

دراسة تأثير نسب خلط تفل الزيتون مع مخلفات الشوندر السكري في إنتاج الغاز الحيوي بعملية التخمر اللاهوائي

د. م. موسى المحمد *

د. م. كامل يوسف **

م. حيان حليم صقر ***

(تاريخ الإيداع 3/ 12/ 2020 . قَبْلُ للنشر في 9/ 5/ 2021)

□ ملخص □

تعد معالجة المخلفات الزراعية الثانوية الناتجة عن صناعة عصر الزيتون ومعامل السكر، باستخدام الهضم اللاهوائي خياراً مناسباً لتخفيف عبء التلوث البيئي من جهة ولتوليد الغاز الحيوي كطاقة متجددة ونظيفة. هدف البحث إلى تقييم أداء الهضم اللاهوائي لخليط مكون من ثلاث نسب مختلفة (75,50,25)% مادة جافة من (تفل الزيتون وتفل الشوندر السكري) على إنتاج الغاز الحيوي ، أجريت التجارب في هاضم لاهوائي تجريبي من النوع الهندي سعة 200 لتر ومعزول حرارياً باستخدام إسفنجة حراري. تراوحت مدة البقاء في المخمر بين 50 و 56 يوم ، تراوحت كمية الغاز الحيوي الناتج بين 7.4 و 11.5 كغ. تراوح تركيز غاز الميثان بين (48 ، 53)% أما النسبة المتبقية كانت CO₂ عند نسبة 75% من تفل الشوندر ازدادت كمية الغاز الحيوي الناتج بنسبة 58% ، لكن انخفضت نسبة غاز الميثان بنسبة 5%. أثبتت الدراسة أن المخلفات الناتجة عن معاصر الزيتون ومعامل السكر، مناسبة جداً للهضم اللاهوائي وإنتاج غاز الميثان. **كلمات مفتاحية:** الغاز الحيوي ، الميثان ، الهضم اللاهوائي ، تفل الزيتون ، تفل الشوندر السكري.

* أستاذ في قسم المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

** دكتور في قسم المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

*** طالب دراسات عليا-ماجستير هندسة الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة - قسم المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

Study of the effect of mixing ratios of olive pomace with sugar beet waste on biogas production by anaerobic fermentation process

(Received 3/ 12/ 2020. Accepted 9/ 5 / 2021)

□ ABSTRACT □

The treatment of secondary agricultural wastes resulting from the olive press industry and sugar factories, using anaerobic digestion, is a suitable option to reduce the burden of environmental pollution on the one hand, and to generate biogas as clean, renewable energy. The aim of the research is to evaluate the performance of anaerobic digestion of a mixture of three different proportions (25,50, 75%) dry matter (olive pomace and sugar beet pomace) on the production of biogas. The experiments were conducted in an experimental anaerobic digester of the Indian type with a capacity of 200 liters and thermally isolated Using a thermal sponge. The duration of stay in the fermenter ranged between 50 and 56 days, the amount of biogas produced ranged between 7.4 and 11.5 kg, The methane concentration ranged between (48 and 53)%, while the remaining percentage was in the majority CO₂. At 75% of beet dregs, the amount of biogas produced increased by 58%, but methane decreased by 5%. The study proved that the wastes from olive presses and sugar factories are very suitable for anaerobic digestion and the production of methane gas.

Key words: Biogas, methane, anaerobic digestion, olive pomace, sugar beet waste.

المقدمة:

تلعب الطاقات المتجددة دوراً متصاعداً في إنتاج الطاقة والتخفيف من التلوث الناتج عن مصادر الطاقة التقليدية، وتعد الكتلة الحيوية مصدراً من مصادر الطاقة المتجددة التي ينتج عنها الغاز الحيوي [1] الغاز الحيوي هو عبارة عن الغاز الناتج عن التحلل الحيوي لمادة عضوية عند انعدام الأكسجين. ينشأ الغاز الحيوي من مادة عضوية وهو نوع من الوقود الحيوي ويُنتج عن طريق الهضم اللاهوائي أو التخمر لمواد قابلة للتحلل الحيوي مثل الكتل الحيوية، السماد، مياه المجاري، النفايات الصلبة، النفايات الخضراء، النباتات ومحاصيل الطاقة. يتألف هذا النوع من الغاز الحيوي في المقام الأول من الميثان وثاني أكسيد الكربون.

يستخدم في إنتاج الغاز الحيوي المخلفات (النباتية، الحيوانية، الأدمية، الزراعية) ومياه الصرف الصحي ومحاصيل الطاقة. يتكون الغاز الحيوي بشكل رئيس من غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى مثل H_2S بكميات قليلة حيث تختلف نسب الغازات الناتجة باختلاف نسب ونوعية المواد المتخمرة وتتم عملية إنتاج الغاز الحيوي بسلسلة من التفاعلات المعقدة والمتتالية وفق أربعة مراحل للتخمير وهي (الحلمهة، إنتاج الأحماض، إنتاج الخلات، إنتاج الميثان).

