

دراسة تأثير إضافة الوقود الحيوي في أداء محركات الديزل

ميساء شاش*

حسين إبراهيم**

جعفر محمود***

(تاريخ الإيداع ٢٠ / ١٠ / ٢٠١٩ . قبل للنشر ١٤ / ١ / ٢٠٢٠)

ملخص

يعدُّ وقود الديزل الحيوي (Bio-diesel) وقوداً بديلاً ومتجدداً وأقل تلويثاً للبيئة من وقود الديزل، حيث إنَّ استخدامه يقلل من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، حيث أن زيادة نسبة هذا الغاز في الجو يزيد من مشكلة ظاهرة الاحتباس الحراري.

تهدف هذه الدراسة إلى بيان مدى تأثير إضافة الوقود الحيوي على أداء محرك الديزل حيث تم إضافة نسب مختلفة من الوقود الحيوي (١٨%، ١٢%، ٦%، ٣%) إلى الديزل واختبارها عند سرعات مختلفة (٢٥٠٠، ٢٠٠٠، ١٥٠٠، ١٠٠٠ rpm).

بينت النتائج أنه عند إضافة الوقود الحيوي إلى الديزل انخفضت انبعاثات كل من غاز (CO) بنسبة ٣٠% و غاز (CO_2) بنسبة ٩% وذلك عند نسبة المزج ١٨% بينما ازدادت انبعاثات غاز (O_2) بنسبة ٠,٣% وعند إضافة الخلاصة الحيوية إلى زيت الجوجوبا المعالج انخفض استهلاك الوقود بنسبة ١٨% عند السرعات المدروسة وازداد انخفاض انبعاث غازات CO و CO_2 بنسبة ٣٥%.

الكلمات المفتاحية: الوقود البديل، الوقود الحيوي، محركات احتراق داخلي.

* أستاذ مساعد في كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس-سوريا.

** مدرس في كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس-سوريا.

*** طالب دراسات عليا في كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس-سوريا.

Studying the Effect of Adding Bio-Fuel on the Performance of Diesel Engines

Maysaa Shash*
Hussien Ibrahim**
Jafar Mahmoud***

(Received 20 / 10 / 2019 . Accepted 14 / 1 / 2020)

Abstract

Biological fuel is considered as an alternative, renewable and cause less pollution to environment than the diesel fuel. by decreasing (CO_2) release. The increase of (CO_2) in space increases the global warming problem.

This study aims to show the effect of adding Bio-fuel on the performance of diesel engine when adding the Bio-fuel to the normal diesel in different mixing percentages as (3% ,6%,12%,18%) and testing it at different engine speeds as (1000,1500,2000, 2500 rpm.).

Results reveal that using the diesel fuel together with the biological fuel decreases the release of (CO) about 30% and (CO_2) about 9%. While the release of (O_2) increased about 0.3%

Adding biological extract to diesel fuel together with the processed jojoba oil, showed less fuel consumption about 18% at the studied speeds and less release In other gases.

Key words : alternative Fuel , Biological Fuel, Internal Combustion Engines

*Associate Professor, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria.

**Lecturer, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria.

***Postgraduate Student, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria.

المقدمة:

ازداد الطلب على الطاقة في كل أنحاء العالم وذلك لسد احتياجات الإنسان المختلفة، من صناعة وزراعة ونقل وتكييف فضلاً عن الاستخدامات المنزلية. ولهذا ازداد الطلب على الوقود الأحفوري (fossil fuel) غير المتجدد المسبب للتلوث البيئي. ونظراً للتلوث الكبير الذي يسببه الوقود الأحفوري لجأ الباحثون لإيجاد البدائل في مصادر الطاقة كالطاقة الشمسية والطاقة الهيدرووليكية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر والطاقة الحرارية لباطن الأرض فضلاً عن طاقة الوقود الحيوي [1]

يعد الوقود الحيوي بديلاً من البدائل التي تؤدي الى خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وهناك خيارات اخرى أكثر فعالية بالنسبة للتكلفة، من بينها الأشكال المختلفة للطاقة المتجددة وزيادة كفاءة الطاقة والاقتصاد في استهلاكها وخفض الانبعاثات الناجمة عن إزالة الغابات وتدهور الأراضي وقد يكون الوقود الحيوي سبباً في إعلاء قيمة الأرض الزراعية من جديد وإحداث نهضة زراعية عالمية وشاملة. إن بمقدور الوقود الحيوي وتزايد الطلب على الحاصلات الزراعية، أن يساهم في استصلاح كثير من الصحاري والأراضي القاحلة، وفي دفع عجلة الإنتاج الزراعي في أرجاء العالم والتوسع فيه أفقياً ورأسياً حيث سيؤدي انتشاره إلى خلق ملايين فرص العمل الجديدة، وزيادة ربحية المزارعين والفلاحين، كما سيؤدي إلى دعم وتنشيط صناعات كثيرة مرتبطة بالزراعة، منها صناعة الأسمدة والمبيدات الحشرية، وآليات نقل وتخزين الغلال، وتحويل البذور جينياً، وغيرها من المجالات المتعددة [2]

