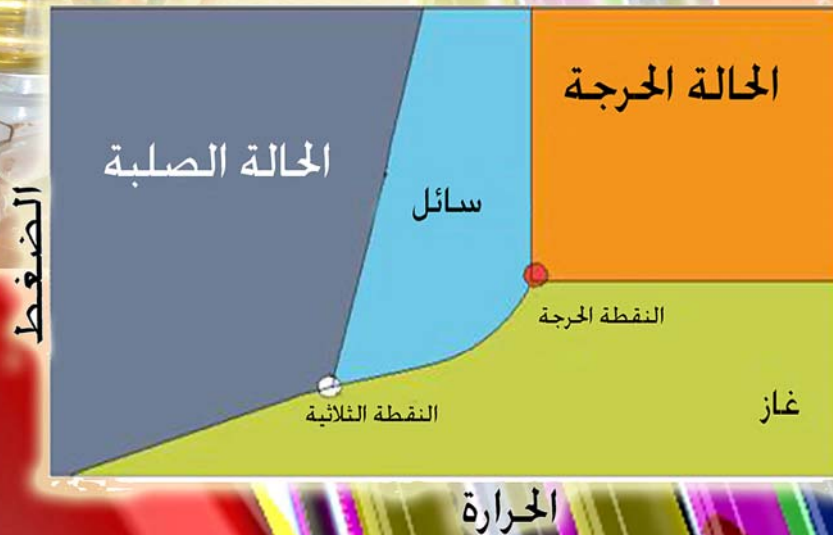


سلسلة اصدارات الكتب الميسرة في العلوم الهندسية

## الذهب الأخضر في مناوول الجميد

### الديزل الحيوي

م مهند ابراهيم الكاطع



# من مجلة التقنية ..... إلى القارئ الكريم

كانت البداية مع العدد الأول من مجلة التقنية، الذي صدر بعد تفكير عميق من شخصيات شاركتنا الحلم و العطاء، و بذلت الكثير لكي نخرج بالمولود الأول و هو مجلة التقنية، توالى الأحداث و الإصدارات المختلفة، حتى صدر العدد التاسع من مجلة التقنية، الذي كان ثمرة خبرة تراكمت لسنوات، كان خلالها فكرة تراودنا منذ الأعداد الصفرية الأولى إن صح التعبير، المقصد الأساسي من مجلة التقنية و نشاطاتها هي إضافة ما يمكن أن نساهم به في المكتبة العربية الالكترونية، هذه المكتبة التي يمكن القول أنها أصبحت تقدم الكثير، و لا زالت بحاجة إلي الكثير أيضا.

لا يخفى على أحد منا ما قلة الإصدارات التي تعنى بالعلوم الهندسية و التقنية، و ما نشهده من كتب الكترونية، تتوزع على المواقع العربية و المكتبات، في غالبها جهد فردي، لا نقصد التقليل من أهمية لأنه الأساس بطبيعة الحال، لكن المجهود الفردي مهما بلغ يضل قاصرا، دعونا ندعي في مجلة التقنية أننا نحاول أن نغير من هذه الصورة قدر المستطاع، من خلال تبني فكر المكتبة الالكترونية، و البدء في هذه السلسلة، هذا المقصد الاول، هنالك مقصد اخر، متمثل في تجزئة بعض الموضوعات التي صدرت أساسا في ضمن مجلة التقنية، و جعلها كتيبات مصغرة منفصلة، و إعادة إخراجها في قالب مختلف يسهل التعامل معه و تداوله، و ما هو بين يديك عزيزي القارئ احد هذه الأفكار و الموضوعات.

و نحن نصدر الإصدار تلو الإصدار لا يمكن إلا أن نقف إكبارا و إجلال لكل من ساهم معنا من فريق التحرير، من كان معنا منذ الأعداد الاولى، الأستاذ محمد يوسف، و المهندس وليد السيد، و الدكتور محمد عشيوني، و المهندس مهند جمعة، و الأستاذ محمد السبيعي، جميع من سطر جملة، أو وضع حرفا، فمعذرة لان القائمة تطول و لا يمكن أن أذكر كل الأسماء كلها، لان العدد كبير و إن كتبته فلعلي احتاج إلي صفحات أكثر بكثير من مجرد مقدمة، و لا يمكن أن نتطرق إلي هذه الشخصيات و نخص غيرها، فما زال معنا في مجلة التقنية من يعمل في صمت، و يستحق لقب الجندي المجهود بكل جدارة.

في ضل هذه الإرهاصات التي نحاول أن نقوم بها، تضل يدنا مفتوحة لكل من يريد أن يساهم معنا في إثراء هذه الفكرة، لان يقينا أن كل حرف سوف يفيد، و أن كل ثمرة سوف تأتي أكلها، و كل كلمة تقرأ تضع تراكم، و تحي عقول، و تنير طريق، نريدها أن تكون دعوة مفتوحة معنا لأننا في مجلة التقنية، نعلم يقينا أن أول الغيث قطرة و مسافة الألف ميل تبدأ بخطوة، فهل يمكننا أن نقوم أننا قطعنا احد خطوات الألف ميل، سؤال نترك لك عزيزي القارئ الإجابة عليها بعد أن تقرأ هذه الصفحات، و تستفيد من هذا الزاد.

المهندس عمر محمد التومي  
رئيس التحرير



- 1- مجلة هندسية إلكترونية تقنية تصدر كل شهرين وتحمل مجانا.
- 2- تحتوي على مقالات هندسية وتقنية عامة ومتخصصة مما يجعلها مجلة ذات انتشار موسع وتناصب شريحة كبيرة من القراء.
- 3- تحتوي على لقاءات مع نخبة من الشخصيات العربية.
- 4- تحتوي على أبحاث أكاديمية ودراسات متخصصة.
- 5- تحتوي على أحدث الأخبار التقنية والهندسية مما يجعلها مصدر للتقني والمهندس العربي، وأيضا لعموم القراء من أجل التعرف على جديد العصر.
- 6- تحتوي على جزء خاص بالإستشارات مما يجعلها مجلة تتعدى الجانب النظري فقط.

### تاريخ المجلة

أنشئت المجلة في شهر شوال ، سنة 1426- الموافق 6-10-2005 و صدر منها العدد الأول في نفس التاريخ ، تم تواليت الأعداد حتى العدد الحالي، شارك في المجلة نخبة من المتخصصين في شتى أرجاء الوطن العربي و غيره، كما تصدر المجلة ملحقات مختلفة مع أعدادها.

### ما هو مجالنا

تختص المجلة بنشر المعلومات التقنية في صورة أبحاث أو ملخصات الأبحاث أو مقالات، وتعنى بالنشر العلمي وتشجيعه، ضمن مفهوم الإعلام العلمي.

### أين نريد أن نكون

تسعى مجلة التقنية أن تكون المؤسسة الإعلامية العلمية الرائدة عن طريق:

- 1- موقع إلكتروني يحظى باهتمام القارئ العربي من خلال معدلات إقبال مرتفعة.
- 2- مجلة الكترونية في صورة PDF تصدر بشكل منتظم كل شهرين.
- 3- ملحقات مختلفة كل عدد.
- 4- نشاطات تقنية وهندسية من ندوات ومؤتمرات

● القيمة التي تضيفها المجلة للمجتمع  
زيادة الوعي التقني والإلكتروني لدى المتابع العربي، عن طريق تعريفه بالمستجدات التقنية، وكذا نشر المعرفة والأبحاث التي تصلح للتطبيق في مختلف المجالات، وتحقيق الربط بين الجهات الأكاديمية والجهات التطبيقية

### أرقام عن المجلة

● أجريت ما عدده 23 دراسة مختلفة عن المجلة من أجل تطورها و الرقي بالآداء العام للمجلة.  
● يساهم في المجلة أكثر من 100 كاتب سين دكتور و مهندس و كاتب مختص  
● حمل من المجلة ما قرأته 200 ألف نسخة في مختلف الأعداد  
● شاهد الموضوعات المختلفة ما يزيد عن 500 ألف شخص  
● نشرت المجلة على آر من 32 موقع على الشبكة الدولية  
● نشرت المجلة أكثر من 900 صفحة إلكترونية

مجلة التقنية  
www.tech.nical.ly

مجلة التقنية  
www.tech.nical.ly

المهندس وائل السقا  
التكريم السنوي لمجلة التقنية

أجهزة الكمبيوتر  
على الهاتف الخليوي

تأثير تقنية المعلومات في التعليم العالي  
التحدي الأخير في مختلف الجمع

التعلم النشط واستقرار قاعدة المعرفة  
أحدث تقنية لاسلكية  
النظر الإلكتروني  
تقنية الاتصال مع الانترنت  
الدمج وتلدمر على اتجاه الطوار  
تطوير المعرفة

2008 ©

### أقسام المجلة

تتكون المجلة من الأقسام الآتية:

- 1- الافتتاحية
- 2- مقالات تحليلية
- 3- مقالات تعرض بالشرح والتحليل للقضايا الهندسية والتقنية على الساحة العربية والدولية.
- 3- جديد المنتجات التقنية
- 4- عرض لأحدث المنتجات التقنية في مختلف التخصصات.
- 4- مقابلات ولقاءات
- 5- مقابلات مع متخصصين، وراد في المجال الهندسي والتقني، ومع الشخصيات الناجحة في ذات المضمار.
- 5- ملف العدد
- 6- دراسة كاملة حول موضوع معين يتم تغطية من كافة الجوانب.
- 6- أبحاث ودراسات
- 7- مخصص للأبحاث الهندسية والتقنية باللغة العربية والإنجليزية.
- 7- جديد التقنية
- 8- عرض لأحدث التقنيات المستخدمة في المجال الهندسي والتقني.
- 8- طريق النجاح
- مقالات متخصصة في إدارة الأعمال والمشاريع الصغرى.

مجلة التقنية			
الافتتاحية	أبحاث وتقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية
ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية	ملفات تقنية

### القيم والمبادئ

#### منظومة القيم

تتبنى المجلة العمل من خلال منظومة القيم الإسلامية والتي تدعو الى الإيمان باللهو الأخذ بالأسباب والعلم والتعلم، والإتزام الى المجتمع والوطن واحترام قوانينه والعمل ضمنها.

