,۱۳ درصد افزایش و برای مخلوط سوخت B5 نیز ۴,۷۷ درصد کاهش یافته است.

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نشان می دهد که مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل روی گشتاور موتور اثر معنی‌داری دارند، به طوری که سوخت B15 بیشترین تأثیر و سوخت B5 کمترین تأثیر را روی گشتاور موتور می‌گذارند.

۳-۲-۲- اثر متقابل مخلوط سوخت و سرعت بر گشتاور موتور

در جدول ۵ تغییرات گشتاور با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در سرعت‌های مختلف موتور نشان داده شده است.

جدول ۵: اثر متقابل سرعت و مخلوط سوخت موتور روی گشتاور موتور

سوخت	سرعت موتور (دور بر دقیقه)				
	۱۸۰۰	۲۲۰۰	۲۶۰۰	۳۰۰۰	میانگین
D100 (B0)	۱۸,۳۹b	۱۶,۸۷g	۱۵,۶۵j	۷,۹۷kl	۱۴,۷۲C
B5	۱۸,۴۸a	۱۷,۳۴d	۱۵,۹۶h	۴,۴۲n	۱۴,۰۵D
B10	۱۸,۳۹b	۱۶,۹۷f	۱۵,۷۸i	۷,۹۳l	۱۴,۷۷B
B15	۱۸,۴۵a	۱۶,۸۷g	۱۵,۹۳h	۸,۰۱k	۱۴,۸۲A
B20	۱۸,۳۳c	۱۷,۰۳e	۱۵,۷۸i	۷,۶۳m	۱۴,۶۹C
میانگین	۱۸,۴۱A	۱۷,۰۲B	۱۵,۸۲C	۷,۱۹D	

اعداد با حروف متفاوت طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

با توجه به جدول ۵، اثر متقابل مخلوط‌های سوخت و سرعت‌های مختلف موتور روی گشتاور اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B5 در دور rpm ۱۸۰۰ بیشترین تأثیر و سوخت B5 در دور rpm ۳۰۰۰ کمترین تأثیر را روی گشتاور موتور می‌گذارند.

همچنین با افزایش سرعت، مقدار گشتاور کاهش می‌یابد. علت کاهش یافتن گشتاور می‌تواند بدلیل کاهش بازده حجمی سوخت زیست‌دیزل با توجه به افزایش سرعت باشد [۲۸].

علاوه بر این، در حالی که چگالی و گرانروی سوخت زیست‌دیزل بزرگتر از سوخت دیزل است، ارزش حرارتی آن نیز پایین‌تر از سوخت دیزل است.

این عامل روی احتراق تأثیر گذاشته و باعث کاهش گشتاور موتور می‌گردد [۲۸-۲۹].

۳-۲-۳- اثر متقابل مخلوط سوخت و بار بر گشتاور موتور

در جدول ۶ تغییرات گشتاور با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در بارهای مختلف موتور نشان داده شده است.

جدول ۶: اثر متقابل بار و مخلوط سوخت موتور روی گشتاور موتور

سوخت	بار موتور (٪)				
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	میانگین
D100 (B0)	۵,۸۸l	۱۱,۷۷i	۱۷,۶۶f	۲۳,۵۶c	۱۴,۷۲C
B5	۵,۶۵m	۱۱,۲۲k	۱۶,۸۴g	۲۲,۴۹d	۱۴,۰۵D
B10	۵,۹۰l	۱۱,۸۴h	۱۷,۷۰f	۲۳,۶۲b	۱۴,۷۷B
B15	۵,۸۹l	۱۱,۸۸h	۱۷,۷۸e	۲۳,۷۱a	۱۴,۸۲A
B20	۵,۸۸l	۱۱,۷۰j	۱۷,۶۴f	۲۳,۵۵c	۱۴,۶۹C
میانگین	۵,۸۴D	۱۱,۶۸C	۱۷,۵۲B	۲۳,۳۹A	

اعداد با حروف متفاوت طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

با توجه به جدول ۶، مخلوط‌های سوخت و بار موتور اثر متقابل معنی‌داری نسبت بهم داشته و همچنین مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که سوخت B15 در بار ۱۰۰ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B5 در بار ۲۵ درصد کمترین تأثیر را روی گشتاور موتور می‌گذارند.

