

دراسة معملية لإعادة تدوير زيوت الطعام المستهلكة واستخدامها وقوداً حيوياً وتأثيرها في محركات الديزل

¹ علي محمد أبوراس، ² الهادي أعمار أبوصبيح، ³ عمر الفاروق محمد

⁴ حمزة محمد الأشخم

^{1,3,4} المعهد العالي للعلوم والتقنية الزاوية

² كلية الهندسة جامعة الزاوية

Email: Ali.Aburass@hite.edu.ly

الملخص

في السنوات الأخيرة من العقد المنصرم تسابقت الدول في البحث عن بديل للوقود الاحفوري (النفط) بسبب زيادة الأسعار وإنقاذ البيئية من التلوث، ذلك بتسرع انهيار النظام البيئي، أيضا الخوف من زيادة الاضطرابات في الدول المصدرة للنفط. ولذلك يعتبر الوقود الحيوي أحد أهم البدائل للنفط، وهو من مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن أن تمنح فرصة هامة لتنمية القطاع الزراعي، وذلك لوفرة زيوت الطعام المستهلكة، وسهولة تكريرها وقوداً نظيفاً ومصاحباً للبيئة. واتجهت الأبحاث كذلك إلى دراسة الخواص الكيميائية والفيزيائية ومقارنتها من عدة جوانب مع الوقود الاحفوري وخاصة تأثيره في محركات الديزل. وعلى هذا الأساس اجريت التجارب على الزيوت المستهلكة من زيت الذرة لإعادة تدويرها ومعالجتها من حيث التنقية والتسخين وخط المواد بأجود وأرخص الطرق وذلك لإنتاج الوقود الحيوي. إجراء أهم الفحوصات من التحاليل الكيميائية والفيزيائية على ثلاث أنواع من الوقود. ونتج عن ذلك من هذه الاختبارات ان خصائص الوقود الحيوي قريبة جدا من خصائص الوقود الاحفوري الديزل، ويمكن استخدام الوقود الحيوي وقوداً لمحركات الديزل (نافطة) أو بخلطه مع الديزل لتحسين مواصفاته دون أي إضافة اخري. ولقد اختبر هذا الوقود وكذلك خليطه مع الديزل بنسبة 50% واستخدامه على محركات الديزل للآلات الزراعية من دون أي تغيير، حيث اثبت فاعليته في أثناء التشغيل. من النتائج نجد أن كثافة الوقود الحيوي لم تتعدّ 5% من كثافة ديزل الأحفوري، كما أن نسبة مقادير العناصر الضارة مثل الكبريت كانت أقل بنسبة كبيرة جدا من وقود الديزل الأحفوري تصل الى 98%.

الكلمات الدالة: زيت الطعام المستهلك، الوقود الحيوي، الخصائص الكيميائية والفيزيائية للوقود، محركات الديزل.

Abstract

In the last years of the past decade, countries raced in search of an alternative to fossil fuels (oil) due to the increase in prices and to save the environment from pollution, due to the acceleration of the collapse of the ecosystem the fear of increasing unrest in the regions of the oil-exporting countries. Therefore, biodiesel is considered one of the most important alternatives fuel, and it is one of the renewable energy sources that can give an important opportunity for the development of the agricultural sector. It is due to the abundance of waste cooking oils, and the easy refining them as clean and environmentally friendly fuels.

In this research, the process of recycling waste cooking oils from restaurants having identified the specifics of modern and high quality method, that's was conducted in several stages for the production of biodiesel. In the meantime, the research has also directed towards studying the chemical and physical properties of biodiesel and comparing them from several aspects with fossil fuels, especially its effect on diesel engines. Moreover, experiments were conducted on waste cooking oils to be recycled and treated in terms of purification, heating, and mixing materials in the best and cheapest ways to produce biodiesel. As a result, the properties of biodiesel are very close to those of fossil fuels (diesel), and it can also be used for diesel engines, also mixed with 50% of fossil fuels to Improved its specifications. Biodiesel blends 50% has been tested on diesel engines of agricultural machinery without any substantial modifications to be effective during operation. It has found that the density of biodiesel did not exceed 5% of the density of fossil diesel, and the percentage of harmful elements such as sulfur was much lower than that of fossil fuels, which amounted to 98%.