إن إنتاج الميثان من خلال المعالجة اللاهوائية للمخلفات الزراعية والحيوانية، سيعود بالفائدة على المجتمع باعتباره أحد مصادر الطاقات النظيفة التي تسهم في الحد من مشكلة الاحتباس الحراري والمطر الحامضي [2] تعد المخلفات الثانوية الناتجة عن معاصر الزيتون ومعامل السكر ثروة يجب الإسفاد منها، إذ أن سورية بلد زراعي ينتج أنواعاً مختلفة من المحاصيل الزراعية، فهي تحتل المركز الخامس عالمياً في عدد أشجار الزيتون، حيث وصل إنتاجها عام 2011 إلى 200000 طن من الزيت وتنتج عنها كمية مخلفات وصلت إلى 559000 طن سنوياً [3] أظهرت الدراسة [4] التي قام بها الباحثان محمد العيدوس ومحمد الناييف إمكانية إنتاج الغاز الحيوي من أوراق الزيتون و تفل الزيتون حيث جرت عملية التخمير في وحدات هضم سعة 500 مل وبدرجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة 30 يوم، استطاع الباحثان خلال مدة التجربة الحصول على أقصى إنتاج للميثان من تفل الزيتون وأوراق الزيتون. أظهرت الدراسة [5] التي قام بها الباحثان Daniel Einfalt and Marian Kazda تأثير الكربوهيدرات الموجودة في الشوندر على عملية التحلل في الهاضم الحيوي حيث وجد الباحثان أنه يمكن الاستفادة منها كبادئات من أجل زيادة سرعة إنتاج الحموض الضعيفة (الخل-الفورميك) وبالتالي تسريع إنتاج بكتريا الميثان وإنتاج الغاز الحيوي من المخلفات النباتية.

قام الباحثان بإجراء عملية التخمير اللاهوائي لمخلفات الأعشاب G بشكل منفرد ثم قاما بعملية خلط لمخلفات الأعشاب G مع مخلفات الشوندر السكري S بنسبتي مزج 6/1 و 3/1 G/S وتوصلا للنتائج التالية: عند نسبة المزج 6/1 G/S تم الحصول على زيادة في الغاز الحيوي بنسبة 44%. عند نسبة المزج 3/1 G/S تم الحصول على زيادة في الغاز الحيوي بنسبة 62%.

في الدراسة [6] قام الباحثان Irina Miroshnichenko, Jonas Lindner بدراسة عملية تفكك الألياف والبروتين عن طريق معالجة مخلفات الذرة والشوندر السكري بغية إنتاج الغاز الحيوي بالإضافة لدراسة تأثير درجة الحموضة pH في بكتريا الميثان. و تم استخدام 4 وحدات هضم بحجم عمل 28 لتر لمدة 44 يوم، وتوصل الباحثان إلى أن عملية تفكك الألياف والبروتين في مخلفات الذرة أفضل من لب الشوندر السكري وإنتاج الغاز الحيوي منه كان أقل، بسبب انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني pH والذي أدى إلى تثبيط صناعات الميثان، حيث وصلت قيمة

ph عند تخمير لب الشوندر السكري إلى 6.7 في اليوم 32 بينما كانت أدنى قيمة ل ph عند تخمير مخلفات الذرة 7.4.

في الدراسة [7] قام الباحث Yahiya ulysoy بإجراء عملية التخمير اللاهوائي لنقل الزيتون ومياه الصرف الصحي و أنواع مختلفة من السماد بدرجة حرارة 37 مئوية وتم خلط المحتويات بثلاثة أجهزة تخمير زجاجية بحجم 3 ليتر وفق النسب التالية:

المادة المتخمرة	خليط 1	خليط 2	خليط 3
نقل الزيتون (غ)	150	150	150
مياه الصرف (مل)	200	200	200
سماد أبقار (غ)	300	0	0
سماد طيور (غ)	0	150	0
سماد خراف (غ)	0	0	150
ماء صنوبر (مل)	2000	2000	2000
الغاز الحيوي الناتج (مل)	12000	6500	4100

أظهرت الدراسة [8] تأثير المعالجة البيو كيميائية على إنتاج الغاز الحيوي من ماء الجفت الناتج عن معاصر الزيتون و حمأة الصرف الصحي، حيث كانت النسبة المثالية للتخمير 70% ماء الجفت و 30% حمأة الصرف الصحي عند درجة حرارة 30 مئوية ونسبة حموضة معتدلة 7.1 . عند مزج 4 لترات من ماء الجفت مع 1200غ من حمأة الصرف الصحي تم الحصول على 5746 مل من غاز الميثان. بلغ إنتاج الشوندر السكري في سورية، عام 2011 (1.8) مليون طن لتحلل سورية المرتبة الثالثة عربياً في إنتاجه بعد مصر والمغرب [9] أظهرت الدراسة [10] أن نعومة الفضلات المستخدمة ، ودرجة حرارة الموافقة لعملية التخمير تؤثر على سرعة التحلل.

