فصلنامه تحقیقات مکانیک کاربردی
جلد ۳، شماره ۲، ص‌ص ۳ الی ۱۰، پائیز ۱۳۹۰
تاریخ دریافت: ۹۰/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۲۲

اثرات سوخت بیودیزل روی فرآیند احتراق و انتشار آلاینده‌ها در یک موتور دیزلی

امین فرزین– کارشناسی ارشد مکانیک گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
فرح السادات هالک- عضو هیات علمی پژوهشکده انرژی، پژوهشگاه مواد و انرژی
کمال عباسپور ثانی– عضو هیات علمی و مدیر پژوهش دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
نسیم حلاجی‌ثانی - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

E-mail: Farzin.a63@gmail.com

چکیده: بیودیزل تولید شده از روغن‌های گوناگون دارای خواص متفاوتی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا سوخت بیودیزل با استفاده از واکنش ترانس-استریفیکاسیون از روغن کلزای غیرخوراکی تولید و سپس مشخصات مهم سوخت تولید شده اندازه‌گیری گردید. مطابقت سوخت تولید شده با استاندارد ASTM-D٦٧٥١ به اثبات رسیده و نتایج بدست آمده مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش بیودیزل، مقدار آلاینده‌های خروجی CO_2، CO، HC و Smoke در دور۱٤۰۰rpm بطور میانگین بترتیب ۷/۹٪، ۲۲/٦٦٪، ۳۳/۳٤٪ و ۲۲/۱۸۳٪ و در دور۲۰۰۰rpm بطور میانگین بترتیب۱۵/۳٪، ۳٦/٦۷٪، ٤۰٪ و ۲٤/۸۳٪ کاهش و مقدار NO_x و توان در دور۱٤۰۰rpm بطور میانگین بترتیب ٥/٤٤٪ و ۳/۳۹٪ و در دور۲۰۰۰rpm بطور میانگین بترتیب ۲/۲۱٪ و ۳/٦٤٪ افزایش یافته است.

واژه های کلیدی: بیودیزل، سوخت جایگزین، آلاینده‌های ناشی از احتراق، ترانس‌استریفیکاسیون، عملکرد موتور.

Effects of Bio-diesel Fuel on the Combustion Process and Pollution Emission in a Diesel Engine

A. Farzin, M.S. student, Department of Energy Conversion, Faculty of Mech. Eng., TIAU
F.S. Halek, Energy Division, Materials and Energy Reserch Center, MERC
K. Abbasporsani, Department of Energy Conversion, Faculty of Mech. Eng., TIAU
N. Halaji Sani, M.S. student, Faculty of Humanity., TIAU,

Abstract: There are many counfries that start proeduciuy Biodiesel from vegetable oils to escare the critical reduce of fossil fuel resources & pollution of this materials. In this study first of all, Biodiesel fuel have generated using transestrification of non-edible canola oil. Then unimportant properties of generated fuel are presented. It is approved that generated fuel is according to ASTM-D675 standard & yield results were compared. Resultes revealed that the more Biodiesel added the more output polluters CO, CO_2, HC, smoke decreased and NO_x increased & also Potencies & Torque at all of the rate.

Keywords: Biodiesel, Replaced Fuel, pollution, Combustion, transesterificotion, Diesel Engine.

۱- مقدمه

حدود ۸۵٪ از کل انرژی جهان را سوخت‌های فسیلی تامین می‌کنند و در حال حاضر بزرگترین منبع تامین کننده انرژی می باشند [۱]. ادامه استفاده از سوخت‌های فسیلی به علت کاهش منابع و سهم بسزای آن‌ها در آلودگی محیط زیست اکنون به عنوان منابع ناپایدار شناخته شده است [۲]. کاهش ظرفیت پالایشی در جهان، آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی و پایان-پذیر بودن آنها، لزوم استفاده از سوخت‌های جایگزین را بیشتر کرده است [۳]. سوخت‌های زیستی، به سبب بسیاری از الویت-ها از جمله پایداری، کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای، پیشرفت و توسعه‌ی منطقه‌ای، ساختار اجتماعی و کشاورزی بعنوان سوخت سبز مورد توجه هستند [٤].