#### منظومة المبادئ

- 1- الإهتمام بشركاء النجاح، واحترامهم وتقدير دورهم، وهم العاملون في المجلة من فريق التحرير والمتعاونين معها من الكتاب والباحثين، والشركات الداعمة والجهات الراعية، وكافة الجهات التي تتعامل معها المجلة.
- 2- الوفاء بشروط التعاقد التي تبرمها المجلة مع شركاء النجاح لها.
- 3- الإتقان في العمل والتطوير المستمر.
- 4- الطموح بلا حدود وتظيم وتطوير الأهداف لكل مرحلة.
- 5- الإصرار بعزم على التغلب على كافة المعوقات وتذليل الصعاب التي تقف أمام المجلة.
- 6- الأمانة في التعامل ونقل المعلومات والإلتزام بمعايير المهنة.

### النشر في المجلة

طبيعة المجلة هو التخصص الهندسي والتقني والمجلة ملتزمة بنشر الأبحاث والدراسات الهندسية والتقنية عند توفر شروط النشر بها في المجلة؛ وهي:

- 1- أن يكون المقال أو البحث من إعداد الكاتب نفسه.
- 2- توفر شروط النشر في المقال المرسل من الناحية اللغوية والفنية.
- 3- توفر شروط البحث العلمي في المادة المرسله للنشر في هذا القسم من المجلة.
- 4- تقبل المجلة كافة البحوث بالعربية والإنجليزية نظر الطبيعة المجلة و خصوصياتها.
- 5- ألا تقل المادة المرسله للمجلة عن صفحتين من صفحات برنامج MS Word ولا تزيد عن 30 صفحة، وفي حالة كان العدد أكبر من هذا يتم التشاور مع صاحب البحث بشأن تقسيمه.
- 6- أن يكون المقال في ضوء طبيعة المجلة وتوجهها العام.
- 7- يفضل إرسال المرة الذاتية للكاتب مرفقة بصورة.
- 8- للمجلة الحق في نشر أو عدم نشر المادة المرسله لها مع الإهتمام بمراسلة صاحب البحث أو المقال بسبب عد النشر في حالة تم الرفض.

### سياسة النشر في المجلة

تتبع المجلة أسلوبا حديثا و راقيا في إدارة المحتوى الذي سوف يتم نشره من خلال فريق التحرير وإشراف هيئة علمية، متضمنا ما يلي:

- 1- تنوع كبير جدا في المادة على نحو موسع.
- 2- التوسع بالتالي يقتضي التقليل من حجم المساحة المخصصة للمقال، بحثا أو الخبر، وهذا حرصا على كون المادة ميسورة و سهلة للقارئ الكريم.
- 3- كل المقالات أي كانت طبيعتها معدة خصيصا للمجلة.
- 4- خلق حيوية كبيرة في المجلة، من خلال من مقالات و أبحاث و اخبار علمية، وكذا التطرق لما هو حديث وجديد وبمس القارئ بشكل مباشر. سواء كان متخصصا أو غير متخصص.
- 5- تحرص المجلة على وجود استقطاب للشركات من خلال الجمع بين المعلومات النظرية و الأسس التطبيقية لها.

### أنشطة المجلة

للمجلة نشاطات مختلفة ضمن التوجه العام لها، ساعية من خلال هذه الأنشطة الى خلق بيئة في مجال النشر العلمي المتخصص، و من هذه النشاطات ما يلي:

- 1- اجراء استفتاءات علمية تنشر دوريا في المجلة.
- 2- نشر الأبحاث العلمية والهندسية ( في السياق العام والرئيسي للمجلة)
- 3- تغطية الندوات والمؤتمرات الهندسة والتقنية، و نشر قائمة بما سوف يقام منها لكي يتابعه المتخصصين.
- 4- إقامة مسابقات هندسية وتقنية، من أجل تشجيع ودعم الأبحاث.
- 5- التواصل مع المؤسسات الصناعية والبحثية لغرض عرض أحدث ابتكاراتها.

### أهداف المجلة

- 1- تكوين مجلة عربية إلكترونية مجانية يشارك بها النخبة من المتخصصين، والباحثين العرب على صعيد الوطن العربي. في المجال الهندسي والتقني.
- 2- توفير مصدر عربي للمعلومات الهندسية والتقنية في صورة راقية.
- 3- خلق بيئة مشجعة ومحتضة للباحثين وتشجيعهم على نشر أبحاثهم فيها.
- 4- إتاحة و توفير المعلومة لكل متخصص أو مهتم.
- 5- تغطية الأحداث الهندسية، وإبراز الشخصيات التي قدمت و ساهمت في تطوير الحقول الهندسية والتقنية.

### شركائنا



### شركائنا





# المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة عامة	5
الديزل الحيوي عالمياً	6
مراحل الإنتاج	7
أهم مواصفات الديزل الحيوي	8
المكونات والخواص الكيميائية	9
الزيوت والخامات الأولية التي تم استخدامها في تقنية إنتاج الديزل الحيوي	10
إنتاج الديزل الحيوي التقنية الأكثر شيوعاً	14
تحديات التقنيات الشائعة ، تقنيات الإنتاج الأحدث	16
تقنية استخدام الحفاز الحمضي	17
تقنية إنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة	18
تقنية الطور الواحد لإنتاج باستخدام الميثانول الحرج	19
تجربة الطور الواحد لإنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة	20
تقنية استخدام طورين لإنتاج الديزل الحيوي مع الميثانول في حالته الحرجة	21
النتائج المستخلصة من سلسلة الديزل الحيوي	24

الديزل الحيوي هو شكل من أشكال الوقود الحيوي الذي يصنف تحت باب الطاقات المتجددة ، حيث يمكن الحصول عليه من الطبيعة ، الديزل الحيوي على وجه الخصوص يستخرج من الزيوت النباتية وهو عبارة عن أستر ميثيلي معقد **methyl ester**، له خواص أقرب ما تكون الديزل النفطي ولذلك يسمى الديزل الحيوي .

إن الطاقة القابلة للتجدد وإمكانية استخدامها في المحطات المركزية و كافة مجالات الحياة كبديل عن النفط أصبحت من أهم المواضيع على الساحة العلمية في وقتنا الراهن ، ويعود هذا لعدة أسباب قمنا بذكرها في مقال سابق تحت عنوان ( ثورة الذهب الأخضر على الذهب الأسود) حيث أشرنا إلى أن أهم تلك الأسباب وهو ارتفاع أسعار النفط والتكهنات المتزايدة بنضوبه أضف إلى ذلك ما يسببه الوقود النفطي من مشاكل بيئية كارثية كارتفاع درجة حرارة الأرض أو ما بات يعرف بـ ((**الأحتباس الحراري** )) نتيجة للسموم التي يطلقها ، أضف إلى كل ذلك الأضرار الأخرى الجسيمة التي تلحق بالأحياء البحرية والبرية على حد سواء جراء استخدامه ونقله ، وما قد يلحق بالإنسان أيضاً من أمراض وأوبئة نتيجة الحاجة المتزايدة لاستخدامه في مجالات مختلفة من الحياة وخصوصاً مجال الصناعات العضوية والبتروولية، كل هذا دفع بطبيعة الحال إلى البحث الجاد عن أساليب جديدة للحصول على الطاقة ، فتقرير المدير التنفيذي للطاقة الدولية يبين أن هنالك حالياً 1.6 مليار شخص يعيشون بلا كهرباء، و 2.4 مليار شخص يستخدمون اشكالا بدائية للطبخ والتدفئة ، فهذه الأعداد الهائلة من سكان الأرض محرومة من الطاقة النفطية وبالتالي من جميع المتطلبات الحياتية الضرورية لمسيرة التطور البشري و التي لا يخفى على أحد أنها تعتمد على الطاقة والمتمثلة حالياً في النفط هذه السلعة الباهظة الثمن بالنسبة للفقراء إذن أصبحت مسألة البحث عن طاقة بديلة ومتجددة ضرورة قصوى ومُلحة ، وقد تعددت وسائل البحث العلمي ، ونتائجه في هذا الصدد ، وتم بالفعل في الوقت الراهن طرح بدائل للطاقة النفطية ومنها الطاقة الكيميائية الحرارية والطاقات الحيوية كالغاز الحيوي و الديزل الحيوي وتقنية الخلايا الشمسية وطاقة الرياح والطاقة البحرية وإحلال الهيدروجين واستخدامه كطاقة و.... الخ .

وضمن ما ذكرنا من الطاقات البديلة للنفط فإنه لا بد من وجود جدوى اقتصادية لاختيار الأنسب منها ، بما يحقق أقل مستوى من الأضرار البيئية والمادية وبما يؤدي الغرض بالحصول على أكبر قيمة من الطاقة وأن تكون قابلة للتجدد ، مع الأخذ بعين الاعتبار بالدرجة الأولى البيئة والأحياء على وجه

البديل الوحيد المتوفر حالياً ضمن ما ذكرنا من شروط ويمكن استخدامه في جميع أرجاء الأرض هو الديزل الحيوي الذي أشرنا إليه بشكل مفصل في مقالنا السابق ، وذكرنا أنه يتم استخراجها من بذور النباتات الزيتية ويمكن استخراجها من أي زيت نباتي متوفر كزيت بذور اللفت والنخيل والقطن والذرة والصويا والفول السوداني وزيت الزيتون وعباد الشمس وغيرها من الزيوت النباتية أو الحيوانية ، ويتم اختيار الزيت وفقاً لدرجة توافره في البلد المنتج وكمية الديزل الذي يمكن أن يستخرج منه، فكل بلد يستطيع إنتاج الديزل الحيوي بما يتوفر لديه من زيوت .

