Conversion of Apricot Kernel Oil into Biodiesel Using Alkaline Catalysts

Dr. Baraa Siyo*

(Received 30 / 8 / 2023. Accepted 20 / 11 /2023)

□ ABSTRACT □

Biodiesel is a clean - burning alternative fuel source that can be produced from animal fats, vegetable oils, and algae oil. This research deals with the production of biodiesel from apricot seeds oil, which is a rich source of oil. The oil was extracted from apricot seeds by maceration using n-hexane as a solvent. Biodiesel was prepared by the alkaline catalyzed transesterification method, and the reaction yield reached 86.3 % at the reaction conditions: molar ratio of oil: methanol (1:6 mol/mol), the amount of catalyst (0.5 wt % of the weight of the oil), reaction temperature 65 °C over 90 minutes. the physical and chemical properties of the prepared biodiesel were studied , and they confirmed the American (ASTM) and European (EN) Standards. In addition, The combustion test of the prepared biodiesel was carried out and the results were discussed.

Keywords: Apricot seeds Oil, Transesterification, Extraction, Biodiesel

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia-Syria. E-mail: Baraa.siyo@gmail.com**

امكانية تحويل زيت بذور المشمش إلى وقود الديزل الحيوي باستخدام حفازات قلوية

د. براءة سيو*

(تاريخ الإيداع 30 / 8 / 2023. قُبِل للنشر في 20 / 11 /2023)

□ ملخّص □

وقود الديزل الحيوي هو مصدر وقود بديل نظيف الحرق، يمكن إنتاجه من الدهون الحيوانية والزيوت النباتية و زيت الطحالب. يتناول هذا البحث إنتاج الديزل الحيوي من زيت بذورالمشمش والذي يعتبر مصدر غني بالزيت. تم استخلاص الزيت من بذور المشمش بطريقة النقع باستخدام الهكسان كمذيب. حضر الديزل الحيوي بطريقة الانتقال الإستيري المحفز قلوياً و بلغ مردود التفاعل 86.3 % عند شروط التفاعل: هيدروكسيد الصوديوم (% 0.5 من وزن الزيت)، النسبة المولية لكحول الميتانول إلى الزيت mol/mol (1:6) و عند درجة الحرارة $65\ ^{o}C$ خلال زمن تفاعل 90 دقيقة. تم دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت المستخلص و الديزل الحيوي المحضر وكانت مطابقة للمواصفات القياسية الأمريكية (ASTM) والأوروبية (EN). كما تم اجراء اختبار الاحتراق للديزل الحيوي المحضر ومناقشة النتائج.

الكلمات المفتاحية: زيت بذور المشمش، الإنتقال الاستيري، الاستخلاص، وقود الديزل الحيوي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

مدرس – قسم الكيمياء –كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.Baraa.siyo@gmail.com

مقدمة:

احتياطات البترول آخذة في النضوب و أسعار النفط آخذة في الازدياد بسبب التصنيع و زيادة السكان إلى جانب هذا فإن الوقود البترولي هو المساهم الرئيسي في تلوث البيئة وذلك بإنتاج العديد من الإنبعاثات الغازية و جسيمات المواد الدقيقة التي أدت إلى الاختلال في النظام البيئي [1]. لهذا السبب ظهرت الكثير من الدراسات التي بحثت إمكانية الوصول إلى إنتاج مصادربديلة صديقة للبيئة كالطاقة المتجددة من مصادر قابلة للتحلل والتجديد لهذه المصادر يتمثل في الزيوت النباتية و الدهون الحيوانية [2]. يعتبر وقود الديزل الحيوي أحد مصادر الطاقة المتجددة و التي تمثل البديل الأكثر ملاءمة للاستخدام لتشغيل محركات الإحتراق الداخلي بدل وقود الديزل البترولي [3]. الديزل الحيوي أكثر إنتاجاً للأكسجين أثناء الإحتراق كما أنه ينتج انبعاثات أقل للغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون و الهيدروكربون و جسيمات المادة الدقيقة و تنعدام انبعاثات الكبريت منه مقارنة بالديزل الناتج عن البترول و بهذا يعمل على تخفيض ظاهرة الاحتباس الحراري الذي يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض مسببة تآكل طبقة الأوزون [4]. يستخدم الديزل الحيوي كوقود بديل في محركات الشاحنات و الحافلات و المعدات الزراعية في بعض دول العالم و هو أكثر لزوجة داخل المحرك من الديزل البترولي مما يساعد في إطالة عمر المحرك و كذلك أفضل في درجة الإشتعال [3]. يمكن استخدام الديزل الحيوي بشكله النقي أو مخلوط مع الديزل البترولي كوقود في تشغيل محركات الاحتراق التقليدية، ولا يتطلب ذلك إجراء أي تعديل على المحرك. يستخدم نظام معروف بالعامل B لتعيين كمية البيوديزل في أي مزيج وقودي فمثلاً B20 تشير إلى توليفة وقودية تشكل من 20 % بيوديزل مع 80 % ديزل بترولي. يمكن إنتاج الديزل الحيوي من زيوت الطهي المستعملة التي يتم جمعها من المطاعم و متاجر الوجبات السريعة [4] أو استخدام الزيوت النباتية الغير صالحة للأكل مثل الجاتروفا وغيرها [5]. تعتبر مخلفات الزيوت المستعملة مواد خام واعدة يمكن أسترتها بوجود الكحول و حفاز للتفاعل و لكن بسبب وجود نسبة عالية من الأحماض الدهنية الحرة يمكن أن تنتج تركيبة صابونية تخفض كمية إنتاج الديزل الحيوي مع صعوبة استرجاع الحفاز[6]. فالحصول على إنتاجية عالية من الديزل الحيوي يعتمد على جودة الزيت المستعمل و متغيرات التفاعل مثل نسبة الكحول و الحفاز و درجة الحرارة [7، 8] وبالتالي تظهرالحاجة بشكل متزايد إلى مصادر إضافية غير تقليدية لإنتاج الزيوت و الدهون لغرض الاستهلاك البشري أو في الأغراض الصناعية وغيرها.

