مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٨) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (8) 2026

دراسة بعض الاختبارات الفيزيائية لوقود الديزل الممزوج مع الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس

د. جعفر عدنان محمود *

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٦/١/١٣ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٦/٥/٤)

ملخّص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير بعض الاختبارات الفيزيائية لوقود الديزل الممزوج مع الديزل الحيوي لزيت عباد الشمس، من خلال قياس درجة الوميض ودرجة الانصباب للمزيج ومن ثم قياس درجة الأنيلين.

بينت النتائج أنه عند إضافة زيت عباد الشمس إلى وقود الديزل بنسب مزج (0,5,10,15,20,25,30%)ساهم ذلك في التأثير على بعض الخصائص الفيزيائية للوقود المستخدم، حيث تبين ثبات قيمة درجة الوميض بشكل تقريبي في المزيج، كما لوحظ ازدياد طفيف في درجة الانصباب لوقود الديزل الممزوج مع زيت عباد الشمس حيث بلغت (3 °C−) عند نسبة مزج (30%)، وتبين انخفاض نقطة الأنيلين مع ازدياد نسبة الزيت المعدّل بوقود الديزل العادي لكنها بقيت أعلى من (53 °C) حتى نسبة مزج (30%).

الكلمات المفتاحية: وقود الديزل، الديزل الحيوي، اختبارات الوقود

* مدرس في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة المكننة الزراعية، جامعة طرطوس، طرطوس–سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٨) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (8) 2026

Study of some Physical Tests of Diesel Fuel Blended with Biodiesel from Sunflower oil

Dr. Jafar Adnan Mahmoud *

(Received 13/1/2026. Accepted 4/5/2026)

□ ABSTRACT □

This research aims to study the effect of certain physical tests on diesel fuel blended with sunflower oil biodiesel. The flash point and pour point of the blend were measured, followed by the determination of the aniline point.

The results indicated that adding sunflower oil to diesel fuel at blending ratios of (0,5,10,15,20,25,30%) influenced several physical properties of the fuel, Specifically, The flash point value remained approximately stable for The mixture. A slight increase in the pour point of the diesel fuel blended with sunflower oil was observed, reaching (-3 ℃) at (30%) blending ratio. Furthermore, the results showed a decrease in the aniline point as the ratio of modified oil in regular diesel fuel increased, though it remained above (53 ℃) up to a blending ratio (30%).

Key words: Diesel fuel, biodiesel, Fuel tests.

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

1- المقدمة:

إنّ التعرف على الخواص الفيزيائية الأساسية للديزل يؤدي دوراً مهماً وأساسياً في تحديد جودته ومعرفة ظروف تشغيله وتخزينه وتخضع جميع هذه الخواص لعدة مراجع قياسية في حسابها وفق مواصفات قياسية عالمية وأشهر هذه المراجع الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) ومعهد الطاقة البريطاني (IP)، ومن أهم الخصائص الفيزيائية التي تمت دراستها في هذا البحث هي درجة الوميض، درجة الانصباب، ودرجة الأنيلين.

وتعرف درجة الوميض بأنها درجة الحرارة التي تبدأ عندها أبخرة المواد البترولية (زيوت الوقود) بتكوين خليط الاشتعال، القابل للانفجار والاحتراق بالهواء، بلهب غير مستمر، أي أنّها الدرجة التي يومض عندها بخار الوقود، عندما يمرّ فوقه اللهب.

تستخدم نقطة الوميض كمقياس لتطاير المواد البترولية، وتعطي مؤشراً على أخطار الحريق المرتبط بمسألة تخزين الوقود، إذ تقتضي القواعد الناظمة لعمليات الأمان في تخزين أنواع الوقود السائل بأن تكون نقطة الوميض أعلى من (46 °C) (Sarkar, 2015)، أما المواد القابلة للاشتعال، وهي ذات نقطة وميض أخفض من (46 °C) فتحكم مسألة تخزينها قواعد أمان خاصة بها، نظراً لاحتوائها على مواد شديدة التطاير والانفجار.

أما درجة الانصباب فهي أقل درجة حرارة ينسكب عندها المنتج النفطي قبل أن يتجمد وهي خاصة هامة جداً بالنسبة لزيوت التزليق، كما تعتبر من الخصائص الهامة لتقييم جودة المشتقات النفطية عند درجة الحرارة المنخفضة، ولمنع تجمد النفط في الأنابيب عند النقل والتخزين، وتعتمد درجة الانصباب على التركيب الكيميائي للنفط وكمية الشمع الموجود فيه حيث يحتوي النفط البارافيني والمختلط على كميات أكبر من الشمع، وبالتالي درجة انصباب مرتفعة (Hsu and Robinson, 2019).