قام الباحث (علي علي، ٢٠١٩) [3] في جامعة طرطوس بدراسة أجريت على تراكيب مختلفة من الوقود البترولي (وقود البنزين) باستخدام محرك (CFR) حيث أظهرت النتائج أن المضافات الحيوية لها تأثير ايجابي على العدد الاوكتاني وعلى عزم المحرك وإن الزيادة في العدد الاوكتاني كانت اعلاها عند نسبة اضافة ٥% من الخلاصة الحيوية وبمقدار ٤,٧% من العدد الاوكتاني وزيادة في عزم المحرك بمقدار ٥,٨٨%.

كما قام الباحثان (علي علي؛ رنا سلمون، ٢٠١٥) [4] بدراسة إعادة تجديد الزيوت المعدنية المستهلكة باستخدام التقانة الاشعاعية كطريقة فعالة ونظيفة، يمكن من خلالها الوصول إلى منتج يحقق المواصفات اللازمة لاستخدامه كملق في المجالات المختلفة، حيث تم في هذه الدراسة معالجة الزيوت المعدنية المستهلكة حيث أظهرت النتائج التجريبية تحسناً ملحوظاً في قيم مؤشرات (اللزوجة، درجة الانصباب، درجة الوميض، رقم الحموضة، اختبارات تآكل صفيحة النحاس)، للزيوت المعدنية المختبرة. كما أن قيم المؤشرات السابقة تتحسن بازدياد نسبة الإضافة من المونومير وقيمة الجرعة الإشعاعية.

قام الباحثان (علي حضور؛ سامر ربيع، ٢٠١٨) [5] في جامعة طرطوس بدراسة بينت أهمية استخدام الطاقات المتجددة المختلفة وطاقة الكتلة الحيوية بشكل خاص من خلال دراسة وتصميم هاضم حيوي يقوم بإنتاج الغاز الحيوي للاستخدامات المنزلية والبيئية إضافة للاستفادة من هذا الهاضم في توليد الطاقة الكهربائية حيث يهدف البحث إلى التأكيد على أهمية طاقة الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء كمساهمة جديدة طاقية وبيئية. ومن شأن هذه السياسة أن تؤدي إلى تقليل الاعتماد على النفط، وبالتالي تعزيز سلسلة إمدادات الكتلة الحيوية المستدامة.

قام الباحث (Verma , 2015) [6] بدراسة تأثير الوقود الحيوي على أداء محرك الديزل وخصائص انبعاث الغازات من المحرك ، ووجد أن المشكلة الرئيسية في استخدام الزيوت النباتية كوقود للمحركات هي اللزوجة المرتفعة والتي يمكن تخفيضها بواسطة تفاعل الاسترة ، كما درس الخصائص الحرارية للوقود الحيوي كنقطة الوميض والرقم السيتاني، وقد توصل إلى أن أغلب خصائص الوقود الحيوي مماثلة لخصائص الديزل لكن المردود الحراري يقل عند

استخدام الوقود الحيوي، كما تؤدي زيادة نسبة المزج إلى حدود مرتفعة إلى انخفاض الفعالية، ولاحظ أيضاً انخفاض واضح في انبعاثات الغازات الملوثة.

قام الباحث (Ahmad Saleh Al Awad , 2019) [7,8] بإجراء التجارب لقياس الانبعاثات، ودراسة أداء محرك الديزل باستخدام أستر الجوجوبا الإيثيلي ومزجه مع وقود الإيثانول بنسب مزج مختلفة (٥% ، ١٠% ، ١٥% ، ٢٠%) حيث تم تجربة خمسة أنواع من الوقود المستخلص وتوصلت الدراسة إلى أن نسبي الخليط (٥%) و(١٠%) كانتا من أفضل النسب من حيث الأداء وانخفاض مستويات التلوث بسبب خصائصها الفيزيائية والكيميائية القريبة من وقود الديزل، كما يعد الوقود الناتج وقوداً حيوياً جيداً لمحركات الديزل بسبب تحسين العزم والاستطاعة والمردود مقارنة مع وقود الديزل.

