

استحصال الإيثانول الحيوي من قش القمح

م. محمد زينو* أ.د. جورج يوسف** أ.د. حسان الحاج إبراهيم***

(الإيداع: 27 تموز 2021، القبول: 30 آذار 2022)

الملخص:

يعتبر الإيثانول الحيوي وقوداً متجدداً، على عكس مشتقات الوقود الأحفوري، وله استخدامات واسعة أبرزها مزجه مع البنزين في المركبات بنسبة تصل إلى 30% من الوقود. يمكن أن يكون إنتاج الإيثانول الحيوي عن طريق التخمير مصدراً مهماً للطاقة المتجددة، خاصة في البلدان التي تتوفر فيها القش بكميات فائضة. تهدف الدراسة إلى الحصول على الوقود الحيوي المتمثل في الإيثانول الحيوي بالاعتماد على قش القمح، وتعتمد الدراسة على السليلوز الموجود في القش المرتبط بشدة باللغنين، لذلك تمت معالجة القش لتحرير سلاسل السليلوز، وتتم عملية المعالجة الأولية عن طريق الماء الساخن عند ضغط مرتفع بحدود 9 bar، ثم تم تكسير سلاسل السليلوز إلى جلوكوز بواسطة حمض الكبريت، ثم تم إجراء التخمير بواسطة البكتيريا اللاهوائية (*Saccharomyces cerevisiae*) لمدة 3 أيام تقريباً، بعد ذلك يتم فصل الإيثانول عن خليط التخمير عن طريق التقطير، وتم دراسة بعض العوامل المؤثرة على إنتاج الإيثانول، مثل نسبة القش إلى الماء، ودرجة حرارة التخمير، ووقت التخمير، ودرجة الحموضة لخليط التخمير. أدى استخدام القيم المثلى للعديد من العوامل المدروسة إلى إنتاج الإيثانول بمعدل 10.2 جرام لكل 100 جرام من القش. الكلمات مفتاحية: وقود حيوي، طاقة متجددة، إيثانول حيوي.

*طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترونية – جامعة البعث.

** أستاذ في قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترونية – جامعة البعث.

*** أستاذ في قسم الهندسة الكيميائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترونية – جامعة البعث.

Production of bioethanol from wheat straw

Eng. Mohammad zaino* Prof.Dr.George yossef ** Prof.Dr. Hassan Al Haj Ibrahim***

(Received: 27 July 2022, Accepted: 30 March 2022)

Abstract:

Bioethanol is a renewable fuel, unlike fossil fuel derivatives, and has wide uses, most notably mixing it with gasoline in vehicles up to 30% of the fuel.

The production of bioethanol by fermentation can be an important source of renewable energy, especially in countries where straw is available in surplus quantities.

The study aims to obtain biofuels, represented by bioethanol, by relying on wheat straw, The study relies on the cellulose found in straw that is strongly associated to lignin, Therefore, Straw was treated to release cellulose chains, The primary treatment process is done by hot water at high pressure above 9 bar), Then the cellulose chains were broken down into glucose by sulfuric acid, Then fermentation was performed by anaerobic bacteria (*Saccharomyces cerevisiae*) for about 3 days. Then the ethanol is separated from the fermentation mixture by distillation, the effect of several factors on the yield of ethanol production was studied. These were the straw to water ratio, fermentation temperature, fermentation time, PH of the fermentation mixture.

Using the optimum values of the several factors studied resulted in the production of ethanol at the rate of 10.2 g per 100 g of straw.

Key words: biofuels, renewable energy, bioethanol.

* Postgraduate Student (Master) – Department of Chemical Engineering – College of Chemical and Petroleum Engineering – Al-Baath University.

** Professor in the Department of Chemical Engineering – College of Chemical and Petroleum Engineering – Al-Baath University.

*** Professor in the Department of Chemical Engineering – College of Chemical and Petroleum Engineering – Al-Baath University.