بينما تعدّ درجة الأنيلين أدنى درجة حرارة يتم عندها مزج حجمين متساويين من الأنيلين ($C_6H_5NH_2$) والمشتق النفطي ليظهر المزيج بطور واحد متجانس تماماً.

ويعدّ هذا الاختبار هاماً جداً حيث يمكن من خلاله حساب قرينة الديزل لوقود الديزل، ومعرفة المحتوى البارافيني والأروماتي للوقود، حيث تزداد الدرجة بازدياد نسبة البارافينات، وتنخفض بازدياد المحتوى الأروماتي في الوقود (Sarkar, 2015).

يعتبر الديزل الحيوي (Biodiesel) وقوداً بديلاً وأقل تلويثاً للبيئة من وقود الديزل، ويعد أحد البدائل الهامة التي تؤدي إلى خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وقد ازداد الطلب على الوقود الحيوي الذي يتمتع بمزايا عديدة تتفوق على وقود الديزل العادي منها انخفاض تكاليف إنتاجه، بالإضافة لإمكانية إنتاجه في أي وقت من السنة، وفي أية بقعة من الأرض بسبب توافر مواده الأولية، وعدم تقييدها بأية عوامل جغرافية أو طبيعية، وهي ميزة جيدة لا تتمتع بها بقية مصادر الطاقة الأخرى المتجددة، كما يعتبر صديقاً للبيئة، حيث يخفض نسب الانبعاثات الغازية الضارة وفي الآونة الأخيرة، تم إجراء الكثير من الأبحاث حول الوقود الحيوي، وقد جذب وقود الديزل الحيوي المنتج من الزيوت غير الصالحة للأكل المزيد من الاهتمام في السنوات الأخيرة لأنه لا يستهلك مصادر للغذاء كما حدث عند إنتاج الديزل الحيوي من الجيل الأول من زيت الطعام (Keneni and Marchetti, 2017) حيث إن أوجه التشابه في تكوين الزيوت النباتية وزيوت الطبخ المستعملة والديزل البترولي هي التي تجعل الزيوت النباتية مناسبة للتحويل إلى وقود الديزل الحيوي وقد ناقش العديد من الباحثين على نطاق واسع، مزايا استخدام الزيوت النباتية كديزل حيوي خصوصاً أنها قابلة

للتجديد ومتاحة بسهولة على الرغم من وجود بعض العيوب مثل اللزوجة العالية ودرجة التطاير المنخفضة (Abdelmoez et al.,2016)

قام (Zayed Al-Hamamre et al., 2014) بدراسة الخصائص الفيزيائية لمزيج زيت الجوجوبا مع الديزل ومزيج زيت الجوجوبا مع وقود حيوي مستخرج من زيت القلي (عباد الشمس) المستعمل حيث وجد أن اللزوجة انخفضت مع زيادة نسبة كل من الوقود الحيوي والديزل في المزيج لكنها بقيت أعلى من الحد المسموح وفق (ASTM D-6751)، كما لوحظ انخفاض في القيمة الحرارية من 41 MJ/Kg إلى 39 MJ/Kg عند ازدياد نسبة الزيت الحيوي في المزيج من (0-100%) لكنها ارتفعت من (36 MJ/Kg) إلى (39 MJ/Kg) عند مزجه مع الوقود الحيوي عند النسبة ذاتها.

قام الباحث (F. Aydin, 2017) بإنتاج وقود الديزل الحيوي من بذور عباد الشمس باستخدام طريقة الأسترة التبادلية وخلط وقود الديزل مع زيت عباد الشمس الحيوي مع إضافة الإيثانول الحيوي بنسب معينة حيث تم الحصول على عدة أنواع من الوقود وقد أجريت الاختبارات لتحديد خصائص مزيج الوقود الذي تم الحصول عليه ومقارنته مع وقود الديزل العادي كاللزوجة والكثافة ومحتوى الماء ودرجة الحموضة والقيمة الحرارية ونقطة الوميض ونقطة التجمد وغيرها، وقام الباحث بدراسة أداء المحرك تجريبياً لمعرفة الأداء والانبعاثات، وأخيراً وجد أن أفضل وقود للمحركات من حيث الأداء كان عند استخدام (D100) ومن حيث الانبعاثات كان عند استخدام (B2.5M5D92.5).

