

Studying the effectiveness of some locally isolated bacteria groups in biogas production

Dr.Omeima Nasser*
Tofek Othman**

(Received 1 / 12 / 2021. Accepted 11 / 9 /2022)

□ ABSTRACT □

The research aimed to study the effect of adding several bacterial groups on the amount of biogas which is produced during the anaerobic fermentation of cow dung (pH = 6.76, MC = 79.85 TS = 20.15%, VS = 87.49%, C/N = 21.67). The first group T1: raw cow dung which has not added any bacteria. The second group T2: *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Sphingobacterium alimentarium*, *Micrococcus varians*. The third group T3: *Pseudomonas aeruginos*, *Proteus mirabilis*, *E.coli*, *Streptococcus pneumonia*. The fourth group T4: *Methanobacterium* sp. The fifth group T5 includes all the previous species. The experiment was designed in a completely randomized method with three replications. Results show that the amount of biogas produced was (13161.33, 14286.33, 14638.5, 15209.33, 16575.33) ml, respectively. Whereas, the fifth group significantly outperformed all other groups. So, it can be said that adding all types of inoculum together has an effective role in increase the amount of biogas.

Key words: Cow dung, anaerobic fermentation, bacteria, biogas, *Methanobacterium*.

* Assistant Professor -Higher Institute for Environmental Research, Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria .Omiemanasser@gmail.com.

** Postgraduate student, Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria tofek.osman@gmail.com.

دراسة فعالية بعض المجموعات الجرثومية المعزولة محلياً في إنتاج الغاز الحيوي

د. أميمة ناصر*

توفيق عثمان**

(تاريخ الإيداع 1 / 12 / 2021. قبل للنشر في 11 / 9 / 2022)

□ ملخص □

هدف البحث إلى دراسة تأثير إضافة عدة مجموعات جرثومية على كمية الغاز الحيوي الناتجة خلال عملية التخمير اللاهوائي لروث الأبقار (pH=6.76, MC=79.85 TS=20.15%, VS=87.49%, C/N=21.67). المجموعة الأولى T1: روث أبقار خام لم يضاف لها أي نوع. والمجموعة الثانية T2: *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Sphingobacterium alimentarium*, *Micrococcus varians*. والمجموعة الثالثة T3: *Streptococcus*, *E.coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginos*. والمجموعة الرابعة T4: *Methanobacterium sp.* أما المجموعة الخامسة T5 فتضم جميع الأنواع السابقة. صُممت التجربة بالطريقة العشوائية الكاملة وبثلاثة مكررات، بلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة (13161.33، 14286.33، 14638.5، 15209.33، 16575.33) مل على الترتيب، حيث تفوقت المجموعة الخامسة بمعنوية عالية على جميع المجموعات الأخرى، مما يدل على أن إضافة البادئ مجتمعاً له دور فعال في زيادة كمية الغاز الحيوي.

الكلمات المفتاحية: روث الأبقار، تخمر لاهوائي، جراثيم، غاز حيوي، *Methanobacterium*.

* أستاذ مساعد - قسم الوقاية البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية Omiemanasser@gmail.com
** طالب دراسات عليا (دكتوراه) قسم الوقاية البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية tofek.osman@gmail.com

مقدمة:

ازداد عدد الحيوانات الزراعية بشكل كبير خلال العقود الأخيرة نتيجة للحاجة الكبيرة إلى منتجاتها (لحوم، ألبان، ...) مما أدى لزيادة كمية المخلفات الناتجة عنها باستمرار (روث)، ويشكل روث الأبقار أكثر من (50) % من المخلفات الناتجة عالمياً (Meyer *et al.*, 2018).

يستخدم روث الأبقار في الزراعة كمخضب عضوي بعد تعريضه لعملية التخمير التقليدية (تخمير هوائي)، ولكن يعاب عليه هنا بأنه قد يحتوي على آثار من المضادات الحيوية والمعادن الثقيلة ومسببات الأمراض (Leclerc and Laurent, 2017). كما أن عملية التخمير الهوائي يمكن أن تؤدي لتلوث البيئة عن طريق تسرب الغازات الصادرة عنها (غازات الدفينة GHG) كغاز الأمونيا والميثان وثنائي أكسيد الكربون (Cai *et al.*, 2019; Purdy *et al.*, 2019).

أصبحت مشكلة الطاقة في الوقت الراهن من أهم المشاكل التي تواجه العالم، ولتخفيف الطلب على الطاقة كان لابد من البحث عن مصادر متجددة وبديلة أهمها طاقة الغاز الحيوي الناتج عن عملية التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية (Al Imam *et al.*, 2013). حيث تحتاج عملية التخمير اللاهوائي لكي تتم بنجاح إلى توفر العديد من العوامل كدرجة الحرارة والشروط اللاهوائية ودرجة الحموضة المعتدلة والأحياء الدقيقة اللازمة لتفكيك المركبات العضوية والتي تلعب دور أساسي في هذه العملية (Hook *et al.*, 2010; Westerholm and Schnürer, 2019).

يعد روث الأبقار المخمر مصدراً جيداً عند استخدامه كبادئ نشط حيث يحتوي على أعداد كافية من الأحياء الدقيقة التي تنشط عملية التخمير اللاهوائي وتزيد من كمية الغاز الحيوي الناتجة (Santos *et al.*, 2020). فقد أثبتت دراسة Asikong وآخرين (2013) أن إضافة البادئ (الذي هو مجموعة من الأحياء الدقيقة) إلى روث الأبقار أدت إلى زيادة ملحوظة في كمية الغاز الحيوي الناتجة.

استخدم Gu وآخرون (2014) عدة أنواع من البادئ أثناء معالجة قش الأرز بطريقة التخمير اللاهوائي وهذه الأنواع كانت روث ماشية مخمر لاهوائياً، روث خنزير مخمر لاهوائياً، زرق دجاج مخمر لاهوائياً، حمأة صرف صحي مخمر لاهوائياً. أظهرت النتائج أن روث الماشية كان البادئ الأفضل في كمية الغاز الحيوي الناتجة وتحلل السيلولوز. كذلك أوضحت تجارب Córdoba وآخرين (2016) أن إضافة البادئ لا تؤدي فقط لزيادة كمية الغاز الحيوي الناتجة، بل تؤدي أيضاً إلى إزالة وتفكيك المواد العضوية وتقليل قيمة الطلب الكيميائي على الأوكسجين (COD).

