الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar –El Oued

كلية التكنولوجيا

Faculté de la Technologie

مذكرة مقدمة لنيل شهادة:

ماستر أكاديمي

قسم هندسة الطرائق والبتروكيمياء

الميدان: علوم وتقنيات

الشعبة: هندسة الطرائق

التخصص: هندسة كيميائية

مقدمة من طرف الطالبتين:

أم السعد دباشي

رشيدة نجيمي

بعنوان

إنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي

تمت مناقشة المذكرة في: 2017/05/28

أمام اللجنة المكونة من:

وصيف خالد محمد الطيب	دكتور	جامعة الوادي	مؤطرا
بلفار محمد الأخضر	دكتور	جامعة الوادي	رئيسا
سروطي عبد الغني	أستاذ	جامعة الوادي	مناقشا

2017/2016

تشكرات

الحمد الوفير والشكر الجزيل لله الجليل على عونه لنا وأن متا علينا بالإسلام الذي حثنا لطلب العلم وحبانا عقولا تفقه وقلوبا تبصر وبث فينا الأمل للجد في العمل، الحمد لله

من لم يشكر الناس لم يشكر الله

الشكر الأول بعد الله سبحانه وتعالى لمن هما أحق بصحبتنا في دنيتنا، والدينا حفظ الله الأحياء منهم وأطال أعمارهم ورحم الأموات وتغمدهم بواسع رحمته ورزقنا برهم.

نوصل الشكر لمن استقينا منهم العلم الذي أنار دروبنا ...أساتذتنا الكرام من الطور الإبتدائي وصولا للجامعة

نبعث خالص شكرنا وتقديرنا لأستاذنا الفاضل الذي أشرف على هذه المذكرة ولم يبخل علينا بعلمه وإرشاده الأستاذ الفاضل: **وصيف خالد محمد الطيب** جزاه الله.

كما لا يفوتنا أن نشكر الأساتذة الكرام على مد يد العون لنا الأستاذ عبد الغني سروطي، الأستاذ صادق، الأستاذ علي والأستاذة وفاء

كل الشكر لطاقم جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي خاصة مسؤولي وعمال مخابر هندسة الطرائق بكلية التكنولوجيا مع حفظ الألقاب والمقامات.

جميل الشكر والعرفان لعمال مديرية الخدمات الجامعية بالوادي ونخص بالذكر أخونا وعوننا طوال مشوارنا الجامعي محمد الصالح الأبيض (الحاج الأبيض) ولن ننسى عمي يزيد جزاهم الله عنا كل خير.

خالص عبارات الشكر للأصدقاء والزملاء في مشوارنا الدراسي كل باسمه ومقامه.

الشكر لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل من قريب أو بعيد بالنقد أو بالنصح والتوجيه.

أم السعد *** رشيدة

إهداء

أهدي ثمرة جهدي وإجتهادي بعد الله عز وجل إلى أعز ما أملك في الوجود، إلى من سهروا

على تربيتي وكانوا سر وجودي في هذه الحياة أمي الحبيبة أبي العزيز حفظهما الله وأطال

في عمرهما. ومهما فعلت لما أوافيهما حقهما.

كما اهدي هذا العمل

إلى إخوتي وأخواتي: أحميدة، زوبير، سليمة، سعيدة، حدة، حفيظة، وإلى أختي الصغيرة هبة الله

إلى كل عائلة دباشي

إلى أستاذي الكريم الذي كان المشرف الأول على مذكرتي وصيف خالد محمد الطيب

إلى كل مناضل ومناضلة من الاتحاد العام الطلابي الحر

وإلى كل من صديقاتي اللواتي قضيت أجمل الأوقات معهن في الحياة الجامعية إيمان وجميلة وسناء

ورشيدة ومباركة وإلى من صبروا وتحملونا في الفترات الصعبة

وإلى كل من ساهم في الوقوف إلى جانبي من بعيد أو قريب في إنجاز هذا العمل

أم السعد

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع

إلى من هما أحق بصحبتي... إلى من كان لهما الفضل الأول بعد الله سبحانه وتعالى

في نجاحي لأحذو هذا الحذو...

إلى قمري الذي انطفئ نوره ولم يعد بإمكاني تأمله كل ليلة أو انتظار طلعته كل شهر...

إلى روح والدي تغمدها الله بواسع رحمته ورزقني لقياه في الجنان.

إلى شمسي المتوهجة التي تنير لي دروب الحياة...إلى من سكنت الجنة تحت قدميها...إلى الصدر الحنون أمي رزقني الله برها ورضاها.

إلى من أعيش معهم حلو الحياة ومرها...إخوتي وأخواتي، أخص بالذكر البدر الذي يوهج نور بيتنا بوجوده أخي

شرف الدين.

إلى كل من يحمل لقب نجيمي وساما على رأسه.

إلى كل من يحمل شعار العلم مكللا بالأخلاق فوق كل الاعتبارات

إلى أساتذتي الكرام الذين ارتوينا بعلمهم أخص بالذكر أستاذي الفاضل وصيف خالد محمد الطيب الذي كان المشرف الأول على هذا العمل

إلى صديقتي وتوأم روحي ...رفيقة دربي التي قضيت معها أجمل أوقاتي ... حاملة فكري وتوجهي لأنها توأم روحي

زينب

إلى أخي الذي لم تلده امي الذي كان عونني طيلة حياتي الجامعية منذ عرفته محمد الصالح الأبيض (الحاج الأبيض)

إلى مدرسة الإتحاد العام الطلابي الحر التي تعلمت فيها الكثير الكثير

إلى رفيقات دربي في الدراسة أخص بالذكر: سماح، مباركة، سناء، أم السعد، لن أنسى أختي الصغرى بالإقامة

عائشة

إلى كل من عرفتها في حياتي الجامعية ولو يخط اسمها في هذا الإهداء كل باسمها ومقامها

إلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل مع حفظ الألقاب والمقامات

رشيدة

المقدمة

مقدمة:

نظرا لزيادة عدد سكان العالم والنمو الديمغرافي السريع وكذا التطور التكنولوجي في السنوات الأخيرة فرض الزيادة في الطلب عن الطاقة بوتيرة سريعة، وبحكم أن استخراج النفط من باطن الأرض لن يبقى إلى الأبد فكان لابد من إنتاج طاقة لتحريك الآليات من الطاقة النباتية والحيوانية، فالنفط المخزن في باطن الأرض يستغرق في تشكله آلاف السنين، زيادة على ذلك فالوقود البترولي المستمد من النفط له أضرار جسيمة على البيئة والإنسان، حيث ينجم عنه تلوث للبيئة بسبب انبعاث الغازات السامة في الجو التي تؤثر سلبا على الغلاف الجوي، أما المحاصيل الزيتية التي يبدأ نموها من البذرة إلى إنتاج الزيت يستغرق فقط عدة شهور، فمن هذه الطاقة الموعودة (الزيوت النباتية) يمكننا إنتاج الوقود الحيوي السائل الذي يعتبر طاقة بديلة متجددة صديقة للبيئة بالدرجة الأولى، يتم انتاجه بنوعين على نطاق عالمي هما الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي [1]، فالديزل الحيوي هو وقود بديل لمحركات الديزل التي تكتسب اهتماما في الولايات المتحدة الأمريكية بعد أن وصلت لمستوى كبير من النجاح في أوروبا [2] ، فلقد تم تسجيل إنتاج الديزل الحيوي كبراءة اختراع في 31 أوت 1930، حيث قام الباحث شافان من جامعة بروكسل ببلجيكا بوصف كيفية الحصول على البيوديزل [3].

مقارنة مع وقود الديزل البترولي فإن البيو ديزل ينتج عنه انخفاض بنسبة 45% في اجمالي انبعاثات الهيدروكربونات و47% تخفيض في انبعاثات ثاني اكسيد الكربون و66% انخفاض في غازات الدفيئة [4].

من هذا المنطلق نطرح عدة تساؤلات:

ما هو الوقود الحيوي؟، ماهي مصادره وأنواعه؟، ما هو الديزل الحيوي؟، ما مميزاته ؟، وكيف يمكن الحصول عليه؟

كل هاته التساؤلات سنحاول الإجابة عنها في عرض المذكرة والتي قسمت لجزئين، جزء نظري وجزء تطبيقي.

الجزء النظري يشمل ثلاث فصول،حيث تطرقنا في الفصل الأول لتعريف الوقود الحيوي، أنواعه والأجيال التي مر بها، ثم خصصنا الدراسة على الديزل الحيوي انطلاقا من النبذة التاريخية وصولا لمميزات البيو ديزل.

في الفصل الثاني درسنا أهم الزيوت النباتية بأنواعها، تصنيفها والخصائص الفيزيائية والكيميائية لها.

ثم حاولنا في الفصل الثالث الإلمام بطرق ومراحل إنتاج البيو ديزل، والمعادلات الكيميائية الحادثة خلال التفاعل.

الجزء التطبيقي: تناولنا في هذا الجزء من الدراسة إنتاج الديزل الحيوي مخبريا وذلك باستعمال زيت القلي المستخدم مع الكحول بوجود محفز قاعدي (هيدروكسيد البوتاسيوم) باتباع طريقة الانتقال الاستيري المحفز قاعديا، مرورا بعدة مراحل للوصول إلى انتاج بيو ديزل صديق للبيئة.

الجزء النظري

الفصل الأول:
الوقود الحيوي

أولا: الوقود الحيوي

1- مدخل:

مما لا شك فيه أن النفط الخام هو أول مصدر للطاقات المستخدمة في معظم المجالات، ولكن هذا المصدر غير متجدد ومهدد بالزوال، وله مخاطر جسيمة على البيئة بحيث يصدر غازات سامة تهدد الحياة البشرية، هذا ما جعل التوجه للطاقات البديلة والمتجددة أمر ضروري.

2- تعريف الوقود الحيوي:

الوقود الحيوي هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية وتعتبر من أهم مصادر الطاقة المتجددة على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية مثل النفط والفحم الحجري[5].

3- **أنواع الوقود الحيوي:**

يمكن تصنيف الوقود الحيوي حسب المصدر والنوع [1]:

3-1-من حيث المصدر:

- ✓ مشتق من الدهون والشحوم الحيوانية.

الدهون الحيوانية: تشمل الدهون المستخدمة لإنتاج الديزل الحيوي على الشحم، ومن بين الشحوم المختارة لإنتاجه، شحم الخنزير، دهون الدجاج ودهون السمك (في اليابان) بسبب ما تقدمها من ميزة اقتصادية، لأنها غالبا ما تكون بأسعار معقولة [6].

- ✓ مشتق من منتجات الغابات أو مخلفات المدن والصناعة الزراعية والغذائية.

3-2-من حيث النوع:

بشكل عام يمكن أن يكون للوقود الحيوي ثلاثة أنواع:

3-2-1-الوقود الحيوي الصلب:

تعتبر الكتلة الحيوية من أقدم أشكال الطاقة التي استخدمها الإنسان، حيث كانت تستخدم بشكل أساسي كوقود صلب (فحم الخشب، مخلفات كافة النباتات) والذي كان يتم اشتعاله بغرض التدفئة، إضاءة المنازل وأنشطة أخرى تتعلق بالإنتاج، إذ نجد بأن الاستخدام التقليدي كان قائم أساسا على الحرق المباشر للكتلة الحيوية وهذه العملية لا تزال تستخدم على نطاق واسع في مناطق متفرقة من العالم[1].

3-2-2-الوقود الحيوي السائل[1]**:**

ينقسم الوقود الحيوي السائل لنوعين هما:

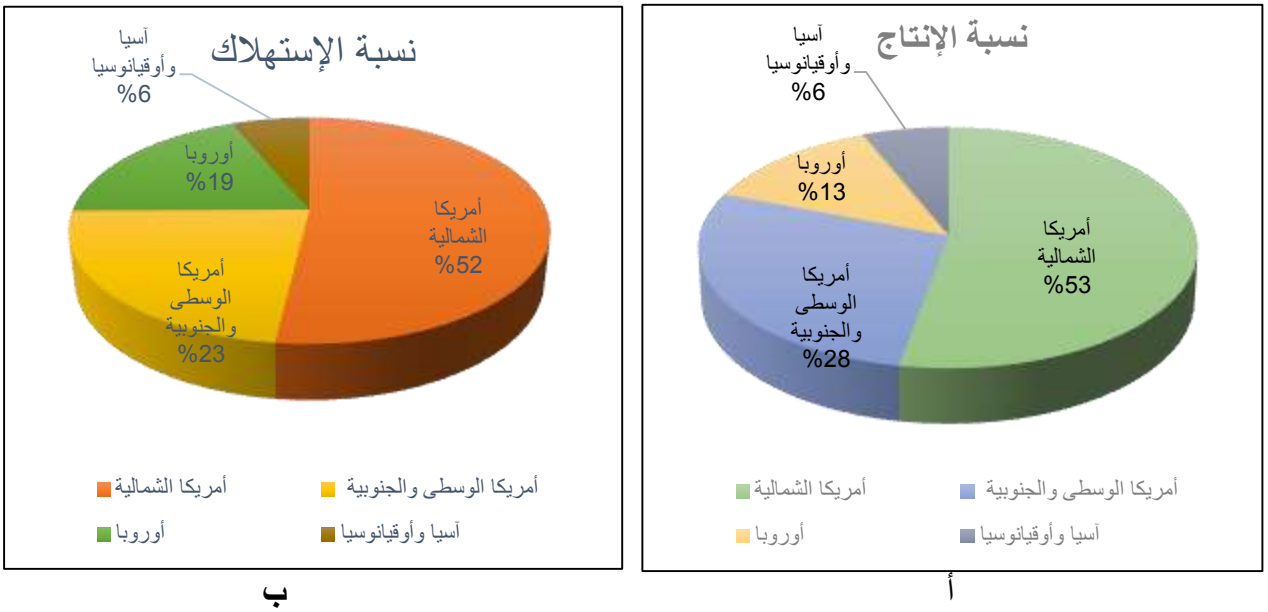
أ- الإيثانول: هو سائل كحولي شفاف لا لون له طعمه حلوا نوع ما، سريع الاشتعال، يستخدم كمصدر للطاقة بديلا عن البنزين، يتم إنتاجه في الغالب من مخلفات حيوانية والنباتات التي تحتوي كمية كبيرة من السكر والنشويات[1] خاصة قصب السكر [8،7]، الشمندر السكري، القمح[9]، والذرة[10]، وكذلك بن القهوة [11]، حيث ينتج الايثانول الحيوي عن طريق تخمير السكريات المستمدة من التحلل المائي للكتلة الحيوية

النباتية [12]، وقد عملت الحكومة الأمريكية منذ السبعينات على وضع مجموعة من الإجراءات التحفيزية لدعم صناعة الإيثانول خاصة [10].

ب-الديزل الحيوي (البيو ديزل): هو وقود بديل مصنوع من مصادر بيولوجية متجددة مثل النباتات والدهون الحيوانية، الانتقال الإستيري يستخدم لتحويل الدهون الثلاثية إلى استرات الميثيل [13]. الجدول (1) يبين كميات ونسب الإنتاج العالمي للوقود الحيوي السائل في الفترة ما بين 2001م و2009م.

الجدول 1: الإنتاج العالمي للوقود الحيوي السائل في الفترة ما بين 2001م-2009م/ ألف برميل في اليوم.

السنة	الديزل الحيوي		الإيثانول		الوقود الحيوي السائل	
	الكمية	%	الكمية	%	الكمية	%
2001	21	6.1	323.3	93.9	344.3	100
2002	27.5	6.78	378.4	93.22	405.9	100
2003	35.8	7.14	465.4	92.86	501.5	100
2004	44.3	7.96	512	92.04	556.3	100
2005	77.2	11.67	584.3	88.33	661.5	100
2006	142	16.63	712.6	83.37	854.6	100
2007	202.9	18	924.1	82	1127	100
2008	271	18.19	1218.9	81.81	1489.7	100
2009	308.2	18.84	1327.3	81.16	1635.5	100



الشكل 1: إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي في العالم (2011) [15].

نلاحظ من الشكل (1) ان نسبة الانتاج للوقود الحيوي نفسها تقريبا نسبة الاستهلاك في العالم(2011).