1-المقدمة:

الوقود الحيوي هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية منها. وهو أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة، على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية مثل النفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الأحفوري والوقود النووي. شهدت صناعة الوقود الحيوي تطورات كبيرة خلال القرن الماضي، كما تطورت مصادر إنتاجه، ويمكن تحديد أربعة أجيال لهذا الوقود، هي [1]:

■ الجيل الأول:

حيث استُخدمت بذور وحبوب النباتات لإنتاج الوقود الحيوي، حيث يستخدم بشكل أساسي الذرة وقصب السكر ويمكن استخدام القمح وفول الصويا واللفت والشعير وغيرها.

■ الجيل الثاني:

يتمثل الجيل الثاني من أنواع الوقود الحيوي بأنواع الوقود المصنّعة من أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية. والكتلة الحيوية مصطلح واسع النطاق يشير لأي مصدر للكربون العضوي يتجدد بسرعة كجزء من دورة الكربون.

تُستمد الكتلة الحيوية من مواد نباتية، لكنها يمكن أن تشمل أيضًا موادًا حيوانية.

في حين أن الجيل الأول من أنواع الوقود الحيوي مصنوع من أنواع السكر والزيوت النباتية الموجودة في المحاصيل الصالحة للزراعة، فإن الجيل الثاني من أنواع الوقود الحيوي مصنوع من الكتلة الحيوية الليغنوسليلوزية أو المحاصيل الخشبية أو المخلفات الزراعية أو فضلات المواد النباتية (من المحاصيل الغذائية التي أدت غرضها الغذائي فعليًا، حيث يعتمد على المخلفات النباتية، كقشور الأرز وقش القمح وبقايا الذرة ونشارة الخشب وغيرها، حيث يتم الحصول على الوقود الحيوي كالايثانول أو الديزل الحيوي).

■ الجيل الثالث:

يستخدم الطحالب لإنتاج الوقود الحيوي.

■ الجيل الرابع:

يعتمد على إجراء تغيير في جينات أحد الكائنات الدقيقة لكي تنتج الوقود.

في دراستنا هذه قمنا بدراسة إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الثاني أي من بقايا المحاصيل الزراعية، حيث سندرس قش القمح بشكل أساسي حيث نسبة زراعة القمح في الجمهورية العربية السورية بحسب وزارة الزراعة تصل لأكثر من 80% من زراعة الحبوب و 26.5% من إجمالي الأراضي المزروعة [2].

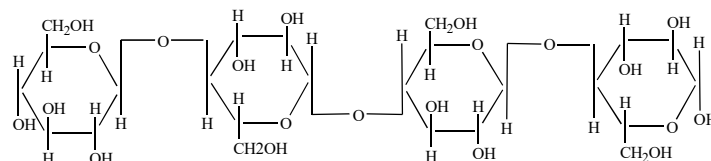
نقصد بالقش كل بقايا اللب الصلب لمحاصيل القمح والشعير بما في ذلك القشور والسوق، وسنقوم في هذا البحث بدراسة إمكانية الحصول على وقود حيوي كالايثانول الذي يعتبر أحد أنواع الوقود الهامة والصديقة للبيئة.

يستخدم الايثانول الحيوي كمضاف للبنزين حيث يساهم في رفع رقم الأوكتان وتحسين انبعاث المركبات [3,5]، ويستخدم بشكل واسع في البرازيل والولايات المتحدة [4].

2-المواد وطرائق البحث

2-1-آلية العمل:

تحتوي جميع النباتات على السيليلوز وهو سكر مركب ويكون المركب الأساسي في الخلايا النباتية وبالذات في جدار الخلية النباتية، وهو كذلك موجود في جميع أنسجة النباتات، هو عبارة عن بوليمير طبيعي خطي وحدته البنائية الأساسية هي جزيئة الجلوكوز وله الصيغة العامة التالية $n(C_6H_{10}O_5)$ حيث تتراوح n بين (10,000-40,000) [6]



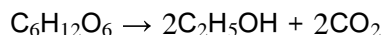
الشكل رقم (1): البنية التفصيلية لسلاسل السليلوز

وتعتبر سلاسل السليلوز الداعم الرئيسي للنبات والمسؤولة عن قوامه بالاشتراك مع مادة الليغنين (الخشبين) وهي مادة عضوية بوليميرية معقدة وغير منتظمة بنيتها الأساسية الفينول بروبين [7]، تعمل مادة الليغنين على ربط سلاسل السليلوز وإحاطتها وتدعيم قوامها لذا تكون متداخلة معها بشكل متين [7].

