مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
journal@fezzanu.edu.ly

إنتاج الوقود الحيوي من موارد نباتية متجددة باستخدام محفزات كيميائية وتحديد المردود الأفضل

*راشد جابر[1]
[1]قسم الهندسة النفطية– جامعة الجفرة – ليبيا

الملخص:

يهدف هذ البحث إلى المقارنة بين طرق المعالجة التقليدية والحديثة لإنتاج الوقود الحيوي، ويعد البيوتانول الحيوي وقودًا واعدًا متقدمًا حيث يتمتع بمزايا محتوى طاقة أعلى ونسبة (هواء/ وقود) أقرب إلى تلك الموجودة في البنزين، وخسائر تآكل أقل، وضغط بخار أقل. إضافة إلى ذلك؛ فإن عدم ذوبان البيوتانول الحيوي في الماء يقلل من مخاطر تلوث المياه الجوفية، وتم تحضير الوقود الحيوي بواسطة الأسترة التبادلية باستخدام زيت اللفت، واستخدام محفز كيميائية أوكسيد الكالسيوم(CaO)، وأوكسيد الكالسيوم المدعم بالسيليكا($CaO–SiO_2$) وتم دراسة مدى اختلاف نوع المحفز على مردود إنتاج الوقود الحيوي؛ حيث سجلت النتائج أعلى كفاءة لإنتاج وقود حيوي بنسبة 92.38% عند نسبة 2% من الزيت المستخدم (زيت اللفت)، وعند درجة 60°C لمدة ساعتين.

الكلمات الدالة: الموارد المتجددة– التخمير – وقود حيوي– اللف– الأسترة التبادلية– المحفزات الكيميائي

Biofuel production from renewable plant resources by using chemical catalysts and determine the best return

*Rashid M. Jabir[1]
[1]Petroleum Engineering department, AL-Jufra University, AL-Jufra ,Libya

A B S T R A C T

This research compared traditional and modern processing methods for biofuel production.Biobutanol is a promising advanced fuel with the advantages of higher energy content, air/fuel ratio closer to that of gasoline, lower corrosion losses, and lower vapor pressure.The insolubility of biobutanol in water reduces the risk of groundwater contamination. This study compared traditional and modern processing methods for biofuel production.Biobutanol is a promising advanced fuel, boasting higher energy content, an air/fuel ratio closer to that of gasoline, lower corrosion losses, and lower vapor pressure.In addition, the insolubility of biobutanol in water reduces the risk of groundwater contamination.The biofuel was prepared by transesterification using rapeseed oil and using (CaO) and (CaO-SiO2) catalysts.The extent to which the catalyst type affected the biofuel production yield was studied.

The results showed the highest biofuel production efficiency of 92.38% at 2% of the used oil (rapeseed) and at 60°C for two hours.

* المؤلف الرئيسي: **rashidalsonosy@gmail.com**

تاريخ استلام البحث 28 ديسمبر 2024 استلام رد المحكمين 17 فبراير 2025 تم قبوله 25 مارس تاريخ النشر 28 مايو 2025

Keywords: Renewable resources, fermentation, biofuel, winding, transesterification, chemical catalysts

1. المقدمة

مع تطور صناعة البتروكيماويات خلال ستينيات القرن العشرين، توقف إنتاج الأسيتون والبيوتانول عن طريق التخمير تقريبًا، وكانت مشاكل التكلفة، والإنتاجية المنخفضة نسبيًا والتخمير البطيء والمشاكل الناجمة عن تثبيط المنتج النهائي تظهر أن البيوتانول الحيوي لا يمكنه التنافس على نطاق تجاري مع البيوتانول المنتج صناعيًا.

البيوتانول(C_4H_9OH) هو مركب عضوي من فصيلة الكحولات، وله أربعة أيزوميرات هيكلية منها 1بيوتانول (n–butanol) الأكثر أهمية تجاريا، ويوجد هذا النوع في الطبيعة، ويُستخدم صناعيًا كمذيب أو مكون للطلاءات السطحية، ويمكن أيضًا استخدام البيوتانول كوقود في محركات الإحتراق الداخلي، وهو وقود حيوي أهم من الإيثانول؛ لأن سلسلتة الهيدروكربونية الأطول تجعله غير قطبي إلى حد ما.

