

إنتاج وقود ديزل حيوي**من مخلفات زيت شي الدجاج*****Production of biofuel from
the waste of grilled chickens' oil***

م.م. عائشة شهاب أحمد
كلية العلوم التطبيقية / جامعة سامراء

م.م. تيسير عبد القادر صالح
كلية التربية / جامعة سامراء

م.م. معن زيدان خلف
كلية التربية للعلوم للصرفة / جامعة تكريت

الخلاصة :

تعد الطاقة المتجددة بديلاً عملياً ومهماً عن مصادر الطاقة التقليدية، ومن مصادر الطاقة المتجددة التي زاد الاهتمام بها في العقد الأخير هو الوقود الحيوي الذي ينتج من مخلفات السكريات والزيوت النباتية والدهون الحيوانية، ومن أنواع الوقود الحيوي الديزل الحيوي الذي ينتج من التفكك الحراري للزيوت النباتية والدهون الحيوانية بالتكسير بالمحفز وانتقال الأسترة بالكحولات، تم تحضير الديزل الحيوي من مخلفات زيت شي الدجاج المحلية والذي يعد من المواد الأولية للوقود الحيوي و تم إجراء تفاعل انتقال الأسترة على تلك الزيوت باستخدام الميثانول و الإيثانول بوجود هيدروكسيد البوتاسيوم كحفاز قاعدي وبتراكيز مختلفة ، تمت دراسة العوامل المؤثرة في تفاعل انتقال الأسترة وتحضير وقود الديزل الحيوي مثل تركيز الحفاز القاعدي % (١،٧٥،٠،٥٠،٠،٢٥،٠) ، باستخدام (إيثانول، ميثانول) ودرجة حرارة التفاعل (40، 50، 60) م ، بينت الدراسة انه في تركيز (0.25%) من الحفاز القاعدي تم الحصول على أفضل نسبة إنتاج لوقود الديزل الحيوي وإن الدرجة الحرارية المفضلة (40)م وكذلك استخدام الميثانول أعطى أفضل نتائج بالمقارنة مع الإيثانول وتم تشخيص المركبات الناتجة باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء وكيمياً من خلال دراسة الخصائص المحددة لصلاحية الوقود الحيوي (درجة الوميض، درجة الانسكاب، معامل السيتان، معامل الانكسار ، رقم اليود، رقم التصوين ، الكثافة، اللزوجة ، المحتوى المائي) .

المقدمة :

الوقود الحيوي Bio fuel :

الوقود الحيوي هو نوع من أنواع وقود الكتلة الحيوية التي زاد الاهتمام بها خلال العقدين الأخيرين ويشتق أو يمكن الحصول عليه من المواد العضوية الحيوية أو مخلفاتها.

وهناك نوعان من الوقود الحيوي هما (غازي وسائل) المشتقان من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية حيث تم الحصول على وقود ديزل حيوي من هذه الزيوت أو الدهون.

تم تشخيص أكثر من (350) نوعاً من المحاصيل التي تحتوي على زيوت من بينها زهرة الشمس ، والقرطم ، وفول الصويا ، وبذور القطن ، وبذور اللفت ، وزيوت الفول السوداني ، إذ عدت كلها وقود ديزل ذات طاقة كامنة تم استخدامها مباشرة في المحركات بالنسبة لمحرك الديزل⁽¹⁾.

الخلفية التاريخية للديزل الحيوي Historical Background of Biodiesel :

في عام (1900) م نشر العالم الألماني رودلف ديزل بحثاً بعنوان (نظرية إنشاء المحرك الحراري الاقتصادي). وقد طرح فكرة إن ماكنة الديزل يمكن تغذيتها وتشغيلها بالزيوت النباتية وسوف تساهم على نحو كبير في تطوير الزراعة في البلدان التي تستخدمها^(2,3).

في عام (1937) حصل العالم البلجيكي (Chavanne) من جامعة بروكسل على براءة اختراع لاستخدامه الزيوت النباتية كوقود وقد أجرى عملية التحول بالأسترة للزيوت النباتية باستخدام الإيثانول أوالميثانول حيث فصل الأحماض الدهنية عن الكليسيروول وذلك باستبدال الكليسيروول بالكحوليات الخطية القصيرة (الإيثانول،ميثانول) وكان هذا أول إنتاج لما يعرف اليوم بالوقود الحيوي للمحركات⁽⁴⁾

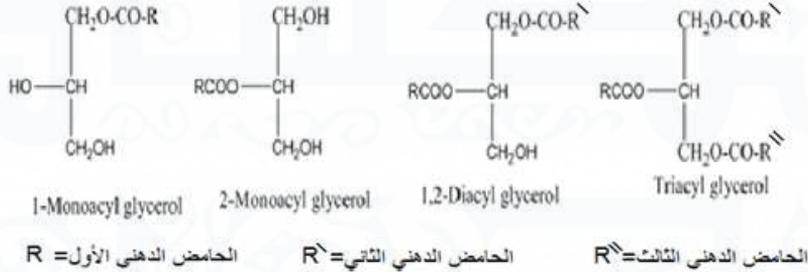
وفي عام (1977) سلم العالم البرازيلي (Parente) براءة الاختراع لإنتاجه الديزل الحيوي وصنفت هذه العملية بالمعايير الدولية، إذ منحت شهادة الجودة (6,5) ، وبحلول عام (1983) في افريقيا تم إكمال عملية إنتاج وقود ديزل حيوي من زيت عباد الشمس وكان ذو جودة عالية حيث تم اختياره على المحركات⁽⁷⁾ ، وخلال التسعينات من القرن المنصرم تم فتح مصانع عديدة في الأقطار الأوربية بما فيها جمهورية الجيك ، وألمانيا ، والسويد ، وفرنسا، إذ أطلقت هذه المصانع إنتاجها المحلي من وقود الديزل الحيوي، والذي كان يمزج في وقود الديزل النظامي بمستوى (15%)، أما مركبات النقل العام فأنها تستعمل الوقود الحيوي ممزوجاً بمستوى (30%) وقد شهدت أجزاء أخرى من العالم البدء بإنتاج الوقود الحيوي المحلي.

وقد ذكر معهد الوقود الحيوي في النمسا عام (1998) أن هنالك (21) بلداً يوجد فيها مشاريع وقود حيوية ذات طابع تجاري. أما الآن فإن الوقود الحيوي يتوفر

بنسبة (100%) في العديد من محطات الخدمة العادية في كل أنحاء أوروبا ، في أيلول عام (2005) أصبحت ولاية مينا زوتا (Minnesota) الولاية الأمريكية الأولى التي فرضت على كل مبيعات وقود الديزل النفطي أن تحتوي جزءاً من الوقود الحيوي، وبنسبة لا تقل عن (2%) وقود حيوي⁽⁸⁾ ، في عام (2008) نشرت الجمعية الأمريكية لفحص المواد معايير مواصفات المزج الجديدة للوقود الحيوي⁽⁹⁾ حالياً تعمل شركة بارانت مع بيونغ وناسا لإنتاج الكيروسين الحيوي (Bio Kerosene) وينتج من هدرجة الزيت ومن ثم اجراء تكسير حراري معتدل للنواتج حيث يعطي نواتج بارافينية من ضمنها الكيروسين الحيوي .

الدهون Lipids

الدهون والزيوت عبارة عن مزيج من الكليسيريدات الثلاثية مع كميات قليلة من بقايا الدهون مثل الكوليستيرول، الدهون الفوسفاتية والحوامض الدهنية الحرة⁽¹⁰⁾. والكليسيريدات عبارة عن أسترات الأحماض الدهنية مع الكحول الثلاثي (كليسيرول) وتُعدّ من المكونات الأساسية للدهون والزيوت الطبيعية



الشكل (١) اشكال الكليسيريدات⁽¹¹⁾.