### الديزل الحيوي عالمياً :

لقد وصلت تقنية إنتاج الديزل الحيوي إلى مستوى كبير من النجاح في دول كثيرة من العالم كالولايات المتحدة وكندا والبرازيل وفرنسا وأوكرانيا وروسيا وألمانيا والتشيك وإيطاليا وسويسرا ، وتقدمت أوروبا على وجه الخصوص في هذا المجال ، حيث تحتل ألمانيا المركز الأول في هذا المجال ، فقد تم بالفعل تشغيل أكثر من 1200 محطة للتزود بالديزل الحيوي في العام الماضي ، كما تجري الآن عمليات تعديل على محركات الديزل (النفطي ) للتناسب مع الوقود الجديد ، ولاقت هذه الخطوات انطباعاً إيجابياً واسعاً بين أفراد المجتمع واهتماماً كبيراً في الأوساط العلمية رغم حداثة هذه المنتج وحداثة تقنية إنتاجه ، فالخاصة المميزة للديزل الحيوي هو أنه واحد من أكثر أنواع الوقود البديلة المتاحة حالياً كما ذكرنا سابقاً ، وقلها ضرراً على البيئة والأحياء ، حيث أنه لا يحوي مواد سامة كالتى تتواجد في نظيره من الديزل الأحفوري وبالتالي تأثيره أقل على البيئة ، وعملية استخدامه بالمحركات تشابه لحد كبير استخدام الديزل النفطي إضافة إلى كونه قابلاً للتجديد حيث يعتمد على زراعة النباتات الزيتية ، الأمر الذي جعله يحتل المرتبة الأولى في أسواق الطاقة المتجددة على الإطلاق .

إذاً كيف يمكن الحصول على الديزل الحيوي؟

وما هي مكوناته؟؟

وماهي المراحل التي يمر بها قبل وصوله لشكله الأخير (القابل للاحتراق) ؟

نستطيع أن نعبر عن المعادلة الأساسية في تقنية إنتاج الديزل الحيوي بالمثل التالي :

أخذ 100 لتر من زيت نباتي + 10 لتر من غول ميثيلي بوجود حفاز قلوي ينتج لدينا 100 لتر من

الديزل الحيوي + 10 لتر غليسرين .

وتتحقق هذه المعادلة كيميائياً عبر تفاعل الأسترة الانتقالية (transesterification) وسنرى في الجزء من هذه السلسلة تفاصيل هذه التقنية ، مدعومة بالمعادلات الكيميائية اللازمة ، إضافة إلى ذكر المخطط التكنولوجي الكامل لعملية إنتاج الديزل الحيوي .

وما يهمنا الآن هو معرفة الفكرة الأساسية لإنتاج هذا الوقود ومكوناته الرئيسية ، وتتلخص الفكرة الرئيسية على تكسير جزيئات الزيت النباتي (أو الحيواني) باستخدام نوع من أنواع الكحول (الميثانول أو الأيثانول أو الأيزوبروبانول) عند درجة حرارة 60 درجة ، وبوجود مادة حفازة لنحصل بذلك على منتج أساسي من الديزل الحيوي (أستر معقد) ومنتج ثانوي (غليسرين) ، فالمكونات الأساسية هي سهلة وبسيطة كما نلاحظ وهي مكونة من زيت نباتي وغول ومادة حفازة ووجود مصدر حراري مناسب .

تجدر الإشارة إلى أن الغول المستخدم على نطاق واسع في العالم في الوقت الراهن هو الميثانول وذلك لأنه أرخص ثمناً وينتج أقل فضلات من الماء أثناء التفاعل ، أما الحفاز المستخدم فهو على الغالب يأخذ شكلاً قلويًا مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH أو هيدروكسيد الصوديوم NaOH

### مراحل الإنتاج :

مراحل عملية إنتاج الديزل الحيوي تمر بأربعة أطوار أساسية وهي :

**التنقية:** وفيها تتم تنقية الزيت المستخدم من الفضلات والشوائب المرافقة للزيت النباتي أو الحيواني الخام عند أستخراجه من مصادره الطبيعية ، وفي حال كان الزيت مستعملاً (كالزيوت المستخدمة في المطاعم) فإنه لابد من معالجتها والتقليل من نسبة الأحماض الدهنية الحرة الموجودة داخلها والمتزايدة اثر الإستعمال المتكرر للزيت ، ولأن تلك الأخيرة تتفاعل من الحفاز القلوي مشكلة بذلك منتجات ثانوية متصبنة ، وبذلك نتحمل أعباء إضافية لإزالتها إضافة إلى إزالة المادة الحفازة .

**حساب كمية العامل الحفاز :** وذلك لضمان الحصول على أكبر كمية ممكنة من الديزل الحيوي ، فأى زيادة أو نقصان في كمية الحفاز قد يؤدي إلى ظهور منتجات ثانوية بكميات كبيرة تؤثر في النهاية على سير التفاعل الكيميائي وبالتالي الحصول على مردود أقل من المنتج الأساسي المتمثل بالديزل الحيوي .

**الخلط :** بعد حساب كمية الحفاز بشكل دقيق تتم إضافة المادة الحفازة إلى وسط التفاعل مع التحريك المستمر وبوجود درجة حرارة كافية لأنجاز التفاعل الذي يستمر من 1-8 ساعات اعتماداً على درجة الحرارة المستخدمة .

**الترسيب :** حيث نترك المخلوط لمدة تتراوح بين 24 إلى 48 ساعة يتم خلالها ترسب الغليسرين الأكثر كثافة من الديزل في الأسفل فيفصل إلى خزان خاص بينما يطفو الديزل الأقل كثافة على السطح ، ويمكن ملاحظة أنقسام المخلوط إلى الديزل والغليسرين عن طريق فرق الكثافة واللزوجة بحيث يظهر ذلك في وعاء الخلط بعد مضي 24 ساعة على العملية ويتم ذلك بشكل تدريجي بطبيعة الحال .

هذه باختصار أهم المراحل الرئيسية في إنتاج الديزل الحيوي بشكل عام ، بيد أن الدراسات ما زالت مستمرة لإنتاج الديزل الحيوي بطرق وظروف أخرى بما يحقق تكلفة أقل وجودة أعلى ومنتج ثانوي أقل ، وبعد إجراء بعض عمليات إزالة الشوائب و الماء أو الميثانول المتبقي في الديزل يمكن خلط الديزل الحيوي المنتج مع كمية من الديزل الأحفوري واستخدامه مباشرة في محركات الديزل على أن لا تتجاوز كمية الديزل الحيوي المخلوط 50 % في حال عدم إجراء تعديلات على محرك الديزل الأحفوري .

### أهم مواصفات الديزل الحيوي :

الديزل الحيوي بطبيعة الحال هو كأي منتج له ما يميزه من الصفات ، لكن إذا ما قارناه بالمنتجات النفطية نجد أنه أقرب إلى الديزل منه إلى المنتجات النفطية الأخرى ، لذلك سنذكر صفات هذا المنتج مقارنة بالديزل التقليدي

يعتبر الديزل الحيوي منتج غير سام وسهل التحلل .

يعتبر أقل ضرراً على البيئة لأنخفاض الغازات السامة حيث يقلل انبعاث أول وثاني أكسيد الكربون بنسبة 50 بالمئة تقريباً مقارنة بالديزل الأحفوري ، كما أن الديزل الحيوي لا يسبب أي انبعاث لغاز ثاني أكسيد الكربون على عكس الديزل الأحفوري . اللزوجة مرتفعة في الديزل الحيوي أكثر منه في الديزل الأحفوري مما يؤدي إلى الأطالة بعمر المحرك أكثر مما هو عليه عند استخدام نظيره الأحفوري .

رقم السيستان المعبر عن سرعة احتراق الوقود يكون مرتفعاً لحد الضعف تقريباً مقارنة مع الديزل الأحفوري مما يقلل من ضجيج المحرك ويؤدي إلى الحفاظ على المحرك مع سرعة إعادة التشغيل تعتبر درجة حرارة الاحتراق مرتفعة بالنسبة للديزل الحيوي مما يؤدي إلى تخزين أكثر أماناً .

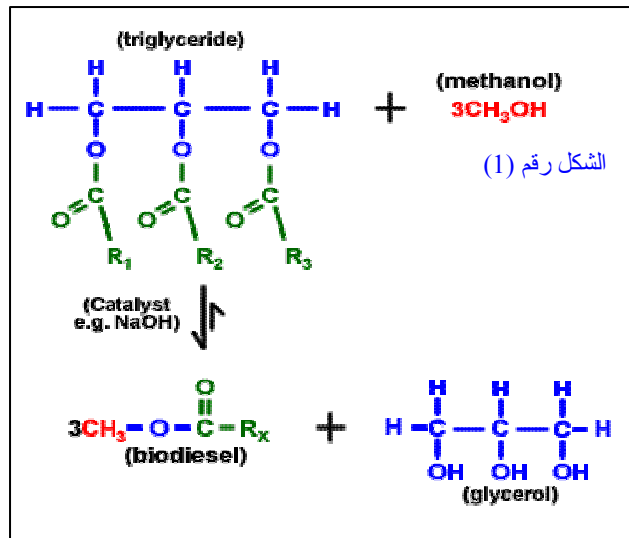
يعتبر الديزل الحيوي محلاً للترسبات في خزان الوقود الحيوي مما يؤدي إلى عدم حدوث أي صدأ في خزان الوقود او محرك الديزل الحيوي . رائحة الديزل الحيوي عند الاحتراق أكثر قبولاً من رائحة السموم الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري. ينتج الديزل الحيوي بصورة أكثر سهولة من الديزل الأحفوري حيث لا يحتاج لمعدات ضخمة وعمليات معقدة كالنقطير والتكرير عبر سلسلة عمليات مكلفة



وما إلى هنالك ، فالعمليات المستخدمة في الوقود الحيوي كلها يتم التعبير عنها بتفاعل كيميائي لا يحتوي الديزل الحيوي على أي من مركبات الكبريت ، بينما يحتوي الديزل الحيوي على أربع اشكال لمركبات الكبريت المسببة للتآكل في اجزاء المحرك والمسببة .