يتم إنتاج معظم البيوتانول كيميائيًا من مصادر البترول إما عن طريق عملية (oxo process) منالبروبيلين (Propylene) أو عملية (adol process) من الأسيتالديهيد(Acetaldehyde) .

هناك عدد من العوامل التي تشجع على الأهتمام والبحث والتطوير والتمويل لإنتاج البيوتانولالحيوي، وتشمل هذه العوامل عدم استقرار إمدادات النفط من الشرق الأوسط بالمقارنة مع إمدادات متاحة بسهولة من الكتلة الحيوية الزراعية المتجددة، ومحاولة التخلص من انبعاثات الغازات المسببة للإنحباس الحراري العالمي.

في عام 2005، قاد (David Ramey) سيارة في الولايات المتحدة تعمل بالبيوتانول النقي، وبالمقارنة مع البنزين، زاد الإستهلاك بنسبة 9٪، لكن انخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين بشكل كبير، وفي عام 2006تم إنجاز مشروع مشترك لطرح الجيل القادم من الوقود الحيوي في الأسواق، وسوف يكون المنتج الأول هو البيوتانول الحيوي.[2–1]

أن تقنيتهما سوف تكون قادرة على المنافسة طالما ظل سعر النفط الخام أعلى من 80 دولاراً، سوف يتم تحويل مصنع قائم للإيثانول في المملكة المتحدة إلى منشأة لإنتاج البيوتانول الحيوي، وهناك دراسة جدوى جارية بالفعل لفحص إمكانية بناء مصانع أكبر في المملكة المتحدة.[3]

البيوتانولكوقود :إن استخدام البيوتانول كوقود حيوي يعد من التطبيقات الجديدة نسبيًا، ويشكل الدافع الأساسي وراء الاهتمام الحالي بالبيوتانول الحيوي وتطويره، ويتمتع البيوتانول بالعديد من المزايا مقارنة بالإيثانول كوقود حيوي؛ فهو أقل امتصاصًا للرطوبة. وبالتالي، في حالة خلط الوقود(الديزل أو البنزين) الملوث بالماء ، يكون احتمال انفصال البيوتانول عن هذا الوقود أقل من احتمال انفصاله عن الإيثانول، ويتميز بأنه أقل تآكلًا، ومناسب أكثر للتوزيع خلال خطوط أنابيب البنزين الموجودة، وضغط بخار البيوتانول بطريقة (Reid) vapour pressure أقل بنحو(7.5) مرة من ضغط بخار الإيثانول؛ مما يجعله أقل تبخرا وانفجارا. ومن المزايا البيئية يُعتقد بشكل عام أن عملية احتراق الوقود الحيوي لا تنتج أي انبعاثات كربونية؛ لأن إنتاجه يتم من الموارد الزراعية المتجددة. وهناك بعض العيوب للبوتانول مقارنة بالإيثانول؛ وهي اللزوجة العالية، ومعدل الأوكتان المنخفض؛ حيث أن الوقود ذو الأوكتان المنخفض يكون أكثر عرضة للإحتراق السريع والتلقائي؛ مما يؤدي إلى انخفاض الكفاءة، ويمكن أيضًا أن يتسبب الأوكتان المنخفض في تلف المحرك، وكذلك السُمّيّة حيث أن البوتانولأكثرسُمّيّة من الإيثانول.[4]

الجدول 1 : خصائص الوقود الشائع مع البيوتانول الحيوي

الخصائص	الجازولين	البيوتانول	الإيتانول	الميثانول
الصيغة	$C_4–C_{12}$	C_4H_9OH	CH_3CH_2OH	CH_3OH
نقطة الغليان (درجة مئوية)	32–210	118	78	65
كثافة الطاقة (ميجا جول/كجم)	44.5	33.1	26.9	19.6
نسبة الهواء إلى الوقود	14.6	11.2	9.0	6.5
رقم أوكتان البحث	91–99	96	129	136
حرارة التبخر (ميجا جول/كجم)	0.36	0.43	0.92	1.20

في هذا البحث تم التعرف على الطريقة التقليدية والحديثة لإنتاج الوقود الحيوي من موارد نباتية، وتحديد الأفضل بينهما بالكفاءة والأثر البيئي والمعدات المستخدمة لكل طريقة، وأهم المشاكل التي تمر فيها المراحل الخاصة بالإنتاج .

