الفصل الثاني

٢ – طرق الإنتاج

١/٢ الديزل الحيوي:

يعني تفاعل الأسترة لإنتاج الديزل الحيوي استخدام كحول للتفاعل مع الزيوت النباتية وبذلك يمكن إنتاج مركب أحادى الأستير والمشتمل على أحماض دهنية ذات سلاسل طويلة.

وأكثر الكحولات في الاستخدام هو الميثيل الكحول، حيث في وجود العامل المساعد (أيدروكسيد الصوديوم) يتم تحويله إلى مركب صوديوم ميثو أوكسيد، وهذا هو الذي يكون الاستيرات مع الزيوت النباتية، ويتميز ميثيل الكحول بأنه الأرخص من أنواع الكحولات وبالطبع يمكن استخدام الكحولات الأعلى في ذرات الكربون، مثل كحول الإيثانول أو البروبانول أو البيتانول، وهذه الكحولات قد تكون أعلى في الأسعار مقارنة بالميثانول، إلا أنها أفضل في خواص السريان عند درجات الحرارة المنخفضة للاستيرات المحضرة.

وأي من الأحماض الدهنية الحرة المتكونة تتفاعل لتتحول إما إلى صابون أو ليتم إزالتها من التفاعل، أو لتتحول إلى استيرات (ديزل حيوي)، لذا يلزم استخدام عوامل مساعدة حامضية.

والديزل الحيوي الناتج له خواص احتراق تتماثل مع خواص احتراق الديزل البترولي، مما يتيح الإحلال بدلاً منه، وفي غالبية الاستخدامات، سواء كانت محركات أو سخانات أو أفران أو غلايات، وغيرها من المعدات، أما الجلسرين الناتج من التفاعل كمنتج ثانوي، يستفاد به في العديد من التحضيرات الكيميائية.

وتشير النتائج إلى أن إنتاج طن واحد من الديزل الحيوي يصاحبه إنتاج ١٠٠ كيلو جرام جلسرين، ومن اللازم إيجاد منافذ مباشرة استخدام الجلسرين، منعًا من توافر كميات كبيرة منه لا احتياج إليها، وكذلك لعدم انخفاض أسعاره، خاصة أنه يكون محتويًا على نسبة من الماء (حوالي ٢٠٪) إلى جانب مخلفات العامل المساعد، ومما يلزم الاهتمام بتنقيته وإجراء الأبحاث التي تحقق ذلك بتكلفة منخفضة.

وأفضل الطرق حاليًا هو التقطير تحت الضغط الفراغي، لكن يعيبها ارتفاع استهلاك الطاقة، وأهم المنتجات التي يدخل الجلسرين النقي في تصنيعها تشمل: بروبيلين جليكول، ومركب آبي كلوروهيدرين، وحاليًا تقوم شركة داو (DOW) ببناء مصنع في الصين لإنتاج مركب آبي كلورهيدرين.

١/١/٢ التطورات في إنتاج الديزل الحيوي:

تم إجراء تفاعل الأسترة للزيوت النباتية للمرة الأولى في وقت مبكر يرجع إلى تاريخ ١٠ أغسطس ١٨٥٣، وكان ذلك بمعرفة: (E. Duffy and J. Patrick)، ولم يكن الهدف في ذلك التوقيت إنتاج وقود الديزل الحيوي، إذ إن محرك الديزل لم يكن قد اخترع أو عرف بعد، بل كان الهدف إنتاج الجلسرين والأحماض الدهنية، إذ كان عليها الطلب.

وعندما توصل رودولف ديزل (Rudolf Diezel) إلى نموذجه الأول لمحرك الديزل والذي كان أحادي الاسطوانة، وبطول يصل إلى ثلاثة أمتار (١٠ أقدام) وبأسطوانة دائرية عند قاعدته، وقام بإدارته للمرة الأولى في ألمانيا بمدينة أوجيسبرج (Augsburg)، بتاريخ ١٠ أغسطس عام ١٨٩٣، أي بعد أربعين عامًا من تاريخ التوصل إلى وقود الديزل الحيوي، وقد استخدم في إدارته في تلك التجربة الزيت النباتي الذي تم الحصول عليه من عصير حبيبات الفول السوداني.

لذلك، وحتى الآن فإن يوم ١٠أغسطس من كل عام، يطلق عليه مسمى «اليوم العالمي لوقود الديزل الحيوي».

قام رودولف ديزل بعرض محركه في المعرض العالمي بباريس عام ١٩٠٠، أي بعد ٧ سنوات من اختراعه، وقد تولت الحكومة الفرنسية طلب ذلك، كما تم تنفيذ المحرك بمعرفة شركة (OTTO) الفرنسية، حيث منح هذا الاختراع الجائزة الكبرى للعرض، وقد ظل هذا المحرك معروضًا كنموذج لما توصل إليه رودولف ديزل، ومع استخدام زيت الفول السوداني كوقود، حيث لم يكن قد تم إنتاج الديزل الحيوي واستخدامه كوقود لمحرك الديزل.