يقوم مبدأ الدراسة على تفكيك سلاسل السليلوز وتحويلها إلى جلوكوز، ولكي نتمكن من ذلك يجب أولاً تحرير سلاسل السليلوز من الليغنين لأنها تعيق الوصول إلى السليلوز والتعامل معه.

وبعد تحرير سلاسل السليلوز يتم تفكيك السليلوز إلى وحداته البسيطة وهي الجلوكوز وذلك بوساطة حمضية.

ثم يتم استخدام بكتيريا لاهوائية لتخمير الجلوكوز وتحويله إلى إيثانول حيث يتحول جزيء الجلوكوز إلى جزيئين إيثانول وثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة [8]:



وبالنهاية يتم فصل الإيثانول عن المزيج المائي للكتلة الحيوية بسهولة بواسطة عملية التقطير بسبب درجة تطاير الإيثانول المرتفعة بالنسبة للمزيج المائي [9].

خطوات العمل:

1-تنظيف القش من الأتربة والأوساخ

2-طحن القش إلى قطع صغيرة {أقل من 0.5mm} وذلك يسهل التعامل مع القش ويزيد مردود العملية [10].

3-المعالجة الأولية:

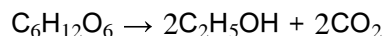
تهدف لتحرير سلاسل السليلوز من مادة الليغنين المترابطة معها، ويوجد عدة طرق متبعة لهذا الغرض، وتم الاعتماد على طريقة المياه الساخنة السائلة [11] liquid hot water pretreatment (LHWP)، حيث يتم إضافة الماء إلى القش بنسب وزنية معينة ومن ثم تسخينها حتى درجة حرارة عالية {180 °C} ولكي تبقى المياه في الحالة السائلة عند هذه الدرجة يجب تسخينها في وعاء مغلق يتحمل ضغط مرتفع {9 bar}.

ولهذا الغرض تم الاستعانة بالفنيين المختصين لتصميم وعاء من الكروم بسعة 3 Liter وثن 2 mm وتم تزويده بمقياس ضغط وصمام أمان.



الشكل رقم (2): وعاء المعالجة الأولية

4-بعد تحرير السيليلوز من اللينين تم تفكيك سلاسل السيليلوز الى سكر الجلوكوز وذلك بواسطة حمض الكبريت، ثم تم نقل المزيج إلى وعاء التخمير مع مراعاة ضبط حموضته بحيث تلائم الخميرة المستخدمة {سكرومايسس سيرفيسيا} لتخمير الجلوكوز وتحويله إلى إيثانول حيث يتحول جزيء الجلوكوز إلى جزيئين إيثانول وثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة:



الشكل رقم (3): وعاء التخمير

تم تجهيز حوض مائي للتخمير لضبط العملية بشكل دقيق حيث تم تزويده بسخان مع مثبت درجة الحرارة قابل للضبط، واستمرت عملية التخمير حوالي 3 أيام.

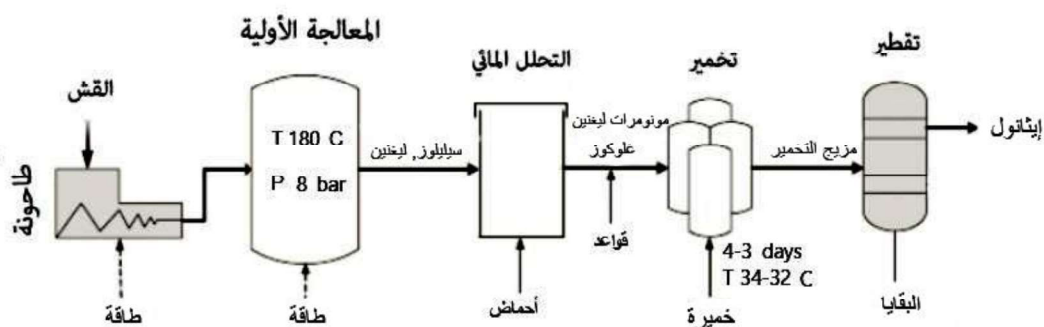


الشكل رقم (4): وعاء التخمير مع سخان ومثبت حرارة

5-بالنهاية يتم فصل الإيثانول عن الكتلة الحيوية بواسطة عملية التقطير باستعمال جهاز تقطير بسيط تم تصميمه يدوياً.