وفي دراسة قام بها الباحث (Ramon piloto – Rodriguez, 2016) [9] حول تأثير خلط الوقود الحيوي المستخلص من الطحالب بالوقود الاحفوري في أداء وانبعاثات الغازات من المحرك من خلال إجراء اختبارات على نسب متفاوتة من المزج بين الوقود الحيوي والاحفوري حتى (B50)، وقد بينت نتائج الدراسة أن أقرب وقود إلى الوقود المعياري هو B20 حيث كان الانخفاض في استطاعة المحرك وازدياد انبعاث أكاسيد الأزوت واضحاً، وأرجع الباحث السبب في ذلك إلى الحرارة العالية في حجرة الاحتراق، وأن استخدام المستخلصات أعطى نتيجة جيدة فيما يتعلق بتخفيض انبعاث غازات (NOx)، لكنه وجد أن تكاليف الإنتاج لا تزال مرتفعة للغاية.

أهمية البحث، وأهدافه:

انطلاقاً من الاحتياجات البيئية والاقتصادية، كان لا بد من البحث عن طرق تلبي احتياجات التطور الحضاري والاقتصادي، ولتكون بديلاً عن النفط المستخرج من باطن الأرض وتكون أيضاً قابلة للتطبيق في سورية. تم إجراء البحث باستخدام الوقود الحيوي والذي هو عبارة عن زيت الجوجوبا المعالج ودراسة تأثير استخدامه ممزوجاً مع وقود الديزل على أداء محرك الديزل وتحديد النسب الأفضل لمزجه مع وقود الديزل والتي تحقق الأداء الأفضل للمحرك، حيث تؤدي محركات الديزل في حضارتنا المعاصرة دوراً هاماً في كثير من المشروعات الصناعية والزراعية، وتعتبر أكثر المحركات انتشاراً في توليد القدرة برأ وبحراً.

طرائق البحث ومواده:

نفذت التجربة في المعهد الصناعي في مدينة طرطوس خلال العام (٢٠١٩).

وتم في هذا البحث استخدام المواد والأجهزة الآتية:

١- زيت الجوجوبا المعالج _ وقود الديزل

٢- محرك احتراق داخلي نوع ديزل يتمتع بالمواصفات التالية:

✓ محرك ديزل رباعي الأشواط حيث تقع الأسطوانات على استقامة واحدة.

✓ الاستطاعة القصوى (54 kw) عند سرعة دوران (4700 rpm).

✓ حجم الإزاحة (CC) (١٩٧٤).

✓ العزم الأعظمي (132 N.M) عند سرعة دوران (3000 rpm).

الشركة المصنعة للمحرك (TOYOTA).

ويوضح الشكل (1) محرك الديزل المستخدم في البحث



الشكل (1): محرك احتراق داخلي (ديزل)

٣- جهاز تحليل غازات العادم (testo 300) حيث تم من خلاله قياس انبعاث الغازات (CO_2 , CO , O_2) وأخذ القراءات لكل نوع من أنواع الوقود المستخدمة في الدراسة .

٤- وعاء بلاستيكي لقياس استهلاك المحرك للوقود، حيث تم تدريجه لمعرفة مقدار ما يستهلكه من وقود أثناء عمله وذلك عند سرعات دوران مختلفة.

إجراء التجارب: تم تحضير عينات مختلفة من الوقود تبدأ بوقود الديزل التقليدي وتنتهي بوقود الديزل مع زيت

الجوجوبا المعالج بالخلاصة الحيوية وينسب مختلفة كما هو موضح في الجدول (1)

جدول (1) العينات المختبرة من الوقود على محرك الديزل

رقم الخلطة	أنواع المزائج التي تم اختبارها على المحرك
1	وقود ديزل عادي عند نسبة مزج ٠%
2	وقود ديزل مضاف له خلاصة حيوية بنسبة مزج ١%
3	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ٣%
4	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ٦%
5	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ١٢%
6	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ١٨%

7	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ٣% مضاف له خلاصة حيوية بنسبة ١%
8	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ٦% مضاف له خلاصة حيوية بنسبة ١%
9	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ١٢% مضاف له خلاصة حيوية بنسبة ١%
10	وقود ديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بنسبة مزج ١٨% مضاف له خلاصة حيوية بنسبة ١%

تم اختبار النسب المحضرة على المحرك عند سرعات مختلفة كما هو مبين في الجدول (٢):

جدول (٢) سرعات دوران المحرك التي تم تنفيذ الاختبارات عندها:

سرعات دوران المحرك التي تم الاختبار عندها
rpm ١٠٠٠
rpm ١٥٠٠
rpm ٢٠٠٠
rpm ٢٥٠٠

يبين الجدول (٣) تركيب الخلاصة الحيوية التي تم تحضيرها مخبرياً من أجل معالجة زيت الجوجوبا والوقود

التقليدي:

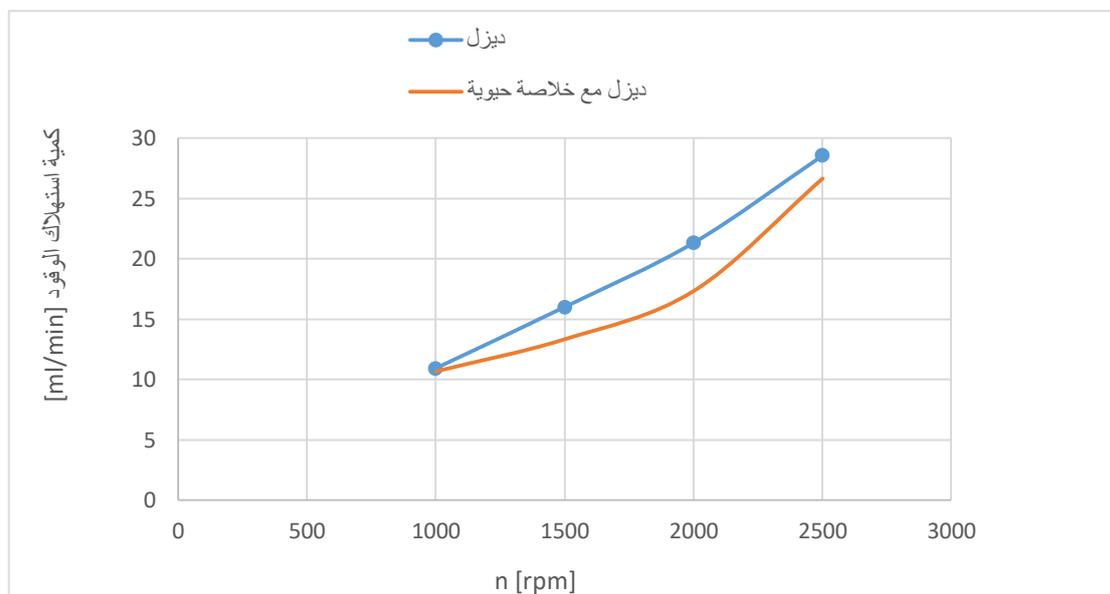
جدول (٣) تركيب الخلاصة الحيوية:

التركيب	التعداد (١ مل) / خلية
بكتريا التمثيل الضوئي	٤٠٠٠٠٠
بكتريا حمض اللاكتيك	٦٥٠٠٠٠
الخمائر	٥٠٠٠٠٠
الفطريات	٧٠٠٠٠٠

النتائج والمناقشة:

١- تأثير إضافة الخلاصة الحيوية على استهلاك المحرك للوقود:

تم حساب استهلاك المحرك للوقود بحالة استخدام وقود الديزل العادي، ووقود الديزل الذي أضيفت له خلاصة حيوية بنسبة ١%