### الديزل الحيوي ( المكونات والخواص الكيميائية)

تحدثنا في الأسطر السابقة عن مفهوم الديزل الحيوي وعن أهميته الاقتصادية والبيئية عن المراحل الرئيسية في إنتاجه وعن طبيعة الحفازات الأكثر استخداما في إنتاج هذا الوقود والمتمثلة بالحفازات القلوية ، وذكرنا بأنه الغول الأكثر استخداما هو الميثانول ، بقي علينا أن نأخذ لمحة عن خواص الزيوت النباتية، لذلك سنتحدث في هذا الجزء بشكل أكثر تفصيلاً عن مكونات الزيوت المستخدمة وما يميز الزيوت النباتية بعضها عن البعض الآخر. سنبدأ أولاً باستعراض الشكل العام للتفاعل الكيميائي الذي ينتج منه الديزل



### الحيوي أنظر الشكل (1)

سنركز في الشكل (1) على الجزء الأول الداخل بالتفاعل والمتمثل بثلاثي الغليسيرييد (الزيت النباتي المستخدم) . نلاحظ أن ثلاثي الغليسيرييد يختلف باختلاف السلاسل R1 ، R2 ، R3 وهي عبارة عن سلاسل طويلة من ذرات الهيدوجين والكربون وتسمى بسلاسل الأحماض الدهنية . سنركز في الشكل (1) على الجزء الأول الداخل بالتفاعل والمتمثل بثلاثي الغليسيرييد (الزيت النباتي المستخدم) . نلاحظ أن ثلاثي الغليسيرييد يختلف باختلاف السلاسل R1 ، R2 ، R3 وهي عبارة عن سلاسل طويلة من ذرات



الهيدوجين والكربون وتسمى بسلاسل الأحماض الدهنية .

وسنستعرض السلاسل الشائعة والمهمة لهذه الأحماض في الزيوت النباتية او الحيوانية مع اهمال السلاسل الأخرى التي لا قيمة لها فيما نحن بصدده ، فسلاسل الأحماض الدهنية المشهورة والشائعة هي خمس سلاسل هي (حمض البالميستيك ، حمض الستيريك ، حمض الأوليك ، حمض اللينولييك ، حمض اللينولينيك ) .

حمض البالميستيك ( **Palmitic Acid** ) : ( 16:0 ) حيث يعبر الرقم 16 عن عدد ذرات الكربون في السلسلة متضمنة بذلك ذرة الكربون الموجودة في الجذر R أما الرقم صفر فهو دليل على عدم وجود روابط مزدوجة



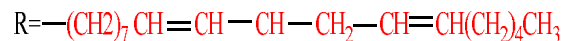
حمض الستيريك ( **Stearic Acid** ) ( 18:0 ) 18 ذرة كربون مع عدم وجود روابط مزدوجة



حمض الأولييك ( **Oleic Acid** ) ( 18:1 ) رابطة مزدوجة واحدة

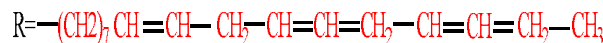


حمض اللينولييك ( **Linoleic acid** ) ( 18:2 ) نلاحظ وجود رابطتين مزدوجتين في السلسلة



حمض اللينولينيك ( **Alpha-linolenic acid** )

( 18:3 ) وهنا نلاحظ وجود 18 ذرة كربون مع وجود ثلاث روابط مزدوجة .



نلاحظ من الأرقام التي تحدد عدد ذرات الكربون في السلسلة أن العدد يتضمن ذرة الكربون المرتبطة

(22:1)	(20:0)	(18:3)	(18:2)	(18:1)	(18:0)	(16:0)	(14:0)	الزيت او الدهن
		11-5	60-50	30-20	5-2	10-6		الصويا
		مهمة	62-34	49-19	5-2	12-8	2-1	الذرة
			30-20	65-50	3-2	9-8		القول السوداني
		مهمة	12-10	84-73	3-2	10-9		الزيتون
		مهمة	50-40	35-23	2-1	25-20	2 -0	بنور القطن
			83.8	8.8	1.5	5.9		لينوليك العصفر
			19.7	74.1	1.4	4.8		أوليك العصفر
			21.1	59.9	1.3	4.3		أوليك اللفت
50.7	7.4	9.7	14.1	13.1	0.8	3		أروسيك اللفت
		5-2	2.5-1	31-28	13-10	26-24	10-7	الزبدة
		1-0	13-7	50-40	18-12	30-28	2-1	دهن الخنزير
			2.3	34-37	25-20	32-24	6-3	دهن البقر
		60-25	40-35	40-25	4-2	7-4		بنور الكتان
			44.32	12.96				زيت صفراء
		0.67	6.97	44.32	12.96	23.24	2.43	زيت نموذجية

الجدول رقم (1) نسب الأحماض الدهنية المختلفة بالزيوت بحسب عدد ذرات الكربون في السلسلة

بالأوكسجين في نهاية الحمض الدهني لذلك تكون كربوكسيلية .

وبأضافة الميثانول على هذه الأحماض نحصل على الميثيل أستر ، والجدول رقم (1) يبين النسب المئوية

لكل سلسلة من هذه الأحماض في الزيوت النباتية والدهون المختلفة

الزيوت والخامات الأولية التي تم استخدامها في تقنية أنتاج الديزل الحيوي :

المنتبع لأخبار الطاقة وما يرافقها من مشاكل بيئية وتهديدات كارثية يجد أن الدول الغربية وعلى رأسها ألمانيا وكندا وفرنسا وأمريكا أبدت اهتماما كبيرا في الطاقة البديلة وخاصة في العقد الأخير ، وتزايدت الصيحات الداعية إلى استخدام الطاقة البديلة وسط مخاوف عن مشاكل بيئية كبيرة قد يتعرض لها كوكب الأرض إذا بقي انبعاث الغازات السامة المساهم في الاحتباس الحراري كما هو عليه الآن ، ومما لا شك فيه أن ألمانيا تحمل لواء حماية البيئة في الوقت الراهن وتشجع الأبحاث العلمية المختلفة في مجال الطاقة البديلة ، حيث قامت بخطوات جداً فعالة في هذا المضمار لدرجة قيامها بتشغيل محطات تزويد بالوقود الحيوي ، ويوماً بعد يوم تتزايد الأبحاث في مجال الطاقة البديلة خصوصاً مع الارتفاع المخيف الذي وصلت إليه أسعار النفط باقتربها من سقف المائة دولار للبرميل الواحد .



الملفت للانتباه هو أن الأبحاث المتعلقة بالديزل الحيوي رغم حداثةها ورغم أنها مازالت في مراحل التجريب ، إلا أنه تم بالفعل إنتاج الديزل الحيوي من أكثر من عشرين نوع من الزيوت المختلفة ، ومازال المجال مفتوحاً للحصول على مزيد من النتائج في هذا الصدد ومازالت الأبحاث مستمرة للحصول على أفضل تقنية إنتاج بأقل تكلفة ممكنة ،

حيث :

Myristic Acid ( 14:0 ) حمض الميرستيك

Palmitic Acid (16:0) حمض البالمييك

Stearic Acid (18:0) حمض الستيريك

Oleic Acid (18:1) حمض الأوليك

Linolenic Acid (18:2) حمض اللينوليك

[Alpha-linolenic](#) (18:3) حمض اللينولينيك

Arachidic Acid (20:0) حمض أراشيديك

Erucic Acid (22:1) حمض الأيروسيك

وفي إطار ما تم عالمياً من تجارب تم استخدام الزيوت الآتية وتم الحصول فعلاً على الديزل الحيوي منها جميعاً وبنسب متفاوتة نظراً لاختلاف تركيبة كل منها ، وإليك قائمة بأسماء تلك الزيوت :

1. زيت العصف (Safflower) وينتشر العصف في الهند وأمريكا .
2. زيت الجوز (nut-oil) من نباتات المناطق الباردة ويكثر في مرتفعات المغرب و سورية و شمال العراق و إيران و إيطاليا و فرنسا.
3. زيت السمسم (sesame-oil) السّمسم يزرع أصلاً في الهند والصّين و إفريقيا و أمريكا اللاتينية وجنوب المملكة العربية السعودية واليمن والسودان.
4. زيت الزيتون (olive-oil) ويتركز إنتاج الزيتون في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط حيث تقع أكبر عشر بلدان منتجة للزيتون على سواحل البحر الأبيض المتوسط ويشكل إنتاجها مجتمعة
5. زيت القطن (cotton -oil) تنتشر زراعة القطن في السودان ومصر وسوريا والصين والمكسيك وبلدان أخرى زيت بذور اللفت ( rapeseed-oil ) ويعد من أكثر الزيوت استخداماً نظراً لانخفاض سعره وسهولة التعامل معه وهو من فصيلة الملفوف البري و يكثر في المناطق الباردة.
6. زيت عباد الشمس (sun flower-oil) يزرع في أغلب مناطق العالم وخاصة المناطق المشمسة.

7. زيت النخيل ( palm oil ) يحتوي العالم العربي على 62 بالمئة من أشجار النخيل في العالم.
8. زيت الذرة ( corn-oil ) الموطن الأصلي أمريكي ومنتشر في كثير من بلدان العالم العربي وخاصة في سوريا.
9. زيت فول الصويا ( Soya-oil ) ينتشر في الصين وأمريكا وبعض البلدان العربية .
10. زيت الفول السوداني ( peanut-oil ) يزرع في أفريقيا وخاصة السودان ، ويزرع أيضاً بنسب ضخمة في أمريكا .
11. زيت التونغ ( tung-oil ) يكثر في الصين.
12. زيت الخروع ( Castor-oil ) يكثر نموه في آسيا الوسطى . وفي الجزء الجنوبي من شبه الجزيرة العربية
13. زيت القنب ( Hemp-oil ) وهو حشيش بري يكثر في الهند .
14. زيت الباتروفا ( patrpha-oil ) تنتشر هذه النبتة في صحراء ليبيا والسعودية ومصر .
15. زيت الفجل ( radish-oil ) موطنه الأصلي الصين واليابان وشرق آسيا وينتشر في جميع دول حوض المتوسط وأوروبا .
16. زيت الخردل ( mustard oil ) ينتشر الخردل في غرب آسيا والهند وجنوب أوروبا
17. زيت الكتان ( linseed Oil ) الموطن الأصلي المناطق المعتدلة من أوروبا وآسيا ويزرع حالياً في جميع انحاء العالم
18. زيت الكانولا ( oil -canola ) يزرع في أوروبا وكندا وأمريكا ومصر واليابان .
19. زيت الجاتروفا ( Jatropha-oil ) شجرة تتحمل الحر الشديد وتنمو في البوادي والصحاري ، وتنتشر في صعيد مصر .
20. دهن البقر
21. دهن الدجاج
22. دهن الخنزير

الطحالب ( في سابقة غريبة من نوعها تم استخدام الطحالب لإنتاج الديزل الحيوي ) من الملاحظ بأن الديزل الحيوي يمكن إنتاجه من جميع أنواع الزيوت ، فالعالم بأسره يستطيع الاستفادة من هذا الوقود ، وكل دولة تستطيع دراسة جدوى اقتصادية من إنتاج الوقود الحيوي تبعاً لما تشتهر به من زراعات ، فحول