وقد ظل رودولف ديزل على اعتقاده بأن الكتلة الحيوية (Bio-Mass)، وخاصة الزيوت النباتية، سوف تكون الوقود الملائم لهذا المحرك، واستمر على ذلك الاعتقاد إلى عام ١٩١٢، إذ أوضح رودولف ديزل في خطاب له، أن استخدام الزيوت النباتية كوقود لهذا المحرك يبدو غير مناسب، بمقاييس ذلك الوقت، حيث كان قد بدأ في تقطير الخام البترولي للحصول على المقطرات المختلفة، ولذا حملت القطفة في حدود درجة حرارة ٣٥٠م مسمى الديزل، كما أمكن الحصول عليها من نواتج تقطير الفحم والقطران، وقد تم ذلك في عام ١٩١٢، ولكن حقق الديزل البترولي مع انخفاض ومناسبة لزوجته النجاح في إدارة محرك رودلف ديزل، والذي كان يحصل عليه كناتج من تقطير المتخلف من وقود الأفران (المازوت)، وبذلك تم التوسع في إنتاجه ليحل

بديلاً عن الزيوت النباتية، وليتخلى رودولف ديزل عن تحيزه السابق لاستخدامات (الكتلة الحيوية).

لكن مرة ثانية تزايد الاهتمام باستخدام الزيوت النباتية، وكان ذلك خلال عقدي العشرينيات والثلاثينيات، وخلال الحرب العالمية الثانية، وكان وراء ذلك الاهتمام الأسباب التالية:

١ – التلوث البيئي الذي تحدثه الملوثات المنبعثة من استخدام الديزل البترولي.

٢ – العديد من الدول لم يكن لديها خام البترول، مع صعوبة الحصول عليه في ظروف الحرب العالمية، حيث شملت هذه الدول: ألمانيا (تحت زعامة هتلر)، بلجيكا، فرنسا، إيطاليا، المملكة المتحدة، البرتغال، الأرجنتين، اليابان، الصين، وقد استمرت جميعها في استخدام الزيوت النباتية كوقود لمحركات الديزل، ورغم انخفاض كفاءة الزيوت النباتية كوقود وتحولها إلى قطران سهل امتزاجه مع الهواء، ومما كان يعني التزايد الكبير في تكون الرواسب على أجزاء المحرك؛ خاصة على فتحات الرشاشات وغرف الاحتراق والصمامات، وكان ذلك وراء الدافع لأن تجري بعض المحاولات لمعالجة الارتفاع في لزوجة الزيوت النباتية، لذا تم إجراء الآتي:

* تسخين الزيوت النباتية قبل إدخالها إلى ميكانزم الحريق بالمحرك.
* خلط الزيوت النباتية مع الديزل البترولي لخفض لزوجتها وتحسين كفاءة احتراقها.
* تخفيف الزيوت النباتية بكحول الإيثانول.
* التسخين الشديد لتكسير الزيوت النباتية حراريًا، ومما يخفض من لزوجتها، لكن مع حدوث أكسدة وتحلل لها.

لذلك لم يكن هناك رضا كافي بكل هذه المحاولات إلى أن حدث بتاريخ ٣١ أغسطس عام ١٩٣٧، أن توصل الباحث G. Chovanne من جامعة بروكسل في بلجيكا، إلى تسجيل براءة اختراع عن طريقة لأسترة الزيوت النباتية، وبهدف استخدامها كوقود، حيث سجلت هذه البراءة للاختراع برقم ٤٢٢٨٧٧، مع وصف تفاصيل طريقة التحضير لتحويل الزيوت النباتية إلى استرات بتفاعلها مع الكحولات، ثم فصل الجلسرين عنها، وبذلك كانت البداية الأولى لتصنيع الديزل الحيوي، لكن استمر ذلك على مستوى التجارب إلى عام ١٩٧٧، إلى أن قـــام العالم E. Parendito في البرازيل بإنتاج وتصنيع الديزل الحيوي، أي أن ذلك تأخر حوالى

أربعين عامًا، وسجل ذلك كبراءة اختراع باسمه، كما تم في عام ١٩٧٩ بجنوب أفريقيا إجراء التجارب لأسترة زيت عباد الشمس، ثم تكرير الناتج للحصول على الديزل الحيوي، حيث انتهت هذه التجارب في عام ١٩٨٣، بنشر النتائج وتأكيد جودة ذلك الوقود وكفاءة اختباراته على محركات الديزل، وكان هذا النشر على المستوى العالمي، ثم أعقب ذلك قيام العلماء فى فرنسا بأسترة زيت بذر اللفت، وسجل أيضًا كبراءة اختراع وحمل مسمى ثنائي الأستير.

وخلال عقد التسعينيات أقيمت العديد من المصانع في بعض الدول الأوروبية، حيث شملت ألمانيا، فرنسا، السويد، تشيكوسلوفاكيا، وحيث استخدم زيت بذر اللفت في تصنيع وقود الديزل الحيوي، ولكن باستخدامه فقط كإضافة تخلط مع الديزل البترولي بنسب حتى ٥٪ بالوزن، وفي عدد محدود من المحركات، وقد زادت هذه النسبة إلى ٣٠٪ بالوزن، وتجري هذه التجارب وتقيمها الشركات رينو، بيجو، وغيرها من الشركات المصنعة، كما استخدم هذا الخليط (نسبة ٣٠٪ ديزل حيوي) مع محركات القاطرات والشاحنات، وتجربة الزيادة إلى نسبة ٥٠٪ بالوزن، ولكن لم تنته بعد هذه التجارب.