مشكلة وأهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في الاستفادة من المخلفات الثانوية الناتجة من صناعة الشوندر السكري (نقل الشوندر) وصناعة عصر الزيتون (نقل الزيتون) لإنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي، لتغطية جزء هام من حاجة القطر للطاقة بالاستفادة من تلك المخلفات المهملة، دون أن يشكل خطراً على الأمن الغذائي، بالإضافة للتقليل من كمية الغازات السامة المنبعثة للجو وأضرارها على البيئة والإنسان، عن طريق طاقة الكتلة الحيوية الصديقة للبيئة.

أهداف البحث:

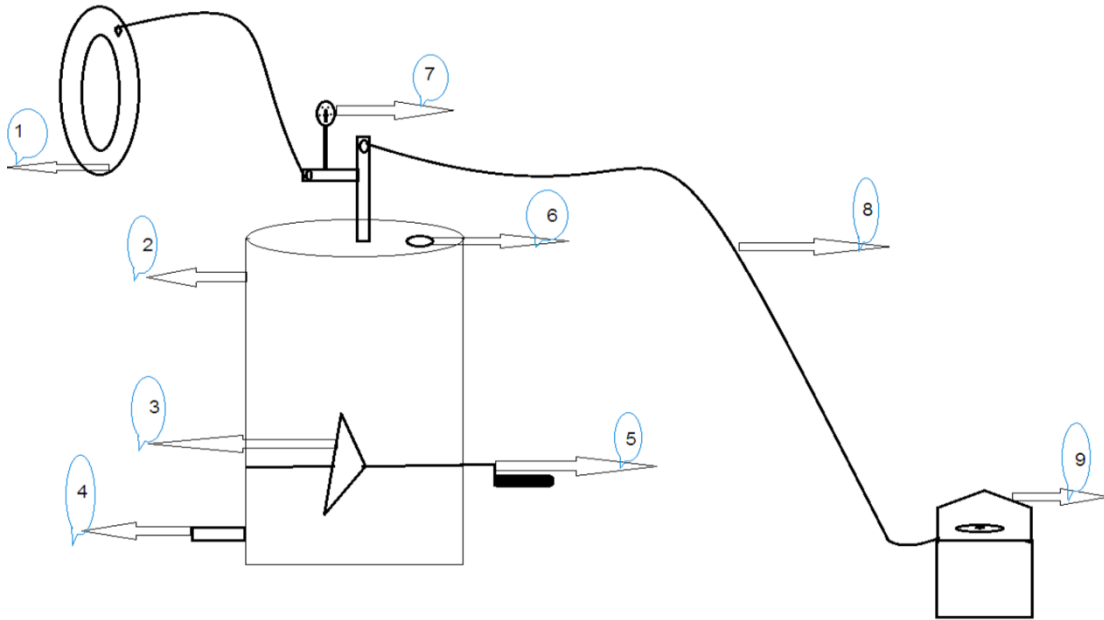
- 1- دراسة إمكانية إنتاج الغاز الحيوي من نقل الزيتون ونقل الشوندر السكري.
- 2- دراسة تأثير نسب المزج بين المخلفات المدروسة على إنتاج الغاز الحيوي وتحديد النسبة التي تعطي كمية أكبر من الغاز الحيوي ونسبة أعلى من الميثان.

مواد البحث وطرائقه:

وصف المخمر المستخدم في الدراسة:

تم تطبيق نموذج تجريبي لمخمر من النوع الهندي ويعد هذا النوع من المخمرات الأكثر انتشاراً في الهند كما ينتشر استخدامه في معظم أنحاء العالم نظراً لسهولة إنشائه وتشغيله. وهذا النوع من المخمرات عبارة عن منشأ أسطواني معدني، تتم تغذيته بمزيج التخمر بواسطة فتحة علوية، وتخرج نواتج التخمر بواسطة ماسورة خروج المخمر المستخدم عبارة عن جسم أسطواني من الصاج بارتفاع 1.5 متر وعرض 0.5 متر، معزول حرارياً باستخدام إسفنج حراري يتكون من الأجزاء التالية (الشكل 1):

- 1- إطار مطاطي لجمع الغاز-2 جسم المخمر-3 شفرة تحريك المزيج-4 فتحة خروج نواتج التخمر-5 خلاط يدوي لتحريك المزيج-6 فتحة دخول الخليط-7 ساعة ضغط-8 أنبوب جريان الغاز-9 موقد.