الشكل رقم (5): جهاز تقطير بسيط



الشكل رقم (6): المخطط التكنولوجي لعملية انتاج الايثانول بطريقة التخمير

2-2- المواد اللازمة للبحث:

■ أهم المواد الأولية اللازمة:

قش القمح – حمض الكبريت – ماءات الصوديوم – بكتيريا لاهوائية

■ أهم الأجهزة اللازمة:

1. طاحونة
2. وعاء يتحمل ضغط بحدود 10 جو
3. جهاز قياس PH
4. حوض تخمير مزود بسخان مع مثبت حرارة
5. جهاز تقطير

3-النتائج والمناقشة:

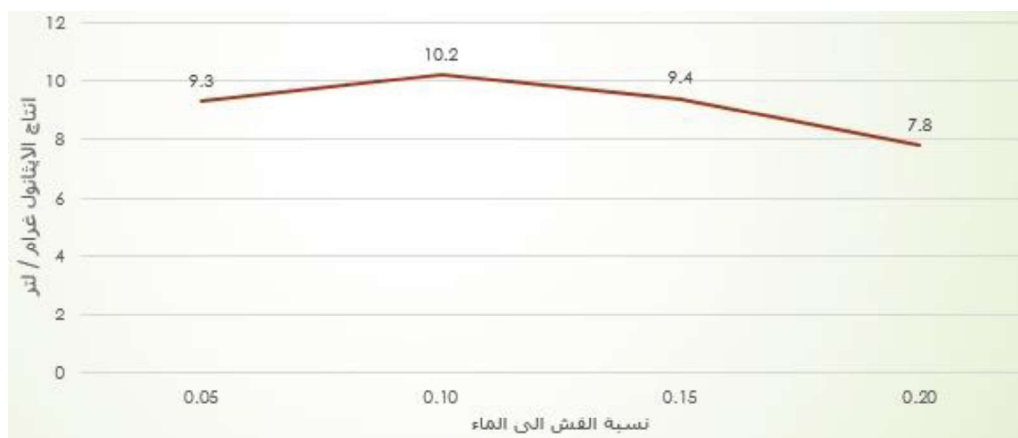
تم دراسة تأثير عدة عوامل على إنتاجية الايثانول وهي:

نسبة القش إلى الماء، ودرجة حرارة التخمير، ووقت التخمير، ودرجة الحموضة لخليط التخمير.

3-1-تأثير نسبة القش إلى الماء:

تمثل النسبة الوزنية للقش إلى الماء قبل بداية عملية المعالجة الأولية

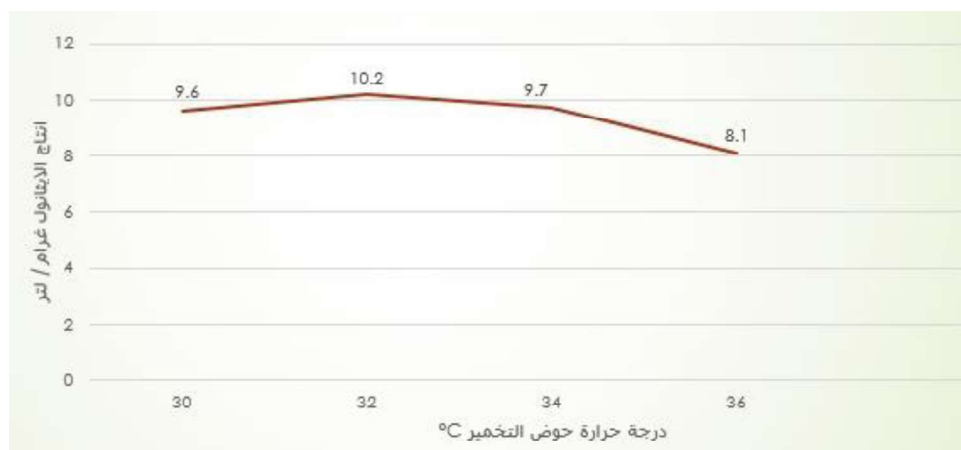
حيث نلاحظ ان الإنتاجية المثلى من الايثانول تكون عند نسبة 10% أي 10 gr قش لكل 100 gr ماء