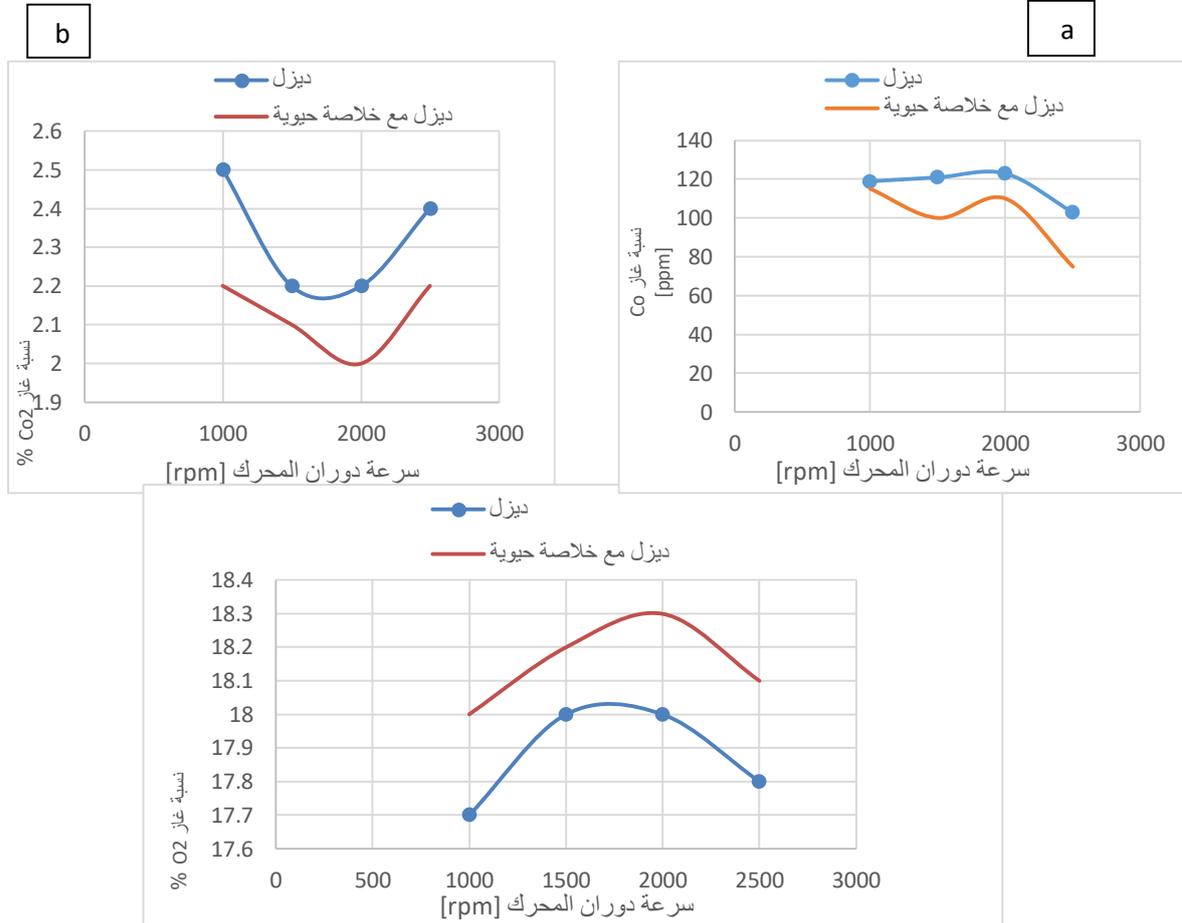


الشكل (٢): تأثير إضافة الخلاصة الحيوية على استهلاك المحرك للوقود

تبين أن وقود الديزل الذي أضيفت له الخلاصة الحيوية قد أعطى كمية استهلاك وقود أقل من حالة استخدام وقود الديزل العادي كما هو مبين في الشكل (٢)، حيث ساهمت الخلاصة الحيوية التي أضيفت للوقود في توفير كمية الوقود المستهلكة، إذ بلغت نسبة التوفير عند سرعة دوران (٢٠٠٠ rpm) بحدود ١٨% والسبب في ذلك يعود إلى جودة التريز عند إضافة الخلاصة الحيوية، التي أدت إلى تفاعلات انقسام وكسر للمركبات ذات الوزن الجزيئي الكبير وبصورة خاصة المركبات الاليفاتية والاروماتية المنفرعة، وبالتالي زيادة مساحة السطح النوعي للوقود في حجرة الاحتراق، وحدث احتراق كامل يصاحبه انخفاض في استهلاك المحرك للوقود.

٢- تأثير إضافة الخلاصة الحيوية على نسب انبعاثات الغازات:

تم قياس نسب الغازات (CO_2 , CO , O_2) عند سرعات مختلفة ونسب مزج مختلفة بواسطة جهاز تحليل غازات العادم عن طريق مجس يوضع على مخرج نهاية العادم ويقاس التراكيز بشكل أتماتيكياً (رقمياً) وذلك بحالة استخدام وقود الديزل ووقود الديزل الذي أضيفت له خلاصة حيوية وسجلت النتائج في الشكل (3):



الشكل (3): تأثير إضافة الخلاصة الحيوية على الوقود: a . في نسبة انبعاث غاز (CO) ، b . في نسبة انبعاث غاز (CO_2) ، c . في نسبة انبعاث غاز (O_2)

يبين الشكل (3-a) نسبة انبعاث غاز (CO) حيث نلاحظ أنه عند استخدام وقود الديزل كانت نسبة انبعاثه أكبر مقارنة باستخدام وقود الديزل الذي أضيفت له الخلاصة الحيوية وعند سرعات مختلفة، ويعود سبب ذلك إلى وجود المركبات الأروماتية والاليفاتية المتفرعة ذات الوزن الجزيئي الكبير والتي لها عدد سيتاني منخفض جداً وقدرتها على الاحتراق ضعيفة مما يسبب حدوث (احتراق غير كامل)، بينما يبين الشكل (3-b) نسبة انبعاث غاز (CO_2) عند سرعات دوران مختلفة، حيث نلاحظ بوضوح انخفاض نسبة غاز (CO_2) عند إضافة الخلاصة الحيوية للوقود.