الأحماض الدهنية (FA) Fatty Acid

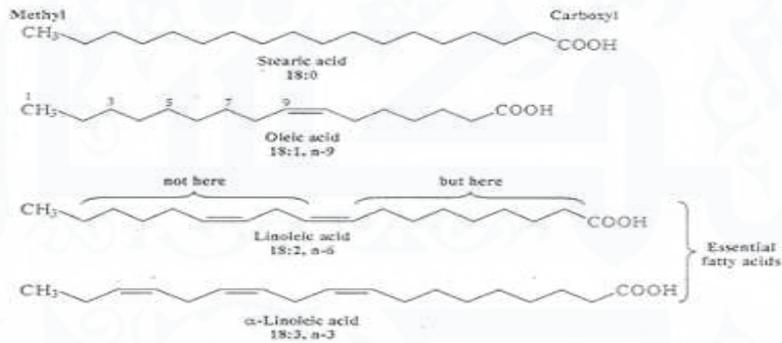
يتواجد في الدهون الطبيعية أكثر من ٤٠ نوعاً من الأحماض الدهنية وهي عبارة عن سلسلة هايدروكاربونية مختلفة الطول تتراوح ما بين 4- 30 ذرة كربون الشائع منها هو الذي يتضمن (16- 18) ذره كربون وتنتهي بمجموعة كربوكسيلية -COOH وتكون على الأغلب سلسلة غير متفرعة مشبعة أو غير مشبعة . تكون نسبة الأحماض الدهنية المشبعة عالية في الدهون الصلبة (الشحوم)، أما الأحماض الدهنية غير المشبعة فتعد من المكونات المميزة للزيوت^(12,13).

تختلف الأحماض الدهنية غير المشبعة فيما بينها بعدد وموقع الأواصر المزدوجة التي غالباً ما تكون بالشكل الهندسي (cis) الذي قد يتغير تحت ظروف معينة إلى الشكل الهندسي (trans). يعد حامض البالميتيك (C16) وحامض الستريك (C18)

من أهم الأحماض الدهنية وذلك لكونهما يدخلان في تركيب أغلب الدهون الحيوانية والنباتية ولا يحتويان على أوامر مزدوجة .

ترقم ذرات الكربون من النهاية الكربوكسيلية فتأخذ ذرة الكربون لمجموعة الكربوسيل الرقم ١ وتأخذ ذرة الكربون المجاورة لها الرقم ٢ وتعرف كذلك بذرة الكربون إلفا. (ثم تليها ذرة الكربون رقم ٣ وذرة الكربون رقم ٤) اللتان تعرفان كذلك بذرة الكربون بيتا وكاما على التوالي. أما ذرة الكربون في نهاية السلسلة (ذرة الكربون لمجموعة المثيل) فتُعرف بذرة

الكربون n فإذا احتوى الحامض الدهني على أصرة مزدوجة تقع بين ذرة الكربون رقم ٦ وذرة الكربون رقم ٧ من جهة مجموعة المثيل فإن ذلك الحامض الدهني يرمز له بالرمز n6 وبذلك فإن التسمية التي تأخذ بنظر الاعتبار موقع الأصرة هي المعتمدة في البحوث الحديثة(14).



الشكل (2) تسمية الحوامض الدهنية

إن الاستخدام المباشر للزيوت النباتية في محركات الديزل أدى إلى مشاكل بسبب اللزوجة العالية حيث تكون حوالي (١١-١٧) مرة أعلى من الديزل النفطي وبسبب التطاير الواطئ وايضا الاحتراق غير الكامل للزيوت النباتية والذي يؤدي إلى تكون رواسب عند حقن الوقود في محركات الديزل(1).

وبالرغم من لزوجة الزيوت العالية إلا أن هنالك عدة طرق يتم إجراؤها لتقليل اللزوجة العالية في الزيوت النباتية ومنها :-

١-التخفيف Dilution

وهذا يتضمن مزج (٢٥) جزءاً من الزيوت النباتية الخام (غير المتفاعلة) مع (٧٥) جزء من الديزل النفطي وذلك لتقليل لزوجة الزيوت النباتية.

٢-المستحلبات الدقيقة Micro emulsions

إن تخفيف الزيوت النباتية الخام بمذيبات ومستحلبات دقيقة من الزيوت النباتية يقلل اللزوجة، ويقلل من مشاكل أداء المحرك مثل تكوين الحاقن ، ورواسب الكربون.

وقد استخدمت المستحلبات الدقيقة التي لا تمتزج بالسوائل مثل الميثانول ، الأيثانول و المذيبات الأيونية أو غير الأيونية في تكسير الزيوت النباتية.

٣-التحلل الحراري Thermal Decomposition

هو تحلل حراري للزيوت النباتية بغياب الأوكسجين ويؤدي إلى إنتاج ألكانات ، وألكينات ، وألكاينات ، وحوامض كربوكسيلية ، ومركبات أروماتية الخ واعتماداً على ظروف العملية، يمكن تقسيم عملية التحليل الحراري إلى ثلاثة أقسام: -

١-التحلل الحراري الاعتيادي

٢-التحلل الحراري السريع

٣-التحلل الحراري الخاطف (15)

وقد تم إجراء التحليل الحراري(المعتاد) للزيوت النباتية لغرض إنتاج الوقود من الزيوت النباتية. وتضمنت منتجات بعض الزيوت النباتية مركبات الالكانات والالكينات، وتقدر بـ (60%) من الحجم الكلي للزيت المستخدم. أما الأحماض الكاربوكسيلية فتقدر بـ (10-16) (16).

٤-التكسير بالمحفز Catalytic Cracking

لقد تم دراسة التكسير بالمحفز للزيوت النباتية وذلك لإنتاج وقود حيوية سائلة من قبل بيوش (Pioch) وجماعته(16). وتكون درجات الحرارة لإنتاج منتجات التكسير محصورة بين (125-825) كلفن(17) وقد تم استخدام العديد من المحفزات لهذا الغرض من بينها(Al₂O₃،SiO₂) (18).

٥- أنتقال الأسترة بالكحولات Trans esterification with alcohols

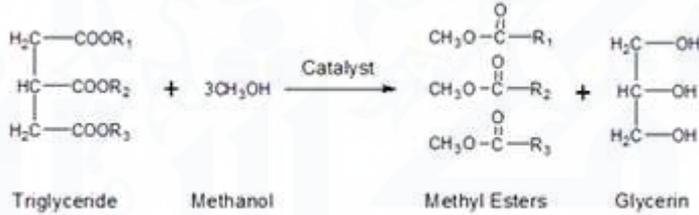
هناك أنواع عديدة من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية يمكن استخدامها في تحضير الـ (BD) والتي أجريت عليها دراسات عديدة منها زيوت فول الصويا ، وبذور اللفت ، وزهرة الشمس، وزيت السمك والشحم البقري.

إن الوقود الحيوي للمحركات يصنع عموماً من تفاعل انتقال الأسترة لثلاثي الكليسيريدات مع الميثانول بمساعدة الحفاز(19,20). وكما هو معروف فإن العناصر الأساسية للزيوت النباتية والدهون الحيوانية هي الكليسيريدات الثلاثية (TAG) وتُعدُّ الـ (TAG) أملاحاً لأحماض دهنية (FA) مع الكليسيرول(كحول ثلاثي) ، إن الكليسيريدات الثلاثية (TAG) قد تكون محتوية على نفس الحامض الدهني (FA) أو قد تحتوي على العديد من الأحماض الدهنية (FA) وإن لكل حامض دهني خواصاً فيزيائية و كيميائية مختلفة، لذلك فإن تنوع الـ (FA) للكليسيريدات الثلاثية يؤثر على خواص الزيت النباتي أو الدهن الحيواني. ولغرض الحصول على ديزل حيوي، يخضع الزيت النباتي أو الدهن الحيواني إلى تفاعل كيميائي يصطلح عليه عملية انتقال الأسترة Trans esterification (21).