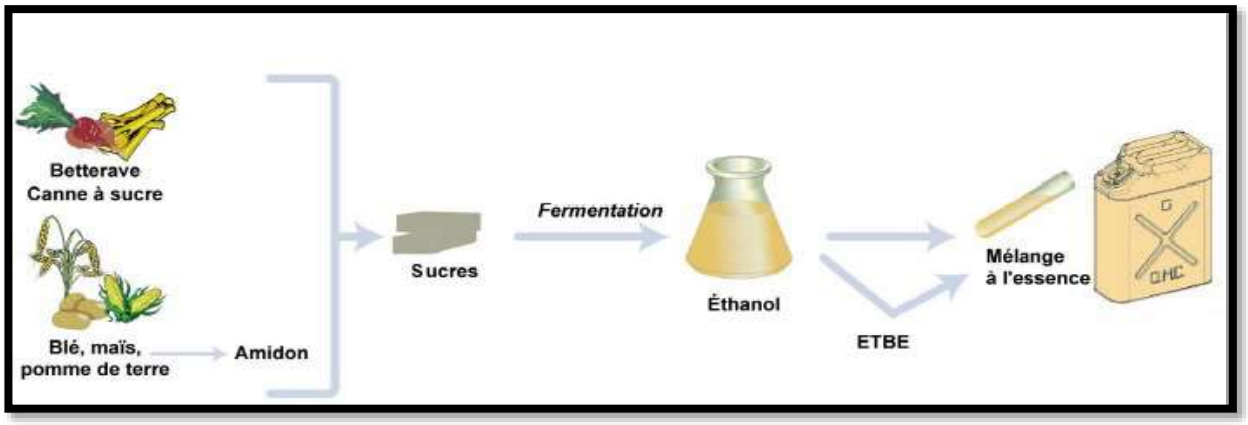
3-2-3-الوقود الحيوي الغازي:

ينتج الغاز الحيوي من تخمر الفضلات العضوية لاهوائياً، وهو يحتوي على خليط من عدة غازات أهمها الميثان، ثاني أكسيد الكربون ونسب قليلة من الأمونيا، النيتروجين، الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت، يستعمل هذا الغاز على نطاق واسع في المجتمعات الريفية في الهند وباكستان ويعرف باسم غاز"جوبار" حيث يتم إنتاجه من روث الحيوانات والمخلفات العضوية ويعتبر بديل للغاز الطبيعي، يستخدم لغايات الطهي وإنتاج الطاقة الكهربائية وتشغيل المحركات، كما يمكن استعماله للحصول على الهيدروجين المستخدم في خلايا الوقود[3].

4- أجيال الوقود الحيوي:

4-1-الجيل الأول:

يعتمد في إنتاج الوقود الحيوي على بذور وحبوب النباتات كالذرة، القمح، فول الصويا، قصب السكر[7]، اللفت، الشعير وعباد الشمس بالإضافة للتمور[16]، وكذا بن القهوة يمكن استخدامه كمادة خام في إنتاج الإيثانول الحيوي، وقد تلقت تلك الطريقة عدة انتقادات عالمية لأنها تتسبب في تحويل الكثير من الأراضي الزراعية إلى وقود حيوي، وبذلك تؤثر سلبا على النشاط الزراعي وكذا فقراء العالم بسبب ارتفاع بليغ في الأسعار العالمية للحبوب، وكذا الزيوت. الشكل التالي يوضح مراحل إنتاج الوقود الحيوي للجيل الأول.



الشكل 2: مراحل إنتاج الوقود الحيوي للجيل الأول[17،18].

4-2-الجيل الثاني:

إعتمادا على المخلفات والبقايا النباتية كسيقان القمح والذرة ونشارة الخشب [19]، أشجار التين وغيرها حيث يتم الحصول على الوقود الحيوي السليلوزي والميثانول والإيثانول الحيوي، فبالرغم من نجاح الطريقة وأهمية استخدامها في إنتاج الوقود إلا أنها أيضا تمس بغذاء المواشي من العلف، وتحرم التربة الزراعية من المخلفات التي تتحول إلى سماد عضوي يخصبها [3].

4-3-الجيل الثالث:

يتميز هذا الجيل باستخدام الطحالب لإنتاج الوقود الحيوي، إن العديد من الدراسات الحديثة أشارت إلى أن الطحالب الخضراء مصدر للوقود [20]، يندرج تحت مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة بعد التزايد المستمر في سعر الوقود الاحفوري، لها أثر محدود على البيئة، ولا تؤثر على الاحتياج العالمي للغذاء، لذلك يمكن التوصل إلى الحقيقة بأن أفضل المحاصيل التي يمكن استخدامها كوقود حيوي هي الطحالب، كونها لا تصلح للاستعمال البشري، بالإضافة لأنها تنمو في البحر أو في مزارع تستخدم فيها مياه عادية أو مياه البحر، تنمو خلال 24 ساعة و50% منها زيت، الطحالب كائنات دقيقة وحيدة الخلية، ولها قدرة على التمثيل الضوئي، وتتميز بمعدل نمو سريع، وتعتبر من أقدم أنواع الحياة على وجه الأرض، حيث يعتقد أن الوقود الاحفوري تكوّن من الطحالب في العصر القديم، [21،22،23].

4-4-الجيل الرابع:

يعد هذا الجيل أحدث اتجاه عالمي لإنتاج الوقود الحيوي، ويعتمد على إجراء تغيير في جينوم أحد الكائنات الدقيقة وهو بكتريا يطلق عليها اسم mycoplasma laboratorium بحيث تصبح قادرة على إنتاج الوقود الحيوي من غاز ثاني أكسيد الكربون[3].

5- بعض الدول المنتجة للوقود الحيوي:

5-1-الوقود الحيوي في البرازيل:

منذ 1970 والبرازيل تنتج الوقود الحيوي (الإيثانول)، تركز البرازيل في إنجاح واستدامة إنتاج هذا الوقود على استخدام وسائل أكثر كفاءة في تقنيات زراعة قصب سكر رخيص كمادة أولية ومعدات متطورة، ولإنتاج الحرارة والطاقة تستعمل بقايا قصب السكر، وقد جاء في تقرير لمركز كولورادو أوكهافن لدراسات الزراعية فإن فدانا واحدا من الذرة ينتج 57 لتر من الزيت، 182 لتر لفول الصويا، 315 لتر بالقرطم، 391 لتر بدوار الشمس، 413لتر بالنخيل، و7.030 لتر بالطحالب الدقيقة[24].

5-2-الوقود الحيوي في الهند:

لإنتاج الوقود الحيوي، تستخدم الهند محاصيل الجاتروفا[25]، وتزدهر هذه الأخيرة على الأراضي الزراعية الهامشية (في الصحراء)، حيث توفر زراعة الجاتروفا فوائد اجتماعية، فهي تتطلب تكثيف اليد العاملة وتوفر فرص عمل مقدرة بحوالي 200.000 فرصة عمل في أنحاء العالم، وغالب ما نجد القرويون يزرعون المحاصيل الأخرى تحت ظلال هذه الأشجار بالإضافة لتجنب استيراد الديزل الحيوي المكلف[24].

الشكل 3: نبات وبذرة الجاتروفا[25].

5-3-الوقود الحيوي في استراليا:

البونغاميا ريشية هي من الزيوت الغير صالحة لأكل لها أولوية قصوى لإنتاج الديزل الحيوي في الهند [26]، نوع من البقوليات تتواجد في استراليا، الهند، ولاية فلوريدا الأمريكية وأغلب المناطق المدارية، تستثمر هذه النبتة في شمال استراليا كبديل للجاتروفا، تسوق من قبل شركة طاقة الباسفيك المتجددة كمصدر لإنتاج الديزل الحيوي، حيث تستبدل محركات الديزل التقليدية بمحركات تعمل على الديزل الحيوي[24].

6- الدوافع المرتبطة بالتوجه لإنتاج الوقود الحيوي[27]**:**

الجدول رقم (2) يلخص أهم الدوافع المرتبطة بتوجه الدول لإنتاج الوقود الحيوي.

الجدول 2: يمثل أهم الدوافع للدول المنتجة للوقود الحيوي[27].

البلد	تغيرات المناخ	البيئة	أمن الطاقة	التنمية الريفية	الاستثمار والتنمية الزراعية	التقدم التكنولوجيا	أخرى
البرازيل	×	×	×	×	×	×	×
الصين	×	×	×	×	×		
الهند			×	×			
المكسيك	×	×	×	×		×	
جنوب أفريقيا	×		×	×			
كندا	×	×	×			×	
فرنسا	×		×	×	×		
ألمانيا	×	×		×	×	×	×
إيطاليا	×	×	×	×			
اليابان	×	×			×	×	
روسيا	×	×	×	×	×	×	
المملكة المتحدة	×	×	×	×			×
الولايات المتحدة الأمريكية	×	×	×	×	×	×	
الاتحاد الأوروبي	×		×	×	×	×	

7- مزايا ومخاطر الوقود الحيوي:

7-1-مزايا الوقود الحيوي[28]**:**

تعاظمت الآمال المعقودة على الوقود الحيوي في تخليص العالم من جزء كبير من مشاكله البيئية الحالية، والثابت أن تزايد الطلب على الوقود الحيوي وإمكانية نجاح هذا المصدر المتجدد لسد الفراغ القائم في مصادر الطاقة سوف يبنى عليه أكثر من نتيجة هامة وبالغة الأثر، تتمثل هذه النتائج في:

- التحول من الاعتماد على ما عرف بالذهب الأسود (البترول) إلى ما يمكن تسميته بالذهب الأخضر (الوقود الحيوي)، وما يعنيه ذلك من التحول في هيكل سوق الطاقة العالمي، بحيث يمكن للدول الغير منتجة للبترول أن تصبح قادرة على توليد الطاقة ودخول سوق الطاقة من بابه الواسع.

- إعلاء قيمة الأرض الزراعية من جديد وإحداث نهضة زراعية عالمية وشاملة من حيث استصلاح الكثير من الأراضي القاحلة وكذا الصحاري.
- على المستويين الاقتصادي والاجتماعي، سيؤدي استخدام الوقود الحيوي إلى خلق فرص عمل وزيادة الربح للمزارعين.
- حسب ما جاء في تقرير حديث لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO)، يمكن للوقود الحيوي أن يساهم في دعم خطط التنمية المستدامة في الدول النامية، خفض معدلات الفقر وتوفير مصادر الطاقة، لاسيما الطاقة الكهربائية.
- عدم إضراره بالبيئة والمناخ حيث يؤدي إلى خفض انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري، رخص ثمنه بالمقارنة مع البدائل الأخرى المتاحة[29].

2-7-مخاطر الوقود الحيوي[1]:

الواقع أن هناك أكثر من إشكالية أخلاقية وعلمية يثيرها استخدام الوقود الحيوي:

- استخدامات الأراضي الزراعية والهرولة المتوقعة نحو تحويل الحقول الزراعية المنتجة للمحاصيل الغذائية إلى مناجم كبيرة لإنتاج محاصيل الطاقة الموعودة، وما يتبع ذلك من الإخلال بالتنوع الزراعي العالمي، الجور على الغابات والمناطق الخضراء المحمية، زيادة معدلات انجراف التربة، ارتفاع مستويات التلوث المائي والجوي بسبب الكميات الكبيرة من المبيدات والأسمدة التي يطلبها استزراع محاصيل الطاقة بخاصة من الذرة.
- تعتمد الدول النامية وكذلك الدول الفقيرة على استيراد احتياجاتها الغذائية من طرف المنظمات الدولية والجمعيات، فإن هذه المخاوف ستتحول بلا شك إلى كوابيس بسبب ارتفاع أسعار المحاصيل الغذائية، نتيجة تعاظم الطلب عليها، وكذا عدم وجود فائض فيها لدى الدول المصدرة، وهذا بدوره يهدد الأمن الغذائي العالمي بشكل مباشر.

ثانيا: الديزل الحيوي

1- نبذة تاريخية عن الديزل الحيوي:

تم اختراع محرك الديزل من قبل الدكتور رودولف ديزل(1858-1913) بعد تجارب الفشل الكارثية، أظهره أخيرا في معرض باريس عام 1900م، كان أول محرك في العالم يشتغل بالديزل واستخدم لتشغيله زيت الفول السوداني 100%، وكان صاحب رؤية في عام 1912م، حيث قال أن محرك الديزل يمكن تغذيته من الزيوت النباتية وسوف يساعد كثيرا في تطوير الزراعة في البلدان التي تستخدمها، قال أيضا في نفس العام أن استخدام الزيوت النباتية كوقود للمحرك قد يبدو ضئيلا اليوم(1912م)، لكن وعلى مجرى الزمن ستصبح لا تقل أهمية على البترول، منذ وفاة الدكتور ديزل عام 1913م تم تعديل محرك سيارته ليشتغل بوقود النفط، مع ذلك فإن أفكاره واختراعه وفر الأساس للمجتمع الزراعي لإنتاج وقود متجدد منتج

محليا، في عام 1930- 1940 تم استخدام الزيوت النباتية(الديزل الحيوي) كبدائل للديزل(التقليدي) من وقت للآخر، وفي الآونة الأخيرة بسبب ارتفاع أسعار النفط الخام ازدادت الاهتمامات بالبيئة وأصبح هناك تركيز كبير على الزيوت النباتية والدهون الحيوانية من جديد لإنتاج الديزل الحيوي[30،31].

2- تعريف الديزل الحيوي:

هو وقود غير سام وقابل للتحلل، ينتج من مجموعة المواد العضوية الخام والمتجددة، بمافي ذلك الزيوت النباتية الطازجة أو المستخدمة، ينتج أيضا من الدهون الحيوانية [32]، وبالتالي يمكن أن يحل محل الديزل القائم على النفط، استخدام الديزل الحيوي في محركات الديزل كبديل للمنتجات النفطية سواء B100 أو ممزوج بالديزل النفطي لا يتطلب أي تغيرات للمحرك ما لم تتجاوز نسبة المزج 20%[33]، هو ثاني أكثر وقود حيوي استخداما في العالم بعد الإيثانول الحيوي[34،35].

التعريف التقني لكلمة بيو ديزل هو: أستر ألكيلي للحمض الدهني المستخرج من مواد دسمة متجددة، مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية لاستعماله في محركات الديزل، أو هو تفاعل بين الزيت النباتي، الدهن الحيواني أو زيت الطبخ المستعمل، ترجع كذلك كلمة بيو ديزل إلى الوقود النقي 100% الذي تتوفر فيه مقاييس الجودة العالمية المنصوص عليها من طرف المنظمة العالمية الأمريكية لمراقبة جودة المواد (ASTM) [36،37].

3- التركيبة الكيميائية للديزل الحيوي:

يتركب البيو ديزل من ميثيل أوايثيل استر، وصيغته الكيميائية بشكل عام R-COOR1 حيث R1 هو جذر المثيل أو الإيثيل المرتبط بجذر الحمض الدسم -COORعلما أن R سلسلة غير مشبعة، ويمكن أن تكون مشبعة أو حاوية على رابطة مزدوجة أو أكثر[38].

4- اصطلاحات عامة للبيو ديزل[30]:

- 100% ديزل الحيوي، يشار إليه B100.
- 20% ديزل حيوي، 80% بترو‌ديزل، يشار إليه B20
- 5%ديزل حيوي، 95% بترو‌ديزل، يشار إليه B5.
- 2%ديزل حيوي، 98% بترو‌ديزل، يشار إليه B2.

5- دورة حياة الديزل الحيوي:

يأخذ النبات ثاني أكسيد الكربون المنبعث من السيارات والمصانع بالإضافة التركيب الضوئي، بعد حصاده وتصديره لمصانع التكرير يتم معالجته لاستخراج الزيت الذي قد يستخدم للطعام ومن ثم يصفى ويعالج لينتج الديزل الحيوي، ليستخدم هذا الأخير للمركبات والآلات الصناعية وبدورها تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون بأقلية، وهكذا[30].

6- مميزات الديزل الحيوي:

- **اقتصادي:**

يمكن أن ينتج الديزل الحيوي من قبل الأفراد على نطاق صغير غير مكلف نسبيا، مقارنة بالديزل الأحفوري، وتتراوح الأرقام ما بين 0.4 دولار للغالون الواحد إلى 1.25 دولار تبعا لتكلفة المواد المطلوبة لتحقيق ذلك، وأكثر الناس قد ينفقون مئات أو آلاف الدولارات على فواتير الوقود، وباستخدام الديزل الحيوي يتحقق التوفير والتعويض من الاستثمار الأولي للمعدات اللازمة لإنتاج الديزل الحيوي في غضون أشهر [30].

- **متجدد:**

قد يوصف الوقود الحيوي لخصائصه المتجددة بدلا من صنع وقود من مواد محدودة، فالبيو ديزل يستخرج من مواد طبيعية حيوية متجددة مثل الزيوت النباتية والشحوم الحيوانية[30،39].

- **صديق للبيئة:**

لا يسهم في زيادة ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي مما يؤدي للتقليل من شدة الاحتباس الحراري، يعتبر أفضل من وقود الديزل النفطي من حيث محتوى الكبريت، المحتوى العطري[5]، نقطة الوميض مرتفعة بالنسبة للديزل الحيوي تقدر ب 350° F مقابل 43° F بنزين، عند استخدام الديزل الحيوي للمحركات، نضمن انخفاض كبير لانبعاث الغازات والمواد الكيميائية السامة، وحسب الدراسات التي أجراها مخبر الطاقة المتجددة القومي الأمريكي أثبت أن استخدام هذا النوع من الوقود يساعد البيئة في التخلص من انبعاث الغازات السامة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون و الهيدروكربونات ....الخ بمعدل 90%، يتحلل في الماء بنسبة 85% في أقل من شهر وهذا يؤهله لأن يكون أقل تلويثا للبيئة من المنتجات البترولية، التي تبقى في البيئة دون تحلل لسنوات، يقلل من انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري، يمتاز الديزل الحيوي أيضا بالكثير من الصفات والخصائص الكيميائية و الفيزيائية ، فنظرا لاحتوائه على أعداد أقل من ذرات الكربون مقارنة بالديزل الأحفوري، فهو يكاد يخلوا من الملوثات الكيميائية الموجودة في الوقود التقليدي، كالرصاص والكبريت والمعادن الثقيلة [30].