شكل (1) مخطط توضيحي للمخمر المستخدم في الدراسة

خطوات تصميم المخمر المستخدم في الدراسة:

- 1- تم إنشاء جسم المخمر الأسطواني في ورشة حدادة بمدينة بانياس باستخدام صاج بسماكة 0.5 ميلي متر وبلغ ارتفاع المخمر 1.5 متر وقطره 0.5 متر.
- 2- تم إحداث فتحة دائرية بقطر 7 سم في الجزء العلوي من المخمر لإدخال المواد المستخدمة بعملية التخمر ومن ثم إغلاقها باستخدام سدادة معدنية.
- 3- تم ثقوب الجزء العلوي من المخمر وإدخال أنبوب معدني بقطر 0.5 إنش وارتفاع 30 سم ولحامه على الجسم ، هذا الأنبوب يتفرع لفرعين: الأول مركب عليه أنبوب مطاطي طوله 4 متر يتصل بموقد أرضي ، والثاني

- مركب عليه ساعة لقياس الضغط وموصول بأنبوب مطاطي طوله 3 متر وينتهي ببالون من المطاط لجمع الغاز، تم تركيب صنوبر على كل أنبوب للتحكم بكمية الغاز.
- 4- تم ثقب الجزء السفلي من المخمر وتركيب أنبوب معدني بقطر 2 إنش ولحامه على جسم المخمر ووصله بصنوبر، من أجل إخراج الفضلات الناتجة عن عملية التخمر.
- 5- تم إحداث ثقب بقطر 2 إنش في منتصف المخمر وإدخال أنبوب معدني مركب عليه X موتور يعمل كشفرات من أجل إجراء عملية خلط يدوي للمزيج وتحسين عملية التخمر.
- 6- تم عزل المخمر حرارياً باستخدام عازل حراري من الإسفنج.



شكل (2) المخمر المستخدم في الدراسة

جمع العينات وتنفيذ التجربة:

تم الحصول على عينات من نفل الزيتون من معصرة تعنيا العاملة بطريقة الضغط بعد إتمام عملية العصر واستخلاص الزيت في شهر أيلول ، بعدها تم مزج نفل الزيتون بالماء وتحريكه لتسهيل عملية التفكك وتكوين الغاز. كما تم الحصول على عينات من الشوندر السكري من السوق وتم تقطيعها وغليها وتجفيفها بشكل يدوي من أجل إستخلاص السكر ، وذلك لصعوبة الحصول على عينات من نفل الشوندر بسبب توقف معمل سكر سلحب عن العمل.

تم تنفيذ ثلاثة تجارب تخمير بنسب خلط مختلفة، في التجربة الأولى تم تخمير 7.5 كغ مادة جافة من نفل الشوندر و 22.5 كغ من نفل الزيتون بمجموع خليط 30 كغ مادة جافة، حيث بلغت نسبة نفل الشوندر 25%. في التجربة الثانية تم تخمير 15 كغ من نفل الشوندر و 15 كغ من نفل الزيتون بمجموع خليط 30 كغ مادة جافة، حيث بلغت نسبة نفل الشوندر 50%. في التجربة الثالثة تم تخمير 22.5 كغ من نفل الشوندر و 7.5 كغ من نفل الزيتون بمجموع خليط 30 كغ مادة جافة، حيث بلغت نسبة نفل الشوندر 75%.

تم وزن الغاز الناتج والمتجمع في الإطار المطاطي بشكل يومي باستخدام ميزان إلكتروني، و جمع عينات من الغاز الناتج باستخدام أوعية مطاطية خاصة لجمع الغاز تم الحصول عليها من المخبر المركزي في شركة مصفاة بانياس، وذلك بشكل يومي (شكل 2):



شكل (2) جمع الغاز

حللت عينات الغاز الحيوي الناتج في المخبر المركزي لشركة مصفاة بانياس باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC وهو جهاز مختص بتحليل العينات الغازية الهيدروكربونية عن طريق تبخيرها. نوع الكاشف المستخدم FID. كما يوضح (الشكل 3):