1. المقدمة

شهد العقد الأول من القرن الماضي ارتفاعات متزايدة في استخدام الطاقة البديلة في ظل ارتفاع أسعار الطاقة التقليدية (النفط والغاز الطبيعي)، وتزايد المخاوف في عدم استقرار إمدادات الطاقة التقليدية. ومن هنا فإن البلدان المتقدمة الأكثر استهلاكاً تبحث حثيثاً عن مصادر غير تقليدية للطاقة والتخلص من أثارها البيئية المدمرة [1]. فمصادر الطاقة المتجددة والمتمثلة في طاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة المياه والتيارات البحرية، ازدادت في معدلات إنتاجها بصورة كبيرة، إلا أنها مازالت لم تلبى متطلبات الدول الصناعية الكبرى لحاجتها للطاقة الكافية [1,2]. وبالرغم من امتلاك الزيوت النباتية أو الزيوت المستهلكة من لزوجة عالية والتي تؤثر سلباً في محركات الديزل، فإن هذه الزيوت يمكن أن تصبح أفضل استخداماً عند فصل الزيت عن الجلسرين والذي أصبح يطلق عليه الوقود الحيوي.

إعادة تدوير الزيوت المستهلكة للاستفادة البيئية والاقتصادية، حيث أصبح يعتمد على هذا الوقود في اقتصاديات الدول في السنوات العشرة الأخيرة بسبب ارتفاع أسعار الوقود النفطي، قد يستخدم الديزل الحيوي وقوداً للمركبات في صورته النقية، لكن عادة ما يستخدم إضافة للديزل لتقليل مستويات الشوائب مثل، أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات من المركبات التي تعمل بالديزل [3,4]. أجريت العديد من الأبحاث العلمية لزيادة إنتاج الوقود الحيوي والتي تهدف الي إنتاج مصدر نظيف ورخيص من الطاقة البديلة والتقليل من المضار البيئية، لذا فإن هذا البحث يدرس مراحل إعادة تدوير الزيوت النباتية المستهلكة لإنتاج الوقود الحيوي، ودراسة تأثيره في محركات الديزل وإمكانية خلطه مع وقود الديزل لتحسين أداه على المحرك.

2. التجارب المعملية

في هذه الدراسة أجريت التجارب المعملية في معمل مصغر داخل المعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية. وتتلخص طريقة استخراج الوقود الحيوي بإعادة تدوير زيوت الذرة المستهلكة من المطاعم إلى أربع مراحل اساسية:

• مرحلة التنقية والتبخير.

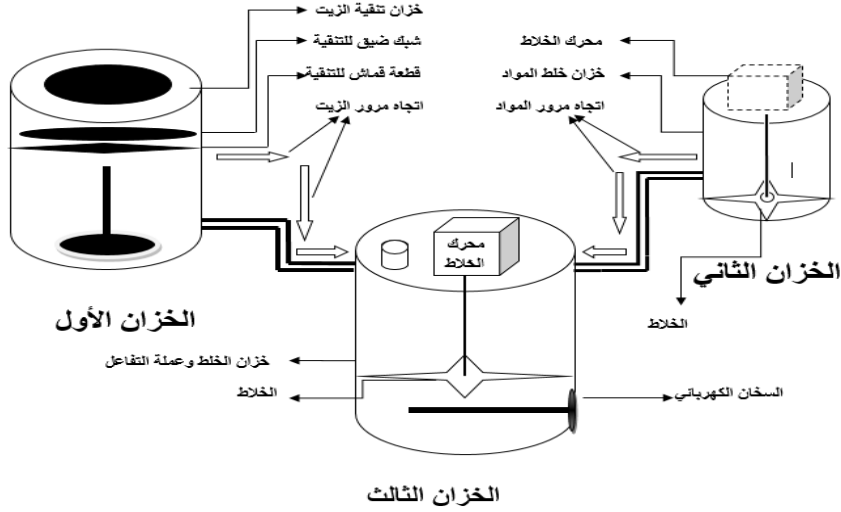
الي حدّ الآن لا توجد إحصائية رسمية في ليبيا تخص النفايات من زيت الطعام المستهلك من المطاعم والفنادق. وحيث إن الدراسة الميدانية التي أجريت لمدينة الزاوية ذات الكثافة السكانية 378 ألف نسمة، وما يتم استهلاكه يوميا لزيت الطعام في المطاعم والفنادق ما يقارب من 2000 لتر. وفي هذه المرحلة يتم تجميع الزيوت المستهلكة داخل الخزان الأول كما موضح في الشكل رقم (1)، ويتم تنقية الزيوت المستهلكة بواسطة صفائي (فلتر) خاص لأجل التخلص من الرواسب والشوائب العالقة بالزيت، كما يوجد أسفل الخزان سخان كهربائي لتسخين الزيت إلى 100°C تحت تأثير الضغط وتستمر مدة التسخين من 15 إلى 20 دقيقة، وذلك للتخلص من قطرات الماء المختلطة بالزيت إن وجدت ليصبح نقيا تماما.

• مرحلة المعالجة الكيميائية.