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من خلال معالجة روث الأبقار بالطرائق الحيوية لرفع قيمته الاقتصادية وخاصة في ظل الظروف الراهنة لنقص الطاقة، وذلك من خلال إجراء عملية التخمير اللاهوائي عليه وإنتاج مصدر طاقة بديلة ومتجددة يدعى بالغاز الحيوي. أما أهداف البحث فقد تجلت في إضافة عدة مجموعات جرثومية معزولة من روث الأبقار المخمر سابقاً إلى مخمر لاهوائي وذلك لتحديد أفضل وأكثر هذه الأنواع في إنتاج الغاز الحيوي.

طرائق البحث ومواده:**1 - موقع الدراسة وجمع العينات:**

جُمعت عينات روث الأبقار خلال العام (2020) من مزرعة زاهد للأبقار التي تقع في قرية زاهد الشرقية ذات الإحداثيات الجغرافية (E(36.0104846) N(34.6925687) في منطقة الصفصافة في القسم الغربي من سهل عكار وإلى الجنوب من مدينة طرطوس، ثم وُضعت العينات في أكياس من البولي إيثيلين المعقم لحين الوصول إلى المخبر لإجراء التحاليل والاختبارات عليها. أما مجموعات الجراثيم فقد تم الحصول عليها جاهزة بشكل نقي بعد عزلها من المخمر اللاهوائي الموجود في مزرعة زاهد.

2 - المخمرات اللاهوائية:

تم استخدام نموذج من المخمرات اللاهوائية بحجم (2) ليتر وله فتحة دخول المخلفات وفتحة لخروج الغاز، وموصول إلى كيس جمع الغاز، أو إلى أسطوانة مدرجة لقياس حجم الغاز، كما يحتوي على خلط يدوي لتقليب محلول التخمر.

3 - تصميم التجارب:

تم تصميم التجارب في المخمرات المخبرية المتوفرة وذلك بتوزيع المعاملات المدروسة على الوحدات التجريبية بطريقة عشوائية كاملة وبعدها تم إجراء اختبار تحليل التباين (ANOVA) لمعرفة معنوية الفروق بين المعاملات عند مستوى (5)%. تم اعتماد نظام الدفعة الواحدة أي التغذية لمرة واحدة فقط حتى انتهاء عملية التخمر، وقد كانت المعاملات كالاتي:

المجموعة الأولى T1: روث أبقار خام لم يضاف له أي نوع من الجراثيم. والمجموعة الثانية T2 : *Lactobacillus acidophilus*، *Bacillus cereus*، *Bacillus subtilis*، *Sphingobacterium alimentarium*، والمجموعة الثالثة T3 : *Micrococcus varians*، *Proteus mirabilis*، *Pseudomonas aeruginos*، والمجموعة الرابعة T4 : *Methanobacterium sp.* أما المجموعة الخامسة T5 فتضم جميع الأنواع السابقة. حيث تمت إضافة البادئ النقي بنسبة (5) % من حجم محلول التخمر وتم الإغلاق والوضع في الحاضنة على حرارة (37) درجة مئوية، ثم تم تحضير (9) مكررات لكل معاملة وذلك وفق الآتي:

أ- ثلاثة مخمرات لاهوائية تم تصميمها لقياس المؤشرات المختلفة: نسبة الرطوبة، نسبة المادة الجافة الكلية، نسبة المواد الصلبة الطيارة، نسبة المادة العضوية، نسبة C/N، pH.

ب- ثلاثة مخمرات لاهوائية تم تصميمها لقياس حجم الغاز الناتج اليومي بطريقة إزاحة الماء، وذلك من خلال وضع أنبوب خروج الغاز في أسطوانة مدرجة مقلوبة وموجودة ضمن محلول ملحي تركيزه (28) %، هذا المحلول الملحي يمنع الغاز من الانحلال فيه، وبالتالي سوف يتجمع الغاز ويزيح المحلول، فتكون هذه الإزاحة هي حجم الغاز الناتج (Ekwenchi and Yaro, 2010).

ت- ثلاثة مخمرات لاهوائية تم تصميمها لتجميع الغاز الكلي الناتج.

4 - التحاليل الفيزيائية والكيميائية TS%، VS%، MC%، OM%، C/N، pH:

حُدثت نسبة الرطوبة والمادة الجافة الكلية من خلال تجفيف العينات في الفرن على حرارة (105) درجة مئوية حتى ثبات الوزن لمدة (24) ساعة، وتم الحساب من خلال الفرق في الوزن، كما في المعادلة (1) (APHA, 1999).

$$TS\% = (M1 * 100) / M0 \quad (1)$$

M0 = الوزن الأولي للمادة قبل التجفيف (غ)، M1 = الوزن النهائي للمادة بعد التجفيف (غ).

$$MC\% = 100 - TS\% \quad (2) \quad \text{أما نسبة الرطوبة تم حسابها من المعادلة (2):}$$

أما المواد الصلبة الطيارة (VS) تم تقديرها اعتماداً على طريقة الترميد، إذ وُضعت العينات في الفرن على حرارة (550) درجة مئوية لمدة (6) ساعات، كما في المعادلة (3) (APHA, 2005).

$$VS\% = (M1 - M2) * 100/M1 \quad (3)$$

VS = المواد الطيارة (غ مادة طيارة/ غ مادة صلبة)، M1 = كتلة المادة الجافة (غ). M2 = كتلة المادة المجففة على حرارة (550) درجة مئوية (غ).

تم تقدير المادة العضوية (OM) بطريقة (Walkley and Black, 1934)، وقدر الأزوت الكلي (TN) بطريقة كداهل (Kjeldahl method) (Bremner and Mulvaney, 1982)، وذلك في مخابر مركز بحوث اللاذقية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. وتم تقدير الفوسفور بجهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) باستخدام كاشف بارتون (Barton reagent) (Reuter and Robinson, 1997)، أما البوتاسيوم بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب (Flame Photometer) (Tan, 1996)، حيث قُدر كلا العنصرين أيضاً في مخابر مركز بحوث اللاذقية.

