Extraction of Orange Peels Oil and the Possibility of Mixing it with Petroleum Diesel

Dr.Baraa Siyo*
Dr. Husam Alrakad**
Nawar Abdullatif***

(Received 31 / 8 / 2022. Accepted 2 / 1 /2023)

□ ABSTRACT □

In this research, orange peel oil was extracted by cold soaking method with a new cheap solvent, light hydrogenated naphtha produced in Banias Refinery Company. The optimum conditions for the extraction process were determined and the best results were recorded at a soaking time of 60 hours and a solid/liquid ratio of 6:1. The possibility of mixing the extracted oil with petroleum diesel fuel with different weight ratios 6%, 4%, 2% was studied. An evaluation of the effect of blending was conducted and compared with the specifications of petroleum diesel before blending and with the Syrian Standard Specification No. /3447/ for the year /2009/. The results showed that the best mixing ratio was at 6% while maintaining the mixture achieving the required standard, where a decrease in sulfur percentage and an improvement in cetane number 53.11 were observed.

Keywords: Orange Peels Oil, light hydrogenated naphtha, Extract, Petroleum Diesel

* **Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen university, Lattakia-Syria. E-mail: Baraa.siyo@gmail.com**
** **Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen university, Lattakia-Syria. E-mail: hussamizaldienalrakkad@tishreen.edu.sy**
*** **Master Student, Applied chemistry, Department of Chemistry , Faculty of Science, Tishreen university, Lattakia- Syria.**

استخلاص زيت قشور البرتقال وإمكانية مزجه مع وقود الديزل البترولي

د. براءة سيو*

د. حسام الركاد**

نوار عبداللطيف***

(تاريخ الإيداع 31 / 8 / 2022. قُبِل للنشر في 2 / 1 /2023)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث استخلاص زيت قشور البرتقال بطريقة النقع على البارد بمذيب جديد رخيص الثمن وهو النفثا الخفيفة المهدرجة المنتجة في شركة مصفاة بانياس. حددت الشروط المثلى لعملية الاستخلاص وقد سجلت أفضل النتائج عند زمن نقع 60 ساعة ونسبة صلب/سائل 6:1. دُرست إمكانية مزج الزيت المستخلص مع وقود الديزل البترولي بنسب وزنية مختلفة 2%,4%,6%. أجري تقييم لتأثير المزج ومقارنته مع مواصفات وقود الديزل البترولي قبل المزج ومع المواصفة القياسية السورية رقم /3447/ لعام /2009/. بينت النتائج أن أفضل نسبة للمزج كانت عند 6% مع الحفاظ على تحقيق المزيج للمواصفة القياسية المطلوبة، حيث لوحظ انخفاض في نسبة الكبريت وتحسن في رقم السيتان 53.11.

الكلمات المفتاحية: زيت قشور البرتقال، النفثا الخفيفة المهدرجة، الاستخلاص، وقود ديزل بترولي.

*مدرس – قسم الكيمياء –كلية العلوم –جامعة تشرين اللاذقية–سورية.