مرحلة خلط المواد تعتبر من أهم المراحل، وذلك من ناحية حساب زمن الخلط، ومقادير المواد المستخدمة وكيفية خلطها. حيث تجرى هذه المرحلة داخل خزان صغير (خزان الثاني) كما موضح في الشكل رقم (1)، مزود بخلاط كهربائي من خلاله خلط الميثانول بنسبة 20% من كمية الزيت المستعمل مع الصودا الكاوية، بنسبة 1% من كمية الزيت المستعمل.

• مرحلة الخلط والتفاعل.

في هذه المرحلة يتم نقل الزيت النقي من الخزان الأول إلى الخزان الثالث، عن طريق فتح الصنبور الذي في أسفل الخزان ثم تشغيل المضخة رقم 1 ليتم عملية النقل بسرعة أكبر، وعند نقل الزيت يتم تثبيت الزيت عند درجة حرارة 65°C وبعد تثبيت درجة الحرارة يتم نقل المواد من الخزان الثاني، إلى الخزان الثالث، ويوجد في هذا الخزان أيضا سخان كهربائي بالمواصفات نفسها التي في الخزان الأول، كما يوجد به خلاط كهربائي لضمان خلط وتفاعل المواد مع الزيت كما موضح بالشكل رقم (1).



الشكل (1) مراحل تحضير الوقود

• مرحلة الفصل

بعد إنهاء المرحلة الثالثة يترك الخليط المتفاعل لمدة لا تقل عن ساعتين لأجراء عملية الفصل وعند تركه يتم فصل الوقود الحيوي عن الجلسرين كما موضح بالشكل رقم (2)، وسيترسب الجلسرين إلى أسفل الخزان ويبقى الوقود الحيوي في الأعلى، بهذا نصل إلى المرحلة الأخيرة وهي عملية فصل مادة الجلسرين عن الوقود الحيوي ومن ثم تصبح مادة الجلسرين كتله واحدة يمكن الاستفادة بها في صناعة المنظفات.



الشكل (2) الجلسرين والوقود الحيوي

3- الاختبارات الفيزيائية والكيميائية

بعد إنتاج الوقود الحيوي وفصله عن الجلسرين، من هنا يجب إجراء بعض أهم التحاليل الفيزيائية والكيميائية على الوقود الحيوي. للتأكد من مواصفات الوقود المنتج الصافي 100% وللمزيد من المقارنة أُجريت أيضا الاختبارات على خلط ديزل بترولي (نافطة) مع الوقود الحيوي بنسبة 50%. وأخيراً أُجريت الاختبارات على وقود الديزل (نافطة) الموجودة في السوق الليبي.

الاختبارات التي أُجريت في هذا البحث ذات أهمية كبيرة لمعرفة جودة الوقود المنتج للاستخدام، ووقوداً بديلاً لمحركات الديزل. الاختبارات هي الكثافة واللزوجة ونقطة الوميض ونقطة الانسكاب وعدد السيتان وكمية الكبريت الموجودة في الوقود. أُجريت كل هذه الاختبارات في معمل خاص بجودة الوقود بقسم المختبرات في شركة الزاوية لتكرير النفط (مصفاة الزاوية)، التابعة للمؤسسة الوطنية للنقط.

اختبار الكثافة لجميع عينات الوقود بحسب طريقة (ASTMD 1298)، تؤخذ درجة حرارة الترمومتر للعينة مباشرة بواسطة ترمومتر خاص مدرج حسب مواصفات المعهد الأمريكي IP 64 بحيث تكون درجة حرارة عينة وقود الديزل غير متغيره خلال فتره الفحص، تؤخذ قراءة المكثف وقراءة الترمومتر بعد تحويلها إلى الفهرنهايت ومن ثما تستخرج الكثافة النوعية من خلال جداول خاصة بالفحص. يوضح الشكل (3- جهاز 1) المعدات المستخدمة لقياس هذه الخاصية.

كما أُجريت اختبارات اللزوجة على عينات الوقود عند درجة حرارة (40C° و 100C°)، وذلك حسب معايير (ASTM D2270)، باستخدام جهاز قياس اللزوجة (Viscometer) نوع (Saybolt) كما موضح بالشكل (3- جهاز 2) في مختبر الوقود لشركة الزاوية لتكرير النفط، وذلك بقياس الزمن اللازم لسريان حجم معين من الوقود تحت تأثير الجاذبية الأرضية من خلال أنبوبة شعيرية زجاجية عند درجتى حرارة (40C° و 100C°)، وذلك لحساب مؤشر اللزوجة (Viscosity Index) [5].

كذلك أُجريت اختبارات نقطة الوميض (Flash Point) على عينات الوقود والتي تعرف بأقل درجة حرارة ينتج عندها السائل أبخرة وغازات قريبة من سطح السائل تشكل خليطاً

قابلاً للاشتعال عند اختلاطها مع الهواء. استخدم جهاز Pensky Martens Closed كما موضح بالشكل (3- جهاز 3).