همچنین با افزایش بار، مقدار گشتاور موتور افزایش می‌یابد. افزایش گشتاور به علت کاهش افت حرارت موتور بوده و در نتیجه با افزایش گشتاور می‌توان عمل اشتعال را به سطوح زیست‌دیزل با کاستن و جلو بردن تزریق سوخت به طور مطلوبی بهینه ساخت [۳۰].

۳-۳- مصرف سوخت ویژه

در این قسمت اثر تغییرات سوخت بر مصرف سوخت بررسی و نتایج ان ارائه می‌شود.

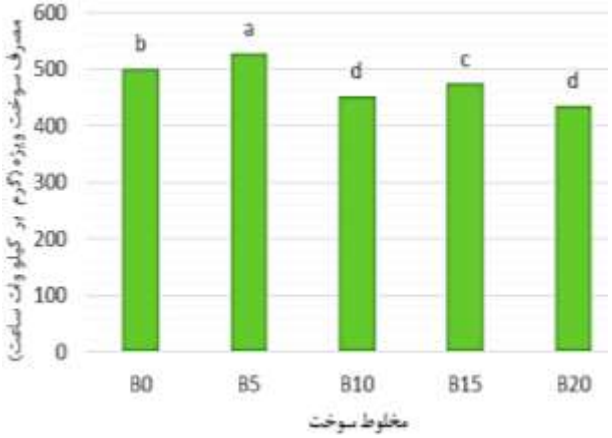
۳-۳-۱- اثر سوخت زیست‌دیزل بر مصرف سوخت ویژه

در موتورهای دیزل، مهم‌ترین خواص مصرف سوخت ویژهٔ موتور، ارزش حرارتی، چگالی، گرانروی و کشش سطحی هستند.

به طور کلی، از آنجا که چگالی و گرانروی سوخت زیست‌دیزل نسبت به سوخت دیزل بزرگتر است، مقدار سوخت زیست‌دیزل تزریق شده در استوانه بیشتر از سوخت دیزل است [۳۱-۳۲].

شکل ۵ تغییرات مصرف سوخت ویژهٔ موتور را با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹، با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، مقدار مصرف سوخت ویژهٔ موتور به جز سوخت B5 کاهش می‌یابد، که علت کاهش یافتن مصرف سوخت ویژه به افزایش نسبت گردشدن سوخت برمی‌گردد.



شکل ۵: تأثیر مخلوط سوخت روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور

از طرفی افزایش مصرف سوخت ویژه سوخت B5 مربوط به چگالی، گرانروی قوی و ارزش حرارتی پایین سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص بوده که سبب مخلوط فقیر با هوا نیز می‌شود [۳۳].

برخی محققان نتایج مخالفی از مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص را گزارش کرده‌اند [۳۴-۳۵].

همچنین مخلوط سوخت‌های B10، B15 و B20 نسبت به دیزل خالص (B0) به ترتیب ۱۰,۶۳، ۵,۳۸ و ۱۴,۹۵ درصد کاهش و برای مخلوط سوخت B5 نیز ۵,۴۸ درصد افزایش یافته است.

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل بر روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B5 بیشترین تأثیر و سوخت‌های B10 و B20 کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور می‌گذارند.

۳-۳-۲- اثر متقابل مخلوط سوخت و سرعت بر مصرف سوخت ویژهٔ موتور

در جدول ۷ تغییرات مصرف سوخت ویژه یا توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در سرعت‌های مختلف موتور نشان داده شده است.