قام الباحث (Singh and Bharj, 2019) بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيمائية لوقود الديزل (D) الممزوج مع الإيتانول الحيوي (E) المستخرج من نباتات من الجيل الثاني للوقود الحيوي وحمض الأوليك (AO)، وتم مقارنة الخصائص مع وقود الديزل النقي. حيث تم استخدام ثلاث نسب مزج ($E_{07}OA_{01}D_{92}$) و ($E_{13}OA_{05}D_{82}$) و ($E_{19}OA_{07}D_{74}$) ومقارنتها مع D100، وقد وجد الباحث أن الكثافة النسبية انخفضت بمقدار طفيف من (٠,٨٢٢) إلى (٠,٨٢٠) كما انخفضت اللزوجة بمقدار طفيف من (2.85 cSt) إلى (2.65 cSt) بينما انخفض كل من العدد السيتاني والقيمة الحرارية بشكل كبير من (50) إلى (35) ومن (42 Mj/Kg) إلى (31 Mj/kg) على التوالي وذلك لكل من D100 و($E_{19}OA_{07}D_{74}$) على التوالي.

قام الباحث (Hassan et al., 2024) بتحويل زيت دوار الشمس المستعمل إلى ديزل حيوي باستخدام طريقة الأسترة التبادلية، ثم تم مزجه مع وقود الديزل بثلاث نسب (10,30,50%)، وقد درست آثار استخدام هذه الخلطات على أداء محرك رباعي الأشواط كما تم دراسة تأثير انبعاثات العادم وقد أظهرت النتائج أن مزج وقود الديزل مع الديزل الحيوي أدى لانخفاض غاز (CO) بمقدار (29.6%) وكذلك انخفاض غاز (HC) بمقدار (26%) كما تبين انخفاض استهلاك الطاقة النوعية بنسبة (2.9%) كما لوحظ انخفاض شدّة الضوضاء (٢,٤%).

1-2 أهمية البحث:

نظراً لمشاكل التلوث البيئي التي ترافق استخدام الوقود الأحفوري، وانطلاقاً من الاحتياجات الاقتصادية، كان لا بدَ من البحث عن مصادر متجددة بديلة عن الوقود الأحفوري تكون قابلة للتطبيق في سورية، وصديقة للبيئة، ولهذا السبب تم دراسة استخدام الوقود الحيوي المستخرج من بذور عباد الشمس ومزجه مع وقود الديزل العادي كوقود حيوي بديل.

1-3 هدف البحث:

دراسة تأثير استخدام وقود الديزل ممزوجاً مع الديزل الحيوي على الخصائص الفيزيائية للوقود المستخدم من درجة الوميض ودرجة الانصباب ونقطة الأنيلين.

2- طرائق البحث ومواده:

2-١ تخضير الديزل الحيوي من زيت عباد الشمس:

تعدّ مرحلة استخلاص الزيت أحد أهم المراحل في إنتاج الوقود الحيوي سواء من ناحية كمية الزيت المستخرج أو جودته، ولذلك يجري البحث عن أفضل الطرائق في استخراج الزيت سواء من ناحية الأدوات والمواد المستخدمة أو بارامترات العملية بما يضمن الحصول على عائد اقتصادي مرتفع، والشرط المسبق لاستخراج الزيت هو إعداد البذور بشكل جيد من ناحية فصل القشرة بشكل كامل وإزالة الطبقات الخارجية عن البذور، وتجفيفها لتقليل نسبة الرطوبة.

وقد استخدم في هذا البحث طريقة الاستخلاص الميكانيكي، حيث تمّ عصر (10 kg) من بذور عباد الشمس بواسطة آلة خاصة لعصر البذور الموضحة في الشكل (1) على دفعات وحسب الحاجة، ليتبين أن نسبة الاستخلاص كانت بحدود (50%).



الشكل (1): آلة عصر البذور المستخدمة

2-2 إجراء الاختبارات:

درست الخصائص الفيزيائية (نقطة الوميض، نقطة الانصباب، نقطة الأنيلين) حيث تم إجراء الاختبارات في الشركة العامة لمصفاة بانياس والمحطة الحرارية وفق المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM D 975) التي تحدد البارامترات الأساسية لخصائص الديزل ومقارنتها بالقيم المعتمدة وفق المواصفات القياسية السورية كما هو موضح في الجدول (١)، وقد استخدمت أجهزة قياس مختلفة وطرائق مختلفة لقياس هذه البارامترات:

جدول (١): طرائق إجراء الاختبارات الفيزيائية

الخاصية	طريقة الاختبار	المواصفات القياسية السورية لوقود الديزل
درجة الوميض (℃)	**ASTM D-92**	**60**
درجة الانصباب (℃)	**ASTM D 97**	**-10**
درجة الأنيلين (℃)	**ASTM D-611**	**65**

وقد تم مزج وقود الديزل مع زيت عباد الشمس النقي وإجراء الخلط الميكانيكي وذلك بنسب مزج مختلفة، حيث تم تحضير عدّة عينات حجم كل منها (300 ml) وتركت هذه العينات بعد أن تم مزجها لمدة (١٤) يوماً ثم بعد ذلك درست الخصائص الفيزيائية لكلّ منها لاختيار نسبة المزج الأمثل التي تلبي المواصفات القياسية السورية.