- **يدعم المزارعين:**

يساعد المجتمع الزراعي لأنه في الأصل مستخرج من المحاصيل الزراعية، ويجعل المزارعين المحليين يستفيدون من الزيادة في الزرع والتصدير للشركات المصنعة للديزل الحيوي [30].

- **جيد للمحركات:**

يضمن طول مدة الحياة للمحركات، بسبب لزوجته العالية مقارنة بالديزل النفطي[30]، وهذا ما يجعله مميز بميزة المحافظة على المحركات، القطع المطاطية للمضخات والكثير من القطع والأجزاء الهامة للمحرك[36].

- **معامل الأمان:**

دلت الدراسات على أن معامل الأمان safety factor في البيو ديزل أكثر من معامل الأمان للديزل النفطي، حيث أن عملية نقل وتداول وتخزين هذا النوع من الوقود أكثر أمانا لأن درجة اشتعاله 167 درجة مئوية بينما درجة اشتعال الديزل الأحفوري 70 درجة مئوية[36].

7- استخدام الديزل الحيوي:

إن الحافلات وغيرها من المركبات التي تعمل على الديزل سوف تعمل بنظافة أفضل إذا تم مزج البيو ديزل الناتج عن الزيوت النباتية مع الديزل العادي، إن قسم البحث الزراعي في أمريكا (ARS) بدأ بالقيام بتجارب على مدار عام في مركز البحوث الزراعية بيلسفيلين (BARC) في ميرلاندا، حيث يوجد لدى (ARC)65 عربة تعمل على(B20) أي 20% بيوديزل و80% ديزل عادي، وتعد هذه التجارب جزءا من الجهود المبذولة للحد من الاعتماد على النفط، ولخلق تسويق جديد للزيوت والشحوم النباتية[40].

الفصل الثاني:
الزيوت النباتية

1- مدخل:

تعد الزيوت النباتية والمواد الدسمة من المركبات الطبيعة التي تدخل في تركيب جميع الكائنات الحية النباتية والحيوانية وتلعب دور هاما في حياة الإنسان كمواد غنية بالطاقة، حيث تنتج من الطاقة الحيوية ضعف الكميات المماثلة من المواد البروتينية أو الكربوهيدراتية، فمنذ ألاف السنين والإنسان يستخدمها لتلبية حاجاته في الطبخ والتدفئة والإنارة، ومؤخر استغلت في إنتاج الطاقة (الطاقة الحيوية البديلة والمتجددة) وذلك بتحويل الزيوت إلى وقود حيوي (إيثانول والديزل الحيوي) [41].

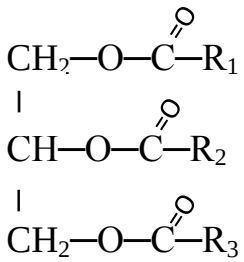
تعتبر صناعة الزيوت النباتية من الصناعات الرئيسية الهامة في معظم دول العالم وفي القطر العربي، يوجد العديد من هذه الزيوت ومن بينها زيت النخيل وزيت الفول السوداني ...الخ[42].

2- تعريف الزيوت النباتية:

الزيوت النباتية هي مواد غير قابلة للذوبان في الماء، تستخرج من بذور النباتات مثل فول الصويا وبذور اللفت (الكانولا) أو جوز الهند وغيرها[43]. الزيوت النباتية مستمدة من النباتات (فول الصويا عباد الشمس والنخيل... الخ) المختلفة تحتوي الغالبية العظمى من الدهون الثلاثية [44]، بنسبة لا تقل عن 95%، من وزن الزيت [45].

3- التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية:

تتكون الزيوت النباتية والدهون مهما كان مصدرها من مزيج مختلف الغليسيريدات الثلاثية Triacylglycerols ويأتي الإختلاف بين هذه الأخيرة حسب الأحماض الدسمة المرتبطة وليس بالصيغة العامة، فمن خصائص الدسم والزيوت أن بعض الأحماض الدسمة تميل إلى الغالب والبعض الآخر يغيب أو يوجد بكميات قليلة، وفي الواقع كل الجزيئات تكون غليسيريدات ثلاثية[38].



الشكل 4: الصيغة الكيميائية للدهون الثلاثية[46].

4- أنواع الزيوت النباتية[47]:

تنقسم الزيوت النباتية إلى ثلاثة أنواع:

- **الزيوت الغذائية:**

كزيت بذور القطن، زيت الفول السوداني، زيت عباد الشمس، زيت السمسم، وزيت الذرة...الخ وتعتبر أكثر الزيوت شيوعا، ومن الملاحظ أن هناك تنوعا في الزيوت النباتية المنتجة من مختلف الدول فبينما تعتمد صناعة الزيوت النباتية في الولايات المتحدة الأمريكية على فول الصويا وبذرة القطن وغيرها، أما شرق أوربا والاتحاد السوفيتي وفي آسيا تعتمد على بذور الفول السوداني وفول الصويا وبذور الخردل.

- **الزيوت النخيلية**:

مثل زيت جوز الهند، زيت نوى البلح وزيت البلح.

- **الزيوت المستخدمة في الأغراض الصناعية:**

وغالب ما تكون رخيصة الثمن مثل زيت الكتان والخروع والتانج.

5- تصنيف الزيوت النباتية:

كانت الزيوت والدهون قديما تقسم على حسب رقمها اليودي، حيث أن لعدد الروابط المضاعفة في جزيئة الحمض الدسم تأثير كبير على خواص الزيت، حيث قسمت الزيوت السائلة إلى ثلاث مجموعات الآتي ذكرها[48]:

- **الزيوت الجافة:**

تتألف الزيوت الجافة (زيت الكتان زيت القنب) من غليسريدات حمضية وتتميز بقابليتها للجفاف عند تعرضها للضوء والهواء، وخاصة عند ما تكون على شكل طبقات رقيقة وعند اتحادها بالأكسجين فيزيد وزنها 11-18%، ويسمى زيت الكتان المؤكسد والمضاعف اسم اللينكوسين وهي مادة غليظة القوام ذات لون بني وتستعمل في صناعة الدهانات الزيتية[49].

- **الزيوت غير جافة:**

تنشأ الزيوت غير الجافة (زيت الزيتون – زيت اللوز) من كميات كبيرة من ثلاثي الزيتين وعندما تتعرض للضوء وهذا بسبب تفككها بتأثيرات العضوية المجهرية (البكتيريا) إلى غليسرين وحموض مشبعة وغير مشبعة، وتنقسم الحموض غير المشبعة الناتجة التأكسد إلى ألدهيدات وحموض أفقر عددا بذرات الكربون، وتتفكك الحموض المشبعة بتأثير العضويات المجهرية متأكسد في الموقع β لتعطي سيتونات لبعضها مثل ميثيل هبتيلسيتون ذو الرائحة الزنخة غير المقبولة[49].

- **الزيوت نصف الجافة:**

كزيت عباد الشمس وزيت القطن، وتختلف الزيوت نصف الجافة عن الزيوت الجافة بكونها فقيرة من حمض القنب وتختلف كذلك عن الزيوت غير الجاف بغناها النسبي لحمض الكتان[49].

6- تصنيف الزيوت النباتية في الوقت الحاضر: تصنف الزيوت الحديثة حسب الأحماض المكونة لها

6-1-مجموعة زيوت حمض اللوريك:

تحتوي الزيوت على حمض اللوريك بنسبة تتراوح ما بين 40_50% وعلى كميات قليلة من الأحماض الدسمة المشبعة، أما الأحماض الدسمة الغير مشبعة كحمض الأولئيك وحمض اللينوليئيك تكون بنسبة أقل من الأحماض الدسمة المشبعة.

صيغته العامة هي: $C_{12}H_{24}O_2$

والصيغة التفصيلية بالشكل التالي: $CH_3(CH_2)_{10}COOH$

تتميز مجموعة هذه الزيوت بصغر الأوزان الجزيئية للأحماض وبدرجة عدم تشبع بسيطة مع نقطة انصهار منخفضة نسبيا، وتعتبر من الزيوت الرخيصة الثمن ونذكر منها[48]:

- ❖ **زيت جوز الهند:**

يستخرج زيت جوز الهند من ثمرة جوز الهند، ذات الشكل البيضوي والتي تنمو في المناطق الاستوائية، كما أنه غني بحمض اللوريك، يعد مضادا للفيروسات والجراثيم، يستخدم أساسا في مستحضرات التجميل [50]، يبلغ وزن ثمرة جوز الهند حوالي 1_2 كغ ويغطيها من الخارج طبقة وبرية تليها القشرة السيللوزية الصلبة[48].

6-2-مجموعة زيوت حمض البالمتيك:

الصيغة المجملة: $C_{16}H_{32}0_2$

الصيغة التفصيلية: $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ [48].

- ○ **زيت النخيل:**

زيت النخيل هو سائل دهني مستخلص من لب ثمرة النخيل Elaeis guineensis وتعد من أكثر الزيوت النباتية الغنية ب مادة بيتا كروتين (béta carotène)، يعتبر مكون صناعي في الصناعات الغذائية ومستحضرات التجميل، ينتج في العديد من دول افريقيا وخاصة ساحل العاج، غانا، نيجيريا وغيرها[51].

الشكل 5: لب ثمرة النخيل[52].

3-6-مجموعة زيوت حمض الأولئيك:

صيغة المجملة: $C_{18}H_{34}O_2$

صيغة التفصيلية: $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ [48].

- **زيت الزيتون:**

يوجد في لب وبذور ثمار الزيتون، إذ يعتبر من أقدم الزيوت المعروفة وأغلى أنواع المواد الدسمة، تعد شجرة الزيتون من الأشجار الخشبية المثمرة والتي تزرع على سواحل البلاد الواقعة على شاطئ البحر الأبيض المتوسط (اسبانيا، تونس، مصر، الجزائر، سوريا، فلسطين) وكثير من دول العالم[48].

الشكل 6: يمثل ثمار الزيتون[53].

يحتوي لب ثمار الزيتون على 15__30% زيت أما البذور فتحتوي على 10__15% زيت، أما نسبة الزيت في كامل الثمرة بين 20__30% وهذا يتبع الصنف، درجة النضج، حالة الطقس والعديد من العوامل الأخرى[48]، وتعد من الزيوت الغذائية التي اهتم الإنسان بها لعظم فوائدها، كونه زيتا مباركا[54].

- **زيت الفول السوداني:**

يستخرج من لب حبوب الفول السوداني، تعد البرازيل الموطن الأصلي للفستق السوداني وبعدها نقل إلى إفريقيا بواسطة البحارة البرتغاليين حيث تمت الزراعة في السنغال ونيجريا ثم إلى شواطئ ساحل العاج وبعدها السودان ومن ثم سمي بالفول السوداني، يزرع الفول السوداني للحصول على بذور تحتوي على نسبة عالية من الزيت، يستخدم في صناعة الزبدة النباتية وصناعة الصابون[48].

الشكل 7: يمثل الفول السوداني.

4-6-مجموعة زيوت حمض اللينوليئيك:

صيغته المجملة: $C_{18}H_{32}O_2$

صيغته التفصيلية: $CH_3\ (CH2)_4CH\ CHCH_2CH\ CH\ (CH_2)_7COOH$

- **زيت بذور القطن:**

يعتبر زيت بذور القطن من محصول زراعة نبات القطن الحولي، يتواجد الزيت في لب بذور القطن، حيث يزرع نباتها في الكثير من دول العالم العربي والأجنبي[48]، تصنف من بين خمسة زيوت الصالحة للاستهلاك والأكل في جميع أنحاء العالم[55].

- **زيت بذور عباد الشمس:**

يستخرج زيت عباد الشمس من بذور عباد الشمس، ويمكن زراعتها في أماكن مختلفة من العالم منها أمريكا، نقلت بذورها عام 1659 إلى اسبانيا نسبة الزيت انذاك 30 _ 32%، قدمت بعدها روسيا صنفا جديد بطريقة التهجين الذي تجاوز الزيت نسبة 40_ 50% ويعتبر زيت طبي مقاوما للأمراض، وكذلك يمكن استخدامه في المواد الغذائية المتنوعة بهدرجته لإنتاج السمن النباتي والمرغرين، وفي صناعة الصابون، كما يأكل بذوره بعد التحميص والتمليح، يستخدم كذلك في إنتاج الديزل الحيوي[48].

الشكل 8: نبات عباد الشمس.

- **زيت السمسم (huile de sesame):**

يستخرج زيت السمسم من بذور السمسم، تعتبرأثيوبيا الموطن الأصلي لزيت السمسم في القارة الإفريقية، ثم دخل إلى الهند والصين والفلبين، واعتقد أنه غذاء شعبيا في جنوب أسيا وشمال إفريقيا منذ ألفي عام قبل الميلاد، كما تنتشر زراعة السمسم حاليا في المناطق الواسعة من العالم، يستعمل السمسم على شكل أساسي للحصول على الزيت وذلك بعد عملية عصر البذور التي تحتوي على نسبة الزيت 45-58%[48].

الشكل 9: يمثل بذور السمسم[53].

- **زيت القرطم:**

القرطم عضو من عائلة (Asteraceae) يطلق عليه الزعفران الكاذبة يعتبر من المحاصيل الزراعية القديمة يسمي بالعربية العصفر يزرع في جميع أنحاء العالم لكن حسب المناطق ذات المناخ الحار[56]، يستخرج زيت القرطم عن طريق عصر البذور لينتج زيت يتميز بلون أصفر فاتح وطعمه جيد[48]، كما يعد من الزيوت المستقرة التي لا تتغير في درجات الحرارة مما يجعله مناسبا لاستخدامه في الأطعمة المثلجة ولا تعطي رائحة أو دخانا أثناء عملية القلي، زيت بذرة العصفر ذو نوعية مناسبة في صنع مواد للطلاء والألكيدات بسبب جفافه السريع، ويستعمل في صناعة الصابون وكذلك في إنتاج الديزل الحيوي.

لقد أصبح العصفر أحد مصادر الإنتاج العالمي للزيت النباتي وهو من الزيوت القابلة للاستهلاك البشري، وكما هو معروف فإن تركيب الحموض الدسمة في الزيت النباتي هو من أهم العوامل في استخداماته التجارية ففي دراسة سابقة تبين أن مجال تغير النسب المئوية لمحتوى الحموض الدسمة لزيت بذور العصفور المزروعة في الموسم الربيعي كما يلي:

حمض النخيل (Palmitic) $C_{16} : 0$ = [5.87 ← 7.04] %

حمض البالميتوليك (Palmitoleic) $C_{16}: 1$ = [0.10 ← 0.34] %

حمض الشمع (Stearic) $C_{18}: 0$ = [1.84 ← 2.23] %

حمض الزيت (Oleic) $C_{18}: 1$ = [14.07 ← 62.13] %

حمض الكتان(Linoleic) $C_{18}: 2$ = [29.28 ← 77.48] %

حمض القنب (Linolenic) $C_{18}: 3$ = [0.24 ← 0.38] %

تبين أن مجموع الحموض الدسمة المشبعة لا تتجاوز 10%، أما الحموض الدسمة غير المشبعة فتمثل باقي النسبة المئوية، ممثلة في أغلبها بحمض اللينوليئيك وحمض الزيت[57].

- **زيت اللوز:**

يستخرج زيت اللوز من بذور نبات اللوز المر أو الحلو، وهو عبارة عن سائل زيتي عديم اللون أو أصفر ذهبي ضعيف الرائحة وطعمه لطيف، شحيح الذوبان في الكحول 90%، يمتزج مع الايثر والكلوروفورم، يستخدم في الأغراض الطبية[48].

6-5-مجموعة زيوت حمض اللينولينيك:

الصيغة المجملة: $C_{18}H_{30}O_2$

الصيغة المفصلة: $CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_4COOH$

وهي مواد دسمة لها خاصية الجفاف لاحتوائها على نسبة عالية من الأحماض الدسمة غير المشبعة[48].

- **زيت فول الصويا:**

يعد فول الصويا من النباتات البقولية المنتشرة في العالم، تزرع في الصين، كوريا، اليابان، الولايات المتحدة الامريكية، الهند ودول أوروبا، وذلك لأهميته الاقتصادية والغذائية فهو غذاء رئيسيا في دول شرق آسيا، ويعد مصدرا للزيت، إن الزيادة مستمرة في الاستخدام العالمي لفول الصويا نتيجة لزيادة الاستهلاك العالمي للزيوت والدهون ليس للأغراض الغذائية فحسب، بل من أجل إنتاج الديزل الحيوي، حيث تقوم بعض البلدان مثلا الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية في الآونة الأخيرة بتنفيذ سياسات تشجع على إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي[58].

الشكل 10: يمثل بذور الصويا[53].

- **زيت العنب:**

أنتج زيت بذر العنب لأول مرة في جنوب فرنسا عام 1900 كبديل لزيت الزيتون، وبذور العنب هي المخلفات الناتجة عن صناعة النبيذ والعرق حيث يتم اليا فصل البذور عن ثمار العنب ثم تغسل لإزالة اللب الملتصق وتجفف وتطحن بعد تسخينها ثم تعصر هيدروليكيا ثم يروق الزيت ويصفى كما يعتبر زيتها مصدر لفيتامين Fويحتوي على أكثر من 50%من حمض لينوليئيك[48].