**مدرس – قسم الكيمياء –كلية العلوم –جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

***طالب ماجستير–قسم الكيمياء–كلية العلوم –جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مقدمة:

تنتشر زراعة الحمضيات بشكل واسع في سوريا، إذ يشكل إنتاجها 30% من مجمل إنتاج ثمار الفاكهة. حيث تتوزع 99% من المساحات المزروعة بها في المنطقة الساحلية (82.3% في اللاذقية و16.75% في طرطوس) [1] ، ويعد البرتقال من أهم أنواع الحمضيات في سوريا. وهو أحد أشهر الفواكه التي يتم تناولها طازجة أو يتم معالجتها لصنع العصير ،لكن إنتاج عصير البرتقال يخلف كمية كبيرة من النفايات تشكل حوالي 50% من الفاكهة الخام [2] وتعد الصناعات التي تعتمد على الحمضيات مساهما رئيسيا في نفايات الطعام حيث يتم إنتاج أكثر من 70 مليون طن سنويا في جميع أنحاء العالم [3] ، وعلى الرغم من اقتراح عدد من الباحثين لاستغلال نفايات الحمضيات في تطبيقات مختلفة مثل إنتاج المنكهات والأعلاف إلا أنه لا يزال يُلقى كمية كبيرة من هذه النفايات كل عام[4] مما يسبب مشاكل بيئية واقتصادية على حد سواء مثل ارتفاع تكلفة النقل وقلة مواقع التخلص من هذه النفايات إضافة إلى تراكم مواد ذات محتوى عضوي عالي [5] حيث أن هذه النفايات عبارة عن بقايا معقدة كيميائيا وقابلة للتحلل بدرجة عالية وتحتوي مجموعة واسعة من المركبات القيمة بما في ذلك السكريات القابلة للتخمير والبوليمرات الكربوهيدراتية والفلافونيدات و البولي فينول والزيوت الأساسية ، مما يوفر فرصة فريدة لتثمين المواد الأولية كمواد متجددة ومصدر للمواد الكيميائية ذات القيمة العالية [7,6] . وقد درس عدد من الباحثين بدائل أكثر فاعلية واستدامة للاستفادة من نفايات البرتقال في مجالات أخرى كمجال الطاقة، حيث حظيت الزيوت النباتية والوقود المشتق من الكتلة الحيوية باهتمام كبير في العقود القليلة الماضية[8] وبشكل خاص في محركات الديزل التي تُستخدم في مجال النقل الثقيل والزراعة[9] حيث يحوي وقود الديزل البترولي على مركبات هيدروكربونية فقط والتي تكون على شكل سلسلة مستقيمة أو متفرعة بالإضافة إلى المركبات العطرية[10]. إن خصائص وقود الديزل ومواصفاته تؤثر تأثيراً كبيراً في أداء محرك الديزل ومن اهم هذه المواصفات رقم السيتان و الذي يُعبر عن جودة وقود الديزل من حيث كفاءة الاحتراق في محرك الديزل [11] ويمثل رقم السيتان لعينة الوقود النسبة المئوية لمركب(هكسا ديكان) السيتان الاعتيادي($C_{16}H_{34}$) النقي في مزيج منه مع الفا–ميثيل نفثالين و الذي يشابه جودة عينة وقود الديزل[12] ، يمكن تحسين خواص وقود الديزل بإضافة بعض المركبات الكيميائية الخاصة مثل نترات الاثيل ونتريت الاثيل ونترات الامونيوم [13].لكن الدراسات الحالية تتجه لإيجاد بدائل طبيعية تستخدم لرفع رقم السيتان وبالتالي تحسين جودة وقود الديزل .حيث تم تجربة العديد من الزيوت النباتية في محركات الديزل [14]. لجعل هذه الزيوت مناسبة للاستخدام في المحركات، يتم تقليل اللزوجة إما من خلال التسخين المسبق أو المزج مع الديزل أو الأسترة للزيت النباتي[15]. يعتبر زيت قشور البرتقال أحد هذه الزيوت غير الصالحة للأكل التي لا تؤثر على الاستهلاك الغذائي وخفض مساحة الغابات من أجل الزراعة، كما أن الزيت المستخلص ليس مطلوبا إلا في بعض الصناعات التجميلية وإنتاج الشامبو والعطور والمستحضرات الصيدلانية[16] بالتالي فإن زيت قشور البرتقال يعد من أفضل الزيوت النباتية المستخدمة في مجال الطاقة[17] يساعد زيت قشور البرتقال على تحسين خواص وقود الديزل البترولي من خلال اضافته إلى الديزل البترولي بنسب معينة[18,21] . تتعدد طرائق استخلاص الزيت حيث يتم اختيار طريقة الاستخلاص اعتمادا على التطبيق النهائي وأكثر الطرائق

شيوعا التقطير بالبخار وغيرها من الطرائق بما في ذلك الاستخلاص بالمذيبات[22,23]. تتضمن طريقة الاستخلاص بالمذيبات استخلاص الزيت من المواد الحاملة له عن طريق خلطه بمذيب ذو درجة غليان منخفضة، وهذه الطريقة تستخلص جميع الزيوت تقريباً وتترك فقط 0.5% إلى 0.7% زيت في المواد الخام[24]. من المذيبات الأكثر استخداما في هذه الطريقة (الهكسان، الإيثانول، الايثر البترولي، ماء)، استُخِدمَت النفثا لأول مرة في هذا البحث كبديل متوفر و رخيص الثمن، وهي عبارة عن قطفة من النفط الخام تقع بين الغازات الخفيفة والكيروسين الأثقل وتحتوي على سلاسل كربونية تتراوح من C_5 إلى C_{13} وتتراوح درجة الغليان من 27^oC إلى 260^oC ،وهناك نوعين من النفثا (خفيفة، ثقيلة) [25]. اخترنا في هذا البحث النفثا الخفيفة المهدرجة لانخفاض درجة غليانها حيث تتراوح من 30^oC إلى 90^oC وتحتوي على سلاسل كربونية تتراوح من C_5 إلى C_6 [26].