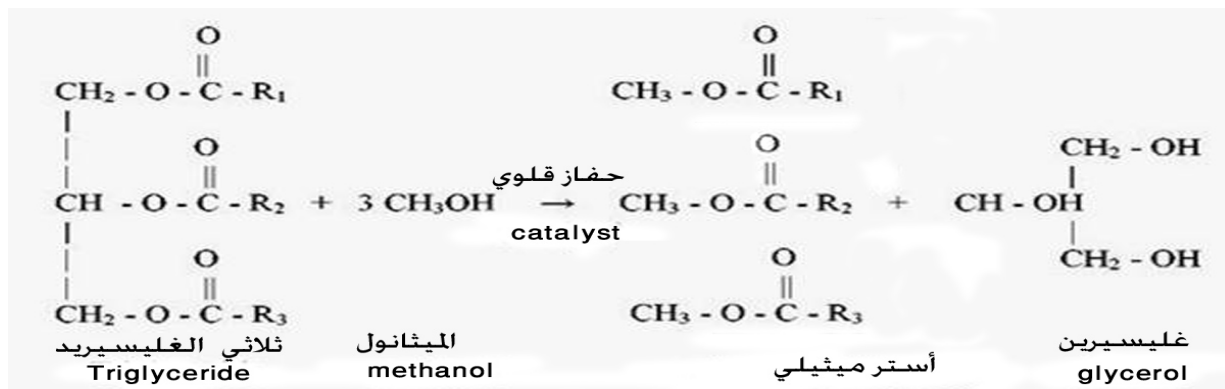
الخليج مثلاً يستطيعون إنتاج الديزل الحيوي من زيت النخيل مثلاً ، وسوريا تستطيع إنتاجه من زيوت القطن والزيتون المتوفرة بكثرة ، والسودان من زيت الفول وهكذا .

لأن سننتقل إلى الجزء الثالث وسندرس عملية الحصول على الديزل الحيوي و سنوضح سير التفاعل لإنتاج الديزل الحيوي عبر مخططات تكنولوجية مهمة لوحدة إنتاج الديزل الحيوي . وسنذكر معلومات أكثر عن التقنية الأكثر شيوعاً في إنتاج الوقود الحيوي في وقتنا الراهن

### إنتاج الديزل الحيوي التقنية الأكثر شيوعاً

كنا قد استعرضنا وإياكم في الأجزاء المفهوم العام للديزل الحيوي ، وذكرنا أهم مصادره الطبيعية ، كما أننا ذكرنا أهمية الديزل الحيوي في الحفاظ على البيئة وذلك عبر أسهامه في التقليل من انبعاث الغازات السامة عند الاحتراق وعدم احتوائه على مواد سامة وضارة بالبيئة كمركبات الكبريت والرصاص ، كما أننا بينا المراحل الأساسية اللازمة لإنتاج الديزل الحيوي . وسنحاول ان نركز في هذا المقال على شرح التقنية التقليدية والأكثر شيوعاً في العالم لإنتاج الديزل الحيوي عبر عملية الأسترة الانتقالية (Transesterification) مع الميثانول وذلك بالاعتماد على الحفاز القلوي .

ينتج الديزل الحيوي وفق هذه التقنية جراء مزج كمية كافية من الزيت النباتي ( أو الحيواني ) مع غول ، وعادة ما يستخدم الغول الميثيلي ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) لرخص تلكلفته واحتوائه على أقل نسبة ماء ، ويتم ذلك بوجود حفاز قلوي لإنجاز التفاعل ، حيث يتم على الأغلب استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم  $\text{KOH}$  أو هيدروكسيد الصوديوم  $\text{NaOH}$  حيث يستخدم الحفاز بنسبة تتراوح من (0.3 – 1.5) % من كتلة الزيت المستخدم ، ويتم إجراء التفاعل عادة عند درجة حرارة 60 درجة مئوية في حال وجود الحفاز ، ونعبر عن التفاعل الكيميائي العام لإنتاج الديزل الحيوي عبر المعادلة التالية:



إنتاج الديزل الحيوي باستخدام الحفاز القلوي وبعملية الأسترة الانتقالية (Transesterification)

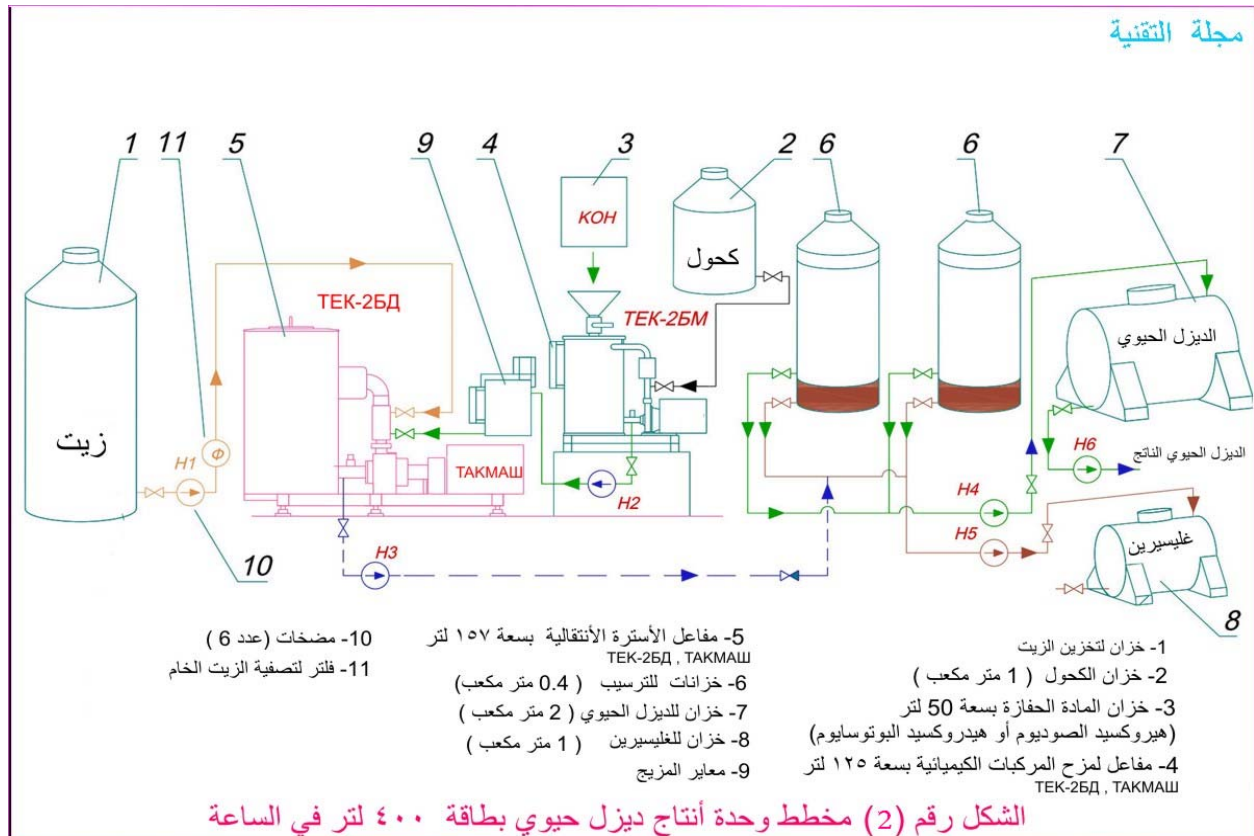


حيث ان R1 ، R2 ، R3 سلاسل الأحماض الدهنية كما تعلمنا سابقاً . دعونا الآن نلقي نظرة أكثر قرباً على وحدة إنتاج **الديزل الحيوي** عبر مخطط نموذجي أنظر الشكل رقم (1) ، لتعرف بذلك أكثر على سير عملية الإنتاج ومراحلها بشكل تفصيلي .

يتم أولاً إدخال الزيت (1) إلى المفاعل (4) بمساعدة مضخة (10) وذلك بعد مروره بفلتر خاص لتصفية الزيت الخام

(11) ثم يضاف الميثانول من خزان الكحول (2) إلى المفاعل ويضاف الحفاز من خزان المادة الحفازة (3) ولضمان مزج خليط الزيت والميثانول والمادة الحفازة يستعان بخلاط ، ولا ننسى أيضاً نزع الخلاط قبل أن يتم أنجاز تفاعل الأسترة الانتقالية **Transesterification** لضمان انفصال فعال للغليسرين ، يتم فصل الغليسرين خلال صمام خاص ، أو يتم ضخ الخليط كله إلى خزان الترسيب

(6) ليتم الفصل بعد أتمام انجاز التفاعل لينقسم المزيج إلى طورين ، علوي متمثل بالأستر الميثيلي (**الديزل الحيوي**) وطور سفلي مترسب يمثل (الغليسرين) ، وقد يتم الفصل أحياناً باستخدام أجهزة طرد خاصة للفصل ، يخضع الأثير بعد ذلك لعملية تنقية بسيطة حيث يتم غسله بالماء الدافئ وبدقة عالية



وذلك لحذف متبقيات الميثانول والمنتجات الثانوية المتصينة الناتجة من تفاعل الأحماض الدهنية الحرة مع المادة الحفازة وبعدها يتم التنشيف لنحصل على **الديزل الحيوي** بشكله النهائي الذي يتم إرساله إلى خزانات خاصة (7) لحفظه بشكل أكثر أماناً . كذلك الغليسيرين يتعادل ويتم غسله بالماء وبعدها يتم إرسال الغليسيرين الرطب إلى قسم خاص لمتابعة تنقيته ثم إرساله إلى خزانات خاصة لحفظه (8) . تجدر الإشارة إلى أنه يتم أيضاً إزالة الميثانول من الأثير والغليسيرين عبر أجهزة تبخير ليعاد بعدها الميثانول ليستخدم من جديد في التفاعل مع الحرص الشديد على نزع الماء بشكل جيد منه قبل دخوله المفاعل.