6-6-مجموعة زيوت حمض الأروسيك:

الصيغة المجملة:$C_{22}H_{42}O_2$

الصيغة التفصيلية:$CH_3(CH_{2:7}CH= CH\ (CH_{2:11}COOH$

- **زيت اللفت:**

دخل زيت اللفت إلى أوربا في القرون الوسطى، يستعمل في صناعة النسيج، يستخدم زيت اللفت في التغذية والإضاءة منذ قديم الزمان في مناطق الشرق الاقصى[48]، يستخدم أيضا بسهولة كوقود حيوي وهو غير مكلف[55].

6-6-مجموعة زيوت الأحماض الهيدروكسيلية:

صيغته المجملة: $C_{18}H_{34}O_3$

صيغته التفصيلية: $CH_3\ (CH_2)\ _5CHOHCH\ CH\ (CH\ _2)\ _7COOH$

- **زيت الخروع:**

يتم استخلاص زيت الخروع من نبات الخروع اسمه العلمي *ricinuscommunis* يوجد في المناطق الأسيوية[59]، تصنف من بين النباتات السامة، كما ترجع تسميتها على وجود نوعين من الغلوكوبروتينات وهي RCA_{120} RCA_{60} ويتم استخلاص منها زيت الخروع الذي يستعمل في مختلف المجالات دوائية وتجميلية[60].

الشكل 11: يمثل نبات الخروع.

يستعمل كزيت محركات وبشكل خاص في محركات الطائرات يستعمل إلى حد ما بشكل واسع في صناعات ولاسيما صناعة الأصباغ وفي المواد المطاطية وكذلك الصابون[59].

7- الخواص الفيزيائية للزيوت النباتية:

7-1-اللزوجة:

تقدر لزوجة الزيوت لأهمية أنها تعبر عن مدى صلاحية الزيت لاستعماله في التزييت، ورغم أن منتجات البترول الآن تستعمل للتزييت، إلا أن بعض الزيوت الغذائية لازالت تحتل مكانا مرموقا في بعض

عمليات التزييت، واللزوجة تتناسب عكسا مع درجة عدم تشبع الزيت كلما زادت درجة عدم تشبع الزيت كلما قلت اللزوجة والعكس[48].

7-2-الوزن النوعي:

الوزن النوعي للمواد الدسمة يكون دائما أقل من الواحد ولذلك فهي تطفو على سطح الماء، وقد يتأثر الوزن النوعي بعاملين هما:

- **درجة عدم التشبع:** تزداد الكثافة بزيادة درجة عدم التشبع وكذلك وجود مجموعات الهيدروكسيل في الأحماض الدهنية.
- **الوزن الجزيئي:** تقل الكثافة بزيادة الوزن الجزيئي.

يحسب الوزن النوعي للزيوت عند درجة 20°C بالعلاقة التالية: [61].

$$\text{الوزن النوعي للزيوت} = \frac{\text{وزن حجم معين من الزيت عند درجة حرارة 20م°}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند درجة حرارة 20م°}}$$

الشكل 12: قانون حساب الوزن النوعي للزيوت[48].

تتراوح كثافة الزيت النباتي بين 0.915 % - 0.964 % [62].

7-3-التوتر السطحي:

تمتاز الغليسريدات النقية بأنها منخفضة التوتر السطحي بالنسبة إلى مكونات غير الغليسريدية في الزيوت، ولذا فإنها لا تميل إلى الالتصاق بأسطح الادمصاص كدرجة المكونات غير الغليسريدية ، ولذا نستعمل هذه الخاصية في التبيض العادي للزيوت والدهون حيث تقوم المادة المبيضة بإدمصاص المكونات غير الغليسريدية أكثر من إدمصاص لزيوت والدهون وبذلك تخلصه من بعض مكوناته غير الغليسريدية وخاصة الصبغات منها وقد وجد أن التوتر السطحي يزداد بازدياد الوزن الجزيئي للزيت أوالدهن كما وجد أن التوتر السطحي يتناسب عكسا مع درجة الحرارة [61].

7-4-درجة الانصهار:

الدهون الموجودة في الطبيعة عبارة عن مزيج غليسريدات عديدة ومختلفة ليس لها نقطة انصهار محددة بل تنصهر بالتدرج في عدة مجالات متسعة من درجات الحرارة، (الجدول 3) [61].

الجدول 3: مجالات درجة الانصهار لبعض الزيوت النباتية [48].

المادة الدسمة	درجة الانصهار
زيت الزيتون	9-0
زيت الفستق السوداني	-2حتى3
زيت بذور القطن	-4حتى-2
زيت الذرة	-18حتى-10
زيت دوار الشمس	-18حتى-10
زيت السمسم المكرر	-2حتى3
زيت فول الصويا	-18حتى-8
زيت بذر الكتان	-20حتى-10
زيت جوز الهند	27-23
زيت النخيل المكرر	45-35

7-5-الذوبانية:

المواد الدسمة لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في بعض المذيبات العضوية مثل الاثير العادي وإيثر البترول ورابع كلور الكربون والبنزين والأسيتون، وهي شحيحة الذوبان في الكحول الإيثيلي البارد، وبينما تنحل في الكحول الإيثيلي الساخن، تختلف درجة ذوبانية الأحماض الدسمة المشبعة مثل (البالمتيك الستياريك) عن درجة ذوبانية الأحماض الدسمة غير المشبعة (الأولئيك–اللينوليئيك) وتصل الفروق إلى درجة تسمح بفصلها فصلا تاما عن المزيج بواسطة التبلور الجزئي من انحلالها مع الأسيتون [61].

تكون الغليسريدات الثلاثية المشبعة أقل ذوبانية من أحادي وثنائي الغليسيريد أو الغليسيريدات غير المشبعة كما تختلف درجة ذوبانية المواد والأحماض الدسمة في المذيبات باختلاف درجة الحرارة والضغط حيث تذوب بكميات كبيرة عند درجات الحرارة عالية والضغط [48].

7-6-قرينة الانكسار:

يعتبر قياس قرينة الانكسار من الاختبارات الهامة والسريعة في تصنيف الزيوت الغير معروفة المصدر، وكذلك ملاحظة درجة الهدرجة التي تتم بواسطة العوامل المساعدة التالية:

- تزداد قرينة الانكسار الضوئي بزيادة طول السلاسل الكربونية للحمض الدهني المكون.
- تزداد قرينة الانكسار الضوئي بزيادة عدد الروابط المزدوجة في السلاسل.

ومن المعروف أن الأحماض الدهنية عديمة اللون ولكن الدهون والزيوت الطبيعة تحتوي على صبغات لها صفات خاصة في امتصاص الضوء، ويعتبر لون الدهون والزيوت مهما في المعاملات التجارية، وكانت ألوان الزيوت تقارن بالعين المجردة مع استخدام ألوان قياسية مثل الزجاج الأحمر، الأصفر، الأزرق الخاص بجهاز اللوفيبوند lovibond، فقد بدأ استخدام جهاز spectrophotomètre لتقدير اللون والتحكم في عمليات التكرير والتبيض التجارية كوسيلة بالتعامل التجاري[61].

8- الخواص الكيميائية للزيوت النباتية:

تعتبر الخواص الكيميائية للزيوت النباتية والمواد الدسمة ذات أهمية كبيرة فعن طريقها يمكن معرفة نوع المادة الدسمة وإجراء بعض التفاعلات الكيميائية كالحصول على الغليسرين والأحماض الدسمة والصابون والزيوت المهدرجة ... الخ، ومن هنا يمكن تقسيم الخواص الكيميائية للمواد الدسمة:

8-1-الخواص المتعلقة بالمجموعة الكربوكسيلية:

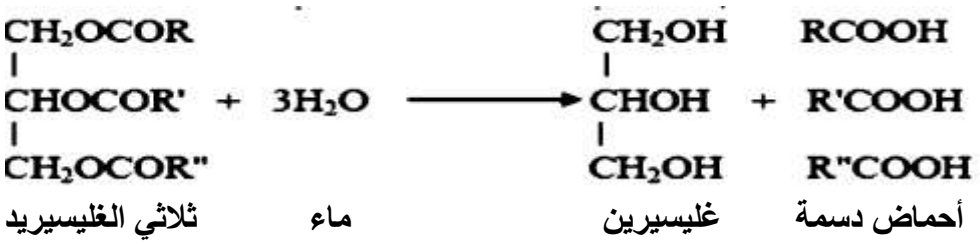
- ✓ **حلمهة المواد الدسمة (التحليل المائي):**

عند تفاعل الاستيرات

مع الماء حيث حلمهة استيرات الأحماض العضوية تحت ظروف مناسبة تعطي حمض كربوكسيلي والكحول (الشكل 13)

الشكل 13: معادلة تفاعل حلمهة أحادي الغليسيريد

تفاعل جزئيات ثلاثي الغليسيريد في المادة الدسمة مع الماء وينتج الغليسرين والاحماض الدسمة (الشكل 14) يبين حلمهة ثلاثي الغليسرين[61].



الشكل 14: معادلة تفاعل حلمهة ثلاثي الغليسيرين.

2-8-الخواص المتعلقة ببنية سلسلة الحمض الدسم:

✓ **الهدرجة:**

يتفاعل الهيدروجين مع الأحماض الدسمة غير المشبعة بوجود وسيط (النيكل أو البلاتين أو البلاديوم) عند درجة حرارة (160_190) وضغط جوي مناسب.

إن إشباع الروابط المضاعفة يؤدي إلى تحويل الزيوت السائلة إلى زيوت نصف صلبة أو صلبة، وهذا يساعد في إنتاج الزيوت النباتية المهدرجة[61].

✓ **تأثير الهالوجينات:**

تحتاج كل رابطة مضاعفة إلى ذرتي هالوجين لإشباعها لذلك يمكن إضافة الهالوجينات إلى الروابط المضاعفة في الأحماض الدسمة غير المشبعة، والتفاعل التالي يبين [48]:

$$CH = CH + I_2 \longrightarrow CHI\text{-}CHI$$

الشكل 15: معادلة تفاعل الهلجنة

الفصل الثالث:
إنتاج الديزل الحيوي

1- مدخل:

استعملت الزيوت النباتية كوقود لمحركات الديزل منذ بداية اكتشافها، لكنها لا تستعمل حاليا كبديل مباشر للوقود بسبب لزوجتها العالية [63]، ولإنتاج الديزل الحيوي يتم تخفيف لزوجة الزيوت بطرق مختلفة [64] وسنتطرق في هذا الفصل لأهم هذه الطرق.

2- طرق إنتاج البيو ديزل:

- ✓ التمديد Dilution.
- ✓ الاستحلاب الدقيق Microemulsification.
- ✓ الانحلال الحراري Pyrolysis[63،65].
- ✓ الأسترة Transesterification [63،65،66].

وتعتبر طريقة الانتقال الإستيري أهم وأشهر طريقة تستعمل لتحويل الزيوت النباتية إلى بيو ديزل.

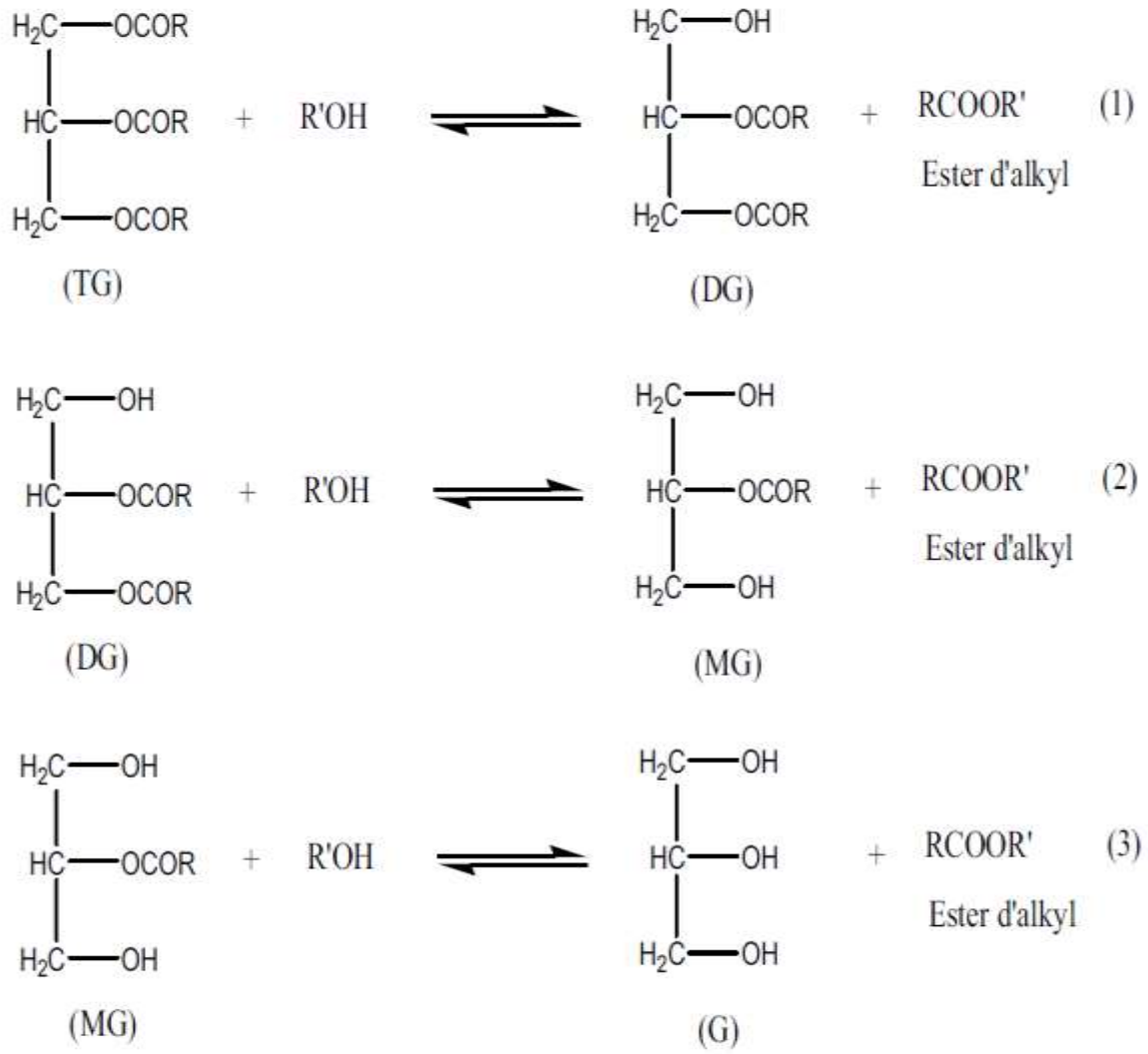
[63،67،68، 69].

3- تعريف الانتقال الإستيري:

هو تفاعل لثلاثي غليسيريد مع الكحول (ميثانول أو إيثانول) بوجود محفز متجانس حمضي، قاعدي أو إنزيمي لإنتاج أستر ألكيلي (الديزل الحيوي) [4،70،68]، يشمل الانتقال الإستيري ثلاثة تفاعلات متتالية[69،71].

3-1-ألية التفاعل:

يحدث التفاعل وفق ثلاث خطوات: يتحول ثلاثي الغليسيريد أولا إلى ثنائي الغليسيريد ثم يتحول ثنائي الغليسيريد إلى أحادي الغليسيريد الذي يتحول بدوره إلى غليسيرول وفق التفاعل المتسلسل التالي (الشكل 16):



الشكل 16: تفاعل الانتقال الإستيري [72].

وقد استخدمت هذه الطريقة قديما منذ 1853 من طرف باتريك Batrick ودوفي Duffy [73]، يتميز هذا التفاعل بثلاث طرق.

3-2-طرق الانتقال الإستيري:

3-2-1-الانتقال الإستيري المحفز إنزيميا Transestrification Anzimatique:

هناك اهتمام كبير باستخدام المحفزات الحيوية لإنتاج الديزل الحيوي، حيث يمكن إجراء عملية الانتقال الإستيري المحفز إنزيميا في درجة حرارة ما بين 35و45 درجة مئوية، على عكس المحفزات الكيميائية المحفز الإنزيمي لا يشكل صابون وتعطي منتج عالي النقاوة دون الحاجة لخطوة الغسيل يشترط أن يكون انزيم الليباز غير مجسم حيث يمكن تحويل ثلاثي الغليسيريد بالكامل[4] .

3-2-2-الانتقال الإستيري المحفز حمضيا:Transestrification Acidetique

يستعمل في هذا نوع من التفاعل أحماض برونستيد مثل أحماض الهيدروكلوريك H_2SO_4، H_3PO_4، HCl، BF_3، ويفضل استخدام الأحماض السلفونية والكبريتية، تستعمل في الغالب هذا المحفزات لأنها تعطي مردود عالي جدا من استرات الالكيل لكن تتطلب عاد درجات حرارة فوق 100درجة مئوية وزمن تفاعل من 3 إلى 48 ساعة للوصول لتفاعل التام [74].

3-2-3-الانتقال الإستيري المحفز قاعديا Transestrification Basique:

يستعمل في هذا التفاعل المحفز المتجانس أو غير المتجانس كثيرا في عملية إنتاج الديزل الحيوي، ترجع الأفضلية في الاستعمال للمحفز المتجانس بسبب الكلفة وزمن التفاعل، والإيجابية المميزة لهذا النوع مقارنة بالتفاعلات الأخرى هي زمن التفاعل حيث يكون التفاعل سريع (من نصف ساعة إلى 9 ساعات)، فمثلا قد يصل مردود الأستر الألكيلي لزيت دوار الشمس بوجود KOH (كربونات البوتاسيوم) إلى 100%. [75].