أهمية البحث وأهدافه:

- أهمية بيئية من خلال تحقيق الاستفادة القصوى من نفايات البرتقال، وأهمية أكاديمية من خلال استخدام مذيب جديد متوفر محليا (منتج في مصفاة بانياس) ورخيص الثمن لاستخلاص زيت قشور البرتقال.

أهداف البحث: يهدف هذا البحث إلى:

- ✓ استخلاص زيت قشور البرتقال باستخدام النفثا الخفيفة.
- ✓ دراسة الشروط المثلى للاستخلاص.
- ✓ توصيف الزيت المستخلص.
- ✓ دراسة إمكانية المزج ومقارنتها مع المواصفة القياسية السورية.

طرائق البحث ومواده:

1- منطقة الدراسة:

مدينة اللاذقية، الجمهورية العربية السورية.

2-المواد والأجهزة المستخدمة:

قشور برتقال من نوع النارنج (الزفير) (Citrus aurantium) تم جمعها من منطقة السكن الجامعي في جامعة تشرين-اللاذقية.

نفثا خفيفة مهدرجة من إنتاج شركة مصفاة بانياس-بانياس-طرطوس.

ماء مقطر، حمض النتريك لغسل العينات والأدوات.

سخانة كهربائية، مكثف، ميزان حساس.

فرن تجفيف إنتاج شركة BINDER نموذج (ED115) مخبر النفط والغاز-كلية العلوم-جامعة تشرين.

مقياس اللزوجة، مقياس الكثافة، جهاز نقطة الوميض (شركة مصفاة بانياس).

3-طريقة العمل:

1-جمعت عينات البرتقال من منطقة السكن الجامعي.

2- غسلت ثمار البرتقال بالماء المقطر.

3- برشت الثمار باستخدام مبرشة يدوية.

4-وضعت القشور المبروشة على ورق نشاف في درجة حرارة المخبر لمدة ثلاث أيام.

5-نقلت بعدها إلى فرن التجفيف عند الدرجة 40^0c لمدة يومين حتى ثبات الوزن.

4- تحديد الشروط المثلى لعملية الاستخلاص:

1. نقعت كمية من قشور البرتقال (50g) المجهزة في الخطوة السابقة مع حجم معين من النفثا الخفيفة المهدرجة بنسبة صلب/سائل في دوارق مخروطية وبدرجة حرارة المخبر 25^0C وغلقت الدوارق بسدادات لحين الفصل مع التحريك يدوياً خلال فترات زمنية متقطعة.

ثم تليها عملية الترشيح، بعدها نقلت الخلاصة إلى جهاز التقطير البسيط لفصل المذيب عن الخلاصة.

الشكل (1) يوضح عملية النقع وفصل الزيت باستخدام جهاز التقطير البسيط

2. بخرت العينة عند درجة حرارة 90 ºC وهي نقطة نهاية الغليان للنفثا الخفيفة وجمعت النفثا عن طريق مكثف لاستخدامها مرة أخرى.
3. نقلت الخلاصة إلى أسطوانة مدرجة وقيس حجم الزيت المستخلص.

الشكل (2) حجم الزيت المستخلص

4. وضعت الأسطوانة في فرن تجفيف عند درجة حرارة 95 ºC لضمان التخلص من المذيب.

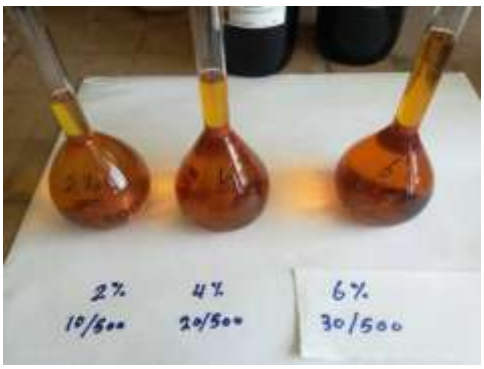
5. أجري توصيف للزيت المستخلص باستخدام طرائق معيارية بالتعاون مع المخبر المركزي في شركة مصفاة بانياس.