قياس نقطة الانسكاب (Pour Point)، بجهاز التبريد هي أدنى درجة حرارية يحصل فيها جريان للسائل. ويمكن حسابها حسب طريقة (ASTM D 97). توضع الحاوي على النموذج في ثلاجة ذات تدرج حراري من (0C° الي -17C°) كما موضح بالشكل (3- جهاز 4).

أما عدد السيتان (Cetan No.) فقد أُجريت اختبارات على عينات الوقود وهو لمعرفة مؤشر لسرعة الاحتراق في وقود الديزل، ويعتبر رقم السيتان معاملاً مهماً لتحديد جودة وقود الديزل. الشكل (3- جهاز 5) يوضح جهاز OptiDist لحساب منحني التقطير نظرياً. عامة محركات الديزل تعمل جيداً بوقود لها رقم سيتان ما بين 40 إلى 55.

يستخدم جهاز الأشعة السينية أو أشعة إكس (X-RAYS) لقياس نسبة تركيز المعادن الأساسية الموجودة في الوقود، وأيضا تركيز المواد المضافة لتحسين أداء الوقود. في هذا البحث أُستخدم جهاز (EDXRF X-) Oxford Instruments plc, 2015 Supreme 8000، الموضح بالشكل (3- جهاز 6)، لقياس مقدار الكبريت في الوقود.



الشكل (3) الأجهزة المستخدمة في الاختبارات الكيميائية والفيزيائية للوقود الحيوي المنتج، (الكثافة، اللزوجة، الوميض، الانسكاب، عدد السيتان ومقدار الكبريت)

يتم تجهيز عينة الوقود ورجها جيدا، ثم توضع في وعاء خاص إلى العلامة المحددة بداخله. ووضع الوعاء في الموقع المخصص له داخل الجهاز ويتم التحليل في زمن لا يقل عن 300 ثانية لكل عينة للحصول على النتائج [6]. قياس مقدار الكبريت بالوقود مهم جدا. حيث تتحد الغازات الناتجة عن احتراق الكبريت الموجود في تركيب الوقود مع بخار الماء المكثف الناتج عن عملية احتراق الوقود فتتكون بذلك أحماض ضارة تسبب تآكل بعض أجزاء المحرك. التحليل بالأشعة السينية هو أسلوب التحكيم لتحديد محتوى الكبريت في مختلف أنواع الوقود.

الجدوى الاقتصادية غير مجدية في بلادنا لان سعر الوقود رخيص جدا. ولكن بيئيا مهمة جدا لأنها مؤثرة بشكل مباشر. الجدول (1) يوضح العناصر التي تدخل في إنتاج الوقود الحيوي. ومنها يتضح أن المواد المضافة تمثل حوالي نصف تكاليف الإنتاج ويليهما ثمن الزيت المستهلك الذي يمثل 30 % تقريبا من تكاليف الإنتاج. ويمكننا تقليل التكاليف عن طريق زيادة كمية الإنتاج حيث سيتم شراء المواد بكميات أكبر، ومن ثم ينخفض السعر. حساب هذه التكلفة بناء على استيراد الميثانول من أحد البلدان المنتجة له بتكلفة 250 دولار للطن الواحد.

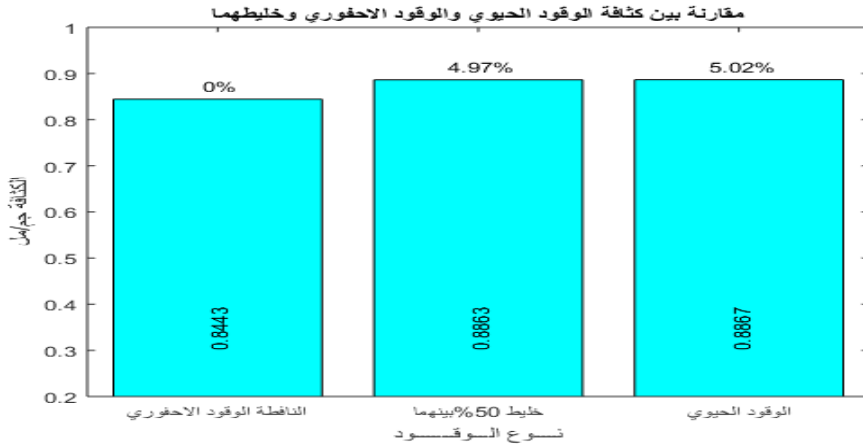
جدول (1) أسعار المواد المستخدمة لاستخراج الوقود الحيوي