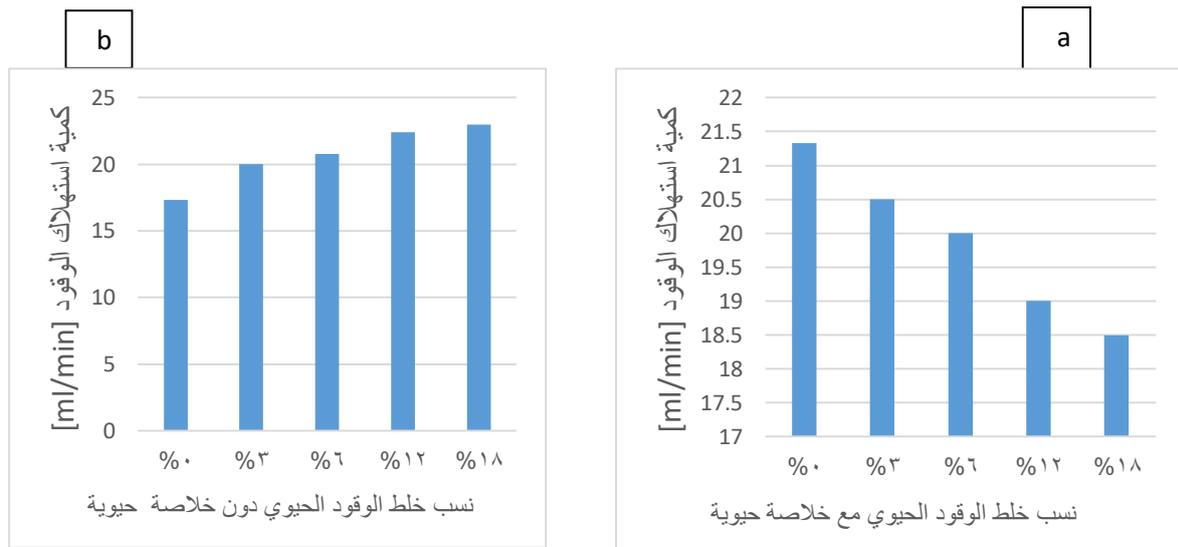
أما الشكل (3-c) يبين نسبة غاز (O_2) عند سرعات مختلفة، حيث نلاحظ أنه في حالة استخدام وقود الديزل الذي أضيفت له خلاصة حيوية يتحرر كمية أكبر من (O_2) بالمقارنة مع وقود الديزل، وذلك بسبب أن الخلاصة الحيوية استطاعت أن تنزع جميع الكبريت الموجود في وقود الديزل، ولا سيما السلفيدات والداي سلفيدات الاليفاتية والأروماتية وفق المعادلات التالية :



وبالتالي لم يعد هناك بالإمكان للأوكسجين أن يتفاعل مع الكبريت الموجود في هذه المركبات وبالتالي حصول فائض من الأوكسجين حيث بلغت نسبة الكبريت في وقود الديزل بحدود (0,79%) بينما انخفضت في وقود الديزل الذي أضيفت له الخلاصة الحيوية إلى (0,09%) [10].

٣- تأثير استخدام نسب الخلط المختلفة على استهلاك المحرك للوقود:

تم حساب استهلاك الوقود عند استخدام نسب خلط مختلفة لوقود الديزل مع زيت الجوجوبا المعالج وذلك مع إضافة الخلاصة الحيوية وبدونها وذلك عند استخدام سرعة الدوران (2000 rpm) وسجلت النتائج في الشكل (٤):