2. أهمية البحث : يتم إنتاج الوقود الحيوي الثانوي من الكتلة الحيوية (الوقود الحيوي الأولي) عن طريق استخلاص المواد الأكثر استهلاكًا للطاقة (الهيدروجين الحيوي، والميثانول الحيوي، والديزل الحيوي)، والتي يمكن استخدامها لتحل محل الوقود الأحفوري المتوفر في كل مكان، وستساهم طاقة الكتلة الحيوية الحديثة بحلول عام (2050) بنحو نصف إجمالي الطلب على الطاقة في البلدان النامية، ويشمل إمدادات الطاقة المستقبلية المكثفة باستخدام الكتلة الحيوية (385) مليون هكتار من مزارع طاقة الكتلة الحيوية على مستوى العالم في عام (2050)، مع إنشاء ثلاثة أرباع هذه المساحة في البلدان النامية، وقد وضعت سيناريوهات مختلفة تقديرات للوقود الحيوي من مصادر الكتلة الحيوية في نظام الطاقة المستقبلي. وفي هذا البحث تم التركيز على المقارنة بين الطريقة التقليدية للإنتاج والطريقة الحديثة لتحدد الأفضل اقتصاديا.

3. المشكلة التي يعالجها البحث: يشكل الاعتماد المتزايد على الوقود الأحفوري التقليدي مشكلة بيئية واقتصادية كبيرة تتطلب حلولًا مستدامة ومبتكرة. ومع التحديات البيئية المتزايدة مثل التغيرات المناخية، والتلوث، وانخفاض موارد الطاقة التقليدية، ثم البحث عن بدائل جديدة ومتجددة باتت ضرورة ملحة؛ إحدى هذه البدائل الواعدة هي الوقود الحيوي المستخرج من مصادر نباتية، وسيتم التركيز على طريقة المعالجة التقليدية والحديثة، والفرق بينهما.

4. تقنيات المعالجة

4.1 المعالجة التقليدية

4.1.1 وصف عملية المعالجة التقليدية:

يتم في هذه العملية استخدام أجهزة التخمير الدفعية (Batch fermentors) التي تتراوح أحجامها من (100) إلى (200) متر مكعب، بدون نظام تحريك ميكانيكي. هرس الذُرة أو الدبس هي من الركائز الرئيسية المستخدمة في هذه العملية، ويفضل الدبس علي الذرة؛ لأن له العديد من المميزات، ويتم تعقيم الدبس عن طريق الطهي عند درجة حرارة تتراوح من (107) إلى (120) درجة مئوية لمدة تتراوح من (15) إلى (60) دقيقة، ولإتمام

عملية التخمير، يتم تخفيف تركيز السكر القابل للتخمير مابين (5.0 إلي 7.5)٪ (نسبة وزنيه)، ويوصل الدبس بمصدر إضافي للنيتروجين العضوي وغير العضوي والفسفور، وتضاف بعض الأحيان بقايا التقطير لتعويض الفاقد من محلول التخمير، و يتم تغطية محلول التخمير بغطاء من ثاني أكسيد الكربون؛ وذلك للمساعدة في الظروف اللاهوائية، كمايتم غمره وتحريكه في محلول التخمير لتسهيل الخلط.[5]

تتم إعادة عملية زرع البكتيريا (الإستنبات) في رمل أو تربة معقمة، ويتم تنشيط البكتيريا بالحرارة عند درجة حرارة تتراوح بين (65) و (100) درجة مئوية لمدة تتراوح مابين دقيقة إلي ثلاث دقائق، وبعد مرحلتين إلى أربع مراحل من التكاثر والزيادة يتم حقنها في جهاز التخمير إما أثناء التعبئة أو بعدها مباشرة بتركيز يتراوح بين (2) إلى (4%)، وتجري عملية التخمير باستخدام الدبس عند درجة حرارة (29–35) درجة مئوية، وتكون درجة الحرارة المثلى للعديد من أنواع الدبس المستخدمة (31–32) درجة مئوية، وتكون نسبة إنتاج المذيبات من السكريات القابلة للتخمير عادة (29–33٪)، و تركيز هذه المذيبات من (18–22) جم / لتر كحد أقصى. تتباين نسب المذيبات وفقًا لنوع الدبس المستخدم وظروف التخمير، ولكن النسبة المثالية النموذجية كانت نسبة(6: 3: 1)(بيوتانول – أسيتون – إيثانول).

