



تهیه بیودیزل با ترانس استریفیکاسیون روغن زیتون تلخ و تاثیر مصرف آن بر انتشار آلاینده های یک موتور دیزل

حسین جم^۱، احمد غضنفری مقدم^{۲*} محسن شمسی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استاد بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

* ایمیل نویسنده مسئول: aghazanfari@uk.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۰)

چکیده

بیودیزل یک سوخت تجدید پذیر است که می تواند به تنهایی یا با مخلوط شدن با سوخت گازوئیل در موتورهای دیزلی استفاده شود. در این تحقیق از از روغن دانه زیتون تلخ به روش ترانس استریفیکاسیون بیودیزل تهیه و پس از خالص سازی بیودیزل به روش آبشویی، خصوصیات فیزیکی و حرارتی آن اندازه گیری شد. سپس این سوخت با نسبت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد با گازوئیل مخلوط و در یک موتور دیزل چهار سیلندر استفاده شد. آلاینده های خروجی از آگروز شامل گازهای CO، CO₂، هیدروکربن های سوخته نشده (HC) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و همچنین دمای گازهای خروجی از آگروز در سه بار ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ نیوتن در متر و در شش سرعت ۱۸۰۰-۱۳۰۰ دور در دقیقه مورد بررسی قرار گرفت و با آلاینده های سوخت دیزل مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار بیودیزل گازهای CO و HC کاهش یافت ولی CO₂ و NO_x افزایش یافت. دمای گازهای خروجی نیز با افزایش بیودیزل کاهش یافت. همچنین با افزایش دور موتور گازهای CO، CO₂، HC و دمای گازهای خروجی افزایش یافت ولی NO_x کاهش یافت. افزایش بار موتور باعث کاهش اکسید نیتروژن شد ولی سایر فاکتورهای اندازه گیری شده افزایش یافتند.

واژه های کلیدی: آلاینده ها، بیودیزل، ترانس استریفیکاسیون، روغن زیتون تلخ

مقدمه

ضایعات آن ها انجام شده است. بیشترین مورد مصرف سوخت های فسیلی در موتورهای احتراقی است. از آنجا که موتورهای احتراقی بر روی وسایل نقلیه درون و برون شهری نصب می شوند استفاده روزافزون از این وسایل و متعاقب آن افزایش مصرف سوخت های فسیلی باعث افزایش آلودگی فضاهای شهری شده است.

کاهش منابع سوخت های فسیلی و افزایش قیمت آن ها در بازارهای جهانی، باعث شده تا پژوهشگران به فکر استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر باشند. در این راستا تحقیقات زیادی برای تامین قسمتی از انرژی مورد نیاز از مواد کشاورزی و

حسین جم و همکاران: تهیه بیودیزل... ۵۸

آلاینده جوی به شمار می‌آید. تحقیقات نشان می‌دهد که زمانیکه مخلوط سوخت بیودیزل و دیزل در یک موتور استفاده می‌شود با افزایش درصد بیودیزل مقدار انتشار دی‌اکسید افزایش می‌یابد و با افزایش دور موتور مقدار انتشار دی‌اکسید کربن ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Durbin et al., 2000).

همیشه به دلیل وجود مواد افزودنی و ناخالصی در سوخت و همچنین به دلیل احتراق ناقص مقداری از گازهای ناخواسته دیگر مانند منوکسید کربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و هیدروکربن‌های نسوخته (HC) تولید می‌شوند که هر یک به نحوی باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند. هنگامیکه اکسیژن کافی برای تبدیل تمام کربن موجود در هیدروکربن به دی‌اکسید کربن وجود نداشته باشد، مقداری از سوخت به صورت ناقص سوخته شده که علاوه بر کاهش راندمان موتور، گاز منوکسید کربن تولید می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش بار وارد بر موتور منوکسیدکربن ابتدا کاهش و سپس مقدار آن افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار بیودیزل به سوخت دیزل مقدار منوکسیدکربن کاهش می‌یابد. تحقیقات انجام شده بر روی بیودیزل تهیه شده از روغن‌های پسماند خوراکی، نشان داد افزایش در دور موتور ۱۲۰۰ - ۲۶۰۰ دور در دقیقه، منجر به افزایش تولید منوکسیدکربن شده است (Raheman & Ghadge, 2008).

در هنگام تنفس موتور مقداری زیادی نیتروژن موجود در هوا وارد محفظه احتراق می‌شود. نیتروژن یک گاز بی اثری است که این حالت بی اثر بودن در زیر دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند. با افزایش دما و رسیدن دمای محفظه احتراق به ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و تحت فشار

بیودیزل یک سوخت تجدیدپذیر با منشاء زیستی است که از ترکیب روغن‌های گیاهان یا چربی‌های حیوانی با یک الکل مایع از طریق فرایندی به نام استریفیکاسیون تولید می‌شود. الکل‌های مورد استفاده در این فرایند اتانول یا متانول می‌باشند که می‌توانند منشاء گیاهی داشته باشند. برای انجام این واکنش ترانس استریفیکاسیون نیاز به یک کاتالیزور است که اغلب از هیدروکسیدپتاسیم یا هیدروکسید سدیم استفاده می‌شود (Malaya et al., 2008).

از خصوصیات مهم سوخت بیودیزل می‌توان به عدد ستان بالا، آلاینده‌گی کمتر، تجزیه پذیر بودن، عدم وجود گوگرد در آن اشاره کرد (et al., 2008). خصوصیات فیزیکی و اشتعال سوخت بیودیزل بسیار نزدیک به خصوصیات سوخت دیزل است و می‌توان آن را بطور مستقیم یا به صورت مخلوط با سوخت دیزل، در موتورهای دیزلی موجود مورد استفاده قرار داد ولی تحقیقات نشان داده است که ارزش حرارتی بیودیزل از سوخت دیزل کمتر است و استفاده مستقیم از آن باعث کاهش قدرت موتور می‌گردد (Dorado et al., 2003).