2-3 أجهزة القياس المستخدمة:

2-3-1 جهاز قياس درجة الوميض:

تقاس درجة الوميض إما بطريقة الكأس المفتوح (Cleveland Open Cup)، أو بطريقة الكأس المغلق حيث تستخدم طريقة (Pensky-Martens Open Cup) عند درجات وميض أعلى من ($323\ K^{\circ}$)، وطريقة (Abel Closed Cup) عند درجات حرارة أقل من ($323\ K^{\circ}$)، وعادة تعطي طريقة الكأس المغلق قيمة أقل من الكأس المفتوح بحوالي ($5\ K^{\circ}$) (Sarkar, 2015).

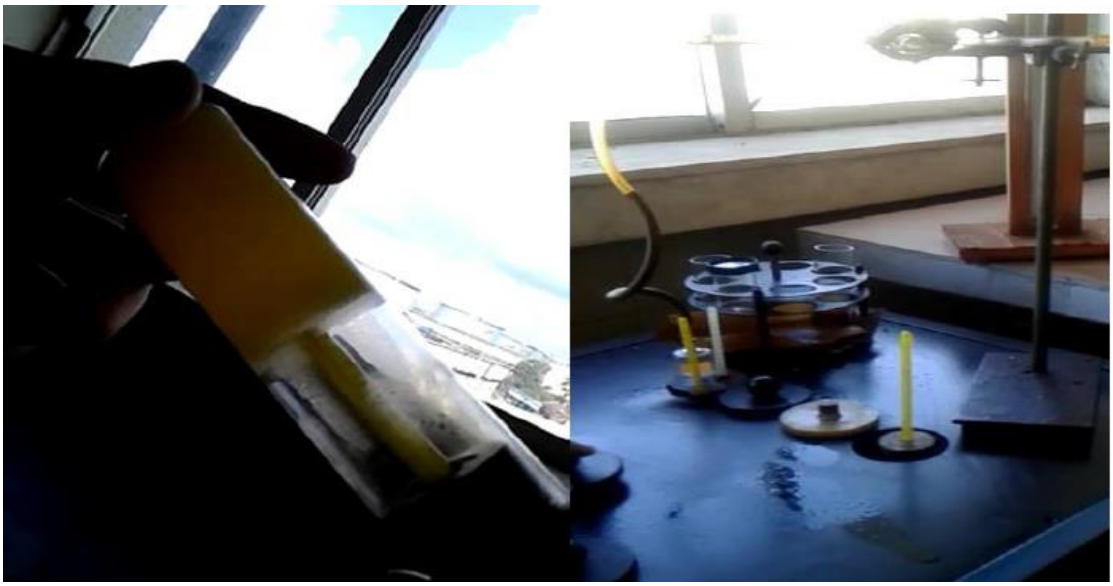
تمّ قياس درجة الوميض عن طريق مقياس الكأس المفتوح (Cleveland Open Cup) وفق المواصفات العالمية (ASTM-D92) حيث يملأ الكأس بالعينة إلى مستوى علامة محددة على الكأس ويتم التسخين من الأسفل عن طريق مصدر حراري، ثم تمرر شعلة اللهب يدوياً فوق بخار العينة على ارتفاع ثابت مع مراقبة ارتفاع درجة حرارة العينة عن طريق مقياس حرارة ويستمر إمرار الشعلة فوق البخار حتى اللحظة التي يومض بها بخار العينة، وتسجل درجة الحرارة الموافقة والتي تعبر عن درجة الوميض، ويبين الشكل (١) الجهاز المستخدم لقياس درجة الوميض:



الشكل (2): جهاز قياس درجة الوميض

2-3-2 جهاز قياس درجة الانصباب:

تم قياس نقطة الانصباب وفق المواصفة العالمية ASTM D 97، حيث يوضع (30 ml) من العينة في أنبوب زجاجي خاص يحوي مقياس حرارة ثم يوضع الأنبوب ضمن ثلاجة، ويتم إخراج العينة من الجهاز كلما نقصت درجة الحرارة ٣ درجات وإمالة الأنبوب، وفي حال كانت العينة لا تزال تتدفق يتم إعادة الأنبوب إلى الثلاجة، ويتم تسجيل درجة الحرارة التي تتوقف فيها العينة عن الانسكاب، والتي تعبر عن درجة الانصباب، وهي تلك الدرجة مطروحاً منها ٣. ويوضح الشكل (٢) جهاز القياس المستخدم.