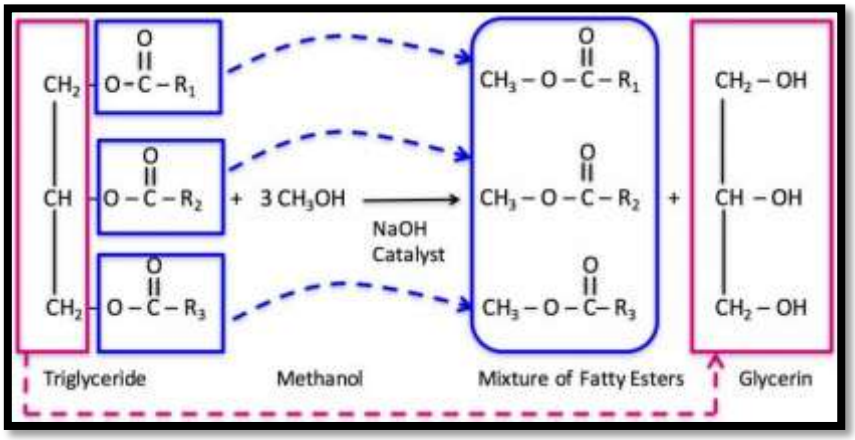
و قد ظهرت مؤخراً بعض الأبحاث العلمية التي تهتم بدراسة النباتات، كمصادر ثانوية لإنتاج الزيوت من بذورها، و خاصة التي تزرع منها كأشجار الفاكهة مثل المانجو و العنب و البطيخ و الآفوكادو و التفاح و المشمش.

الشكل 1: زيت بذور المشمش.

يعتبر المشمش واحداً من أهمها [9، 10، 11، 12، 13] .تتميز بذور المشمش بأنها تحتوي على نسبة مرتفعة من الزيت مقارنة بغيرها من البذور الأخرى و التي تستعمل لاستخراج الزيت مثل بذور القطن (% 22.19) بذور الذرة

(19.5 %) ، بذور العنب (15.97%) [14]، بذور التفاح (26.06 %)، وبذور الحبة السوداء (36.85 %). تنتشر زراعة المشمش في أغلب المحافظات السورية نظراً لملاءمة الظروف المناخية و البيئة فيها و لكونها تدخل في العديد من الصناعات الغذائية. يتصدر ريف دمشق المرتبة الأولى من حيث كمية الأشجار والمساحة ثم تأتي حمص فحلب فاللاذقية. أجريت دراسة محلية على نسب توزع الأحماض الدهنية الداخلة في تركيب بذور المشمش ذات المصدر السوري وقد دلت النتائج أن أغلب الاحماض الدهنية الداخلة في تركيب الزيت، هي أحماض دهنية غير مشبعة حيث بلغت نسبتها ما يقارب 94.18% مثل حمض الأوليئيك (بنسبة 65%) و حمض اللينوليئيك (بنسبة 28%)، بينما بلغت نسبة الأحماض المشبعة فقط بحدود 5.4% فقط كحمض البالميتيك [15] .

اعتمادا على الدراسات المرجعية، استخدمت حفازات عديدة لتسريع عملية التفاعل في تفاعل الإنتقال الأستيري منها ذات خواص حمضية و أخرى ذات خواص قلوية [15–32] والشكل 2 يوضح معادلة تحضير الديزل الحيوي.



الشكل 2: معادلة تحضير الديزل الحيوي.

أهمية البحث وأهدافه:

1– أهمية البحث: تتمثل الأهمية من الناحيتين البيئية و الاقتصادية وذلك من خلال تحقيق الاستفادة القصوى من بذور المشمش من خلال استخلاص الزيت منها وامكانية تحويله إلى وقود حيوي كأحد مصادر طاقة صديقة للبيئة بديلة عن الوقود الأحفوري.

2– أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

- ✓ استخلاص الزيت من بذور المشمش بطريقة النقع باستخدام الهكسان كمذيب.
- ✓ دراسة الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للزيت المستخلص.
- ✓ دراسة إمكانية تحويل الزيت المستخلص إلى وقود الديزل الحيوي .
- ✓ توصيف الديزل الحيوي المحضر.

طرائق البحث ومواده:

1– المواد المستخدمة: ميتانول CH_3OH بنقاوة 99.6%، هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ، و كبريتات المغنزيوم $Mg(SO_4)_2$.

2- الأجهزة المستخدمة:

- فرن تجفيف إنتاج شركة BINDER، نموذج (ED115)، مخبر النفط والغاز- كلية العلوم- جامعة تشرين
- جهاز FTIR إنتاج شركة Shimadzu ، نموذج (IR ،21-Prestige)، شركة مرفأ اللاذقية.
- جهاز الطرد المركزي (مثفلة) إنتاج شركة ANTOMED نموذج 8-AM، المعهد العالي للبحوث البيئية.
- مقياس اللزوجة - شركة مصفاة بانياس، مقياس الكثافة - شركة مصفاة بانياس، جهاز نقطة الوميض- شركة مصفاة بانياس.

3- استخلاص الزيوت النباتية: تم الحصول على ثمار المشمش و المعروفة باللاتينية Prunus armeniaca من الأسواق السورية المحلية . ثم فصلت البذور عن الثمار و غسلت بعد ذلك و جففت في الهواء (في المختبر) لمدة أسبوع، ثم كسرت يدوياً وسحقت بواسطة طاحونة و عبئت في أكياس نايلون وحفظت في درجة حرارة 10 درجة مئوية لحين استخلاص الزيت. تم استخلاص زيت بذور المشمش عن طريق نقع البذور في الهكسان على البارد (نسبة صلب/ سائل 7:1) لمدة 24 ساعة مع الرج عدة مرات على فترات ثم الترشيح . بعد ذلك تم استرجاع المذيب بواسطة المبخر الدوار للحصول على الزيت الخام. وحسب مردود الزيت المستخلص من العلاقة الآتية:

$$\textbf{Yield of Oil}\ (\%) = \frac{\textbf{Grams of Extracted Oil}}{\textbf{Grams of dried apricot kernel seeds}} * \textbf{100}$$

4- تحضير الديزل الحيوي (FAME): تم تحضير الديزل الحيوي بطريقة الانتقال الإستيري انطلاقاً من زيت المشمش المستخلص . وضعت كمية مناسبة من الزيت المستخلص في دورق ثلاثي العنق سعة 250 مل مزود بمكثف وترك على حمام مائي للوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة للتفاعل 65 درجة مئوية ، وفي الوقت نفسه تم إذابه الحفاز القلوي في الكحول (الميتانول) ثم أضيف المزيج إلى دورق التفاعل. مع متابعة التسخين و التحريك المستمر باستعمال محرك مغناطيسي Magnetic Stirrer لمدة ساعة من الزمن وبعد ذلك تم نقل المزيج إلى قمع الفصل و ترك لمدة 24 ساعة ، بعد ذلك لوحظ تكون طبقتين : الطبقة العليا تمثل طبقة الميتيل استر Methyl ester (الوقود الحيوي) والطبقة السفلى تمثل الغليسرول Glycerol كما في الشكل 3.

الشكل 3: طبقتي الديزل الحيوي و الغلسرين في قمع الفصل

تم فصل طبقة الميتيل استر والتي تمثل وقود الديزل الحيوي ووضعت في جهاز المبخر الدوار Rotary evaporator لاسترجاع الميتانول غير المتفاعل ، بعد ذلك تم غسلها بالماء المقطر الدافئ لعدة مرات للتخلص من آثار الحفاز. في

النهاية ينقى ميتيل الاستر ويجفف باستعمال كبريتات المغنزيوم أو كلوريد الكالسيوم و يرشح ويحفظ كما في الشكل 4. تم حساب المردود وفق العلاقة الآتية :

$$\textbf{Yield of Biodiesel}(\%) = \frac{\textbf{Grams of biodiesel Produced}}{\textbf{Grams of used Oil}} * \textbf{100}$$

الشكل4:الديزل الحيوي المحضر.

5- المواصفات والطرائق المستخدمة لتوصيف الزيت المستخلص:

تم توصيف الزيت المستخلص بدراسة الخصائص الكيميائية و الفيزيائية موضحة على النحو الآتي:

- **قرينة الحموضة:** تعرف قرينة الحموضة بأنها عدد الميلي غرامات من هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتعديل الحموضة الحرة الموجودة في غرام واحد من المادة الدسمة. **خطوات العمل** : أخذنا 1 غ من زيت بذور المشمش المستخلص وحُلَّ في 15 مل من مزيج ايتانول – ايترايتيلي (1:1). أضيف 10. مل من محلول فينول فتالئين ومن تمت معايرة المزيج بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم في الإيتانول(N 0.1) حتى ظهور اللون الوردي الضعيف وثباته. وحسبت قرينة الحموضة من العلاقة الآتية:

$$\textbf{\textit{Acid Numer}}(\textbf{AN}) = \frac{\textbf{N} * \textbf{V} * \textbf{56.1}}{\textbf{Weight of used Oil}}$$

حيث V : حجم هيدروكسيد البوتاسيوم المستهلك في المعايرة مقدرة ب مل

N : تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم

W : وزن العينة مقدرة بالغرام.