السعر	المواد
1 د.	1 لتر ميثانول
0	زيت المستهلك 5 لتر
0.25 د	50 % جرام هيدروكسيد الصوديوم
سعر 6 لتر من الوقود الحيوي هو 1.25د (سعر اللتر الواحد 0.20 د)	

مناقشة النتائج

أجريت التجارب العملية المطلوبة في هذا البحث لمعرفة خصائص الوقود التي تؤثر بدرجة ملحوظة في أداء محرك الديزل وخاصة نظام ضخ الوقود الي غرفة الاحتراق. من نتائج اختبار الكثافة لعينات الوقود كما موضح بالشكل (4). أتضح أن كثافة الوقود الحيوي أكبر بزيادة طفيفة حوالي 5.02%، وأما خليطهما فكانت بزيادة 4.77%، نسبة

للوquod الأحموري الديل. وعلى هذا الأساس تعتبر كثافة الوquod الحيوي ضمن المواصفات، وقوداً لمحركات الديل وأيضا استعمال خليطها لزيادة ضمان استعماله بدون أي تأثير سلبي على أداء نظام ضخ الوquod داخل المحرك. كما أثبت ذلك في الدراسات السابقة [5].

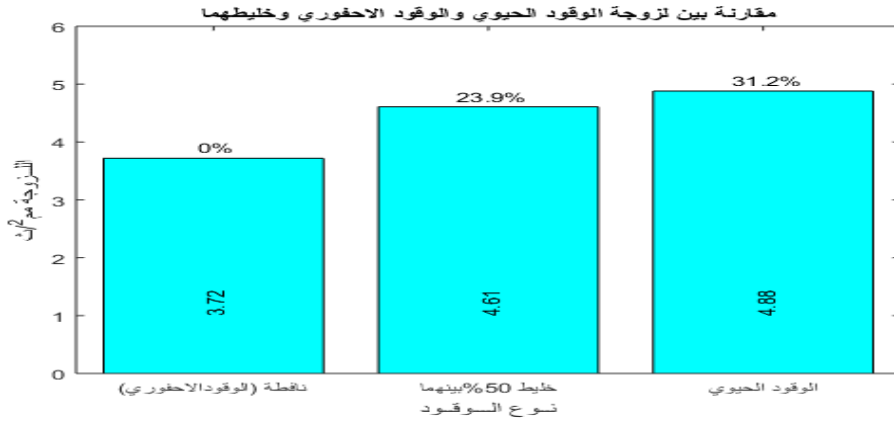


الشكل (4) كثافة الوquod الحيوي والديل (الأحموري) وخليطهما بنسبة 50%.

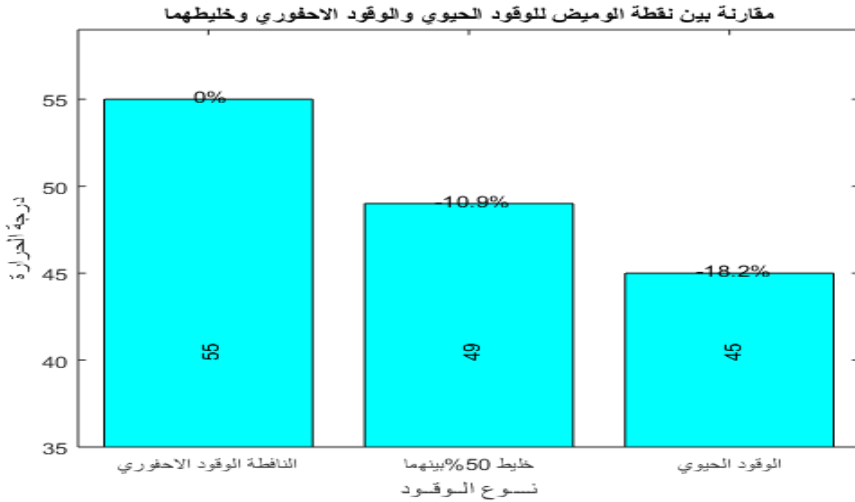
شكل (5) يوضح نتيجة اختبار اللزوجة لكل عينات الوquod. واتضح إن لزوجة الوquod الحيوي كانت بزيادة 31.2%، بينما كانت لزوجة خليطهما بزيادة 23.9% نسبةً لوقود الديل. وتبين من ذلك، أن لزوجة الوquod الحيوي تعتبر قريبة جداً من مواصفات وقود محركات الديل كما استعمال خليطها لزيادة ضمان عمل وحدات نظام حقن الوquod للمحرك الديل بدون أي اثار جانبية وتحسين احتراق الوquod داخل غرفة احتراق المحرك. وأثبتت ذلك الدراسات السابقة مطابقة لهذه النتائج [5].