الشكل (3): جهاز قياس درجة الانصباب

2-3-3 جهاز قياس درجة الأنيلين:

يتكون الجهاز من أنبوب اختبار مزود بغطاء يحوي على ميزان حرارة، وأداة تحريك، حيث ينظف الأنبوب بشكل جيد ثم يسحب (10 ml) من العينة و (10 ml) من الأنيلين إلى الأنبوب بواسطة ماصة يتم تثبيت الأنبوب بواسطة حامل، ثم يغمر ضمن أسطوانة يحوي غليسيرين.

يتم تسخين الأسطوانة على موقد ناري ثم يبدأ بتحريك المزيج ومراقبة هيئته مع ارتفاع درجة الحرارة، ويتم تسجيل درجة الحرارة التي تمتزج عندها العينتان بشكل تام والتي تعبر عن درجة الأنيلين، ويتم قياس الدرجة مرة ثانية أثناء التبريد، حيث يتم إزالة المصدر الحراري، فتستمر درجة الحرارة بالارتفاع حوالي (30 sec)، ثم تبدأ بالانخفاض، ويتم مراقبة هيئة المزيج مع انخفاض درجة الحرارة وتسجل الدرجة التي تبدأ العينتان بالانفصال عندها وتكون تلك درجة الأنيلين.

وغالباً ما تتطابق هاتان الدرجتان في الحالتين وفي حال وجود اختلاف يتم أخذ الدرجة عند التبريد لأن سرعة تغير درجة الحرارة تكون أقل، وبالتالي تكون القراءة أدق. ويبين الشكل (3) جهاز قياس درجة الأنيلين.