بعد انتهاء عملية التخمير يتم فصل المذيبات عن محلول التخمير عن طريق التقطير على دفعات أو التقطير المستمر، وتقدر المواد الصلبة في سائل التخمر بعد عملية التقطير بنسبة 40–45% (وزن/حجم) , حيث أن هذه المواد الصلبة ذات قيمة غذائية وغنية بالبروتين وفيتامين (ب)، ويتم تجفيف هذه المواد الصلبة وتستخدم كعلف للحيوانات، وتتم استعادة ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين الناتجين أثناء عملية التخمير في العديد من المصانع، وفصلهما وبيعهما لزيادة الأرباح في هذه المصانع. [7–6]

4.1.2 عيوب عملية المعالجة التقليدية : عملية التخمير التقليدية التي تتبعها عملية التقطير لها عيوب؛ أبرزها:

1) أصبحت الطريقة الصناعية باستخدام المواد الخام البتروكيماوية اقتصادية أكثر من طريقة التخمير التي تستخدم مواد خام كربوهيدراتية متجددة (الذرة والدبس).

2) أدت سمية البيوتانول للخلايا البكتيرية إلى الحد من تركيز المذيب النهائي إلى 2%؛ مما جعل عملية الفصل باستخدام التقطير مكلفة، وتتطلب طاقة مكثفة.

3) تأثرت عملية التخمير ببعض الظروف؛ مما أدى إلى انخفاض إنتاج المذيبات المطلوبة نسبيا، وإنتاج مذيبات غير مرغوبة.

4) ظروف التعقيم مهمة، ولكن من الصعب المحافظة عليها في عملية التخمير المعقدة.

5) أنتجت عملية التخمير التقليدية كمية من النواتج الأخرى؛ الأمر الذي يتطلب عمليات معالجة وتجهيزات إضافية.[9–8]

4.2 تقنيات المعالجة الحديثة

خلال العقدين الماضيين، تم إجراء عدد كبير من الأبحاث حول استخدام تقنيات التخمير والمعالجة المختلفة، وعمليات الفصل؛ من أجل تحديد أفضل مسار لعملية إنتاج البيوتانول الحيوي ليتم تنفيذه على نطاق واسع صناعيا مع الأخذ بعين الاعتبار مزايا وعيوب ومتطلبات الطاقة واقتصاديات العملية لكل التقنيات الحديثة المستخدمة.[10]

ومن أهم وأنجح التطبيقات والتقنيات الحديثة المستخدمة:

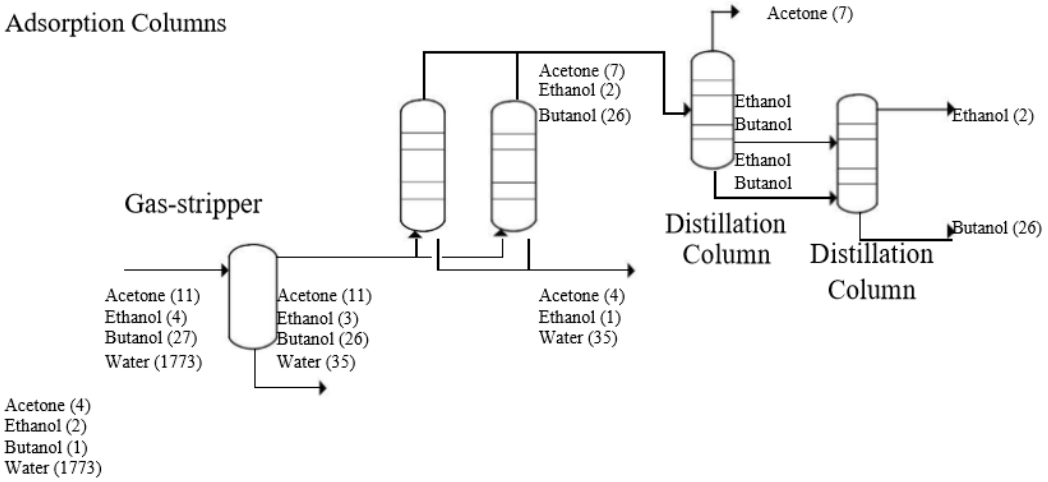
1) التخمير المستمر (علي دفعات) باستخدام التغذية المستمرة بالخلايا البكتيرية الحرة.
(Fed-batch and Free Cell Continuous Fermentation)
2) المفاعلات المستمرة الثابتة وإعادة استخدام للخلايا البكتيرية
(Immobilized and Cell Recycle Continuous Reactors)
3) نزع الغاز (Gas Stripping)
4) استخلاص سائل بسائل (Liquid-liquid Extraction)
5) التبخير النفاذ(Pervaporation)
6) الإمتزاز (Adsorption)