تشغيل المخمرات وقياس المؤشرات:

تمت عملية تشغيل المخمر من خلال إضافة (152) غ مادة صلبة من روث الأبقار مع كمية من الماء تعادل (1348) مل لتكون النسبة (9:1) تقريباً، وبعدها أضيف البادئ المناسب لكل معاملة وتم التحضين عند درجة حرارة (37) درجة مئوية لمدة (30) يوماً، وقد كانت تتم عملية تقليب وتحريك المخمرات بشكل يدوي يومياً. تم أخذ عينات من جميع المعاملات قبل البدء بعملية التخمر وبعد انتهائها، بعدها تم عليها إجراء التحاليل السابقة (C/N، MC، OM، VS، TS)، أما قيمة درجة الحموضة pH فقد تم قياسها بشكل يومي خلال عملية التخمر.

النتائج والمناقشة:

النتائج:

أولاً: نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية:

الجدول (1): قيم المؤشرات المدروسة في معاملات الدراسة المختلفة

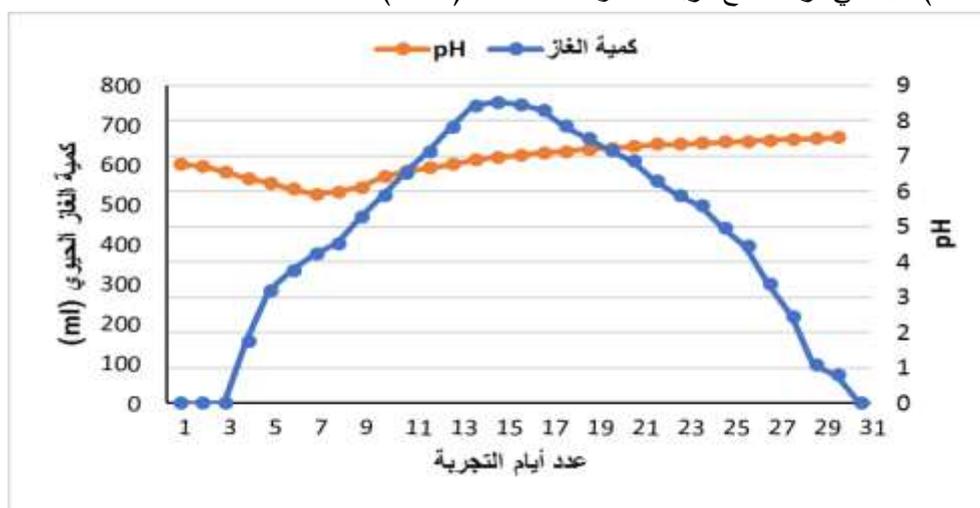
نسبة C/N	المادة العضوية OM%	المواد الطيارة VS %	المادة الجافة الكلية TS %	نسبة الرطوبة MC%	المؤشر المدروس المعاملة
21.67	5.13	87.49	20.15	79.85	روث الأبقار بدون بادئ (في بداية التجربة) (T1)
-	-	62.15	13.79	86.21	روث الأبقار مع المجموعة الأولى (T2)
-	-	61.08	13.14	86.86	روث الأبقار مع المجموعة الثانية (T3)
-	-	59.57	12.38	87.61	روث الأبقار مع المجموعة الثالثة (T4)
-	-	43.95	10.29	89.71	روث الأبقار مع بادئ من جميع المجموعات (T5)

1 - معاملة روث الأبقار بدون البادئ (T1):

أشارت النتائج إلى نقص في نسبة المواد الصلبة الكلية TS % من (20.15) % إلى (15.37) %، ونقص في نسبة المواد الصلبة المتطايرة VS % من (87.49) % إلى (65.61) %، أما الرطوبة فقد ازدادت حتى (84.63) %، في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (7.52 - 5.98) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (13161.33) مل خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً.

يوضح الشكل (1) أن القيمة الأولية لدرجة الحموضة كانت في اليوم الأول من عملية التخمير تعادل القيمة (6.76)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.98) وذلك في اليوم الثامن من عملية التخمير، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. وهنا كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمير، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز (الشكل 1). أما نسبة C/N بلغت (21.67) وهي ضمن الحدود المثلى لعملية التخمير وكذلك الحرارة فقد كانت ضمن الحدود المثلى.

نتج عن تخمر (750) غ من روث الأبقار خلال مدة التخمير التي بلغت ثلاثين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (13161.33) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (438.71) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير روث الأبقار كمية تعادل (17548.44) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع بمقدار (155) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم الواحد والثلاثين من عملية التخمير. في حين سجّلت أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي في اليوم الخامس عشر من عملية التخمير بمقدار (757.67) مل التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.97).

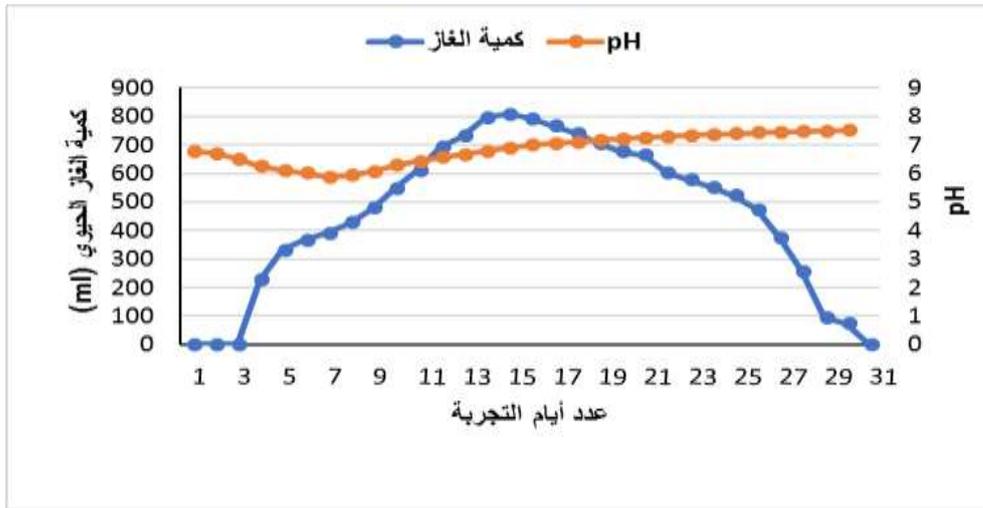


الشكل (1) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر روث الأبقار بدون إضافة البادئ خلال مدة ثلاثين يوماً