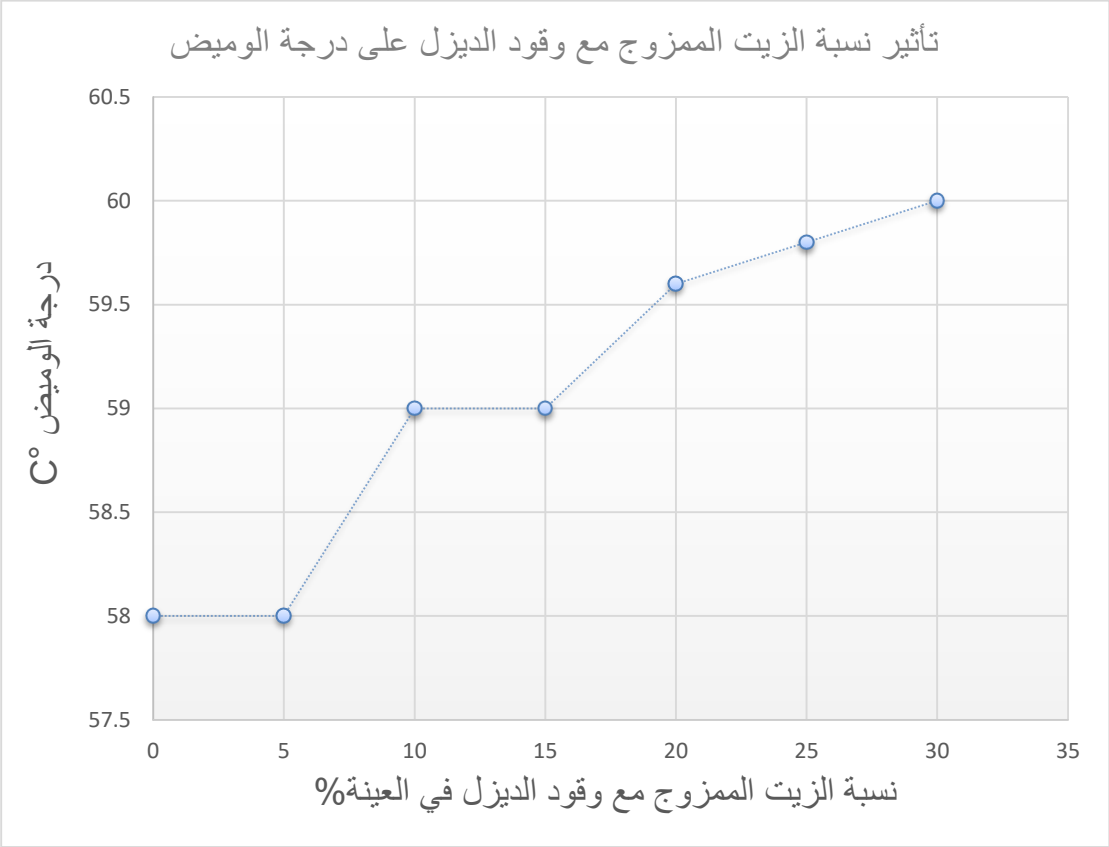


الشكل (4): جهاز قياس درجة الأنيلين

3- النتائج والمناقشة:

3-1 تأثير نسبة المزج على درجة الوميض:

تمّ دراسة تأثير درجة الوميض لوقود الديزل الممزوج مع زيت عباد الشمس ويوضح الشكل (5) العلاقة بين نسبة الزيت الممزوج مع وقود الديزل في العينة ودرجة الوميض للمزيج:

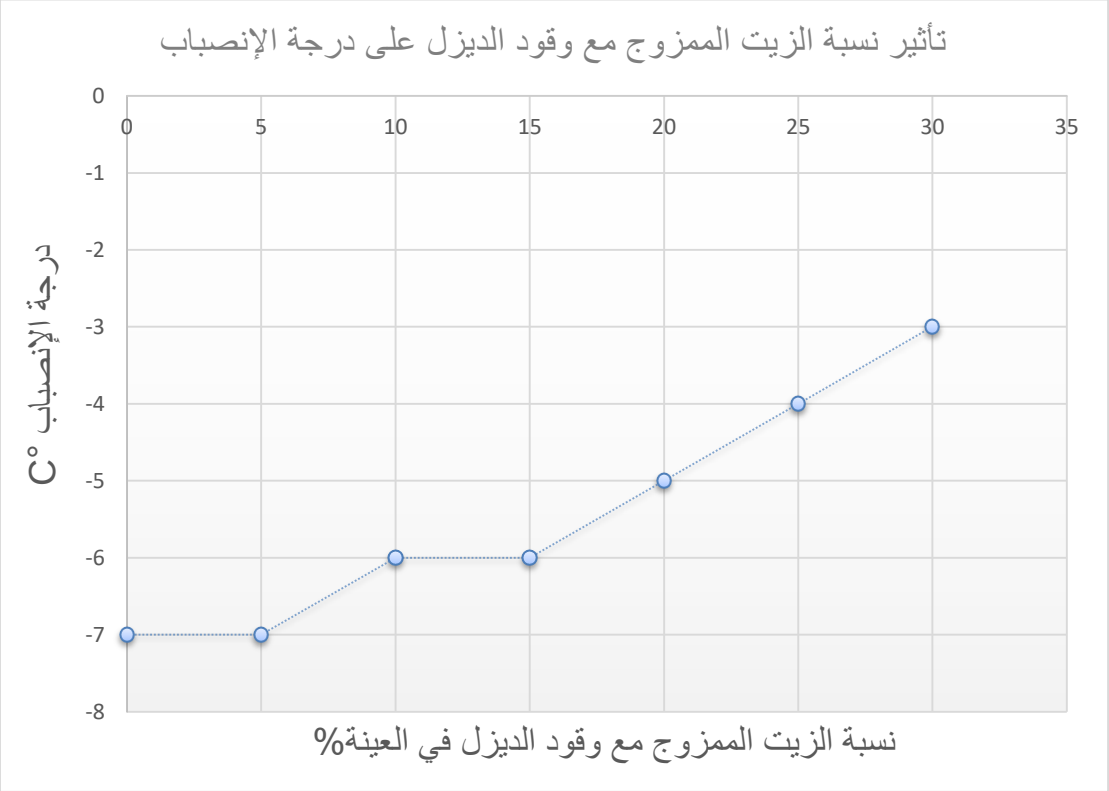


الشكل (5): تأثير نسبة الزيت الممزوج مع وقود الديزل على درجة الوميض

تبين من خلال الشكل أن درجة الوميض للمزيج المتكون من زيت عباد الشمس ووقود الديزل العادي تراوحت بين الدرجتين (58–60 °C) رغم أن درجة الوميض للزيت المعدل تبلغ (287 °C)، ويعود السبب في ذلك بأنه عند وجود مزيج من سائلين فإن قيمة درجة الوميض للمزيج تسجل حسب السائل الذي يملك درجة الوميض الأقل وهو الديزل في هذه الحالة، وهذا يتفق مع ما توصل له الباحث (Agarwal et al., 2020) من ثبات لقيمة درجة الوميض بشكل تقريبي عند إجراء المزج بين وقود الديزل وعدة أنواع من الوقود الحيوي.