جدول ۷: اثر متقابل سرعت و مخلوط سوخت بر مصرف سوخت ویژهٔ موتور

سوخت	سرعت موتور (دور بر دقیقه)				
	۱۸۰۰	۲۲۰۰	۲۶۰۰	۳۰۰۰	میانگین
D100	۷۵۹,۹a	۳۶۵,۹hi	۳۷۱,۲hi	۵۰۱,۸e	۴۹۹,۷B
B5	۶۶۷b	۳۴۵,۳i	۳۶۸,۱hi	۷۲۷,۸a	۵۲۷,۱A
B10	۵۷۵,۱cd	۳۷۳,۲ghi	۳۸۶,۹fgh	۴۷۱,۴e	۴۵۱,۷D
B15	۵۸۸/۲f	۳۹۹,۱fgh	۳۶۸,۹hi	۵۴۰,۶d	۴۷۴,۲C
B20	۴۱۵,۷f	۴۰۹,۷fg	۳۶۹,۶hi	۵۴۳,۷d	۴۳۴,۷D
میانگین	۶۰۱,۲A	۳۷۸,۷C	۳۷۲,۹C	۵۵۷,۱B	

اعداد با حروف متفاوت طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

با توجه به جدول ۷، اثر متقابل مخلوط‌های سوخت و سرعت‌های مختلف موتور روی مصرف سوخت ویژه اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B0 (دیزل خالص) در دور ۱۸۰۰ rpm بیشترین تأثیر و سوخت B5 در دور ۲۲۰۰ rpm کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور می‌گذارند. مصرف سوخت ویژهٔ موتور از دور ۱۸۰۰ تا ۲۶۰۰ د.د.د. کاهش و فراتر از آن افزایش می‌یابد. همچنین دور ۱۸۰۰ rpm بیشترین تأثیر و دورهای ۲۲۰۰ و ۲۶۰۰ د.د.د. کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور دارند.

مصرف سوخت زیاد را می‌توان به اثر حجمی نرخ تزریق سوخت ثابت همراه با گرانروی قوی مخلوط سوخت زیست‌دیزل نسبت داد. علاوه بر این علت کاهش یافتن مصرف سوخت ویژه نیز مربوط به کاهش یافتن بازده تنفسی و ارزش حرارتی است.

همچنین ارزش گرمایی پایین سوخت زیست‌دیزل باعث افزایش مصرف سوخت ویژهٔ موتورمی‌گردد. با این حال در سرعت تندتر، درجه حرارت داغ احتراق و مقدار اکسیژن زیست‌دیزل موجب بهتر شدن احتراق و در نتیجه کاهش مصرف سوخت ویژهٔ موتور می‌گردد [۳۶]. برخی محققان نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند [۳۷-۳۸].

۳-۳-۳- اثر متقابل مخلوط سوخت و بار بر مصرف سوخت ویژهٔ موتور

تغییرات مصرف سوخت ویژه با توجه به مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل در بارهای مختلف موتور در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸: اثر متقابل بار و مخلوط سوخت موتور روی توان موتور

سوخت	بار موتور (٪)				
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	میانگین
D100	۹۸۸,۳a	۳۸۸e	۳۲۰,۱g	۳۰۲,۴g	۴۹۹,۷B
B5	۱۰۱۰,۶a	۳۹۷,۹e	۳۶۵,۷ef	۳۳۴,۱fg	۵۲۷,۱A
B10	۸۲۴,۶c	۳۷۳,۴e	۳۱۴,۶g	۲۹۴g	۴۵۱,۷D
B15	۸۹۱,۸b	۳۸۱,۱e	۳۱۵,۴g	۳۰۸,۶g	۴۷۴,۲C
B20	۷۵۲,۳d	۳۷۰,۳e	۳۱۶,۱g	۳۰۰g	۴۳۴,۷D
میانگین	۸۹۳,۵A	۳۸۲,۱B	۳۲۶,۴C	۳۰۷,۸D	

اعداد با حروف متفاوت طبق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

با توجه به جدول ۸، اثر متقابل مخلوط‌های سوخت و بارهای مختلف موتور روی مصرف سوخت ویژه اثر معنی‌داری داشته، به طوری که سوخت B5 در بار ۲۵ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B10 در بار ۱۰۰ درصد کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور می‌گذارند.