المخطط رقم (1): تأثير نسبة القش إلى الماء على إنتاج الايثانول

3-2-تأثير درجة حرارة حوض التخمير:

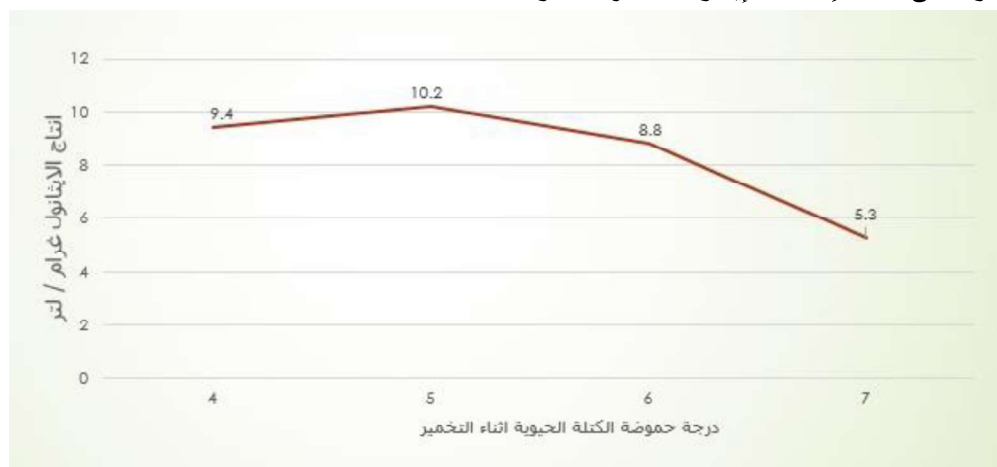
تمثل درجة حرارة الماء الذي يغمر فيه وعاء التخمير وتم الحصول على الإنتاجية المثلى من الايثانول عند درجة 34 °C



المخطط رقم (2): تأثير درجة حرارة حوض التخمير على إنتاج الايثانول

3-3- تأثير حموضة الكتلة الحيوية أثناء التخمير:

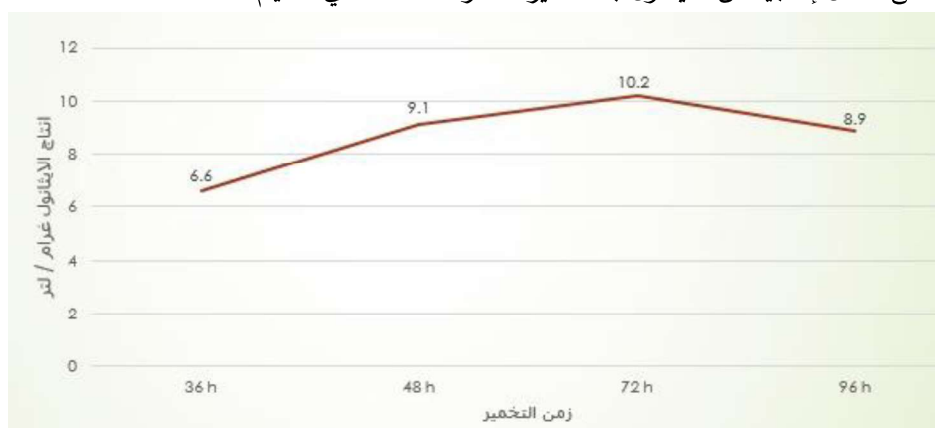
وتعني درجة الحموضة داخل حوجلة التخمير وتلعب دوراً مهماً حيث تؤثر على الخميرة بشكل مباشر، ويمكن التحكم بها عن طريق إضافة كمية ماءات الصوديوم لتعديل حموضة حمض الكبريت الوصول لدرجة الحموضة المطلوبة. وتم الحصول على أفضل إنتاجية للإيثانول عند درجة حموضة {PH=5}



