

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج

د. محمود مريعي¹ أ.د. محمود عودة² سومر الشعبان³

ملخص

هَدَفَ البحث إلى دراسة تأثير تصميم الهاضم الحيوي والخلطة المستخدمة في كمية الغاز الناتجة، تم تجهيز 12 هاضم حيوي Biodigester سعة 200 لتر، ستة منها وفق النموذج الصيني D1 والستة الباقية وفق النموذج الهندي D2، وذلك لمقارنة كمية الغاز الناتجة عن كل منها، وتم وضع ثلاث خلطات في كل من الهاضم السابقة وهي (روث الأبقار M1، روث الأغنام M2، روث الأبقار والتبن 1:1 M3) وكانت التجربة عاملية من الدرجة الثانية وعدد المعاملات (2x3=6) ست معاملات وبمكررين وتُفذت التجربة مرتين في فصل الصيف عام 2018، و2019 ومرتين في فصل الشتاء عام 2019، و2020. لوحظ تفوق الهاضم ذو التصميم الهندي D2 معنوياً على الهاضم ذو التصميم الصيني D1 في إنتاج الغاز، وكذلك تفوقت الخلطة الأولى وهي روث الأبقار M1، على الخلطات الأخرى وهي روث الأغنام وروث الأبقار مع التبن. كذلك لوحظ انخفاض إنتاج الغاز بشكل كبير في فصل الشتاء، وذلك بسبب الانخفاض في درجات الحرارة الأمر الذي يؤدي لتقليل نشاط بكتيريا الميثان.

الكلمات المفتاحية: الغاز الحيوي - تصميم الهاضم - النموذج الصيني - النموذج الهندي - هاضم حيوي.

¹ أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة البعث.

² أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث.

³ طالب ماجستير في قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة البعث.

Effect of the Design of Biological Digester and the Type of Mixture Used on the Amount of Produced Biogas

Mahmoud Mreay⁴ Mahmoud Oudeh⁵ Somar Al Shaaban⁶

Abstract

The research aimed to study the effect of the design of the biodigester and the mixture used on the amount of produced gas, 12 Bio-digesters with a capacity of 200 liters were implemented, six on the Chinese model D1 and six on the Indian model D2, in order to compare the amount of produced gas by each of them, and three mixtures were placed in each of the previous digesters, namely (cow manure M1, sheep manure M2, cow manure and straw 1:1 M3) The experiment was a factorial of the second degree and the number of treatments 6 and with 2 replications. The experiment was carried out twice in the summer in 2018, 2019 and twice in the winter in 2019, and 2020. It was noticed that the digester of the Indian design D2 was significantly superior to the digester of the Chinese design D1 in the production of gas, and the first mixture, which is cow manure M1, outperformed the other mixtures, which are sheep manure and cow manure with straw. It was also observed that gas production decreased significantly in the winter due to low temperatures, which causes a decrease in the activity of methane bacteria.

Key words: Biogas, Design of Digester, Chinese model, Indian model, Biodigester.

⁴ Assistant Pro. in department of rural engineering, Faculty of Agriculture, AL Baath University.

⁵ Pro. in department of soil and lands reclamation, Faculty of Agriculture, AL Baath University.

⁶ Master's Student, department of rural engineering, faculty of Agriculture, Al-Baath University.

المقدّمة Introduction:

لا يمكن الحصول على الغذاء والمتطلبات المعيشية الضرورية في حال غياب الطاقة وتعد الجمهورية العربية السورية دولة نامية وهي في احتياج متزايد للطاقة لتحقيق التنمية المستدامة في جميع المجالات سواء الزراعية أم الصناعية أم غيرها، ومن أجل استدامة برامج التنمية خصوصاً الزراعية منها، لا بد من البحث عن بدائل للطاقة تكون متجددة ولا تضرّ بالبيئة بل تحافظ عليها (14).

من الملاحظ الازدياد الكبير في الطلب على الطاقة وذلك لما للطاقة من أثر واضح في زيادة معدلات النمو الاقتصادي ولما لها من أهمية في رفاهية المجتمعات، وبات من المؤكد أنه لا يمكن تحقيق أيّ تطور في أي من القطاعات الإنتاجية أو الخدمية أو الاجتماعية ما لم يتمّ توفير متطلبات تلك القطاعات من الطاقة (13).

تتميز مصادر الطاقة المتجددة عن سواها من الطاقات الأحفورية (الطاقات غير المتجددة) بتوافرها بكميات متزايدة وديمومة الاستفادة منها ونقاءها من حيث أثرها على البيئة وسهولة الحصول عليها (13)؛ لذلك هدفت المملكة المتحدة أن يكون الاستهلاك النهائي للطاقة بنسبة 15% للطاقات المتجددة في عام 2020 (9) وقد حققت ثلاثة أضعاف تلك النسبة.

تعد طاقة الكتلة الحيوية إحدى أنواع الطاقات المتجددة الأساسية، حيث يتم إنتاجها من الخشب وبقايا الخشب الناتج من الصناعات الخشبية، كما يمكن الحصول عليها أيضاً من محاصيل زراعية متعدّدة (محاصيل الطاقة) والبقايا الزراعية، والروث الحيواني، ومياه الصرف الصحي، والمواد العضوية من نفايات البلدية الصلبة والسائلة (3).

تنامت بشكل كبير أهمية الطاقة الحيوية كأحد أشكال الطاقات المتجددة باستمرار، فهذه ألمانيا الاتحادية، بوصفها أحد أهم البلدان الصناعية في العالم وأكبرها، وبالتعاون

الفعال بين أصحاب القرار السياسي ووزارة البيئة وأصحاب القرار الاقتصادي والمجتمع المدني، تسعى إلى تغطية احتياجاتها من الطاقة عن طريق الطاقة المتجددة (طاقة الرياح، الطاقة الشمسية، الطاقة الجيو حرارية، إلخ)، بما فيها الطاقة الحيوية (16).

توفر الطاقة الحيوية ما يعادل خمسة أضعاف الطاقة اللازمة لاستهلاك العالم على الرغم من أنها تمثل جزءاً بسيطاً حوالي 0.02 % من الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض (15)؛ واستخدم في عام 2004 حوالي 1.53×10^{13} [ميغا واط] من الكتلة الحيوية لأغراض الطاقة؛ والطهو والتدفئة في البلدان النامية ويتم تشغيل عدد متزايد من محطات طاقة الكتلة الحيوية الحديثة على نطاق واسع (9).