در یک احتراق مطلوب سوخت، تنها بخار آب و دی‌اکسید کربن (CO₂) تولید و از آگروز خارج می‌شود. دی‌اکسید کربن گازی بی‌رنگ و بی‌بو است و در فرایند فتوسنتز گیاهی نقش عمده‌ای دارد. اگرچه وجود مقادیر بیشتر دی‌اکسید کربن در گازهای خروجی از آگروز نشان دهنده احتراق بهتر است، امروزه وجود غلظت‌های بالای این گاز در فضای شهرهای بزرگ که بواسطه احتراق سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود، به عنوان یک

حاصل از بیودیزل حاصل از پسماند روغن های خوراکی در یک موتور دیزل نشان می دهد که با افزایش دور موتور، مقدار تولید هیدروکربن های سوخته نشده نیز افزایش می یابد (Bhupendra *et al.*, 2012).

برای تهیه بیودیزل از روغن های گیاهی مختلفی می توان استفاده کرد. زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) درختی است که اخیراً در پارک ها و فضاهای شهری ایران به وفور کاشته شده است. این درخت سالانه میوه های زیادی تولید می کند که دارای پوست گوشتی زرد رنگ و هسته ای چوبی می باشد. میوه های زیتون تلخ از نوع شفت بوده و برای بسیاری از پستانداران از جمله انسان سمی است، ولی پرندگان بدون اثر مسمومیت از آن ها تغذیه می کنند (Zarandi *et al.*, 2011). هسته آن حاوی دانه های روغنی می باشد که از آن می توان در امور صنعتی استفاده کرد. در این پژوهش از هسته میوه زیتون تلخ، روغن گرفته شد. سپس به روش ترانس استریفیکاسیون از آن سوخت بیودیزل تهیه و مقدار انتشار آلاینده های آن از آگروز یک موتور دیزل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

تهیه روغن با استفاده از حلال

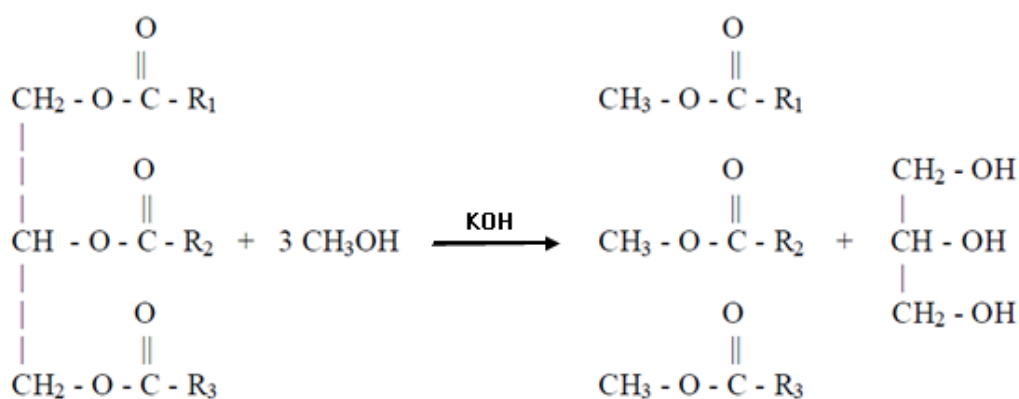
برای تهیه روغن، دانه های زیتون تلخ را خرد نموده و با استفاده از الک دستی هسته های آن را از پوست و گوشت جدا گردید. برای استحصال روغن، هسته ها را آسیاب کرده تا به قطعات کوچکتر از ۱ میلی متر تبدیل شوند. حدود ۵۰ گرم دانه های خرد شده را در یک کاغذ صافی قرار داده و پس از انتقال به دستگاه سوکسله با استفاده از حلال هگزان نرمال (C_6H_{14}) عمل استحصال روغن

زیاد، نیتروژن داخل سیلندر با اکسیژن واکنش داده و تولید اکسیدهای نیتروژن می نمایند و از راه آگروز به جو وارد می شوند (Heywood, 1988). تحقیقات انجام شده نشان می دهد که با افزایش بار وارد بر موتور و افزایش مقدار سوخت بیودیزل به سوخت دیزل، از مقدار اکسید نیتروژن کاسته می شود. در یک تحقیق مصرف بیودیزل حاصل از روغن پسماند خوراکی و روغن در یک موتور دیزل نشان داد که با افزایش دور موتور میزان انتشار اکسید نیتروژن کاهش می یابد (Cherng-Yuan & Rong-Ji, 2009).

ترکیب و درصد هیدروکربن های نسوخته برای هر سوخت و شرایط کاری موتور متفاوت است. شکل محفظه احتراق نیز بر طیف هیدروکربن های نسوخته اثر می گذارند. هنگامیکه آلاینده های هیدروکربنی وارد اتمسفر می شوند، بد بو و آزار دهنده هستند، برخی از آنها سرطانزا نیز می باشند. بعضی از این گازها با بخار و سایر گازهای موجود در اتمسفر واکنش داده و تولید اسید کرده و باران های اسیدی را بوجود می آورند. انتشار گازهای هیدروکربن های نسوخته با افزایش مقدار بیودیزل به سوخت دیزل کاهش می یابد. همچنین مقدار تولید این گاز در هنگام مصرف سوخت بیودیزل خالص نیز از ترکیب سوخت دیزل با بیودیزل کمتر می باشد. تحقیقات نشان می دهند، با افزایش مقدار بیودیزل به میزان ۲۰٪-۳۰٪ به سوخت دیزل موجب کاهش در میزان انتشار هیدروکربن های سوخته نشده می شود. بررسی های انجام شده بر روی بیودیزل تهیه شده از روغن جاتروفا نشان داد که با افزایش مقدار بار وارد بر موتور، مقدار انتشار هیدروکربن سوخته نشده نیز افزایش می یابد. نتایج

حسین جم و همکاران: تهیه بیودیزل... ۶۰

استریفیکاسیون) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و طی مدت ۲۴ ساعت به بیودیزل تبدیل گردید. در فرآیند ترانس استریفیکاسیون (شکل ۱) با جابه‌جایی بنیانهای اسیدچرب در مولکول تری‌گلیسرید (روغن) با بنیان‌الکل باعث تغییر خواص فیزیکوشیمیایی روغن گشته و به خصوصیات سوخت دیزل نزدیک می‌شود.