همچنین مصرف سوخت ویژهٔ موتور با افزایش بار، کاهش می‌یابد، که علت آن بهبود احتراق، گرانروی کم و تغییرات (بی‌ثباتی) زیاد مخلوط سوخت زیست‌دیزل است [۳۹].

همچنین بار ۲۵ درصد بیشترین تأثیر و بار ۱۰۰ درصد کمترین تأثیر را روی مصرف سوخت ویژهٔ موتور دارند. علت افزایش مصرف سوخت ویژهٔ موتور ناشی از ترکیب خصوصیات سوخت زیست‌دیزل نظیر ارزش گرمایی ضعیف زیست‌دیزل و چگالی غلیظ، ترکیب گرانروی قوی و ارزش گرمایی ضعیف و یا ترکیب چگالی و گرانروی قوی با ارزش حرارتی ضعیف سوخت زیست‌دیزل است [۴۰-۴۱]. برخی محققان نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند [۴۲-۴۳].

٤- نتیجه گیری

این پژوهش در دو مرحله انجام شد.

- در مرحله اول، سوخت زیست‌دیزل به روش ترانس استریفیکاسیون بدست آمد.
- در مرحله دوم، با بدست آوردن خواص مخلوط سوخت دیزل و زیست‌دیزل از جمله گرانروی و چگالی، عملکرد موتور دیزل تک استوانهٔ هوا خنک در شرایط تیمارهای مختلف و اثرات متقابل آنها بررسی شد.

خلاصهٔ نتایج حاصل از این کار به شرح زیر است:

- ✓ با افزایش سوخت زیست‌دیزل نسبت به دیزل خالص، مقدار توان و گشتاور موتور ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته، در حالی که برای مصرف سوخت ویژهٔ موتور ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. همچنین حداکثر مقدار توان، گشتاور و مصرف سوخت ویژه به ترتیب برابر ۳,۷۵ Kw، ۱۴,۸۲ N.m و ۵۲۷,۱ gr/kw.h بود.
- ✓ با افزایش دور، مقدار گشتاور موتور کاهش یافت. در حالی که مقدار توان تا دور ۲۶۰۰ rpm به ترتیب افزایش یافته و بعد از آن کاهش یافت. در حالی‌که مقدار مصرف سوخت ویژه برعکس توان بود.
- ✓ با افزایش بار، مقدار توان و گشتاور موتور افزایش، ولی مقدار مصرف سوخت ویژه کاهش یافت. بیشترین مقدار توان و گشتاور مربوط به بار ۱۰۰ درصد بوده، در حالی که بیشترین مقدار مصرف سوخت ویژه مربوط به بار ۲۵ درصد بود.
- ✓ سوخت B5 در دور ۲۶۰۰ rpm بیشترین تأثیر و سوخت B20 در دور ۳۰۰۰ rpm کمترین تأثیر بر توان موتور داشت و همچنین سوخت B10 در بار ۱۰۰ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B15 در بار ۲۵ درصد کمترین تأثیر بر توان موتور داشت.
- ✓ سوخت B0 (دیزل خالص) در دور ۱۸۰۰ rpm بیشترین تأثیر و سوخت B5 در دور ۲۲۰۰ rpm کمترین تأثیر را بر مصرف سوخت ویژهٔ موتور داشته، در حالی که سوخت B5 در بار ۲۵ درصد بیشترین تأثیر و سوخت B10 در بار ۱۰۰ درصد کمترین تأثیر را بر مصرف سوخت ویژهٔ موتور داشت.