تعمل تقنيات الغاز الحيوي على تنقية البيئة والحد من الأمراض الناتجة عن التلوث، وكذلك الحد من تواجد الحشرات، خاصة الذباب والبعوض، وهذا يؤدي إلى تقليل الإصابة بالأمراض، ولا سيما عند الأطفال (14)، والوقود الحيوي يمكن إنتاجه في أي وقت وفي أي بقعة من الأرض بسبب توفر مواده الأولية بشكل دائم وهذا ما يميزه عن بقية أنواع الطاقات المتجددة (12).

وتعد المخلفات الحيوانية واحدة من المواد الرئيسية التي لم تستغل كمصدر للطاقة بصورة مثلى في الدول النامية، لغياب الدراسات العلمية والاقتصادية في كيفية استخدامها، وقد بذلت العديد من الدول النامية جهود كبيرة لاستغلال مخلفات المزرعة، خاصة في مجال تقانة الغاز الحيوي (11).

والطاقة المتجددة، سواء الطاقة الشمسية أم طاقة الرياح أم طاقة الكتل الحيوية أم الطاقة المائية أم طاقة المد والجزر والأمواج أم الطاقة الناتجة من باطن الأرض، ثبت نجاحها كمصادر بديلة للطاقة في العديد من الأبحاث تحت الظروف السورية (10)؛ (16)، إلا أن استخدامها على نطاق واسع وتجاري لم يلق نفس النجاح، ولا زال في مراحله الأولى، وذلك بسبب العديد من العوائق أهمها غياب المعرفة والوعي بأهمية

الطاقة المتجددة، وكيفية استخدامها كمصدر أساسي للطاقة، وليس بالضرورة أن يكون حجم المخمر كبيراً ليعطي الغاز فقد كشفت دراسة أمريكية بأن أجهزة الهضم الزراعيّة الصغيرة يمكن أن تنتج غاز الميثان في تراكيز مفيدة للطبخ، وتحسن نوعية مياه الصّرف الصحيّ الحيوانيّة (5).

مبررات وأهداف البحث Justifications and Objectives:

يرتبط تقدم الدول ونموها الاقتصادي بحاجتها المتزايدة للطاقة بكل أشكالها بشكل عام وللطاقة المتجددة بشكل خاص كونها تحافظ على البيئة ويمكن إدراجها ضمن برنامج تنمية مستدامة ومن أهمها تقنية الغاز الحيوي، ونظراً لمحدودية انتشار تقنية الغاز الحيويّ بسبب قلة الدراسات وضعف البرامج التوعوية للمزارعين بأهميتها كان لابد لنا من القيام بهذا البحث، وانطلاقاً مما سبق فإن هذا البحث يهدف إلى دراسة:

1) تأثير تصميم الهاضم الحيويّ في كمّية الغاز الناتجة.

2) تأثير نوعية الخلطة المستخدمة في كمّية الغاز الناتجة.

مواد وطرائق البحث Materials and Method:

تمّ تنفيذ البحث في مزرعة خاصّة في ناحية القبو في محافظة حمص، وتمّ تنفيذ تصميمين للهواضم الحيويّة: تصميم أول وفق النموذج الصّينيّ D1، والآخر وفق النموذج الهنديّ D2 بعدة تكرارات وتشغيلها في نفس الوقت لضبط تعرّضها لنفس الظروف الجوية خلال الأعوام 2018 و2019 و2020.

التصميم الأول D1:

تم هذا التصميم وفق النموذج الصّينيّ أي الهواضم ذات القبة الثابتة (Fixed Dome) وذلك من خلال برميل معدنيّ بسعة 200 [ليتر] مكون من أنبوب للإضافة بقطر 4 [بوصة] وأنبوب خروج للسّماد السائل الناتج وأنبوب خروج للغاز بقطر 0.5 [بوصة]

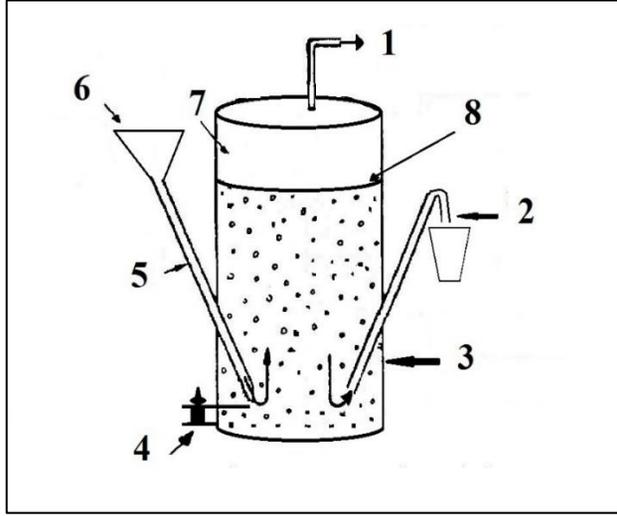
تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج

مزود بصمام محكم الإغلاق وفي الأسفل تم صنع فتحة بمقدار 4 [بوصة] للتنظيف وأخذ عينات لحظية لقراءة درجة الحرارة ودرجة الـ pH مزودة بصمام والأشكال [1] و [2] تبين صورة ومخطط توضيحي للمخمر الأول الطراز الصيني D1، وتم اختبار هذا المخمر على عدة أنواع من الإضافات:

M1: روث الأبقار؛ M2: روث الأغنام؛ M3: تبين القمح وروث الأبقار بنسبة 1:1 (2؛ 8). وتم تشغيلها مرتين في العام مرة في الصيف ومرة في الشتاء وتم تكرار كل قطعة تجريبية مرتين خلال مدة التجربة.



الشكل [1] صورة للمخمر الذي تم تصميمه من الطراز الصيني D1



الشكل [2] المخطط التوضيحي للمخمر الأول الطراز الصيني D1

1: أنبوب خروج الغاز، 2: أنبوب خروج السماد، 3: برمبل بسعة 200 لتر، 4: فتحة للتنظيف 5: أنبوب الإضافة، 6: فتحة إضافة المواد، 7: مكان تجمع الغاز الحيوي، 8: الحد الفاصل بين المواد غير المتخمرة والغاز الحيوي الناتج عن التخمّر.