وقد تم توثيق هذه التقنيات، وفيما يلي مقارنة بين هذه التقنيات:

الجدول (2) : مقارنة بين تقنيات المعالجة الحديثة

الطريقة	المبدأ	الميزات	العيوب
نزع الغاز	تسخين النفايات السائلة,التطهير بالغاز، تكثيف أبخرة المذيب/الماء	سهلة الأداء واحتمالية التلوث منخفضة	انتقائية منخفضة، لا يوجد إزالة كاملةللمذيبات، وتتطلب طاقة أكبر
الإستخلاص (سائل من سائل)	التلامس مع المذيب الغير قابل للإمتزاج مع محلول التخمير	سعة عالية ، انتقائية عالية احتمالية منخفضة للإنسداد والتلوث	تكلفة عالية , إمكانية تكُون المستحلبات
الاستخلاص (سائل – سائل) غير قابل للإمتزاج	مشابهة لإستخلاص (سائل من سائل) مع وجود غشاء يفصل بين محلول التخمير والمستخلص	سهلة الأداء , إنتقائية عالية	تحتاج مساحة غشاء كبيرة , إمكانية حدوث إنسداد أو تلوث
التبخير النفاذ	الإنتشار الانتقائي للمذيبات وإستعادة الأبخرة عن طريق تطبيق الغاز المفرغ	انتقائية عالية ، احتمال الانسداد أو التلوث منخفض	غشاء تدفق أقل مقارنة بغشاء التبخير , إمكانية حدوث تلوث
الإمتزاز	التصاق المذيبات مثل راتنجات السيليكات	إستهلاك أقل للطاقة من بين جميع الطرق	إرتفاع سعر المواد , انخفاض الإنتقائية , إحتمال حدوث تلوث

تم استخدام التصميم الأمثل لعملية إنتاج البيوتانول، وتمت إضافة خطوة إضافية وهي نزع الغاز (Gas Stripper) من أجل استعادة المنتج في الموقع من خلال تخمير الدفعات المغذية؛ حيث يجب تحقيق المزيد من التقدم التقني لتحقيق أفضل إنتاج للبيوتانول النقي.[12-11]



الشكل (1): مخطط التدفق الأمثل للمعالجة الحديثة التي تتضمن كل من طرق الامتصاص والفصل التقليدية

5- تقنية المواد النانوية:

تُعتبر من الابتكارات الحديثة في إنتاج الوقود الحيوي من مصادر نباتية. تعتمد هذه التقنية على استخدام مواد نانوية (بحجم النانومتر) لتحسين كفاءة العمليات الكيميائية والبيولوجية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي، ويتم استخدام المحفزات النانوية لتسريع التفاعلات الكيميائية، مثل تحويل الزيوت النباتية أو الكتلة الحيوية إلى وقود حيوي، والمحفزات النانوية تمتاز بمساحة سطحية كبيرة؛ مما يزيد من كفاءتها مقارنة بالمحفزات التقليدية، ويمكن إعادة استخدام المحفزات النانوية عدة مرات؛ مما يقلل من التكلفة الإجمالية للإنتاج، وتتميز بالميزات التالية:

كفاءة أعلى: المحفزات النانوية تزيد من إنتاج الوقود الحيوي بنسبة تصل إلى 90% مقارنة بالطرق التقليدية.

صديقة للبيئة: تقلل من انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة تصل إلى 50% مقارنة بالوقود الأحفوري.

تكلفة أقل: استخدام المحفزات النانوية القابلة لإعادة التدوير يقلل من تكلفة الإنتاج بنسبة تصل إلى 30%.

إدارة النفايات: يمكن استخدام نفايات زراعية مثل نوى التمر أو الزيوت النباتية المستعملة كمصدر لإنتاج الوقود الحيوي.

وبالمقارنة مع الطرق التقليدية يبين الجدول (3) الفرق بينهم .