الشكل (3) تحول الحامض الدهني إلى أستر

إن المعادلة العامة لعملية التحول بالأسترة (TE) ألكيل الأستر alkyl ester إلى مثل استر Methyl Ester مبينة في الشكل التالي :



الشكل (4) المعادلة العامة لعملية التحول بالأسترة

خصائص وقود الديزل الحيوي Biodiesel Fuel Properties

يتمتع وقود الديزل الحيوي بخواص عديدة وجيدة. وإن استخدام الديزل الحيوي يقلل من استهلاك المنظومات العاملة بالوقود النفطي(22) ، تعتمد كثافة وقود الديزل الحيوي على الزيوت المستخدمة أكثر من إعماده على طريقة الإنتاج (23). والديزل الحيوي سائل أصفر مائل إلى الحمرة بلزوجة مماثلة للديزل النفطي (PD) . إن (BD) غير قابل للاشتعال، مقارنة بالـ (PD) ويُعدُّ غير متفجر، و بدرجة وميض (337) K مقارنة بـ (223) K بالنسبة للـ (PD) وأن (BD) بخلاف (PD) غير سام، ويتحلل حيويًا ويقلل على نحو كبير السموم والانبعاثات الأخرى عند احتراقه على هيئة وقود (24,25). ويكون غير قابل للامتزاج مع الماء ، وله درجة غليان عالية

وضغط بخاري واطئ وكثافة أقل من كثافة الماء ولا يحتوي وقود (BD) على الكبريت، إن وقود (BD) له خواص إذابة مختلفة أعلى من وقود (PD)، ونتيجة لذلك قد يدمر الخراطيم ويهدم الرواسب المتبقية في أنابيب الوقود والتي تستعمل وقود محركات النفط وبالتالي يسد مرشحات الوقود الموجودة في المحركات (23,26) ، ولذلك يجب تغيير مرشحات الوقود الموجودة في المحركات والسخانات مباشرة عند استخدام وقود الديزل الحيوي، ويجب أن تتوافق المواد المصنوعة منها أنابيب الوقود والسخانات مع الـ (BD) (27).

الجزء العملي :

المواد المستعملة :-

استعملت المواد التالية ميثانول ، ايثانول ، ايثر بترولي ، كحول ايزوبروبيلي ، كلوروفورم ، حامض الخليك الثلجي ، يود ، بروم ، فينولفتالين ، نشأ ، يوديد البوتاسيم ، ثايوكبريتات الصوديوم ، هكسان ، حامض الهيدروكلوريك ، هيدروكسيد الصوديوم ، هيدروكسيد البوتاسيوم ، كلوريد الكالسيوم ، كبريتات المغنيسيوم ، اسيتون و جميعها من انتاج الشركات BDH, Fluka, Aldrich Merck و تراوحت نقاوتها بين % (٩٩,٧-٩٨) واستخدمت بدون تنقية .

الاجهزة المستعملة :-

مسخن حراري Prolabo Hot Plate ، محرك مغناطيسي Band T Company Magnatic Stirrer ، مقياس اللزوجة Ubbelohed ، مقياس معامل الانكسار Viscometer ، مطياف الاشعة تحت الحمراء Bruker FTIR ، ميزان حساس Sartorius photometer shimadzu 8400 S-IR-FT ، جهاز قياس نقطة الوميض BL2105 ، Clevland Flash Point .

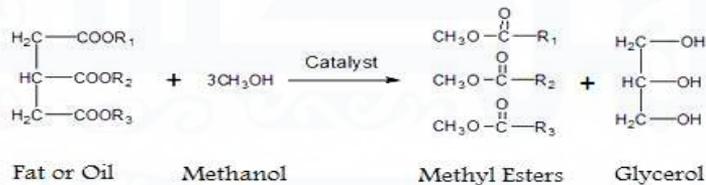
خطوات العمل :

استخلاص زيت الشبي

تم أخذ الزيت من مخلفات الشبي التجارية في المطاعم ورُشَّح بقطعة قماش (شاش) وترك لمدة أسبوع لكي ينفصل. لوحظ انفصال ثلاث طبقات الطبقة السفلى بلون مائل إلى السواد ، والوسطى ماء ، أما الطبقة العليا والتي يميل لونها إلى الأصفر فهي زيت شبي الدجاج (تسحب هذه الطبقة لغرض إجراء التجارب).

تفاعل انتقال الأسترة بوجود الميثانول
Trans esterification with Methanol

تفاعل انتقال السلسلة Tran esterification من التفاعلات الكيميائية البسيطة في الكيمياء العضوية والمتمثلة في المعادلة الكيميائية التالية:-



واستنادا إلى هذا المبدأ فقد استخدمت هذه الطريقة لعملية انتقال السلسلة بين زيت الشبي والكحول (الميثانول أو الإيثانول) لإنتاج الديزل الحيوي (Biodiesel) وبوجود حفاز قاعدي وهو هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي وبتراكيز متعددة والمحضر بإذابة (١,٥٠,٠,٧٥,٠,٢٥,٠) غم من KOH في (100) مل من الميثانول ، وضعت

كمية من زيت الشبي في دورق دائري ثم أضيف إليها هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي% (١,٥٠,٥٠,٧٥,٠,٢٥,٠) يجب أن يكون حجم هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي نصف حجم الزيت (كحول ١:٢ زيت) ترك التفاعل لمدة ساعة مع التحريك (Stirring) بدرجة حرارة المختبر ٤٠ م° والتسخين بدرجات حرارة مختلفة (٥٠, ٦٠) م°. بعد انتهاء التفاعل نقل المزيج إلى قمع الفصل وترك لمدة (24) ساعة. لوحظ تكون طبقتين الطبقة السفلى جليسيرول Glycerol والطبقة العليا مثيل استر Methyl Ester. تم فصل طبقة المثيل استر والتي تمثل الديزل الحيوي ووضعت في جهاز التقطير تحت الضغط المخزل للتخلص من الميثانول غير المتفاعل. غسلت بحجم مساو لها تقريبا من الماء المقطر الساخن مع الرج كررت العملية ثلاث مرات. بعدها وضع المثيل أستر على $MgSO_4$ أو $CaCl_2$ لغرض التجفيف لمدة (24) ساعة ورشّح فأصبح جاهزاً لغرض الدراسة وإجراء الفحوصات والتجارب عليه(28).

تفاعل انتقال الأسترة بوجود الإيثانول Trans esterification with Ethanol

تم إعادة إجراء تفاعل انتقال السلسلة وتحضير الأثيل أستر (Biodiesel) باستخدام الإيثانول وهيدروكسيد البوتاسيوم كعامل مساعد للتفاعل وكما يأتي:-
يحصل تفاعل انتقال الأسترة أو تفاعل إنتاج وقود الديزل الحيوي (Biodiesel) بوجود الحفاز القاعدي، والحفاز القاعدي المستخدم هو هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي والمحضر بإذابة (%٠,٥٠,٢٥) في (100) مل من الإيثانول. وضعت كمية من زيت الشبي في دورق دائري وأضيف إليها هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي (%٠,٥٠,٢٥) (تكون كمية هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي نصف حجم الزيت المستخدم) ترك التفاعل تحت التصعيد العكسي والتحريك لمدة ساعة وكررت العملية بدرجات حرارية مختلفة (درجة حرارة المختبر ٦٠, ٥٠, ٤٠) م°. بعد انتهاء التفاعل نقل المزيج إلى قمع الفصل وترك لمدة (24) ساعة، لوحظ تكون طبقتين هما طبقة الكليسيرول في الأسفل وطبقة الأثيل أستر Ethyl ester في الأعلى وضعت طبقة الأثيل أستر بعد فصلها في جهاز التقطير للتخلص من الإيثانول غير المتفاعل، ثم غسلت ثلاث مرات بالماء المقطر الساخن مع الرج والتحريك، جففت باستعمال $MgSO_4$ أو $CaCl_2$ ورشّحت فأصبحت جاهزة لغرض الدراسة وإجراء الفحوصات والتجارب عليها(28).