في هذا البحث درست نقطة الوميض للوقود الحيوي والخليط (50%) مقارنة بالوقود الديل (الأحموري) كما هو مبين في الشكل رقم (6). فأتضح أن نقطة الوميض للوقود الحيوي أقل من وقود الديل بنسبة 18.2% بينما كانت نقطة الوميض للخليط تقريباً 10.9%، بالمقارنة مع وقود الديل. وعلى هذا الأساس يجب تخزين الوquod الحيوي في درجة حرارة أقل من 45°C وخليطهما عند درجة حرارة 49°C وتحدد لكل وقود نقطة

ومبيض خاصة وذلك لتجنب الحرائق عند النقل أو التخزين. حيث أن الوقود ذو درجة الوميض المنخفضة جدا يكون أكثر خطرا عند نقله أو تخزينه. ولا تدل درجة الوميض على طريقة احتراق الوقود داخل المحرك كما تم تأكيده في الدراسات السابقة [5,6].

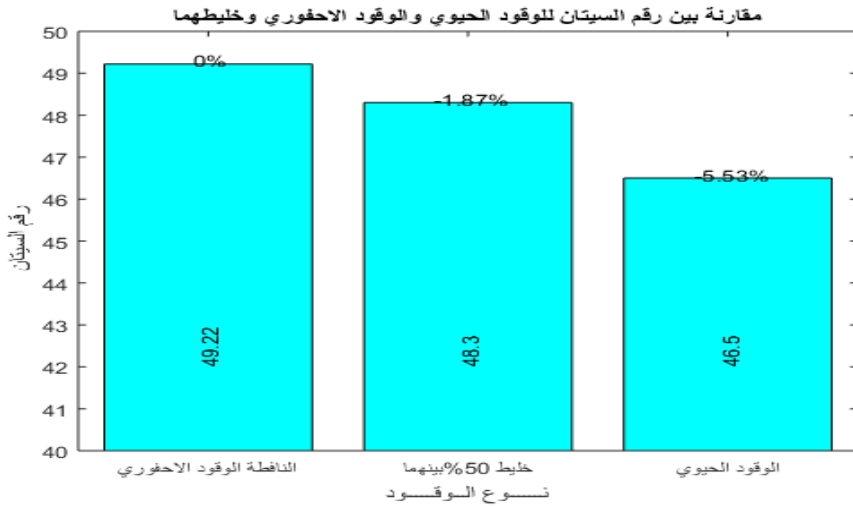


الشكل (5) لزوجة كل من الوقود الحيوي، وقود الديزل وخليطهما بنسبة 50%.



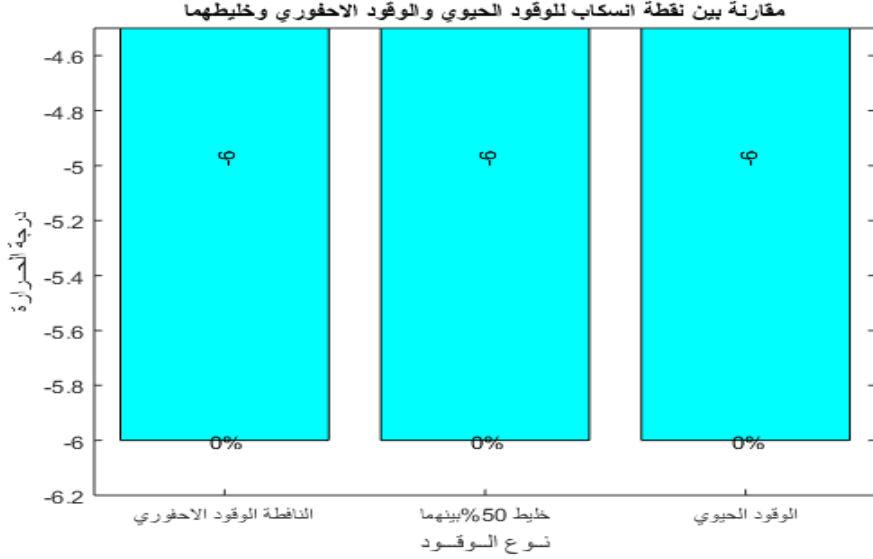
الشكل (6) نقطة الوميض لكلاً الوقود الحيوي، وقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50%.

رقم السيتان للوقود الحيوي والوقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50% كما هو موضح بالشكل رقم (7). أتضح من الدراسة إن رقم السيتان للوقود الحيوي أقل من الديزل الاحفوري بنسبة 5.53%, عن وقود الديزل الاحفوري بينما كان للخليط أقل بنسبة 1.87%. وعلى هذا النحو يعتبر رقم السيتان للوقود الحيوي ضمن المواصفات كوقود بديل لمحركات الديزل وهذه الاختبارات تستعمل لتحديد نوع احتراق الوقود داخل غرفة الاحتراق وجودة احتراقه بالكامل، كما تم تأكيده في الدراسات السابقة [6].