شکل ۱- واکنش ترانس استریفیکاسیون (ترکیب تری‌گلیسرید با متانول)

این مدت بیودیزل در بالا قرار می‌گیرد و با تخلیه آب از هم جدا می‌شوند.

اندازه‌گیری خصوصیات بیودیزل و دیزل

پس از تولید بیودیزل، خصوصیات این سوخت و گازوئیل معمولی شامل (۱) نقطه اشتعال، (۲) نقطه احتراق، (۳) نقطه شدن، (۴) نقطه ریزش، (۵) چگالی و (۶) ویسکوزیته سینماتیکی اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند. نقطه اشتعال پایین‌ترین دمایی است که در آن سوخت در مقابل شعله (جرقه) شروع به سوختن می‌نماید. نقطه اشتعال، دمایی است که در آن سوخت در مجاورت هوا خود به خود مشتعل می‌شود. برای تعیین دمای نقطه

انجام شد. برای بدست آوردن مقدار کافی روغن (حدود ۲ لیتر) این مرحله کار چندین بار تکرار شد و در هر بار دمای دستگاه ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و مدت هر دفعه روغن‌گیری ۸ ساعت طول کشید.

استریفیکاسیون روغن و خالص‌سازی بیودیزل

روغن بدست آمده با استفاده از متانول و کاتالیزور هیدروکسید پتاسیم (روش ترانس

در نتیجه ترانس استریفیکاسیون روغن، یک ماده دو فازی شامل بیودیزل در بالا و گلیسرین در زیر آن بدست می‌آید که لازم است از یکدیگر جدا شوند. مخلوط بیودیزل و گلیسرین به یک ظرف دارای یک پیچ تخلیه منتقل شدند و پس از گذشت ۲۴ ساعت گلیسرین در زیر روغن قرار گرفت و با باز کردن پیچ تخلیه از ظرف خارج گردید و بیودیزل در آن باقی ماند. برای حذف ناخالصی‌های موحود در بیودیزل که گلیسرول و الکل هستند بیودیزل بدست آمده دو بار در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد آبشویی قرار گرفت. در این روش آب به مقدار ۲ برابر به بیودیزل اضافه شد و پس از هم زدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار داده شد. پس از

گردید. ویسکوزیته سینماتیکی با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (FUNGILAB S.A. CO Model VISCO BASIC+H, Barsezona, Spain) اندازه گیری شد. هر یک از این آزمایش ها سه بار تکرار گردید و میانگین این سه به عنوان عدد مربوطه درج شد.

بررسی تاثیر سوخت بر گازهای خروجی از آگزوز

به منظور تاثیر سوخت بیودیزل بر میزان آلاینده‌گی گازهای خروجی از آگزوز و مقایسه آن با سوخت دیزل معمولی، بیودیزل تهیه شده را با نسبت‌های حجمی صفر، ده، بیست و سی درصد با سوخت دیزل مخلوط گردید که به ترتیب با B0، B10، B20 و B30 نام‌گذاری شدند. برای انجام آزمایش‌های هر مخلوط سوخت تهیه شده به صورت جداگانه در یک موتور دیزل (Engine diesel, Model AD3.152, Perkins, England) مورد استفاده قرار گرفته شد. موتور مورد استفاده در این آزمون درای چهار سیلندر با سیستم سوخت رسانی پاشش مستقیم بود که بر روی یک تراکتور مسی فرگوسن نصب گردیده بود. این موتور مزبور از نوع چهار زمانه، با نسبت تراکم ۱:۱۶/۵، حجم جابجایی ۲/۵ لیتر، با قطر سیلندر ۹۱/۴ میلی‌متر و کورس پیستون ۱۲۷ میلی‌متر است. از آنجا که ترکیب گازهای خروجی از آگزوز علاوه بر نسبت مخلوط سوخت می‌تواند تحت تاثیر دور و بار موتور قرار گیرد، در هر آزمایش موتور تحت سه بار ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ نیوتن بر متر و دور موتور نیز در شش سرعت دورانی با فواصل مساوی بین ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. تغییر بار وارد بر موتور توسط دینامومتر

اشتعال، مقداری سوخت در یک ظرف سرباز ریخته با استفاده از یک گرمکن برقی حرارت داده شد. دمای سوخت با استفاده از یک دماسنج الکتریکی در هر لحظه اندازه‌گیری شد و با استفاده از یک فندک بر بالای سوخت جرقه زده شد. با اولین جرقه‌ای که سوخت شروع با سوختن نمود آن دما به عنوان نقطه اشتعال ثبت گردید. برای تعیین دمای احتراق عمل گرم کردن به همین صورت انجام شد تا سوخت خود به خود مشتعل گردد، دما در لحظه خود سوزی به عنوان نقطه احتراق در نظر گرفته شد.

نقطه ریزش پایین‌ترین دمایی که سوخت وضعیت سیالیت خود را حفظ می‌نماید و نقطه ابری شدن پایین‌ترین دمایی است که سوخت وضعیت سیالیت خود را از دست نداده و حالت کدری به خود می‌گیرد و در این وضعیت ذرات کریستالی جامد در سوخت ظاهر می‌شوند. برای تعیین این دو نقطه مقداری سوخت در یک ظرف در داخل یک فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و دمای سوخت با استفاده از یک ترموکوپل (Ni-Cr) متصل به یک دماسنج الکتریکی (Model ST9262A/B/C, GmbH & CO, Germany) پایش شد. با بررسی وضعیت ظاهری سوخت نقطه ریزش و نقطه ابری شدن آن تعیین گردید. برای تعیین چگالی سوخت از یک پیکنومتر با حجم ۲۵ میلی‌لیتر استفاده شد و با اندازه‌گیری جرم سوخت و داشتن حجم آن چگالی مشخص

حسین جم و همکاران: تهیه بیودیزل... ۶۲

دینامومتر صورت گرفت. شکل (۲) تصویری از دینامومتر و تراکتور و چگونگی اتصال آن‌ها را به یکدیگر نشان می‌دهد.