الجدول (3) : الفرق بين طريقة النانوية والطرق التقليدية

الميزة	تقنية النانو	الطرق التقليدية
كفاءة الإنتاج	%90	%70-60
تكلفة الإنتاج	أقل بنسبة 30%	مرتفعة
انبعاثات الكربون	أقل بنسبة 50%	مرتفعة
إعادة استخدام المحفزات	حتى 16 مرة	مرة واحدة

6- تعريف الوقود الحيوي المتقدم: الوقود الحيوي المتقدم هو الجيل الثاني أو الثالث من الوقود الحيوي، يتم إنتاجه من مصادر غير غذائية مثل النفايات الزراعية، والطحالب، والأخشاب، والمخلفات العضوية، ويهدف إلى تقليل التأثير البيئي مقارنة بالوقود الأحفوري والوقود الحيوي التقليدي. ومن تقنيات إنتاجه :

أ. التغويز (Gasification): يتم تحويل الكتلة الحيوية إلى غاز صناعي (syngas) يحتوي على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، ويمكن معالجة هذا الغاز لإنتاج وقود سائل مثل الديزل الحيوي.

الكفاءة: تصل إلى 60% في تحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة.

ب. الانحلال الحراري (Pyrolysis)

تسخين الكتلة الحيوية في غياب الأكسجين لإنتاج زيت حيوي، ويمكن استخدام الزيت كوقود مباشر أو معالجته لإنتاج وقود عالي الجودة.

الإنتاج: حوالي 70 لترًا من الزيت لكل طن من الكتلة الحيوية.

ج. التحفيز النانوي (Nanocatalysis)

استخدام مواد نانوية لتحسين التفاعلات الكيميائية وزيادة كفاءة الإنتاج.

مثال: استخدام جسيمات أكسيد التيتانيوم لتحسين إنتاج الإيثانول السليولوزي. وسيتم في هذا البحث تحضير أوكسيد الكالسيوم وأوكسيد الكالسيوم المدعم بالسيليكا، وقياس مردود كل واحدة من إنتاج الوقود الحيوي.

وتعرف الأسترة التبادلية بأنها عملية كيميائية يتم فيها تبادل مجموعة ألكوكسيد في إستر مع مجموعة كحولية لإنتاج استر جديد وكحول جديد .

7. الجزء العملي :

7.1 – الأدوات المستعملة: دورق 250 مل – أنبوب اختبار – سحاحة سعتها 100 مل – حوجلة 100 مل – ميزان حرارة –جهاز التحريك المغناطيسي – فرن 1000°C.

7.2–المواد الكيميائية المستعملة: الايثانول 96%–هيدروكسيد البوتاسيوم –حمض الهيدروليك –كلوروفورم –ماء مقطر –يوديد البوتاسيوم –ثيوسلفات البوتاسيوم –حمض الاستيك.

7.3–تحضير زيت بذور اللفت (Canola)

حيث تم عصر كمية من البذور على البارد، وتكون محلول بلون الزيت أصفر كما موضح بالشكل (2) ويشكل نسبة الزيت المستخلص 34.60 %

الشكل (2): زيت بذور اللفت

7.4–تحضير أكسيد الكالسيوم CaO من قشور البيض

تم معالجة قشور البيض ب NaOH (10%) لإزالة المواد العضوية ثم غسل القشور بالماء المقطر عدة مرات مع التجفيف عند درجة حرارة 100°C لمدة 12 ساعة ثم طحن قشور البيض وحرقها عند درجة حرارة 900°Cلمدة 4 ساعة لنحصل على أكسيد الكالسيوم [13]

7.5–تحضير سليكا SiO2 من قشور الفول السوداني

تم حرق قشور الفول السوداني عند درجة حرارة900°C لمدة 7 ساعات من أجل إزالة المواد المتطايرة، ثم معالجة القشور بعد الحرق بمحلول KOH (1M) لإزالة المواد العضوية، ثم ترشيح المحلول، والتجفيف عند درجة حرارة 100°C لمدة 24 ساعة للحصول على محلول سيليكات الصوديوم K_2SiO_2، وبعد التجفيف تمت معالجة الناتج بمحلول H_2SO_4 (5M) لتعديل PH=7 وتركه لمدة 24 ساعة ثم ترسيب المادة وغسلها بالماء المقطر منزوع الأيونات عدة مرات وتجفيفها عند درجة حرارة 100°C لمدة 24 ساعة [14]