تم حساب المردود من العلاقة(1): [27]

$$\mathbf{Yield\%} = \frac{\boldsymbol{Weight\ of\ oil\ extracted}}{\boldsymbol{Weight\ of\ sample\ used}} \times \mathbf{100} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

5-مزج الزيت المستخلص مع وقود الديزل:

مزج الزيت المستخلص مع وقود الديزل البترولي عند نسب وزنية مختلفة وفق الآتي (2%،4%،6%) لدراسة إمكانية استخدام المزيج كوقود ديزل وأجريت مقارنة للمزيج مع المواصفة القياسية السورية لوقود الديزل رقم /3447/ لعام /2009/.



الشكل (3) نسب مزج الزيت مع وقود الديزل

6- المواصفات والطرائق المستخدمة لتوصيف الزيت قبل وبعد المزج مع وقود الديزل:

1-الكثافة النوعية (ASTM D-1298)، 2-الكثافة حسب معهد البترول الأمريكي (*API*) (ASTM D-64,287)، 3-اللزوجة(ASTM D-445)، 4- نقطة الوميض (ASTM D-93)، 5- درجة الانسكاب (ASTM D-97)، 6- معامل الديزل (ASTM D-976,4737)، 7- رقم السيتان (ASTM D-43). 8-القيمة الحرارية للاحتراق(ASTM D-4809). 9- نسبة الكبريت (ASTM D-1266)، 10- نسبة الرماد (ASTM D-482)، 11- نسبة المياه (ASTM D-95)، 12- نقطة الاشتعال (ASTM D-92).

النتائج والمناقشة:

تم اعتماد طريقة النقع في هذه الدراسة لأنها طريقة بسيطة تقليدية غير معقدة وتطبيقية مقارنة بطرائق الاستخلاص الأخرى كالمايكرويف والأمواج الفوق صوتية والسوكسليه، كما أن هذه الطريقة لا تحتاج إلى تسخين مما يخفض الضياع في المذيب المستخدم نظراً لانخفاض درجة غليانه وتحافظ على المركبات التي قد تتخرب بتأثير الحرارة ويقلل من تكلفة العملية، واختيرت في عملية الاستخلاص القشور المبروشة بأبعاد (3mm,1mm) نظراً لسرعة العملية وكفاءتها.

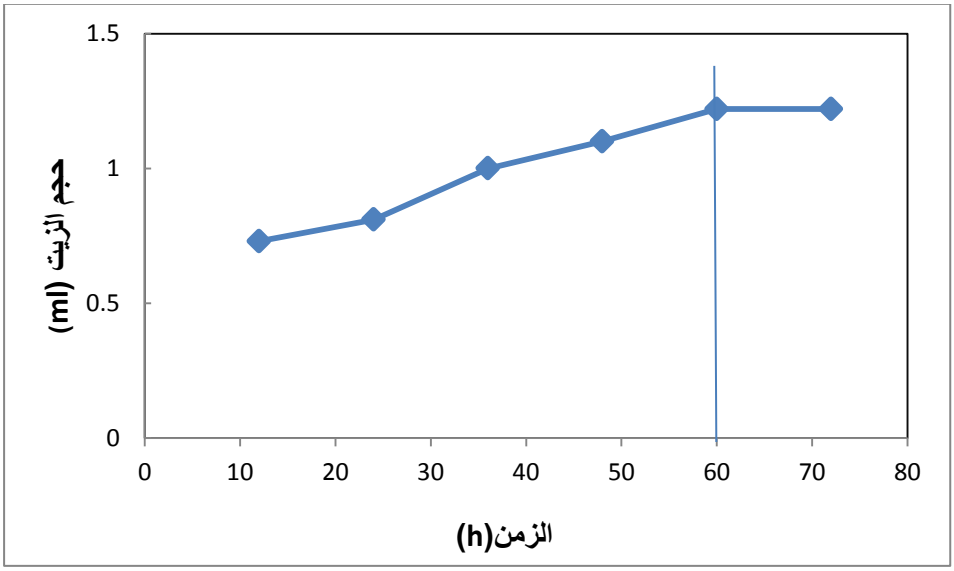
1- تحديد الشروط المثلى لعملية الاستخلاص بالنقع.