أما نسبة الحموضة الحرة فتم حسباها وفق العلاقة الآتية:

$$\textbf{Free Fatty Acid (FFA\%) as Oleic acid} = \frac{\textbf{N} * \textbf{V} * \textbf{28.2}}{\textbf{Weight of used Oil}}$$

حيث V : حجم هيدروكسيد البوتاسيوم المستهلك في المعايرة مقدرة ب مل

N : تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم

W : وزن العينة مقدرة بالغرام.

- **قرينة التصبن** : تعرف قرينة التصبن بعدد الميلي غرامات من البوتاس الكحولي اللازم لتصبن 1غ من الزيت (أو المادة الدسمة). وهي تعبر عن متوسط الوزن الجزيئي للأحماض الدسمة الموجودة في المادة الدسمة.

خطوات العمل: أخذنا بدقة 0.5 غ من الزيت المستخلص ووضع في حوجلة سعتها 250 مل و أضيف اليها 25 مل من KOH الكحولي 0.1N، سدت الحوجلة بسدادة مجهزة بمبرد هوائي، سخن المحتوى في حمام مائي لمدة 30 الى

60 دقيقة مع التحريك من فترة إلى أخرى أي لإتمام عملية التصبن. في النهاية تم الحصول على محلول متجانس وشفاف دون قطرات دهنية، بعدها أجريت معايرة الزائد من KOH بمحلول حمض كلور الماء 0.1N بوجود المشعر الفينول فتالئين حتى أصبح المحلول عديم اللون (شفاف). **التجربة الشاهد** : في نفس الوقت تجربة شاهدة بنفس الطريقة و في نفس الظروف لكن في غياب المادة المدروسة. وتم حساب قرينة التصبن من العلاقة الآتية

$$\boldsymbol{Saponification\ Number\ (SN) = \frac{N * (V - V1) * 56.1}{Weight\ of\ used\ Oil}}$$

– **الكثافة:** تعرف الكثافة المطلقة (Density) بأنها كتلة وحدة الحجوم لمادة معينة عند درجة حرارة معينة وواحدتها cm/g^3 وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$V/m = d$$

أما الكثافة النوعية (Specific Density) فهي حاصل قسمة الكثافة المطلقة للمادة على كثافة الماء عند درجة الحرارة نفسها (وليست لها واحدة). تم قياس الكثافة من خلال البيكنومتر وفق الخطوات الآتية:

1. نزن البيكنومتر وهو نظيف وجاف تماما ونسجل الوزن مع السدادة m_1.
2. نملأ البكنومتر بالسائل المراد حساب كثافته حتى الفوهة تماماً بحيث عند وضع السدادة سيخرج السائل من الانبوب (الثقب الشعري) ونسجل وزن البيكنومتر مع السائل m_2 .
3. نحسب وزن السائل m وذلك بطرح الوزنين السابقين $m = m_2 - m_1$.
4. ولحساب الكثافة يجب معرفة حجم السائل الذي كتلته m ، والبيكنومتر له حجم ثابت (مكتوب عليه) وبما أن السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه بالتالي يكون حجم السائل هو حجم البيكنومتر V.
5. بعد معرفة كتلة السائل وحجم السائل نطبق قانون الكثافة المطلقة $V/m = d$

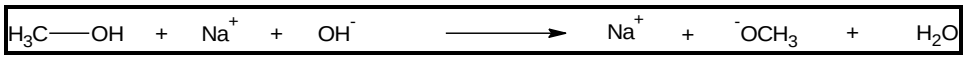
النتائج و المناقشة:

استعمل في تحضير وقود الديزل الحيوي في دراستنا هذه بذور المشمش ، وذلك لاحتوائه على كميات مناسبة من الزيوت ، وكذلك لتوفرهذا النبات في محافظة اللاذقية بشكل جيد، تم استخلاص الزيت من بذور المشمش بطريقة النقع باستخدام مذيب الهكسان وذلك باتباع الخطوات التي ذكرت بالفقرة (استخلاص الزيوت النباتية) ، تم اعتماد طريقة النقع في هذه الدراسة لأنها طريقة بسيطة تقليدية غير معقدة و تطبيقية مقارنة بطرق الاستخلاص الأخرى كالمايكرويف والأمواج الفوق صوتية و السوكسيليه . بعد ذلك حسبت نسبة الزيت المستخلص و بلغت نسبة 31.5 % ، كما حددت بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لمعرفة مدى ملاءمته للاستعمال كمادة أولية في تحضير وقود الديزل الحيوي.