وفي نهاية القرن العشرين (عام ١٩٩٨)، وصل عدد الدول المشاركة في هذه التجارب إلى حوالي ٢٠ دولة، طبقًا للإحصائية التي أجراها المعهد النمساوي للديزل الحيوي.

وفي عام ٢٠١٠، توجد لدى بعض دول أوروبا، محطات خدمة للسيارات تحتوي على وحدات تموين للديزل الحيوي بنسبة ١٠٠٪ الوزن، أو ما يطلق عليه مسمى (B100).

وفي الولايات المتحدة الأمريكة بولاية مينوسوتا (Minnesota) بدأ استخدام الديزل الحيوي كإضافة بنسبة ٢٪ بالوزن، ومع نجاح هذه التجربة، فقد تزايد إنتاج واستخدام الديزل الحيوي على نحو متسع وسريع، وأصبح يتوافر في العديد من محطات الخدمة وفي الكثير من الولايات، وقد صاحب ذلك تزايد إعداد الشاحنات المستخدمة للوقود البترولي المحتوي على الديزل الحيوي كإضافة.

والمتوقع مع هذا التزايد في الإنتاج والاستخدام، أن ينخفض سعر الديزل الحيوي، خاصة مع ما يحققه من مزايا اقتصادية للعاملين بالزراعة، إضافة إلى ارتفاع وتذبذب أسعار الخامات البترولية.

وأهم ما يعترض استخدامات الديزل الحيوي المقدرة على إذابة الجوانات والوصلات الكاوتشوكية خاصة في أنواع المعدات القديمة، والتي استخدمت فيها أنواع الكاوتشوك الطبيعي أو الصناعي القابلة للذوبان، لذا روعى في الموديلات الجديدة ضرورة استخدام أنواع من الكاوتشوك الصناعي المقاوم للذوبان.

كذلك من المهم عقب بدء الاستخدام في المحركات أو المعدات مراجعة حالة مرشحات الوقود، إذ يحدث بها كما سبق الذكر، الانسداد بالرواسب التي يذيبها الديزل الحيوي من على أسطح أجزاء وحدات المحرك أو غرف الاحتراق، والتي تكونت عليها مع طول استخدام الديزل البترولي. ولعلاج ذلك يلزم تغيير هذه المرشحات أو تنظيفها جيدًا، وعقب فترة قصيرة من بدء الاستخدام.

والاستخدام بالنسبة حتى ٣٠٪ لا يستدعى التعديل في ظروف أداء المحرك أو المعدات الأخرى، لكن إن لزم الأمر فيمكن التعديل في هذه الظروف مع زيادة النسبة التي يحتوي عليها الخليط من الديزل الحيوي، ومن الممكن تدريجيًّا زيادة نسبة الوقود الحيوي مع خفض نسبة الوقود البترولي. وهذا المؤثر على كفاءة إذابة الرواسب، يعني نظافة الأجزاء الملامسة للوقود من وصلات وأنابيب ومضخات وخلافه، وبالتالي يتحسن أداؤها.

ومع ما يتحقق من انخفاض لنسبة انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون، حيث تم قياس انبعاثاته باستخدام نسبة ٢٠٪ بالوزن من الديزل البترولي، وأوضحت النتائج تحقق انخفاض لكمية ١،٥ مليون طن في السنة بإنجلترا، وهو ما يعتبر حافزًا جبدًا على استخدام الديزل الحيوي، لنظافة احتراقه وانخفاض تأثيراته على البيئة.

٢/١/٢ طاقات الإنتاج :

طاقات الإنتاج للديزل الحيوي تزداد عالميًّا على نحو سريع، وبمعدل نمو خلال الفترة ٢٠٠٢-٢٠٠٦، وصل إلى حدود ٤٠٪ سنويًّا، وبحيث كانت الكميات المنتجة في عام ٢٠٠٦ بحدود ٦ ملايين طن، منها ٤،٩ مليون طن تم إنتاجها في دول أوروبا، وفي ألمانيا بمفردها كمية ٢،٧ مليون طن، إضافة إلى الكمية التي تم إنتاجها في الولايات المتحدة الأمريكية.

وفي عام ٢٠٠٩ وصل الإنتاج في دول أوروبا وحدها إلى حدود ١٠،٣ مليون طن (أي حوالي ضعف الكمية التي أنتجت في عام ٢٠٠٦)، في المقابل تقدر الكميات التي في احتياج إليها من الديزل الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا بحدود ٤٩٠ مليون طن، أي إن المجال لا يزال متسع للمزيد من إنتاج الديزل الحيوي، ولكن المشكلة تكمن في أن إنتاج العالم بأكمله من الزيوت النباتية، ولمختلف

أغراض الاستخدام لم يتجاوز ١١٠ ملايين طن، منها ٣٤ مليون طن من زيت النخيل وزيت فول الصويا.

ومع النجاح الذي تحقق في ماليزيا، وإندونسيا، وتايلاند، وغيرها من الدول، في إنتاج الديزل الحيوي، فقد تم التوسع في استزراع نباتات الجاتروفا، والخروع، وزيت النخيل، وجاري المزيد من هذا التوسع.