1-1- تحديد زمن الاستخلاص الأمثل:

أجريت عملية نقع 50 g من القشور الجافة مع حجم من المذيب بنسبة (3:1) عند درجة حرارة المخبر لأزمنة مختلفة بغية تحديد أفضل زمن لعملية الاستخلاص، كانت النتائج على النحو التالي:

الجدول(1) يبين حجم الزيت المستخلص بالنسبة للزمن

الزمن (h)	12	24	36	48	60	72
حجم الزيت (ml)	0.73	0.81	1	1.1	1.22	1.22
وزن الزيت (g)	0.6	0.66	0.83	0.91	0.99	0.99
المردود (%)	1.24	1.33	1.66	1.82	1.99	1.99



الشكل (4) يبين العلاقة بين زمن النقع وحجم الزيت المستخلص

يظهر الشكل (4) الذي يمثل تغيرات كمية الزيت المستخلص مع زمن النقع تزايد في كمية الزيت مع زيادة الزمن ليصل إلى قيمة حدية عظمى عند 60 ساعة. حيث نلاحظ ثبات كمية الزيت المستخلص بعد هذه القيمة، ليكون هذا الزمن هو أفضل زمن لعملية الاستخلاص. بينما تراوح المردود من 1.24 إلى 1.99%، هذه القيم متقاربة مع دراسات مرجعية استخدم فيها الايثر البترولي 0.8% والهكسان 1.53% [28].

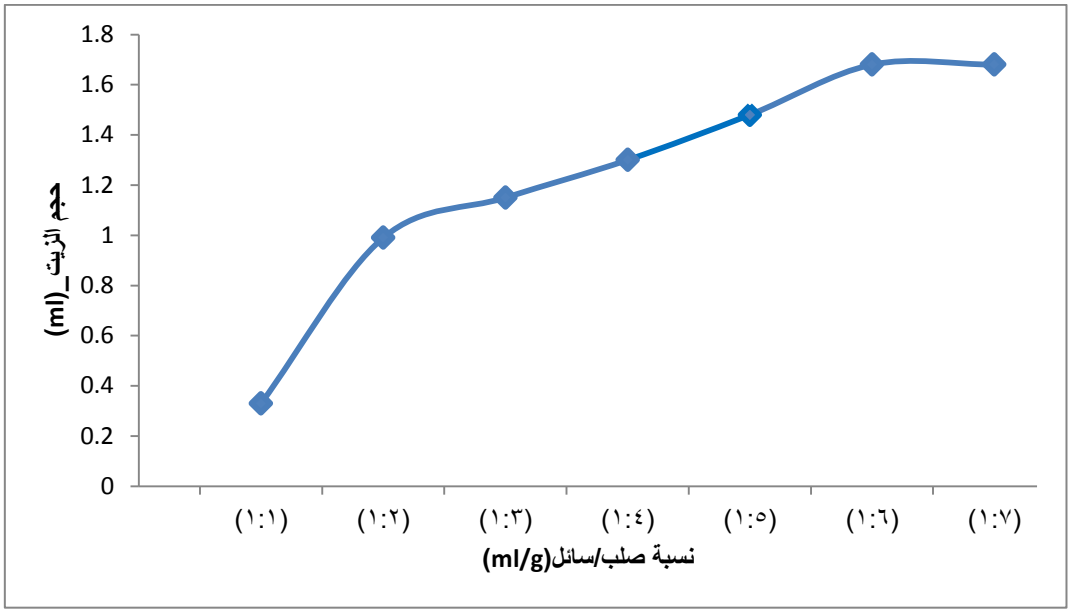
1-2- تحديد نسبة صلب/سائل الأمثل

نقعت القشور المجهزة مع كمية من النفثا الخفيفة في دوارق مخروطية سعة 1L بنسب:

1:1 ،2:1، 3:1، 4:1 ، 5:1 ، 6:1، 7:1 لمدة 60 ساعة وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول الآتي (2):