3-2 تأثير نسبة المزج على درجة الانصباب:

تم قياس درجة الانصباب لوقود الديزل الممزوج مع زيت عباد الشمس ويوضح الشكل (6): تأثير إضافة الزيت المستخدم والممزوج مع وقود الديزل على درجة الانصباب للمزيج:

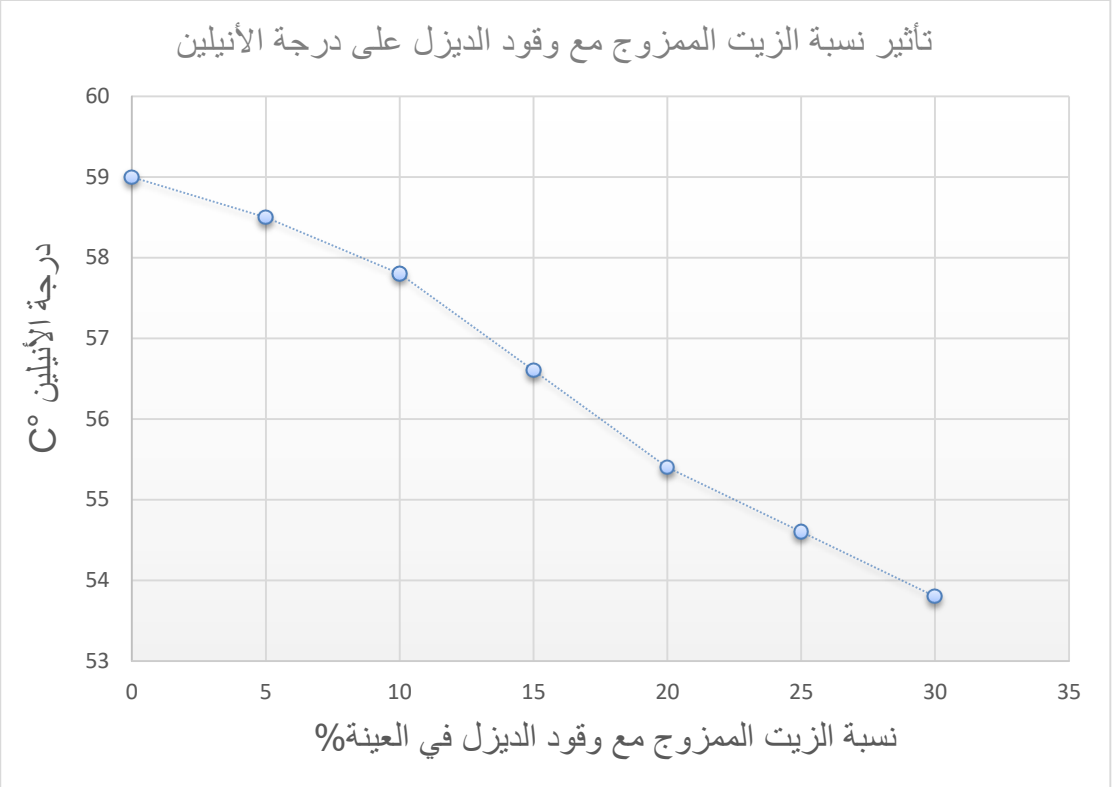


الشكل (6): تأثير نسبة الزيت الممزوج مع وقود الديزل على درجة الإنصباب

يلاحظ من خلال الشكل أنّه قد حافظت درجة الانصباب على قيمتها حتى نسبة مزج (5%)، ثم بدأت بالارتفاع بشكل طفيف حيث بلغت (−3 °C) عند نسبة مزج (30%)، ويعود السبب في ذلك بأن ازدياد نسبة البارافينيات في المزيج بنتيجة تأثير الزيت المستخدم قد أدى إلى ازدياد قيمة نقطة الانصباب، حيث أن نقطة الانصباب تتعلق بالمحتوى البارافيني وتزداد بزيادته (Oliveira et al., 2016)، وهي بشكل عام أعلى من الحدود المقبولة بسبب كون درجة انصباب العينة المدروسة أعلى من الحدود المقبولة.

