مروری بر استفاده از بیودیزل و افزودنی‌های نانو در سوخت دیزل جهت بهبود پارامترهای عملکردی و آلایندگی موتور

امین ویسمرادی [۱]، محمد اسماعیل خراسانی فردوانی [۲]، حسن ذکی دیزجی [۳] و سید محمد صفی‌الدین اردبیلی [۴]

۱. دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز و عضو دانشگاه پیام نور aminwm58@gmail.com
۲. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم. دانشگاه شهید چمران اهواز e.khorasani@scu.ac.ir
۳. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم. دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

این مقاله مروری بر تأثیرپذیری پارامترهای عملکردی و آلایندگی موتورهای دیزل در هنگام استفاده از سوخت ترکیبی بیودیزل، نانو ذرات و دیزل می‌باشد. تقریباً در تمام مقالات موجود استفاده از نانو ذرات و بیودیزل به‌صورت ترکیبی با سوخت دیزل باعث کاهش آلاینده‌های خروجی از موتور دیزل مانند اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای کربن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌شود و مقدار پارامترهای عملکردی موتور مانند گشتاور و توان افزایش را نشان می‌دهند. اگرچه در بعضی موارد محدود هم خلاف آن اثبات‌شده است که این تناقض به خاطر وجود تفاوت در نوع بیودیزل‌ها و نانو ذرات مختلف است.

کلمات کلیدی: *بیودیزل، نانو ذرات، آلایندگی عملکرد موتور، موتور دیزل*

* نویسنده مسئول: aminwm58@gmail.com

مروری بر استفاده از بیودیزل و افزودنی‌های نانو در سوخت دیزل جهت بهبود پارامترهای عملکردی و آلایندگی موتور

مقدمه

در میان تمام منابع انرژی، سوخت‌های فسیلی نقش مهمی در تولید انرژی بازی می‌کنند. سوخت‌های فسیلی منبع اصلی انرژی هستند که تقریباً مصرف آن‌ها در هرسال ۲ درصد افزایش می‌یابد[۱۷]سوخت فسیلی علاوه بر اینکه یک منبع قابل‌ملاحظه‌ای است، استفاده از آن می‌تواند مشکلات جدی برای سلامتی انسان به وجود آورد و اثرات نامطلوبی بر محیط‌زیست داشته باشد، زیرا این منبع به‌عنوان منبع اصلی در تولید دی‌اکسید کربن است. اکثر آلودگی ناشی از کربن که بر اقلیم و هوای زمین تأثیر می‌گذارد، ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی جهت تهیه انرژی و مصرف آن در کارخانه‌ها، حمل‌ونقل و موتورهای ثابت است. [۴۴]. بنابراین دانشمندان و محققان درصدد تهیه گزینه‌هایی هستند که ضرر استفاده از آن‌ها در موتورهای احتراق داخلی به اکوسیستم کمتر شود. با توجه به اثراتی که سوخت‌های فسیلی در اثر استفاده مداوم و رو به رشد از آن‌ها، بر اقلیم و آب‌وهوای محیط دارند، تقاضا برای یافتن راه‌های جایگزین برای تولید انرژی که بتواند وابستگی جامعه جهانی را به سوخت‌های فسیلی کاهش دهد، رو به افزایش است. پس از بررسی‌های فراوان، محققین دریافتند که بیودیزل، یک جایگزین امیدوارکننده برای سوخت دیزل معمولی است که می‌توان بدون نیاز به ایجاد تغییرات اساسی در موتور دیزلی از آن استفاده کرد [۳۴]. با توجه به مطالب فوق یکی از گزینه‌های جایگزین و مکمل برای سوخت دیزل، بیودیزل می‌باشد که به‌منظور تجاری‌سازی کاربرد آن لازم است از جوانب مختلف موردبررسی قرار گیرد. بیودیزل از انواع مختلف سوخت‌های اکسیژن‌دار پایه استری که از منابع بیولوژیکی تجدید پذیر به دست می‌آید[۴۱]. بیودیزل سوختی است که می‌تواند به‌عنوان یک منو الکیل استر[1] از طریق ترانس‌استریفیکاسیون[2] با متانول یا اتانول از روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی به دست آید[۲۶ و ۴۵]. مکرراً اثبات‌شده است که متیل استرهای اسیدهای چرب که مولکول اصلی موجود در بیودیزل هستند، در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و بهبود بهره‌وری انرژی، در بخش‌های مختلف مفید هستند و استفاده از آن‌ها ما را یک‌قدم به‌سوی رسیدن به انرژی پایدار نزدیک می‌کند[۱۲]. وجود اکسیژن در سوخت بیودیزل منجر به کامل‌تر شدن فرآیند احتراق شده و لذا هیدروکربن‌های نسوخته کمتری از اگزوز خارج می‌شوند، بنابراین باعث کاهش انتشار ذرات جامد معلق در هوا، منواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌شود اگرچه مقدار کمی اکسید نیتروژن به وجود می‌آید[۳۹ و ۴۰].