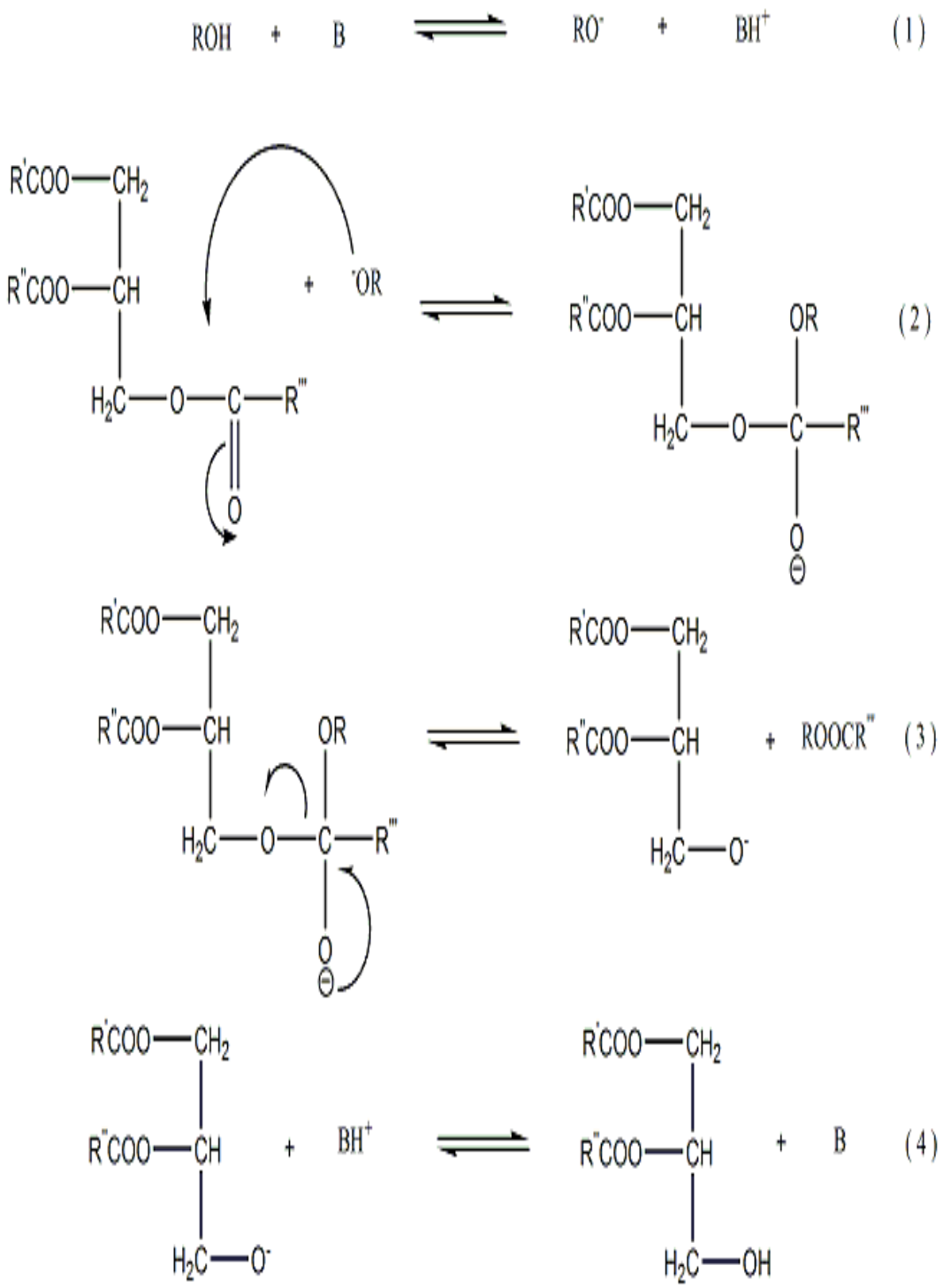
4- مقارنة بين محفزات تفاعل الانتقال الإستيري:

المحفزات المستخدمة في هذا النوع من التفاعل (الانتقال الإستيري) تكون إما متجانسة أو غير متجانسة [76] الجدول (4) يلخص ذلك:

الجدول 4: مقارنة بين محفزات الانتقال الإستيري [77].

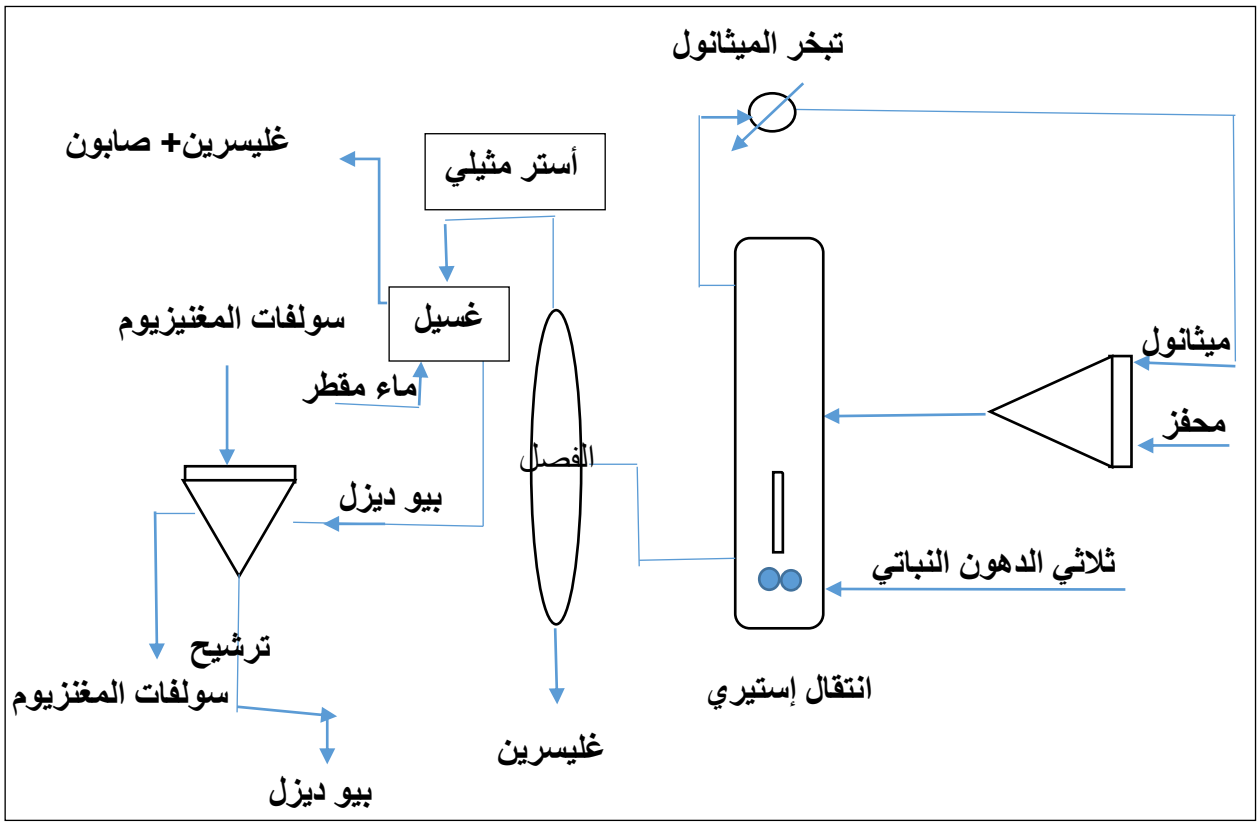
نوع المحفز		مثال	إيجابيات	سلبيات
قاعدي	متجانس	NaOH, KOH	- تفاعل جيد. - غير مكلف	-شروط لا مائية -عملية التصبن -تحفيز المستحلب
	غير متجانس	CaO, $CaTiO_3$, $CaOCeO_2$, $CaMnO_3$, $CaFe_2O_3$, KOH/Al_2O_3	-غير قابل للتآكل - سهل الفصل - قابل لإعادة التدوير	- شروط لا مائية - كميات كبيرة - درجة حرارة مرتفعة - مكلف
حمضي	متجانس	حمض السلفوريك المركز	-يحفز الأسترة والانتقال الإستيري في نفس الوقت - يتجنب حدوث عملية التصبن	- قابلة للتآكل -صعب التدوير -درجة التفاعل عالية -زمن تفاعل طويل
	غير متجانس	الكربوهيدرات	-يحفزالأسترة والانتقال الاستيري في نفس الوقت - قابل للتدوير - صديق للبيئة	- تركيز الأحماض ضعيف - محدود التوزيع – مكلف
إنزيمي		ليباز أنتاركتيكا	لايحفز عملية التصبن، ليس من الملوثات، سهل التنقية	مكلف

5- ألية تفاعل الانتقال الإستيري المحفزقاعديا:



الشكل 17: ألية تفاعل الانتقال الإستيري القاعدي[78].

6- إنتاج الديزل الحيوي صناعيا:



الشكل 18: مخطط لإنتاج الديزل الحيوي صناعيا [67].

7- مراحل إنتاج الديزل الحيوي بتفاعل الانتقال الإستيري المحفز قاعديا:

❖ **تفاعل الانتقال الإستيري:**

إنتاج الديزل الحيوي من زيت نباتي (زيت القلي) يتطلب كاشف كحولي (ميثانول أو إيثانول) حيث يجب ان يكون الكحول المضاف بكمية زائدة لان التفاعل عكوس ، تفيد إضافة الكحول في تحويل التوازن لليمين [79]، وكذلك نقاوته تسمح بالحصول على ديزل حيوي مع نسبة عالية من الأستر الالكيلي(96.5 - 99%)[69]، عادة ما يكون الميثانول هو الكحول المفضل في عمليات إنتاج الديزل الحيوي بسبب انخفاض كلفته[80]، ومحفز قاعدي (هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH)، يتم تذويب المحفز في الكحول ثم يضاف للزيت المعرض لدرجة حرارة 60 درجة مئوية في نظام معزول، حيث زمن التفاعل يختلف من دقائق إلى ساعات (عادة ما بين 30 د - 60 د) [81].

❖ **الفصل:**

ينتج عن عملية الأسترة الناجحة طو ر ان سائلان هما الأستر (الديزل الحيوي) والغليسيرول الخام الذي يكون أثقل فيتجمع في الأسفل، عملية انفصال الأطوار يمكن أن تبدأ ملاحظتها في غضون 10 دقائق [63،82].

❖ **الغسل:**

يغسل البيو ديزل بالماء الساخن لإزالة البقايا من كحول والغليسرين، لنحصل في النهاية على منتج سائل ذو لون أصفر مع لزوجة مماثلة للديزل الحيوي [83].

❖ **التجفيف:**

يجفف البيو ديزل من الماء بإضافة كبريتات الصوديوم اللامائية [73] أو في درجة حرارة تفوق 100درجة مئوية [84].

8- **العوامل المؤثرة على تفاعل الانتقال الإستيري**:

هناك عدة عوامل تؤثر على التفاعل الإستيري نذكر منها:

شروط التفاعل، النسبة المولية للكحول على الزيت، نوع وكمية المحفز، زمن ودرجة حرارة التفاعل، نقاوة الأحماض الدهنية الحرة، وجود الماء في الزيت [65،56،85].

9- خصائص الديزل الحيوي:

➢ **الكثافة:**

إن المواصفات المعيارية الأوروبية (EN14214 2003) تنص على الوقود (البيو ديزل) يجب أن تتراوح كثافته ما بين 0.860-0.900 (g/cm^3)، هذه الصفة هامة إلى حد بعيد في أنظمة الاحتراق الخالية من الهواء الطلق.

➢ **اللزوجة:**

اللزوجة الحركية صفة مهمة جدا حتى أكثر من الكثافة فيما يتعلق بترذيذ الوقود والتوزيع الوقودي أيضا، وكي يكون البيو ديزل مستخدما في محركات الديزل فإن اللزوجة الحركية طبقا للمواصفات الأوروبية ينبغي أن تتراوح ما بين 3.5 و5.0 (mm^2/s).

➢ **قرينة اليود:**

قرينة اليود قياس مهم يسمح بتحديد درجة عدم إشباع الوقود، هذه الصفة تؤثر بشكل كبير على أكسدة الوقود وصنف المنتجات العمرية والرواسب المتشكلة في محركات الديزل، طبقا للمواصفات المعيارية الأوروبية يجب أن تكون قرينة اليود لأسترات الميثيل المستخدمة كديزل حيوي أقل من 120(gI_2) لكل 100غ من العينة.

➢ **القرينة الحمضية:**

تحدد القرينة الحمضية محتوى الحموض الدسمة الحرة في البيو ديزل فإذا أخذ بعين الاعتبار أن وجود الأحماض الدسمة الحرة يؤثر على عمر الوقود، فإن المعيار الأوروبي يصف القيمة العظمى من 0.5mgKOH/g من العينة.

- **نقطة الوميض:**

طبقا للمواصفات المعيارية الأوروبية فإن البيو ديزل يجب ان يملك نقطة وميض أعلى من 120م°، إن محتوى الميثانول يؤثر على نقطة وميض البيو ديزل.

- **المحتوى المائي:**

إن الوقود الملوث بالماء يمكن أن يسبب صدأ للمحرك أو يتفاعل مع الشحوم الثلاثية منتجا صابونا أو غليسيرين لذلك تفرض المواصفات المعيارية الأوروبية المحتوى المائي الأعظم 0.05% (نسبة وزنية) من الماء في الوقود.

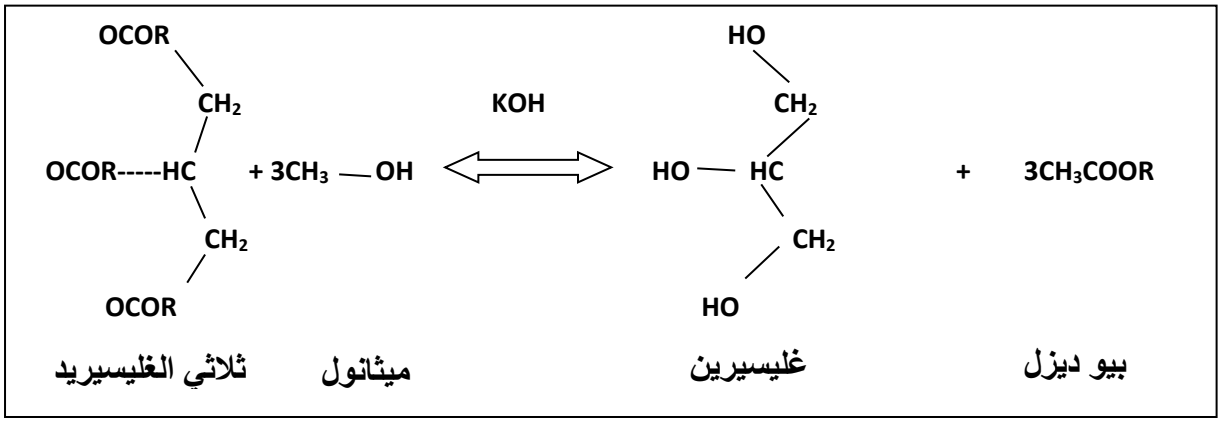
الجزء التطبيقي: إنتاج الميزل
الحيوي من زيت القلي مخبريا

1- مدخل:

إستكمالا لمعالم البحث النظرية، وما تعرفنا عليه خلالها من تعاريف للوقود الحيوي والديزل الحيوي وكذا مصادره وكيفية الحصول عليه والطرق المستخدمة في الدراسات السابقة للوصول إلى النتيجة المرجوة، قمنا بإنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي مخبريا على مستوى مخابر هندسة الطرائق بكلية التكنولوجيا في جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي وكذلك تحليل المنتج المتحصل عليه.

2- الطريقة المستخدمة:

إستخدمنا في هذه التجربة طريقة الانتقال الإستيري المحفز قاعديا كونها الطريقة الأمثل لإنتاج الديزل الحيوي والمعادلة التالية تمثل تفاعل الإستيري.



الشكل 19: يمثل تفاعل الانتقال الإستيري

3- الأجهزة والأدوات والمواد اللازمة:

الجدول 5: الأجهزة والأدوات والمواد المستعملة.

الأجهزة	الأدوات	المواد
- ميزان حساس - . مسخن كهربائي. - محرار. - خلاط مغناطيسي حامل. - جهاز ال pHمتر.	- صفيحة زجاجية. - دورق كروي(250مل). - ارلن ماير(150مل). - كأس بيشر(150مل). - قمع زجاجي. - قمع إبانة (فصل). - ضماد لتصفية الزيت. - ورق ترشيح	- زيت قلي. - ميثانول CH_3OH. ذو نقاوة 99.6% - هيدروكسيد البوتاسيوم KOH. - ماء مقطر.