دراسة الخصائص المحددة لصلاحية الوقود الحيوي

Properties Determining Biofuel Performance

تم إجراء أغلب الفحوصات أدناه في مختبرات مصافي بيجي وحسب طرق الـ ASTM

الكثافة والوزن النوعي Density and Specific gravity

تم قياس الكثافة والوزن النوعي بأخذ قنينة حجمية سعة (50) مل خاصة لقياس الكثافة حيث وزنت مع الغطاء وهي فارغة. ثم ملئت بالماء المقطر ووزنت مع الغطاء أيضا. فرغت من الماء وملئت بـ (BD) بعد تجفيفها ووزنت مع الغطاء. أعيدت التجربة بأستعمال زيت الشبي والمستخلص وحسبت الكثافة للزيت ولوقود الديزل الحيوي من العلاقة التالية (28):

$$D = \frac{W}{V}$$

حيث أن :- D = الكثافة ، W = الوزن ، V = الحجم .

أما الوزن النوعي (SG) Specific Gravity لزيوت الشبي والمستخلص وللديزل الحيوي فقد تم حسابه من العلاقة التالية :-

$$S.G = \frac{d_{H_2O}}{d_{sample}}$$

حيث أن :

SG = الوزن النوعي ، d H2O = كثافة الماء ، d sample = كثافة الزيت أو الديزل الحيوي.

اللزوجة Viscosity

تم قياس اللزوجة بأستخدام جهاز مقياس اللزوجة النسبية (Ubbelohed Viscometer) في حمام مائي منتظم ومسيطر عليه حراريا حيث يمكن ضبط حرارته إلى حد (± 0.01) درجة مطلقة. أضيف (50) مل من نموذج (BD) وثبتت حرارة الحمام المائي عند (40) م ثم حسب الزمن اللازم لانسياب النموذج. أجريت نفس الخطوات أعلاه وبنفس الدرجة الحرارية للماء المقطر لزوجة الماء تم حساب اللزوجة للـ (BD) من العلاقة التالية (28) :-

$$\frac{d_1 t_1}{d_2 t_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

حيث أن :-

t₁ ثانية : متوسط زمن مرور الماء المقطر.

t₂ ثانية : متوسط زمن مرور نموذج الـ (BD).

d₁ غم/سم³ : كثافة الماء المقطر.

d_2 غم /سم³ : كثافة نموذج (BD).

M_1 : لزوجة الماء المقطر

M_2 : لزوجة الـ (BD)

لزوجة الماء المقطر عند درجة حرارة المختبر 25 م° (0.008937) او وحدة ستوك

Stoks = ml²/Sec

درجة (نقطة) الوميض Flash Point

وضع (65) مل من نموذج (BD) في كأس زجاجي كبير خاص بهذا القياس ووضع الكأس في نظام يحتوي على مسخن وعلى محرار يدخل في النموذج ومحرك (Stirrer) وسخن النموذج (BD) إلى أن بدأت الأبخرة تتصاعد تم تقريب شعله من البخار المتصاعد، وحسبت درجة الوميض (نقطة الوميض) في اللحظة التي تم الحصول فيها على وميض للبخار.

درجة (نقطة) الانسكاب Pour Point

تم ملء أنبوبة اختبار كبيرة Test Tube خاصة تحتوي على سداة يخترقها محرار إلى العلامة بوقود (BD) أو الزيت، ثم وضعت في حاضنة ثلج وتم متابعة الدرجة الحرارية للنموذج. حسبت الدرجة الحرارية التي توقف فيها نموذج الـ (BD) أو الزيت عن الانسكاب. تسمى هذه الدرجة نقطة الانسكاب .

معامل الانكسار Refractive Index

تم إجراء هذا القياس بوضع قطرة من نموذج الديزل الحيوي أو زيت الشبي أو المستخلص على شريحة مقياس معامل الانكسار (Refract meter) سجلت القراءة من الجهاز وتم مسح الشريحة بالماء المقطر بعدة البلائك Blank يوضع بعد كل عملية قياس (29).

(6-6-2) المحتوى المائي Water Content

استعملت طريقة (Dean - Starck) لقياس المحتوى المائي تم إذابة (10) غم من نموذج (BD) في (٢٥) مل من الإيثر البترولي (80%-100) ثم صعد المزيج لمدة نصف ساعة قطر الماء وقليل من الإيثر البترولي (80%-100) ينفصل الماء إلى الأسفل والإيثر البترولي إلى الأعلى ويقاس حجمه. يحسب المحتوى المائي وفق العلاقة التالية(30):

$$W.C. = \frac{W_{H_2O}}{W_{BD}} \times 100$$

قيمة الحامض Acid Value

تم إذابة (0.5) غم من نموذج (BD) في (25) مل من الإيثر البترولي (80-60%) وأضيف إليه (3-4) قطرات من دليل الفينونفتالين وسح المحلول

مقابل (0.01N) من هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي (اذيب KOH في كحول الأيزوبروبيل). تم ايجاد قيمة الحامض وفق العلاقة التالية⁽³¹⁾:-

$$AV = \frac{[(B-T) \times 56.1 \times N]}{wt}$$

حيث أن :-

T = الحجم النازل من السحاحة واللازم لمعادلة الحوامض الدهنية الحرة في نموذج (BD).

B = الحجم الكلي لـ KOH (0.1N) كحولي الموضوع في السحاحة.
N = نورمالية محلول KOH.

wt = وزن نموذج (BD).

رقم اليود Iodine Number

تم معايرة ثايوكبريتات الصوديوم وذلك بإذابة (٤,٩٠٣) غم من ثنائي كرومات البوتاسيوم في لتر ماء ويؤخذ منه (٢٠) مل ويضاف إلى (١٠) مل من محلول يوديد البوتاسيوم KI ١٥% و(٥) مل من حامض HCl المركز وتخفف بإضافة ٥٠ مل من الماء المقطر (الذي سبق غليه وتبريده) و يتم تسحيح المزيج مقابل ثايو كبريتات الصوديوم (المراد تعيين معايرته بدقة ،والموضوع في السحاحة) لحين ظهور لون برتقالي أو أصفر غامق عندها يضاف دليل النشا فيتلون باللون الأزرق ويستمر بالتسحيح لحين زوال اللون الغامق ثم تحسب عيارية محلول الثايو كبريتات.

تم إجراء هذا الفحص حسب طريقة هنس (Hanus) والتي تتلخص في تحضير محلول هنس بإذابة (13.2) غم من اليود في (1) لتر من حامض الخليك الثلجي ثم أضيف إليه (3) مل من البروم وترك المحلول في مكان مظلم ثم أخذ (0.25) غم من نموذج (BD) وأذيب في (10) مل من الكلوروفورم وأضيف إليه (30) مل من محلول هنس وترك المزيج في مكان مظلم لمدة (30) دقيقة مع الرج بين الحين والآخر. بعدها أضيف إليه (15) مل من KI (15%) مع الرج. وبوجود قطرات من دليل النشا (1%) . سحح المحلول مقابل (0.1N) من محلول ثايوكبريتات الصوديوم ($Na_2SO_3 \cdot 5H_2O$) أعيدت نفس الخطوات السابقة لكن بدون نموذج (BD) ويسمى نموذج البلانك (Blank) قيمة الحامض وفق العلاقة التالية⁽³¹⁾:-

$$IN = \frac{[(B-T) \times 0.127 \times 0.10 \times 100]}{wt}$$

حيث أن :

B = تمثل حجم ثايو كبريتات الصوديوم (Na_2SO_3) اللازمة لتسحيح كفي الكواشف (Blank)

T = تمثل حجم ثايو كبريتات الصوديوم (Na_2SO_3) اللازمة لتسحيح نموذج (BD). 0.1 = نورمالية محلول (Na_2SO_3).
Wt = وزن نموذج (BD).