۲- تولید بیودیزل از روغن کلزای غیرخوراکی به روش ترانس‌استریفیکاسیون

با توجه به شرایط مساعد کشور ما برای تولید محصول روغن کلزا و گونه‌های غیرخوراکی آن، در این تحقیق از روغن کلزای غیرخوراکی برای تولید بیودیزل استفاده شده است. در این تحقیق از روش ترانس‌استریفیکاسیون برای تولید بیودیزل استفاده شد. مرحله‌ی اول برای تولید بیودیزل از روغن‌های گیاهی، بررسی اسیدهای چرب موجود در روغن می‌باشد[۸]، که با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی با دتکتور مس(GC/MS) آنالیزها انجام شده است. خصوصیات روغن گیاهی کلزای غیرخوراکی مورد استفاده در جدول (۱) فهرست شده است. بیش از ۹۰٪ روغن مورد نظر، اسید چرب آزاد (FFA) می‌باشد.

۳- پارامترهای فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون

دمای واکنش، سرعت فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون را تحت تاثیر قرار می‌دهد. دمای واکنش به نقطه‌ی جوش الکل بکار گرفته شده وابسته است. فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون در محدوده‌ی دمایی متغیر، از دمای اتاق تا نقطه جوش الکل انجام پذیر است[۹و۱۰].در این تحقیق به علت استفاده از متانول با نقطه‌ی جوش $٦٤/٧\ ^0C$ دمای واکنش، بین $٦٣-٦٠\ ^0C$ حفظ شده است.

پارامتر مهم دیگری که تاثیر بسزایی روی بازده فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون دارد، نسبت مولی الکل به روغن است. واکنش ترانس‌استریفیکاسیون یک واکنش برگشت‌پذیر است، در واکنش رفت الکل اضافی باعث بازده بهتری می‌شود. هنگامی‌که ۱۰۰٪ الکل اضافی استفاده می شود، سرعت واکنش در آن حداکثر است[۱۱و۱۲]. در این تحقیق به علت استفاده از روغن کلزای غیرخوراکی خالص، بهترین نسبت مولی الکل به روغن، ۱۰:۱ بدست آمده است. یکی دیگر از عوامل موثر در فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون سرعت همزدن آن است. همزدن به دو صورت مغناطیسی و مکانیکی می‌تواند انجام گیرد. برای همزن مغناطیسی سرعت ٤۰۰rpm و همزن مکانیکی سرعت ۱۱۰۰rpm برای تولید درصد بالای بیودیزل توصیه می-شود.[۱۳]. در این تحقیق از همزن مغناطیسی برای انجام واکنش استفاده شده و سرعت بین۳۵۰-۲۵۰ دور بر دقیقه متغیر در نظر گرفته شده است.

برای انجام واکنش ترانس‌استریفیکاسیون علاوه بر روغن و الکل به مقدار ۰/۱٪ در صد وزنی ، کاتالیزور هم به واکنش اضافه شده است. کاتالیزورها را می‌توان به طور کلی به چهار دسته‌ی اسیدی، بازی، آنزیمی و نانوکاتالیست تقسیم‌بندی کرد[١٤و١٥]. در این تحقیق از آنجایی که بیش از ۹۰٪ روغن را اسیدهای چرب آزاد تشکیل می دهد، از اسیدسولفوریک به مقدار۱/۰۸٪ استفاده شده است.[۸].

٤- خصوصیات بیودیزل(متیل استر) تولیدی از روغن کلزای غیرخوراکی

پس از تولید بیودیزل، برای اطمینان از کیفیت بیودیزل تولیدی، برخی از خواص مهم آن جهت مقایسه با استانداردها اندازه‌گیری گردید. در جدول(۲)خواص اندازه‌گیری شده به همراه استانداردهای مربوطه و بازه‌ی قابل قبول ارائه شده است. از نتایج ارائه شده در این جدول، مشاهده می‌شود که همه‌ی خصوصیات بیودیزل تولید شده از روغن کلزای غیرخوراکی مطابق با استانداردهای ASTM-D ٦٧٥١ آمریکا می‌باشد. بنابراین، به طور اطمینان بخش می‌توان از این سوخت در موتور دیزل استفاده نمود.