بیودیزل

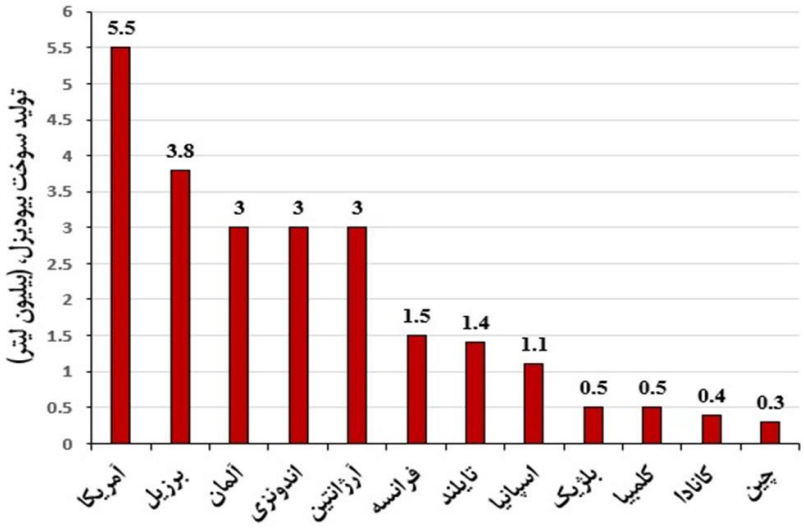
آگاهی از تکنولوژی تولید پاک در سطح جهانی در حال افزایش است. نیاز به سوخت جایگزین برای سوخت‌های فسیلی تحقیقات گسترده در سال‌های اخیر ایجاد کرده است. سوخت‌های فسیلی منابع غیرقابل‌تجدید انرژی هستند که با تولید آلاینده‌ها و گرم شدن کره زمین، تغییرات آب‌وهوایی و حتی برخی از بیماری‌های علاج‌ناپذیر در ارتباط هستند[۶]. حدود ۸۸٪ از انرژی‌های اولیه مصرفی، سوخت‌های فسیلی هستند. با توجه به کاهش روزانه ذخایر فسیلی و محدود بودن این منابع، نیاز به جایگزین به‌شدت احساس می‌شود [۲۰] و این مطلب در سالهای اخیر موردتوجه محققان بوده است. همچنین توسعه انرژی‌های جایگزین به‌عنوان انتخابی برای داشتن رشد اقتصادی پایدار در میان جوامع بشری مطرح است. بیودیزل به‌عنوان جایگزینی مناسب برای دیزل رایج،

1 Alkyl ester
2 Transesterification

بیشترین توجه را به خود اختصاص داده است. ازجمله مزیت‌های بیودیزل نسبت به دیزل رایج، می‌توان به تجدید پذیری، غیر سمی بودن، روان‌کنندگی که باعث طول عمر بیشتر قطعات شده، عدد ستان بیشتر، نقطه اشتعال بالاتر اشاره کرد [۳۱]مطالعات زیادی در مورداستفاده از روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی به‌عنوان بیودیزل انجام‌گرفته است چراکه بیش از ۳۵۰ نوع روغن برای تهیه بیودیزل شناخته‌شده است که در این مطالعات پارامترهای مختلفی مانند شاخص‌های عملکردی و آلودگی هوا اندازه‌گیری شده‌اند[۱۴]. بیودیزل به‌عنوان سوخت جایگزین گازوئیل به‌صورت ترکیب با آن یا خالص موردتوجه بسیاری قرار دارد. بیودیزل هم‌اکنون با درصدهای مختلفی با سوخت‌های دیزل ترکیب می‌گردد. میزان ترکیب تابعی از شرایط اقتصادی، قوانین زیست‌محیطی پذیرفته‌شده، توانایی و قابلیت مواد بکار برده شده و خصوصیات احتراق است[۵]. از روغن‌های گیاهی رایج برای تولید بیودیزل می‌توان به‌سویا، آفتابگردان، پنبه، کلزا، جلبک‌ها و خزه‌ها اشاره کرد [۲]. جلبک‌ها منابع غنی از تری‌گلسریدها و پر بارتر از روغن‌های دیگر مانند ذرت و سویا هستند. میکرو جلبک‌ها ۱۵ تا ۳۰۰ مرتبه بیشتر از محصولات زراعی می‌توانند روغن لازم را برای تولید و تهیه بیودیزل فراهم کنند[۱۶]. کشورهای پیشرفته در تولید بیودیزل عبارت از ایالات‌متحده آمریکا، برزیل، آلمان می‌باشند. شکل شماره ۱ مقدار تولید بیودیزل در سال ۲۰۱۶ در جهان را نشان می‌دهد. با توجه به آمارهای موجود در خصوص تولید بیودیزل در کشور آمریکا در سال ۲۰۱۵ شاهد رشد ۲ درصد نسبت به سال ۲۰۱۴ داشته است. این آمار در کشور برزیل رشد ۱۵ درصدی داشته است [۲].