المخطط رقم (3): تأثير درجة حموضة الكتلة الحيوية على إنتاج الإيثانول

3-4- تأثير زمن التخمير:

تم الحصول على أفضل إنتاجية من الإيثانول بعد تخمير استمر 72 ساعة أي 3 أيام



المخطط رقم (4): تأثير زمن التخمير على إنتاج الإيثانول

بالاعتماد على المعطيات الواردة في المخططات السابقة يمكننا تحديد القيم المثلى للبارامترات المدروسة

■ النسبة الوزنية للقش إلى الماء: 10%

■ درجة حرارة حوض التخمير: 32 °C

■ حموضة الكتلة الحيوية أثناء التخمير: PH = 5

■ زمن التخمير: 72 ساعة



الشكل رقم(7): جهاز الكروماتوغرافيا

3-5- خلاصة النتائج:

تم الحصول على الايثانول الحيوي بنجاح بالاعتماد على الخطوات السابقة وتم تحليل العينات في مخبر الكيمياء الحديثة في كلية الطب البيطري بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC.

وتم اعتماد القيم المرجعية لتحليل الايثانول وهي كالتالي:

نوع الجهاز : Shimadzu-17A

العمود: DB1-60 m

حرارة الحاقن: 230°C

حرارة الكاشف: 210°C

حرارة العمود الابتدائية: 50°C

تثبيت لمدة خمس دقائق

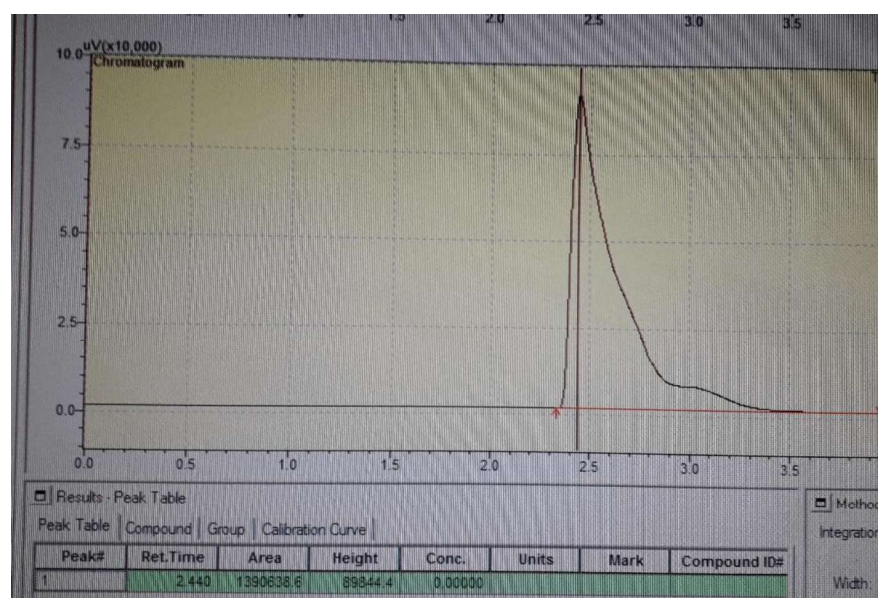
رفع درجة الحرارة بمعدل 10°C بالدقيقة حتى تصل 200°C

