تعالت النداءات وعقدت المؤتمرات والندوات وأبرمت الاتفاقيات في نهاية القرن الماضي حول مؤثرات المناخ، والتدهور البيئي، وارتفاع درجة حرارة الأرض، بل وفُرضت الضرائب البيئية على الوقود، مما يدل على تفاقم المشكلة البيئية، فانبرى العلماء بحثاً عن طاقات متجددة بديلة لاتلوث البيئة.

يحتل الوقود الأحفوري الناضب الصدارة في تلويث البيئة ، نظراً لاتساع رقعة استخدامه وما ينتج عن احتراقه من غازات ضارة ملوثة للبيئة كغازي أول وثاني أكسيد الكربون (CO, CO_2) والتي لها نصيب الأسد في ارتفاع درجة حرارة الأرض (Global Warming)، التي من شأنها رفع منسوب مياه البحار والمحيطات نظراً لذوبان أقطاب الجليد ، وبالتالي غرق مساحات واسعة من الكرة الأرضية جراء ما سيحدثه ذلك الذوبان من فيضانات عارمة تعم الكرة الأرضية.

تم اقتراح بدائل عديدة للوقود الأحفوري ـ عدو البيئة كما يحلو للبعض تسميته ـ والتي يمكن لها أن توفر الطاقة اللازمة لحياة الإنسان مثل الطاقة الشمسية، والخلايا الهيدروجينية، والطاقة الكهربائية والرياح وغيرها كثير، إلا أن هذه البدائل ما زال بعضها قيد الدراسة والاختبار، والبعض الآخر غالي الثمن مقارنة بالطاقة الأحفورية، مما يمثل حجر عثرة أمام استخدامها في الوقت الراهن. ويعد الديزل الحيوي (Biodiesel) من البدائل المقترحة لأنه وقود نظيف ينتج من مصادر متجددة ، إضافة إلى وفرة اللقيم المستخدم في إنتاجه ليكون بديلاً للوقود الأحفوري.

تعود بدايات إنتاج الديزل الحيوي إلى عام ١٨٩٥م عندما طور **رود ولف ديزل (Rudolf) Diesel)** ـ سمي وقود الديزل باسمه تقديراً لجهوده في إنتاج محرك وقود الديزل ـ محركاً يعمل بزيت الفول السوداني تم عرضه في المعرض الدولي عام ١٩٠٠م في باريس، إلا أن الموت داهم **ديزل** عام ١٩١٣م قبل أن يرى اختراعه ذلك النور.

إنتاج الديزل الحيوي

يتم إنتاج الديزل الحيوي (Biodiesel Production) عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية المحفزة تحول زيوت الطعام (Vegetable Oils) الجديدة (الطازجة) أو المستخدمة في الطهي المنزلي، على حد سواء ـ مثل زيت الصويا ـ أو الشحوم الحيوانية (Animal Fats) ، أو عظام وأمعاء الحيوانات كالبقر والدجاج، وقوداً يمكن خلطه مع الديزل النفطي بنسب مختلفة لموائمته مع المحركات الموجودة في السوق، أو استخدامه مباشرة في محركات خاصة لتشغيل السيارات، والمولدات، والدراجات البخارية، وأي آلة تعمل بالاحتراق الداخلي.

يتم إنتاج الديزل الحيوي ـ يعرف كيميائياً بأحادي ألكيل استرات الحمض الدهني ـ بواسطة التفاعل الكيميائي المحفز بين الكحول من جهة والزيوت النباتية أو الشحوم الحيوانية من جهة أخرى في وجود عامل محفز. حيث يتم مزج الزيت النباتي أو الشحم الحيواني مع الكحول في وجود هيدروكسيد الصوديوم كمحفز وذلك وفقاً للمعادلة التالية:

تتميز التفاعلات المحفزة لإنتاج الديزل الحيوي بما يلي:

ـ انخفاض درجة الحرارة والضغط اللازمين لإجراء التفاعل.

ـ ارتفاع نسبة معدل التحول – حوالي ٩٨٪ – مقابل تفاعلات جانبية قليلة جداً في وقت قصير.

ـ تحول الزيت مباشرة إلى الديزل الحيوي دون المرور بمركبات وسيطة.

ـ عدم تكّون شوائب أثناء التفاعل.