4- خطوات العمل:

4-1- تحديد الكميات اللازم استخدامها:

بالنسبة لكتلة زيت القلي المستعمل (عباد الشمس + الصويا) (103غ)، اخترنا الكتلة المولية لحمض من الأحماض المكونة للزيت ألا وهي كتلة حمض اللينوليئيك ذو الصيغة الكيميائية $C_{18}H_{32}O_2$

- حساب الكتلة المولية لحمض اللينوليئيك ذو الصيغة: $C_{18}H_{32}O_2$ حيث C=12، H=1 ، O=16

$$M_{\text{acide linoléique}} = (18*12+ 32+ 16*2) = 280g/mol$$

الكتلة المولية للميثانول ذو الصيغة CH_3OH، حيث: $M_M= 12+4+16 =32\ g/mol$

1مول من الزيت أو الدهن الثلاثي + 3 مول من الكحول ⟸⟹ 1 مول غليسرول + 3 مول بيو ديزل (1)

لدينا من المعادلة(1): 1مول من الزيت يلزمه 3 مول من الكحول ليعطي 3مول من البيو ديزل.

$n= \frac{m}{M}$ …….…….. (2) ⟹ $m= n\times M$…….. (3)

$M_T= (18*12+ 32+ 16*2)*3= 840g/mole$

$M_M= 32*3= 96g/mole$

$M_t = M_T+ M_M= 96+ 840= 936g/mole$

- حساب كمية الميثانول بالنسبة لكمية الزيت المراد أخذها:

الكسر الكتلي للميثانول:

$$X_M=\frac{m_M}{m_T+m_M} \text{ …….. (4)}$$

الكسر الكتلي لثلاثي الدهون (حمض الينوليئيك)

$$X_T=\frac{m_T}{m_T+m_M} \text{ …….. (5)}$$

بالنشر والتبسيط للعلاقة 4 نجد6:

$$m_M = \frac{m_T\times X_M}{1-X_M} \text{…..... (6)}$$

تطبيق عددي:

$$X_M= \frac{96}{936} = 0.102$$

$$X_T= \frac{840}{936} = 0.897$$

$$m_M = \frac{103 \times 0.10}{1 - 0.10} = 11.69\text{g}$$

إذن كمية الميثانول اللازمة هي 11.69غ.

بما أن الزيوت المعدة للصرف تحتوي على كمية عالية من الحموض الدسمة الحرة، وتواجدها يؤثر سلبا على عملية الإنتاج، والتفاعل الإستيري عكوس وجب أن يكون الميثانول المضاف بكمية زائدة، فقمنا بزيادة الوزن عن ذاك المحسوب.

1% من KOH من كمية الزيت بالتقريب (1غ).

4-2- طريقة العمل:

4-2-1-مرحلة التفاعل:

قمنا بسكب عينة الزيت الموزونة (103غ) في دورق مزود بمحرار، خلاط مغناطيسي ثم سخناه بهدف التخلص من الماء الذي قد يحتويه، في نفس الوقت حضرنا ميتو كسيد البوتاسيوم الذي ينتج عن انحلال كمية هيدروكسيد البوتاسيوم في الميثانول كما في المعادلة التالية:

$$CH_3OH + KOH \longrightarrow CH_3OK + H_2O$$

ميثانول هيدروكسيد البوتاسيوم ميتو كسيد البوتاسيوم الماء

الشكل 20: معادلة تشكل الميتوكسيد

ثم يضاف الميتوكسيد للزيت عند درجة حرارة 50م°. بعد لحظات من وضع الميتوكسيد لاحظنا بداية ظهور طبقتين (الشكل 21-2)، واصلنا عملية التسخين والرج حتى درجة حرارة 60م°، وبذلك يكون الانتقال الإستيري قد بدأ، ثبتنا الجهاز ساعة كاملة في نفس درجة الحرارة، بعد مرور ساعة فصلنا الأجهزة ووقفنا عملية التفاعل.

1

2

الشكل 21: صورة 1 تفاعل الانتقال الإستيري 2 ظهور الطبقتين.

4-2-2-مرحلة الفصل:

وضعنا المحلول في قمع الفصل، وبعد حوالي 5 دقائق بدأ ظهور الطبقتين، حيث الطبقة العليا هي البيو ديزل والطبقة السفلي هي الغليسرين، ثم نفصل الغليسيرين عن البيو ديزل (الشكل 22).

3

4

الشكل 22: صورة فصل الغليسيرين عن البيو ديزل.

4-2-3-مرحلة الغسل:

نغسل البيو ديزل بالماء المقطر لنزع بقايا الكحول والغليسيرين لعدة مرات، مع رج خفيف ببطيء شديد (الشكل 23-الصور5و6)، وللتأكد أن البيو ديزل خالي من الكحول والاملاح قسنا قيمة pH ماء غسل البيو ديزل فوجدناها pH=6.49 (الشكل 23-الصور7)، علما أننا قد قسنا pH الماء المقطر قبل بداية الغسل فكانتPH=6.4

5

6

7

الشكل 23: 5و6-صور غسل البيو ديزل، 7-قياس الpH لماء الغسل.

4-2-4-مرحلة الترشيح:

بواسطة ورق الترشيح قمنا بترشيح البيو ديزل للتخلص من بقايا الغليسيرين العالقة على شكل شعيرات بيضاء (الشكل 24)، بعد عملية الترشيح تحصلنا على بيو ديزل نقي بحجم 100مل 85.55غ (الشكل 25).

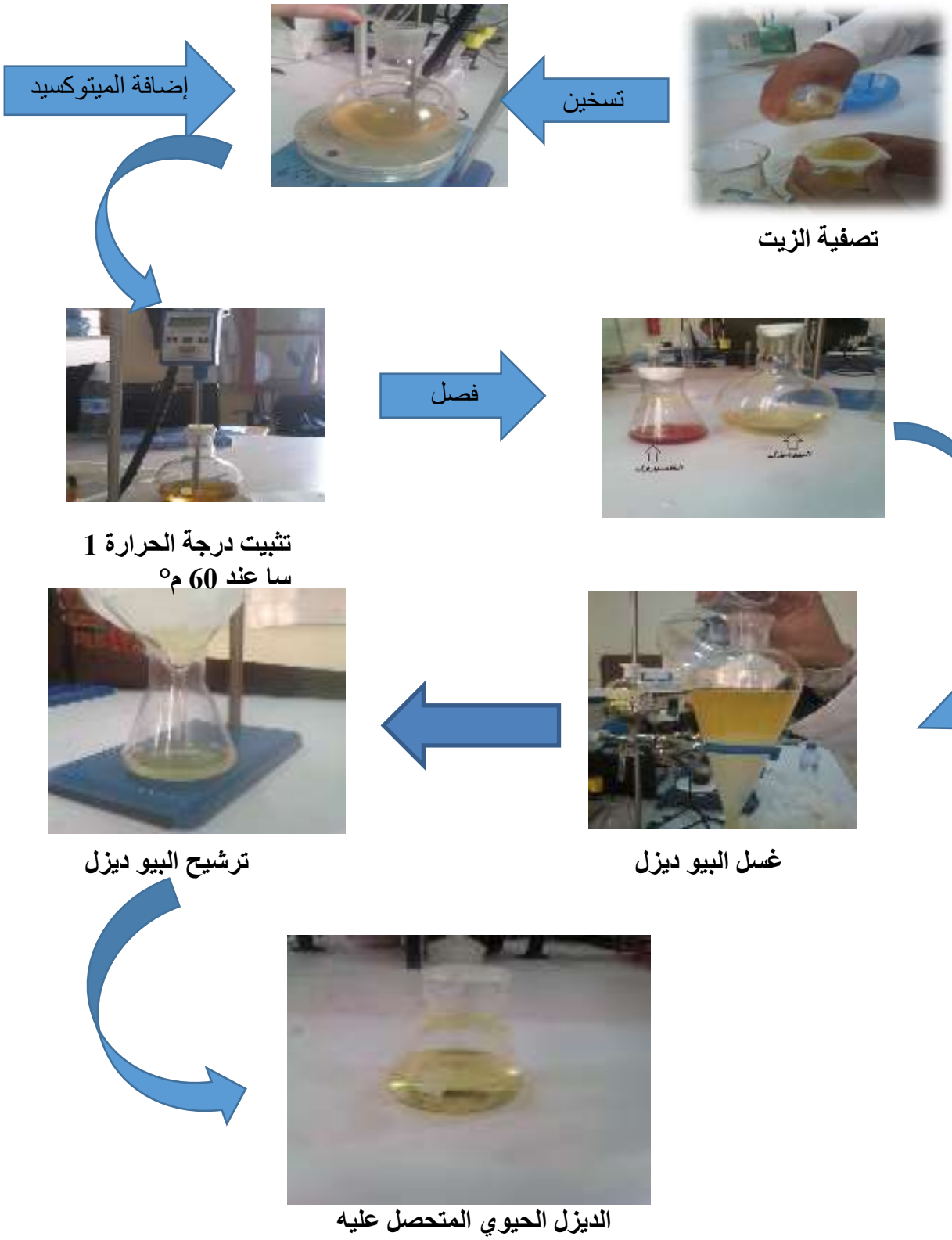
الشكل 24: صورة ترشيح بيو ديزل.

الشكل 25: صورة البيو ديزل المتحصل عليه

5-2-4-مرحلة التجفيف:

يمكن للبيو ديزل المتحصل عليه أن يحتوي كمية من الماء بسبب غسيله لهذا قمنا بتجفيفه عند درجة حرارة (110م°) في الفرن لمدة ساعة ونصف.

نلخص كل هذه المراحل في مخطط توضيحي لعملية إنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي المطبقة مخبريا (الشكل 26).



الشكل 26: مخطط يلخص عملية إنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي مخبريا.

5- النتائج:

5-1- مردود التفاعل:

تحصلنا على كتلة أستر مثيلي (بيو ديزل): 85.55غ بحجم 100مل.

كتلة الزيت المستعمل 103غ.

نحسب مردود التفاعل بالعلاقة التالية: **المردود** $= \frac{\text{كتلة الناتج}}{\text{كتلة المتفاعل}} \times 100$ ..... (7)

تطبيق عددي:

$$\text{المردود} = \frac{85.55}{103} \times 100 = 83\%$$

بعد الانتهاء من تحضير الديزل الحيوي من زيت القلي قمنا بدراسة خصائصه من حيث الكثافة واللزوجة وتحليل الأشعة تحت الحمراء ومن ثم مقارنته بالديزل العادي.

5-2- الكثافة:

نحسب الكثافة بتطبيق العلاقات التالية:

الكتلة الحجمية = الكتلة/الحجم (8)..... $\rho = \frac{m}{v}$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{85.55}{100} = 0.855 \text{ g/cm}^3$$

الكثافة = الكتلة الحجمية للناتج/ الكتلة الحجمية للماء. (9)..... $d = \rho_{biod}/\rho_{eau}$

الكتلة الحجمية للماء تساوي: $\rho_{eau} = 1 \text{g/ Cm}^3$ إذن كثافة البيو ديزل تساوي قيمة الكتلة الحجمية

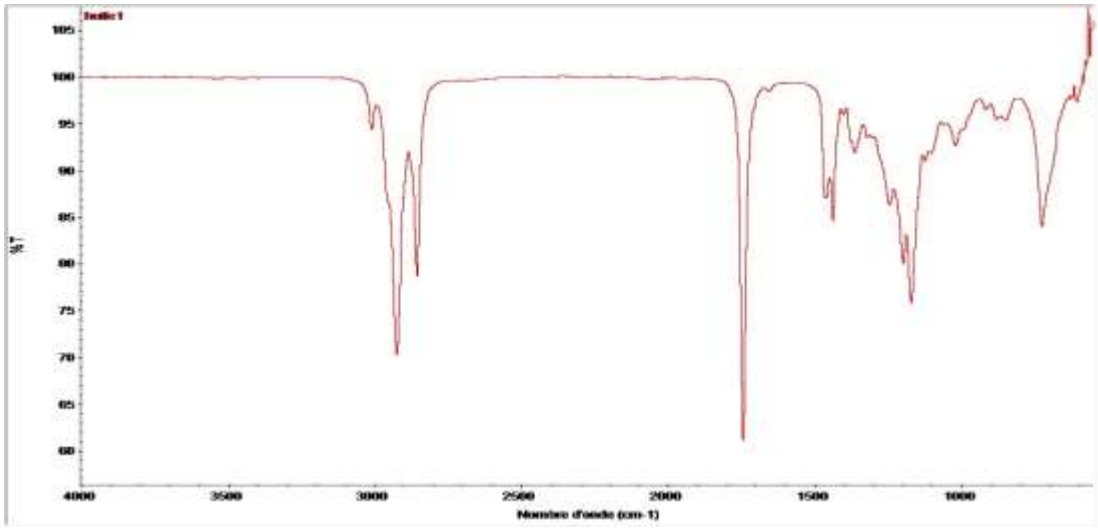
$d = 0.855$

5-3- قياس اللزوجة:

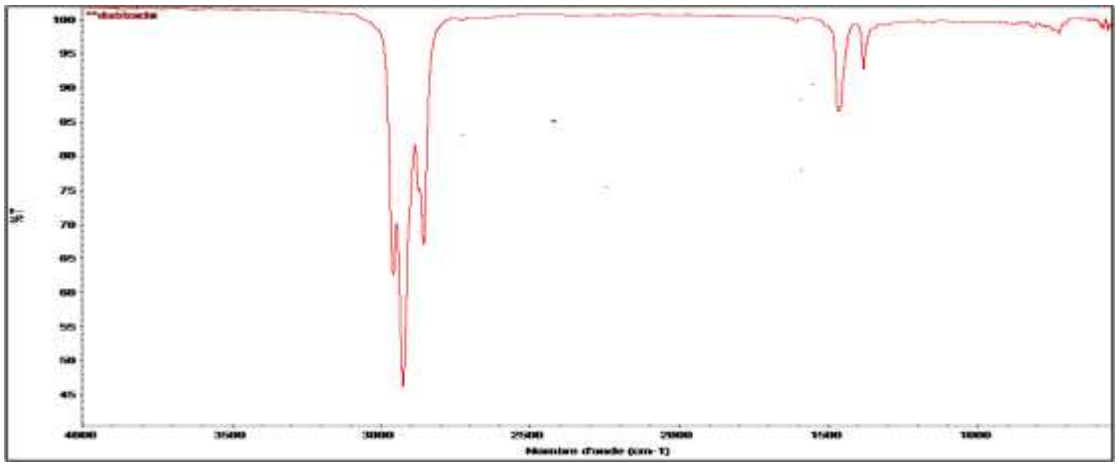
قمنا بقياس لزوجة البيو ديزل المحضر مخبريا عند درجة حرارة 27م° تحصلنا على القيمة: $4.019 \text{ mm}^2/\text{s}$ (الجدول 6، 7) يبين المقارنة بين خصائص البيو ديزل المنتج من زيت القلي مع الديزل العادي وكذا نوعين آخرين من البيو ديزل الأول من زيت عباد الشمس والثاني من زيت الطحالب.

4-5- الاشعة تحت الحمراء:

مررنا عينة من البيو ديزل المحضر وعينة من الديزل العادي في جهاز تحليل أطياف الأشعة تحت الحمراء لمعرفة المجموعة الوظيفية التي قد يتشكل منها الديزل والبيو ديزل، تحصلنا على النتائج الموضحة في الشكلين (27و28).



الشكل 27: يمثل طيف الأشعة تحت الحمراء للبيو ديزل المنتج مخبريا.



الشكل 28: يمثل طيف الأشعة تحت الحمراء للديزل النفطي.

6- تحليل نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء:

❖ **البيو ديزل المحضر من زيت القلي:**

يمثل اهتزاز في: $2800\text{-}3000cm^{-1}$ رابطة C-H

يمثل اهتزاز في: $1700 - 1740cm^{-1}$ رابطة C=O دليل على وجود استر

يمثل اهتزاز في: $1000\text{-}1300cm^{-1}$ رابطة C-O

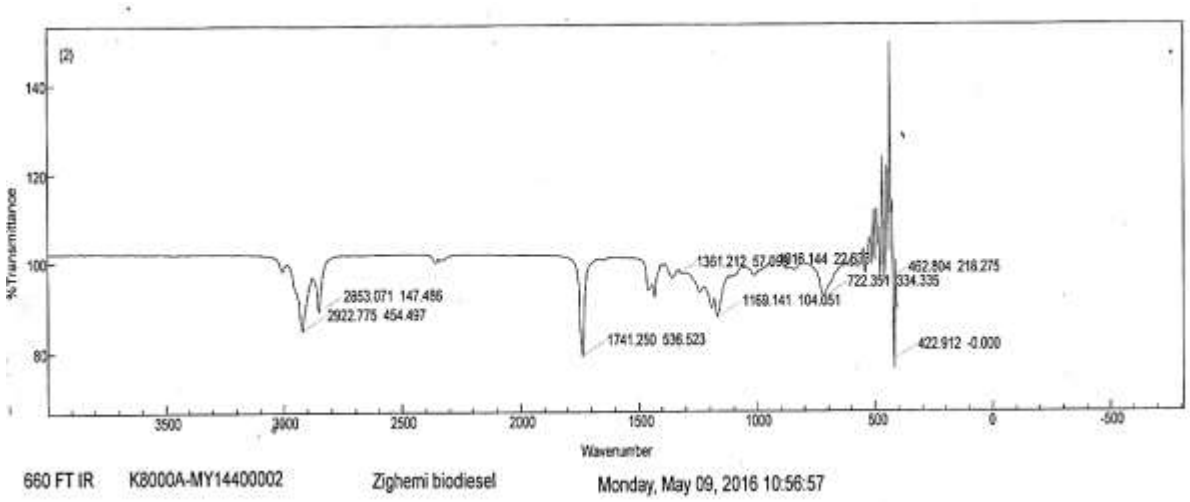
يمثل اهتزاز في: $1400cm^{-1}$ رابطة CH_2

❖ **الديزل النفطي:**

يمثل المجال: $2800\text{-}3000cm^{-1}$ رابطة C-H

بينما يمثل المجال: $1462.0\ cm^{-1}$ رابطة CH_2

بعد الحصول على هذه النتائج قمنا بالمقارنة بينها وبين نوعين من بيو ديزل، ديزل حيوي من زيت عباد الشمس وآخر مصدره زيت الطحالب نظريا (الشكل 29).