بررسی عملکرد و آلایندگی موتور دیزل در هنگام استفاده از بیودیزل

تحقیقاتی در مورداستفاده از ترکیب سوخت‌های دیزل، بیودیزل و نانو ذرات مختلف به همراه سوخت دیزل رایج در جهت بهبود عملکرد و کاهش آلاینده‌های موتورهای درون‌سوز صورت گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که نانو ذرات سرعت سوختن سوخت در محفظه احتراق را افزایش می‌دهند و به‌عنوان یک عامل اکسیداسیون کننده عمل می‌کنند و اکسیژن را برای منواکسید کربن فراهم می‌کنند و باعث جذب اکسیژن در جهت کاستن مقدار اکسیدهای نیتروژن می‌شوند. نانو ذرات ترکیبی با سوخت دیزل خالص باعث افزایش میزان منواکسیدهای نیتروژن بسته به مقدار بیشینه دما در محفظه احتراق می‌شوند. اما در هنگام ترکیب شدن با بیودیزل به دلیل کم شدن دما در محفظه احتراق باعث کاهش منواکسید نیتروژن می‌شوند. کاربرد سوخت‌های مخلوط با آب باعث کاهش منواکسید نیتروژن می‌شوند. اما با توجه به اینکه مقداری از حرارت و انرژی موجود در محفظه احتراق صرف تبخیر آب موجود در سوخت می‌شود باعث کاهش مقدار عملکرد موتور می‌شود[۱۳]. بسیاری از محققان در تحقیقات مختلف بررسی تأثیر افزودن بیودیزل به سوخت دیزل رایج بر برخی از پارامترهای عملکردی موتور دیزل را مورد ارزیابی قراردادند و در این تحقیقات مشاهده کردند که افزودن بیودیزل‌های مختلف به سوخت دیزل رایج باعث کاهش آلاینده‌های منواکسید کربن، دی‌اکسید کربن و ذرات جامد معلق می‌شود ولی میزان آلایندگی اکسیدهای نیتروژن افزایش می‌یابد. در بررسی تأثیر افزودن بیودیزل حاصل از روغن پسماند آشپزخانه تهیه‌شده به روش ترانس استریفیکاسیون با درصدهای حجمی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با سوخت دیزل را بر روی گشتاور، توان تولیدی و دمای گازهای خروجی از اگزوز یک موتور دیزل مشاهده ش که افزودن بیودیزل به دیزل رایج باعث افزایش توان و گشتاور موتور شده و عملکرد موتور (توان و گشتاور) بر اساس سرعت دورانی موتور حین استفاده از مخلوط‌های سوختی حاوی بیودیزل شبیه عملکرد موتور در حین استفاده از سوخت دیزل رایج است[۳].



شکل شماره ۱: تولید بیودیزل در جهان در سال۲۰۱۶ [۱].

در مطالعه‌ای با یک موتور دیزل دریایی در ترکیبات مختلف بیودیزل مشاهده شد که میزان اکسیژن موجود در بیودیزل موجب کاهش انتشار هیدروکربن‌های نسوخته، منواکسید کربن و افزایش اکسیدهای نیتروژن در مقایسه با دیزل خالص است [۴۵]. در ۲ تکنیک مختلف تجزیه‌وتحلیل حرارتی و آزمایش‌های موتور با استفاده از دیزل و بیودیزل ۲۰ درصد افزایش قدرت، گشتاور و راندمان حرارتی۱,۲٪ ، ۱٪ و ۱,۲ ٪ و کاهش ۸,۹٪ منواکسید و دی‌اکسید کربن را در مقایسه با دیزل خالص گزارش شد[۴۲]. در بررسی اثر اتیل استر اسیدهای چرب موجود در سوخت بیودیزل بر عملکرد موتور دیزل مشاهده شد که اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره‌های هیدروکربنی کوتاه بیشترین تأثیر را بر توان تولیدی موتور دارند و افزایش در مقدار اشباع نشدگی اسیدهای چرب کاهش توان تولیدی را موجب می‌شود [۴].در مطالعه اثر بیودیزل جاتروفا ۵ درصد به همراه ۵ درصد بازخورانی گازهای خروجی از اگزوز[۳] کاهش NO_x و مقدار دوده را به ترتیب ۲۷٪ و ۱۷٪ گزارش شد [۲۱]. در هنگام استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها و بیودیزل تهیه‌شده از پسماند روغن خوراکی دانه آفتابگردان مشاهده شد که مقدار منواکسید کربن همانند هیدروکربن‌های نسوخته به‌صورت رضایت‌بخش کاهش نمی‌یابد[۲۴]. نتایج تحقیق روی بیودیزل مغز فندق و ترکیب‌های مختلف آن با سوخت دیزل نشان داد که با افزایش درصد بیودیزل مصرف سوخت ویژه ترمزی تا ترکیب سوخت ۱۰ درصد بیودیزل کاهش می‌یابد و با افزایش بیشتر درصد سوخت بیودیزل مصرف سوخت ویژه ترمزی افزایش می‌یابد[۷]. استفاده از روغن هسته زردآلو و ترکیب‌های ۵، ۲۰ و ۵۰ درصد حجمی آن با دیزل باعث افزایش عملکرد موتور در درصدهای کم بیودیزل کاهش آلایندگی کمتر می‌شود. همچنین میزان مصرف سوخت ویژه ترمزی نسبت به ترکیب‌های غنی‌تر بیودیزل کمتر است. در غلظت‌های بیشتر بیودیزل، آلاینده‌هایی مانند منواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته کاهش، ولی اکسیدهای نیتروژن مقداری افزایش می‌یابند [۲۲]. نتایج بررسی ویژگی‌های عملکرد و آلاینده‌های خروجی از اگزوز یک موتور ۴ زمانه تک سیلندر با ترکیب بیودیزل خرما و نارگیل محتوی ۱۵ و ۳۰ درصد بیودیزل نشان داد که گشتاور کاهش و مصرف سوخت ویژه افزایش می‌یابد و درنهایت گازهای گلخانه‌ای به‌غیراز منواکسید نیتروژن کاهش قابل‌توجهی دارند. هنگامی‌که دو ترکیب ۱۵ و ۳۰ درصدی بیودیزل باهم مقایسه شدند نتایج نشان داد که هنگام استفاده از ترکیب ۱۵ درصدی روغن خرما و نارگیل گشتاور و توان خروجی بهبود یافتند درحالی‌که مصرف سوخت ویژه گازهای گلخانه‌ای کاهش یافتند فقط مقدار کمی اکسیدهای