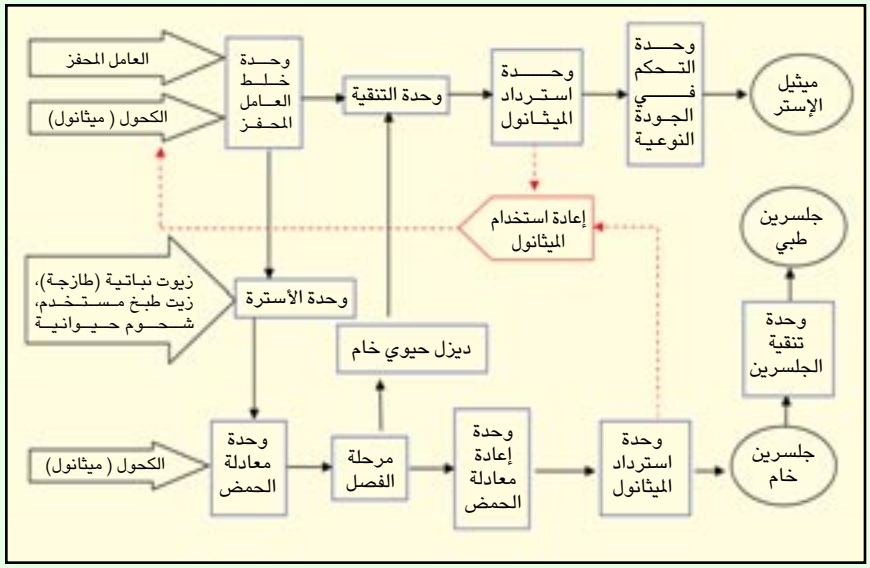
يعرف الديزل الحيوي المنتج من زيت الصويا بديزل الصويا (Soy diesel) أو صويات الميثيل (Methyl Soyate) وأحياناً يطلق عليه صويا ميثيل الإستر (Soy Methyl Esters - SME) .

كما يمكن إنتاج الديزل الحيوي من زيت الذرة، وزيت السمك ، وزيت جوز الهند، وغيرها من الزيوت النباتية، أو من الشحوم العائمة على سطح الفضلات أو النفايات الناتجة من محطات معالجة المياه.

● خطوات الإنتاج

تتضمن خطوات إنتاج الديزل الحيوي، شكل (١)، ما يلي:

* **خلط الكحول مع العامل المحفز** : وفيها يتم إذابة العامل المحفز (هيدروكسيد الصوديوم " NaOH الصودا الكاوية " أو هيدروكسيد البوتاسيوم "KOH البوتاس") في الكحول (غالباً الميثانول (CH_3OH)، وأحياناً الإيثانول (CH_3CH_2OH).



● شكل (١) عملية إنتاج الديزل الحيوي.

* **التفاعل الكيميائي**: ويتم بإضافة الزيت النباتي أو الشحم الحيواني إلى محلول الكحول والعامل المحفز في وعاء مغلق ، عند الضغط الجوي ودرجة حرارة غليان الكحول المستخدم ـ تتراوح مابين ٦٤,٦ مْ " بالنسبة للميثانول " و ٧٨,٣ مْ " للإيثانول ـ لتفادي تطايره ، ثم يترك المزيج لمدة تتراوح مابين ساعة إلى ٨ ساعات، مع التأكد على؛ زيادة كمية الكحول المستخدم في التفاعل لضمان التحول التام للشحوم الحيوانية أو الزيوت النباتية إلى إستر (Esters) وضرورة المراقبة المستمرة لكمية الماء والحمض الدهني المتكون في وعاء التفاعل لتفادي أي مشاكل قد تحدث أثناء تكون الصابون الذي يعيق عمليات فصل الجلسرين ـ المنتج الثانوي ـ من عملية إنتاج الديزل الحيوي.

* **الفصل** : ويتم بترك وعاء التفاعل دون تحريك لفترة من الزمن حتى تنفصل طبقتي الجلسرين والديزل الحيوي عن بعضهما بفعل الجاذبية الأرضية ، حيث تعلو طبقة الجلسرين طبقة الديزل الحيوي؛ لأنها أقل كثافة ، كما يمكن تسريع عملية الفصل باستخدام جهاز الطرد المركزي .

يدخل كل من الجلسرين والديزل الحيوي (ميثيل الإستر) المفصولين عن بعضهما البعض إلى وحدات تنقية لإنتاج الجلسرين الطبي والديزل الحيوي النقي على التوالي.

* **إزالة الكحول الفائض من الجلسرين** : وتتم بالتبخير الومضي (Flash Evaporation Process) ، أو بالتقطير (Distillation) لإعادة استخدامه مرة أخرى . كما أن بعض أنظمة الإنتاج تتم فيها معادلة المخلوط قبل فصل المنتجين عن بعضهما البعض شريطة التأكد من خلوه من الماء المتراكم أثناء التفاعل قبل إعادة استخدامه.

* **معادلة الجلسرين:** وتتم بإزالة لمحفز غير المستخدم وبعض الصابون والملح . علماً بأن إزالة (نزع) الكحول والماء ينتج جلسريناً خام تتراوح نقاوته مابين ٨٠-٨٨٪، وفي بعض عمليات الإنتاج المتطورة يتم تقطير الجلسرين لتصل نقاوته إلى ٩٩٪ أو تزيد ليباع في سوق الأدوية والصيدلانيات ومستحضرات التجميل.