(Dynamometer, Model NEB 400, AW) از نوع ترمز پرونی انجام شد. تغییر دور موتور توسط گاز دستی تراکتور و به کمک دور سنج نصب شده بر روی



شکل ۲- تصویری از دستگاه دینامومتر متصل به تراکتور

دیزل است که نشان می‌دهد یک مخزن سوخت بیودیزل وزن بیشتری نسبت به یک مخزن حاوی سوخت دیزل دارد. و این تفاوت چندان زیاد نیست و چگالی بیودیزل تهیه شده در محدوده توصیه شده سوخت‌های دیزل است. ویسکوزیته سینماتیکی سوخت بیودیزل کمی بیشتر از سوخت دیزل است و باعث می‌شود که سوخت بیودیزل روانی حرکت کمتری نسبت به سوخت دیزل داشته باشد ولی این مقدار این فاکتور نیز در محدوده توصیه شده قرار دارد. همچنین ویسکوزیته بالاتر باعث می‌شود تا سوخت در موتور به خوبی پاشیده نشود که نیاز است تنظیماتی در سیستم سوخت‌رسانی اعمال گردد. همانطور که در جدول (۱) نشان داده شده است سوخت بیودیزل دارای نقطه اشتعال و احتراق

برای اندازه‌گیری گازهای خروجی از آگروز از دستگاه تست دود (Gas analyzer, Model 350- دود- Testo, Germany) XL و برای اندازه‌گیری هیدروکربن‌های سوخته نشده از دستگاه آنالیز گاز خودرو (MRU Delta 1600) استفاده شده است. برای این دو آزمایش، حسگر دستگاه‌ها در خروجی لوله آگروز قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی از آگروز از دماسنج الکتریکی استفاده شد و ترموکوپل آن در قسمت مانیفولد خروجی دود قرار داده شد.

نتایج و بحث

مقایسه خصوصیات سوخت‌های بیودیزل و دیزل

خصوصیات اندازه‌گیری شده برای دو سوخت بیودیزل و دیزل در جدول (۱) آورده شده است. بیودیزل دارای چگالی بیشتری نسبت به سوخت

بالاتری نسبت به سوخت دیزل است. بالا بودن نقاط اشتعال و احتراق باعث می شود تا سطح ستان سوخت افزایش یابد که این یک مزیت به شمار می آید. نقطه ریزش و ابری بدست آمده برای سوخت بیودیزل بیشتر از سوخت دیزل است که

می تواند موجب بروز مشکلاتی برای روشن شدن موتور در هوای سرد شود.

جدول ۱- مقایسه خصوصیات سوخت های دیزل و بیودیزل و روش اندازه گیری آنها

محدوده*	بیودیزل	دیزل	واحد	خصوصیات سوخت
۰/۰-۸۶/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۴	kg/l	چگالی
۱/۶-۵	۴/۵۶	۳/۵۶	cst	ویسکوزیته سینماتیکی
۱۲۰<	۱۴۶	۷۶	°C	نقطه اشتعال
-	۱۷۳	۱۲۵	°C	نقطه احتراق
۱۰<	-۹	-۱۷	°C	نقطه ریزش
۷<	-۷	-۱۴	°C	نقطه ابری شدن

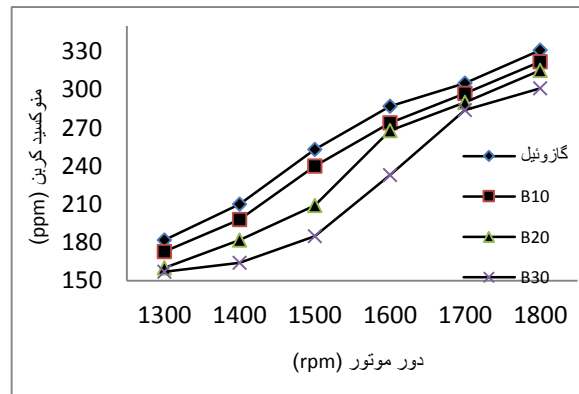
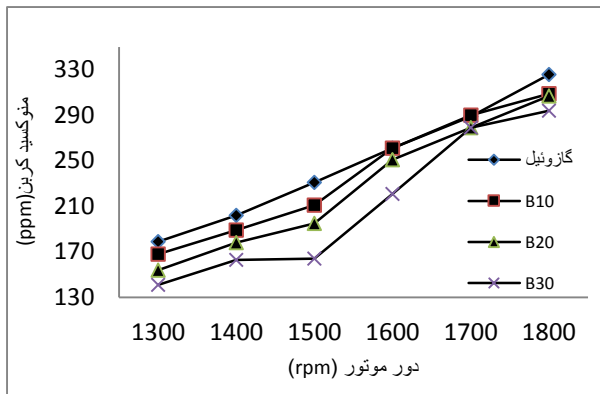
*(Raheman, and Ghadge, 2008)

دور موتور مقدار سوخت بیشتری به موتور تزریق گردیده و با ثابت بودن حجم هوای موجود در محفظه احتراق، عمل احتراق به خوبی صورت نمی گیرد. اصولاً بیشترین مقدار منوکسید کربن هنگامی تولید می شود که موتور با مخلوط غنی (سوخت زیاد) کار کند، این موارد شامل راه اندازی موتور یا شتاب گرفتن تحت بار شامل می شود. با افزایش دور موتور مخلوط هوا و سوخت غنی تر شده و باعث تولید بیشتر منوکسید کربن می شود. همانطور که در شکل نشان داده شده است با افزایش بار موتور مقدار انتشار منوکسید کربن افزایش می یابد زیرا در این حالت مصرف سوخت زیاد می شود و اکسیژن کافی برای انجام احتراق مناسب وجود ندارد و در نتیجه مقدار انتشار گاز منوکسید کربن زیاد می شود. استفاده از سوخت بیودیزل به همراه اضافه کردن دستگاه توربو شارژر