٢/١/٢ الخامات اللازمة:

* زيوت نباتية خام، من أكثرها استخدامًا زيت بذر اللفت، وفول الصويا، وفي أمريكا فإن فول الصويا بمفرده يقارب نسبة ٩٠٪ من الزيوت النباتية المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي، كذلك يمكن إنتاج الوقود الحيوي من زيوت نبات الجاتروفا، والكتان، وبذر عباد الشمس، وزيت النخيل، ونبات القنب، وكذلك الزيوت النباتية سابقة الاستخدام.

* دهون حيوانية مثال: الشحم الحيواني، ودهن الخنزير، والشحم الأصفر، ودهون الدجاج، وغيرها، إضافة إلى الأحماض الدهنية وزيوت الأسماك، ومخلفات إنتاج مركب أوميجا.

* الطحالب التي تنمو دون الاحتياج إليها وفي مناطق عشوائية، ولا تشكل مساحات من الأرض تكون مخصصة لإنتاج المواد الغذائية.

وأغلب المدافعين عن إنتاج الديزل الحيوي يؤيدون حسن الاستفادة من الزيوت النباتية السابقة الاستخدام لصنع الديزل الحيوي، لكن نظرًا لأن هذا الاستخدام يقل في الكفاءة بكثير عن الديزل البترولي، فلم يتم العمل على تنميته بفاعلية.

أما الدهون الحيوانية فإن كمياتها محدودة، وليس من الكفاءة أو الاقتصاد أن يتم استخدام الحيوانات لذلك الغرض، أي الحصول فقط على دهونها، بل تأتي الحصول على هذه الدهون كاستفادة ثانوية من ذبح الحيوانات، ولو تم التوسع في إنتاج الديزل الحيوي من دهن الحيوان، فإن ذلك لن يحقق إلا نسبة منخفضة مقارنة بما يتم إنتاجه من الديزل البترولي.

وحاليًا توجد وحدة في أمريكا تعتمد على شحوم الدجاج، وبكمية تصل إلى ٢،٣ بليون رطل من هذه الشحوم، وذلك لإنتاج ١١،٤ مليون لتر من الديزل الحيوي، وقد تم إنشاؤها بجوار وحدة لتربية الدجاج، ومما يُحسن من اقتصاديات الإنتاج.

٤/١/٢ الكميات اللازمة من الخامات :

لا تكفي حاليًا الكميات المنتجة من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية لإنتاج كميات كافية من الوقود الحيوي، بحيث إنها تغطي كميات الاستهلاك بديلاً عن أنواع الوقود البترولي، بالإضافة إلى أن ما سوف يستهلك من أسمدة ومبيدات في الزراعة، إضافة إلى مساحات الأرض اللازمة لإنتاج النباتات المختلفة واستزراع الحبوب الزيتية، فإن جميعها تشكل أهدافًا من الصعب تجاوزها، وعلى سبيل المثال، فإن الوقود البترولي اللازم للولايات المتحدة الأمريكية للاستخدام في عمليات النقل (ديزل بترولي) أو عمليات التسخين المنزلي والصناعي يصل إلى قرابة ١٦٠ مليون طن في السنة، بينما في المقابل لا يتجاوز إنتاج الزيوت النباتية المستخدمة في مختلف الأغراض عن حدود ١١ مليون طن في السنة، إضافة إلى أن الإنتاج من الدهن الحيواني لا يزيد عن ٥،٣ مليون طن، أي أن إجمالي هذه المدخلات الخام لا تزيد عن ١٦،٣ مليون طن، مما يعني حوالي ١٠٪ من استهلاك الوقود البترولي، وفي المقابل أيضًا تتوافر مساحات شاسعة من الأراضي القابلة للاستزراع، حوالي ٤٧٠ مليون فدان (ما يقابل مساحة ١،٩ مليون كيلو متر مربع)، وإذا ما تم استخدام هذه الأراضي لزراعة الحبوب الزيتية، مثل فول الصويا، فإن ذلك سوف يقابل كمية ١٦٠ المليون طن المطلوبة من الديزل الحوي في السنة، وذلك بافتراض أن كل فدان سوف يحقق إنتاج ٦٨ جالون من الديزل الحيوي.

وبالتأكيد يمكن التوفير في هذه المساحات من الأراضي القابلة للزراعة، لو تم الاعتماد في إنتاج الوقود الحيوي على أنواع الطحالب، وأن يكون ذلك بالتغلب على أي عقبات قد تصادف نمو الطحالب، ويقدر قسم الطاقة في أمريكا، أن كمية الأرض اللازم استزراعها بالطحاب لتغطية الإنتاج من الوقود الحيوي بحدود ٣٨٨٤٩ كيلومتر مربع (تكافئ ١٥٠٠٠ ميل مربع)، أو ما يساوي ١،٣ مساحة بلجيكا بأكملها، وعلى أساس أن الإنتاج سيصل إلى ١٥٠٠ جالون للفدان.

وأهم مميزات استنبات الطحالب عدم الاحتياج إلى أراضٍ صالحة للاستزراع، مثال الصحراء أو المناطق المتاخمة للبحار والمحيطات (قرب الشواطئ)، أو أنواع النباتات البحرية، بالإضافة إلى أن إنتاج الزيوت النباتية من الطحالب تكون بكميات أكبر بكثير مقارنة بغيرها من النباتات.

٥/١/٢ كميات الديزل الحيوي من النباتات المختلفة :

يتناسب الإنتاج من الديزل الحيوي مع كفاءة الاستغلال لمساحات الأراضي، وبحيث يلزم حشد المساحات اللازمة لتغطية اللازم إنتاجه من الزيوت النباتية. سواء على المستوى القومي (لكل بلد) أو العالمي لجميع الدول.