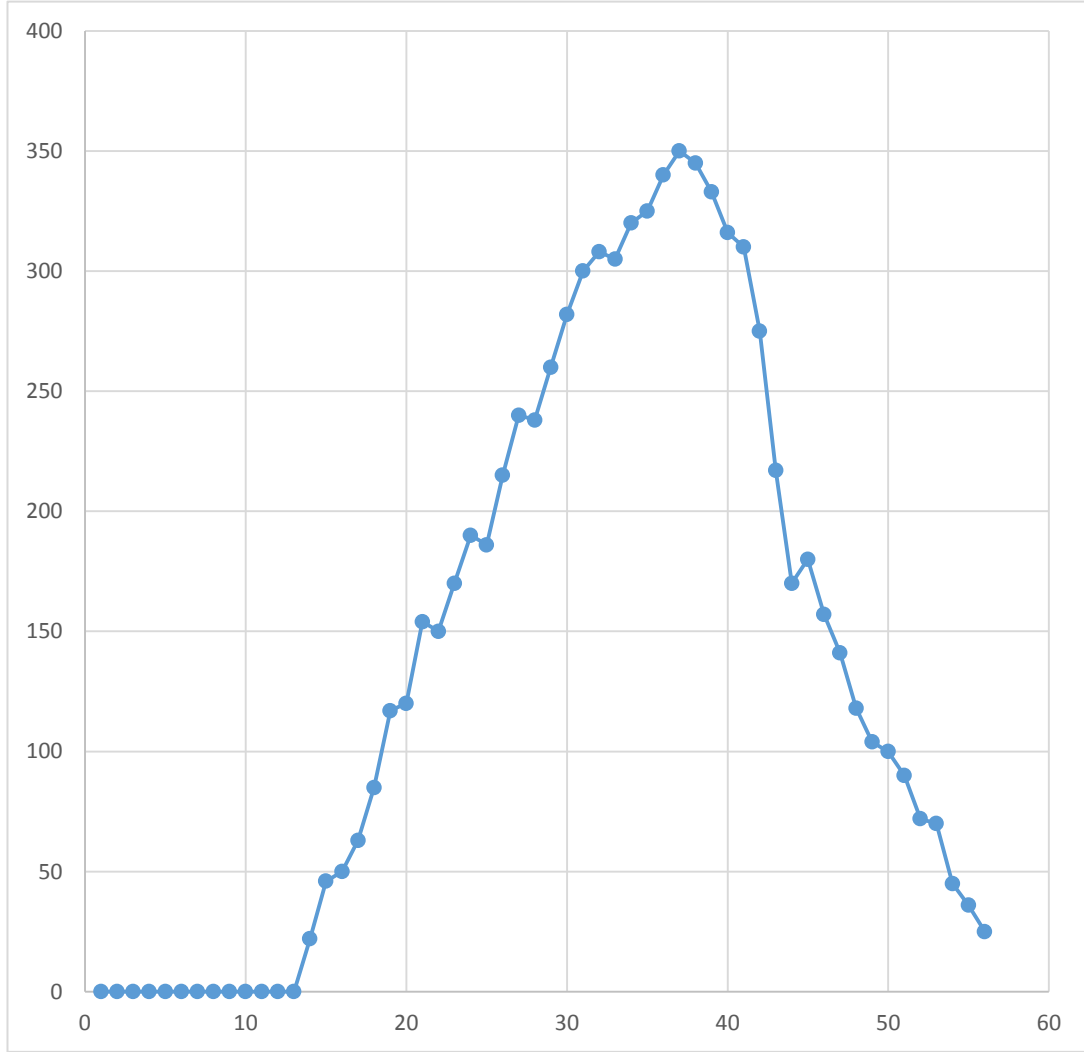


شكل (3) جهاز غروموتوغرافيا GC

النتائج والمناقشة:

بينت النتائج أن المخلفات المتخمرة في التجربة الأولى بدأت بإنتاج الغاز الحيوي في اليوم (14) من بداية عملية التخمير، وأعطت كمية من الغاز الحيوي بلغت (7.4) كغ حيث كانت ذروة الإنتاج في اليوم (37) من عملية التخمير التي استمرت (56) يوماً، كما هو موضح في (الشكل 4):

كمية الغاز الحيوي الناتج (غ)