2 - معاملة روث الأبقار مع المجموعة الأولى من الجراثيم (T2):

لوحظ عند إضافة المجموعة (T2) من الجراثيم حدوث عدد من التغيرات وأظهرت النتائج نقص في نسبة المواد الصلبة الكلية TS% من (20.15) % إلى (13.79) %، ونقص في نسبة المواد الصلبة المتطايرة VS% من (87.49) % إلى (62.15) %، أما الرطوبة فقد ازدادت حتى (86.21) %، في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.88) - (7.51) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (14286.33) مل خلال مدة التخمير التي بلغت ثلاثين يوماً. كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمير تعادل القيمة (6.79)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.88) وذلك في اليوم السابع من عملية التخمير، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. وهنا كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمير، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز (الشكل 2).

نتج عن تخمر (750) غ من روث الأبقار خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (14286.33) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (476.21) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير روث الأبقار كمية تعادل (19048.44) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع بمقدار (227) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم الواحد الثلاثين من عملية التخمر، وهنا كانت أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي. في حين أن أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي قد كانت في اليوم الخامس عشر من عملية التخمر بمقدار (807.33) مل التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.89). تم عزل هذه المجموعة في دراسة Onwuliri وآخرين (2013) حيث وجد أن للجنس *Bacillus* دور في تفكيك المركبات العضوية وتحويلها إلى مركبات أبسط.



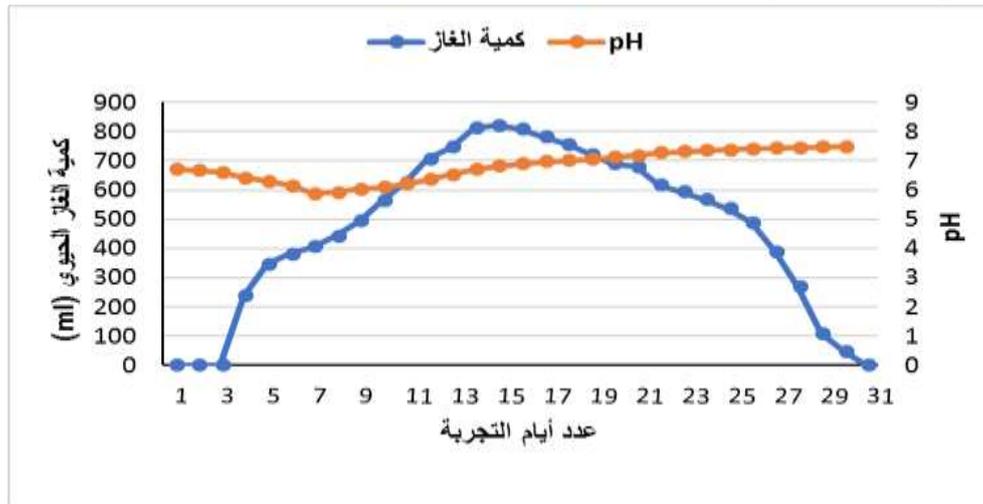
الشكل (2) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر روث الأبقار مع إضافة المجموعة الأولى من الجراثيم (T2) خلال مدة ثلاثين يوماً

3 - معاملة روث الأبقار مع المجموعة الثانية من الجراثيم (T3):

أظهرت النتائج عند إضافة المجموعة (T3) من الجراثيم إلى روث الأبقار نقص في نسبة المواد الصلبة الكلية %TS من (20.15) % إلى (13.14) %، ونقص في نسبة المواد الصلبة المتطايرة %VS من (87.49) % إلى (61.08) %، أما الرطوبة فقد ازدادت حتى (86.86) %، في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.87 - 7.48) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (14638.5) مل خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً. كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (6.72)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.87) وذلك في اليوم الثامن من عملية التخمر، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. وهنا كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمر، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز ويوضح الشكل (3) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.

نتج عن تخمر (750) غ من روث الأبقار خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (14638.5) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (487.95) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير روث الأبقار كمية تعادل (19518) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع بمقدار (238) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم الواحد الثلاثين من عملية

التخمر، وهنا كانت أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي. في حين أن أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي قد كانت في اليوم الخامس عشر من عملية التخمر بمقدار (822) مل التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.81).
توافقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Rabah وآخريين (2010) حيث وجد أن للجنس *Proteus* والنوع *Pseudomonas aeruginosa* دور في زيادة كمية الغاز الحيوي مقارنةً مع الجنس *Bacillus*، إذ أن هذه الجراثيم مسؤولة عن إنتاج الغاز الحيوي في روث الأبقار (Oyeleke et al., 2003).



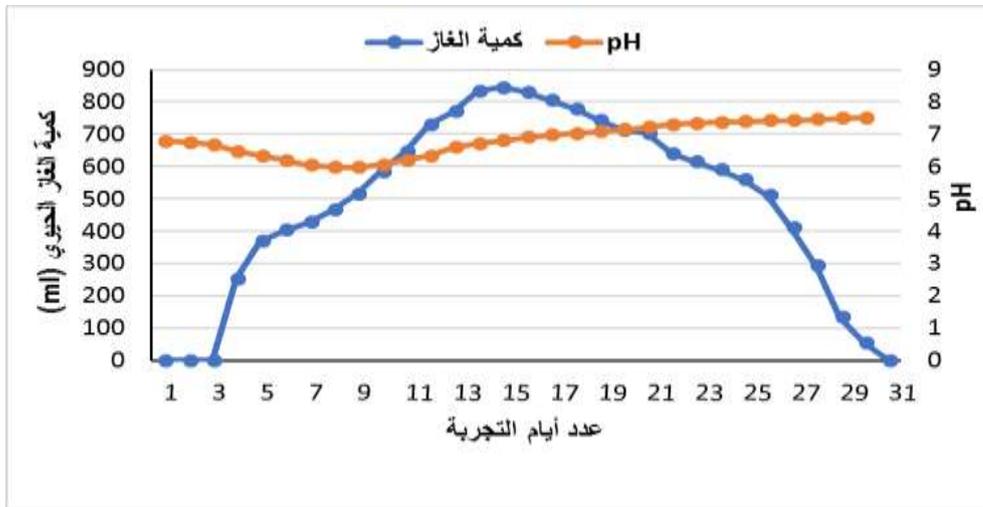
الشكل (3) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر روث الأبقار مع إضافة المجموعة الثانية من الجراثيم (T3) خلال مدة ثلاثين يوماً