7.6–تحضير أكسيد الكالسيوم CaOالمدعم بالسيليكا SiO2

نضع وزن من أكسيد الكالسيوم في 100 مل من ماء مقطر ثم نضيف لها كمية من السيليكا، وخلط المزيج لمدة 4 ساعات عند 80°C، ويرشح الخليط، ويجفف، وتوضع العينة في الفرن لمدة 3 ساعات عند 800°C[15]، ويتم إنتاج الوقود الحيوي بطريقة الأسترة التبادلية بمحفز أوكسيد الكالسيوم وأكسيد الكاسيوم المدعم بالسيليكا؛ حيث تكون نسبة المحفز هي 2% من الزيت أي تكون 0.2 gحيث يتم تفاعل الأسترة التبادلية على الشكل التالي :

المرحلة الأولى:يحدث التفاعل عن طريق ترشيح الزيت المستخلص لإزالة أي جزيئات صلبة ويوضع كمية من الزيت في دورق ذو حجم 250 مل، ونسخنها إلى أن يصل درجة حرارة 50°C ثم يتم مزج المادة المحفزة في إيثانول بواسطة خلاط مغناطيسي، ويوضع المزيج في الزيت تدريجيا، وتثبت درجة الحرارة على 60°C ونترك التفاعل لمدة ساعتين.

المرحلة الثانية: نضع الخليط في عبوة الفصل لفصل الوقود الحيوي والغليسرين لمدة 24 ساعة.

المرحلة الثالثة: بعد فصل الغليسرين عن الوقود الحيوي تم غسله بإضافة 10 مل من الماء المقطر الدافئ، ويترك المزيج ليستقر من أجل التخلص من آثار الغليسرين والكحول المتبقي، وتكرر العملية مرتين، وبعد الفصل الوقود عن الماء نضيف كمية من كبريتات الصوديوم لامتصاص الرطوبة المتبقية .

ويتم حساب المردود عن طريق المعادلة التالية :

$$R\% = \frac{m_b}{m_o} \times 100 \qquad (1)$$

حيث :

mb : كتلة الوقود المنتجة

mo: كتلة الزيت

R: مردود التفاعل

وبتطبيق المعادلة على المحفزات تم توصل الى مردود من الوقود الحيوي :

1- CaO : 67.07%

2- CaO-SiO2: 92.38 %

الاستنتاج والمناقشة

1- يمكن تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود حيوي من خلال الطرق الكيميائية، مثل إنتاج الميثانول الحيوي والديزل الحيوي، والطرق الحرارية، مثل إنتاج النفط الحيوي، والغاز الحيوي الاصطناعي، والهيدروجين الحيوي، والطرق الكيميائية الحيوية، مثل إنتاج الإيثانول الحيوي والغاز الحيوي والديزل الحيوي والهيدروجين الحيوي.

2- يمكن إنتاج الإيثانول الحيوي من موارد الكتلة الحيوية السليلوزية الوفيرة، مثل النباتات العشبية والخشبية، والمخلفات الزراعية والغابات، وجزء كبير من النفايات الصلبة البلدية، والنفايات الصناعية. ويعد إنتاج الإيثانول الحيوي من الكتلة الحيوية إحدى الطرق لتقليل استهلاك النفط الخام والتلوث البيئي.

3- كمورد متجدد، تمثل الكتلة الحيوية مصدرًا لا ينضب من المواد الخام لإنتاج الميثانول. يمكن إنتاج الميثانول الحيوي من الكتلة الحيوية باستخدام الغاز الحيوي الاصطناعي (الغاز الحيوي الاصطناعي) الذي يتم الحصول عليه من عملية إعادة تشكيل الكتلة الحيوية بالبخار.

4- طريقة التقليدية لإنتاج الوقود الحيوي تعتمد على مواد طبيعية مثل الحطام والأوراق والأعشاب، والعملية تتطلب الكثير من الجهد البشري؛ حيث يتم تجهيز المواد بشكل يدوي وتحضيرها للاستخدام كوقود، وتكون الكفاءة منخفضة نظرًا للعمل اليدوي والمواد غير المحددة، وعادةً ما تكون أقل تأثيرًا على البيئة نظرًا لاستخدام المواد الطبيعية والمتجددة.