انتشار منوکسید کربن

شکل (۳) مقدار خروج منوکسید کربن از آگروز را در دور و بار و درصدهای مختلف مخلوط سوخت نشان می دهد. همانطور که مشخص است با افزایش درصد بیودیزل در سوخت، از مقدار تولید منوکسید کربن کاسته شده است و نشان می دهد که احتراق سوخت بیودیزل بهتر صورت می گیرد. سوخت بیودیزل به علت دارا بودن مقدار بیشتر اکسیژن نسبت به سوخت دیزل، باعث شده تا با افزایش مقدار بیودیزل به سوخت، مقدار اکسیژن کافی برای واکنش با منوکسید کربن و تبدیل شدن آن به دی اکسید کربن فراهم گردد و عمل بهسوزی سوخت در موتور صورت گیرد. همانطور که نمودارها نشان می دهند، با افزایش دور موتور، مقدار انتشار منوکسید کربن نیز افزایش می یابد و این افزایش تقریباً به صورت خطی است. با افزایش

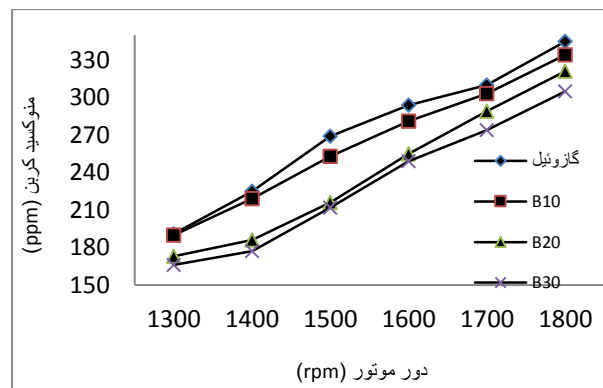
می تواند به مقدار زیاد از احتراق ناقص سوخت



جلوگیری کند.

ب: بار ۲۵۰ N.m

الف: بار ۲۰۰ N.m



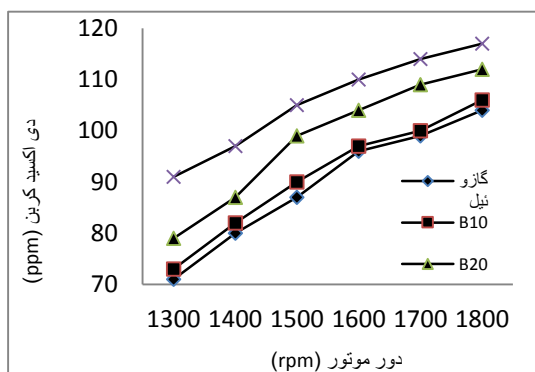
پ: بار ۳۰۰ N.m

شکل ۳- انتشار منوکسید کربن در سه بار

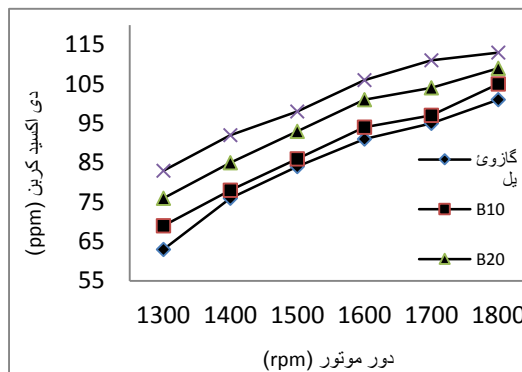
مقدار تولید دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد که این روند عکس مقدار انتشار گاز منوکسید کربن است. از طرفی مولکول‌های بیودیزل، بر خلاف سوخت دیزل، دارای مقادیر مختلفی اکسیژن هستند. این مولکول‌ها در دمای زیاد محفظه احتراق تجزیه شده و اکسیژن آزاد شده به احتراق بهتر سوخت کمک می‌کند.

انتشار دی‌اکسید کربن

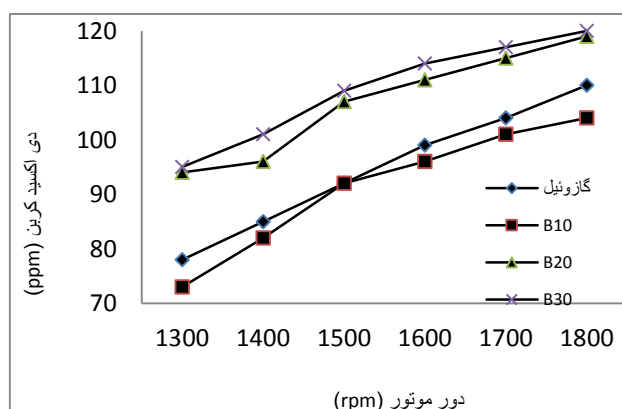
شکل (۴) مقدار تولید دی‌اکسید کربن برای چهار نوع سوخت در بارهای ثابت و در سرعت‌های مختلف را نشان می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت با افزایش مصرف سوخت که ناشی از افزایش بار و دور موتور است مقدار خروجی گاز دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد و این روند افزایش مشابه وضعیت تولید منوکسید کربن است. ولی نکته قابل توجه این است که با افزایش درصد بیودیزل