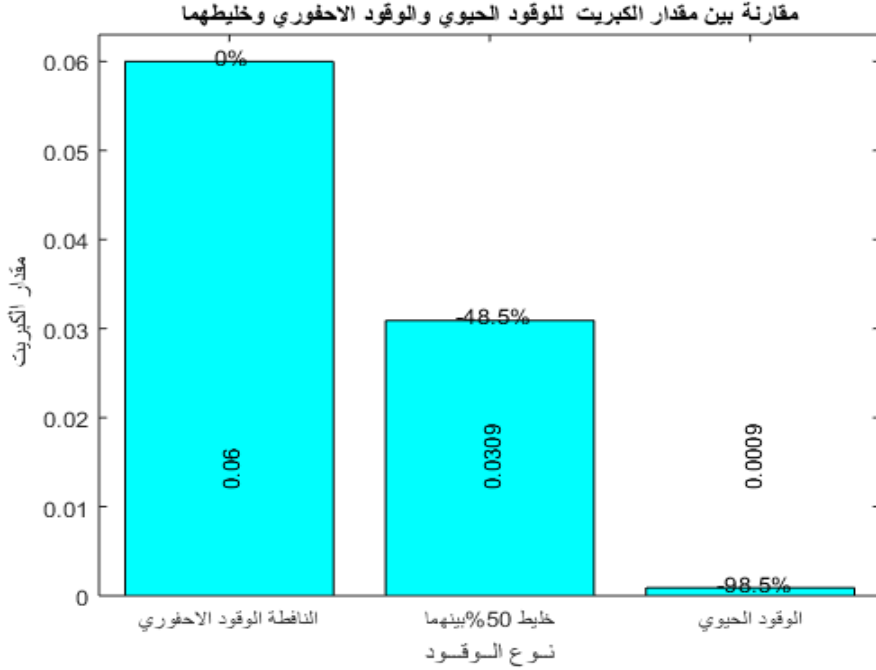
الشكل (7) عدد السيتان للوقود الحيوي، وقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50%.

درجة انسكاب الوقود تم اختبارها كما موضح في الشكل (8). حيث وجد أن نقطة انسكاب الوقود كانت واحدة لكل أنواع الوقود (وقود الديزل الاحفوري، الوقود الحيوي، وخليطهما بنسبة 50%) عند درجة حرارة 60°C -. وعلى هذا الأساس تعتبر نقطة الانسكاب للوقود الحيوي المنتج ضمن المواصفات المطلوبة حسب طريقة ASTM D 97, وتحدد نقطة انسكاب الوقود لمعرفة الأجواء الملائمة لاستعمال الوقود في الظروف الباردة، كما يحدد أيضاً سريان الوقود أثناء النقل وسريانه في نظام الحقن بالمحرك [5].



الشكل (8) نقطة الانسكاب للوقود الحيوي ووقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50%.

شكل (9) يوضح مقدار الكبريت للوقود الحيوي مقارنة بوقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50%. اتضح إن مقدار الكبريت الموجود في الوقود الحيوي قد تكون معدومة وبنسبة 98.5%, بينما كانت أقل في الخليط بنسبة 48.5%, مقارنة بوقود الديزل الاحفوري. وعلى هذا يعتبر مقدار الكبريت الموجود في الديزل الحيوي أفضل من الديزل الاحفوري. حيث يهدف التقليل من مقدار كمية الكبريت داخل الوقود، وذلك لتفاعل الغازات الناتجة عند احتراق الكبريت الموجود في تركيبة الوقود مع بخار الماء المكثف الناتج عن عملية الاحتراق والذي ينتج عنها أحماض ضارة تسبب في تآكل بعض أجزاء المحرك. بعد مناقشة نتائج الاختبارات التي أجريت على العينات الثلاث في قسم المختبرات البترولية لشركة الزاوية لتكرير النفط ومناقشة هذه النتائج مع المهندسين بالمختبر ومقارنتها بالموصفات العالمية. اتضح أن الوقود المنتج طبقاً للمواصفات المطلوبة، ويمكن استخدامه وقوداً لمحركات الديزل. ويعتبر وقوداً نظيفاً مصاحباً للبيئة ويسهم في انخفاض نسبة التلوث.



الشكل (9) مقدار الكبريت في الوقود الحيوي ووقود الديزل (الاحفوري) وخليطهما بنسبة 50%.