الجدول(2)يبين حجم الزيت المستخلص لنسبة صلب /سائل

نسبة صلب/سائل (ml/g)	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1
حجم الزيت (ml)	0.33	0.99	1.15	1.3	1.48	1.68	1.68
وزن الزيت (g)	0.27	0.81	0.93	1.06	1.2	1.73	1.73
المردود (%)	0.54	1.62	1.87	2.12	2.41	2.74	2.74



الشكل(5) يبين العلاقة بين نسبة صلب/سائل وحجم الزيت المستخلص

تعتبر معرفة نسبة المادة الصلبة إلى المذيب مهمة لعملية استخراج الزيت، نلاحظ من الشكل (5) ازدياد كمية الزيت المستخلص مع زيادة حجم الزيت بالنسبة للطور الصلب حتى تصل إلى قيمة حدية عند النسبة (6:1) حيث لا تؤثر بعدها زيادة حجم المذيب على كمية الزيت المستخلص بسبب انخفاض كميته في القشور، ونستنتج أن مردود الزيت يزداد بزيادة نسبة المذيب في العينة وهذا يتوافق مع دراسات مرجعية استخدم فيها الهكسان والايثر البترولي كمذيب [29,30,31].

1-3- توصيف زيت قشر البرتقال المستخلص.

الجدول (3) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لوقود الديزل البترولي وزيت قشر البرتقال

الخصائص الفيزيائية والكيميائية	وقود الديزل البترولي	زيت قشر البرتقال	المواصفة السورية لوقود الديزل رقم 2009/3447
الكثافة (g/ Cm^3)، 15.5 °C	0.8434	0.8306	0.820-0.845
اللزوجة الحركية، 40 °C	3.1	1.3	4.5-2.0
الوزن النوعي، 15.5 °C	0.8442	0.8314	-
API gravity	36.11	38.69	-
معامل الديزل	59.52	-	46 Min
رقم السيتان	52.85	-	51 Min
نقطة الوميض(°C)	67	48	55 Min
درجة الانسكاب (°C)	10-	7-	(-4) summer Max (-10) winter Max
محتوى الماء (%)	Nil	Nil	0.02 Max

كبريت (%)	0.9521	0.0077	0.005 Max
القيمة الحرارية (KJ/Kg)	45662.16	45850.55	–

نلاحظ من الجدول (3) الذي يبين مواصفات الزيت المستخلص ومواصفات وقود الديزل البترولي بالمقارنة مع المواصفة القياسية السورية المطلوبة للديزل المستخدم كوقود للسيارات.

عند مقارنة مواصفات زيت قشر البرتقال مع المواصفة القياسية السورية نلاحظ أن أغلب القيم هي ضمن الحدود المطلوبة للمواصفة القياسية السورية إلا فيما يخص نقطة الوميض ودرجة الانسكاب واللزوجة مع وجود مؤشرات إيجابية من ناحية انخفاض نسبة الكبريت بشكل واضح مقارنة مع الديزل البترولي بالتالي عملية المزج مع وقود الديزل البترولي ستخفض نسبة الكبريت للوقود الناتج مما يحقق تخفيض في انبعاثات أكاسيد الكبريت السامة عند حرق مزيج الوقود الناتج.

ونلاحظ أيضاً امتلاك الزيت المستخرج لقيمة حرارية أعلى من وقود الديزل مما يتيح المجال لاستخدامه في عمليات التدفئة كخيار أخر إذا لم يمزج مع وقود الديزل البترولي.

4-1- نتائج مزج الزيت المستخلص مع وقود الديزل البترولي المنتج في شركة مصفاة بانياس.

جدول(4) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنسب المزج

الخصائص الفيزيائية والكيميائية	*O-D (2%)*	*O-D (4%)*	*O-D (6%)*
الكثافة (g/Cm^3)، 15.5 °C	0.8434	0.8432	0.8429
اللزوجة الحركية، 40 °C	3.0	2.9	2.87
الوزن النوعي، 15.5 °C	0.8442	0.8440	0.8437
API gravity	36.11	36.15	36.21
نقطة الأنيلين (°C)	73.8	73.9	74.1
معامل الديزل	59.52	59.65	59.88
رقم السيتان	52.85	52.94	53.11
نقطة الوميض(°C)	67	65	60
نقطة الاشتعال (°C)	79	76	72
درجة الانسكاب (°C)	10-	10-	7-
محتوى الماء (%)	Nil	Nil	Nil
محتوى الرماد (%)	0.052	0.052	0.052
كبريت (%)	0.9377	0.9184	0.9010
القيمة الحرارية (KJ/Kg)	45662.16	45665.12	45669.57