٠,١٢٧ = وزن اليود المفترض موجود في (1) لتر.

قيمة (رقم) التصوبين Saponification Value

تم وضع (1) غم من نموذج (BD) في دورق دائري وأضيف إليه (50) مل من أستيون لإذابة نموذج (BD) ثم أضيف إليه (25) مل من (0.5N) هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي (أذيب هيدروكسيد البوتاسيوم في الإيثانول) صعد المزيج على حمام مائي لمدة نصف ساعة.

برد المزيج وأضيف إليه بضع قطرات من دليل الفينونفتالين (1%) ثم سحح مقابل (0.5M) من حامض الهيدروكلوريك المركز. أعيدت الخطوات السابقة باستخدام البلاנק بدلاً من (BD) وحسبت قيمة التصوبين من العلاقة التالية⁽³¹⁾:

$$SV = \frac{[(a-b) \times 28.08]}{wt}$$

a = حجم HCl (0.5M) اللازم لتسحيح كفى الكواشف (Blank).

b = حجم HCl (0.5M) اللازم لتسحيح نموذج (BD).

wt = وزن نموذج (BD).

قياس نسبة الأحماض الدهنية الحرة (FFA)

وضع (10) مل من نموذج (BD) أو زيت الشبي أو المستخلص في دورق دائري وأضيف إليه حوالي (5) مل من الإيثانول، سخن الخليط قليلاً لإذابة الحوامض الدهنية الحرة، ثم سحح مقابل (0.355M) من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH). بوجود قطرات من دليل الفينونفتالين (1%) تحسب نسبة الحوامض الدهنية الحرة باستخدام العلاقة التالية⁽³⁰⁾:

$$FFA \% = \frac{V \times M \times 28.2}{wt}$$

M = مولارية هيدروكسيد الصوديوم 0.355 M (NaOH).

V = حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم النازل من السحاحة.

Wt = وزن نموذج (BD).

FTIR measurements التشخيص بالأشعة تحت الحمراء

للمعاينة الكمية والنوعية لوقود الديزل الحيوي الناتج يستخدم طيف الأشعة تحت الحمراء حيث من خلاله يظهر الاختلاف الحاصل على المادة الأولية (الزيت) بعد إجراء عملية انتقال الأسترة (TE) ويجري هذا القياس بأخذ عينة من هذا النموذج ووضعه في خلية FTIR وتستخدم خلية من الـ (NaCl) ويُعدّ تشخيص الأواصر معاينة نوعية، في حين يُعدّ قياس فرق المساحة تحت قمة الحزم ومناقشتها معاينة كمية.

حساب معامل السيتان

يُعدّ معامل السيتان من أهم خصائص وقود الديزل. إن تقدير عدد السيتان صعب ولحسابه اقترحت طريقة ASTM D976 حيث يحسب معامل السيتان وفق المعادلة التالية(32):

$$CCI=46.3+ 5458 / \text{Saponification Number} - 0.225 \times \text{Iodine Number}$$

مزج الديزل الحيوي مع الديزل النفطي**Blending evaluation of Bio-diesel (B.D) with Petro-diesel (P.D)**

تم مزج وقود الديزل الحيوي (BD) الناتج من زيت شي الدجاج مع الديزل النفطي (PD) وقد قيسَت التغيُّرات التي حصلت للخصائص الكيميائية والفيزيائية. لقد تم أخذ وقود (BD) الناتج من (١% ، ٥٠% ، ٥٠% KOH) وأضيف إليه أحجام مختلفة من (PD) وباستعمال أربع نسب مختلفة هي: -

20	60	70	80	PD%
80	40	30	20	BD%

النتائج و المناقشة :**أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لزيت شي الدجاج**

ولغرض الاستفادة من هذا الزيت وتحويله إلى وقود حيوي تمت مفاعله مع الكحولات

(ميثانول، إيثانول) في وسط قاعدي بتفاعل الأسترة Trans esterification

جدول (1) : أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لزيت شي الدجاج

Property	Test Procedure	Std.BD	Value
Density (g/ml)	ASTM D 4032_91	0.86-0.90	0.895
Viscosity at40° (ml ² /sec)C	ASTM D 445	1.6-6.00	14.8
Flash Point C ⁰	ASTM D 93	47-130	175
pour point C ⁰	ASTM D 2500	Depending on the country	+6
Refractive Index		0	1.4672
Acid Value mg KOH/g oil	ASTM D 664	Max 0.50	3.366

Water Content %	D 2709	Max 0.50	0.0475
Free Fatty Acid %		3%	0.6
Iodine Number (mg I2/100 g oil)	Hanus method		90
Saponification Number (mg KOH/g oil)	ASTM D 5555-95		185

انتقال الأسترة لزيت شي الدجاج مع الميثانول

Trans esterification of Grill Chicken Oil with Methanol

إن عملية إنتاج وقود الديزل الحيوي بآنتقال الأسترة (TE) لزيت شي الدجاج تمت باستخدام الميثانول وKOH كعامل مساعد قاعدي ، بعد إجراء تفاعل انتقال الأسترة (TE) وضع مزيج التفاعل في قمع الفصل وترك لمدة (24) ساعة لكي ينفصل.

تكونت طبقتين طبقة كليسيرول

وطبقة استر وقد كانت طبقة الأستر إلى الأعلى عند استخدام تراكيز % (0.75، 1) من الحفاز القاعدي، في حين أصبحت إلى الأسفل عند استخدام تراكيز % (0.25، 0.50) من الحفاز القاعدي بعد فصل الطبقتين تم غسل طبقة الأستر بـ (5%) HCl مع الرج حيث لوحظ تحول الأستر كلياً إلى مادة بيضاء، والتي هي عبارة عن أملاح الأستر ويعزى سبب ذلك إلى أن HCl قد حطم الأستر ، كررت خطوة الغسل على العديد من النماذج وكانت تعطي نفس النتيجة أي تحطم الأستر. بعدها أجرينا خطوة الغسل على نماذج أخرى وبعد فصل الطبقتين اخذت طبقة الاستر وغسلت بماء خالٍ من الأيونات deionized water مسخّن ثلاث مرات مع الرج البسيط ولوحظ تكون مادة بيضاء قليلة عبارة عن صابون وماء كما في المعادلة الآتية :-



يحتوي الماء على كل من الميثانول و KOH غير المتفاعل. بعدها أجريت عدة خطوات غسل استخدم فيها ماء خالٍ من الأيونات (D.W) فقط. تم قياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية ونسب التحويل لإنتاج وقود الديزل الحيوي (BD) باستخدام تراكيز مختلفة من الحفاز القاعدي KOH ودرجات حرارة مختلفة والجداول التالية توضح نتائج القياسات :

جدول (2) خصائص وقود الديزل الحيوي المنتج من زيت شي الدجاج بدرجة حرارة 40 م

زيت شي	0.25%	0.50%	0.75%	1%	الخاصية
	90	90	87.5	86.4	نسبة الإنتاج %
0.895	0.889	0.887	0.881	0.811	الكثافة g/ml
14.8	3.43	3.60	3.73	3.85	اللزوجة عند 40°C (ml ² /sec)
175	105	73	80	143	درجة الوميض C°
+6	6-	0	0	3-	درجة الانسكاب C°
1.4672	1.4671	1.4668	1.4665	1.4565	معامل الانكسار
3.366	0.14	0.15	0.19	0.24	قيم الحامض (mg KOH/g) oil
0.0475	0.0139	0.0138	0.0135	0.0134	المحتوى المائي %
90	56	57.2	58	58.5	رقم اليود (mg I ₂ /100 g oil)