وقد استخدمت في هذا البحث ثلاث أنواع الوقود على آلة لحصد المحاصيل الزراعية ذات مكبس واحد كما مبين بالشكل (10) لعدة ساعات. لوحظ أنه عند استخدام الوقود الحيوي مقارنة بالديزل فإن صوت المحرك أقل ضجيجاً واهتزازاً، إلا أنه عند بداية التشغيل تبين وجود دخان كثيفاً وهذا يدل على عدم احتراق الوقود بالكامل داخل غرفة الاحتراق. أما وقود الخليط (50%)، فكان أفضلهم وذلك أقل كمية دخان منبعثة واهتزازاً للمحرك. علماً بأن الآلة لم تتأثر باستخدام الوقود الحيوي أو خليطهما وكانت كفاءة الأداء لا تختلف عن أداء وقود الديزل الأحفوري [7]. ذلك من جانب الاعمال المنجزة ونسبة استهلاك الوقود.



الشكل (10) آلة زراعية ذات مكبس واحد (حصادة)

3. الخلاصة

في هذا البحث كانت عملية إعادة تدوير زيوت الطعام المستهلك من المطاعم، باستخدام طريقة حديثة وبجودة عالية حيث أُجريت عدة مراحل لإنتاج الوقود الحيوي. كما أُجريت عدة اختبارات فيزيائية وكيميائية على ثلاث عينات من الوقود. ومن خلال التجارب التي أُجريت. أثبتت الاختبارات الفيزيائية والكيميائية بجودة الوقود الحيوي المنتج من الزيوت المستهلكة، وهي طبق المواصفات العالمية مقارنة بالوقود الديزل الاحفوري. وبعد اجراء التجارب لأنواع الوقود على محرك الالة نجد أن النتائج كانت الأفضل لوقود الخليط (50% وقود حيوي، 50% الديزل الاحفوري). وأما الوقود الحيوي كانت به نسبة أدخنة كثيرة عند بداية التشغيل، ويرجع ذلك إلى عدم الاحتراق الكامل في غرفة الاحتراق داخل المحرك. أما الوقود الديزل الاحفوري فكان ضجيج المحرك عاليا بنسبة لنوعين الآخرين، وهذا راجعاً للزوجة الوقود العالية نسبيا. فإن الوقود الحيوي كان في المستوي المطلوب وصالح للاستعمال وذو كفاءة عند تشغيل المحرك، استنادا لاستهلاك الوقود والاعمال المنجزة ذلك لا يوجد فرق واضح بينهم. وايضا يساهم بشكل كبير في خفض نسبة التلوث البيئي وخفض استعمال الوقود الاحفوري. وبذلك يعتبر توفيراً للطاقة وبكميات كبيرة وبأقل أضرار بيئية محتملة.

المراجع

- [1] هيثم عبد الله سلمان, 2016 اقتصاديات الطاقة المتجددة في المانيا ومصر والعراق. المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات. وادي البنات الطعائن, قطر .
- [2] الأخصر بن عمر، عبد الكريم أبوغزالة أمحمد. 2017 انتاج الوقود الحيوي الفرص والمخاطر مع الإشارة الي حالة الجزائر. مجلة الدراسات الاقتصادية الكمية. عدد 2017/03
- [3] حساني شحات محمد مدني 2019 اقتصاديات انتاج الوقود الحيوي وأثره على الامن الغذائي بدولة جنوب افريقيا منذ 2007. رسالة ماجستير كلية الدراسات الافريقية العليا قسم السياسة والاقتصاد.
- [4] عبيد مجيد علي. (2017). دراسة انتاج الوقود الحيوي من بذور القطن واستخدامه كبديل لوقود الديزل. Anbar Journal of Engineering Sciences, 7(2).
- [5] المهدي محمد المكي، أمال جمعة أبو القاسم، خديجة صالح المهدي. 2020. المعالجة الكيميائية بالحمض/ طين لزيوت المحركات المستعملة لإعادة تدويرها واستخدامها. المؤتمر السنوي الرابع لنظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية , 5 سبتمبر 2020. مجلة العلوم جامعة مصراته.
- [6] على ايوراس، محمد الرويمي، محمد فريشك. 2020. دراسة عملية لمعرفة مدى تأثير المسافة المقطوعة على بعض خواص زيوت محركات البنزين الموجودة بالسوق الليبي 39 المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات المجلد 6، العدد 2، 2222.
- [7] Aburass, Ali, Yangchun, Guo, Tie, Wang, Fengshou, Gu, Ball, Andrew and Brown, D.R. (2014) *Investigation of the Effect of Biodiesel Blends on Fuel Injection Pumps based on Vibration and Pressure Measurements*. In: VETOMAC-X 2014, 9-11th September 2014, Manchester Conference Centre (Days Hotel), University of Manchester, UK.