٥- تست‌های احتراق

در این تحقیق برای مطالعه و بررسی خصوصیات بیودیزل تولید شده آزمایش‌های تست موتور و تست آلاینده‌گی استفاده شد. مشخصات موتور تحت آزمایش در جدول (۳) درج شده است. برای بارگذاری، موتور تحت آزمایش به یک دینامومتر جریان گردابی ٤۰۰ KW متصل گردید. در این دستگاه درصد حجمی گاز CO_2 و غلظت HC، CO و NO_x بر حسب ppm و غلظت دود خروجی (Smoke) بر حسب mg/m^3اندازه‌گیری می‌شود. بیودیزل با درصدهای حجمی ۲۰- ۰ درصد با سوخت دیزل تهیه شده در جایگاه سوخت رسانی مخلوط شد و سوخت‌های $B_۹D_۹$، $B_۱D_۹$ و $B_۲D_۸$ بدست آمد(B نماد بیودیزل وD نماد گازوئیل و شماره‌ی جلوی آنها درصد حجمی آنها در مخلوط را نشان می‌دهد).

٦- روش آزمایش

بعد از روشن شدن موتور و رسیدن آن به حالت پایدارآزمایش‌ها انجام شد. از اتاق کنترل، موتور در دور میانی و ماکزیمم یعنی سرعت‌های ۱٤۰۰و۲۰۰۰ دور بر دقیقه قرار گرفت و بعد با استفاده از دستگاه آنالیز دود و دینامومتر، آلاینده‌های خروجی و گشتاور اندازه‌گیری شد.

۷- نتایج و بحث

شکل(۱)تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیر خوراکی بر مقدار CO_2 در سرعت‌های ۱٤۰۰ و ۲۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزودن بیودیزل مقدار CO_2 کاهش می‌یابد. مقدار CO_2 در سرعت ۱٤۰۰ rpm برای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵٪ بترتیب ۱۲/۳،۲/٦ و ۷/۹٪ و در سرعت۲۰۰۰rpmبترتیب ۲۱/۲، ۱۵/۲ و۹/۵٪ کاهش یافت(شکل ۱).

با افزایش بیودیزل به سوخت دیزل مقدار انتشار CO_2 سیر نزولی پیدا می‌کند و این احتراق بهتر سوخت‌های ترکیبی را نسبت به سوخت دیزل نشان می‌دهد. وجود اختلاف بین سرعت‌های ۱٤۰۰و۲۰۰۰ دور در دقیقه به علت نسبت جرم هوا به سوخت(Air – Fuel Ratio) می‌باشد. این نسبت در دور ۲۰۰۰ بیشتر از دور ۱٤۰۰ می‌باشد به همین دلیل احتراق در این دور بهتر صورت می‌گیرد.

CO محصول احتراق ناقص تحت شرایط کمبود هوا نسبت به سوخت است و مقدار آلاینده CO به مقدار زیادی به نسبت اختلاط بستگی دارد. شکل(۲) تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیرخوراکی بر CO در سرعت‌های ۱٤۰۰و۲۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزودن بیودیزل مقدار CO کاهش می‌یابد. مقدار CO در سرعتrpm۱٤۰۰ برای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵ ٪ بترتیب ۳۲، ۲۰و۱٦٪ و در سرعت rpm ۲۰۰۰ بترتیب ۵۰، ۳۵ و ۲۵٪ کاهش یافت.

تولید هیدروکربن‌های نسوخته HC ، درست مانند CO در نتیجه‌ی کافی نبودن هوای احتراق است. منشاء تولید HC در داخل موتور بخش‌هایی از محفظه احتراق است که در آنجا شعله احتراق وجود ندارد. شکل(۳)تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیرخوراکی بر HC در سرعت‌های ۱۴۰۰و۲۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. با افزودن بیودیزل مقدار HC کاهش می‌یابد. مقدار HC در سرعت۱۴۰۰ rpmبرای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵٪ بترتیب ۵۰، ۳۷/۵، ۱۲/۵٪ و در سرعت۲۰۰۰ rpm بترتیب ۶۰، ۴۰ و ۲۰٪ کاهش یافت.