3 Exhaust gas recirculation (ERG)

نیتروژن افزایش یافتند. همچنین از مقایسه ۳۰ درصد بیودیزل خرما با ۱۵ درصد ترکیب بیودیزل خرما و نارگیل نشان داد که ترکیب ۱۵ درصد آن آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته و منواکسید کربن را کاهش می‌دهد، درحالی‌که باعث بهبود راندمان حرارتی می‌شود[۲۳]. در مطالعه‌ای روغن کاملینا به‌عنوان یک ماده اولیه برای تولید بیودیزل مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل نشان داد متیل استر تولیدشده از روغن کاملینا دارای خواصی شبیه به متیل استر استاندارد دارد، به‌استثنای مقدار بالاتر ید آن و در آزمایش‌های خودرو که در آن سطوح بالای رقت روغن روغنکاری رخ داده، هیچ نشانه‌ای از اثرات نامطلوب ارزش ید بالای متیل استر در خصوص خواص روغن‌های روان کننده نداشت [۱۸]. در مطالعه‌ای عملکرد و انتشار گازهای خروجی موتور احتراق داخلی با روغن کاملینا مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ممکن است عملکرد موتور نسبتاً خوب برای سوخت‌گیری با این سوخت وجود داشته باشد، اما نیاز است کالیبراسیون سیستم سوخت موتور را هنگامی‌که موتور با این سوخت کار می‌کند تغییر داد [۳۰].

نانو ذرات

در طی سالیان گذشته دانشمندان درزمینهٔ نانو فناوری و دانش نانو به موفقیت‌های مهمی دست‌یافته‌اند. نانو فناوری با ساختارهای ریز و مواد با اندازه بسیار کوچک در محدوده کمتر از ۱۰۰ نانومتر سروکار دارد. تبدیل حالت میکرو ذرات به نانو ذرات می‌تواند به تغییراتی در خواص فیزیکی ماده منجر شود. افزایش نسبت سطح به حجم و انتقال ذرات به محدوده‌ای که اثرات بین‌مولکولی حاکم است، دو عامل مهم در تغییر خواص هستند. افزایش در نسبت سطح به حجم که به‌صورت تدریجی با کوچک شدن ذرات شدت می‌یابد، منجر به افزایش تسلط رفتارهای اتم‌های روی سطح ذره نسبت به اتم‌های درونی می‌شود. این عامل هم بر خواص ذره به‌تنهایی و هم بر واکنش نسبت به مواد دیگر تأثیر می‌گذارد. در حال حاضر نانو ذرات از مواد بسیار مختلفی ساخته می‌شوند[۹].

نانو ذرات فلزی و مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ اثر آن‌ها در موتورهای احتراق داخلی

محققان به بررسی اثر نانو ذرات مختلف بر عملکرد موتورهای درون‌سوز در شرایط گوناگون پرداختند. در ارزیابی مشخصه‌های آلودگی ناشی از کاربرد نانو ذرات اکسید سریم با سوخت ترکیبی دیزل و بیودیزل تولیدی از کلزا مشاهده شد که میزان آلودگی هیدروکربن‌های نسوخته در ترکیبات مختلف بیودیزل به‌مراتب کمتر از سوخت دیزل خالص است. همچنین حداکثر و حداقل میزان آلودگی منواکسید کربن به ترتیب در دیزل خالص و بیودیزل خالص همراه با نانو ذرات اکسید سریم بود و میزان اکسیدهای نیتروژن در دیزل خالص کمتر از ترکیبات دیزل - بیودیزل و نانو ذرات بود [۲۸].در مطالعه‌ای اثر نانودیزل به‌عنوان سوخت در موتورهای دیزل و نانو ذرات اکسید آلومینیوم (AL2O3) و اکسید مس (CuO) مشاهده شد که اکسید آلومینیوم باعث کاهش میزان منواکسید کربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای نیتروژن به ترتیب ۱۳/۳، ۱۲/۱۷ و ۸/۷۵ درصد شد درحالی‌که در هنگام استفاده از اکسید مس میزان منواکسید کربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای نیتروژن به ترتیب ۶/۳، ۷/۱۱ و ۲/۶۰ درصد بود و درنهایت اثر استفاده از اکسید آلومینیوم نسبت به اکسید مس در عملکرد موتور بهتر بود[۳۳]. نتایج حاصل از مطالعه اثر نانو ذرات اکسید آلومینیوم در بیودیزل استحصالی از جاتروفای ۲۰ درصد در عملکرد، آلودگی و ویژگی‌های احتراق در یک موتور دیزل نشان داد که بیودیزل ۲۰ درصد به همراه ۴۰ ppm نانو ذرات اکسید آلومینیوم باعث افزایش ۱۲ درصدی بازده حرارتی ترمزی و کاهش ۲۰ درصدی دود شد[۸]. در بررسی اثر سوخت ترکیبی دیزل- اتانول- بوتانول با درصدهای مختلف ۱۵، ۲۵ و ۳۰ و نانو ذرات اکسید آلومینوم(ppm ۵۰) بر عملکرد آلودگی موتور دیزل مشاهده شد که بازده حرارتی ترمزی در مقایسه با دیزل خالص افزایش یافت، اما میزان افزایش مصرف سوخت ویژه در هنگام افزودن نانو ذرات اکسید آلومینوم یا در عدم حضور آن‌ها ناچیز بود[۱۰]. روغن‌های استحصالی از