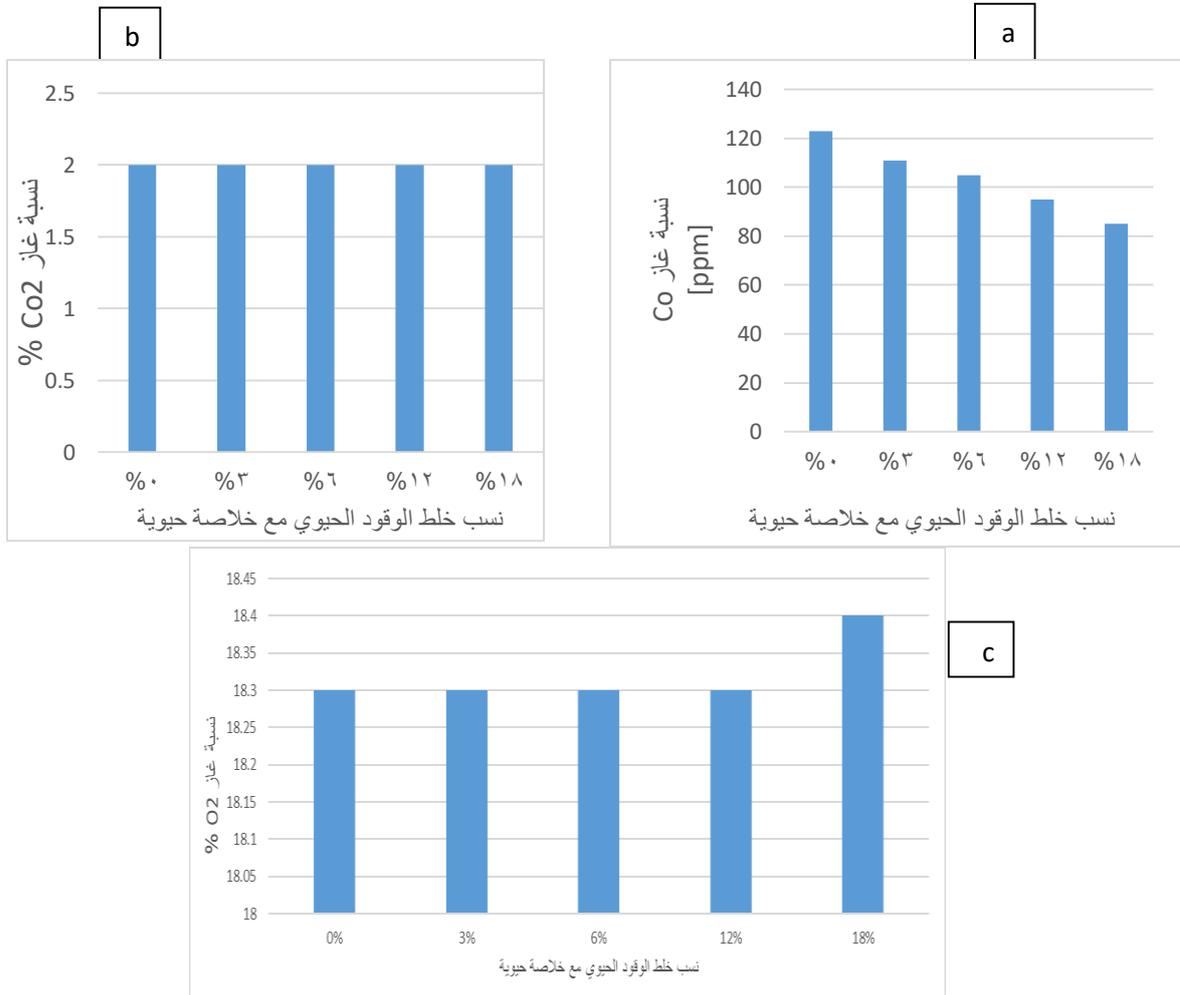


الشكل (٤): تأثير استخدام نسب الخلط المختلفة على استهلاك المحرك للوقود: a. مع إضافة الخلاصة الحيوية ، b. بدون إضافة الخلاصة الحيوية

حيث يبين الشكل (٤- a) الفرق بين استهلاك المحرك للوقود في حال إضافة زيت الجوجوبا المعالج بالخلاصة الحيوية بنسب مختلفة، حيث نلاحظ انخفاض ملحوظ في استهلاك الوقود كلما زادت نسب الخلط حيث حققت نسبة الخلط 18% أقل كمية لاستهلاك الوقود، بينما يبين الشكل (٤- b) قيم استهلاك المحرك من الوقود عند إضافة زيت الجوجوبا إلى وقود الديزل بدون معالجة بالخلاصة الحيوية حيث نلاحظ ازدياد ملحوظ في استهلاك الوقود كلما زادت نسب الخلط فكلما زادت نسبة إضافة الوقود الحيوي لوقود الديزل زاد مقدار استهلاك الوقود وهذا يرجع لمقدار الطاقة الحرارية لوقود الديزل، والتي هي أكبر من الطاقة الحرارية للوقود الحيوي، فزيادة نسبة الوقود الحيوي الى وقود الديزل تعمل على تقليل القيمة الحرارية للخليط.

٤- تأثير استخدام نسب الخلط المختلفة على انبعاثات الغازات:

تم حساب نسب انبعاثات الغازات بحالة استخدام نسب خلط مختلفة لوقود الديزل مع زيت الجوجوبا المعالج بالخلصة الحيوية وسجلت النتائج في الشكل (٥):



الشكل (٥): تأثير استخدام نسب الخلط المختلفة على انبعاثات الغازات: a . في نسبة انبعاث غاز (CO) ، b . في نسبة انبعاث غاز (CO₂) ، c . في نسبة انبعاث غاز (O₂)

حيث يبين الشكل (a-٥) نسبة انبعاث غاز (CO) عند نسب خلط مختلفة لزيت الجوجوبا المعالج بالخلصة الحيوية مع وقود الديزل حيث نلاحظ أن أعلى نسبة لانطلاق غاز (CO) تكون عند استخدام وقود الديزل، والتي تنخفض بشكل واضح عند استخدام مزائج الوقود الحيوي مع وقود الديزل وهذا يتوافق مع نتائج الباحث Verma ، (2015) [٣] ، كما يبين الشكل (b -٥) نتائج انبعاث غاز (CO₂) عند إضافة زيت الجوجوبا المعالج بالخلصة الحيوية حيث نلاحظ أنه لم يطرأ أي تغيير ملحوظ في نسب الخلط وقد أعطت جميعها نسبة ثابتة حوالي (٢%) ، حيث أن هذه الإضافات لم تبدي أي تغيير ملحوظ في أداء المحرك.