جدول (3) خصائص وقود الديزل الحيوي المنتج من زيت شي الدجاج بدرجة حرارة 50 م

زيت شي	0.25%	0.50%	0.75%	1%	الخاصية
	84.5	88	70.8	70.8	نسبة الإنتاج %
0.895	0.869	0.891	0.868	0.868	الكثافة g/ml
14.8	3.74	3.89	3.95	4.20	اللزوجة عند 40°C (ml ² /sec)
175	70	75	78	143	درجة الوميض C°
+6	0	3+	0	0	درجة الانسكاب C°
1.4672	1.4671	1.4676	1.4567	1.4567	معامل الانكسار
3.366	0.21	0.23	0.26	0.38	قيم الحامض (mg KOH/g) oil
0.0475	0.0140	0.0138	0.0142	0.0142	المحتوى المائي %
90	55.6	57	57	57	رقم اليود (mg I ₂ /100 g oil)

جدول (4) خصائص وقود الديزل الحيوي المنتج من زيت شي الدجاج بدرجة حرارة (60) م

زيت شي	0.25%	0.50%	0.75%	1%	الخاصية
	80	87.5	77.7	68.8	نسبة الإنتاج %
0.895	0.896	0.895	0.892	0.870	الكثافة g/ml
14.8	4.53	4.72	4.91	5.10	اللزوجة عند 40°C (ml ² /sec)
175	120	110	85	90	درجة الوميض C°
+6	5+	4+	3+	3+	درجة الانسكاب C°
1.4672	1.4672	1.4671	1.4672	1.4568	معامل الانكسار
3.366	0.27	0.29	0.30	0.32	قيم الحامض (mg KOH/g) oil
0.0475	0.0152	0.0150	0.0148	0.0145	المحتوى المائي %
90	55	56.7	57	57	رقم اليود (mg I ₂ /100 g) oil

يُعدُّ تركيز العامل المساعد القاعدي KOH عاملاً رئيسياً ومؤثراً على نسبة إنتاج وقود الديزل الحيوي (BD)، فعند ثبوت درجة حرارة التفاعل يلاحظ من الجداول (٢ و ٤) أن نسبة إنتاج وقود (BD) تصل الحد الأقصى عند تركيز (0.25%) من العامل المساعد القاعدي. إذ وصلت إلى 90% في حين وصلت 86.4% عند ازدياد تركيز العامل المساعد إلى (0.50 ، 0.75 ، 1%)، إن السبب في نقصان نسبة الإنتاج يعود إلى خاصية تكوين الصابون في طبقة المثيل استر (BD) خلال خطوات الغسل أو نتيجة تأثير زيادة تركيز KOH وتحليل الأستر وتكوين الصابون حيث إن جسيمات الصابون تكون مستحلبة مع الماء⁽³²⁾ ، وكذلك يلاحظ أن نسبة إنتاج وقود (BD) تنخفض عند زيادة درجة الحرارة من (40 إلى 60) م (أقل من درجة غليان كحول الميثانول عند بقاء تركيز العامل المساعد KOH ثابت) وبالرغم من أن العديد من الباحثين يجرون تفاعل انتقال الأسترة (TE) في درجة حرارة قريبة من درجة غليان الكحول المستخدم⁽³³⁾ . إلا أن زيادة درجة حرارة التفاعل (R.T) تؤدي إلى عدم اكتمال عملية انتقال الأسترة (TE) و هناك العديد من البحوث المنشورة التي تبين أفضل النتائج عندما ينجز التفاعل في درجة حرارة الغرفة⁽³⁴⁾ ، كانت نسبة الإنتاج عالية حيث وصلت إلى (90%) عند (40) م في حين تراجعت النسب بين (68- 88) في درجات الحرارة (50,60) م وقد يعزى سبب نسبة الإنتاج العالية عند درجة حرارة (40) م إلى أن درجات الحرارة العالية تقلل انتقال الأسترة وبالتالي تؤدي إلى تكوين الصابون وتقلل الانفصال بين طبقة الأستر وطبقة الجليسيرول^(32,34) .

إن درجات الحرارة العالية والقريبة من درجة غليان الكحول أو أعلى منها، تؤدي إلى زيادة سرعة تكوين الصوبنة بوجود العامل المساعد القاعدي وتحدث قبل أكمال عملية انتقال الاسترة. وبالتالي تؤدي إلى تقليل إنتاج وقود (BD) (32) في دراستنا لاحظنا أن كثافة وقود (BD) في درجة حرارة (40) م أقل من كثافته في درجة حرارة (50 ، 60) م حيث ازدادت الكثافة من 0.881 في درجة حرارة (40) م إلى 0.892 في درجة حرارة (60) م وذلك بسبب زيادة تكوين الصابون وقلة إنتاج وقود (BD) وبذلك نُعدّ الكثافة مؤشراً لنسبة تحويل الزيت إلى أستر (35).

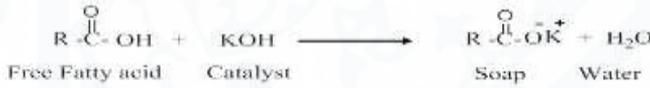
توضح نتائج اللزوجة بأن لزوجة وقود الديزل الحيوي (BD) أقل مقارنة مع لزوجة زيت شي الدجاج، وهذا يعني أن عملية انتقال الأسترة (TE) وتكون ال (BD) قد جرت بصورة كاملة مما أدى إلى تقليل اللزوجة ، وفي كل الأحوال فإن قيم لزوجة وقود الديزل الحيوي (BD) الناتج تزداد مع زيادة درجة حرارة التفاعل من (40، 50، 60) م

يلاحظ من نتائج دراستنا أن قيم درجة الوميض (TF) لزيت شي الدجاج (175) م في حين تكون درجة الوميض للوقود الحيوي الناتج منه أقل، وإن قيم (TF) ووقود (BD) الناتج في درجة حرارة (40) م تكون أقل، في حين تزداد في درجة حرارة (50 ، 60) م أي إن زيادة درجة حرارة تفاعل TE تؤدي إلى زيادة (TF) وهذا دليل على تأثير درجة الحرارة على تفاعل الكحول مع الزيت وتكوين الأستر المثلي وإن زيادة درجة الحرارة قد تؤدي إلى عدم اكتمال التفاعل بصورة كلية، وإن زيادة (TF) لوقود (BD) الناتج تزداد أيضاً مع زيادة درجة الحرارة و يُعزى السبب إلى أن زيت شي الدجاج قد يحتوي على مركبات خفيفة تتطاير أو تختفي أثناء عملية الغسل، ومرحلة التسخين وتنقية وقود الديزل الحيوي (BD) الناتج .

من الخصائص الأخرى التي تحدد نوعية الوقود الحيوي (BD) هي الخاصية الأنسيابية وهي نقطة الإنسكاب (Pour Point) وقد وجد أن (pp) للوقود الحيوي الناتج من زيت شي الدجاج بأنها تكون محصورة ما بين (-3) إلى (+6). من العوامل المهمة والمؤثرة على الخاصية الأنسيابية لوقود الديزل الحيوي (BD) احتوائه على حوامض دهنية مشبعة، وهذه الحوامض تتجمد وتصبح بلورية في الدرجات الحرارية المنخفضة في الجو البارد وبالتالي تسبب إعاقة في تدفق وقود (BD) (36)

يرتبط معامل الانكسار (RI) مع كل من الكثافة ، واللزوجة ونسبة الإنتاج من حيث تأثير درجة الحرارة عليه حيث تزداد بزيادة درجة الحرارة. تكون قيم (RI) لوقود (BD) في درجة حرارة (40) م أقل من قيم (RI) لوقود (BD) الناتج في درجة حرارة (50,60) م ولنفس الأسباب المؤثرة على الكثافة والتي سبق ذكرها . في هذه الدراسة كانت قيمة الحامض (AV) لزيت شي الدجاج mg KOH /g oil (3.366%) أما قيمة (AV) لوقود الديزل الحيوي (BD) الناتج فكانت محصورة