ضایعات فرآوری مرغ در یک موتور دیزل و ذرات اکسید آلومنیوم (آلومینا) به‌عنوان نانو ذرات در بیودیزل موردبررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که شاخصه‌های عملکردی و ویژگی‌های احتراق در هنگام استفاده از بیودیزل ترکیبی ۲۰ درصد به همراه نانو ذرات نسبت به بیودیزل ۲۰ درصد و دیزل خالص بهبود یافت و به مقدار قابل‌توجه ای هیدروکربن‌های نسوخته و منواکسید کربن کاهش یافت، درحالی‌که میزان اکسیدهای نیتروژن افزایش یافت [۳۷]. در بررسی اثر کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و بیودیزل نئم در موتورهای دیزل با محفظه‌های احتراقی مشاهده شد که بیودیزل نئم به همراه نانو ذرات کربنات کلسیم بهتر از بیودیزل نئم خالص است. همچنین بیودیزل نئم به همراه کربنات کلسیم باعث کاهش میزان اکسیدهای نیتروژن و دارای بازده مکانیکی بهتری است[۱۵]. در مطالعه اثر دی‌اکسیدتیتانیوم (TiO_2) بر شاخص‌های عملکردی موتور دیزل در هنگام استفاده از سوخت ترکیبی دیزل – بیویزل مشاهده شد که نانو ذرات باعث افزایش ۱/۳۲ درصدی بازده حرارتی شد و مقدار هیدروکربن‌های نسوخته و منواکسید کربن به ترتیب ۱۷/۵. و ۲۰ درصد کاهش یافتند[۳۵].بررسی اثر اکسید کبالت (Co_3O_4) و دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) به‌عنوان نانو ذرات در هنگام استفاده از بیودیزل کالوفیلم انوفیلم[۴] در یک موتور دیزل نشان داد که مواد افزودنی بهترین روش برای کاهش میزان ذرات معلق جامد، منواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌باشند اگرچه میزان اکسیدهای نیتروژن مقداری افزایش می‌یابند [۲۷].در مطالعه اثر اکسید روی (ZnO) و اکسید سریم (CeO_2) به‌عنوان نانو ذرات اضافه‌شده به بیودیزل استحصالی از جاتروفا[۵] بر عملکرد و آلودگی موتور دیزل مشخص شد که بازده حرارتی ترمزی جاتروفا ترکیبی با اکسید سریم (CeO_2) ۱۱ درصد بیشتر از جاتروفا ترکیبی با اکسید روی بود. همچنین میزان هیدروکربن‌ها و منواکسید کربن منتشرشده از اگزوز موتور در هنگام استفاده از اکسد سریم به ترتیب ۲۲ و ۱۱ درصد کمتر از بیودیزل ترکیبی با اکسید روی بود[۲۹].در مطالعه اثر اکسید منیزیم (MgO) به‌عنوان نانو ذرات اضافه‌شده به پسماند روغن خوراکی بر عملکرد، آلودگی و ویژگی‌های احتراقی یک موتور دیزل مشاهده شد که مصرف سوخت ویژه ترمزی در هر سطوح مختلف بیودیزل به همراه ۳۰ ppm اکسید منیزیم به ترتیب ۲۸/۲، ۹/۴۸ و ۲/۴۵ درصد بیشتر از بیودیزل های بدون اکسید منیزیم بود. میزان مصرف سوخت ویژه ترمزی در دیزل خالص کمتر، اما میزان توان ترمزی و بازده حرارتی ترمزی در مقایسه با سایر سوخت‌های بیودیزل بیشتر بود و در به‌صورت کلی سوخت ترکیب‌شده با نانو ذرات اکسید منیزیم میزان آلودگی کمتری نسبت به سطوح مختلف بیودیزل و سوخت دیزل رایج [۳۸]. در مطالعه اثر نانو ذرات اضافه‌شده اکسید رادیوم به بیودیزل تولیدی از روغن پونگامیا[۶] و دیزل رایج مشخص شد که نانو ذرات باعث کاهش اکسیدهای نیتروژن به مقدار ۳۷ درصد نسبت به دیزل رایج شد و مقدار هیدروکربن‌های نسوخته به میزان ۴۵ درصد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که نانو ذرات باعث بهبود بازده حرارتی می‌شوند [۲۴]. اثر افزودنی‌های اکسید منگنز به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دیزل رایج بر عملکرد و آلایندگی موتور دیزل تک سیلندر مورد ارزیابی قرار گرفت. خواص سوخت شامل نقطه اشتعال و ویسکوزیته به دلیل اضافه کردن نانو اکسید مذکور بهبود یافت. بازده ترمزی حرارتی۴ ٪ نسبت به دیزل رایج افزایش یافت. میزان آلایندگی منواکسید کربن ۳۷٪ و میزان آلایندگی NO_X به مقدار ۴٪ کمتر شد[۳۲].

نانو ذرات غیرفلزی و مطالعات انجام‌شده درزمینه اثر آن‌ها در موتورهای احتراق داخلی

در بررسی اثر بیودیزل حاصل از سبوس برنج به همراه ایزوپروپانل ۲ درصد با استفاده از شبکه عصبی و هوش مصنوعی مشاهده شد که بازده حرارتی ترمزی در میان پارامترهای عملکردی و هیدروکربن‌ها، منواکسید کربن و اکسیدهای نیترات ازنظر آلودگی در حد