ب: بار ۲۵۰ N.m



الف: بار ۲۰۰ N.m



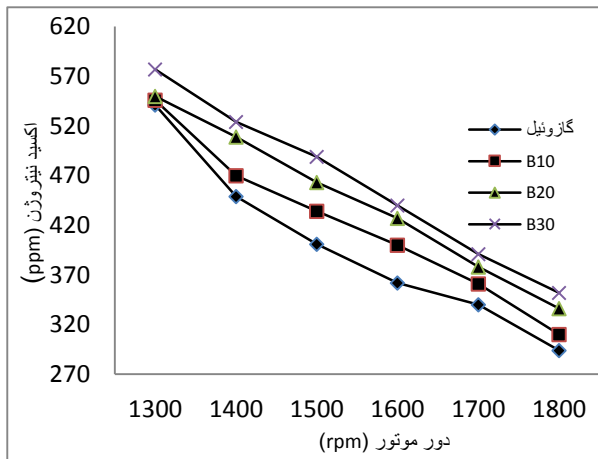
پ: بار ۳۰۰ N.m

شکل ۴- تولید دی اکسید کربن در سه بار

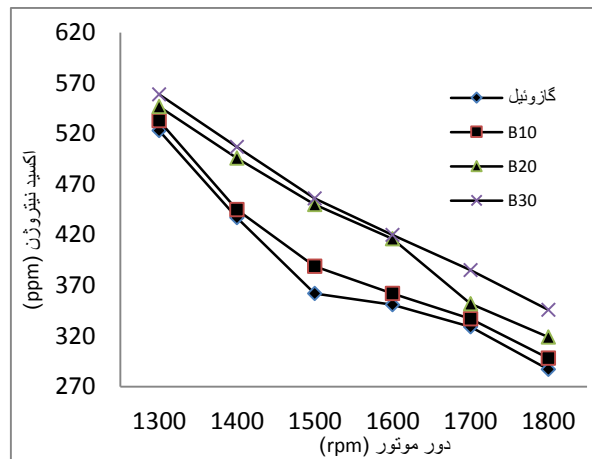
شکل (۵) نشان می‌دهند که با افزایش مقدار بیودیزل، مقدار تولید اکسیدهای نیتروژن افزایش یافته است. بیودیزل دارای عدد ستان بالاتری نسبت به سوخت دیزل می‌باشد، افزودن بیودیزل به سوخت دیزل باعث می‌شود که سوخت پاشیده شده به محفظه احتراق دیرتر مشتعل شده و در نتیجه فشار و دمای محفظه احتراق افزایش یابد. در این شرایط نیتروژن موجود در هوا و سوخت بیودیزل به مقدار بیشتری با اکسیژن ترکیب می‌شود. بررسی نمودارهای شکل (۵) نشان می‌دهد که افزایش بار موتور تاثیر چندانی بر مقدار تولید اکسیدهای نیتروژن ندارد.

انتشار اکسید نیتروژن

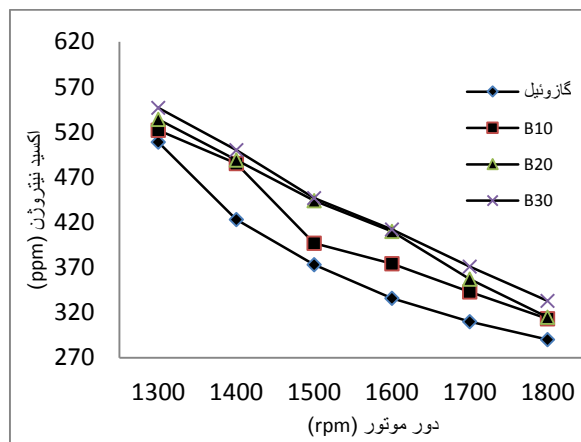
شکل (۵) مقدار تولید اکسیدهای نیتروژن در شرایط مختلف آزمایش را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دور موتور مقدار تولید اکسیدهای نیتروژن کاهش می‌یابد و این کاهش به صورت خطی رخ می‌دهد. یکی از دلایل عمده تولید گازهای اکسید نیتروژن فشار و دمای بالا در محفظه احتراق است. اصولاً با افزایش دور موتور مقدار زیادتری سوخت به داخل محفظه احتراق پاشیده می‌شود ولی مدت ماندن سوخت در محفظه احتراق کاهش یافته و دمای محفظه کاهش می‌یابد. این کاهش دما باعث می‌شود تا مقدار اکسید نیتروژن کمتری تولید می‌شود. نمودارهای



ب: بار ۲۵۰ N.m



الف: بار ۲۰۰ N.m



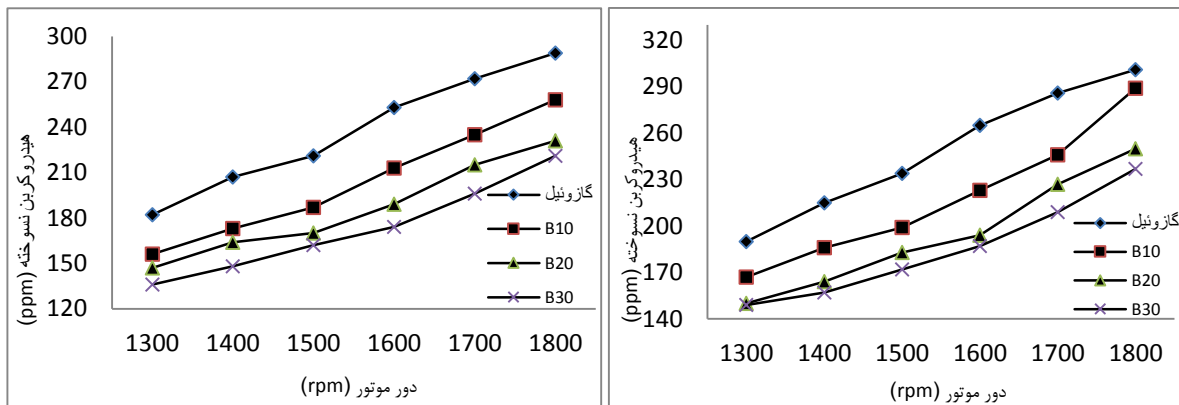
پ: بار ۳۰۰ N.m

شکل ۵- انتشار اکسید نیتروژن در سه بار

درصد بیودیزل در سوخت دیزل، مقدار تولید هیدروکربن‌های نسوخته کاهش یافته است. بیودیزل به علت دارا بودن مقدار اکسیژن فراوان در مولکول خود، موجب بهسوزی بهتر سوخت در داخل محفظه احتراق می‌شود، البته این مقدار بهسوزی فقط در نسبت‌های پایین ترکیب با دیزل می‌باشد از طرفی عدد ستان بالاتر بیودیزل در این امر نقش دارد. افزایش میزان بار وارده بر موتور تاثیر چندانی بر مقدار هیدروکربن‌های نسوخته ندارد.