يتضمن الجدول (١) الإنتاج المتوقع من الديزل الحيوي والممكن الحصول عليها من استزراع الفدان الواحد، مع اختلاف المصادر النباتية وأنواع الحبوب الزيتية المستخدمة في الإنتاج.

الجدول رقم (١)

الإنتاج المتوقع من الديزل الحيوي مع اختلاف المصادر النباتية المستخدمة

المصدر النباتي المستخدم في الإنتاج	الكميات المتوقع إنتاجها من الديزل الحيوى جالون من كل فدان
أنواع الطحالب	١٨٠٠
زيت النخيل	٥٠٨
زيت جوز الهند	٢٣٠
زيت نبات الجاتروفا	٢٠٠
زيت بذر اللفت	١٠٢
زيت فول الصويا	٥٩,٢-٩٨,٦
زيت الفول السوداني	٩٠
زيت عباد الشمس	٨٢

أي إن أنواع الطحالب تحقق إنتاج ديزل حيوي يصل إلى حوالي ٣٠ ضعفًا لما يتم إنتاجه من استخدام فول الصويا، وذلك طبقًا لما يؤكده قسم الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية، ودون الأخذ في الاعتبار أن بعض التقديرات تصل إلى أن تحقق الطحالب إنتاجًا يصل إلى ١٥٠٠٠ (خمسة عشر ألف) جالون من الديزل الحيوي من الفدان الواحد.

وبالنسبة إلى نبات الجاتروفا، فإن هذه الأرقام أخذت في الاعتبار نمو هذا النبات في أراضٍ ذات مقاومة للجفاف، مثال الأراضي في دول الفلبين، مالي، الهند، أو التي قد تكون من الأراضي المزروعة بقصب السكر، أو أشجار البن، أو غيرها من الفواكه أو الخضروات.

٢/٢ الكحول الحيوي: يتم تصنيع الكحول الحيوي بإحدى الطرق التالية :

١ – الإسالة لمركب السيلولوز الخشبي باستخدام الإنزيمات، حيث تتحول إلى أنواع من السكريات البسيطة (مثال الجلوكوز)، ثم يعقبها عملية التخمر لتتحول السكريات إلى كحولات، ثم بالتقطير لفصل الماء المتكون، والحصول على الكحول الحيوي النقي.

٢ – تحويل مركب السيلولوز الخشبي إلى غازات بالحرارة الشديدة، وتشمل هذه الغازات: أول أوكسيد الكربون والهيدروجين، حيث يتم تحويلها إلى كحول

obeikandl.com

بالتخمر، أو باستخدام عوامل مساعدة كيميائية، ثم التقطير لفصل الماء المتكون والحصول على الكحول الحيوي النقي.

ويشمل إنتاج الإيثانول الحيوي بعملية الإسالة الخطوات التالية:

أ - تحويل السيلولوز أو مركب النشا أو السكريات المعقدة إلى سكريات ذائبة في الماء، وذلك في العملية التي يطلق عليها مسمى التحويل السكري (Saccharification).

ب - إجراء التخمر للسكريات بالبكتريا لتتحول إلى كحول حيوي (كحول إيثانول حيوي).

جـ- التقطير لفصل الإيثانول عن الماء، حيث يحتوي على حوالي ٥٪ بالحجم ماء.

د - التجفيف الكامل للايثانول الناتج من التقطير ليصبح إيثانول نقيًّا غير مائي.

لإنتاج الكحول الحيوي بالتحليل الإنزيمي للسيلولوز الخشبي، فقد وجدت بعض النتائج المعاكسة وغير المتوقعة، إذ مع زيادة نسبة وجود الأخشاب فإن الناتج يقل، وكذلك معدل التحلل الإنزيمي، وذلك رغم أن العمل بالمصادر الخشبية يتميز بالاحتياج إلى كمية أقل من كل الطاقة والماء، وهذا النقص في الإنتاج مع زيادة التركيز ليس بعد مفهومًا أو واضحًا، أو لماذا تتوقف فاعلية الإنزيمات، ومما تضيع معه المميزات التي يحققها استخدام السيلولوز الخشبي.

وهذا التأثير وجد أنه يحدث بفاعلية وبصفة عامة، ليصنع علاقة خطية وفي حدود زيادة التركيز من ٥ إلى ٣٠٪ مع النسبة الخشبية من السيلولوز الصلب المستخدم، ورجوعًا إلى ما يحدث منذ بداية التفاعل إلى نهايته.

كذلك وجد أن انخفاض كفاءة عملية الخلط بين المكونات ليس لها تأثير يذكر، وغير مرتبطة بالانخفاض في الناتج من الوقود الحيوي، كذلك وجد أن له دورًا مؤثرًا لنسبة الماء المستخدم، أو لوجود مسببات لإعاقة التفاعل، ولكن كان من الواضح أن وجود معوقات في عملية امتصاص السيلولوز الخشبي، ذات التأثير الأكبر فيما يحدث من انخفاض للناتج، وكذلك لما يحدث من انخفاض في معدل امتصاص الإنزيمات للسيلولوز الخشبي اللازم إسالته، وبذلك يمكن تفسير النقص في الإنتاج مع زيادة التركيز، سواء للإنزيمات أو السيلولوز الخشبي، وفهم هذه العلاقة وتفسيرها يمكن أن يؤدى إلى التحسين وزيادة الإنتاج للوقود الحيوي الجاري تصنيعه من أنواع السيلولوز الخشبي.