تثبيت لمدة خمس دقائق

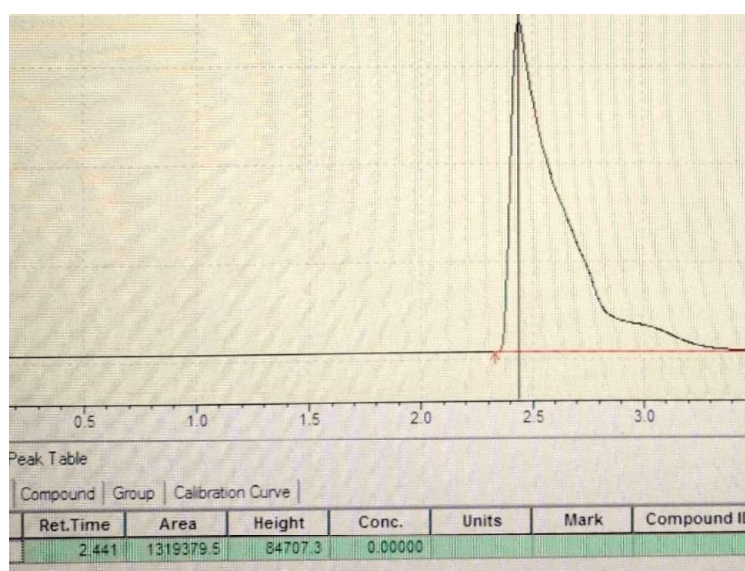
تجزئة العينة: 1/18

حجم الحقن: 0.8 ميكرو لتر

المادة المعيارية: ايثانول 99%



الشكل رقم (8): نتيجة تحليل المادة المعيارية



الشكل رقم (9): نتيجة تحليل إحدى العينات

يمكننا حساب كمية الايثانول الناتج من خلال التجارب بضرب الكمية الناتجة من الايثانول بتركيز العينة وقمنا بحساب تركيز العينة بقسمة مساحة القمة المتشكلة عند حقن العينة على مساحة القمة المتشكلة عند حقن المادة المعيارية ومن ثم ضرب الناتج بتركيز المادة المعيارية وكان التركيز الناتج في هذه العينة 93.9 % .

حيث تم الحصول على الايثانول بنسبة 10.2 gr لكل 100 gr قش كحد أعلى وذلك عند توفر الشروط المثلى التي تم دراستها.

4-الاستنتاجات والتوصيات:

يمكن ان تشكل هذه الطريقة مصدراً مهماً لرفد مصادر الوقود التقليدية، وتكمن أهمية هذه الطريقة في الحصول على وقود سائل ونظيف ومتجدد على عكس الوقود الأحفوري. لكن يجب التنويه لارتفاع تكاليف الإنتاج لذلك يجب توجيه العمل في مجال الوقود الحيوي لرفع الإنتاجية وتخفيض التكاليف قدر الإمكان حتى يصبح الوقود الحيوي قادراً على منافسة الوقود الاحفوري في المستقبل.

5-المراجع العلمية:

- [1] MAT ARON, Nurul Syahirah, et al. Sustainability of the four generations of biofuels–A review. *International Journal of Energy Research*, 2020, 44.12: 9266–9282.
- [2] وزارة الزراعة السورية
- [3] B. Amigun, R. Sigamoney, and H. von Blottnitz, “Commercialisation of biofuel industry in Africa: a review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 12, no. 3, pp. 690–711, 2008.
- [4] A. Demirbas, “Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections,” *Energy Conversion and Management*, vol. 49, no. 8, pp. 2106–2116, 2008
- [5] M. Balat and H. Balat, “Recent trends in global production and utilization of bio–ethanol fuel,” *Applied Energy*, vol. 86, no. 11, pp. 2273–2282, 2009.
- [6] O’SULLIVAN, Antoinette C. Cellulose: the structure slowly unravels. *Cellulose*, 1997, 4.3: 173–207.
- [7] RALPH, John; LAPIERRE, Catherine; BOERJAN, Wout. Lignin structure and its engineering. *Current opinion in biotechnology*, 2019, 56: 240–249.
- [8] BUCKEL, Wolfgang; BARKER, H. A. Two pathways of glutamate fermentation by anaerobic bacteria. *Journal of bacteriology*, 1974, 117.3: 1248–1260.
- [9] LI, Guangzhong; BAI, Peng. New operation strategy for separation of ethanol–water by extractive distillation. *Industrial & engineering chemistry research*, 2012, 51.6: 2723–2729
- [10] IBRAHIM, Hassan Al–Haj. Pretreatment of straw for bioethanol production. *Energy Procedia*, 2012, 14: 542–551.
- [11] PÉREZ, J. A., et al. Optimizing liquid hot water pretreatment conditions to enhance sugar recovery from wheat straw for fuel–ethanol production. *Fuel*, 2008, 87.17–18: 3640–3647.