* **غسل الديزل الحيوي:** ويتم بواسطة ماء دافئ ، لإزالة ما قد علق به من العامل المحفز أو الصابون الناتج الثانوي، ثم يجفف ، و أخيراً يرسل للتخزين. لا تعد هذه الخطوة ـ أحياناً ـ مهمة ، حيث يتم الحصول على سائل رائق يميل إلى الصفرة له لزوجة قريبة من لزوجة الديزل النفطي، كما قد يقطر الديزل الناتج لإزالة العوالق اللونية للحصول على ديزل حيوي عديم اللون يمكن تسويقه تجارياً بمزجه مع الديزل النفطي بنسبة تصل إلى ٢٠٪ للاستخدام كوقود في محركات الديزل التقليدية ، أو استخدامه كوقود بنسبة ١٠٠٪ في محركات الديزل المطورة .

استخدامات الديزل الحيوي

يمتاز الديزل الحيوي ـ ألكيل الإستر (Alkyl Ester) ـ بأن له صفات احتراق جيدة، جدول (١). ويمكن استخدام الديزل الحيوي كمذيب ، كما يدخل في تصنيع الكيميائيات الثانوية الوسيطة لإنتاج المنظفات ، إضافة إلى استخدامه كوقود لمحركات الاحتراق الذاتي، وذلك كما يلي :

● وقود ديزل حيوي نقي

يمكن استخدام الديزل الحيوي نقياً ـ كوقود ـ فيما يعرف بالديزل الحيوي النقي أو (B100) للوصول إلى وقود نظيف صديق للبيئة ، حيث يؤدي إلى خفض المنبعثات الغازية من عادم المحرك مثل الهيدروكربونات غير مكتملة الاحتراق ، وأول أكسيد الكربون. إضافة إلى ذلك فإن الديزل الحيوي غير سام، وقابل للتحلل الحيوي ، مما يعني أهمية استخدامه في وسائل النقل البحري لندرة تلويثه للبيئة المائية وقلة مشاكله التشغيلية ، إلا إن ما يعيبه إحداثه للتآكل في خزانات الوقود

الكثافة النوعية	٠,٨٧ - ٠,٨٩
اللزوجة الحركية عند (٤٠°م)	٣,٧ - ٥,٨
رقم السيتان	٤٦ - ٧٠
القيمة الحرارية العليا (سعر/كجم)	٣٧٣٦٩ - ٣٩٩٩٣
القيمة الحرارية الدنيا (سعر/كجم)	٣٤٦٥٨ - ٣٦٩٤٣
النسبة الوزنية للكبريت (٪)	٠,٠ - ٠,٠٠٢٤
درجة التعكر (م°)	١١ - ١٦
درجة الانسياب (م°)	١٥ - ١٣
رقم اليود	٦٠ - ١٣٥

● جدول (١) الصفات الفيزيائية للديزل الحيوي.

وتفسخ دهاناتها ووصلاتها المطاطية ، بل والقدرة على تآكل خرسانة تلك الخزانات .

● وقود الديزل الحيوي المخلوط

يمكن مزج وقود الديزل الأحفوري بديزل حيوي بنسبة تتراوح من ٢٠-٥٠ ٪ ديزل حيوي ، حيث تؤدي عملية المزج إلى تقليل تكلفة استخدام الديزل النفطي (الأحفوري) ، كما أن نسبة المنبعثات الغازية من عوادم المحرك تتناسب مع نسبه الديزل الحيوي إلى نسبة وقود الديزل الأحفوري ، إلا إن مشاكل الذوبانية تقل كلما ارتفعت نسبة الوقود الحيوي في مزيج الوقود المستخدم.

● تحسين التزليق

يستخدم الديزل الحيوي كمادة مضافة بنسبة تتراوح من ١-٢ ٪ (B02) ، حيث أظهرت اختبارات التزليق (التزييت) قدرة الديزل الحيوي على تحسين خاصية التزليق للمحرك حتى عند أقل نسبة ممكنة لاستخدامه في حدود حوالي ٠,٢٥ ٪ .

يمكن ملاحظة الأثر الإيجابي للديزل الحيوي على حركة أجزاء المحرك علماً بأن مانسبته ١ -٢ ٪ من الديزل الحيوي كافية لتحويل الوقود شديد اللزوجة بطيء الحركة إلى وقود ذي قدرة انزلاقية معتدلة ، إضافة إلى أن هذه النسبة ليس لها أثر ملحوظ على رقم السيتان (Cetane Numder) لوقود الديزل أو أي أثر سلبي على المنبعثات الغازية المتصاعدة من عادم المحرك.