بين(0.14-0.32%) إن الحفاز القاعدي KOH اللازم لعملية انتقال الأسترة (TE) قد ساعد في تقليل قيمة (AV) لزيت شي الدجاج. نلاحظ أيضا أن هناك تأثيراً لدرجة حرارة التفاعل على (AV) لوقود (BD) الناتج حيث قيمة (AV) لوقود (BD) الناتج في درجة حرارة (40) م أقل من قيمة (AV) لوقود (BD) الناتج في درجة حرارة (50,60) م. أي بزيادة درجة الحرارة تزداد (AV) ، لأن تركيز الأحماض الدهنية الحرة العالي يستهلك جزءاً من الحفاز لتكوين الصابون وهذا على حساب تفاعل انتقال الأسترة (TE) لذلك يؤدي إلى نقصان في نسب التحويل وزيادة في قيمة الحامض ،لذا فإن ظروف التفاعل مهمة جداً في تغيير قيم الحامض لوقود الديزل الحيوي الناتج كما في المعادلة التالية:-



إن قيم المحتوى المائي في وقود الديزل الحيوي الناتج من زيت شي الدجاج تكون محصورة بين (0.0136%) إلى (0.015%) وهذه القيم تكون أقل من قيم المادة الأولية الزيتية (زيت شي الدجاج) الذي يحتوي على (0.0475%) ماء ولاحظنا أيضا إن زيادة درجة حرارة التفاعل تؤدي إلى تقليل المحتوى المائي و إن رقم اليود يعبر عن عدد غرامات اليود الممتصة في(100) غم من المادة الدهنية والتي تكفي لتشبع الأواصر المزدوجة الموجودة في الأحماض الدهنية غير المشبعة باليود (37) ، إن حدود (IN) المسموح بها تكون أقل من 120 g I2/100g Oil (120) . في دراستنا هذه لاحظنا إن (IN) لزيت شي الدجاج غير المتفاعل g I2/100g Oil هو (60.5) ، وكذلك لاحظنا أن الـ (IN) يقل بزيادة تركيز العامل المساعد KOH .

رقم التصوبن ومعامل السيتان Value and Cetane Index Saponification

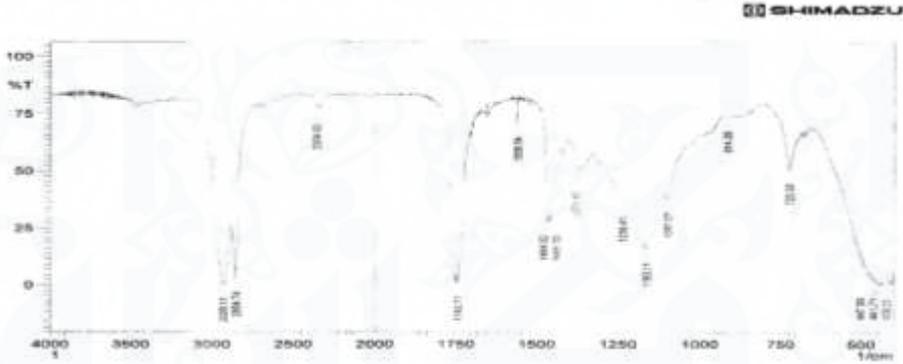
يتناسب رقم التصبن عكسيا مع طول سلسلة الزيت أو الدهن والنسب العالية منه تدل على وجود عالٍ للحوامض الدهنية الحرة (38) ، استخدمت طريقة ASTM D5555-95 لتقدير رقم التصوبن ومعامل السيتان يستفاد منه في تعيين عدد السيتان عندما تكون كمية الوقود غير كافية ويعبر عن الجودة الاحترافية لوقود الديزل والتي لها تأثير على المحرك .

قياسات أطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)

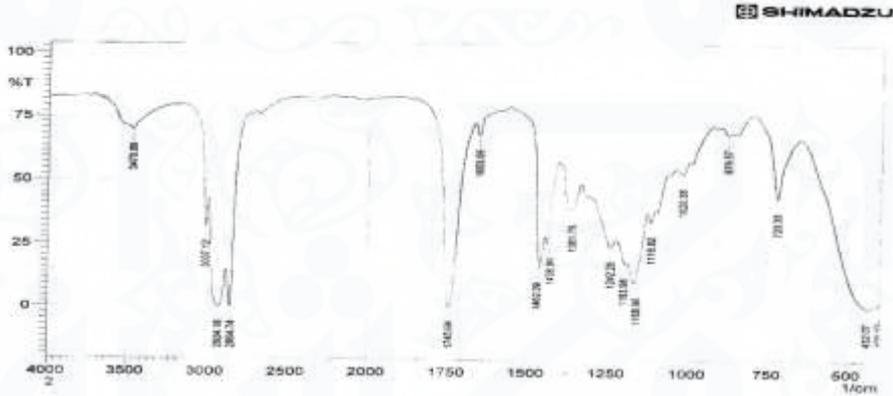
Spectroscopic Fourier transformed Infrared Measurements

تبين الأشكال أطياف الـ (FTIR) للزيوت المستخدمة ولوقود (BD) الناتج منها ، نلاحظ من أشكال IR أن حزمة الأمتصاص التي تظهر في منطقة (3007.1) cm^{-1} تدل على مط أصرة (C-H) أوليفين، و حزمة الأمتصاص التي تظهر في منطقة (2926 asy-2852 sy) cm^{-1} تدل على مط أصرة (C-H)، وايضاً تظهر حزمة

في منطقة 1462 cm^{-1} تشير إلى انحناء أصرة (C-H) العائدة إلى (CH₂) للألكان، وتظهر حزمة في منطقة $1116-1099\text{ cm}^{-1}$ تشير إلى (C-O) انحناء تشخص للأثير، والحزمة في منطقة 1462 cm^{-1} تشير إلى (C=C) مط تشخص للأوليفينات وأيضاً تظهر حزمة الامتصاص في المنطقة 1747 cm^{-1} تشير إلى (C=O) مط لمجموعة كاربونيل الأستر، وإن ملاحظة الاختلافات البسيطة لطيف وقود الـ (BD) للزيت المستخدم هو إزاحة بسيطة لمط أصرة C=O.



الشكل(5) طيف الأشعة تحت الحمراء لزيوت شي الدجاج



الشكل(6) طيف الأشعة تحت الحمراء لوقود (BD) الناتج من زيت شي الدجاج وإنتاج وقود ديزل حيوي من زيت شي الدجاج باستخدام الإيثانول ومقارنته مع الميثانول

Biodiesel Fuel Production From Grill Chicken Oil using ethanol comparison of the methanol

وبالاعتماد على النتائج المدرجة في الجدول (5) لوحظ أن نسبة إنتاج وقود (BD) الناتج تقل بنقصان التركيز وبزيادة درجة الحرارة، والسبب إلى أن ارتفاع درجة الحرارة العالية يزيد من تكون الصابون مما يؤدي إلى تقليل انفصال طبقة الأثيل أستر عن طبقة الجليسيرول كما يؤدي إلى عدم اكتمال عملية انتقال الأستر (TE) (32)

وأشارت النتائج التي حصلنا عليها إلى إن زيادة درجة الحرارة قد تسببت في زيادة الكثافة ، واللزوجة ، ودرجة الوميض ، ونقطة الإنسكاب ، والمحتوى المائي ، ومعامل الإنكسار وقيمة الحامض.