NO_x با زمان تاخیر احتراق رابطه‌ی مستقیم دارد، یعنی با کاهش زمان در تاخیر احتراق، کاهش و با افزایش زمان در تاخیر احتراق، افزایش می‌یابد. شکل(۴)تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیرخوراکی بر NO_x در سرعت‌های۱۴۰۰و۲۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزودن بیودیزل مقدارNO_x افزایش می‌یابد. مقدار NO_x در سرعت۱۴۰۰rpmبرای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵٪ بترتیب۸/۸۳ ۵/۹ و ۱/۶٪ و در سرعت۲۰۰۰rpmبترتیب۵/۲۱، ۰ و ۱/۴۲٪ افزایش یافت.

شکل(۵)تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیرخوراکی بر مقدار دود خروجی از اگزوز(Smoke) در سرعت‌های۱۴۰۰و۲۰۰۰ دور بر دقیقه را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزودن بیودیزل مقدار دود خروجی کاهش می‌یابد. مقدار Smoke در سرعت ۱۴۰۰rpm برای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵ ٪ بترتیب۲۹/۵، ۲۵ و ۱۲/۰۵٪ و در سرعت۲۰۰۰rpm بترتیب ۳۴/۵، ۲۳/۷ و ۱۶/۳٪ کاهش یافته است.

شکل(۶) تاثیر مخلوط‌های مختلف بیودیزل کلزای غیرخوراکی بر مقدار توان در سرعت‌های۱۴۰۰و۲۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزودن بیودیزل مقدار توان افزایش می‌یابد. مقدار توان در سرعت۱۴۰۰rpm برای نسبت ۲۰، ۱۰ و ۵٪ بترتیب۴/۰۳۶۶، ۲/۴۴۷ و ۳/۶۸۳٪ و در سرعت۲۰۰۰rpmبترتیب۳/۳۱، ۴/۳۲ و ۳/۳۱٪ افزایش یافت. همانطور که از شکل(۶)نیز مشخص می‌باشد با افزایش بیودیزل مقدار توان خروجی افزایش پیدا می‌کند، این نشان می‌دهد که انرژی تولید شده در سیلندر بر اثر احتراق بیشتر شده است.

۸- نتیجه‌گیری

- با توجه به منابع متنوع روغنی در ایران، بیودیزل تولید شده از روغن کلزا ، با توجه به شرایط مساعد کشور برای تولید این محصول و نیز وجود گونه‌های غیرخوراکی دارای درصد روغن بالا و مقرون به صرفه بودن آن، یکی از بهترین سوخت جایگزین توصیه گردیده است.
- خصوصیات روغن نشان می‌دهد که بیش از ۹۰٪ روغن‌های مورد نظر، اسید چرب آزاد (FFA) می‌باشد.
- از روش ترانس‌استریفیکاسیون برای تولید بیودیزل استفاده شده است. از متانول به عنوان الکل و با نسبت مولی ۱:۱۰ و از اسید سولفوریک به عنوان کاتالیزور و با ۱/۰۸ درصد وزن روغن مورد استفاده قرار گرفته است. راندمان بیش از ۹۰٪ حاصل شده است.
- خصوصیات مهم بیودیزل تولید شده مطابق با استاندارد ASTM D-۶۷۵۱ می‌باشد. بنابراین بطور اطمینان بخش می‌توان از این سوخت در موتور دیزل استفاده نمود.
- با افزایش مقدار بیودیزل، مقدار آلاینده‌های خروجی CO_2، CO، HC و Smoke در دور۱۴۰۰rpm بطور میانگین بترتیب ۷/۹٪، ۲۲/۶۶٪، ۳۳/۳۴٪ و ۲۲/۱۸۳٪ و در دور۲۰۰۰rpm بطور میانگین بترتیب۱۵/۳٪، ۳۶/۶۷٪، ۴۰٪ و ۲۴/۸۳٪ کاهش یافته است.

■ توان تولیدی موتور MT٤ با افزایش بیودیزل روند صعودی داشته، علت آن را می‌توان به کیفیت پایین سوخت دیزل در ایران و بهبود فرآیند احتراق به دلیل اکسیژن‌دار بودن بیودیزل نسبت داد. مقدار توان در دور۱٤۰۰rpm بطور میانگین ۳/۳۹٪ و در دور۲۰۰۰rpm بطور میانگین ۳/٦٤٪ افزایش یافته است.