5- الطريقة الحديثة لإنتاج الوقود الحيوي تعتمد على مواد محددة مثل الكتان، الذرة، والقصب وتكون كفاءة العملية عالية نظرًا لاستخدام التكنولوجيا المتقدمة والتحسينات العلمية أما بالنسبة للأثر البيئي فقد تكون أكبر تأثيرًا على البيئة نظرًا لاستخدام المواد الزراعية والمعالجات الكيميائية.

6- تم تحضير زيوت اللفت على البارد بالمكبس الميكانيكي، وتم تحضير أوكسيد الكالسيوم والسليكا لاستخدامهم كمحفزات بطريقة الأسترة التبادلية.

7- تم تحضير أوكسيد الكالسيوم المدعم بالسيليكا، وقياس كفاءة كل منهما بإنتاج الوقود الحيوي وصلت نسبة المردود ل CaO : 67.07% و CaO-SiO2: 92.38 % وبالتالي استخدام أوكسيد الكالسيوم المدعم بالسيليكا حقق كفاءة أكبر، ويمكن الاعتماد عليها كمحفز لإنتاج الوقود الحيوي.

المراجع:

1- YaoweiYu.,et al.(2024)."Potential and comparative studies of six non-edible seed oil feedstock's for biodiesel production." International Journal of Green Energy 21.4: 883-903.

2- Shelare, Sagar D., et al.(2023)."Biofuels for a sustainable future: Examining the role of nano-additives, economics, policy, internet of things, artificial intelligence and machine learning technology in biodiesel production." Energy : 128874.

3-Perumal, G. (2023). Assessing biodiesel feedstocks and production techniques: a comprehensive review. Petroleum Science and Technology, 1-16.

4-Adeoye, A. O., Lawal, O. S., Quadri, R. O., Malomo, D., Aliyu, M. T., Dang, G. E., ... & Hikon, B. N., (2023). Sustainable energy via thermochemical and biochemical conversion of biomass wastes for biofuel production. In Transportation Energy and Dynamics (pp. 245-306). Singapore: Springer Nature Singapore.

5- Arefin, Md Arman, Fazlur Rashid, and Amirul Islam.,(2021). "A review of biofuel production from floating aquatic plants: an emerging source of bio-renewable energy." Biofuels, Bioproducts and Biorefining 15.2: 574-591.

6-Deora, Prayagraj Singh, et al.,(2022). "Biofuels: An alternative to conventional fuel and energy source." Materials Today: Proceedings 48: 1178-1184.

7-Kour, Divjot, et al., (2019). "Technologies for biofuel production: current development, challenges, and future prospects." Prospects of renewable bioprocessing in future energy systems : 1-50.

8-Voloshin, R. A., Rodionova, M. V., Zharmukhamedov, S. K., Veziroglu, T. N., &Allakhverdiev, S. I. (2016). "Biofuel production from plant and algal biomass. International journal of hydrogen energy", 41(39), 17257-17273.

9- Alaswad, Abed, et al.,(2015). "Technologies and developments of third generation biofuel production." Renewable and Sustainable Energy Reviews 51: 1446-1460.

10-Rasool, Ubaid, and S. Hemalatha. (2016)."A review on bioenergy and biofuels: sources and their production." Brazilian Journal of Biological Sciences 3.5: 3-22.

11-Gaurav, N., Sivasankari, S., Kiran, G. S., Ninawe, A., & Selvin, J., (2017). "Utilization of bioresources for sustainable biofuels: a review. Renewable and sustainable energy reviews", 73, 205-214.

12-Surriya O, Syeda SS, Waqar K, Gul Kazi A, Ozturk M., (2015). "Bio-fuels: a blessing in disguise. In: Ozturk M, Ashraf M, Aksoy A, Ahmad MSA, editors. Phytoremediation for green energy". Springer. p. 11e30.

13- Ventura, M.G., et al., Composite catalytic materials based on k-carrageenan and CaO used on the transesterification of soybean oil for the process of biodiesel obtention. Catalysis Today, 2021. 379: p. 96-104.

14- vaibhav, V., U. Vijayalakshmi, and S.M. Roopan, Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles. Spectrochimica acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy, 2015. 139: p. 515-520.

15- Lani, N.S., et al., Synthesis, characterization and performance of silica impregnated calcium oxide as heterogeneous catalyst in biodiesel production. Journal of Cleaner Production, 2017. 146: p. 116-124.