التصميم الثاني D2:

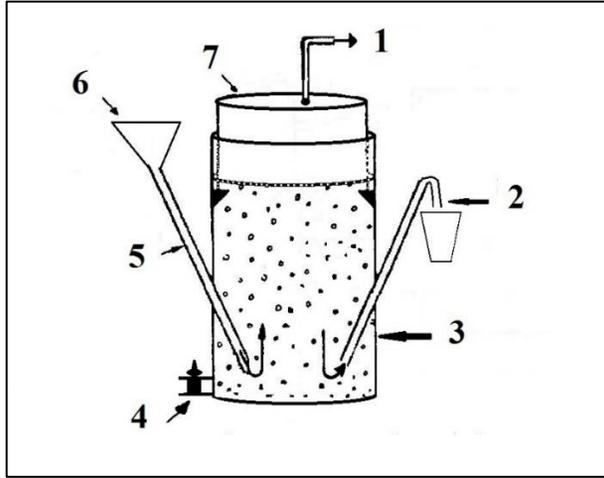
تم هذا التصميم وفق النموذج الهندي أي الهواضم ذات الخزّان الطافي Floating Gas (holder) وذلك من خلال برمبل معدني بسعة 200 [لتر] يستخدم كمخمر ويتم استخدام برمبل بلاستيكي بحجم أصغر منه بقليل يوظف كخزان للغاز، ويتكون هذا الهاضم كسابقه من أنبوب للإضافة بقطر 4 [بوصة] وأنبوب خروج للسماد السائل الناتج وأنبوب خروج للغاز بقطر 0.5 [بوصة] وفي الأسفل تم صنع فتحة بمقدار 4 [بوصة] للتنظيف وأخذ عينات لحظية لقراءة درجة الحرارة ودرجة الـ pH مزودة بصمام والأشكال [3] و[4] تبين صورة ومخطط توضيحي للمخمر الثاني الطراز الهندي D2، وتم اختبار هذا المخمر على عدّة أنواع من الإضافات كالنوع السابق:

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج

M1: روث الأبقار؛ M2: روث الأغنام؛ M3: تبن القمح وروث الأبقار بنسبة 1:1، (2؛ 8). وتم تشغيلها كالمسابق مرتين في العام مرة في الصيف ومرة في الشتاء وتم تكرار كل قطعة تجريبية مرتين خلال مدة التجربة.



الشكل [3] صورة للمخمر الذي تم تصميمه من الطراز الهندي D2



الشكل [4] مخطط توضيحي للمخمر الثاني الطراز الهندي D2

حيث: 1: أنبوب خروج الغاز، 2: أنبوب خروج السماد، 3: برمبل بسعة 200 [ليتر]، 4: فتحة للتنظيف، 5: أنبوب الإضافة، 6: فتحة إضافة المواد، 7: خزّان الغاز الحيوي الطافي.

وتم ضبط تركيز المادّة الصلّبة الكلّيّة في المحلول إلى نسبة 8% حسب (6) كالآتي:

$$Y = X \left[\frac{TS \text{ man}}{TS \text{ dig}} - 1 \right]$$

حيث:

X: كمّيّة المادّة الخام المضافة، [كغ].

Y: كمّيّة الماء المطلوبة للتמיד، [لتر].

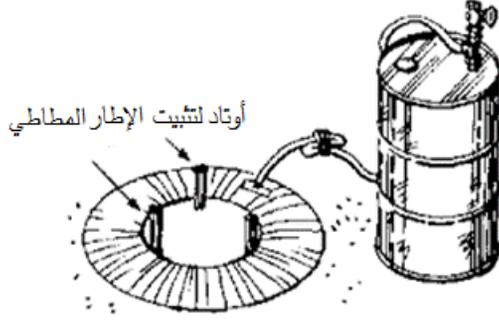
TS dig: نسبة المواد الصلّبة في المحلول المتخمّر، %.

TS man: نسبة المواد الصلّبة في المادّة الخام، %.

ويُلاحظ من المعادلة السابقة بأنه كلّما زادت نسبة المواد الصلّبة في المادّة الخام تزيد كمية الماء المطلوبة لتمديدّها، وذلك عند ثبات كمية المادّة الخام المضافة.

تمت الإضافات بشكل يوميّ لكلّ المخمّرات وينسب مضبوطة بدقة حسب نسبة المادّة الجافّة في عينات الرّوث والتّبن المختلفة وذلك وفق القانون السّابق ذكره، حيث تمّ إجراء تحليل الرّطوبة قبل إدخال المادّة في الهاضم وتمّ إضافة كمّيّة الماء المناسبة لها حتى تمّ تعادل جميع المخمّرات في كمّيّة المادّة الجافّة الدّاخلّة إلى المخمّر وتمّ تحريك العينة يدويّاً حتى تجانسها ومن ثمّ جرى إدخالها إلى الهاضم وبعد ذلك تمّ القيام بتعبئة الإطار المطاطيّ بالغاز الحيوي الناتج عن التخمّر اللاهوائي حتى امتلائه وتمّ وزنه قبل وبعد التعبئة بميزان حساسيته 0.01 [غ] فكان الفرق في الوزن هو وزن الغاز المعبأ بالإطار المطاطيّ وكُررت العمليّة عدّة مرات حتّى التأكّد من عدم انطلاق كمّيّات أخرى من الغاز لهذا اليوم وجُمعت أوزان الغاز من الإطارات لكل مخمّر فنتج لدينا الوزن التّاتج من الغاز لكل مخمّر.

تم حساب وزن الغاز عن طريق ملء عجلة مطاطية بالغاز الحيوي المنتج ثم وزنه والفرق بين وزن العجلة المطاطية قبل ملئها بالغاز وبعد ملئها به يعبر عن وزن الغاز الناتج (2) والشكل [5] يبين مخطط توضيحي للألية المتبعة في جمع الغاز.



الشكل رقم [5] مخطط توضيحي يبين الآلية المتبعة في جمع الغاز (17).

تصميم التجربة: بلغ عدد المعاملات (6=3x2) ست معاملات وبمكررين وكانت التجربة عاملية من الدرجة الثانية ونفذت التجربة مرتين في فصل الصيف عام 2018، و2019 ومرتين في فصل الشتاء عام 2019، و2020.

الجدول [1]: تصميم التجربة.

التصميم	الخلطة	المعاملات
D1	M1	D1 M1
	M2	D1 M2
	M3	D1 M3
D2	M1	D2 M1
	M2	D2 M2
	M3	D2 M3

حيث: D1 ترمز لتصميم المخمر الأول (الصيني) وD2 ترمز لتصميم المخمر الثاني (الهندي). M1 ترمز لروث الأبقار وM2 ترمز لروث الأغنام وM3 ترمز لخليط روث الأبقار والتبن 1:1.