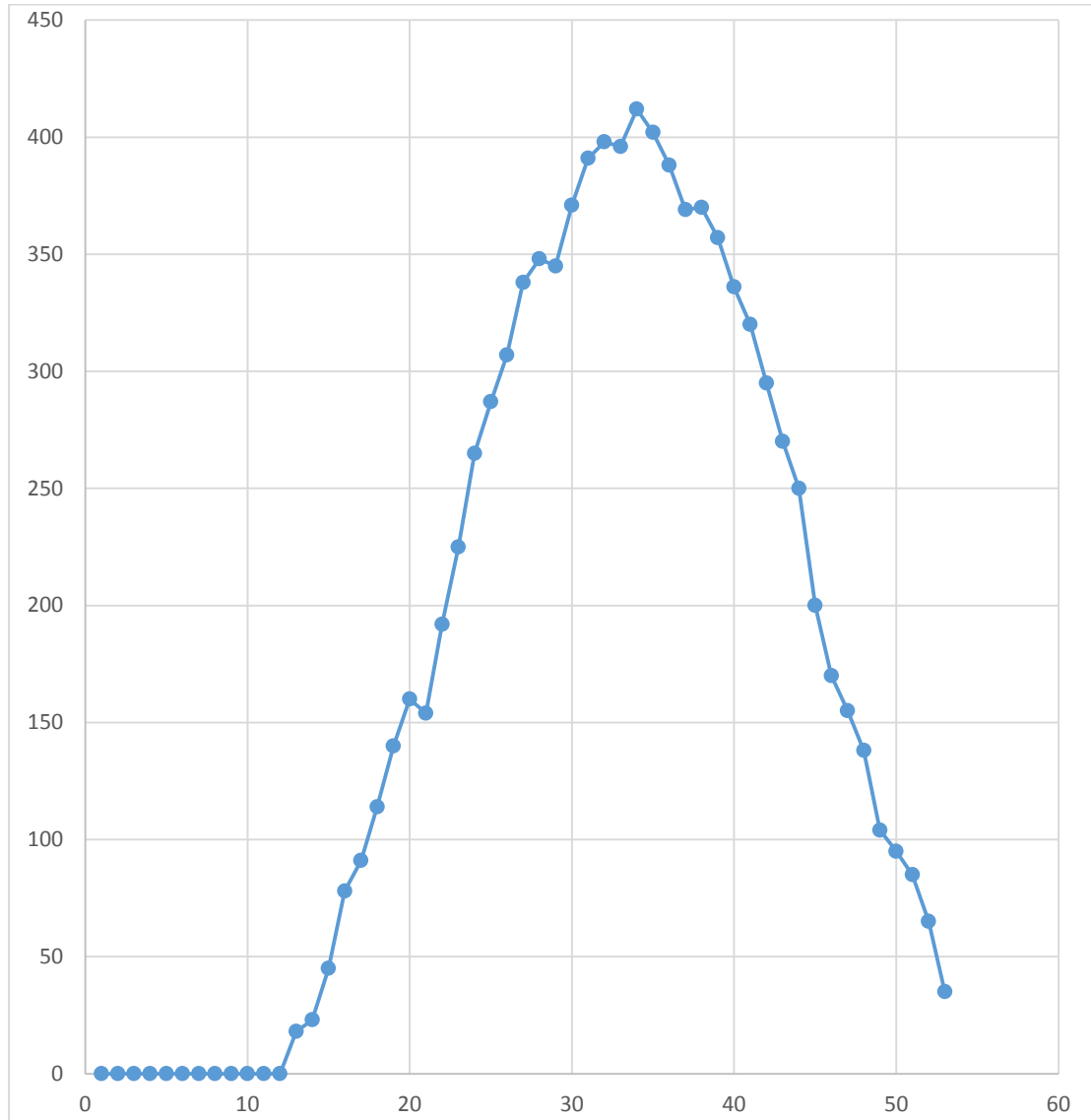


يوم

شكل (4) كمية الغاز الناتج خلال التجربة الأولى

تم تحليل عينة من الغاز الناتج في مخبر شركة مصفاة بانياس، باستخدام جهاز غروموتوغرافيا GC لتبيان نسبة غاز الميثان في الخليط، حيث بلغت نسبة غاز الميثان في العينة 53% والباقي CO₂. بينت النتائج أن المخلفات المتخمرة في التجربة الثانية بدأت بإنتاج الغاز الحيوي في اليوم (13) من بداية عملية التخمير، وأعطت كمية من الغاز الحيوي بلغت (9.5) كغ حيث كانت ذروة الإنتاج في اليوم (34) من عملية التخمير التي استمرت (53) يوماً، كما هو موضح في (الشكل 5):

كمية الغاز الحيوي الناتج (غ)