3-3 تأثير إضافة نسبة المزج على درجة الأنيلين:

يوضح الشكل (7) العلاقة بين نسبة وقود الديزل الممزوج مع زيت عباد الشمس على نقطة الأنيلين للمزيج:



الشكل (7): تأثير نسبة الزيت الممزوج مع وقود الديزل على درجة الأنيلين

يلاحظ من خلال الشكل (7) انخفاض نقطة الأنيلين مع ازدياد نسبة الزيت المعدّل بوقود الديزل العادي لكنها بقيت أعلى من (53 °C) حتى نسبة مزج (30%) وبالمقارنة مع ما توصل له الباحث (Sandru and Onutu, 2019) نجد أنّ الزيت المعدّل قد حافظ على درجة أنيلين عالية حيث انخفضت في المرجع المذكور إلى حوالي [47 °C] عند نسبة مزج 20% للديزل الحيوي مع الديزل.

4-الاستنتاجات والتوصيات:

4-1- الاستنتاجات:

١. تبين ثبات لقيمة درجة الوميض بشكل تقريبي عند إجراء المزج بين وقود الديزل والوقود الحيوي من زيت عباد الشمس.

٢. ازدياد طفيف في درجة الإنصباب مع زيادة نسبة زيت عباد الشمس حتى بلغت (-3 °C) عند نسبة مزج (30%).

٣. انخفاض نقطة الأنيلين مع ازدياد نسبة الزيت المعدّل بوقود الديزل العادي لكنها بقيت أعلى من (53 °C) حتى نسبة مزج (30%).

4-2- التوصيات:

٤. إجراء الاختبارات الفيزيائية للوقود عند إضافة نسب جديدة من زيت عباد الشمس المستخدم.

٥. إجراء الاختبارات الفيزيائية للوقود عند مزجه مع أنواع مختلفة أخرى من الوقود الحيوي.

٦. دراسة أداء محرك الديزل وملوثاته باستخدام المزائج المستخدمة وتجريبها عليه.

٧. إجراء دراسة اقتصادية وبيئية للمزائج التي تم استخدامها.

5- المراجع

1- ABDELMOEZ, W., Tayeb, A. M., Mustafa, A., & Abdelhamid, M. 2016, *Green approach for biodiesel production from jojoba oil supported by process modeling and simulation*. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, *14*(1), 185-193.

2- AGARWAL, S., Kumari, S., Mudgal, A., & Khan, S. 2020, *Green synthesized nanoadditives in jojoba biodiesel-diesel blends: An improvement of engine performance and emission*. *Renewable Energy*, *147*, 1836-1844.

3- Al-HAMAMRE, Z., & Al-Salaymeh, A. 2014, *Physical properties of (jojoba oil+ biodiesel),(jojoba oil+ diesel) and (biodiesel+ diesel) blends*. *Fuel*, *123*, 175-188.

4- AYDIN, F., & Öğüt, H. 2017, *Effects of using ethanol-biodiesel-diesel fuel in single cylinder diesel engine to engine performance and emissions*. *Renewable energy*, *103*, 688-694.

5- HASSAN, Q. H., Araibi, A. S., Shather, A. H., Mohammed, M. M., & Alalwan, H. A. 2024, *The impact of utilizing waste sunflower oil as a biodiesel blend on four-stroke engine performance and emissions*. *Designs*, *8*(3), 38.

6- HSU, C. S., & Robinson, P. R. 2019, *Petroleum science and technology*. Springer.

7- KENENI, Y. G., & Marchetti, J. M. 2017, *Oil extraction from plant seeds for biodiesel production*. *Aims Energy*, *5*(2), 316-340.

8- OLIVEIRA, L. M., Nunes, R. C., Melo, I. C., Ribeiro, Y. L., Reis, L. G., Dias, J. C., ... & Lucas, E. F. 2016, *Evaluation of the correlation between wax type and structure/behavior of the pour point depressant*. *Fuel Processing Technology*, *149*, 268-274.

9- SANDRU, S., & Onutu, I. 2019, *Comparative Study of Different Blending Methods Used for Biodiesel Synthesis by Transesterification*. *REVISTA DE CHIMIE*, *70*(5), 1866-1870.

10- SARKAR, D. 2015, *Thermal Power Plant, Design And Operation, Elsevier, Radarweg* 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK .

11- SINGH, G. N., & Bharj, R. S. 2019, *Study of physical-chemical properties for 2nd generation ethanol-blended diesel fuel in India*. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *12*, 100130.

12- TAN, Y. H., Abdullah, M. O., Nolasco-Hipolito, C., Zauzi, N. S. A., & Abdullah, G. W. 2017, *Engine performance and emissions characteristics of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-bioethanol emulsions*. Energy Conversion and Management, 132, 54-64.