نسبة الديزل الحيوي الناتج بعد أول تفاعل تتراوح بين 85-94 % من الكتلة العامة يستخدم **الديزل الحيوي** بشكله النقي كوقود قابل للاحتراق ، كما يمكن خلطه مع الديزل النفطي بنسب مختلفة وأستخدامه بأمان .

في النهاية نصل إلى نتيجة مفادها بأن التقنية الأكثر شيوعاً حالياً تتلخص بكونها عبارة عن تفاعل ثلاثي الغليسيريد مع الميثانول بوجود مادة حفازة قلوية بدرجة حرارة 60° مئوية لنحصل على منتج من الديزل الحيوي يصل إلى 95 بالمئة تقريباً من كتلة العامة . وسنتطرق في الجزء القادم إلى سلبات هذه التقنية والمشاكل التي تواجهها وسبل علاجها ، وسنتحدث عن المزيد من التقنيات الحديثة المستخدمة في إنتاج هذا الوقود الجديد والصحي والذي يعد أكبر صديق للبيئة والكائنات الحية في الوقت الراهن على الإطلاق .

### تحديات التقنيات الشائعة ، تقنيات الإنتاج الأحدث

تحدثنا عن التقنية الأكثر شيوعاً في إنتاج الديزل الحيوي ، والتي تعتمد على استخدام الحفاز القلوي في تفاعل الأسترة الانتقالية بين ثلاثي الغليسيريد (الزيوت) مع الميثانول في درجة حرارة 60 درجة مئوية نحصل بعدها بالترسيب على ديزل حيوي كمنتج أساسي ، وغليسيرين كمنتج ثانوي.

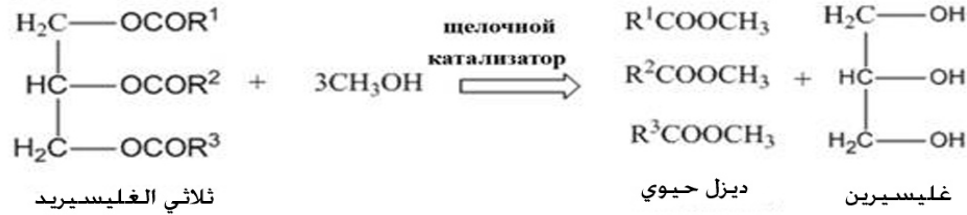
الجدير بالذكر أن هذه التقنية لن تستخدم طويلاً كتقنية ثابتة لإنتاج الديزل الحيوي ، وذلك لما تواجهه هذه التقنية من تحديات جراء الحصول على منتجات ثانوية قد تصل إلى كميات كبيرة إذا وجدت الأحماض الدهنية الحرة بنسب عالية .

وحتى نستوضح الصورة أكثر دعونا نستعرض ماذا يحدث من الناحية الكيميائية ، عند حدوث التفاعل بين ثلاثي الغليسيريد والميثانول بوجود الحفاز القلوي نلاحظ بأن الأحماض الدهنية الحرة والمتواجدة في جميع الزيوت تتأثر بالحفاز القلوي وتتفاعل معه مكونة منتجات متصينة وفق المعادلة في الصورة أعلاه.

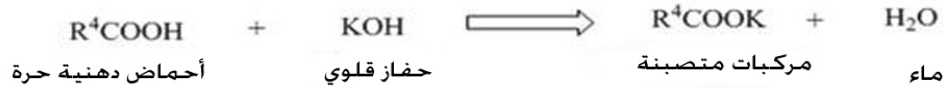
الأمر الذي يتطلب إزالة تلك الأخيرة لنحصل على منتجات نقية قابلة للاستخدام ، والتحدي يكون أكبر بكثير في حال قررنا استخدام زيوت مستعملة (كزيوت المطاعم ) ، فهذه الزيوت ونتيجة الاستعمال تزداد

## أنتاج الديزل الحيوي باستخدام الحفاز القلوي

### ● الأسترة الانتقالية Transesterification



### ● التصبن



نسبة الأحماض الدهنية بشكل كبير فيها على حساب الغليسريد اللازم لإنتاج الديزل الحيوي ، مما يعني بالتالي زيادة المنتجات الثانوية ، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الأعباء الناتجة عن إزالتها ، وبذلك تصبح تكلفة إنتاج لتر من الديزل الحيوي تعادل ضعف سعر لتر من الديزل النفطي المباع في محطة الوقود ! وعندها لن يكون هنالك أي جدوى اقتصادية من إنتاج الديزل الحيوي من الزيوت المستخدمة ما لم تتوفر تقنية جديدة ورخيصة لمعالجته من الأحماض الدهنية ، وعليه فإنه مازالت هناك حاجة ملحة لإعادة النظر في التقنية وتكثيف الأبحاث المتعلقة بها للحصول على منتج نقي و بأقل تكلفة ممكنة.

## 2- تقنية استخدام الحفاز الحمضي

هذه الطريقة لا تختلف عن سابقتها كثيراً حيث يتم التفاعل أيضاً بين الميثانول وثلاثي الغليسريد ، وما يتغير هو فقط استبدال الحفاز القلوي بحفاز حمضي ، والملاحظ أن الأحماض الدهنية الحرة لا تتأثر به ، وعدا ذلك فلقد كانت النتائج الأولية لاستخدامه تدعو للتفاؤل ، ففي الوقت التي كانت تجري عملية الأسترة الانتقالية

(Transesterification) للحصول على الديزل الحيوي والغليسرين ، فإنه كانت تحدث أيضاً وبشكل موازي عملية الأسترة ( esterification ) للأحماض الدهنية الحرة مع الميثانول لينتج أيضاً ديزل حيوي وماء ، فالنتيجة كانت تحول الأحماض الدهنية التي كانت تشكل مركبات ثانوية متصبنة في طريقة استخدام الحفاز القلوي إلى ديزل حيوي ، لكن سرعان ما قل الاهتمام بهذه الطريقة ، حيث أظهرت الأبحاث في هذا المجال بأن كمية المياه الناتجة في عملية أسترة الأحماض الدهنية مع الميثانول



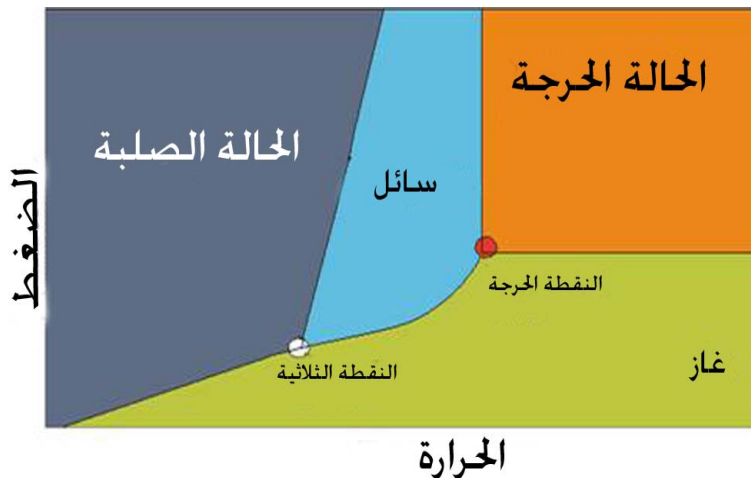
(esterification) تؤثر على سير التفاعل بشكل واضح ، وأيضاً زمن التفاعل في هذه الطريقة يصل إلى 45 ساعة مقارنة ب 8 ساعات في حالة استخدام الحفاز القلوي ! مما يؤدي إلى صرف طاقة أكبر وتصبح الجدوى النهائية غير مجدية . الأمر الذي يجعل لكل طريقة عيوبها الخاصة بها والتي لا تصب بشكل كبير واقتصادي في عملية إنتاج الديزل الحيوي في الوقت الراهن . وقد أستخدم أيضاً مزيج من الحفازات الحمضية والقلوية لتجاوز تلك العيوب لكن هذه الطريقة أيضاً لم تكن الشئ الأمثل وبقيت العيوب مستمرة لكن بشكل أقل من السابق

-3

لقد بينت آخر الأبحاث المتعلقة بتقنية إنتاج الديزل الحيوي قبل ما يقارب العام فقط على أنه يمكن إنتاج الديزل الحيوي بعملية الأسترة الانتقالية باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة (supercritical methanol) وذلك دون استخدام أي حفاز ، ويستغرق التفاعل في هذه الحالة من 6 – 50 دقيقة !

لكن ماهي الحالة الحرجة ؟ وما المقصود بها ؟

لقد تعلمنا في الفيزياء بأن المادة مكونة من ثلاث حالات هي الحالة الصلبة والسائلة والغازية ، لكن أتضح أن الأمر ليس تماماً بهذه الصورة على ما يبدو ، فقد بينت الدراسات بأنه إذا قمنا بوضع الغاز تحت ضغط عالي ثم قمنا بتسخينه فأن كثافته تزداد عشرات الأضعاف لتصبح قريبة من كثافة السائل ، لكن اللزوجة تبقى تقريباً كما هي عليه في الغازات ، أما عامل الانتشار فيتخذ حالة وسطية بين الغاز والسائل ، هذه الحالة تدعى الحالة الحرجة أو الفلويده الحرج المأخوذة من المصطلح الأنكليزي fluid أي المائع القابل للإنسياب ، وهي الحالة الرابعة للمادة وفيها يصعب تحديد طبيعة المادة أنظر الشكل (3)



الشكل (3)

الحالة الحرجة تتخذ شكلاً صعباً ومذبذباً يصعب تحديده ، لكن للسهولة نمثل هذه الحالة بمربع ، زاوية المربع في أسفل اليسار تسمى النقطة الحرجة ، وهي أقل قيمة ضرورية للضغط والحرارة حتى ينتقل السائل أو الغاز إلى الحالة الحرجة ، ويجب أن نلاحظ بأن بلوغ هذه القيمة لا يتحقق إلا ببلوغ درجة الحرارة والضغط اللازمين بأن واحد .

عند تواجد المادة في ثلاث حالات في نفس الوقت فإن هذا ما يسمى النقطة الثلاثية ، ويمكن ملاحظة الثلج على سبيل المثال كمادة لها أكثر من حالة اعتماداً على الضغط ودرجة الحرارة. الآن وبعد أن عرفنا الحالة الحرجة وما يقصد بها إذن تعالوا لنوضح تقنية إنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة وكيف تتم !