وبالنسبة للمحتوى من الماء، فقد وجد أن له تأثيرًا على اللزوجة، وكذلك على معدلات تكسير الجزئيات تحت تأثير قوى القص الميكانيكي، وذلك خلال عملية المزج، وبالتالي يكون لها تأثير على فاعلية الإنزيمات، أي إن الماء لا يؤثر فقط على كفاءة عملية الإسالة، بل وكذلك على عملية التحول للمركبات الوسيطة، وأيضًا على المتكون من المنتجات النهائية، وبالتالي على توازن الطاقة المستنفدة للكتلة الحيوية اللازمة لإنتاج الإيثانول الحيوي.

وهناك طريقة أخرى لإنتاج الإيثانول الحيوي، وعلى النمط الذي يتبع في إنتاجه بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث إن إنتاج الإيثانول الحيوي من النباتات المحتوية على حبوب تستهلك ضعف الطاقة اللازمة لإنتاج الجازولين من خام البترول، وقد تم حساب ذلك أخذًا في الاعتبار الطاقة المستخدمة، ليس فقط في زراعة الحبوب بل باللازم في مراحل الزراعة والري والفصل، وكذلك على اللازم من أسمدة أو مبيدات أو كيماويات زراعية، وجميع هذه العمليات مستنفدة للطاقة؛ خاصة وأن بعض منتجي الإيثانول الحيوي يستخدمون الفحم كوقود للعمليات المختلفة اللازم تنفيذها.

كذلك في مناطق من العالم يتم الاستخدام الكبير للمياه، رغم الكمية القليلة المتاحة للري، ومثال على ذلك شمال الصين، والهند، وحزام القمح وفول الصويا في أمريكا.

واقتصاديات إنتاج الإيثانول الحيوي تعتمد على موقع الإنتاج. ولكن في أي الأحوال فإن المحاصيل والمنتجات الثانوية، والتي تشمل مخلفات عصير القصب، يستفاد بها كوقود، يمكن استخدامه في مراحل التصنيع المختلفة، إضافة إلى العسل الأسود، والذى يستخدم بدوره كطعام أو لإنتاج الإيثانول.

وفي البرازيل تم التطوير لاستنبات أكثر من ٥٠٠ نوع من قصب السكر، بعضها لا يحتاج إلى الري بالماء، وكذلك للزراعة طوال فصول العام، وبحيث يستمر التصنيع طوال العام.

وقد حققت هذه الأنواع من القصب زيادة فى كفاءة الإنتاج، وصلت إلى ٨٣٠٪ مقارنة بما كان متعارفًا عليه بحدود ١٥-٢٠٪، وكذلك بمقارنة الطاقة المتولدة من الإيثانول بالطاقة الناتجة من الوقود الأحفوري المستخدم في الإنتاج، كما روعي أيضًا في البرازيل لخفض مصروفات النقل، بناء المصانع بجوار حقول القصب، وذلك

متبع في أغلب الدول المعتمدة على القصب، ومع الإقلال من كميات الأسمدة المستعملة.

هذا وتلعب تكاليف الخفض لغازات الصوبا الخضراء دورًا مؤثرًا بالنسبة لمصادر الوقود الحيوي، فقصب السكر يعتبر الأقل بالنسبة لخفض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون مقارنة بالمصادر الأخرى، إذ إنها في حدود ٥٠ دولار فقط لكل طن من ثاني أوكسيد الكربون أو ما يكافؤ من غازات الصوبا الخضراء، بينما بالمقارنة تبلغ هذه التكلفة حوالي ٦٠٠ دولار بالنسبة للإنتاج باستخدام القمح، وقد يكون قصب السكر وغيره من المحاصيل المنتجة للديزل الحيوي دافعًا مؤثرًا للكثيرين، بأن استخدام الوقود الحيوي في عمليات النقل هو طريق مبشر وواعد لخفض التلوث ومنع التدسير البيئي الذي يصاحب استخدام الوقود الأحفوري.

٣/٢ الأحماض الدهنية الحرة: تعتبر الأحماض الدهنية الحرة العنصر الأساسي والمؤثر عند احتراق وقود الديزل الحيوي، حيث تختلف تركيبات تلك الأحماض الدهنية عند تحويل الزيوت النباتية إلى وقود الديزل الحيوي، وتختلف هذه الأحماض في عدد ما تحتوي عليه من ذرات الكربون؛ إذ تتراوح من ٨ إلى ٢٢ ذرة، بالإضافة إلى الاختلاف بين أن تكون مشبعة أو غير مشبعة (تحتوي على روابط ثنائية)، وحيث تحتوي بعضها على رابطة واحدة أو اثنين من الروابط الثانية، وبالتالي تختلف خواص هذه الأحماض الدهنية، خاصة في نقطة الانصهار ودرجة الغليان.

يحتوي الجدول (٢) على بيان بالأحماض الدهنية، موضحًا عدد ذرات الكربون والتركيب الكيميائي، وكذلك نقطة الانصهار ودرجة الغليان لكل منها.