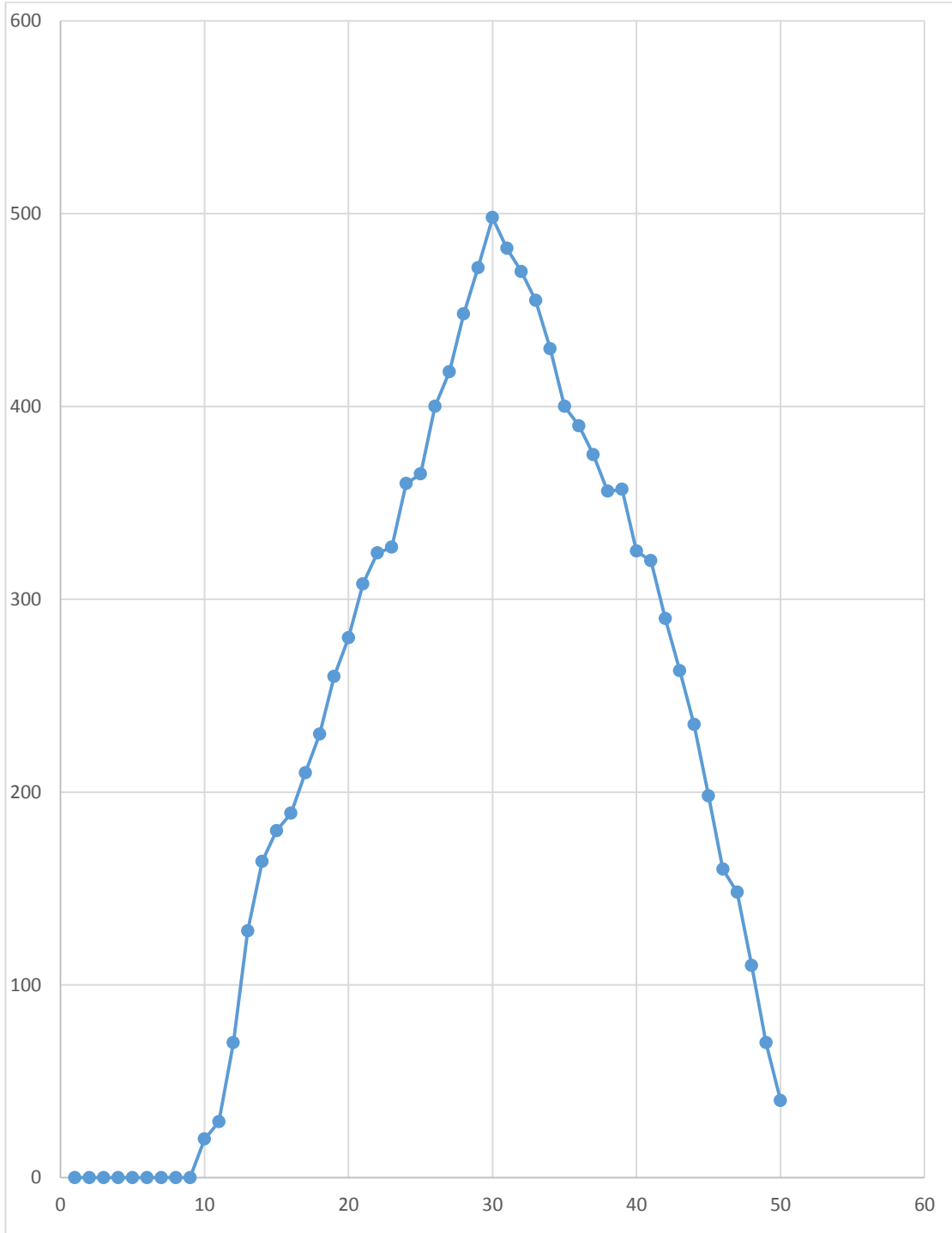


يوم

شكل (5) كمية الغاز الناتج خلال التجربة الثانية

تم تحليل عينة من الغاز الناتج في مخبر شركة مصفاة بانياس، باستخدام جهاز غروموتوغرافيا GC لتبيان نسبة غاز الميثان في الخليط، حيث بلغت نسبة غاز الميثان في العينة 50% والباقي CO₂. بينت النتائج أن المخلفات المتخمرة في التجربة الثالثة بدأت بإنتاج الغاز الحيوي في اليوم (10) من بداية عملية التخمير، وأعطت كمية من الغاز الحيوي بلغت (11.5) كغ حيث كانت ذروة الإنتاج في اليوم (30) من عملية التخمير التي استمرت (50) يوماً، كما هو موضح في (الشكل 6):

كمية الغاز الحيوي الناتج (غ)

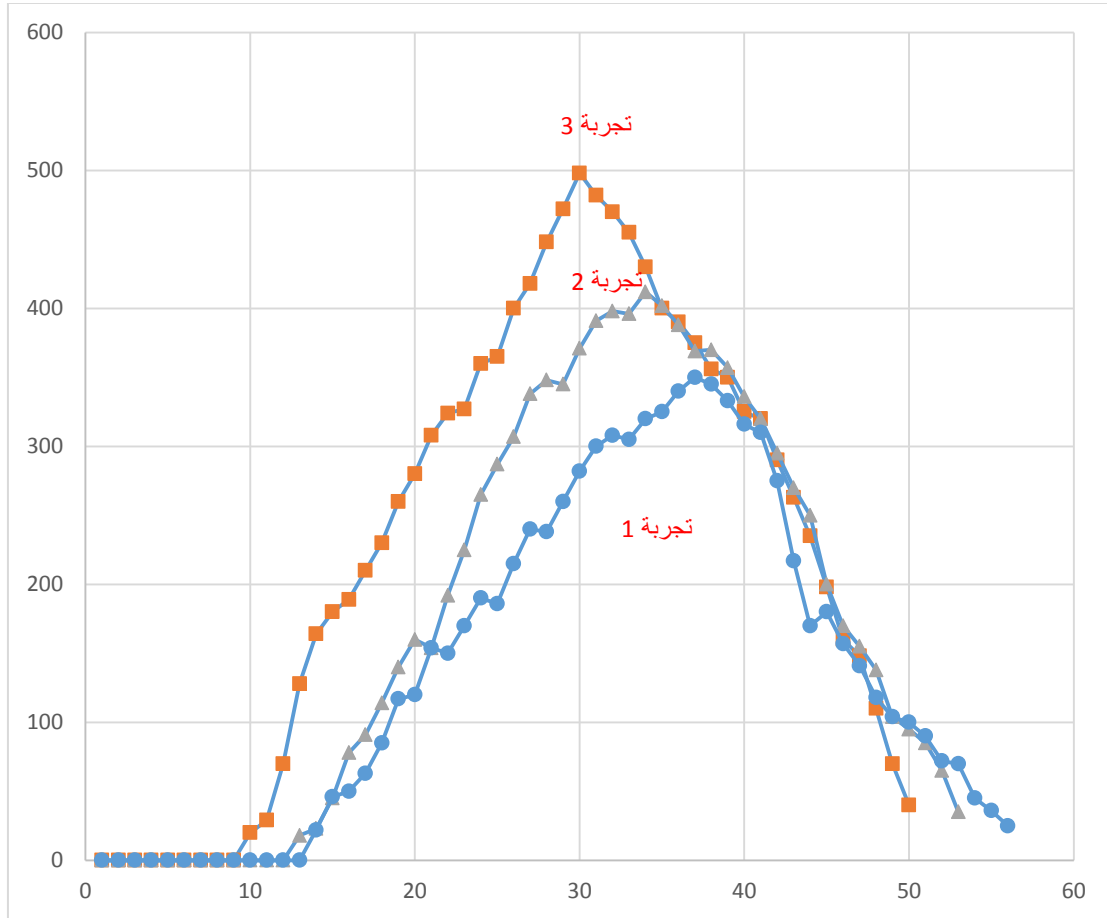


يوم

شكل (6) كمية الغاز الناتج خلال التجربة الثالثة

تم تحليل عينة من الغاز الناتج في مخبر شركة مصفاة بانياس، باستخدام جهاز غروموتوغرافيا GC لتبيان نسبة غاز الميثان في الخليط، حيث بلغت نسبة غاز الميثان في العينة 48% والباقي CO₂. مقارنة كمية إنتاج الغاز للتجارب الثلاثة كما هو موضح في الشكل (7):