4 Calophyllim inophyllum
5 Jatrofa
6 Pongmia

مطلوبی هستند و کاهش مؤثری در هیدروکربن‌های نسوخته، منواکسید کربن، اکسیدهای نیترات و مصرف سوخت ویژه ترمزی در هنگام افزایش بار روی موتور مشاهده شد[۳۶]. در بررسی اثر نانو لوله‌های چند دیواره کربن در هنگام استفاده از سوخت ترکیبی دیزل – بیودیزل استحصالی از روغن‌های گیاهی مشاهده شد که بیشترین میزان قدرت و گشتاور در بیودیزل ۲۰ درصد و ۳۰ ppm نانو لوله‌های کربن بود که مقدار قدرت ۱۷ درصد و مقدار گشتاور ۱۸ نسبت به دیزل رایج بیشتر بود[۱۹]. بررسی اثر نانو لوله‌های کربن به همراه بیودیزل نئم[۷] بر میزان عملکرد و آلودگی موتور دیزل نشان داد که مقدار منواکسید نیتروژن به مقدار ۷/۱۵ درصد در هنگام استفاده از نانو لوله‌های کربن کاهش یافت و مقدار منواکسید کربن، هیدروکربن‌ها و منواکسید نیتروژن نیز نسبت به بیودیزل خالص روند کاهشی داشتند و بازده حرارتی ترمزی روندی افزایشی نشان داد [۱۱].در تحقیقی، مدل‌سازی اثرات نانولوله‌های کربن اضافه‌شده به مخلوط سوخت دیزل- بیودیزل بر عملکرد و آلایندگی یک موتور دیزل با استفاده از شبکه عصبی مورد ارزیابی قراردادند مشاهده شد که مصرف سوخت ویژه موتور و آلاینده‌های منواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته به ترتیب به میزان ۳/۶۷ ، ۶۵/۷۰ و ۴۴/۹۸ درصد کاهش یافتند درحالی‌که میزان منواکسیدهای نیتروژن ۲۷/۴۹ درصد افزایش داشته است [۲۵].تحقیقی در جهت تعیین ویژگی‌های احتراق، عملکرد وآلایندگی موتور دیزل تک سیلندر ۴ زمانه با استفاده از سوخت بیودیزل ترکیب‌شده با نانولوله‌های کربنی چند دیوار ه با غلظت ۲۵ و ۵۰ PPM صورت گرفت. نتایج نشان داد که بازده حرارتی سوخت ترکیب‌شده با نانولوله‌های چند دیواره کربن افزایش یافته است. بیشترین بازده حرارتی ترمزی برای ترکیب بیودیزل با ۵۰ PPM نانولوله‌های کربنی ۲۵٪ بود. درحالی‌که ۲۴٪ برای ترکیب بیودیزل با نانو با غلظت ۵۰ PPM نانولوله‌های کربن بوده و برای بیودیزل ۲۳٪ و برای دیزل خالص۲۸٪ در بار ۸۰٪ بود. انتشار NO_X برای مخلوط بیودیزل با غلظت ۲۵ PPM نانولوله‌های کربن ۶۰۰ PPM بود که برای ترکیب بیودیزل با غلظت ۵۰ PPM نانولوله‌های کربن ۷۵۰ PPM مشاهده شد [۴۳].

نتیجه‌گیری

با توجه به کاهش منابع فسیلی و افزایش نیاز به آن‌ها محققان درصدد فراهم نمودن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی می‌باشند. تحقیقات زیادی بر روی چربی‌ها و روغن‌های گیاهی و حیوانی انجام‌شده است که غالباً نشان‌دهنده کاهش میزان آلاینده‌ها و افزایش پارامترهای عملکردی موتورهای دیزل می‌باشند. در کنار بیودیزل ها محققین با استفاده از نانو ذرات شرایط را در موتورهای دیزل بهبود بخشیده‌اند. اگرچه اکثر تحقیقات نشان‌دهنده کاهش میزان آلاینده‌ها و افزایش پارامترهای عملکردی می‌باشند لیکن در بعضی از تحقیقات خلاف این اثبات‌شده است که این مهم می‌تواند به خاطر استفاده از بیودیزل های با ساختارهای متفاوت ازلحاظ چربی‌های موجود در آن‌ها و هم‌چین تنوع در نانو ذرات می‌باشد.

منابع

۱. سرلکی، ا.، حسن‌بیگی، س.ر.، شریف پاقلعه، ع و میرقاضی سعید، ح. ۱۳۹۶. بررسی روشهای تخلیص و پالایش سوخت بیودیزل با تأکید بر فرآیندهای جداسازی غشائی. مجله علمی ترویجی مهندسان مکانیک ایران. ص ۱۳۰-۱۱۱

۲. عباسی، س.، بهرامی، ه. و کیانی ده کیانی، م . ۱۳۹۶. بررسی تعادل گرمایی یک موتور دیزل تک سیلندر هوا خنک با کاربرد بهینه مخلوط‌های سوختی دیزل و بیودیزل به کمک الگوریتم ژنتیک چند هدفه. رساله دوره دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

7 Neem

۳. فلاح پناه نجم‌آباد، م.، قضاوی، م. و قبادیان، ب .۱۳۹۰. تأثیر افزودن بیودیزل به سوخت دیزل مرسوم بر برخی از پارامترهای عملکردی یک موتور دیزل، چهارمین کنفرانس احتراق یران ، کاشان، انجمن احتراق ایران، دانشگاه کاشان.

۴. نجفی، ب. ۱۳۹۰. تأثیر اتیل استرهای چرب موجود در سوخت بیودیزل بر عملکرد موتور دیزل، چهارمین کنفرانس احتراق یران ، کاشان، انجمن احتراق ایران، دانشگاه کاشان.