1- تفاعل تحضير الديزل الحيوي باستخدام حفازات قلوية (هيدروكسيد الصوديوم)

يؤدي وجود الحفاز إلى زيادة معدل سرعة التفاعل وبالتالي زيادة مردود المنتج. تم في هذا البحث استخدام هيدروكسيد الصوديوم كمحفز قلوي عند شروط التفاعل: هيدروكسيد الصوديوم (% 0.5 من وزن الزيت)، النسبة المولية لكحول الميتانول إلى الزيت mol/mol (1:6) و عند درجة الحرارة ^oC 65 خلال زمن تفاعل 90 دقيقة. وقد سجلت النتائج 86.3 % مردود للديزل الحيوي . استناداً إلى الدراسات السابقة قام ايفانول و آخرون [33] بتحويل زيت بذور المشمش إلى ديزل حيوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم كمحفز (% 0.5 من وزن الزيت)، و قد توصلوا أيضاً إلى أن الزيادة في كمية المحفز تؤدي إلى تكوين الصابون و انخفاض إنتاج وقود الديزل الحيوي. يتم تقليل الصابون

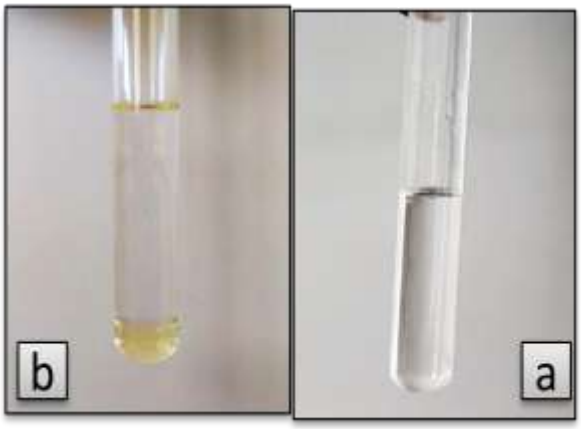
(المنتج الثانوي) باستخدام المناخل الجزيئية بينما يتم زيادة نسبة استر الميتيل .علاوة على ذلك فإن هيدروكسيد الصوديوم ذو طبيعة استرطابية و عندما يتفاعل مع الكحول يسبب تكوين الماء[34 –37].



الشكل 5: معادلة تفاعل هيدروكسيد الصوديوم و الميتانول.

في بحثنا الحالي، تمت إزالة هذه المياه باستخدام المناخل الجزيئية [38] اعتمدت دراسات سابقة على إنتاج وقود الديزل الحيوي من زيت بذور المشمش السيبري[41–39] (Siberian Apricot, Prunus Sibirica L) وقد تم جمع الحبوب من بالستان. ووفقاً لتقريرها تم الحصول على مرود 93 % ، بينما في هذا البحث تم أخذ زيت بذور المشمش من الأسواق السورية المحلية و قمنا بنفس الدراسات فوجدنا أن إنتاج وقود الديزل الحيوي كان 86.3 %. وبالتالي تغير مصدر الزيت يؤدي إلى تغيرفي التركيب الكيميائي للزيت و يؤثر على مردود التفاعل.

2- نتائج إختبار27/3 الميثانول: اعتماداً على دراساتنا السابقة [*42– 43*] فقد اعتمدت طريقة اختبار 27/3 ميتانول كطريقة سريعة وفعالة لمعرفة مدى تحول الغليسريدات الثلاثية إلى ديزل حيوي وتم التأكد منها باستخدام تقنيات تحليلية كطيف الأشعة تحت الحمراء و تقنية كروموتوغرافيا الغازية *GC* تم إجراء هذا الاختبار بأخذ *1ml* من العينة و *9ml* من الميثانول لكلاً من عينة الزيت وعينة الديزل الحيوي المحضر، يوضح الشكل (6) أن عينة الزيت تشكل طبقتين، الطبقة السفلى للزيت والطبقة الأعلى للميثانول أما في عينة الديزل الحيوي المحضر الشكل (6) نلاحظ ذوبان الديزل الحيوي مع الميثانول وهذا دليل على تحول الغليسريدات الثلاثية الى ديزل حيوي.



الشكل 6: عينة الزيت مع الميثانول (a) عينة الديزل الحيوي المحضر مع الميثانول (b)

3- توصيف زيت بذور المشمش المستخلص.

قرينة الحموضة: إن رقم الحموضة لزيت بذور المشمش هي بحدود 0.81 كما بلغت نسبة الحموضة الحرة محسوبة كحمض الأوليئيك 0.44 % (الجدول 1)، ويلاحظ أن هذه الأرقام المذكورة متقاربة مع الأرقام التي ذكرت في الدراسة المحلية التي أجريت على الزيت المستخلص من بذور المشمش السوري [15] . و الجدير ذكره بأن رقم الحموضة يشير إلى مدى تحلل الغليسريدات ضمن الزيت و بالتالي كمية الأحماض الدهنية الحرة في وسط الزيت. وبالتالي فإنه يعتبر مؤشراً على حدوث التزنج المائي في الزيوت عموماً و يتوقف الرقم السابق ذكره على ظروف التخزين للزيت و على مجمل العوامل التي تنشط أو تثبط عمل أنزيمات الليبيز، وبالتالي تولد ظاهرة التزنخ المائي Rancidity .