أثبتت الأبحاث الأخيرة بأنه عند استخدام الميثانول في حالته الحرجة في التفاعل مع ثلاثي الغليسريد فإنه عند ذلك لا نحتاج إلى أي مادة حفازة ، وبالتالي فإن تفاعل الأسترة الانتقالية ومن دون أي مادة حفازة ينتج الديزل الحيوي والغليسرين ، وأهم شيء في هذه التقنية هو أن الأحماض الدهنية التي كانت بمثابة مركبات لا فائدة منها في التقنيات السابقة فإنها وعبر عملية الأسترة تتفاعل مع الميثانول أيضاً وتنتج بذلك كمية إضافية من الديزل الحيوي ، وبذلك يمكننا الوصول إلى نتيجة مهمة وهي أنه باستخدام هذه التقنية فنحن لسنا بحاجة أبداً لعمليات تكرير إضافية ، أو إزالة مركبات متصينة لعدم وجودها أصلاً في ناتج التفاعل كما أننا لسنا بحاجة إلى أي مادة حفازة الأمر الذي من شأنه أن يزيل أعباء اقتصادية أكثر .

الآن سنخصص الجزء الرابع لنستعرض معكم تفاصيل هذه التقنية ، ودرجات الحرارة المستخدمة لأجراء التفاعل ، وسأعرض ولأول مرة النتائج التي توصلت لها في أبحاثي في رسالة الماجستير من خلال تطبيق هذه التقنية في المخبر باستخدام درجات حرارة مختلفة ، والنسبة المئوية من الديزل التي تم الحصول عليها ، وسنبين أهم الفروق بين هذه التقنية وما سبقها من التقنيات . كما سنتحدث عن الصعوبات التي ما زالت تواجه هذه التقنية وكيفية التغلب عليها .

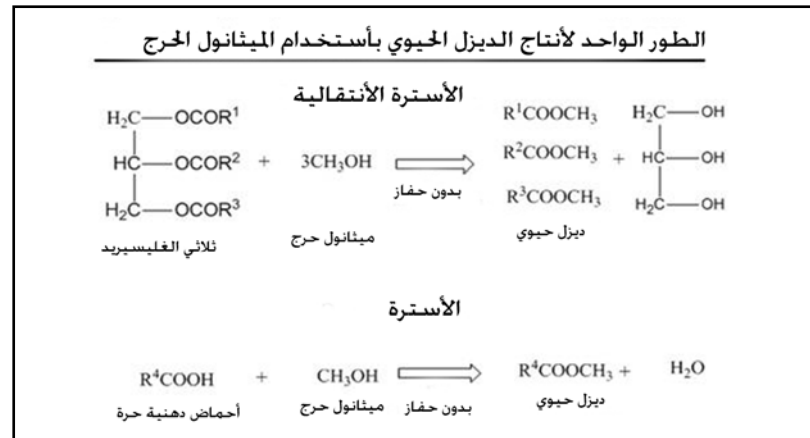
### تقنية الطور الواحد للإنتاج باستخدام الميثانول الحرج .

استعرضنا وإياكم أهم التقنيات المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي ، وقد توقفنا عند تقنية استخدام الميثانول MeOH في الحالة الحرجة (supercritical methanol) لإنتاج الديزل الحيوي بدون استخدام مادة حفازة ، والأصح أن نسميها (طريقة) حيث أنها لم تستخدم بعد لإنتاج الديزل الحيوي على مستوى معلمي ، حيث أنها لا زالت قيد التجربة ، وقد قمت في معرض أبحاث رسالة الماجستير التي قمت بها في جامعة البوليتكنيك في أوكرانيا بأجراء عدة تجارب بأشراف بروفيسور التقنية العضوية

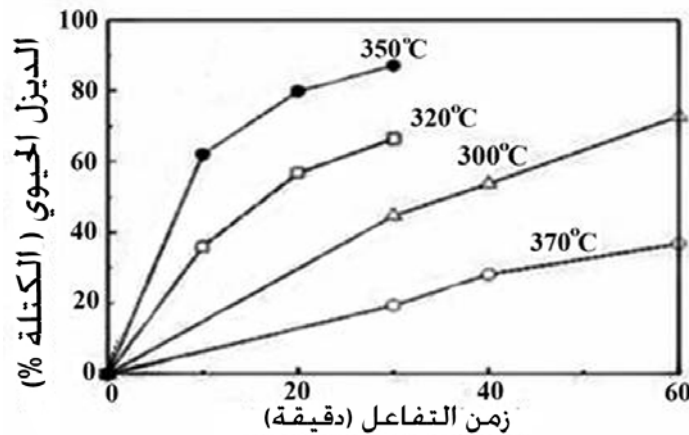
(Poress Paresavich) توصلت من خلالها إلى الحصول على الديزل الحيوي دون أي مادة حفازة ،وتم التفاعل وفق درجات حرارة مختلفة وضغط عالي وهذه هي المرة الأولى التي يتم نشر هذه المعلومات من خلال مجلة التقنية على مستوى الوطن العربي .

### 1-تجربة الطور الواحد لأنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة :

أجرينا هذه التجربة عبر مفاعلة ثلاثي الغليسيريدي من زيت بذور اللفت مع الميثانول الحرج و بدون مادة حفازة ، وفق المعادلة التالية :



نلاحظ بأنه حدث تفاعل أسترة أنقالية لثلاثي الغليسيريدي مع الميثانول الحرج ونتج عن ذلك ديزل حيوي وبنفس الوقت حدث تفاعل أسترة للأحماض الدهنية ونتج عندنا أيضاً ديزل حيوي ، أنظر الشكل (4) ولاحظ تأثير درجة الحرارة والزمن على أنتاج الديزل الحيوي



الشكل (4)

من الشكل (4) نلاحظ أنه عند درجة الحرارة 350 درجة مئوية وزمن مقدّر بـ 30 دقيقة أستطعنا الحصول على أعلى نسبة من الديزل الحيوي أقتربت من 95 % من الكتلة العامة ، وهذه النتيجة تعد



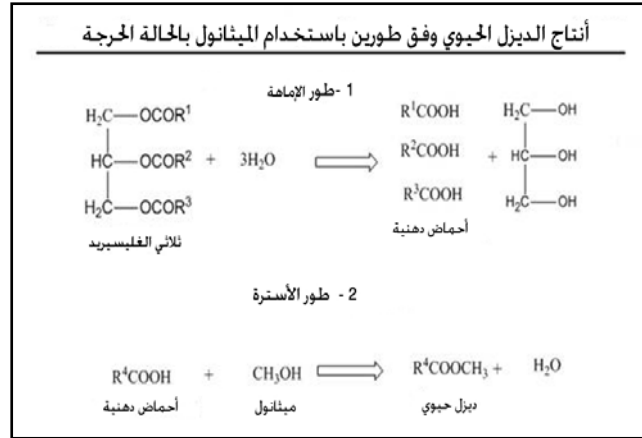
نتيجة جداً ممتازة ، ولكن لو نظرنا لدرجة الحرارة الحرجة للميثانول سنجد أنها  $239,4^{\circ}\text{C}$  والضغط الحرج للميثانول  $8.02$  ميغال باسكال ، ومقارنة بما تحقق لدينا في التجربة نجد أن درجة الحرارة  $350^{\circ}\text{C}$  أكبر بكثير من الدرجة الحرجة للميثانول ، كما أن إجراء التفاعل تحت ضغط  $22$  ميغا باسكال أكبر بكثير من الضغط الحرج للميثانول ، الأمر الذي من شأنه أن يتطلب تقنية ومعدات خاصة لأجراء التفاعل بكميات كبيرة في الناحية الصناعية . إضافة إلى الطاقة الكبيرة اللازمة لأجراء التفاعل .

إذن لقد وصلنا إلى نتيجة مفادها هو أن استخدام الميثانول في الحالة الحرجة لأجراء التفاعل ضمن طور واحد ايجابي من ناحية أنه يجعلنا نستغني عن المادة الحفازة ، وبالتالي لا يوجد منتجات ثانوية في التفاعل ، الأمر الذي يرفع من جودة المنتج ويقلل من تكاليف إنتاجه نسبياً ، أما الناحية السلبية فهي أن استخدام هذه الطريقة لإنتاج الديزل الحيوي بكميات كبيرة هو أمر صعب في الوقت الراهن ، فالحصول على معدات تتحمل هذه الظروف أمر مكلف ، أضف إلى ذلك الطاقة العالية المستخدمة لأجراء التفاعل .

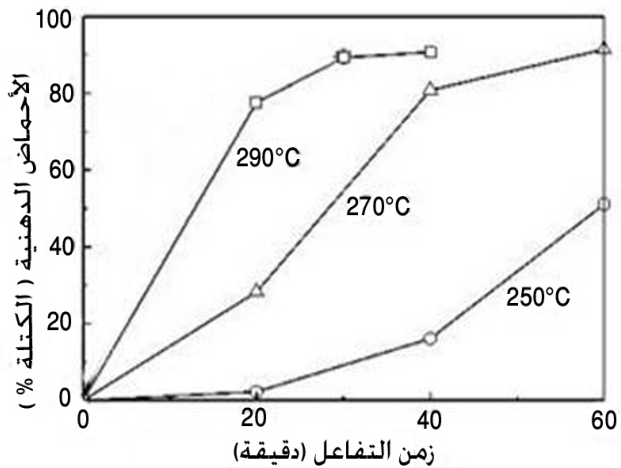
في الجزء السادس سنستعرض وأياكم الحلول التي قمنا بها لحل هذه الإشكالية ، والمتمثلة بإنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في حالته الحرجة ولكن هذه المرة باستخدام طورين للتفاعل وليس طوراً واحداً كما أننا سنقدم مخطط كنموذج عن الوحدة التي قمنا بأجراء التجارب عليها ، وسنشرح كيف أنه أمكننا إنتاج الديزل الحيوي مخبرياً بتقنية ذات طورين وبظروف أفضل ، وسنتعرف على المراحل التي يمر بها كل طور على حدى ، وسنقارن النتائج بما سبقها من تقنيات