يبين الجدول(4) نتائج مزج الزيت المستخلص مع وقود الديزل البترولي بنسب وزنية مختلفة، دلت النتائج على انخفاض ملحوظ في كل من الكثافة واللزوجة ونقطة الوميض ودرجة الانسكاب للديزل مع زيادة نسبة المزج من 2% إلى 6% وانخفاض واضح في نسبة الكبريت مما يقلل الانبعاثات السامة. بينما لوحظ ازدياد في القيمة الحرارية ورقم السيتان الذي ارتفع من 52.85 إلى 53.11مع زيادة نسبة المزج مما يدل على تحسن في خواص وقود الديزل الممزوج بالزيت المستخلص من قشور البرتقال. تشير هذه النتائج أن نسبة المزج 6% أعطت أفضل نتائج من بين النسب المستخدمة في هذا البحث.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- امكانية استخلاص الزيت من قشور البرتقال بطريقة سهلة قليلة التكلفة باستخدام النفثا الخفيفة كمذيب.

2- تبين أن افضل الشروط التي تم استخدامها في بحثنا تمثلت بالآتي: زمن النقع 60 ساعة، بنسبة صلب/سائل 6:1.

3- إمكانية مزج زيت قشور البرتقال مع وقود الديزل البترولي.

4- تحسن في خواص وقود الديزل البترولي بعد مزجه مع زيت قشور البرتقال بنسبة 6%.

التوصيات:

- تحويل زيت قشور البرتقال إلى وقود الديزل الحيوي وهو وقود بديل لوقود الديزل البترولي.

References:

[1] Annual Statistical Collection, 2008, database of the Ministry of Agriculture and Agrarian Reform. Damascus Syria.

[2] Asma-Ul-Husun , Mona Ferajee, and kazi Farzana Akhtar.(2017) .”Extraction of Biofuel from Orange Peel and its Characterization”.International Conference on Mechanical,industrial and Materials Engineering(ICMIME2017),Paper ID:ET-121.

[3] Food and Agriculture Organisation of the United Nations, (FAO), Citrus Fruit Statistics, Available at: http://www.fao.org/3/a-i5558e.pdf (Accessed on 12 February 2019) (2016).

[4] M. Pourbafrani, G. Forgacs, I,S .Horvath, C.Niklasson,and M. J. Taherzadeh .(2010). ’’Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes’’ , Bioresource Technology , vol.101,no.11,pp. 4246-4250.

[5] M.M.Tripodo, F.Lanuzza, G.Micali, R.Coppolino, and F.Nucita.(2004).” Citrus waste recovery: a new environmentally friendly procedure to obtain animal feed” , Bioresource Technology ,vol. 91,no.2, pp.111-115.

[6] K. Rezzadori, S. Benedetti, E.R. Amante, Proposals for the residues recovery: orange waste as raw material for new products, Food Bioprod. Process. 90 (4) (2012) 606–614, https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.06.002.

[7] J. Esteban, M. Ladero, Food waste as a source of value-added chemicals and materials: a biorefinery perspective, Int. J. Food Sci. Technol. 53 (2018) 1–14, https:// doi.org/10.1111/ijfs.13726.

[8] Purushothaman, K., & Nagarajan, G. (2009). Experimental investigation on a CI engine using orange oil and orange oil with DEE. *Fuel*, *88*(9), 1732-1740.