۵. هوشیار، ا. ۱۳۹۰. مبانی انرژی‌های زیستی (بیودیزل، بیوگاز،بیواتانول، بیوهیدروژن، گازیفیکاسیون). نشر نصوح.۳۷۶ ص

6. Aransiola, E.F., Ojumu, T.V., Oyekola, O.O., Madzimbamuto, T.F. and Ikhu-Omoregbe, D.I.O., 2014. A review of current technology for biodiesel production: State of the art. Biomass and bioenergy, 61, pp.276-297
7. Atmaca M. (2008) Use of Hazelnut Kernel oil Methyl Ester and Its Blends as Alternative Fuels in Diesel Engines. Turkish J.Eng. Env. Sci 32:133-141
8. Abdel Razak, S. M., Gad, M, S and Omar, M. 2017. Effect of aluminum oxide nano-particle in jatropha biodiesel on performance, emissions and combustion characteristics of DI diesel engine, International journal for research in applied science & engineering technology, Vol-5, No-iv, pp-358-372
9. Aldarvish, Z., A. Taghizadeh-Alisaraei, A., Ghobadian, B.2017. Evaluation of Performance and Vibration of a Diesel Engine Using Ag Nanoparticles Added to Diesel and Biodiesel Fuel Blends. The Journal of Engine Research, Vol. 46 , pp: 15-26
10. Annepu, S. D., Ajaad, D., Karteek, P and Lakshumu, N, A. 2017,experimental investigation on the performance and emission characteristics of DI-diesel engine using diesel-ethanol blends and aluminum oxide nanoparticles, International journal of mechanical and production engineering research and development,2017,Vol-7, No-5, pp-301-310.
11. Balaji, G and Cherabthan M. 2015. Effect of CNT as additive with biodiesel on the performance and emission characteristic of a DI engine, International conference on nano science and nanotechnology, SRM university, Vol-7, No-3, pp-1230-1236.
12. Caliskan, H. 2017. “Environmental and enviroeconomic researches on diesel engines with diesel and biodiesel fuels,” journal of Cleaner. Production., vol. 154, pp. 125–129,
13. Devaraj ,A., Arul Prakasajothi, M., Rajesh, D and Anand, P.2017. Review of Nanocatalyst as Additive Fuel in Diesel Engine. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences. Volume 10 Issue 1. pp 270-274.
14. Devan, N. Mahalakshmi, V. 2009. A study of the performance, emission and combustion characterisitics of compression ignition engine using methyl ester of paradise oil- eucalyptus oilblends. Applied Energy. Vol :86 pp675-680
15. Devi, V,R. 2018. Experimental investigations on CI diesel engine with varied combustion chamber designs using Neem biodiesel and Calcium Carbonate (Caco3) nano fluid additive. International research journal of engineering and technology .volume :5, issue:3 pp2167-2172
16. Fatih Dimerbas, M. 2011. Biodiesel from algae for sustionable development. Elsevier Apllied Energy. 88: 3473-3480
17. Foster, E., Contestabile, M., Blazquez, J,. Manzano, B,. Workman, M. and Shah, N. 2017. “The unstudied barriers to widespread renewable energy deployment: Fossil fuel price responses,” Energy Policy, vol. 103, pp. 258–264
18. Fröhlich, A., & Rice, B. 2005. Evaluation of Camelina sativa oil as a feedstock for biodiesel production. Industrial Crops and Products, 21(1), 25-31

۱۹. Ghafoori, M., Ghobadian, B., Najafi, G., Layeghi, M., Rashidi, A., and Mamat, R. 2015. Effect of nanoparticles on the performance and emission of a diesel engine using

biodiesel-diesel blend, International journal of automotive and mechanical engineering, Vol-12, pp-3097-3108.

۲۰. Ghanei, R., Moradi, G. R., Taherpourkalantari, R., Arjmandzadeh, E. 2011. Variation of physical properties dueing transesterification of sunflower oil to biodiesel as an approach to predict reaction progress. Fuel processing technology. Vol :92. Pp: 1593-1598

۲۱. Gomaa, M., Alimin, A. J., Kamarudin, K. A.2011. The effect of EGR rates on NOX and smoke emissions of an IDI diesel engine fuelled with Jatropha biodiesel blends. www.IJEE.IEEFoundation.org. Volume 2, Issue 3, 2011 pp.477-490

۲۲. Gumus, M and Kasifoglu, S. (2010) 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 34:134-139.

۲۳. Habibullah, M., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Rizwanul, Fattah, I.M., Ashraful A.M. and Mobarak, H.M. (2014) Biodiesel production and performance evaluation of coconut, palm and their combined blend with diesel in a single-cylinder diesel engine. Energy Conversion and Management 87:250-257.

۲۴. Halek, F., Rahim, A. K. 2018. Influence of antioxidant addition on the emissions of a diesel engine by using waste cooking oil biodiesel. Energy & Environment. Pp : 1-10

۲۵. Hosseini,S.H,. Taghizadeh-Alisaraei,A., Ghobadian,B and Abbaszadeh-Mayvan,A.2017. "Modeling the effects of Carbon nanotubes added to diesel-biodiesel fuel blends on performance and emissions of a diesel engine using artificial neural network," Fuel and Combustion, 10, pp. 1-16. (in Persian).

۲۶. Issariyakul, T and Dalai, A, K. 2014. "Biodiesel from vegetable oils," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 31. pp. 446–471

۲۷. Jeryrajkumar ,L. Anbarasu,G. and Elangovan, T.2016. Effects on Nano Additives on Performance and Emission Characteristics of Calophyllim inophyllum Biodiesel. International Journal of ChemTech Research. Vol.9, No.04 pp 210-219

۲۸. Joshua, M, P., Gowdham .D.2016. Emission characteristics of cerium oxide nanoparticle blended emulsified biodiesel. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, ISSN: Vol-4, Iss-2, Spl. Issue-3 2321-9009, pp 155-158

۲۹. Karthik1,N,. Xavier,X,G,. Rajasekar,R,. Ganesh, B,P and Dhanseelan, S. 2017. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

۳۰. Kruczyński, S. W. 2013. Performance and emission of CI engine fuelled with camelina sativa oil. Energy Conversion and Management, 65, 1-6.