■ بیشترین افزایش توان در سرعت ۱٤۰۰ دور در دقیقه برای مخلوط ($B_{۲۰}D_{۸۰}$) و در سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه برای مخلوط ($B_{۱۰}D_{۹۰}$) بدست آمده است.

■ با افزایش مقدار بیودیزل درصد انتشارات ترکیبات اکسیدهای نیتروژن افزایش یافته، عدد ستان بدست آمده برای سوخت بیودیزل از سوخت دیزل کمتر بوده، و دلیل افزایش NO_x کاهش عدد ستان و افزایش در زمان تاخیر و اکسیژن موجود در بیودیزل می‌باشد. اکسیژن موجود در بیودیزل به آسانی با نیتروژن در طول فرآیند احتراق واکنش نشان می‌دهد، بدین ترتیب مقدار NO_x افزایش می‌یابد. این مقدار در دور۱٤۰۰rpm بطور میانگین ۵/٤٤٪ و در دور۲۰۰۰rpm بطور میانگین ۲/۲۱٪ افزایش یافته است. برای رفع این مشکل می‌توان از یک مبدل کاتالیزوری استفاده کرد.

■ اگر هدف استفاده از مقادیر بیشتر بیودیزل باشد ترکیب $B_{۲۰}D_{۸۰}$ به دلیل مصرف سوخت کمتر و انتشار آلاینده‌های کمتر مناسب‌تر از دیگر ترکیبات می‌باشد.

۹- مراجع

[1] Ong, K.S., "A Mathematical Model of a Solar Arnold, D.S, A Barrett and RH Isom, CO_2 Can Be Produced from Flue Gas". J Oil & Gas, 80, 130-136, (1982).

[2] A.A.Apostolakou, I.K.Kookos, C.Marazioti, K.C.Angelopoulos, Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils, Fuel Processing Technology 90 (2009) 1023–1031.

[3] S.A.Khan, Rashmi, Mir Z.Hussain, S.Prasad,U.C.Banerjee.Prospects of biodiesel production from microalgae in India. J Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009.

[4] United States Government Accountability Office,Uncertainty about Future Oil Supply Makes It Important to Develop a Strategy for Addressing a Peak and Decline in Oil Production,GAO 07-283, February 2007.

[5] Y.C.Sharma, B.singh, Development of biodiesel:Current scenario, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(2009)1646-1651.

[6] Ayhan Demirbas, Progress and recent trends in biofuels, Progress in Energy and Combustion Science 33 (2007) 1–18.

[7] Mustafa Balat, Havva Balat, A critical review of bio-diesel as a vehicular fuel, Energy Conversion and Management 49 (2008) 2727–2741

[8] A.Banerjee, R.Chakraborty, Parametric sensitivity in transestrification of waste cooking oil for biodiesel production-A review, Resources Conservation and Recycling 53(2009)490-497.

[9] Mustafa Balat, Havva Balat, A critical review of bio-diesel as a vehicular fuel, Energy Conversion and Management 49 (2008) 2727–2741.

[10] Syed Ameer Basha, K.Raja Gopal, S.Jebaraj, A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 1628–1634.

[11] A.Murugesan, C.Umarani, T.R.Chinnusamy, M.Krishnan, R.Subramanian, N.Neduzchezhain, Production and analysis of bio-diesel from non-edible oils—A review,

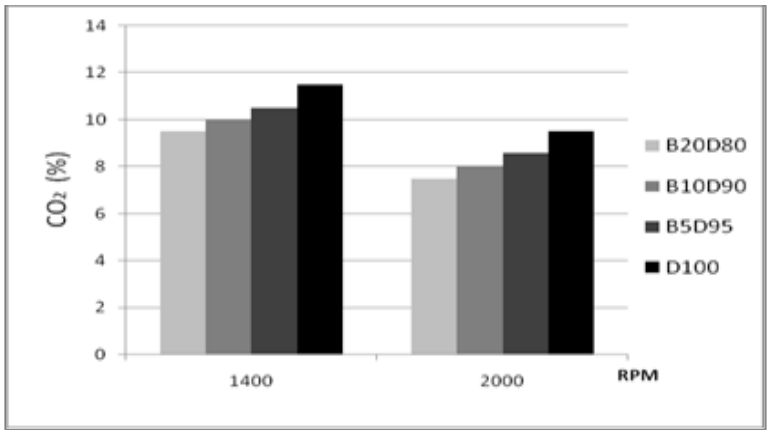
Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 825–834.