4 - معاملة روث الأبقار مع المجموعة الثالثة من الجراثيم (T4):

أظهرت النتائج عند إضافة المجموعة (T4) من الجراثيم إلى روث الأبقار نقص في نسبة المواد الصلبة الكلية %TS من (20.15) % إلى (12.38) %، ونقص في نسبة المواد الصلبة المتطايرة %VS من (87.49) % إلى (59.57) %، أما الرطوبة فقد ازدادت حتى (87.62) %، في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.97 - 7.50) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (15209.33) مل خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً. كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (6.78)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.97) وذلك في اليوم التاسع من عملية التخمر، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. وهنا كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمر، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز ويوضح (الشكل 4) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.

نتج عن تخمر (750) غ من روث الأبقار خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (15209.33) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (506.97) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير روث الأبقار كمية تعادل (20279.11) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع بمقدار (252.67) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم الواحد الثلاثين من عملية التخمر، وهنا كانت أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي. في حين أن أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي قد كانت في اليوم الخامس عشر من عملية التخمر بمقدار (844) مل التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.80).

يعود ارتفاع كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه التجربة إلى أن إضافة الجراثيم الميثانية لها دور فعال في متابعة عملية تفكيك المركبات العضوية مثل حمض الخل حيث تفككها وينتج عنها غاز الميثان وهذا ما وجد في العديد من الدراسات السابقة (Khalid and Naz, 2013; Danielsson *et al.*, 2017).



الشكل (4) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر روث الأبقار مع إضافة المجموعة الثالثة من الجراثيم (T3) خلال مدة ثلاثين يوماً

5 - معاملة روث الأبقار مع المجموعة الرابعة من الجراثيم (T5):

لوحظ عند إضافة المجموعة الرابعة من الجراثيم (T5) إلى روث الأبقار نقص في نسبة المواد الصلبة الكلية TS % من (20.15) % إلى (10.29) %، ونقص في نسبة المواد الصلبة المتطايرة VS % من (87.49) % إلى (43.95) %، أما الرطوبة فقد ازدادت حتى (89.71) %، في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.92 - 7.43) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (16575.33) مل خلال مدة التخمر التي بلغت خمسة وعشرون يوماً.

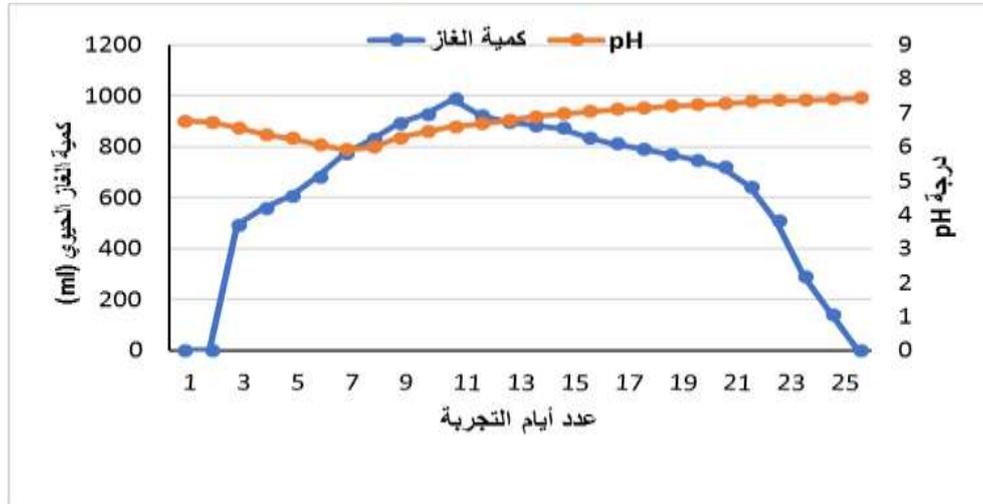
كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (6.76)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.92) وذلك في اليوم السابع من عملية التخمر، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. وهنا كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمر، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز ويوضح (الشكل 5) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.

نتج عن تخمر (750) غ من روث الأبقار خلال مدة التخمر التي بلغت خمسة وعشرون يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (16575.33) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (663.01) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير روث الأبقار كمية تعادل (22100.44) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت خمسة وعشرون يوماً.

كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع بمقدار (493.33) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم السادس والعشرين من عملية التخمر، وهنا كانت أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي. في حين أن أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي قد كانت في اليوم الحادي عشر من عملية التخمر بمقدار (986.67) مل التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.59).

اتفقت هذه النتائج مع نتائج Ozbayram وآخرين (2018) عندما أضيفت مجموعتين من الجراثيم إلى روث الأبقار فازدادت كمية الغاز الحيوي الناتجة، ودراسة Paes وآخرين (2020) عندما أضيفت بادئ نشط إلى المخمر حيث زاد من كمية الغاز الحيوي الناتجة.

كما اتفقت هذه النتائج مع دراسة Uchendu و Mbonu (2020) اللذين تمكنا من عزل مجموعة من الجراثيم النشطة خلال عملية التخمر اللاهوائي لروث الأبقار وأهم هذه الجراثيم (*Pseudomonas spp*, *Escherichia coli*, *Bacillus spp*, *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia spp*, *Shigella spp*, *Micrococcus spp*, *Proteus vulgaris*, *Citobacter spp*, *Kelbsiella spp*) ولوحظ أن هذه الجراثيم أنها تحسن من كفاءة تحلل المواد العضوية إلى ركائزها الأساسية وتزيد من إنتاج الغاز الحيوي.