قرينة التصبن : نلاحظ من الجدول (1) بأن متوسط رقم التصبن (**mg of KOH/g of oil** 193.4) و هي قريبة من رقم التصبن الذي ذكرت في الدراسة المرجعية [15] .

الكثافة النوعية: دلت النتائج المبينة في الجدول (1) أن الكثافة النوعية لزيت بذور المشمش تعدل **g/cm^3** 0.91 وهي قريبة مع تلك التي ذكرت في الدراسات السابقة [12]

وعليه ، أظهرت هذه الخصائص لزيت بذور المشمش أنه يمكن استخدامه بنجاح لإنتاج وقود الديزل الحيوي.

الجدول1: بعض الخواص الفيزيائية و الكيميائية لزيت بذور المشمش المستخلص.

قرينة الحموضة Acid value (mg KOH/gm oil)	0.81
الحموضة الحرة Free Fatty acid content (% FFAs as Oleic acid)	0.44
قرينة التصبن Saponification number (mg of KOH/g of oil)	193.4
الكثافة النوعية Specific gravity at 25 °C(g/cm^3)	0.91

تم قياس معظم الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للديزل الحيوي المحضر ومقارنتها مع مواصفات القياسية الأمريكية (ASTM)، الأوروبية (EN) ومنها: الكثافة و الوزن النوعي Density and Specific Gravity ، اللزوجة الحركية Kinematic Viscosity، مقياس الكثافة حسب معهد النفط الأمريكي API gravity، نقطة الوميض Flash Point، درجة الإنسكاب Pour Point ، نقطة الأنيلين Anline Point، معامل الديزل Diesel Index ، رقم السيتان Cetane Number، محتوى الماء Water Content% ، قرينة الحموضة Acid Index

الجدول 2: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للديزل الحيوي المحضر بالمقارنة مع(EN) و(ASTM

الخصائص الفيزيائية والكيميائية	الديزل الحيوي المحضر	الديزل البترولي Petro-diesel	الديزل الحيوي Biodiesel	الديزل الحيوي Biodiesel
		ASTM D975	ASTM D6751	EN 14214
الكثافة(g/ Cm^3)، 15.5 °C	0.875	0.82-0.86	0.875-0.90	0.86-0.90
اللزوجة الحركية، 40°C	5.7	1.9- 4.5	1.9- 6.0	3.5- 5.0
الوزن النوعي، 15.5 °C	0.887	0.850	0.88	.....
API gravity	28.02	34.97	29.2	.....
نقطة الأنيلين (°C)	87	69	.....	.....
معامل الديزل	51.67	51	.....	.....
رقم السيتان	47.4	46	47mini.	51mini.

قرينة الحموضة mg KOH/g	0.62	……	< 0.8	< 0.5
نقطة الوميض (^oC)	186	60–80	130mini.	101mini.
درجة الإنسكاب (^oC)	−2	−35 to −15	−15 to −16	……

دلت النتائج الموضحة في الجدول(2) أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للديزل الحيوي المحضر في هذا البحث كانت مطابقة للمواصفات المثبتة عالمياً[39،38]

4- اختبار الحرق: تم اجراء اختبار الحرق بأخذ 10 مل من وقود الديزل الحيوي حيث استهلك 2 مل من الوقود أثناء الحرق في غضون 30 دقيقة و لم يلاحظ ظهور دخان أو رائحة كريهة نتيجة الحرق وبالتالي يمكن عده وقوداً نظيفاً للحرق.

الشكل 7: اختبار الحرق للديزل الحيوي المحضر.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- ✓ امكانية استخلاص الزيت من بذور المشمش بطريقة تقليدية سهلة قليلة التكلفة.
- ✓ إمكانية تحويل زيت بذور المشمش إلى وقود الديزل الحيوي البديل
- ✓ إن مردود الديزل الحيوي بلغ 86.3 % عند شروط التفاعل [كمية الحفاز (0.5 % من وزن الزيت)، النسبة المولية للميتانول إلى الزيت (1:6 mol/mol)، زمن التفاعل قدره 90 دقيقة وعند درجة حرارة التفاعل **65°C**].

التوصيات:

- دراسة الشروط المثلى لاستخلاص زيت بذور المشمش
- العمل على ايجاد حفازات محلية غير مكلفة لتحويل زيت بذور المشمش إلى وقود الديزل الحيوي بمردود عال.

References:

[1] Mohammed, L. J., Richard, J. B., Wiljitha, S., Ian, M. O. H., and Zoran, D. R., The use of artificial neural networks for identifying sustainable biodiesel feedstocks Energies, 2013, 6,3764–806.