النتائج والمناقشة Results and discussion:

نتائج تأثير معاملات التجربة على إنتاج الغاز شتاءً: يبين الجدول [2] متوسط إنتاج الغاز الحيوي في فصل الشتاء وفق معاملات التجربة.

الجدول [2]: تأثير معاملات التجربة في إنتاج الغاز الحيوي شتاءً [غ]

الوزن المتوسط للغاز [غ]			نوع الخلطة
متوسط الخلطة M	تصميم الهاضم الثاني D2	تصميم الهاضم الأول D1	
102.72 ^a	122.44 ^a	83.00 ^b	الخلطة M1
42.22 ^b	53.75 ^c	30.70 ^d	الخلطة M2
15.33 ^c	20.16 ^{de}	10.49 ^e	الخلطة M3
53.42	65.45 ^a	41.40 ^b	متوسط تصميم الهاضم D
7.23			L.S.D 5% D
8.86			L.S.D 5% M
12.5			L.S.D 5% D.M
15.6			C.V

تدل الأحرف (a, b, c, ...) على ترتيب المعاملات المتوقعة معنوياً على باقي المعاملات بحسب الترتيب الأبجدي.

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج

نتائج تأثير معاملات التجربة على إنتاج الغاز صيفاً: يبين الجدول [3] متوسط إنتاج الغاز الحيوي في فصل الصيف وفق معاملات التجربة.

الجدول [3]: تأثير معاملات التجربة في إنتاج الغاز الحيوي صيفاً [غ]

الوزن المتوسط للغاز [غ]			نوع الخلطة
متوسط الخلطة M	تصميم الهاضم الثاني D2	تصميم الهاضم الأول D1	
2062 ^a	2176 ^a	1948 ^b	الخلطة M1
903 ^b	1006 ^c	800 ^d	الخلطة M2
411 ^c	488 ^e	334 ^f	الخلطة M3
1125	1223 ^a	1027 ^b	متوسط تصميم الهاضم D
67.2			L.S.D 5% D
82.3			L.S.D 5% M
116.4			L.S.D 5% D.M
6.9			C.V

تدل الأحرف (a, b, c, ...) على ترتيب المعاملات المتفوقة معنوياً على باقي المعاملات بحسب الترتيب الأبجدي.

مناقشة النتائج:

من خلال دراسة الجدولين [2] و[3] يتبين لدينا تفوق الهاضم ذو التصميم الهندي D2 معنوياً على الهاضم ذو التصميم الصيني D1 في إنتاج الغاز الحيوي، ويمكن أن يعزى ذلك لثبات ضغط الغاز داخله وكونه مناسباً للعمل في الظروف الجوية الخاصة ببلادنا وهذا يتفق مع (7)، وكذلك تفوقت الخلطة الأولى المكوّنة من روث الأبقار على الخلطة الثانية المكوّنة من روث الأغنام وعلى الخلطة الثالثة الخليط من روث الأبقار والخبث وهذا يتوافق مع (4) في كون روث الأبقار أفضل المواد المنتجة للغاز الحيوي وكون السماد الناتج عن روث الأبقار يحتوي كمية أعلى من الميثان من روث الأغنام. وبدراسة تأثير التداخل بين تصميم الهاضم ونوع الخلطة المستخدمة على إنتاج الغاز الحيوي كانت الخلطة الأولى داخل الهاضم الثاني متفوقة معنوياً على جميع معاملات التجربة وهو ما يؤكد ما ذكر سابقاً.

يمكن ترتيب المعاملات في التجربة حسب تأثيرها على إنتاج الغاز كما يلي:

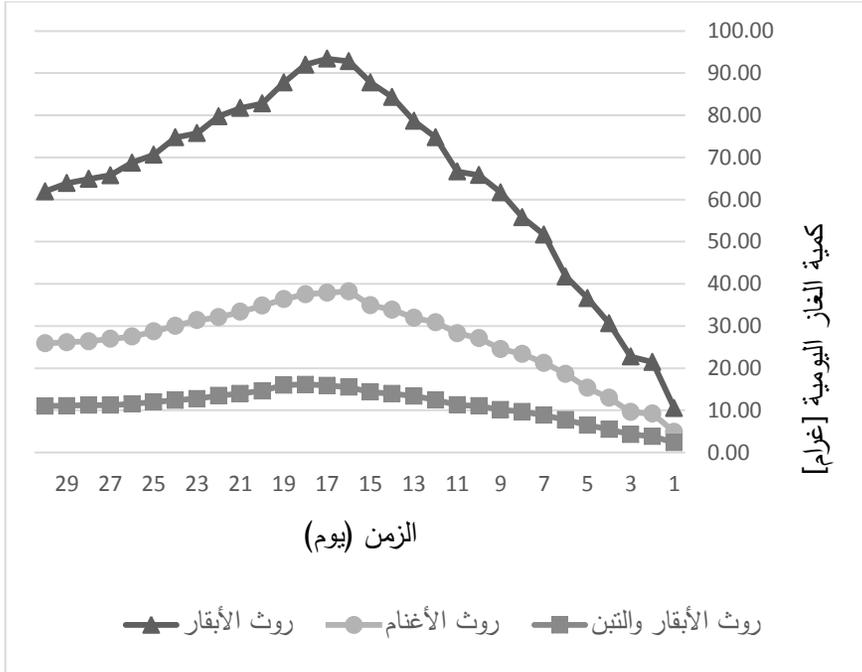
$$D2M1 > D1M1 > D2M2 > D1M2 > D2M3 > D1M3$$

أ- مقارنة بين إنتاج الغاز اليومي في فصل الصيف:

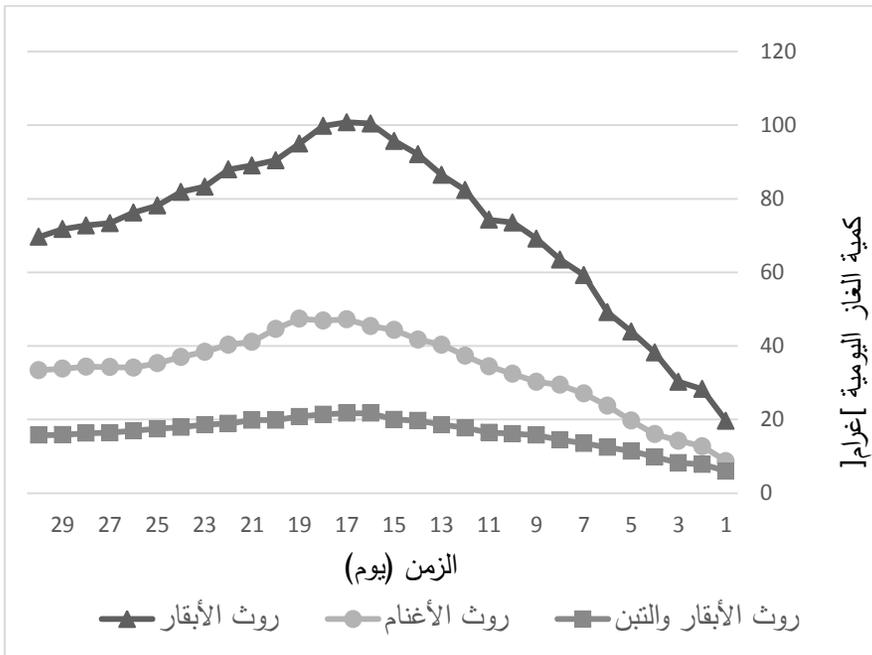
يبين الشكلين [6] و[7] المقارنة بين إنتاج الغاز اليومي من الخلطات المستخدمة في فصل الصيف في كل من المخمر الأول طراز صيني D1، والمخمر الثاني طراز هندي D2.

يلاحظ من هذين الشكلين التفوق الواضح لروث الأبقار M1 على كل من روث الأغنام M2 وروث الأبقار مع التبن M3 وهذا يتفق مع (4) وذلك في كلا التصميمين؛ كما يلاحظ الزيادة التدريجية في إنتاج الغاز الحيوي من اليوم الأول حتى ذروة الإنتاج لكل مادة وهي بين اليوم الـ 15 حتى الـ 19 ثم تبدأ مرحلة الانخفاض التدريجي بالإنتاج وذلك حتى اليوم الـ 27 حيث تبدأ مرحلة شبه مستقرة من إنتاج الغاز.

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج



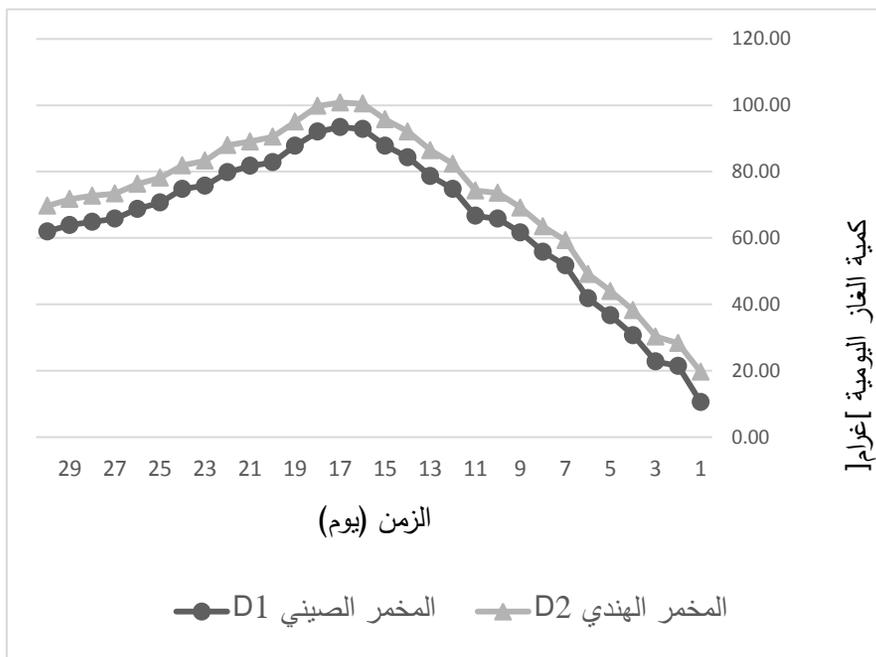
الشكل [6] تغيير إنتاج الغاز الحيوي مع الزمن في الصيف من المخمر الأول طراز صيني D1



الشكل [7] تغيير إنتاج الغاز الحيوي مع الزمن في الصيف من المخمر الثاني طراز هندي D2

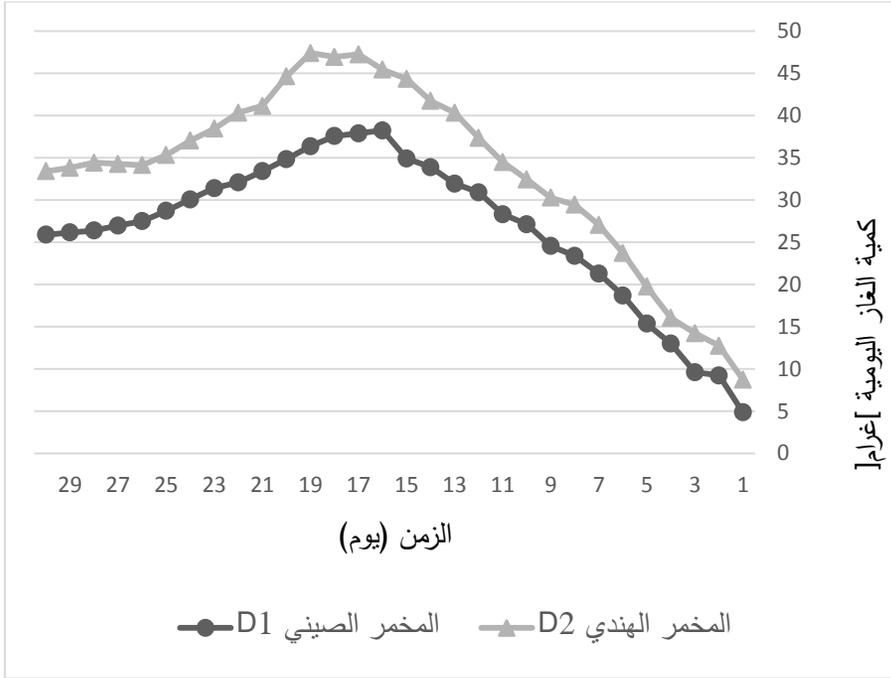
تبين الأشكال [8] و [9] و [10] مقارنة بين إنتاج الغاز اليومي من كل من المخمر الأول طراز صيني والثاني طراز هندي عند استخدام المواد التالية روث الأبقار M1، روث الأغنام M2، خليط روث الأبقار والتين M3.