[9] Deep, A., Kumar, N., Gupta, D., Sharma, A., Patel, J. S., & Karnwal, A. (2014). *Potential utilization of the blend of orange peel oil methyl ester and isopropyl alcohol in CI Engine* (No. 2014-01-2778). SAE Technical Paper.
[10] Amin, A., Gadallah, A., El Morsi, A. K., El-Ibiari, N. N., & El-Diwani, G. I. (2016). Experimental and empirical study of diesel and castor biodiesel blending effect, on kinematic viscosity, density and calorific value. *Egyptian Journal of petroleum*, *25*(4), 509-514.
[11] Adam Korkis Abdul A. Industrial Chemistry, University of Basra (1985). (free fatty acids "Transactions of the Am.3 S.V. 44, No. 6,. PP 1429-1439 (2001).
[12] Guide to marketing specifications for Iraqi oil products (2000).
[13] Abdullah Muhammad Omar, Engineering Chemistry (translator) University of Baghdad, University Press Directorate (1983).
[14] R. Altin, S. Centinkaya, H.S. Yucesu, The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel Engines, Energy Convers. Manag. 42 (2001) 529e538.
[15] Dabi, M., & Saha, U. K. (2019). Application potential of vegetable oils as alternative to diesel fuels in compression ignition engines: A review. *Journal of the Energy Institute*, *92*(6), 1710-1726.
[16] Tao NG,Lin YJ, Zang JH, Zeng HY, Tang YF.(2009).” Chemical composition of esstinal oil from the peel Satsuma mandarin” . African J Biotech 7: 1261-1264.
[17] Deep, A., Kumar, R., & Kumar, N. (2019). Studies on the use of orange peel oil and ethanol in an unmodified agricultural diesel engine. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *41*(15), 1817-1827.
[18] Siva, R., Munuswamy, D. B., & Devarajan, Y. (2019). Emission and performance study emulsified orange peel oil biodiesel in an aspirated research engine. *Petroleum Science*, *16*(1), 180-186.
[19] Kumar, P., & Kumar, N. (2021). Process optimization for production of biodiesel from orange peel oil using response surface methodology. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *43*(6), 727-737.
[20] Tüccar, G., Tosun, E., Özgür, T., & Aydın, K. (2014). Diesel engine emissions and performance from blends of citrus sinensis biodiesel and diesel fuel. *Fuel*, *132*, 7-11.
[21] Deep, A., Kumar, N., Kumar, M., Singh, A., Gupta, D., & Patel, J. S. (2015). *Performance and emission studies of diesel engine fuelled with orange peel oil and n-butanol alcohol blends* (No. 2015-26-0049). SAE Technical Paper.
[22] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oilsea review. Food Chem. Toxicol. 46 (2), 446e475.
[23] Allaf, T., Tomao, V., Besombes, C., Chemat, F., 2013. Thermal and mechanical intensification of essential oil extraction from orange peel via instant autovaporization. Chem. Eng. Process Process Intens. 72, 24e30.
[24]M.N. Khatun, M. Kamrunnahar, “Oil extraction from the Mahogany seeds by solvent extraction method and a comparative study of its properties with the pyrolytic and pressed Mahogany seeds oil”, *B.Sc. Engg. thesis report,* Department of Mechanical Engineering, RUET, Rajshahi, 2014.
[25]Smith, S., Bolchi, M., & Magarini, R. (2010). The Determination of Elements at Sub-ppb Concentrations in Naphtha Mixtures Using the NexION 300 ICP-MS. *Atomic Spectroscopy*, *31*(5), 170-174.
[26]Sun, C., & Wang, Z. (2016). 1H NMR application in characterizing the refinery products of gasoline. *Concepts in Magnetic Resonance Part A*, *45*(3), e21393.

[27] Giwa, S. O., Muhammad, M., & Giwa, A. (2018). Utilizing orange peels for essential oil production. *J. Eng. App. Sci*, *13*, 17-27.

.

[28]Seifu, T., & Abera, A. (2019). Extraction of essential oil from orange peel using different methods and effect of solvents, time, temperature to maximize yield. *Int. J. Eng. Sci. Comput*, *9*, 24300-24308.

[29]Panchal, B., Deshmukh, S., & Sharma, M. (2014). Optimization of oil extraction and characterization from Tamarindus indica Linn seed oil. *International Journal of Oil, Gas and Coal Engineering*, *2*(1), 1-6.

[30] Sayyar, S., Abidin, Z. Z., & Yunus, R. (2013). Optimisation of solid liquid extraction of jatropha oil using petroleum ether. *Asia_Pacific Journal of Chemical Engineering*, *8*(3), 331-338.

[31] Shigidi, I., & Elkhaleefa, A. (2015). Parameters optimization, modelling and kinetics of Balanites aegyptiaca kernel oil extraction. *Int. J. Chem. Eng. Appl. Sci*, *5*, 1-4.