[12] Y.C.Sharma, B.Singh, Development of biodiesel: Current scenario, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 1646–1651.

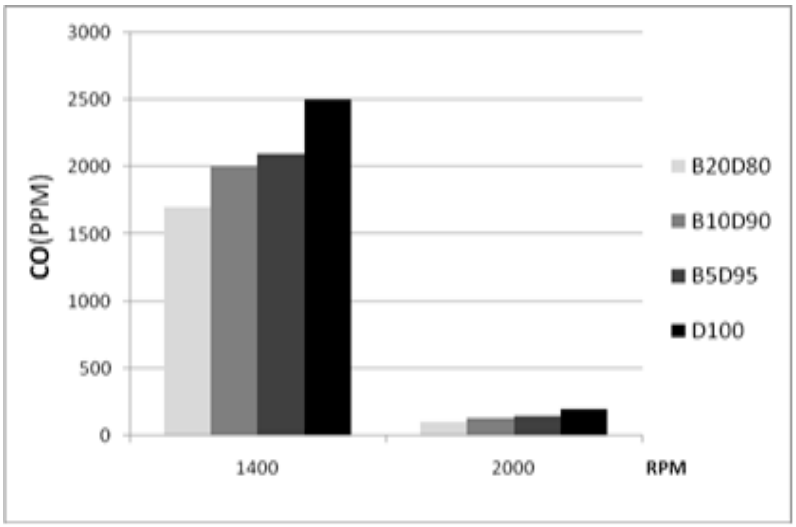
[13] P.K.Sahoo, L.M.Das, Process optimization for biodiesel production from Jatropha, Karanja and Polanga oils, Fuel 88 (2009) 1588–1594.

[14]. Eugena Li, Zhi Ping Xu, Victor Rudolph, MgCoAl–LDH derived heterogeneous catalysts for the ethanol transesterification of canola oil to biodiesel, Applied Catalysis B: Environmental 88 (2009) 42–49.

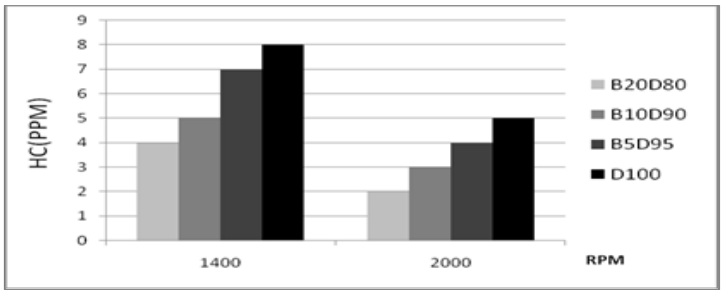
[15] Prafulla D.Patil, Shuguang Deng, Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils, Fuel 88 (2009) 1302–1306.



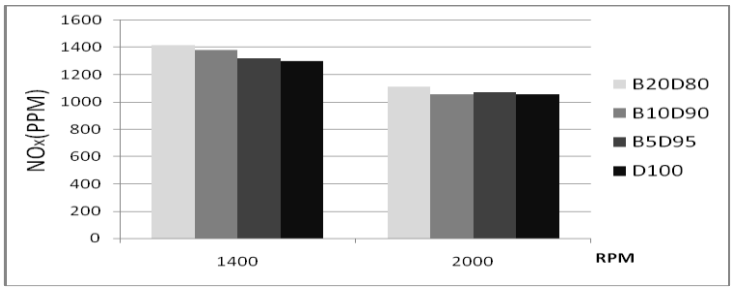
شکل (۱): تاثیر سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیر خوراکی بر مقدار انتشار CO_2