الشكل 29: طيف الأشعة تحت الحمراء للديزل الحيوي من زيت الطحالب [85].

الشكل 30: طيف الأشعة تحت الحمراء للبيو ديزل من زيت عباد الشمس [46].

7- مقارنة النتائج:

✓ **من حيث الكثافة واللزوجة:**

الجدول 6: مقارنة خصائص الديزل الحيوي المحضر مع الديزل النفطي والبيو ديزل من الزيت الطحالب واخرمن زيت عباد الشمس.

نوع الديزل / الخاصية	البيو ديزل المحضر من زيت القلي	البيو ديزل من زيت عباد الشمس	البيوديزل من زيت الطحالب	المواصفات المعيارية الأوروبية	الديزل النفطي
الكثافة g/cm^3	0.855	0.884	0.850	0.86-0.9	-0.820 0.850
اللزوجة mm^2/s	4.019	4.1	5.4368	5-3.5	4.5-2

✓ **من حيث طيف الأشعة تحت الحمراء:**

الجدول 7 مقارنة نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء للديزل الحيوي المحضر مع الديزل النفطي والبيو ديزل من الزيت الطحالب واخرمن زيت عباد الشمس.

المجموعة الوظيفية	C—H	C═O	C-O	CH_2
البيو ديزل من زيت القلي	-3000cm^{-1} 2800	1700_1740 cm^{-1}	-1300 cm^{-1} 1000	-
الديزل النفطي	-3000cm^{-1} 2800	-	-	1462.04 cm^{-1}
البيو ديزل من زيت الطحالب	-3000cm^{-1} 2800	1700_1740 cm^{-1}	1000-1300 cm^{-1}	-
البيو ديزل من زيت عباد الشمس	3000 cm^{-1}	750 cm^{-1}	1100 cm^{-1}	-

8- تحليل النتائج:

حسب تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء فإن البيو ديزل المحضر يظهر فيه روابط دالة على وظائف كيميائية متشابهة مع النوعين من البيو ديزل (من زيت الطحالب وزيت عباد الشمس) والديزل النفطي يحتوي على روابط الهيدروكربونات.

من خلال النتائج المتحصل عليها تبين لدينا أن البيو ديزل المنتج من زيت القلي مخبريا له تقريبا نفس خصائص الديزل النفطي خاصة من حيث الكثافة واللزوجة وله خصائص

البيو ديزل حسب المواصفات المعيارية الأوروبية.

الخاتمة

خاتمة:

الديزل الحيوي هو الطاقة البديلة المتجددة الموعودة بعد النفط، مستمد من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية، ينتج البيو ديزل بعدة طرق أهمها طريقة الانتقال الإستيري المحفز قاعديا وذلك بأسترة ثلاثي الدهون مع الكحول بوجود محفز قاعدي، ولأن الطلب عن الطاقة في تزايد وخاصة الطاقة النظيفة لذلك كان الهدف من هذه الدراسة إنتاج وقود حيوي نقي وصديق للبيئة بالدرجة الأولى حيث يعتبر البيو ديزل أنظف طاقة من خلال التقليل من إنبعاث الغازات السامة في الجو. وأقل تكلفة في الإنتاج مقارنة بالديزل النفطي الذي يستغرق الوقت الطويل وتكاليف باهضة.

في هذه الدراسة إستعملنا لإنتاج البيو ديزل زيت القلي المستخدم (103غ) تمت أسترته مع الميثانول(11.69غ) (مع مراعات الزيادة)، باستعمال هيدروكسيد البوتاسيوم (1غ، 1% من كتلة الزيت بالتقريب)، بإتباع طريقة الإنتقال الإستيري المحفز قاعديا تحصلنا على كتلة بيو ديزل 85غ بحجم 100مل، حيث أخذنا 114مل من زيت قلي، وكان المردود الإنتاجي 83%.

من ناحية النوعية تمت مقارنة البيو ديزل المنتج بالديزل البترولي وكذا بيو ديزل من زيت عباد الشمس وزيت الطحالب من حيث الكثافة، اللزوجة، وطيف الاشعة تحت الحمراء.

بعد مقارنة النتائج تبين أن البيو ديزل المحضر مخبريا من زيت القلي له تقريبا نفس خصائص الديزل المسوق حسب المواصفات العيارية الأوروبية.

كما تفتح هذه الدراسة آفاق لدراسات أخرى مستقبلية خاصة:

- دراسة مدى تأثير كمية الميثانول على زمن فصل الأستر عن الغليسيرين.
- تأثير نوعية ونقاوة الماء في عملية غسل الديزل الحيوي.
- تحويل الزيوت الصناعية المستعملة (زيوت المحركات) إلى بيو ديزل.
- إستغلال زيوت المطاعم في الجزائر وتحويلها لديزل حيوي.

الفهارس

فهرس الأشكال:

الشكل 1: إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي في العالم 03
الشكل 2: مراحل إنتاج الوقود الحيوي في الجيل الأول..... 04
الشكل 3: نبات وبذرة الجاتروفا..... 06
الشكل 4: الصيغة الكيميائية للدهن الثلاثي..... 12
الشكل 5: لب ثمرة النخيل..... 14
الشكل 6: ثمار الزيتون..... 15
الشكل 7: الفول السوداني..... 15
الشكل 8: نبات عباد الشمس..... 16
الشكل 9: بذور السمسم..... 17
الشكل 10: بذور الصويا..... 18
الشكل 11: نبات الخروع..... 19
الشكل 12: قانون حساب الوزن النوعي للزيوت..... 20
الشكل 13: معادلة تفاعل حلمهة أحادي الغليسيريد..... 22
الشكل 14: معادلة تفاعل حلمهة ثلاثي الغليسيريد..... 22
الشكل 15: معادلة تفاعل الهدرجة..... 23
الشكل 16: ألية تفاعل الانتقال الإستيري..... 25
الشكل 17: تفاعل الانتقال الإستيري القاعدي..... 28
الشكل 18: مخطط إنتاج الديزل الحيوي صناعيا..... 29
الشكل 19: تفاعل الانتقال الإستيري..... 32
الشكل 20: معادلة تشكل الميتوكسييد..... 34
الشكل 21: 1 صورة تفاعل الانتقال الإستيري 2 ظهور الطبقتين..... 34
الشكل 22: صورة فصل الغليسيرين عن البيو ديزل..... 35
الشكل 23: 5-6 غسل البيوديزل-7-قياس الpH لماء الغسل..... 35
الشكل 24: صورة ترشيح البيو ديزل..... 36
الشكل 25: صورة البيوديزل المتحصل عليه..... 36
الشكل 26: مخطط يلخص عملية إنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي مخبريا..... 37
الشكل 27: طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء..... 39
الشكل 28: طيف الأشعة تحت الحمراء للديزل النفطي..... 39
الشكل 29: الأشعة تحت الحمراء للديزل الحيوي من زيت الطحالب..... 40
الشكل 30: الأشعة تحت الحمراء للبيو ديزل من زيت عباد الشمس..... 40

فهرس الجداول:

الجدول 1: الإنتاج العالمي للوقود الحيوي السائل في الفترة ما بين 2001-2009م / ألف برميل في اليوم..... 03

الجدول 2: أهم الدوافع للدول المنتجة للوقود الحيوي..... 07

الجدول 3: مجالات درجة الانصهار لبعض الزيوت النباتية..... 21

الجدول 4: مقارنة بين محفزات الانتقال الإستيري..... 27

الجدول 5: الأجهزة والأدوات والمواد المستعملة..... 32

الجدول 6: مقارنة خصائص الديزل الحيوي المحضر مع الديزل النفطي وبيو ديزل من زيت الطحالب وآخر من زيت عباد الشمس..... 41

الجدول 7: مقارنة نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء للديزل الحيوي المحضر مع الديزل النفطي وبيو ديزل من زيت الطحالب وآخر من زيت عباد الشمس..... 41

فهرس المحتويات

التشكرات.
الإهداء.
المقدمة 01
الفصل الأول: الوقود الحيوي.
أولا: الوقود الحيوي..... 02
1- مدخل..... 02
2- تعريف الوقود الحيوي..... 02
3- أنواع الوقود الحيوي..... 02
3-1-من حيث المصدر..... 02
3-2-من حيث النوع 02
3-2-1-الوقود الحيوي الصلب..... 02
3-2-2-الوقود الحيوي السائل..... 02
3-2-3-الوقود الحيوي الغازي..... 04
4- أجيال الوقود الحيوي..... 04
4-1-الجيل الأول..... 04
4-2-الجيل الثاني..... 04
4-3-الجيل الثالث..... 05
4-4-الجيل الرابع..... 05
5- بعض الدول المنتجة للوقود الحيوي 05
5-1-الوقود الحيوي في البرازيل 05
5-2-الوقود الحيوي في الهند..... 05
5-3-الوقود الحيوي في استراليا..... 06
6- الدوافع المرتبطة بالتوجه لإنتاج الوقود الحيوي..... 07
7- مزايا ومخاطر الوقود الحيوي..... 07
7-1-مزايا الوقود الحيوي..... 07
7-2-مخاطر الوقود الحيوي..... 08
ثانيا: الديزل الحيوي..... 08
1- نبذة تاريخية عن الديزل الحيوي..... 08
2- تعريف الديزل الحيوي..... 09
3- التركيبة الكيميائية للديزل الحيوي..... 09
4- اصطلاحات عامة للبيوديزل..... 09
5- دورة حياة الديزل الحيوي..... 09
6- مميزات الديزل الحيوي..... 10
7- إستخدام الديزل الحيوي..... 11
الفصل الثاني: الزيوت النباتية.
1- مدخل..... 12
2- تعريف الزيوت النباتية..... 12
3- التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية..... 12
4- أنواع الزيوت النباتية..... 13
5- تصنيف الزيوت النباتية..... 13
6- تصنيف الزيوت النباتية في الوقت الحاضر..... 14

6-1-مجموعة زيوت حمض اللوريك..... 14
6-2-مجموعة زيوت حمض البالمتيك..... 14
6-3-مجموعة زيوت حمض الأولئيك..... 15
6-4-مجموعة زيوت حمض اللينوليئيك..... 16
6-5-مجموعة زيوت حمض اللينولينيك..... 18
6-6-مجموعة زيوت حمض الأروسيك..... 19
6-7-مجموعة زيوت الأحماض الهيدروكسيلية..... 19
7- خواص الفيزيائية والكيميائية للزيوت النباتية..... 19
7-1-اللزوجة..... 19
7-2-الوزن النوعي..... 20
7-3-التوتر السطحي..... 20
7-4-درجة الانصهار..... 20
7-5-الذوبانية..... 21
7-6-قرينة الانكسار..... 22
8- الخواص الكيميائية للزيوت..... 22
8-1-الخواص المتعلقة بالمجموعة الكربوكسيلية..... 22
8-2-الخواص المتعلقة ببنية سلسلة الحمض الدسم..... 23
الفصل الثالث: إنتاج الديزل الحيوي.
1- مدخل..... 24
2- طرق إنتاج البيو ديزل..... 24
3- تعريف الانتقال الإستيري..... 24
3-1-ألية التفاعل..... 24
3-2-طرق الانتقال الإستيري..... 25
3-2-1--الانتقال الإستيري المحفز إنزيميا Transestrification Anzimatique.. 25
3-2-2-الانتقال الإستيري المحفز حمضيا:Transestrification Acidetique… 26
3-2-3-الانتقال الإستيري المحفز قاعديا Transestrification Basique..... 26
4- مقارنة بين محفزات التفاعل الانتقال الإستيري..... 26
5- ألية التفاعل الانتقال الإستيري القاعدي..... 28
6- إنتاج الديزل الحيوي صناعيا..... 29
7- مراحل إنتاج الديزل الحيوي بتفاعل الانتقال الإستيري المحفز قاعديا..... 29
8- العوامل المؤثرة على تفاعل الانتقال الإستيري..... 30
9- خصائص الديزل الحيوي..... 30
الجزء التطبيقي: إنتاج الديزل الحيوي مخبريا.
1- مدخل..... 32
2- الطريقة المستخدمة..... 32
3- الأجهزة والأدوات والمواد المستعملة..... 32
4- خطوات العمل..... 33
4-1-تحديد الكميات اللازم استخدامها..... 33
4-2-طريقة العمل..... 34
4-2-1-مرحلة التفاعل..... 34
4-2-2-مرحلة الفصل..... 35
4-2-3-مرحلة الغسل..... 35
4-2-4-مرحلة الترشيح..... 36

4-2-5-مرحلة التجفيف..... 36
5- النتائج..... 38
5-1-مردود التفاعل..... 38
5-2-الكثافة..... 38
5-3-قياس اللزوجة 38
5-4-الأشعة تحت الحمراء..... 39
6- تحليل نتائج طيف الأشعة تحت الحمراء..... 39
7- مقارنة النتائج..... 41
8- تحليل النتائج..... 42
الخاتمة..... 43
فهرس الأشكال.
فهرس الجداول.
فهرس المحتويات.
قائمة المراجع.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

1- هالة أحمد الأمين: الوقود الحيوي: سلسلة دراسات وتقارير نقطة التجارة السودانية، تقرير 24، مايو2010.

http://www.tpsudan.gov.sd/resources/uploads/files/files2/Reports/biofuel_report.pdf

2- J.Van Gerper. B.Shanks and R. Pruzko .D.Knothe .G. Knothe: Biodiesel production Technology, Subcontraction Report, NREL, July2004.

3- أمجد قاسم: أربعة أجيال من الوقود الحيوي والتحديات لاتزال ضخمة، مجلة القافلة الثقافية المنوعة، العدد 3، مجلد 65، شركة الزيت العربية السعودية (أرامكو السعودية) الظهران، مايو / يونيو 2016.

4- Hanifa Taher. Sulaiman AL-zuhair .Ali H.AL-Marzouqi.Yousf Haik .Mohemmed M.Farid: Enzymatic Transesterification of Microlgal Oil-Based Biodiesel Using Supercritical Technology, Article, Enzyme Research 2011.

5- زاهر أحمد محمد: طرق وأساليب توليد الطاقة وانعكاسها على ظاهرة الاحتباس الحراري، ندوة ظاهرة الاحتباس الحراري وآثرها على أمن وسلامة الإنسان، 2-4 مارس 2009، مدينة الشارقة، دولة الإمارات المتحدة.

6- A.C. Ahmia, F. Danane, R. Bessah and I. Boumesbah: Raw material for biodiesel production. Valorization of used edible oil, Revue des Energies Renouvelables Vol. 17 N°2 (2014) 335 – 343, 30 Juin 2014.

7- Anujk.Chandel. Silvios. de silva. walter carralho and om. V singh,sugarcane baasse and leaves faresable; biomss of biofuel and bio-products mini-review, jchen techol biotechnol,87:11-20,2012.

8- E'LODIE PALHUET ET PIERRE: Olivier pineou, les biocarburants matières premières transformation et produits, groupe de recherche interdisciplinaire sur le développement durabla HEC Montréal 1, canada,2012.

9- ADEME: Analyses de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France 02/2010.

10- فاتح بن نونة: أثر سياسات الوقود الحيوي على اسعار السلع الزراعية، حالة الايثانول في الولايات المتحدة الامريكية 2004-2013، مجلة أداء المؤسسات الجزائرية، العدد08، جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي،2015.

11- soni sisbudi harsono.Salahuddin. Mukhammd Fauzi,Gatot sugeng purwono ,Djoko,Kissinger: second generation bioethanol form Arabica coffee waste processing at small holder plantation in Ijen plateau Region of East java,procedia chemisty 14408 -413, 2015.

12- Muhammad Saif Ur Redman, Ilgook Kim, Yusuf Chisti, Jong-In Han: Use of ultrasound in the production of bioethanol from lignocellulosic biomass, 30(2): 1391-1410, 2013.

13- MA.LD clements Milford Hanna: the effect of catalyst, free eatty acids, and water on Transceterification of beef tallo fangrni Industrial agricultural products center, 1998.

14- عقيل عبد محمد: الوقود الحيوي السائل بديل النفط مع إشارة لدول الإمارات العربية المتحدة، جامعة البصرة، 2014.

15- الوقود الحيوي والأمن الغذائي، تقرير مقدم من فريق الخبراء الرفيع المستوى المعني بالأمن الغذائي والتغذية، يونيو/حزيران 2013.

http://www.fao.org/3/a-i2952a.pdf

16- Mohammed Tayeb Oucif Khaled and Ladjel segni: production of bioethanol form varieties of date of poor quality, Article, African jornal of Agricultural Research, 9 (37) pp2814_2818, 11.09.2014.