- ✓ در نهایت بهترین ترکیب از نظر عملکردی موتور، مخلوط سوخت B10 در دور rpm ۲۶۰۰ و بار ۱۰۰ درصد انتخاب شد.

References

[1] A. Abu-Jrai, J. A. Yamin, A. H. Al-Muhteseb, M. A. Hararah, Combustion characteristics and engine emissions of a diesel engine fueled with diesel and treated waste cooking oil blends, Chemical Engineering Journal, Vol. 172, pp. 129–136, 2011

[2] E. M. Shahid, Y. Jamal, Production of biodiesel: a technical review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 4732–4745, 2011

[3] M. Kouzu, J. Hidaka, Transesterification of vegetable oil into biodiesel catalyzed by CaO: a review, Fuel, Vol. 93, pp. 1–12, 2012

[4] E. Viola, Biodiesel from fried vegetable oils via transesterification by heterogeneous catalysis, Catalysis Today, Vol. 179, pp. 185–190, 2012

[5] O. Ozener, L. Yuksek, A. T. Ergenc and M. Ozkan, Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, Fuel, Vol. 115, pp. 875-883, 2012

[6] S. B. Amini, Clean Fuel, Scientific Specialized Journal Of Biosystem Engineering, Scientific society of farmmachinery engineering, Bu Ali Sina University Of Hamedan, 2006

[7] L. Ji, P. Xiao, CH. MengLuo, ZH. Jian, Y. Bo Gu, ZU. Gang, Biodiesel production from Camptothecaacuminata seed oil catalyzed by novel Brönsted–Lewis acidic ionic liquid, Applied Energy, Vol. 115, pp. 438– 444, 2014

[8] M. Mohon, W. Wang, M. Alawi, Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel–diesel, biodiesel – diesel-additive and kerosene – biodiesel blends, Energy Conversion and Management, Vol. 84, pp. 164–173, 2014

[9] S. Kumar, B. Prasanna, Experimental investigation on performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with Mahua biodiesel using additive, Energy Procedia, No. 54, pp. 569 – 579, 2014

[10] M. Wail, S. Adailehl, S. Khaled, Performance of diesel engine fuelled by a biodiesel extracted from a waste cocking oil, Energy Procedia, No. 18, pp. 1317 – 1334, 2012

[11] H. An, W. M. Yang, A. Maghbouli, J. Li, S. K. Chou, K. J. Chua, Performance, combustion and emission characteristics of biodiesel derived from waste cooking oils, Applied Energy, Vol. 112, pp. 493–499, 2013

[12] A. Rahimi, B. Ghobadian, M. Montazeri, Experimental investigation of performance and emissions in an air-Cooled single-cylinder diesel engine using diesel-biodiesel fuel blends, The 9th National conference on on Agricultural Machinery Engineering (Mechanical of Biosystems) and Mechanization, Tehran, Iran, April 22–23, 2015

[13] I. M. Rizwanul Fattah, M. A. Kalam, H. H. Masjuki, M. A. Wakil, Biodiesel production, characterization, engine performance, and emission characteristics of Malaysian Alexandrian laurel oil, RSC Adv, No. 4, pp. 87–96, 2014

[14] I. M. Rizwanul Fattah, M. A. Kalam, H. H. Masjuki, M. Varman, Effect of antioxidant added coconut biodiesel blends on emission characteristics of a heavy-duty diesel engine, International conference on frontiers of environment, energy and bioscience, Beijing, China, 2013

[15] A. N. Ozsezen, M. Canakci, Determination of performance and combustion characteristics of a diesel engine fueled with canola and waste palm oil methyl esters, Energy Convers Manage, Vol. 52, pp. 108–16, 2011

[16] R. Behest R, Performance and emission study of waste anchovy fish biodiesel in a diesel engine, Fuel Processing Technology, Vol. 92, pp. 1187–1194, 2011