۳۱. Moradi, G. R., Dehghani, S., Ghanei, R. 2012. Measurements of physical properties during transesterification of soybean oil to biodiesel for prediction of reaction progress. Energy Conversion and Management. Vol : 61. Pp: 67-70

۳۲. Lenin, M.A., Swaminathan, M.R. and Kumaresan, G., 2013. Performance and emission characteristics of a DI diesel engine with a nanofuel additive. Fuel, 109, pp.362–365.

۳۳. Nailk, J,V and Kumar, K,K.2018.Performance and emission characteristics of diesel engines with Al2O3 and CuO nanoparticles as additives. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. Volume 9, Issue 2, pp :791-798

۳۴. Nair, N.J., Kaviti, A. K. and Daram, A.K. 2016. "Analysis of performance and emission on compression ignition engine fuelled with blends of neem biodiesel," Egyptian Journal of Petroleum, vol 26. (4). PP: 927-931

۳۵. Prabhu, L,. Kumar,S,S,. Andrerson,A and K.Rajan. 2015, Investigation on performance and emission analysis of TiO2 nanoparticle as an additive for bio-diesel blends, Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, Vol. 9, No. 7, pp. 408-412.

۳۶. Prasada, R, K,. Victor B,T,. Anuradha,G and Appa,B,V. 2017. IDI diesel engine performance and exhaust emission analysis using biodiesel with an artificial neural network (ANN). Egyptian Journal of Petroleum.26.PP 596-600

۳۷. Ramesh, D, K,. Dhananjaya K,J, L,. Hemanth, K,S, G,. Namith ,V,. Parashuram, B,J,and Sharath ,S. 2018. Study on effects of Alumina nanoparticles as additive with Poultry litter biodiesel on Performance, Combustion and Emission characteristic of Diesel engine. Materials Today: Proceedings 5 1114–1120

۳۸. A., Dawn,S,S., Jayaprabakar,J., Nirmala,N., Saikiran,K and S.Sai Sriram, S,S. Ranjan, 2018. Experimental investigation on effect of MgO nanoparticles on cold flow properties, performance, emission and combustion characteristics of waste cooking oil biodiesel. . Elsevier, ScienceDirect. Fuel. Volume 220, pp: 780-791

۳۹. Rehan ,M,. Gardy, J,. Demirbas, A,. Rashid, U,. Pant, D. 2018. "Waste to biodiesel: A preliminary assessment for Saudi Arabia," Bio resource Technology, vol. 250, no. November 2017, pp. 17–25

۴۰. Roy, M, M., Wang, W, and Alawi, M. 2014. "Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel-diesel, biodiesel-diesel-additive and kerosene-biodiesel blends," Energy Convers. Manag., vol. 84, pp. 164–173,

۴۱. Said, N. H. and F. N. Ani and M. F. M. Said. 2015. Review of the production of biodiesel from waste cooking oil using solid catalyst. Mechanical Engineering and Sciences, 8: 1302-1311.

۴۲. Soto,F. 2018. "The determination of the activation energy of diesel and biodiesel fuels and the analysis of engine performance and soot emissions," Fuel Process. Technology., vol. 174, no. November 2017, pp. 69–77

۴۳. Tewari, P., Doijode, E., Banapurmath, N.R. and Yaliwal, V.S., 2013. Experimental investigations on a diesel engine fuelled with multi-walled carbon nanotubes blended biodiesel fuels. Int J Energy Technol Adv Eng, 3, pp.72-76

۴۴. Turkensteen, M. 2017. The accuracy of carbon emission and fuel consumption computations in green vehicle routing, Eur. J. Oper. Res., vol. 262, no. 2, pp. 647–659

۴۵. Zhang , Z., Jiaqiang, E. , Yuanwang, D ., Minh ,H, P., Wei, Z ., Qingguo ,P & Zibin Y. 2018. Effects of fatty acid methyl esters proportion on combustion and emission characteristics of a biodiesel fueled marine diesel engine, Energy Convers. Manag., vol. 159, no. March, pp. 244–253.

Biodiesel and nanoparticles as a fuel additive to improve engine performance and exhaust emissions of diesel engine: A review

Amin Waismoradi [1*], Mohammad Esmail Khorasani Ferdavani, Hasan Zaki Dizaji[3], Seyed Mohammad Safiedin Ardebili [4]

1. Phd student of Agricultural Mechanization. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz and member of Payam Noor University
2&3&4. Assistant Professor of Biosystems Engineering. Department of Biosystems Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract

This paper reviews the impact of diesel engine performance and emission characteristics using biodiesel/nanoparticles as a diesel fuel additive. In almost all papers, blending nanoparticles and biodiesel with conventional diesel fuel reduces the exhaust emissions of diesel engine including NO_x, CO_2, and unburned hydrocarbons (UHC) emissions; while increasing the engine performance (i.e. torque and power). According to the literature, the type of biodiesel and nano-additive are the most important factors that could affect the above-mentioned parameters.

Key words: Biodiesel, Nanoparticles, exhaust emissions, engine performance, diesel engine

*Corresponding author
E-mail: aminwm58@gmail.com