الشكل (5) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر روث الأبقار مع إضافة المجموعة الرابعة من الجراثيم (T5) خلال مدة خمسة وعشرون يوماً

الكمية التراكمية من الغاز الحيوي:

تم الحصول على أقل كمية من الغاز الحيوي عند تخمير روث الأبقار بدون بادئ بقيمة بلغت (13161.33) مل، وزادت هذه الكمية بنسب مختلفة عند إضافة كل مجموعة من الجراثيم حيث بلغت قيمة الزيادة معدل (8.54) %، (11.22) %، (15.56) %، (25.93) % عند إضافة المجموعات الجرثومية (T2)، (T3)، (T4)، (T5) على الترتيب. بلغت كمية الغاز المتحصل عليها موضحة في الجدول (2) لكل معاملة.

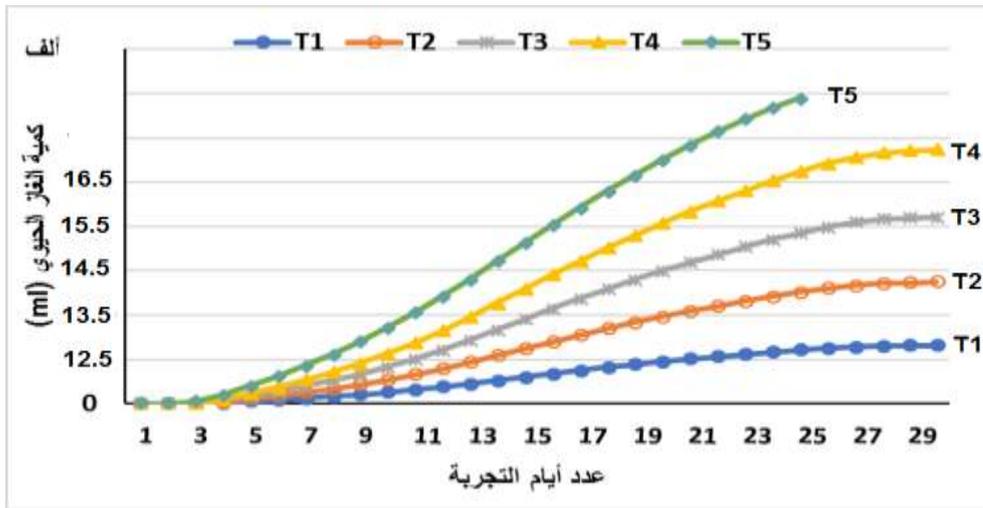
الجدول (2): كمية الغاز الحيوي الناتجة بالنسبة لمعاملات التجربة المختلفة

المعاملة	الكمية الناتجة (مل)
T1	13161.33 d
T2	14286.33 c
T3	14638.5 c
T4	15209.33 b
T5	16575.33 a
LSD 5%	492.24

ملاحظة: تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة

تبين أنه عند مقارنة كمية الغاز الحيوي الناتجة عن معاملات التجربة المختلفة بأن المعاملة (T5) التي احتوت على جميع الأنواع الجرثومية قد تفوقت بمعنوية عالية على جميع معاملات التجربة عند مستوى معنوية (5) %، إذ بلغت القيمة (16575.33) مل. كما تبين أن المعاملة التي لم يضاف لها أي نوع من الجراثيم (T1) قد أعطت أقل كمية من الغاز الحيوي بلغت القيمة (13161.33) مل، وكانت الأقل معنوية بين جميع معاملات التجربة. في حين أنه لم يتبين وجود أي فرق ذو دلالة إحصائية بين المعاملتين اللتين احتوتا على المجموعة الأولى (T2) والثانية (T3) من الجراثيم

وذلك عند مستوى معنوية (5) % . ومنه يمكن ترتيب المعاملات حسب كمية الغاز الحيوي الناتجة تصاعدياً كالآتي:
T1 < T2 < T3 < T4 < T5 (الشكل 6).



الشكل (6): الكمية التراكمية من الغاز الحيوي لمعاملات التجربة المختلفة عند إضافة أنواع مختلفة من الجراثيم خلال فترة الحضانة

النتائج والمناقشة:

1- نسبة المواد الصلبة الكلية (TS) والمواد القابلة للتطاير (VS):

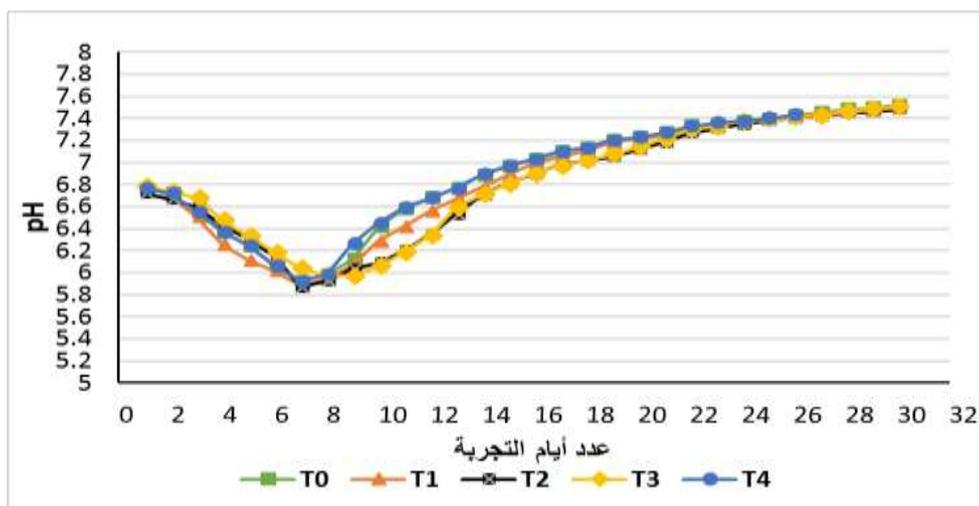
يلاحظ بشكل عام انخفاض في نسبة المواد الصلبة الكلية (TS) والمواد الصلبة المتطايرة (VS) وهذا يعود الى نشاط الاحياء الدقيقة في تحليل وتفكيك هذه المكونات والاستفادة منها في عملية إنتاج الغاز الحيوي (Oyeleke *et al.*, 2003).

2 - زمن الاحتباس:

إن سبب انخفاض الزمن اللازم لانتهاء عملية التخمير وبدء انطلاق الغاز بوقت أبكر عند استخدام البادئ هو أن الأنواع الجرثومية لها دور فعال في جميع مراحل التخمير من خلال تفكيك وتحليل المادة العضوية المعقدة، وهذا الانخفاض مهم حيث أن عملية التخمير تنتهي بوقت أسرع (Nopharatana *et al.*, 2007).