كما يحتوي الجدول (٣) على الأنواع الشائعة من الزيوت النباتية، ونسبة ما يحتويه كل منها على الأحماض الدهنية المختلفة، وحيث تتأثر بالتغير في ترتيب تركيبها، وبالتالي في جودة اشتعالها، وحدود اللزوجة، ونسب انبعاث أكاسيد النيتروجين، عند احتراقها كوقود.

والأحماض الدهنية ذات الرابطة الثنائية الواحدة من أفضل هذه الأحماض لتصنيع الديزل الحيوي، والشحوم الصفراء في الجدول (٣) تخص مخلفات الزيوت النباتية المستعملة (لدى المطاعم)، حيث يطلق مسمى الأصفر للتعبير عن جودة الشحوم، والتالي يمكن تحديد نسبة وجودها في هذه الأحماض الدهنية، وطبقًا للمصدر الأساسي للزيت النباتي المحتوى عليه.

جدول (٢)

التركيب الكيميائى، ونقطة الانصهار، ودرجة الغليان، للأحماض الدهنية الحرة

الحامض الدهني	عدد ذرات الكربون	عدد الروابط الثنائية	التركيب الكيميائي	نقطة الانصهار م°	نقطة الغليان م°
كابريلك	٨	-	$CH_3(CH_2)_6COOH$	١٦,٥	٢٣٩
كابريك	١٠	-	$CH_3(CH_2)_8COOH$	٣١,٣	٢٦٩
لايرك	١٢	-	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	٤٣,٦	٣٠٤
ميرستيك	١٤	-	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	٥٨	٣٣٢
بلاميتيك	١٦	-	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	٦٢,٩	٣٤٩
بلامترأوليك	١٦	١	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$	٣٣	-
ستريك	١٨	-	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	٦٩,٩	٣٧١
أوليك	١٨	١	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	١٦,٣	-
لينوليك	١٨	٢	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=(CH_2)_7COOH$	٥ -	-
ليرولينك	١٨	٣	$CH_3(CH_2)_2CH=CHCH_2CH=(CH_2)_7COOH$	١١ -	-
أراستيتك	٢٠	-	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	٧٥,٢	-
اكوسينويك	٢٠	١	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_9COOH$	٢٣	-
بهينيك	٢٢	-	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	٨٠	-
ايروكيك	٢٢	١	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}COOH$	٣٤	-

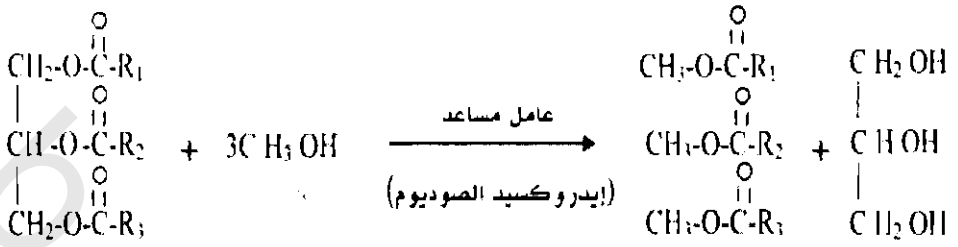
obeikandl.com

الجدول (٣)

نسبة الأحماض الدهنية الحرة في الزيوت النباتية

الأحماض الدهنية / الزيت النباتي	C_8	C_{10}	C_{12}	C_{14}	C_{16}	$C_{16:1}$	C_{18}	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$	C_{20}	$C_{20:1}$ $C_{22:1}$	أخرى
شحم أصفر	-	-	-	١	٢٣	١	١٠	٥٠	١٥	-	-	-	
تالو (شحم حيواني)	-	-	٠,٢	٣-٢	٣٠-٢٥	٣-٢	٢١-٢٦	٣٩-٤٢	٢	-	١٠٠,٤	٠,٣	٠,٥
لوريل دهن حيواني	-	-	-	١	٣٠-٢٥	٥-٢	١٢-١٦	١٤-٥١	٤-٢٢	-	-	٣-٢	٠,٢
زبدة	٢-١	٣-٢	٤-١	٨-١٣	٣٠-٢٥	٥-٢	٢٥-٣٢	٢٢-٢٩	٣	-	٢-٠,٤	١,٥-٢	٢-١
زيت جوز الهند	٩-٥	١٠-٤	٥١-٤٤	١٨-١٣	١٠-٧	٠	١-٤	٥-٨	١-٣	-	-	-	-
زيت نخيل كارناك	٤-٢	٧-٣	٥٢-٤٥	١٩-١٤	٩-٦	١٠٠	١-٣	١٠-١٨	١-٢	-	١-٢	-	-
زيت النخيل	-	-	-	٦-١	٤٧-٣٢	٠	١-٦	٤٠-٥٢	٢-١١	-	-	٠	-
زيت العصفر				٠	٥,٢	٠	٢,٢	٧٦,٣	١٦,٢	-	-	-	-
زيت الفول السوداني	-	-	-	٠,٥	٦-١١	١-٢	٣-٦	٣٩-٦٦	١٧-٣٨	--	٥-١٠	-	-
زيت بذر القطن	-	-	-	٠-٣	١٧-٢٣	٠	١-٣	٢٣-٤١	٣٤-٥٥	-	-	٢-٣	-
زيت القمح	-	-	-	٠-٢	٨-١٠	١-٢	١-٤	٣٠-٥٠	٣٤-٥٦	-	-	٠-٢	-
زيت عباد الشمس	-	-	-	-	٦	١-٢	٢,٢	٧,١٨	٦٩,٣	٠,٣	١,٤	-	-
زيت فول الصويا	-	-	-	٠,٣	٧-١١	٠	٣-٦	٢٢-٣٤	٥٠-٦٠	٢-١٠	٥-١٠	-	-
زيت اللفت	-	-	-	-	٢-٥	٠-١	١-٢	١٠-١٥	١٠-٢٠	٥-١٠	٩,٠	٥٠-٦٠	-
زيت الكتان	-	-	-	٠,٢	٥-٩	٠	٩-١٠	٩-٢٩	٨-٢٩	٤٥-٦٧	-	-	-
زيت التانج	-	-	-	-	-	-	٤-١٣	٨-١٥	٧٢-٨٨	-	-	-	-