وذلك في فصل الصيف، حيث يلاحظ من الأشكال الثلاثة الارتفاع التدريجي في إنتاج الغاز من اليوم الأول حتى الوصول إلى ذروة الإنتاج لكل مخمر وهي بين اليوم الـ 15 حتى الـ 19 ثم تبدأ بعدها مرحلة الانخفاض التدريجي بالإنتاج وذلك حتى اليوم الـ 27 حيث تبدأ مرحلة شبه مستقرة من إنتاج الغاز ويتبين بشكل واضح زيادة إنتاج الغاز عند استخدام المخمر ذو الطراز الهندي D2 وهذا يتوافق مع (7).

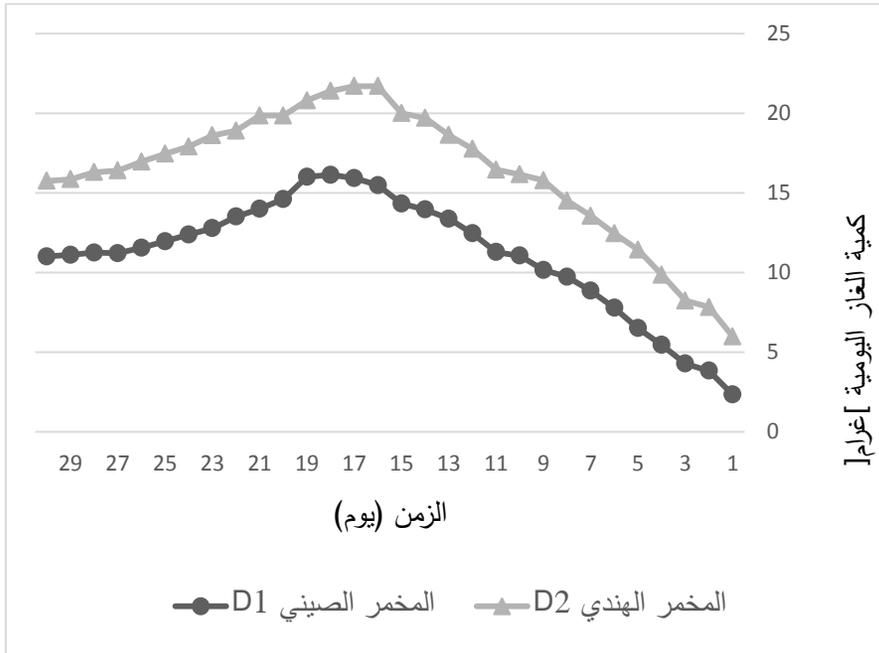


الشكل [8] تغيير إنتاج الغاز مع الزمن في الصيف من روث الأبقار M1

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج



الشكل [9] تغيّر إنتاج الغاز مع الزمن في الصيف من روث الأغنام M2

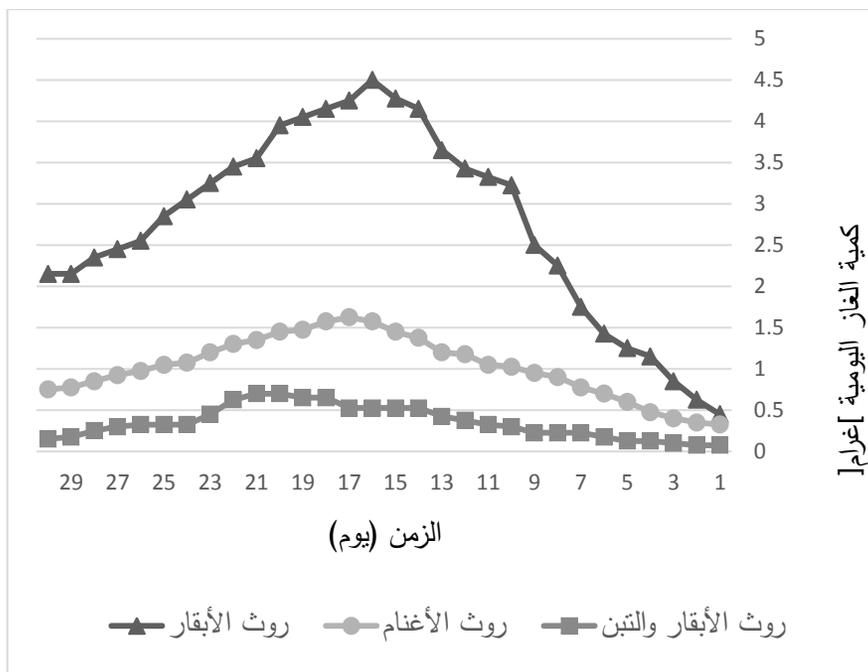


الشكل [10] تغيّر إنتاج الغاز مع الزمن في الصيف من روث الأبقار مع التبن M3

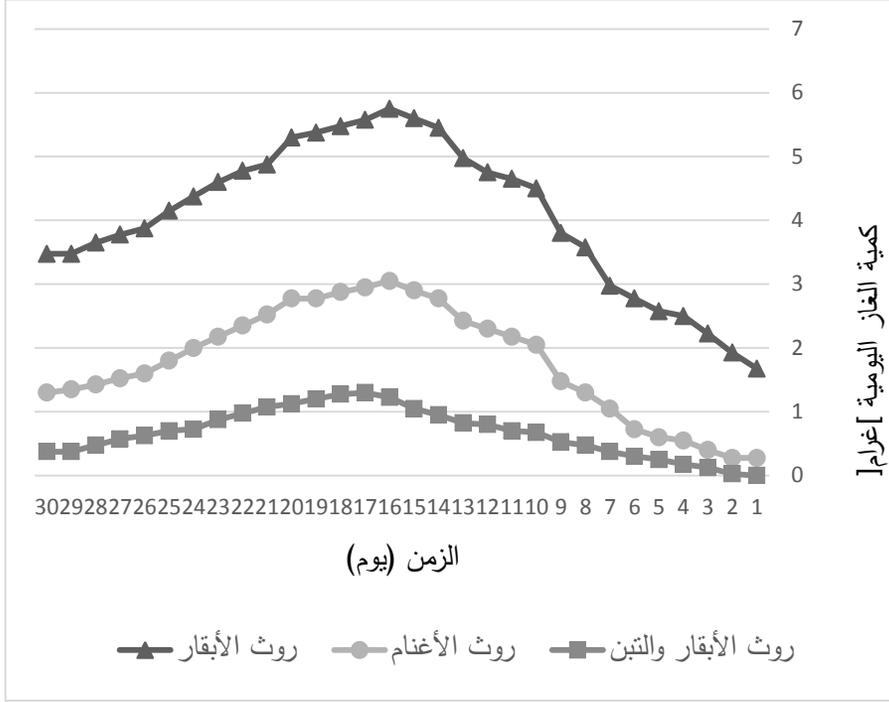
ب- مقارنة بين إنتاج الغاز اليومي في فصل الشتاء:

يبين الشكلين [11] و [12] المقارنة بين إنتاج الغاز اليومي من الخلطات المستخدمة في فصل الشتاء في كل من المخمر الأول طراز صيني D1، والمخمر الثاني طراز هندي D2.