جدول (5) مقارنة بين وقود (BD) الناتج من زيت شي الدجاج باستخدام الميثانول والإيثانول بتركيز ، 0.50% ، 0.25% KOH

وقود (BD) ناتج باستخدام الإيثانول			وقود (BD) ناتج باستخدام الميثانول			تركيز KOH%	الخاصية
60 م	50 م	40 م	60 م	50 م	40 م		
						0.1 0.50	درجات الحرارة م
75 65	81 77	85 80	87.5 80	88 84.5	90 90	0.1 0.50	نسبة الإنتاج %
0.902 0.911	0.898 0.912	0.897 0.896	0.895 0.896	0.891 0.896	0.887 0.889	0.1 0.50	الكثافة g/ml
5.96 5.30	6.47 5.85	6.63 6.21	4.72 4.35	3.89 3.74	3.60 3.43	0.1 0.50	اللزوجة عند 40°C (ml ² /sec)
70 119	63 119	60 110	110 120	75 70	73 105	0.1 0.50	درجة الوميض C°
+3 +6	+1 +4	0 +6	+4 +5	+3 0	0 +6	0.1 0.50	درجة الانسكاب C°
1.4672 1.4672	1.4671 1.4672	1.4671 1.4671	1.4671 1.4672	1.4670 1.4671	1.4668 1.4671	0.1 0.50	معامل الانكسار
0.489 0.43	0.50 0.49	0.52 0.47	0.29 0.27	0.23 0.21	0.15 0.14	0.1 0.50	قيم الحامض (mg) KOH/g oil
0.0197 0.0176	0.0087 0.0173	0.0180 0.0156	0.0150 0.0152	0.0138 0.0140	0.0138 0.0139	0.1 0.50	المحتوى المائي %

وكذلك لوحظ من الجدول (5) أن لنوعية الكحول المستخدم في عملية (TE) تأثيراً على نسبة الإنتاج وعلى صفات وقود (BD) الناتج . وقد نُشير في تقارير إن عملية انتقال الأسترة (TE) باستخدام الميثانول لزيت زهرة الشمس تكون أسهل وأحسن من عملية (TE) باستخدام الإيثانول، وإن عملية فصل طور الكليسيروول تكون أصعب⁽³⁹⁾، وهذا يعني أن التركيب الكيميائي للزيت المستخدم في عملية (TE) له تأثير كبير على الإيثانول المستخدم في عملية (TE) للزيت⁽⁴⁰⁾ ولاحظنا من الجدول () أن خصائص وقود (BD) الناتج باستعمال كحول الميثانول تكون أفضل من خصائص وقود (BD) الناتج باستعمال كحول الإيثانول مثل نسبة الإنتاج، ودرجة الإنسكاب ، ودرجة الوميض وغيرها وايضاً قابلية الإيثانول على التحلل البايولوجي أكثر من الميثانول.

References:

المصادر :

1-Pryor R. W., Hanna M. A., Schinstock J. L., Bash L. L. "Trans ASAE" 44(1982)333-8.

2-Dermirbas A., "Energy and Combustion Science" 31(2005) 466- 487.

3-Knothe G., "Historical Perspectives on vegetable oil - Base Diesel Fuels" (PDF) . INFORM ,12(11)(2001)1103-1107.

4-Knothe G., "Historical Perspectives on vegetable oil - Base Diesel Fuels" (PDF) . INFORM ,12(11)(2001)1103-1107.

5-"Lipofuels : Biodiesel and Biokerosene" (PDF).Biodiesel: The official site of the National Biodiesel Board.NBB.

6-{ 1 } Quote From Tecbio Website Gerhard Knothe "the History of Vegetable Oil Based Diesel Fuels" the Biodiesel Handbook, Chapter 2 -, , ISBN 1893997790.

7- "SAE international off Highway Meeting" , SAE Technical Paper Seriesno . 83135 , Wisconsin , USA , (1993).

8- "Statistics. The EU biodiesel industry" .European Biodiesel Board, (2008).

9-M.R. Riazi , "Charecterization and Properties of Petroleum Fraction " ,ASTM ,100 Barr Harbor , West conshohoken, PA 1948-2959 , USA ,3-4.(2005).

10-Ambart S. G., " Materition milk more essential than we think " Noteworthy Nutrition, (1998) 1-4 .

11-Samuelsio G.,Bratteby L.E. and Vessby B,"Dietary Fat intake in Health adoles cents : inverse relationship between the estimated intake of SFA and Serum Cholestrol " .Birt.J.Nutr.,85(2001)333-341.

12-Murray R.K., Granner D. K., Mayes P.A., Rodwell V. W., "Harpers III Ustrated Biochemistry" Lange Medical Books / McGraw - Hill New York , (2003) 206-208.

١٣- آل فليح ، خوله أحمد " مدخل إلى الكيمياء الحياتية " الطبعة الثانية ، دار الكتب للطباعة والنشر جامعة الموصل (٢٠٠٠) ٨٣-٨٥.

14-Murray R.K., Granner D. K., Mayes P. A., Rodwell V. W., "Harpers Biochemistry" Appletion and Lange , USA (1996) 146 .

15-Demirbas A., "Energy Conversion and Management"26(2003) 2093-2109.

16-Pioch D., Lozawa M., Rasoanatoandro C. S., "Oleagineaux" 48(1993) 289-291.

17-Bhatia S., Twaiq F. A., Zabidi A. M., "Ind Engchemres"38(1999) 3230-3237.

18-Demirbas A., "Energy Sources" (2003) 457-466.

- 19-Clark S. J., Wagner L., Schrock M. D., "JAOCs" 61(1984)1632-1638.
- 20-Demirbas A., "Energy Sources" 26(2004) 361-366.
- 21-Ger H. K., Jon V. G., Jurgen K., "The Biodiesel Hand Book" (2005) 1-331.
- 22- Strahan, David " Green Fuel for the Airline Industry" , New Scientist (2669) (13 August 2008) :34-37.
- 23- National Biodiesel Board " Energy Content " (PDF) Jefferson City,USA (2005) 1.
- 24-Demirbas A., "Progress Energy Combust Sci" 31(2005)171-192 .
- 25-Demirbas A., "Biodiesel" A realistic Fuel Alternative For Diesel Engines. Springer , London(2008).
- 26- McCormick, R. L., " 2006 Biodiesel Handling and Use Guide Third Edition " (PDF) 4055 (2006)2-4.
- 27- Sergeeva YE, Galanina LA, Andrianova DA, Feofilova EP .Lipids of filamentous fungi as a material for Producing Biodiesel Fuel .Applied Biochemistry and Microbiology, 44 (2008) 523-527.
- ٢٨- العبيدي ، عبد الرحمن باسل "انتاج وقود ديزل حيوي (بايو ديزل) من مواد أولية محلية" أطروحة دكتوراه في الكيمياء الصناعية، جامعة الموصل كلية العلوم (٢٠٠٩) ٣٣ - ٣٦
- 29- Jon Van Gerpen " Business Management for Biodiesel " , Report from Iowa State University for the National Renewable Energy Laboratory ,NREL/SR-, (2004) July, 510-36242 .
- ٣٠- سعد خليل شهاب، علي محمد حسن "الكيمياء الحيوية الزراعية": الطبعة الأولى ،جامعة بغداد والنشر (٢٠٠١) ٣١- D.A. Allen and J.H. Har " علم الوقود " مترجم دار الكتب للطباعة ٧٣-٧٥
- 32-Rama dhas A . S., Jayaraj S., Muraleedharan C., " Fuel " 84(2005) 335-337.
- 33-Dos Santos I. C., DeCarvalho S. H., Teixeira D.K., Meneghetti S. M., "Bioresource Technology" 99(2008) 6545- 6550.
- 34-Encinar J. M., gonta L. J., Rodri G. J., Tejedor A. , " Energy Fyels "16 (2002)443
- 35-Dias J. M., Alvim M. C., "Fuel" 87(2008) 3572-3573.
- 36- Gerpan J. V., " Fuel Proc . Tech" 86(2004)1097-1100.
- 37-Emil A., Zahira Y., Siti K. K., Jumat S., "European Journal of Scientific Research" 29(2009)339-403.
- 38-Sharina S., Jumat S., "Malaysia J. of Analytical Sci." 10(2006)55-58.
- 39-Snail H., Canakci M., " Energy and Fuel" 22(2008)2713-2716.
- 40-Demirbas A., " biomass and bioenergy" (2008).