كمية الغاز الحيوي الناتج (غ)



يوم

شكل (7) مقارنة كميات الغاز الناتجة في التجارب الثلاثة

نلاحظ من الشكل السابق أن إنتاج الغاز الحيوي يبدأ بين اليوم العاشر والثالث عشر للتخمير حسب نسبة تفل الزيتون في المزيج. أعلى كمية غاز يومي كانت في التجربة الثالثة وبلغت 498 غ حيث ازدادت كمية الغاز الحيوي الناتج بزيادة تفل الشوندر وانخفض الزمن اللازم لتخمير.

في دراسة بحثية سابقة قام الباحثان العفيف كروفورشكو بدراسة تأثير التخمير المشترك لمخلفات الشوندر السكري مع مخلفات المواشي ونباتات الطاقة على إنتاج غاز الميثان وتبين أن إضافة تفل الشوندر إلى الخليط السابق لم تحقق لنتائج إيجابية في المقدرة على إنتاج غاز الميثان وتراوح نسبة غاز الميثان بين (48-57)% [11] وهذا ما يتشابه مع نتائج هذا البحث.

الاستنتاجات :

- 1- تعد المخلفات الناتجة عن عصر الزيتون (نقل الزيتون) والمخلفات الناتجة عن معامل السكر (نقل الشوندر السكري) مواد مناسبة لإنتاج الغاز الحيوي.
- 2- ازدياد نسبة نقل الشوندر بالخليط من 25% إلى 75% أدى لزيادة ملحوظة بكمية الغاز الحيوي الناتج بلغت 58%، ولكنها سببت انخفاض في نسبة غاز الميثان في المزيج بلغت 5%.
- 3- انخفاض فترة البقاء في المخمر بازدياد نسبة نقل الشوندر، أي أن نقل الزيتون يحتاج لوقت أكبر كي يتفكك ويبدأ بإنتاج الغاز.

التوصيات:

- 1- إجراء معالجات كيميائية لنقل الزيتون قبل البدء بعملية التخمير من أجل تحسين الإنتاج وتقليل المدة اللازمة للتخمير.
- 2- دراسة التغيرات التي تطرأ على كمية الغاز الحيوي الناتج، أو على نسبة غاز الميثان عند درجات حرارة و نسب حموضة مختلفة.
- 3 دراسة كفاءة السماد العضوي الناتج عن عملية الهضم اللاهوائي في الزراعة، واستخدامه كبديل للأسمدة الصناعية.
- 4- إجراء المزيد من الأبحاث والدراسات حول إنتاج الغاز الحيوي من مواد أولية أخرى مثل المخلفات العضوية الناتجة عن صناعة العصائر أو الصناعات الغذائية المختلفة.

المراجع:

- 1- European Commission;(2006). Biomass, G, *Green Energy for Europe Directorate .General For Research, Information and Communication Unit Brussels*
- 2- Chynoweth, D. P. (2004). *Bio methane from energy crops and organic Wastes*
- 3-IOOC statistics for World Olive Oil Production, 2011.
- 4- Mohammad AL-Addous ,Mohammad Alnaief; (2017). *Technical possibilities of Biogas Production From Olive and Date Waste in Jordan.*
- 5- Daniel Einfalt and Marian Kazda; (2016). *Co-Digestion of Sugar Beet Silage Increases Biogas Yield from Fibrous Substrates.*
- 6- Irina Miroshnichenko, Jonas Lindner;(2016). *Anaerobic digestion of sugar beet pulp in Russia.*
- 7- Yahiya ulysoy;(2016). *Biogas Production From Olive Waste And Olive Pomace In Marmara Region.*
- 8- ناصر ، أميمة (2008) *المعالجة البيوكيميائية للمياه الناتجة عن معاصر الزيتون لإنتاج الغاز الحيوي*، كلية العلوم، جامعة تشرين، سوريا.
- 9- ملحم، خنساء (2015) *الجدوى الاقتصادية لزراعة محصول الشوندر السكري وتصنيعه في القطر العربي السوري*، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد(31)، العدد4.
- 10- خضور، علي ؛ ربيع، سامر(2018) *تصميم هاضم حيوي لإنتاج غاز حيوي منزلي منخفض التكلفة*، المجلد(2) العدد 2.
- 11- العفيف ، رأفت ؛ فيتالي، كروفورشكور(2009) *الهضم اللاهوائي لمخلفات صناعة السكر - تأثير التخمر المشترك لنباتات الطاقة مع مخلفات المواشي في إنتاجية الميثان.*