يلاحظ من هذين الشكلين الزيادة التدريجية في إنتاج الغاز الحيوي من اليوم الأول حتى ذروة الإنتاج لكل مادة وهي بين اليوم الـ 15 حتى الـ 19 ثم تبدأ مرحلة الانخفاض التدريجي بالإنتاج وذلك حتى اليوم الـ 27 حيث تبدأ مرحلة شبه مستقرة من إنتاج الغاز ويتبين بشكل واضح زيادة إنتاج الغاز عند استخدام روث الأبقار على غيرها من المواد الأخرى، وهذا يتفق مع (4).



الشكل [11] تغيير إنتاج الغاز مع الزمن في الشتاء من المخمر الأول طراز صيني D1



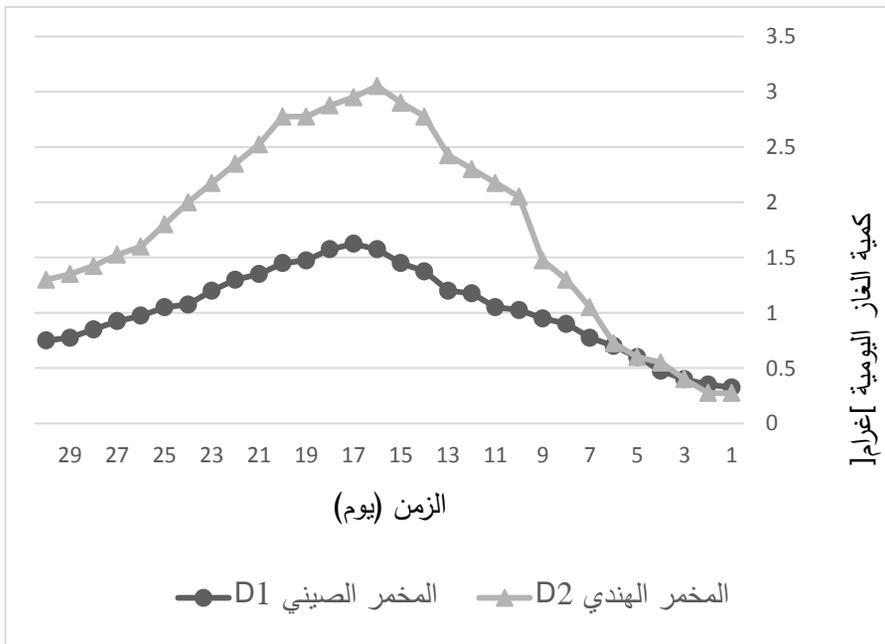
الشكل [12] تغيّر إنتاج الغاز مع الزمن في الشتاء من المخمر الثاني طراز هندي D2

تبين الأشكال [13] و [14] و [15] المقارنة بين إنتاج الغاز اليومي من كل من المخمر الأول طراز صيني والثاني طراز هندي عند استخدام المواد التالية روث الأبقار M1، روث الأغنام M2، خليط روث الأبقار والتبن M3.

وذلك في فصل الشتاء، حيث يلاحظ من الأشكال الثلاثة الارتفاع التدريجي في إنتاج الغاز من اليوم الأول حتى الوصول إلى ذروة الإنتاج لكل مخمر وهي بين اليوم الـ 15 حتى الـ 19 ثم تبدأ بعدها مرحلة الانخفاض التدريجي بالإنتاج وذلك حتى اليوم الـ 27 حيث تبدأ مرحلة شبه مستقرة من إنتاج الغاز ويتبين بشكل واضح زيادة إنتاج الغاز عند استخدام المخمر ذو الطراز الهندي D2 وهذا متوافق مع (7).