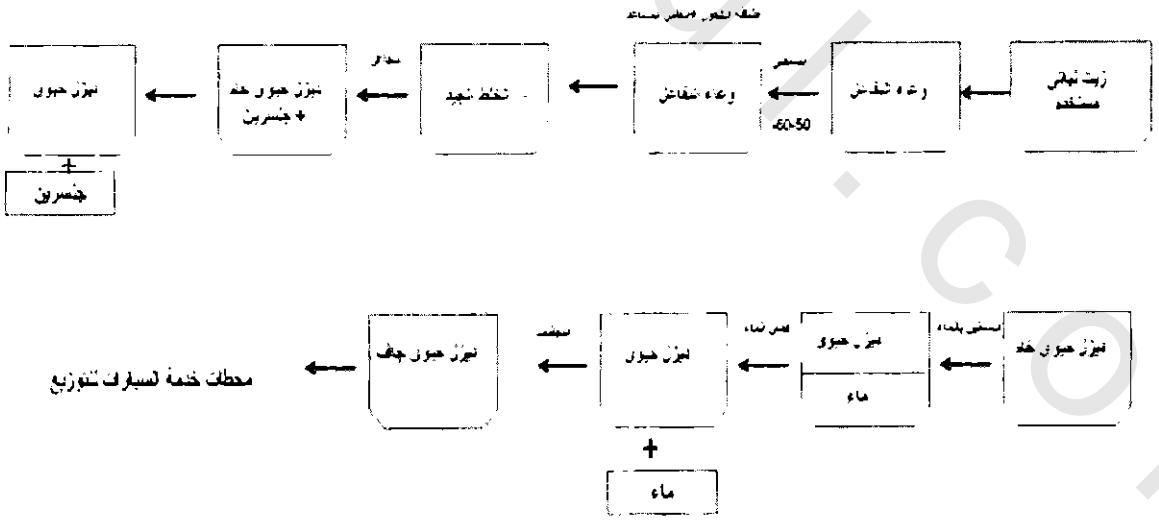
وتوضح المعادلات التالية خطوات التفاعل لتحويل الأحماض الدهنية الحرة Free Fatty Acid (FEA) إلى استيرات (ديزل حيوي) وذلك بالتفاعل مع كحول الميثانول.



حامض دهني ثلاثي ميثانول ميثيل استير جلسرول

والجلسيرول ذو لون أسود وأثقل من الاستيرات المتكونة ذات اللون الشفاف. وبذلك يمكن بسهولة فصلهما عن بعض.

ونظريًا لا يستهلك العامل المساعد المستخدم (أيدروكسيد الصوديوم) بل يمكن استعادته من الجلسيرول بغسله بالماء، ويشتمل الشكل (١) على خطوات ومراحل إنتاج وفصل الديزل الحيوي، بحيث يصبح مجهز للاستخدام كوقود للمحركات في محطات خدمة السيارات.



شكل (١)

خطوات إنتاج الديزل الحيوي إلى حين تسويقه

١/٢/٢ معالجة الزيوت النباتية السابقة الاستخدام:

بعض هذه الزيوت تحتوى على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية، والتي من الأفضل أن يتم خلطها مع الزيوت الجديدة ذات النسبة المنخفضة من الأحماض، ثم استخدامها في الإنتاج طبقًا للخطوات التالية للأسترة، في خطوتين (مرحلتين)، وحيث ينتج أولاً الصابون طبقًا للآتى:

١ – يضاف العامل المساعد (أيدروكسيد الصوديوم) مع الماء لتحويل الأحماض الدهنية الحرة إلى صابون، ثم تتم إزالة الصابون.

٢ – يضاف الحامض مع نسبة كبيرة من كحول الميثانول للتحويل إلى الوقود الحيوي المطلوب.

٣ – يتم التقطير والفصل.

وإضافة العامل المساعد مع الماء إلى كمية كبيرة من الحامض الدهني الحر هو الحل الأسهل، لكن أحيانًا ما تكون لهذه العملية بعض العيوب، من أهمها أن الفاقد من الخامات كبير نسبيًا، سواء من الزيوت أو الميثانول، وكذلك مع تكون بعض الشحوم، فإن ذلك فى الشتاء مع البرودة قد يسبب مشكلات في التصنيع؛ حيث تتحول الشحوم إلى الحالة الصلبة غير القابلة للتدفيع.

obeikandl.com