[17] H. Kim and B. Choi, The effect of biodiesel and bioethanol blended diesel fuel on nanoparticles and exhaust emissions from CRDI diesel engine, Renewable Energy, Vol. 35, pp. 157-163, 2010

[18] S. Ahmed, M. H. Hassan, M. A. Kalam, S. M. A. Rahman, M. J. Abedin, A. Shahir, An experimental investigation of biodiesel production, characterization, engine performance, emission and noise of Brassica juncea methyl ester and its blends, J Clean Prod, Vol. 79, pp. 74–81, 2014

[19] M.A. Fazal, Biodiesel feasibility study: An evaluation of material compatibility; performance; emission and engine durability, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol, 15, pp. 1314–1324, 2011

[20] B. Ghobadian, H. Rahimi, A. M. Nikbakht, G. Najafi, T. F. Yusaf, Diesel engine performance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network, Renew Energy, Vol. 34, pp. 976–982, 2009

[21] M. Gumus, S. Kasifoglu, Performance and emission evaluation of a compression ignition engine using a biodiesel (apricot seed kernel oil methyl ester) and its blends with diesel fuel, Biomass and Bioenergy, No. 34, pp. 134-139, 2010

[22] H. Hazar, Effects of biodiesel on a low heat loss diesel engine, Renewable Energy, Vol. 34, pp. 1533–1537, 2011

[23] M. A. Kalam, H. H. Masjuki, M. H. Jayed, A. M. Liaquat, Emission and performance characteristics of an indirect ignition diesel engine fuelled with waste cooking oil, Energy, Vol. 36, pp. 397-402, 2011

[24] H. C. Ong, H. H. Masjuki, T. M. I. Mahlia, A. S. Silitonga, W. T. Chong, Engine performance and emissions using Jatropha curcas, Ceiba pentandra and Calophyllum inophyllum biodiesel in a CI diesel engine, Energy, Vol. 69, pp. 427–445, 2014

[25] G. Tuccar, E. Tosun, T. Ozgur, K. Aydin, Diesel engine emissions and performance from blends of citrus sinensis biodiesel and diesel fuel, Fuel, Vol. 132, pp. 7–11, 2014