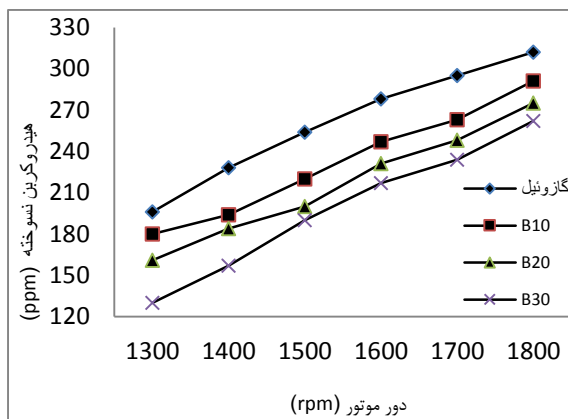
انتشار هیدروکربن‌های نسوخته

شکل (۶) مقدار تولید هیدروکربن‌های نسوخته را در شرایط مختلف آزمایش نشان می‌دهد. روند تغییر هیدروکربن‌های نسوخته نزدیک به روند تغییرات اکسیدهای کربن است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دور موتور مقدار انتشار هیدروکربن‌های نسوخته افزایش یافته زیرا اکسیژن کافی برای واکنش با سوخت پاشیده شده به داخل سیلندر وجود نداشته و در نتیجه، مقداری از هیدروکربن‌های موجود در سوخت به صورت نسوخته از آگزوز خارج می‌شوند. نمودارهای این شکل نشان می‌دهند که با افزایش



ب: بار ۲۵۰ N.m

الف: بار ۲۰۰ N.m



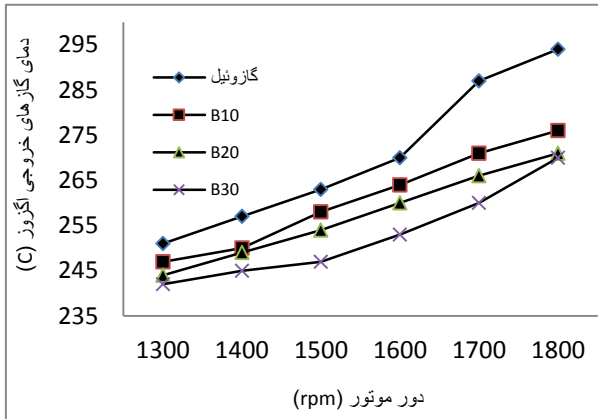
پ: بار ۳۰۰ N.m

شکل ۶- انتشار هیدروکربن های سوخته نشده در سه بار

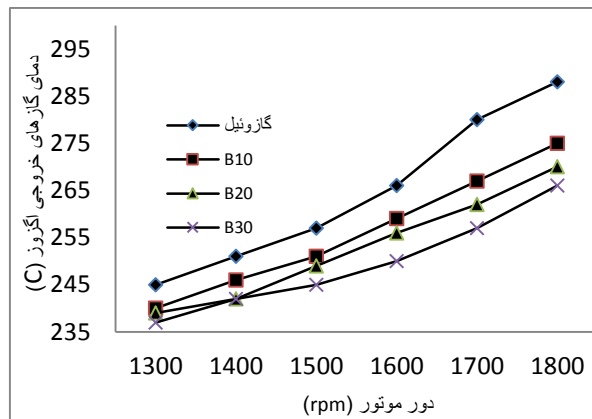
دمای گازهای خروجی از اگزوز

شکل (۷) مقدار دمای گازهای خروجی از اگزوز در شرایط مختلف آزمایش را نشان می دهد. همانطور که در نمودارها مشاهده می شود با افزایش دور موتور، مقدار دمای گازهای خروجی از اگزوز نیز افزایش یافته است. همانطور که قبلا نیز گفته شد با افزایش دور موتور باعث می شود که گازهای با سرعت بیشتری از محفظه احتراق خارج شده و اگرچه کاهش دمای محفظه را در پی دارند ولی گرمای خود را به اگزوز داده و موجب افزایش دمای آن می گردند. نمودارهای شکل (۷) نشان می دهند که با افزایش درصد بیودیزل دمای گازهای

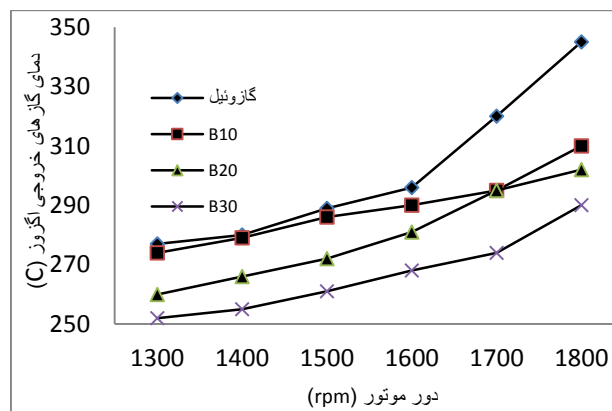
خروجی از اگزوز کاهش می یابند. افزایش مقدار بیودیزل در سوخت دیزل، باعث می شود تا مقدار اکسیژن در سوخت افزایش یابد و باعث کاهش دمای گازهای خروجی از اگزوز شود. نمودارهای شکل (۷) نشان می دهند که مقدار بار موتور در دوره های پایین تاثیر معنی داری بر دمای گازهای خروجی دارد ولی با افزایش دما این تاثیر کم می شود. زیرا با افزایش بار، لازم است برای رسیدن به دور اولیه لازم است سوخت بیشتری به موتور تزریق شود و این افزایش سوخت حرارت موتور را کاهش می دهد.