3 - درجة الحموضة:

كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمير قريبة من القيمة المعتدلة ثم بدأت بالانخفاض التدريجي حتى الوصول إلى قيمة حامضية أقل من (6) وذلك في اليوم السابع والثامن من عملية التخمير، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة ويعود سبب الانخفاض في قيمة درجة الحموضة إلى أن المادة العضوية تتفكك وتتحوّل إلى أحماض دهنية متطايرة (Macias *et al.*, 2008)، وخلال هذه المرحلة كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة منخفضة. ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى نهاية عملية التخمير كما يوضح (الشكل 7) وذلك بسبب زيادة تركيز الأمونيوم الذي يزيد من قيمة درجة الحموضة ويعدها، وهنا تنشيط الجراثيم الميثانية التي تستهلك الأحماض الدهنية المتطايرة إذ أنها تفضل درجة حموضة معتدلة (pH = 6.7 - 7.5) (Deublein and Steinhauser, 2008; Kigozi *et al.*, 2013)، وترافق ذلك مع زيادة في كمية الغاز الحيوي الناتجة.



الشكل (7): تغيرات قيمة درجة الحموضة خلال فترة التجربة للمعاملات المختلفة من الجراثيم

4 - نسبة C/N:

بلغت نسبة C/ N في جميع معاملات التجربة قبل عملية التخمير القيمة (21.67) وهي ضمن الحدود المثلى لبدء عملية التخمير اللاهوائي والتي هي بحدود (20-30) (Yadvika *et al.*, 2004; Khalid *et al.*, 2011). فعند ارتفاع قيمة C/ N سوف تستهلك الجراثيم عنصر الأزوت بسرعة، ويكون استخدام عنصر الكربون منخفضاً، مما سيؤدي إلى تقليل في إنتاج الغاز الحيوي. أما عندما تكون قيمة C/ N أقل من المثالية (نسبة الأزوت عالية) سوف ينتج مركب الأمونيا الذي يؤدي إلى رفع قيمة pH إلى حدود قلوية، مما سيؤدي إلى تثبيط الجراثيم، وبالتالي انخفاض إنتاج الغاز الحيوي (Dioha *et al.*, 2013; Weerayuttil, 2016).

مشيرين إلى أن ارتفاع قيمة pH لتصبح قلوية أو انخفاضها لتصبح حامضية سوف يقلل من كمية الغاز الحيوي الناتجة، ففي الحالة الأولى⁽¹⁾ كانت قيمة pH منخفضة (حامضية) وعندما تشكل مركب الأمونيوم ازدادت قيمتها لتصبح قريبة من المعتدلة (المثلى) وهذا ما أدى لارتفاع كمية الغاز الناتجة.

5 - الغاز الحيوي:

يلاحظ أن انطلاق الغاز الحيوي يبدأ بعد عدة أيام من عملية التخمير اللاهوائي وهذا يعود إلى أن المادة العضوية تحتاج إلى وقت لتتفكك وتتحلل من قبل الأحياء الدقيقة حيث تمر العملية بثلاث مراحل رئيسية وهي التحلل المائي وإنتاج الأحماض والخلات ثم إنتاج الميثان (Friehe *et al.*, 2013).

لوحظ أن أقل كمية من الغاز الحيوي كانت في المعاملة التي لا تحتوي على بادئ حيث أن عدم وجود البادئ يؤدي لتأخر أو توقف عملية إنتاج الغاز الحيوي (Olufunmi, 2014)، وأن إضافة كل نوع جرثومي قد ساهم في زيادة حجم الغاز الناتج وقد كان لإضافة جميع الأنواع الجرثومية معاً أفضل تأثير في إنتاجية الغاز الحيوي مقارنة مع عدمه (Elasri and Elamin, 2016; Ozbayram *et al.*, 2018).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- 1 - تم الحصول على كمية من الغاز الحيوي تعادل القيمة (13161.33) مل عند تخمير روث الأبقار الخام (بدون بادئ)، وذلك خلال مدة التجربة وهي واحد وثلاثون يوماً.
- 2 - عند إضافة المجموعات الجرثومية المختلفة (T2، T3، T4، T5) إلى روث الأبقار الخام حصلت زيادة تدريجية في كمية الغاز الحيوي الناتجة وبلغت القيم (14286.33، 14638.5، 15209.33، 16575.33) مل على التوالي.
- 3 - بلغت أكبر كمية متحصل عليها من الغاز الحيوي عند دمج المجموعات الجرثومية معاً وذلك في المعاملة (T5)، حيث بلغت نسبة الزيادة فيها حوالي (25.93) % مقارنةً بمعاملة روث الأبقار الخام.

التوصيات:

- 1 - إضافة البادئ بشكل مجموعات جرثومية معاً عند معالجة روث الأبقار الخام لأن له دور فعال في زيادة كمية الغاز الحيوي الناتجة.
- 2 - متابعة تطبيق التجارب على روث الأبقار وذلك بإضافة أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة لمعرفة كفاءة إنتاج الغاز الحيوي.

References:

- Al Imam, M. F.; Khan, M. Z. H.; Sarkar, M. A. R and Ali, S. M. Development of biogas processing from cow dung, poultry waste, and water hyacinth. International Journal of Natural and Applied Science. Vol (2) No (1) 2013, 13-17.
- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association and Water Environment Federation. Washington DC, 1999.
- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association and Water Environment Federation. Washington DC, 2005.
- Asikong Basse, E., James, E., Agbo Basse, E., Antai, E. E., and Eja Matthew, E. Four potentials of biogas yield from cow dung-CD. European Journal of Experimental Biology. Vol (3) No (3) 2013, 273-282.
- Bremner, JM. And Mulvaney CS. Nitrogen-Total 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methods of soil analysis). Vol (2) 1982, 595-624.
- Cai, B. F., Mao, X. Q., Wang, J. N., and Wang, M. D. Fine Resolution Carbon Dioxide Emission Gridded Data and Their Application for China. Journal of Environmental Informatics. Vol (33) No (2), 2019.
- Córdoba, V., Fernández, M., and Santalla, E. The effect of different inoculums on anaerobic digestion of swine wastewater. Journal of Environmental Chemical Engineering. Vol (4) No (1) 2016, 115-122.
- Danielsson, R., Dicksved, J., Sun, L., Gonda, H., Müller, B., Schnürer, A., and Bertilsson, J. Methane production in dairy cows correlates with rumen methanogenic and bacterial community structure. Frontiers in microbiology. Vol (17) No (8) 2017, 226.
- Deublein, D and Steinhauser, A. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.
- Dioha, I. J., Ikeme, C. H., Nafi'u, T., Soba, N. I., and Yusuf, M. B. S. Effect of carbon to nitrogen ratio on biogas production. International Research Journal of Natural Sciences. Vol (1) No (3) 2013, 1-10.