بينما يبين الشكل (c-٥) قيم غاز (O₂) المنبعثة عند إضافة زيت الجوجوبا المعالج بالخلصة الحيوية عند نسب مزج مختلفة، حيث نلاحظ أن نسبة انبعاث غاز O₂ لم تتغير وبقيت قيمتها ثابتة حتى نسبة المزج ١٢%، بينما عند نسبة المزج ١٨% أعطت أعلى كمية لطرح غاز (O₂)، وهذا يوضح أنه كلما زادت نسبة اضافة الوقود الحيوي كلما زادت

نسبة غاز (O_2) وهذا يرجع لتراكيب الوقود الحيوي الذي يحتوي على كمية (O_2) أكبر من وقود الديزل، وهذا ما يتوافق مع ما توصل إليه الباحث [1].

الاستنتاجات:

- ١- استخدام وقود الديزل التقليدي يعطي أعلى أداء للمحرك من جميع أنواع الوقود الحيوي المستخدم في الدراسة لكنه يكون أكثر تلويثاً للبيئة.
- ٢- يعد زيت الجوجوبا المعالج وقوداً حيوياً جيداً لمحركات الديزل كما يعدُّ وقود بديل ومتجدد وصديق للبيئة.
- ٣- استخدام الخلاصة الحيوية مع وقود الديزل ساهم في تخفيض استهلاك الوقود بنسبة ١٨%.
- ٤- عند عمل المحرك بمزائج الوقود الحيوي يعطي انبعاث أعلى لغاز O_2 بنسبة تتراوح 0.3% وذلك عند استخدام نسبة الخلط ١٨% مقارنة بحالة استخدام وقود الديزل .
- ٥- عند عمل المحرك بمزائج الوقود الحيوي تبين انخفاض واضح في انبعاث غازات العادم حيث كان أقل انبعاثاً لغازي (CO) بنسبة ٣٠% و (CO_2) بنسبة ٩% وذلك عند استخدام نسبة الخلط ١٨%

التوصيات:

- نوصي باستخدام مزائج الوقود الحيوي بدلا من وقود الديزل التقليدي لأجل تقليل انبعاثات غاز (CO) وغاز (CO_2) المسبب لظاهرة الاحتباس الحراري .
- نوصي باستخدام نسب مزج مختلفة أخرى وتجربتها على المحرك.

المراجع

١- المراجع العربية:

- [1]- امين، اركان؛ الخياط، فراس (٢٠١٢). تقييم ومقارنة أداء محرك ديزل وملوثاته يعمل بعدة خلائط لوقود الديزل الحيوي لزهرة الشمس وفول الصويا. قسم المكنائن والالات الزراعية، كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل، العراق
- [2]- الفياض ، موسى (٢٠٠٩). الوقود الحيوي الآفاق والمخاطر والفرص. المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي، الأردن
- [3]- علي، علي (٢٠١٩). رفع العدد الأوكتان للبنزين في محركات الإشتعال الشراري باستخدام الإضافات المحضرة بالتقانة الحيوية / النانوية كبديل عن الإضافات المستوردة. معرض الباسل للابداع والاختراع
- [4]- علي، علي؛ سلمون، رنا (٢٠١٥). تحسين معالجة خواص الزيوت المعدنية المستهلكة باستخدام أشعة غاما والمونوميرات. مجلة جامعة تشرين، المجلد (٣٧)، العدد (٢)
- [5]- خضور، علي؛ ربيع، سامر (٢٠١٨). تصميم هاضم حيوي لإنتاج غاز منزلي منخفض التكلفة. مجلة جامعة طرطوس

٢- المراجع الأجنبية:

- [6] - Verma, P., & Sharma, M. P. (2015). Performance and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 5(1), 245-250.

- [7] - Ahmad Saleh Al Awad & Mohamed Saed Al Sabek. (2019). Combustion and exhaust emissions of a direct-injection diesel engine burning jojoba ethyl ester and mixtures with ethanol, *Biofuels*, Damascus University, Syria 10(4), 545-551.
- [8] - Al Awad, A. S., Selim, M. Y., Zeibak, A. F., & Moussa, R. (2014). Jojoba ethyl ester production and properties of ethanol blends. *Fuel*, Damascus University, Syria 124, 73-75.
- [9] - Piloto-Rodríguez, R., Sánchez-Borroto, Y., Melo-Espinosa, E. A., & Verhelst, S. (2017). Assessment of diesel engine performance when fueled with biodiesel from algae and microalgae: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 833-842.
- [10]- Pi-Qiang Tan, Zhi-Yuan Hu, Di-Ming Lou, "Regulated and Unregulated Emissions from a Light-Duty Diesel Engine with Different Sulfur Content Fuels", *Fuel*, Elsevier Ltd., 88(1086–1091)2008. Journal Homepage