ب: بار ۲۵۰ N.m



الف: بار ۲۰۰ N.m



پ: بار ۳۰۰ N.m

شکل ۷- دمای گازهای خروجی از اگزوز در سه بار

نتیجه گیری

مقایسه خصوصیات فیزیکی بیودیزل تهیه شده با خصوصیات فیزیکی گازوئیل نشان داد که در مجموع سوخت بیودیزل تهیه شده از زیتون تلخ به خصوصیات سوخت دیزل معمولی نزدیک بوده و این خصوصیات در محدوده استاندارد داده شده برای سوخت های دیزل هستند. سوخت بیودیزل دارای نقطه ابری شدن و نقطه ریزش بالاتری نسبت به سوخت دیزل است که می تواند در هوای سرد روشن کردن موتور را با مشکل روبرو کند. با مخلوط کردن بیودیزل با گازوئیل و آزمون آن در موتور دیزل، نشان داده شد که افزایش مقدار بیودیزل باعث کاهش گازهای آلاینده منوکسید

کربن و هیدروکربن نسوخته و کاهش دمای گازهای خروجی و افزایش دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن شد. افزایش دور موتور باعث افزایش مقادیر گازهای آلاینده منوکسید کربن، دی اکسید کربن و هیدروکربن نسوخته و دمای گازهای خروجی از اگزوز گردید. با افزایش دور موتور دیده شد که مقدار انتشار اکسید نیتروژن کاهش می یابد. همچنین افزایش بار باعث افزایش مقدار گازهای منواکسید کربن، دی اکسید کربن و هیدروکربن های نسوخته و همچنین دمای گازهای خروجی گردید. افزایش بار موجب کاهش در میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن گردید. در مجموع آلاینده‌گی

سپاس‌گزاری

سوخت بیودیزل کمتر از آلاینده‌گی تولید شده توسط

بدینوسیله از اداره کل محیط زیست استان

سوخت دیزل بود.

کرمان برای در اختیار گذاشتن دستگاه‌های اندازه

گیری آلاینده سوخت و خصوصاً آقای مهندسی

افشار پور برای همکاری ایشان در اندازه گیری مواد

آلاینده تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

- Adaileh, W. M. and AlQdah, K. S. 2012. Performance of diesel engine fuelled by a biodiesel extracted from a waste cooking oil. *Energy Procedia* (18): 1317 – 1334.
- Anand, K. Sharma, R. P. and Mehta, P. S. 2008. Experimental investigations on combustion of jatropha methyl ester in a turbocharged direct-injection diesel engine. *Mechanical Engineering, D-J* ;(222): 1865e77.
- Bhupendra Singh Chauhan, a. Naveen Kumar, a. and Haeng Muk Cho, b. 2012. A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Jatropha biodiesel oil and its blends. *Energy* (37): 616e622.
- Cherng-Yuan, L. and Rong-Ji, L. 2009. Engine performance and emission characteristics of marine fish-oil biodiesel produced from the discarded parts of marine fish. *Fuel Processing Technology* (90): 883–888.
- Dorado, M. P. Ballesteros, E. Arnal, J. M. Gomez, J. and Lopez, F. J. 2003. Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*;82(11):1311e5.
- Durbin, T. D. Collins, J. R. Norbeck, J. M. and Smith, M. R. 2000. Effects of biodiesel, biodiesel blends, and a synthetic diesel on emissions from light heavy-duty diesel Vehicles. *Environmental Science & Technology*; 34(3):349e55.
- Heywood, J.B.1988. Internal Combustion engine Fundamentals, Mc Graw-Hill Book Company.
- Malaya, L. C. Meher, S. N. Naik, L. and Das, M. 2008. Production of biodiesel from high free fatty acid Karanja (*Pongamia pinnata*) oil, *Biomass and Bioenergy* (32): 354-357.
- Raheman, H. and Ghadge, S. V. 2008. Performance of diesel engine with biodiesel at varying compression ratio and ignition timing, *Fuel* (87): 2659–2666.
- Zarandi, M., Ghazanfari Moghaddam, A. and Noorbakhsh, S. 2011. Investigating and modelling peeling Persian lilac fruits using sodium hydroxide at different concentrations and temperatures. *Journal of Agricultural Engineering*, 34(1):57-64 (In Farsi).



Biodiesel preparation by transesterification Persian lilac oil seeds and investigating the effects of utilizing it in a diesel engine on exhaust pollutants

Hosein Jam¹, Ahmad Ghazanfari Moghaddam² and Mohsen shamsi³

¹⁻²⁻³ Department of Mechanics of Biosystems, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

* Corresponding Author's Email: aghazanfari@uk.ac.ir

(Received: June. 24, 2021 – Accepted: July. 11, 2021)

ABSTRACT

Biodiesel is a renewable fuel that can be used alone or combined with diesel fuel in diesel engines. In this research biodiesel was synthesized using Persian lilac oil seeds. Biodiesel was purified by washing it with water and some of its physical properties was measured. Then it was mixed at 10, 20 and 30% proportion with regular diesel fuel and was tested in a four-cylinder diesel engine. The exhaust pollutants including CO, CO₂, unburned carbohydrates (HC), NO_x and the temperature of the exhaust gases were determined at three engine loadings of 200, 250, and 300 N.m and at six engine speeds ranging from 1300 to 1800 rpm. The measured pollutants were compared with those obtained from a regular diesel fuel. The results indicate that with increase in the percentage of biodiesel the emission of CO and HC and the temperature of the exhaust gases decreased but the CO₂ and NO_x emissions increased. By increasing the speed of the engine the emission of CO, CO₂, HC and the temperature of the exhaust gases increased but the amount of NO_x decreased. Increase in the engine loading caused a decrease in NO_x emission but other measured pollutant and the temperature of the exhaust gases increased.

Keywords: Exhaust Pollutants, Biodiesel, Transesterification, Persian lilac oil