17- Julien Gornay : transformation par voie thermique de triglycerides et d'acides gras. Application à la valorisation chimique des dechets lipidiques,Thèse doctorat, 31 octobre 2006.

18- Amine Akbi : Les implications du développement des biocarburants. Thèse en vue de l'obtention du Doctorat en Sciences-conomiques, 02 décembre 2013.

19- Casimir TOGBE : Etude cinétique de l'oxydation de constituants de biocarburants et composés modèles – formation de polluants, Docteur de l'Université d'Orléans, Chimie – Physique, 27 octobre 2010.

20- J. P. Cadoret et O. Bernard: La Production de biocarburant lipidique avec des promesses et défis, article paru dans le journal de la société de biologie, 202(3), 201-211, 2008.

21- جواهر المطيري: الطحالب طاقة متجددة لا تؤثر على الاحتياج العالمي للغذاء، مجلة اليوم، العدد 15335، جدة، 10يونيو2015.

22- Yusuf Chisti: Fuels from microalgae, Biofuels (2010) 1(2), 233–235

23- Tania Mazzuca Sobczuka and Yusuf Chistib: Potential fuel oils from the microalga Choricystis minor, Article2009.

24- أمل جاسم: الوقود الحيوي للفضلات الحيوانية والنباتية فوائد عالمية، مجلة بيئتنا، الهيئة العامة للبيئة، العدد154، أكتوبر2012.

25- Michael Melzer "Energetic valorization of agricultural by-products in the sub- Saharan zone : Biomass pre-conditioning via flash thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur de l'utc, 2013.

26- Shalini Rajvanshi. Mahendra Pal Sharma Microalgae: A Potential Source of Biodiesel Journal of Sustainable Bioenergy Systems, 2, 49-59, 2012.

27- دينا جلال: إنتاج الوقود الحيوي في إطار الاقتصاد العالمي مع اشارة خاصة بالحالة المصرية، بور سعيد – مصر-بحوث اقتصادية عربية، العددان 63-64، صيف، خريف 2013.

28- فاطمة أحمد حسن محمد: أثر الطاقة الحيوية كبديل للنفظ على الأمن الغذائي العالمي بتطبيق على دول منظمة الأوبك وبعض الدول النامية، دكتوراه، جامعة القاهرة 2013.

29- Chi-Yang Yu. Liang-Yu Huang. I-Ching Kuan and Shiow-Ling Lee: Optimized Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil by Lipase Immobilized on Magnetic Nanoparticles, Article Int. J. Mol. Sci. 2013.

30- By Nadae. M. Elsolh: the manufacture of Biodiesel from the used vegetal oil, Degree of Master Cairo, 28Fab2011.

31- Owolabi R.U. Adejumo A.L. Aderibigbe A.F: Biodiesel Fuel for the Future (A Brief Review), Journal of Energy Engineering, 2(5): 223 231, 2012

32- Jesús Oliva-Montes. Julio Flores-Rodríguez. Ricardo López-Medina. José Santos-Camacho. José Contreras Ruíz. Mabel Vaca-Mier : Producción de biodiesel à partir de grasa animal utilizando catálisis heterogénea, Revista Iberoamericana de Ciencias, ISSN 2334-2501, ReIbCi – Septiembre 2015.

33- Carine. T. alves. Heloysa.M.C.Andrade. regina C. D. Santos, Silvos A. B. Vieira de Melo, Ednildo A. Torres: transesterification of waste frying oils using $ZnAL_2O_4$ as heterogeneous catalyst Procedia Engineering 42, 1928 – 1945, 2012.

34- Hayet Bennadji : biodiesel combustion des esters éthyliques d'huiles végétales comme additifs au pétro diesel, thèse docteur, institut national polytechnique de lorraine, 07/10/2010.

35- An Overview of biodeisel and pétroleum Diesel life cycles, A Joint study sponsored by:U.S .Deparetment of agriculture and U.S. Deparetment of energy. May 1998.

36- Shawn P. Conley, Bio energy, what is Biodiesel? Department of Agronomy Bernie Tao, Department of Agricultural and Biological Engineering, Purdue University ID337, 12/2006

37- Présenté par le conseil québécois du biodiésel dans le cadre de la consultation publique par le bureau d'audiences publiques en environnement(BAPE), 13/03/2006.

38- سليمان: دراسة مخبرية لبحث" تصميم وتنفيذ محطة إرشادية لنتاج الوقود الحيوي من الفضلات المنزلية من دهون وزيوت مستعملة، موضوع العقد رقم 14، 2011/11/07.

39- G. KHOLA AND B. GHAZALA: BIODIESEL PRODUCTION FROM ALGAE. *Pak. J. Bot.*, 44(1): 379-381, 2012.

40- ناجي ديوب: دراسة الزيوت والشحوم الغذائية المصروفة إلى شبكة الصرف الصحي في بعض احياء مدينة اللاذقية، مذكرة ماجستير الهندسة البيئة جامعة تشرين، 2009.

41- خليل ياسين حوا: هدرجة جزيئية لزيت بذرة القطن باستخدام حفازات من بعض المعادن الانتقالية المحملة على فحم الكوك النفطي السوري، دراسة قدمت لنيل درجة الماجستير في الكيمياء الفيزيائية، سوريا 2010.

42- محمد الحلواجي: الزيوت النباتية بديل صحي للدهون الحيوانية واختيارها يقوم على اللون والطعم والرائحة، جريدة الاتحاد، تاريخ النشر: السبت 04 يونيو2011.

43- Fatim B. Diallo, Denis Bégin, Michel Gérin : La Substitution des solvantion par les esters méthyliques d'acide gras d'huiles végétales, bilans de connaissances, rapport B079 aout2010,

44- Myriam Desroches : Fonctionnalisation d'huiles végétales et de leurs dérivés pour la formulation de nouveaux revêtements polyuréthanes agro-ressourcés, thèse docteur, ecole nationale supérieure de chimie de montpellier, 2011.

45- M^{lle} Ndéye Anta kandj: étude de la composition chimique et de la qualite d'huiles végétales artisanales consommées au sénégal pour obtenir le grade de docteur en pharmacie *(diplome d'état*) , 30 mars 2001.

46- Chaib Faiza. Khenfer Afaf : Synthèse de biodiesel par la transestréfication des huiles commercialisées, mémoire master, Génie Chimique, université Kasdi Merbah, ourgla, 6/2013.

47- سحر صلاح مطر: دور قطاع صناعة الزيوت النباتية في الاقتصاد السوداني بحث تكميلي لنيل الماجستير في الدارسات الافريقية والاسيوية أغسطس 2002.

48- -مدخل إلى تكنولوجيا الزيوت والدهون والصناعات القائمة عليها.

http://*tarek.kakhia*.org2006

49- بكري القربي، خالد إسماعيل، عصام صهيون، محمد جمال اللحام: هدرجة الزيوت، مشروع تخرج لنيل شهادة الإجازة في الكيمياء التطبيقية، جامعة دمشق،1980/1981.

50- Hélene Zbiden Hambert: Huile de massage ayurvédique, mémoire présenté pour l'obtention du certificat de Thérapeute en massage Ayurvédique, 2007

51- Guillaume Hensel. Fongang Fouepe. Daris Manefang. Ajaga Nji. Denis Pompidou Folfack and Michel Takam : possibilité d'utilisation du biocarburant du Cameroun cas du biodiesel à partir de l'huile de palme la zone du mounge, international journal Issn 2351- 8014, vol. 15, pp 457-467, 2015

52- Mathilde Dufour : REGARD D'EXPERT SUR L'HUILE DE PALME, Février 2014.
ttp://www.mirova.com/Content/Documents/Mirova/publications/VF/Etudes/MIROVA_ETUDE_HuiledePalm

53- conférence internationale « enjeux et perspectives des biocarburants pour l'Afrique ». Ouagadougou, burkinafaso, 27-29, extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant, novembre 2007.

54- فواز سيوف: المميزات الطيفية لزيوت الزيتون وبعض الزيوت النباتية في المجال 200و2000نانومتر، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد 25، العدد 2، 2009.

55- Aboïna Gerard Tchakblo: Production de biodiesel par transesterification alcoolique : étude sur réacteur pilot mémoire pour l'obtention de master génie énergétique laboratoire biomasse, énergie et biocarburant (lbeb) 2009.

56- منال الحموي. باسلة إبراهيم: مساهمة في دارسة المحتوى الكيميائي لزيوت أصناف مختارة من بذور العصفر المزروعة في سوريا، مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية، المجلد (28) – العدد الثاني، كلية العلوم جامعة دمشق سورية، 2012.

57- منال الحموي. باسلة إبراهيم: دراسة تغير محتوى الزيت وتكوين الأحماض الدهنية لزيوت أصناف مختارة من بذور العصفر المزروعة في سوريا في الموسم الربيعي والشتوي، مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية المجلد(29)، العدد الثاني، 2013.

58- هالة أحمد الأمين: فول الصويا، سلسلة دراسات وتقارير نقطة التجارة السودانية، مايو2007.

59- مهند عبد الحسن العنزي: استخلاص الزيوت الثابتة من بذور بعض النباتات، مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد 20، 2012.

60- Guergour Hasina: étude de la toxicité d'huile de ricinus communis L sur les animaux de laboratoire, Pour l'obtention du Diplome de MAGISTER EN BIOCHIMIE, université farhat abbas –setif 2010-2011.

61- طارق اسماعيل كاخيا: طرق فصل الأحماض الدسمة وأستراتها، زيت الجفت نموذجا، الجمعية الكيميائية السورية، 2011.

http://*tarek.kakhia*.org

62- Mlle Hamsi Nouria**:** Contribution à l'étude de l'optimisation de l'extraction solide-liquide des lipides par Soxhlet du caroubier (*Ceratonia siliqua*) de la région de Tlemcen en vue de l'obtention du diplôme de master en biologie 2013.

63- سيراؤوس محمد. عدنان علي نظام: استعمال سلالة من طحلب Botryococcus braunii في إنتاج الوقود الحيوي، مجلة جامعة البعث، المجلد37، العدد 6، جامعة دمشق، 2015.

64- Le Tu Thanh. Kenji Okitsu. Luu Van Bio and Yasuaki Maeda: Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol, Review, journal Catalysts, 2, 191-222, 2012.

65- Fangrui Ma. Milford A Hanna: Biodiesel production, review, Bioresoure, Technology, 70, 1-15, 10/1999

66- Tao Yuan. Emmanul Akochi-koble. Dave Pinchuk and Frederik R.van de voort.ftir on line: monitoring of biodiesel transesterification, article, international journal of renewable energy biofuels, , 2014

67- ALLOUNE RHIAD : Le biodiesel une source d'énergie propre et prometteuse, Recherche et Développement, 22, 2012.

68- Yun Hin TAUFIQ –Yup. Nurul Fitiyah. Abdullah et Mahiram Basri: Biodiesel production via Transestrification of Plam Oil Using NaOH/ Al_2O_3 catalysts, sains Malasiana, 40 (6), 587- 588, 2011.

69- Sylwia Dworakowska. Szczepan Bednarz and Dariusz Bogdal: Poroduction of biodiesel from rapeseed oil, article, Department of Biotechnology and Renewable Materials, Cracow University of Technology, Warszawska 24, 31- 155, Cracow,2011.

70- A.K. Bajhaiya. S.K Mandotra. M.R. Suseela. Kirann Toppo and S.Ranade: ALGAL BIODIESEL: the next generation biofuel for India, review article, National Botanical Ressarch Institute, Lucknow, vol(4, 728-739, India), 2010.

71- Uif Schuchardi. Ricardo Sercheli. and Reogério Matheus Vargas: Transestrification of Vegetable Oils, Review, J. Braz, chem. Soc vol 9, 1, 199- 210, Brazil, 1998.

72- Berna Hamad : Transestrification des huiles végétales par l'éthanol en condition douces par catalyses hétérogène acide et basique, Thèse Doctorat, CLADE BERNARD- LYON 1, 2009.

73- Maryem Belgharza. EL habib EL Azzouzi. Meryem Kitane. Hind El Bouzaidi.Yahya Idrissi1 and Mohamed Alaoui El Belghiti: Study of manufacturing biodiesel from waste animal fats (chicken) in Morocco, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, , 6(12), 844-849, 2014.

74- P. M. EJIKEME, I. D. ANYAOGU, C. L. EJIKEME, N. P. NWAFOR, C. A. C. EGBUONUK. UKOGU and J. A. IBEMESI: Catalysis in Biodiesel Production by Transesterification Processes-An Insight E-Journal of Chemistry, 7(4), 1120-1132, 2010.

75- Maria Del Pilar Rodriguez : production biodiesel à partir d'une huile modèle de microalgues par voie de catalyse enzymatique hétérogène, mémoire de maitrise génie chimique, université de Sherbrooke, mars2014.

76- M. Amrani : Simulation du procédé de fabrication, du biodiesel à partir des graisses jaunes, Département de Génie Chimique, Faculté des Sciences et des Techniques, Université de Tanger, Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen 295 – 299, 2007.

77- Aurélie BOYER : Design de nouveaux synthons dérivés de l'acide oléique application à la synthèse de polyuréthanes, thèse doctorat, l'université de bordeaux 1, 2010.

78- Edmond Konan KOUASSI1. Abollé ABOLLE. Benjamin YAO. and David BOA : Essais de Transestérifications comparées par méthanolyse et éthanolyse de l'huile de palme mesure de la densité et de la viscosité en relation avec la structure moléculaire, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol 12, pp. 918-930, 4 Sep, 2015.

79- Hui Luo. Heng Yin .Rui Wang .Weigu Fan and Gouzhi Nan: Caprolactam –Based Bronsted Acidic lonic liquids for Biodiesel Production from Jatropha oil, article state key laboratory of heavy oil processing, China, University of petroleum, 27/03/2017.

80- Maria L.Martins. Ricardo F.Pires. Magno J.Alves. Carla E.Hori. Miran H.M. Reis. Vicelma L.Cardoso : Transestrification of Soybean Oil for Biodiesel Production Using Hydrotalcit as Basic Catalyst, article, Chemical Engineering Transactions, 32, 817- 822, 2013.

81- la production de biodiesel à partir de cultures oléagineuses, centre de référence en agricultures et agroalimentaire du Québec 2006, canada.

82- Stan McMillen: Biodiesel Fuel for Thought, Fuel for Connecticut's Future March 24, 2005.

83- Moses Tunde Oladiran. Jerekias Gandure : Biodiesel for Sustainable Energy Provision in Developing Countries, article, university of Botswana Gaborone, Law carbon economy, 2, 138-143, 2011.

84- Karim Khiari : Contribution à l'étude des propriétés thermo-physiques des biocarburants de seconde génération et leur influence sur le comportement des moteurs, thèse doctorat, Génie des procédés, Université Bretagne Loire, 21 Mar 2017.

85- ANNOU Hanane .CHIBANI Amina : Synthèse de biodiesel d'une algue verte, Master Académique, Analyse et Contrôle de Qualité, Université Kasdi Merbah Ouargla, 06/2016.

الملخص:

في هذه الدراسة قمنا بإنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي مخبريا بطريقة الانتقال الإستيري المحفز قاعديا باستعمال الميثانول وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH، حيث أن استعمال 103غ من زيت القلي يعطي كتلة من الديزل الحيوي مقدرة ب 85.55غ (100مل)، وبمقارنة النتائج المتحصل عليها (كثافة $0.855g/cm^3$، اللزوجة $4.019mm^2/s$، وطيف الأشعة تحت الحمراء) مع الديزل النفطي وبيو ديزل من زيت الطحالب وآخر من زيت عباد الشمس، قد تبين لدينا أن الديزل الحيوي المتحصل عليه له خصائص مشابهة مع الأنواع الأخرى من الديزل ومتطابق مع المعايير المتفق عليها دوليا.

الكلمات المفتاحية: الديزل الحيوي، زيت القلي، الانتقال الإستيري

Résumé :

Dans cette étude, nous avons produit du biodiesel à partir d'huile de friture expérimentalement par la méthode de transestrification basique en utilisant le méthanol et l'hydroxyde de potassium KOH, tel que l'utilisation de 103 g de l'huile de friture donne une masse de biodiesel estimée à 85,55 g (100 ml). En comparant les résultats obtenus (Densité de 0.855g / cm^3, la viscosité $4.019mm^2/s$ et le spectre infrarouge) de l'huile diesel et le biodiesel à partir de l'huile d'algues et une autre d'huile de tournesol, il a été démontré que le biodiesel obtenu possède des caractéristiques similaires à d'autres types de diesel et qu'il est conforme aux normes convenues au niveau international.

Mots clés : biodiesel, huile de friture, transestrification.

Abstract:

In this study, biodiesel was produced from frying oil experimentally by transestrefication basic method using methanol and potassium hydroxide KOH, such as the use of 103 g of water-Frying oil gives an estimated biodiesel mass of 85.55 g (100 mL). By comparing the results obtained (Density of 0.855 g / cm3, viscosity 4.019 mm2 / s and infrared spectrum) of diesel oil and biodiesel from algae oil and another of sunflower oil, It has been shown that biodiesel obtained has similar characteristics to other types of diesel and that it conforms to internationally agreed standards.

Key words: biodiesel, frying oil، Transestrefication.