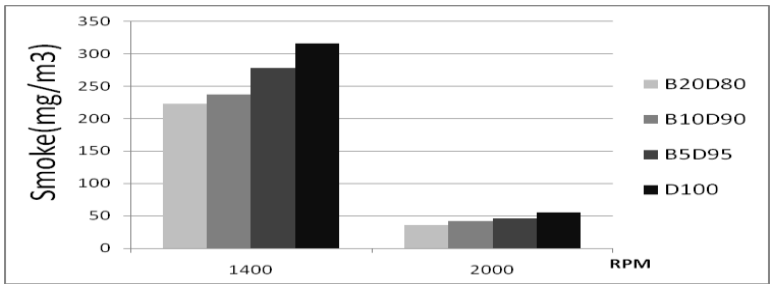
شکل (۲): سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیر خوراکی بر مقدار انتشار CO



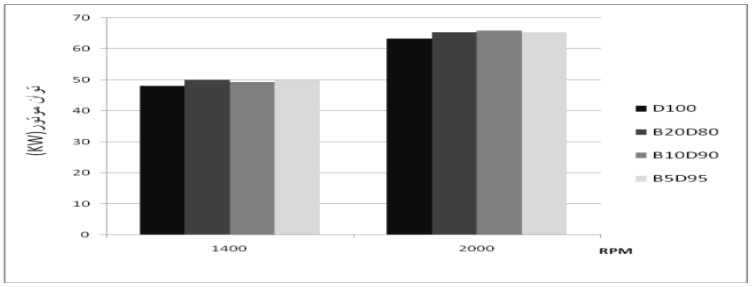
شکل (۳): تاثیر سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیرخوراکی بر مقدار انتشار HC



شکل(٤): تاثیر سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیرخوراکی بر مقدار انتشار NOx



شکل (٥): تاثیر سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیرخوراکی بر مقدار غلظت Smoke



شکل(٦): تاثیر سوخت بیودیزل تولیدی از روغن کلزای غیرخوراکی بر مقدار توان

جدول ۱ - اسیدهای چرب موجود در روغن گیاهی کلزای غیرخوراکی

نام اسید چرب	نام شیمیایی رایج	فرمول شیمیایی	درصد
Lindeic	Cis–9,cis–12-octadecadienoic	$C_{18}H_{32}O_2$	۵۹/۸
Oleic	Cis – 9 – octadecenoic	$C_{18}H_{34}O_2$	۲۴/۹۶
Palmitic	Hexadecanoic	$C_{16}H_{32}O_2$	۵/۸۷

جدول ۲ – خواص بیودیزل تولید شده به همراه استاندارد ASTM -D٦٧٥١ آمریکا

خصوصیت	شماره‌ی استاندارد	حدود	بیودیزل تولیدی	واحد
نقطه اشتعال	D ۹۳	کمترین ۱۳۰	۲۰۸	^0C
آب و رسوبات	D ۲۷۰۹	بیشترین ۰/۰۵	۰/۰٤۲	٪
گرانروی سینماتیکی	D ٤٤٥	۱/۹ – ٦	۵/۸	mm^2/s
خوردگی مس	D ۱۳۰	بیشترین شماره ۳	۲	–
عدد ستان	D ٦۱۳	کمترین ٤۷	٤۹/۳٦	–
نقطه ریزش	D ۹۷	تعیین نشده	۱۵ –	^0C
دانسیته	–	–	۰/۹۰۲۹۳	gr/Cm^3
ارزش گرمایی	–	–	٤٦/۷	Mj/kg
رنگ	D ۱۵۰۰	–	۱/۵	–

جدول ۳- مشخصات موتور MT٤.٢٤٤ تحت آزمایش

شرکت سازنده	شرکت تراکتورسازی ایران	جهت چرخش	در جهت عقربه‌های ساعت
ظرفیت حجمی	۳/۹۹ لیتر	سیستم برقی	۱۲ ولتی
ترتیب احتراق	۱-۳-٤-۲	سیتم خنک‌کاری	آب و مجهز به خنک‌کن روغن
حداکثر توان	۸۲ اسب بخار در دور ۲۰۰۰	سیستم احتراق	پاشش مستقیم
قطر × کورس پیستون(mm)	۱۰۰ × ۱۲۷	نسبت تراکم	۱ : ۱۷/۵
حداکثر گشتاور	۳٦۰ نیوتن متردر دور ۱٤۰۰	سیستم ورودی هوا	توربو شارژر