[2] Muthusamy, B., Subramaniapillai, N.,*Banana peduncle – A green and renewable heterogeneous base catalyst for biodiesel production from Ceiba pentandra oil*. Renewable Energy, 2020,146, 2255–2269.

[3] Abdallah, S., Elgharbawy, Sadik, W . A., Olfat, M. S., Mosaad, A. K., A Review on Biodiesel Feedstocks and Production Technologies, Journal of the Chilean Chemical Society, 2021, 6, 12-27.

[4] Vonorate , A., Papayannakos, N., Comparative Analysis of biodiesel Versus Green Diesel, Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment,2014, 3, 3 -23.

[5] Kibazohi, O., Sangwan, R. S., *Vegetable oil production potential from Jatropha curcas, Croton megalocarpus, Aleurites moluccana Moringa oleifera and Pachira glabra:* assessment of renewable energy resources for bio-energy production in Africa. Biomass Bioenergy , 2011, 35,1352–1356.

[6] Yuanhao, Z., Yan, H., *Converting waste cooking oil to biodiesel in China*: Environmental impacts and economic feasibility. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, 140, 1016-1020.

[7] Sang, H. P., Neelam, K., Seungin, L., Kathryn, Y., Matthew, D. R., Lennox, H., Whitney, H., Syed, H., Marlyne, S., Evan, S., Anirudh, V. and David, P. P., Biodiesel Production From Locally Sourced Restaurant Waste Cooking Oil and Grease Synthesis, Characterization, and Performance Evolution, American Chemical Society, 2019, 4, 7775 - 7754.

[8] Pak, J. B., Muhammad, W. M., Ahmad, A., Zahed, M., Biodiesel Production Using Eruca Sativa Oil: Optimization and Characterization, Pakisatan Journal of Botany, 2012, 1111-44,1120.

[9] Nisa, B., Ullah, Fazal, et al, Biodiesel Production using Wild Apricot (Prunus Aitchisomii) Seed Oil via Heterogeneous Catalysts, Molecules, 2022,7 ،4752.

[10] Azcan, N., Demirel, E., Extraction Parameters and Analysis of Apricot Kernel Oil, Asian Jouranl of Chemistry, 2012, 24,, 1499-1509.

[11] Hao, Y., Wang, Jingwen, Qi, Lin, Qiu, Yilong, Liu, Hui, Zhang, Yongqiang and Wang, Ximing, A Comparative Study of Apricot Kernel Oil Yield Using Different Extraction Methods, Bioresources, 2022, 17, 5146- 5163.

[12] Ullah, Faizan, Nosheen, Asia, Ishtlaq, Hussain and Bano, Asghari, Base Catalyzed Transesterification of wild apricot kernel oil for biodiesel production, African Journal of Biotechnology, 8, 3289 - 3293, 2008

[13] Taha, O.,M.M., Tawfiq, K., S., Jarullah, S., M., Preparation of biodiesel fuel from Uritica dioica seeds oil and study different properties, Journal of Education ND Science , 28, 2019, 33 - 47.

[14] Salunkhe, D. K. Chavan, J. K. A dusle, R. N. and Kadam , S. S. World Oil Seeds, Chemistry, Technology, and Utilization, Published by Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1992, 543.

[15] Ramez Mohammad, A Chemical Study of Apricot and loquat Seeds, Tishreen University Journal of Research and Scientific studied- Basic Science Series, 2010, 32, 71-83

[16] Mufsir, K., Mohammed, Siddiqui, R. H.,Production of biodiesel from waste cooking oil using ZnCuO/N-doped graphene nanocomposite as an efficient heterogeneous catalyst. Arabian Journal of Chemistry, 2021, 14, 102982.