[26] H. Aydin, H. Bayindir, Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine, Renew Energ, Vol. 35, pp. 588–592, 2010.
[27] A. M. Liaquat, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, I. M. Rizwanul Fattah, M. A. Hazrat, M. Varman, M. Mofijur and M. Shahabuddin, Effect of coconut biodiesel blended fuels on engine performance and emission characteristics, Procedia Eng, Vol. 56, pp. 583–590, 2013
[28] S. Caynak, M. Guru, M. Bicer, A. Keskin and A. Ycingur, Biodiesel production from pomace oil and improvement of its properties with synthetic manganese additive, Fuel, Vol. 88, pp. 534-538, 2009
[29] C. Ilkilic, R. Behcet, The reduction of exhaust emissions from a diesel engine by using biodiesel blend, Energy Sources Part A: Recov, Util Environ Effects, Vol. 32, pp. 839–850, 2010
[30] C. Hasimoglua, M. Ciniviz, I. Ozsert, Y. ingür, A. Parlak, M. C. Salman, Performance characteristics of a low heat rejection diesel engine operating with biodiesel, Renew Energy, Vol. 33, pp. 1709–1715, 2008.
[31] A. N. Ozsezen, M. Canakcy, A. Turkcan, C. Sayyn, Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola oil methyl esters, Fuel, Vol. 88, pp. 629-636, 2009.
[32] Z. Qiu, L. Zhao and L. Weatherley, Process intensification technologies in continuous biodiesel production, Chem Eng Process, Vol. 49, pp. 323–330, 2010
[33] M. Mofijur, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, A. E. Atabani, Evaluation of biodiesel blending, engine performance and emissions characteristics of Jatropha curcas methyl ester: Malaysian perspective, Energy, Vol. 55, pp. 879-887, 2013
[34] E. Buyukkaya, Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, Fuel, Vol. 89, pp. 3099–3105, 2010
[35] M. Mofijur, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, A. E. Atabani, I. M. R. Fattah, H. M. Mobarak, Comparative evaluation of performance and emission characteristics of Moringa oleifera and palm oil based biodiesel in a diesel engine, Ind Crops Prod, Vol. 53, pp. 78–84, 2014
[36] M. Ono, M. Nakajima, K. Yoshida, H. Shoji, A. Iijima, Influence of various biodiesel fuels on diesel engine performance, SAE Technical Paper, Vol. 32, 2009
[37] A. N. Ozsezen, M. Canakci, C. Sayin, Effects of biodiesel from used frying palm oil on the performance, injection, and combustion characteristics of an indirect injection diesel engine, Energy Fuels, Vol. 22, pp. 1297–1305, 2008
[38] F. Boudy, P. Seers, Impact of physical properties of biodiesel on the injection process in a common-rail direct injection system, Energy Convers Manage, Vol. 50, pp. 2905–12, 2009
[39] C. M. V Prasad, S. M. Krishna, C. P. Reddy, K. R. Mohan, Performance evaluation of non-edible vegetable oil substitute fuels in low heat rejection diesel engines, IMech E Part D, Vol. 214, pp. 181-187, 2000
[40] M. Kousoulidou, G. Fontaras, L. Ntziachristos, Z. Samaras, Biodiesel blend effects on common-rail diesel combustion and emissions, Fuel, Vol. 89, pp. 3442–3449, 2010
[41] H. Bayrakceken, An analysis on the effects of crude and refined soybean oil methyl esters on engine performance and emission, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Vol. 34, pp. 1407–1415, 2012
[42] M. Guru, A. Koca, O. Can, C. Cınar and F. Sahin, Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with Mg based additive in a diesel engine, Renewable Energy, Vol. 35, pp. 637–643, 2010
[43] F. Aksoy, Analyzing the effects of methyl esters produced from raw soybean and waste frying oil on engine performance and NOx emission, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Vol. 34, pp. 143–151, 2012

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Functional variables of a biodiesel-powered single-cylinder diesel engine: an experimental analysis

S. M. Miri[1], S. R. Mousavi Seyedi[2*], B. Ghobadian[3]

[1] *Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, mohammadrezamiri89@yahoo.com*
[2] *Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, mousavi22@yahoo.com*
[2] *Tarbiat Modares Universoty, Tehran, Iran, ghobadib@modares.ac.ir*
[*] *Corresponding Author, Telephone Number: +98-9113569713*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 08 August 2015
Accepted: 26 December 2015

Keywords:
Biodiesel
Non-edible Rapeseed Oil
Engine Performance
Single-Cylinder Diesel Engine

ABSTRACT

In this study, biodiesel fuel was first produced by converting non-edible rapeseed oil through the transesterification reaction. The functional characteristics of a single-cylinder diesel engine powered by a fuel mixture including Diesel #2 (2-D) and biodiesel (with different concentrations of 5, 10, 15 and 20 v/v %) was analyzed under 25, 50, 75 and 100% loading levels at different engine speeds ranging from 1800 to 3000 rpm with 400 rpm increments. Results showed that higher biodiesel to pure diesel ratios first reduced engine power and torque and then improved them, whereas the engine's specific fuel consumption (SFC) was first increased and then decreased. Compared to the pure diesel fuel, engine power was increased by 0.97, 0.11 and 4.28% while running on B15, B10 and B20 fuel mixtures, respectively. It also decreased by 3.87% while using B5. Additionally, the B5 mixture at 2600 rpm had the largest impact and the B20 mixture at 3000 rpm had the smallest impact on engine power. B5 with 25% loading and B10 with 100% loading had the largest and the smallest impacts on specific fuel consumption, respectively. Finally, B10 at 2600 with 100% loading was selected as the best mixture.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.