- Ekwenchi, MM and Yaro, MN. (2010). Gaseous fuel Production Anaerobic fungal degradation of banana leaves. Chem search Journal. Vol (1) No (1) 2010, 28-32.
- Elasri, O., and El amin Afilal, M. Potential for biogas production from the anaerobic digestion of chicken droppings in Morocco. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. Vol (5) No (3) 2016, 195-204.
- Friehe, J., Weiland, P., and Schattauer, A. Grundlagen der anaeroben Fermentation. Leitfaden Biogas-Von der Gewinnung zur Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Publisher, Gülzow-Prüzen, Germany. 2013, 21-24.
- Gu, Y., Chen, X., Liu, Z., Zhou, X., and Zhang, Y. Effect of inoculum sources on the anaerobic digestion of rice straw. Bioresource technology. Vol (1) No (158) 2014, 149-155.
- Hook, S. E., Wright, A. D. G., and McBride, B. W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. Archaea, 2010.
- Khalid, A. and Naz, S. Isolation and characterization of microbial community in biogas production from different commercially active fermentors in different regions of Gujranwala. International Journal of Water Resources and Environmental Sciences. Vol (2) No (2) 2013, 28-33.
- Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., and Dawson, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. Waste management. Vol (31) No (8) 2011, 1737-1744.
- Kigozi. R.; Aboyade A. and Muzenda.E. Biogas Production Using the Organic Fraction of Municipal Solid Waste as Feedstock. International Journal of Research in Chemical, Metallurgical and Civil Engineering. Vol (5) No (6) 2013, 107-114.
- Leclerc, A., and Laurent, A. Framework for estimating toxic releases from the application of manure on agricultural soil: National release inventories for heavy metals in 2000–2014. Science of the Total Environment. Vol (15) No (590) 2017, 452-460.
- Macias-Corral, M., Samani, Z., Hanson, A., Smith, G., Funk, P., Yu, H., and Longworth, J. Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. Bioresource technology. Vol (99) No (17) 2008, 8288-8293.
- Meyer, A. K. P., Ehimen, E. A., and Holm-Nielsen, J. B. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. Biomass and Bioenergy. Vol (1) No (111) 2018, 154-164.
- Nopharatana, A., Pullammanappallil, P. C., and Clarke, W. P. Kinetics and dynamic modelling of batch anaerobic digestion of municipal solid waste in a stirred reactor. Waste management. Vol (27) No (5) 2007, 595-603.
- Olufunmi, A. O. Microbiological potentials of co-digestion of chicken droppings and banana peels as substrates for biogas production. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. Vol (6) No (4) 2014, 1088-1092.
- Onwuliri, F. C., Onyimba, I. A., and Nwaukwu, I. A. Generation of Biogas from Cow Dung. 2013.
- Oyeleke, S. B., Onibagjo, H. O., and Ibrahim, K. Degradation of animal wastes (cattle dung) to produce methane (cooking gas). In Proceedings of the 5th annual conference of Animal Science of Nigeria (SAN)2003, (pp. 168-169).
- Ozbayram, E. g., Akyol, Ç., Ince, B., Karakoç, C., and Ince, O. Rumen bacteria at work: bioaugmentation strategies to enhance biogas production from cow manure. Journal of applied microbiology. Vol (124) No (2) 2018, 491-502.
- Paes, J. L., Alves, T., da Silva, L. D., Marques, A. D. S., and Dias, V. R. Use of inoculum in biodigesters with cattle manure under conventional and organic production systems. Engenharia Agrícola. Vol (22) No (40) 2020, 146-153.

- Purdy, A., Pathare, P. B., Wang, Y., Roskilly, A. P., and Huang, Y. Towards sustainable farming: feasibility study into energy recovery from bio-waste on a small-scale dairy farm. *Journal of Cleaner Production*. Vol (10) No (174) 2018, 899-904.
- Rabah, A. B., Baki, A. S., Hassan, L. G., Musa, M., and Ibrahim, A. D. Production of Biogas Using Abattoir Waste at Different Retention Time. *Science world journal*. Vol (5) No (4) 2010.
- Reuter, D. and Robinson, JB. *Plant analysis: an interpretation manual*. (2nd edition). CSIRO publ., Australia.1997.
- Santos, López; Ramos, Eusebio; Morales, José and Oliver, Hensel. (2020). Effect of inoculum source on the anaerobic digestion of mezcal vinasses at different substrate-inoculum ratios. *Revista internacional de contaminación Ambiental*. Vol (36) No (1) 2020, 81-95.
- Tan HK. *Soil sampling, preparation and analysis* Marcel Dekker. The World Bank 2010 World Development Report. Development and Climate Change, New York. 1996.
- Uchendu, D.O. and Mbonu F.O. Isolation and Identification of Microorganisms Associated with Substrate Used for Biogas Generation. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS) | Vol (5) No (12) 2020*.
- Walkley, A. and Black, A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*. Vol (37) No (1) 1934, 29-38.
- Weerayuttil, P., Khoyun, U., and Khuanmar, K. Optimum ratio of chicken manure and napier grass in single stage anaerobic co-digestion. *Energy Procedia*. Vol (100) No (1) 2016, 22-25.
- Westerholm, M., and Schnürer, A. Microbial responses to different operating practices for biogas production systems. *Anaerobic Digestion*. Vol (12) 2019, 1-36.
- Yadvika, S., Sreekrishnan, T. R., Kohli, S., and Rana, V. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques—a review. Vol (95) No (1) 2004, 1–10.