[17] Wenle, X., Haitao, L., *Alumina-supported potassium iodide as a heterogeneous catalyst for biodiesel production from soybean oil*. Molecular Catalysis, 2006, 1,1–9.
[18] Herliana, I., Simanjuntak, W., Pandiangan, K. D., *Transesterification of coconut oil (Cocos nucifera L.) into biodiesel using zeolite-A catalyst based on rice husk silica and aluminum foil*. In: Journal of Physics: Conference Series, 2021, 10,1742-1749.
[19] Kalyani, R., Lalthazuala, R., A sustainable protocol for production of biodiesel by transesterification of soybean oil using banana trunk ash as a heterogeneous catalyst, Biomass Conversion and Biorefinery, 2020, 10, 839-848.
[20] Kaniz, F., Mohammad, R. U., Sukanata, K. M., Maksudur, R., Preparation of Biodiesel using Sulfuric Acid as a Catalysts, Intternational Conference on Engineering Research, Innovation and Education, 2013, 10, 1141-1155.
[21] Marimuthu, P., Marimuthu, M., Prabu, K., Kalaivani, P. R., Nagappan, R., and Thirumalais, W. R., Synthesis of Biodiesel using the Mg/Al/Zn Hydrotalicte/ SBA- 15 Nanocomposite Catalyst, 2019, 4, 3500-3507.
[22] Yie, H. T., Mohammad, O. A., Cirilo, N. H., Yun, H. T., Waste Ostrich and Chicken-Eggshells as Heterogeneous Base Catalyst for Biodiesel Production from Used Cooking Oil, Catalyst Characterization and Biodiesel Yield Performance. Applied Energy, 2015, 160, 58−70.
[23] Sanjay, B., Biswajit, N., and Pranjal, K., Application of agro-waste derived material as heterogenous base catalysts for biodiesel synthesis, Journal of Renewable and sustainable Energy, 2018, 10, 5135-3197
[24] Subramania, P. N., Meera, S. B., Anantharaman, N., *Preparation of Biodiesel from Waste Frying Oil Using a Green and Renewable Solid Catalyst Derived from Egg Shell*, Environmental Progress & Sustainable Energy, 2015, 34, 248-254.
[25] Eriola, B., Aramide, M. A., Tunde, V. O., Banana peels as a biobase catalyst for fatty acid methyl esters production using Napoleon's plume (Bauhinia monandra) seed oil: A process parameters optimization study, Energy, 2016, 103, 797-806.
[26] Ismail, J. M., Yusufu, A. C. J., Thomas Kivevele, Fast rate production of biodiesel from Neem seed oil using a catalyst made from banana peel ash loaded with metal oxide (Li-CaO/$Fe_2(SO_4)_3$), Advances in Materials Science and Engineering, 2020, 1,1 -11
[27] Johann, F. O., Susana, R. C., Banana Skin, A Novel Waste for Laccase Production by Trametes Pubesccus under Solid State Condition. Application to Synthetic Dye Decolouration, Dyes and Pigments, 2007, 75, 32 -43.
[28] Marita, L. G., Mannel, E. S., Experimental Evidences for a new Model in the description of the Adsorption - Coupled Reduction of Cr (VI) by Protonated Banana Skin, Bioresource Technology 2013, 139, 181 - 189.
[29] Wuttichai, R., Theeranun, S., Yoosuk, B., Promarak, V., *Biodiesel production from palm oil using hydrated lime-derived CaO as a low-cost basic heterogeneous catalyst*. Energy Conversion and Management, 2016, 108, 459-467.
[30] Xing, X. Y., Gui, R. B., *Catalytic transesterification to biodiesel at room temperature over several solid bases.* Energy Conversion and Management, 2018, 164, 112-121.
[31] Saima, N., Arif, N., *Eco-benign approach to produce biodiesel from neem oil using heterogeneous nano-catalysts and process optimization.* Environmental Technology & Innovation, 2021, 22, 101-110.
[32] Feviz, Y., *Biodiesel production via waste eggshell as a low-cost heterogeneous catalyst: Its effects on some critical fuel properties and comparison with CaO*. Fuel, 2019, 255, 115-128.

[33] Ivanoiu, A., Peter, S. F., Rusnac, L. M., Ungurean, M. Comparative Study on Biodiesel Synthesis from different Vegetable Oils, Chem. Bull. " Polithnica " univ (Timisoara) 2012, 56, 70, 2.
[34] Kang, X., Guo, X., You, H., Biodiesel development in the global scene. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy 2014, 10, 155- 161.
[35] Ozcanli, M., Gungor, C., Aydin, K., Biodiesel fuel specification: A Review. Energy Source, Part B: Economics, Planning and Policy 2014, 10, 155-16.
[36] Sales, A., MSc thesis, Royal institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden 2011.
[37] Shu, Q., Gao, J., Nawaz, Z, Lioa, Y., Wang, D. W., Wang, J., Synthesis of vegetable Oil from Waste Vegetable Oil with Large amount of free fatty acid using a carbon - based solid acid catalyst. Applied Energy 2010, 87, 2589 - 2596.
[38] Tompson, J., E. Biodiesel Synthesis 2006.
[39] Ullah, F., Nosheen, A., Hussain, I. Bano, A base catalyzed Transesterfication of wild apricot kernel oil for biodiesel production. African Journal of Biotechnology 2009, 8, 14, 3309 - 3313.
[40] Wang, L., Evalution of Siberian apricot (Prunus Sibirica L) germplasm variability for biodiesel Properties. Journal of the American Oil Chemists , Society 2012, 89, 9, 1743 - 1747.
[41] Wang, L., Yu, H., Biodiesel from Siberian apricot (Prunus Sibirica L) seed kernel Oil, Bioresource Technology 2012, 112, 355 - 358.
[42] Saad, M., Siyo, B., Alrakkad, H., Preparation and Characteriyation of biodiesel from Waste Cooking Oils using heterogenous Catalyst (Cat. TS- 7) based on natural zeolite, 2023, 9, 15836.
[43] Siyo, B, Alrakkad, H., Saad, M., Tishreen University Journal of Research and Scientific studied- Basic Science Series, 2022, 44, No.1 Preparation of Biodiesel from Waste Vegetable Oils Using Waste Eggshells as a Heterogeneous Catalyst.