مصدر الزيت النباتي	حرارة الاحتراق (ميغا جول / كجم)	رقم السيتان
ميثيل زيت الصويا	٣٩,٨	٤٦,٢
إيثيل زيت الصويا	٤٠,٥	٤٨,٢
بيوتيل زيت الصويا	٤٠,٧	٥١,٧
ميثيل زيت زهرة الصويا	٣٩,٨	٤٧,٠
ميثيل زيت الفول	-	٥٤,٥
ميثيل زيت الفول السوداني	٤٠,١	-
ميثيل زيت بذرة	٤١,٤	-
الديزل	٤٥,٣	٤٧,٥

● جدول (٢) صفات الإحتراق لأنواع مختلفة من الديزل الحيوي.

مميزات الديزل الحيوي

يعد الديزل الحيوي أكثر نظافة من الديزل النفطي (الأحفوري) حيث يحتوي في تركيبه الكيميائي على عدد أقل من ذرات الكربون وعدم احتوائه على مركبات عطرية، مما يعني أنه ينتج عوادم كربونية أقل، علاوة على احتوائه على نسبة أقل من ١٥٪ من الكبريت. كذلك يمتاز الديزل الحيوي بأن الغازات المنبعثة عند احتراقه ـ باستثناء أكاسيد النيتروجين ـ أقل من غازات احتراق الديزل النفطي، حيث تقل تلك الغازات كلما زادت نسبته في الوقود، شكل (٢). فضلاً عن ذلك فإنه أعلى لزوجة من الديزل النفطي، وبالتالي يحافظ على المحرك ويزيد من عمره الافتراضي.

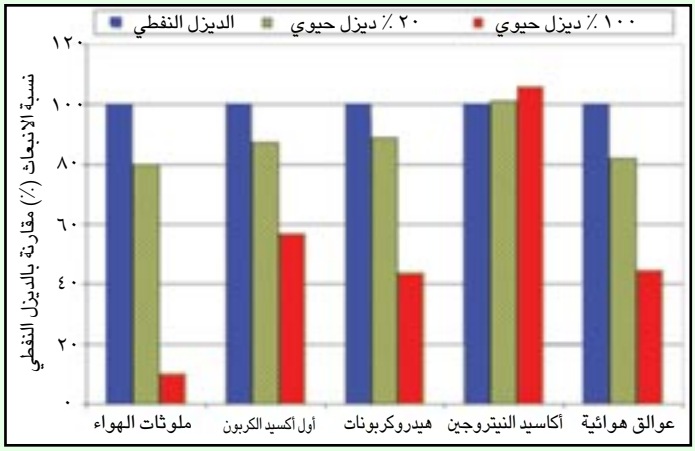
إضافة لذلك يمتاز الديزل الحيوي بارتفاع كفاءة الاحتراق (رقم السيتان وغيرها)، جدول(٢). كما أنه أكثر أماناً من الديزل التقليدي (النفطي)، حيث يحترق عند درجة حرارة تبلغ ١٦٧ْم مقارنة باحتراق الديزل النفطي الذي يحترق عند درجة حرارة تبلغ ٧٠ْم.

إلا أن ما يعاب على الديزل الحيوي احتوائه على النيتروجين، وبالتالي ارتفاع نسبة توليده لأكاسيد النيتروجين التي تتسبب في زيادة ثقب الأوزون ، فضلاً عن أن احتراقه يبعث رائحة مثل رائحة البطاطس المقلي أو الفشار.

على الرغم من تميز الديزل الحيوي مقارنة بالديزل النفطي بقابليته على التجدد، وعدم سميته وملائمته مع اشتراطات السلامة وحماية البيئة الدولية، وقدرته على التحلل الحيوي بيئياً عند ما يستخدم بنسبة ١٠٠ ٪ (B100) ، إلا أنه لا يمكن أن يحل محل الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة، نظراً لارتفاع كلفته الإنتاجية ، وذلك لمحدودية مصادره الأولية مقارنة بالنفط.

الإنتاج والاستهلاك

بلغ إنتاج الديزل الحيوي خلال السنوات الماضية حوالي ٣٠ بليون لتر / سنة، تم استهلاكها في وسائل النقل المختلفة. أما في الولايات المتحدة فقد بلغ إنتاجها منه عام ٢٠٠٦م حوالي ١,٥ بليون لتر، وهي كمية أقل من الطلب المتوقع الذي يقدر بحوالي ٢,٩ بليون لتر سنوياً اعتباراً من عام ٢٠٠٧م. ويتوقع زيادة الطلب على الديزل الحيوي في الأسواق الجديدة كالصين والهند والبرازيل، إذ سيتراوح استهلاك تلك الأسواق بزيادة ١٢٪ إلى ٢٠٪ سنوياً عن الإنتاج العالمي لعام ٢٠٠٧م حتى عام ٢٠٢٠م.



● شكل (٢) المنبعثات الغازية من محرك الديزل الملوثة للهواء الجوي .