### تقنية استخدام طورين لإنتاج الديزل الحيوي مع الميثانول في حالته الحرجة

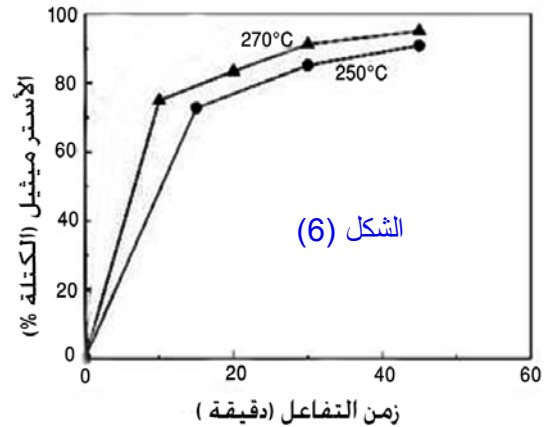
كما قد تحدثنا عن تقنية الطور الواحد لإنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول الحرج  $\text{MeOH}$  ورأينا كيف تمت العملية عبر حدوث تفاعلين متزامنين في طور واحد هما تفاعل الأسترة الانتقالية لثلاثي الغليسريد وتفاعل الأسترة للأحماض الدهنية ، وأنتج كلا هذين التفاعلين ديزل حيوي ، لكن تم كل ذلك تحت ظروف تفاعل صعبة ، فدرجة الحرارة كانت مرتفعة جداً والضغط كان ضغطاً عالياً مما يخلق إشكالية في الجدوى الاقتصادية العامة من استخدام هذه التقنية ، لذلك وبعد عدة دراسات وجدنا أنه من الممكن استخدام الميثانول لإنتاج الديزل الحيوي عبر تفاعل ذور طورين . بحيث يمثل الطور الأول عملية إمهاة (  $\text{hydrolysis}$  ) ثلاثي الغليسريد لنحصل على أحماض دهنية ، وبعد تحول الزيت كله إلى حمض دهنية ننقل إلى طور ثاني من التفاعل وهو أسترة الحمض الدهنية مع الميثانول الحرج لينتج لدينا ديزل حيوي ، ويتم التفاعل الكيميائي وفق المعادلة التالية :



والفكرة الأساسية في هذه التقنية هي أنه عند استخدام تقنية إنتاج الديزل الحيوي باستخدام الميثانول في الحالة الحرجة بعملية ذات طورين فإنه سنحتاج إلى طاقة أقل بكثير مما هي عليه في عملية ذات طور واحد، حيث أن الطور الأول والمتمثل بالإماهة يحدث عند ضغط قدره 8 ميجا باسكال ، كما أننا وعند درجة 270 ° مئوية استطعنا أن نحصل على مردود 96 بالمئة من الأحماض الدهنية أنظر (الشكل 1) ، وفي الطور الثاني المتمثل بالأسترة فقد استطعنا تحويل الأحماض الدهنية بوجود الميثانول الحرج إلى ديزل حيوي عند ضغط يتراوح بين 7-10 ميجا باسكال ، وحصلنا على أكبر مردود عند درجة حرارة 250° مئوية أنظر الشكل (5)



(الشكل 5)



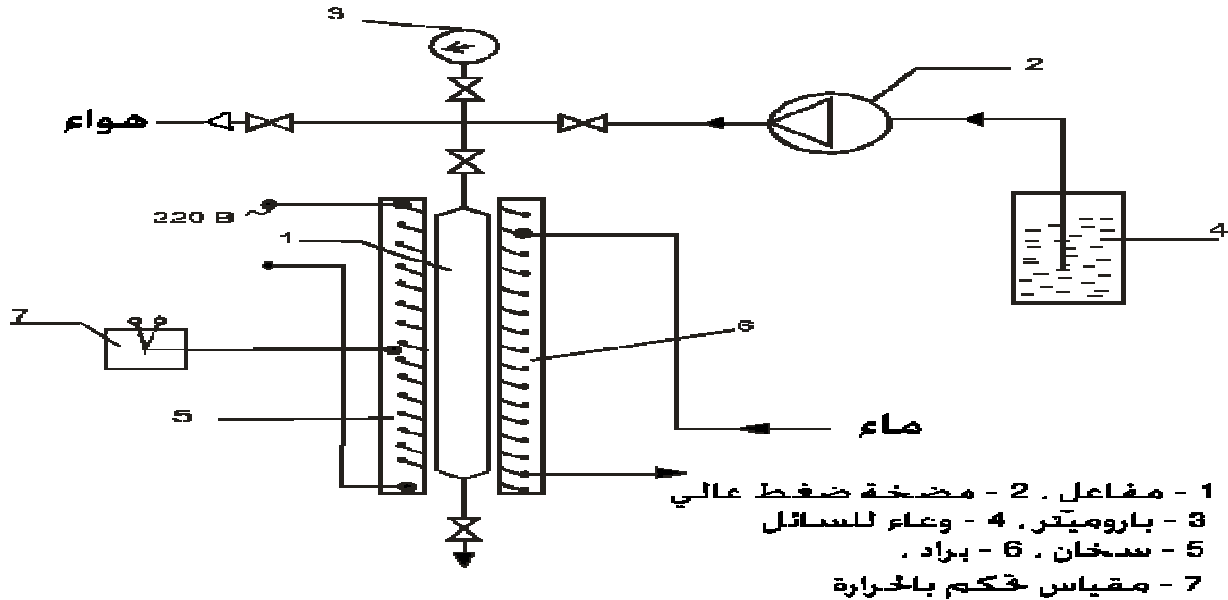
(الشكل 6)

(الشكل 6) درجة تحول ثلاثي الغليسريد إلى حمض دهنية وفق درجات حرارة مختلفة ، عند ضغط 8 ميجا باسكال (الشكل 6) درجة تحول الأحماض الدهنية إلى ديزل حيوي وفق درجات حرارة مختلفة وضغط 8 ميجا باسكال والملاحظ إذن أن طاقة التنشيط في تفاعل الأسترة الانتقالية خلال طور واحد أعلى من طاقة التنشيط لطور أماهة ثلاثي الغليسريد + طاقة التنشيط لأسترة الأحماض الدهنية وتحويلها

إلى ديزل حيوي مما يعني أن التكلفة ستكون أقل بمقدار النصف في حال إنتاج الديزل الحيوي بطورين عوضاً عن طور واحد ، وستكون كلفة المعدات اللازمة ودرجة توفرها أكبر بكثير مما عليه في حالة الطور الواحد .

وبذلك نصل إلى نتيجة مفادها هو أن هذه التقنية الجديدة ستكون أحد أكبر الحلول للتحديات التي تواجهها تقنية إنتاج الديزل الحيوي في الوقت الراهن . ولا يجب أن تقتصر على نتيجة واحدة بل باب الهندسة كيميائية هو باب واسع ذو قاعدة كبيرة نستطيع من خلال زيادة الأبحاث والدراسات في نهاية المطاف أن نجعل من الديزل الحيوي وقوداً في متناول جميع دول العالم .

الآن دعونا نشاهد وحدة إنتاج الديزل الحيوي مخبرياً ، والتي قمنا بتصميمها لأجراء التفاعل ، أنظر ( الشكل 6 ) الوحدة مؤلفة من المفاعل الذي يحدث فيه التفاعل ، والمفاعل الذي استخدمناه عبارة عن أنبوب معدني مكون من خليط معدني غير قابل للصدأ 1X18H9T طوله 300 مم ، وقطره 8 مم وسماكة جداره 5 مم ، وهذا الحجم الصغير للمفاعل هو ما جعله يتحمل ظروف تفاعل عالية في تقنية الطور الواحد ، هذا المفاعل (1) موصول بمضخة ضغط عالي (2)



الشكل (7) وحدة إنتاج ديزل حيوي مخبرياً باستخدام الميثانول الحرج.

بعد أن تم ملئ المفاعل بزيت بذور اللفت والميثانول يتم خلطهما داخل فرن كهربائي لتسخين المفاعل ، وبعد بلوغه الدرجة اللازمة تعمل المضخة التي بدورها تقوم بضخ الضغط إلى المفاعل حتى يصل إلى 20 ميغا باسكال في العملية ذات طور واحد ، أو 8 ميغا باسكال في عملية ذات طورين ، بعد مرور

30- 50 دقيقة (وفقاً لدرجة الحرارة ) يكون التفاعل قد أنتهي ووصل مرحلته الأخيرة ، نقوم بتبريد المفاعل ، ونسكب الناتج في وعاء ليتم فصل بالترسيب إلى طبقتين ، طبقة الغليسيرين وطبقة الديزل الحيوي . بعدها نقوم بتقنية الناتج من بقايا الميثانول والغليسيرين ونعزل الديزل في خزان خاص لحفظه .

### نتائج المستخلصة من سلسلة الديزل الحيوي :

1. التعرف على الديزل الحيوي وأهم مواصفاته
2. التعرف على عملية الأسترة الانتقالي و لإنتاج الديزل الحيوي بالتقنية الأكثر شيوعاً عبر استخدام الحفاز القلوي ، وعرض سلبيات هذه التقنية
3. دراسة التقنيات الأخرى كاستخدام الحفاز الحمضي ، وتقنية استخدام الميثانول في الحالة الحرجة عبر طور واحد ، واستخدام التقنية ذاتها بطورين .
4. توصلنا إلى نتيجة مفادها أن استخدام الميثانول في الحالة الحرجة يلغي الحاجة إلى استخدام الحفاز ، وبالتالي يلغي وجود مركبات ثانوية متصبنة تظهر في التقنية التقليدية .
5. درسنا الصعوبات التي تواجهها عملية إنتاج الديزل الحيوي بطور واحد مع الميثانول الحرج ، ورأينا أنه استخدام طورين من شأنه أن يجعل التكاليف أقل بكثير مما هي عليه بطور واحد الأمر الذي من شأنه أن يجعل هذه التقنية قابلة للاستخدام في وقت قريب ، ويكون بذلك الديزل الحيوي بديلاً اقتصادياً ناجحاً للنפט وصديقاً للبيئة بنفس الوقت .

# التميز

اصدارات مجلة التقنية



التصميم باستخدام الحاسب الآلي

تكنولوجيا الإنترنت

العرفنة الحقيقية

التطوير الشخصي

القرص الصلب

تقنيات الصوت

## مجلة التقنية

## انتظروا المزيد

أول مرة سلسلة كاملة من الكتب الإلكترونية المتنوعة