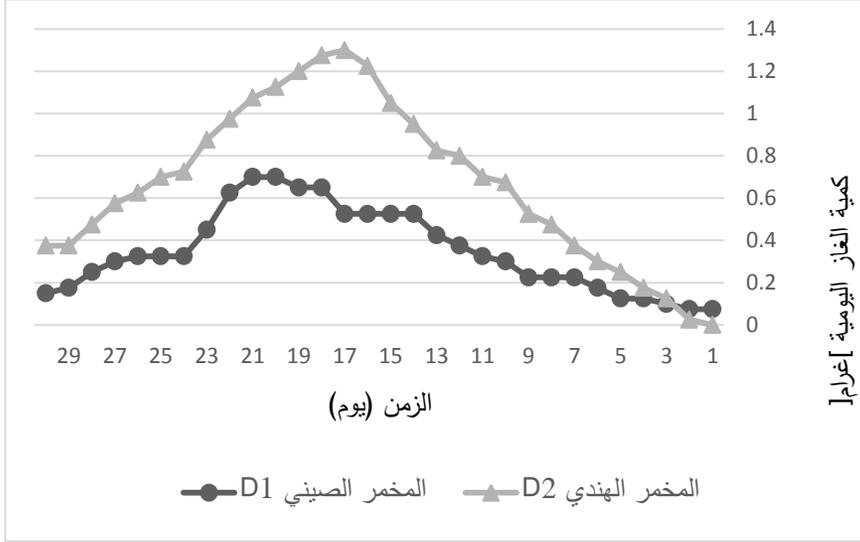


الشكل [13] تغيير إنتاج الغاز مع الزمن في الشتاء من روث الأبقار M1



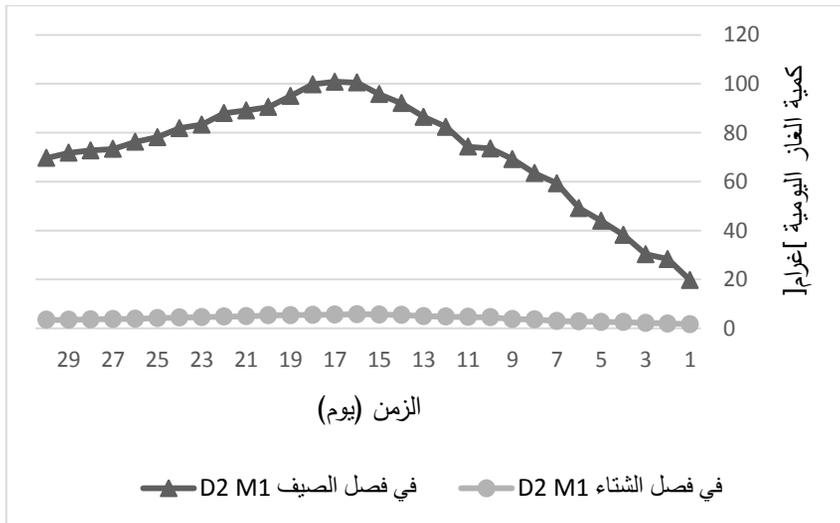
الشكل [14] تغيير إنتاج الغاز مع الزمن في الشتاء من روث الأغنام M2

تأثير تصميم الهاضم الحيوي ونوع الخلطة المستخدمة في كمية الغاز الحيوي الناتج



الشكل [15] تغيير إنتاج الغاز مع الزمن في الشتاء من روث الأبقار مع التبن M3

يبين الشكل [16] المقارنة بين إنتاج الغاز اليومي للمعاملة D2 M1 في فصلي الصيف والشتاء، ويلاحظ من المخطط انخفاض إنتاج الغاز الحيوي بشكل كبير في فصل الشتاء لأن الظروف الجوية الباردة غير مناسبة للتخمير اللاهوائي كونها تضعف نشاط البكتيريا حسب ما ذكر (1).



الشكل [16]: تغيير إنتاج الغاز مع الزمن خلال الفصول للمعاملة روث الأبقار والهاضم الهندي D2M1

الاستنتاجات Conclusions:

- 1- زيادة مردود الغاز عند استخدام الهواضم ذات القبة المتحركة (النموذج الهندي) مقارنة بهواضم القبة الثابتة (النموذج الصيني).
- 2- انطلاق أكبر كمية من الغاز عند استخدام روث الأبقار في الهواضم الحيوية بالمقارنة مع روث الأغنام وروث الأبقار مع التبن.
- 3- انخفاض كمية الغاز الناتجة خلال فصل الشتاء بشكل كبير عما هي عليه في فصل الصيف.

المقترحات Suggestions:

- 1- التركيز على استخدام هواضم الغاز الحيوي ذات التصميم الهندي كونه أثبت كفاءة أعلى من الصيني.
- 2- استخدام روث الأبقار بدلاً من روث الأغنام أو روث الأبقار مع التبن لارتفاع إنتاج روث الأبقار من الغاز الحيوي مقارنة بغيرها.
- 3- تركيب شبكة من الأنابيب تعمل كمشعات حرارية داخل الهواضم ووصلها بنظام تسخين شمسي للمياه لرفع حرارة السائل الموجود ضمن الهاضم وزيادة كفاءة إنتاج الغاز الحيوي خاصة في فصل الشتاء.
- 4- التوسع في الأبحاث المتعلقة بالغاز الحيوي وذلك للتوصل إلى أعلى إنتاجية.

References المراجع

المراجع الأجنبية

- .1 Abd Allah W, Tawfik M, Sagade AA, Gorjian S, Metwally K, El-Shal H. 2021. Methane production enhancement of a family-scale biogas digester using cattle manure and corn stover under cold climates. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 45:1-14.
- .2 Adawi O. 2008. *Design, building and techno-economic evaluation of biogas digester*. Master thesis, An-Najah National University, Nablus-Palestine.
- .3 Agriculture AFMo. 2010. *Forestry, Environment and Water Management (Waste to Energy in Austria) White Book-Figures, Data, Facts,*. Vienna.
- .4 Gemechu FK. 2020. Evaluating the potential of domestic animal manure for biogas production in Ethiopia. *Journal of Energy* 2020.
- .5 Lansing S, Botero RB, Martin JF. 2008. Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresource technology* 99:5881-5890.
- .6 Lo K, WM C. 1981. A computer-aided design program for biogas production from animal manure.
- .7 Mattocks R. 1984. Understanding biogas generation. *Volunteers in Technical Assistance*.1:1-23.
- .8 Rani P, Pathak VV, Bansal M. 2021. Co-digestion of wheat straw and animal manure pretreated with calcium hydroxide for biomethane production: kinetic study. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* 4:100-145

المراجع العربية

9. اسماعيل ن، الوهاب اع. 2016. طاقة الكتلة الحيوية أداة لتحقيق الاستدامة مشروع اعاداة تدوير النفايات وانتاج بدائل الطاقة. مجلةالمهندس -جمعية المهندسين العراقية 11: 57-68.
10. الأمين ع. 2006. تصميم وتنسيق مخمر محسن لإنتاج الغاز الحيوي. أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق.
11. الأمين ع، الشواف، غضبان ص. 2007. تصميم وحدة الغاز الحيوي وإنشاؤها وتشغيلها بكلية الزراعة (خرابو) في جامعة دمشق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية 23: 379-390.
12. القيسي و. 2016. تطوير تقنيات طاقة الكتلة الحيوية. مجلة المهندس -جمعية المهندسين العراقية 11: 7-27.
13. بلال ع. 2004. إنتاج البايوغاز وإعادة استخدام المياه المعالجة بحي الأندلس للإسكان الشعبي. رسالة ماجستير، جامعة الخرطوم.
14. غانم م، ابراهيم د. 2014. استخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية 36: 157-167.
15. قاسم ع، لطيف ص، الشاذلي م، قشطة ع، بسيوني ع. 2008. النظم الحرارية للطاقة الشمسية. دار الإيمان للطباعة: منشورات كلية الزراعة، جامعة الاسكندرية.
16. معرفي م. 1999. مبادئ الطاقة. مطبوعات جامعة دولة الكويت.
17. ناعم أ. 2022. تأثير إضافة مياه الجفت إلى مخلفات الأبقار المستخدمة في إنتاج الغاز الحيوي و السماد. رسالة ماجستير، جامعة البعث.

