

## تأثير إضافة البادئ البكتيري وأوراق الأشجار إلى زرق الدجاج في إنتاج الغاز الحيوي

توفيق عثمان\* (1) وأميمة ناصر (1)

(1). قسم الوقاية البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.  
(\* للمراسلة: الباحث توفيق عثمان، البريد الإلكتروني: [tofek.osman@gmail.com](mailto:tofek.osman@gmail.com)).

تاريخ القبول: 2022/01/11

تاريخ الاستلام: 2021/08/18

### الملخص:

هدفت الدراسة إلى تحسين مردودية إنتاج الغاز الحيوي خلال عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج الخام (PD) الذي تم جمعه من موقع مدجنة البياض التابعة لمديرية زراعة اللاذقية وذلك خلال العام (2018) من خلال عدة إضافات كلاً من البادئ النقي وأوراق الأشجار. تم تحضير ثلاث معاملات للتجربة وكُررت كل منها (9) مرات، توزعت المعاملات كالتالي: الأولى زرق دجاج خام (T1)، أما الثانية زرق دجاج مع البادئ (S) (T2)، في حين أن الثالثة زرق دجاج مع البادئ وأوراق الأشجار (TL) (T3). أظهرت النتائج تفوق المعاملة (T3) معنوياً على كل من المعاملتين (T1، T2) في كمية الغاز الحيوي الناتجة عند مستوى معنوية (5) %، إذ بلغت الكمية الناتجة من الغاز الحيوي لكل منها (3751.67، 608.67، 167.85) مل على الترتيب وذلك خلال مدة التجربة (23) يوماً. أكدت نتائج التجربة أن خلط زرق الدجاج مع أوراق الأشجار قد رفع من مردودية إنتاج الغاز الحيوي بشكل كبير، وهذا ما يؤكد على أهمية خلط الزرق مع مخلفات عضوية أخرى لرفع إنتاجية الغاز الحيوي والتخلص الآمن من هذه المخلفات.

**الكلمات المفتاحية:** زرق الدجاج، تخمر لاهوائي، بادئ، أوراق الأشجار، غاز حيوي.

### المقدمة:

ينتج عن تربية الأعداد الكبيرة من الحيوانات كميات ضخمة من المخلفات مثل الروث الزرق البول... إلخ، ويمكن استثمار هذه المخلفات بشكل أمثل من خلال الحصول على مصدر للطاقة الحيوية (Abouelenien *et al.*, 2016; Zahan *et al.*, 2016). يمكن استغلال زرق الدجاج (Poultry droppings) في عملية إنتاج الغاز الحيوي، ولكن تكمن المشكلة الأساسية للاستفادة منه في عملية التخمير اللاهوائي بانخفاض محتواه من الكربون وارتفاع محتواه من الأزوت (Schnürer and Moestedtm, 2016)، ولذلك يتم اللجوء لعملية خلطه مع مخلفات عضوية أخرى لرفع نسبة C/N (Janke *et al.*, 2017). تعد عملية خلط المخلفات العضوية (Co-digestion) مع بعضها من أفضل طرق معالجتها وتحسين مردودية إنتاج الغاز الحيوي حيث أنها تزيد من كفاءة التحولات الحيوية (El-Mashad and Zhang, 2010; Jang *et al.*, 2016; Nghiem *et al.*, 2017).

تعرف عملية التخمير اللاهوائي (Anaerobic fermentation) بأنها عبارة عن سلسلة من العمليات البيولوجية التي تتضمن تحطيم وتحليل المواد القابلة للتحلل من قبل البكتيريا تحت شروط غياب الأوكسجين، وينتج عن هذه العملية ما يدعى بالغاز الحيوي (Biogas) ومنتج عضوي يدعى سماد الغاز الحيوي (Biogas digestate) (Madsen *et al.*, 2011; Bong *et al.*, 2018).

يمكن الاستفادة من عملية التخمير اللاهوائي في اتجاهين الأول هو إنتاج الغاز الحيوي وحل مشكلة الطاقة إذ أنه غاز قابل للاشتعال، والاتجاه الثاني هو تخفيض التلوث البيئي من خلال تقليل انبعاثات غاز الميثان إلى البيئة وتقليل الاستخدام المفرط لمصادر الطاقة الاحفورية، حيث تتحول المخلفات الزراعية الى طاقة نظيفة وآمنة بهذه الطريقة. (Ren et al., 2018, Vasco et al., 2018; Pecchi and Baratieri, 2019).

يحتوي زرق الدجاج على كميات قليلة من البكتيريا وخاصة الميثانية الموجودة فيه كفلورا طبيعية لذلك فإن إضافة البادئ (Starter) للزرق تزيد من كثافة البكتيريا وتؤدي للحصول على أفضل مردود من الغاز الحيوي (Elasri and El amin, 2016). أثبتت التجارب أن الأحياء الدقيقة تلعب دوراً أساسياً خلال عملية التخمير اللاهوائي حيث أكد Olufunmi (2014) من خلال تجربته أن تعريض زرق الدجاج للتعقيم قبل إدخاله في المخمر يؤدي لقتل تلك الأحياء ولا ينتج عنه أي كمية من الغاز الحيوي، كما أثبتت نتائج التجربة بأن عملية خلط زرق الدجاج (غير المعقم) مع قشور الموز ترفع من كمية الغاز الحيوي الناتجة مقارنةً بتخمير كل مادة لوحدها.

قام Rao و Sukhesh (2019) بخلط زرق الدجاج مع قصاصات الأعشاب وذلك بنسب مختلفة للأعشاب كالاتي (18.76، 38.12، 58.11، 78.76، 100) % فوجدوا أن الكمية الناتجة من الغاز الحيوي كانت (30.6، 63.7، 52.1، 49.8، 104.8) مل/غ، أي أن أفضل نسبة لقصاصات الأعشاب للحصول على أكبر كمية من الغاز الحيوي هي (18.76) %، وهذه النسبة أدت لزيادة في كمية الغاز الحيوي الناتجة بنسبة (83) % مقارنةً بتخمير زرق الدجاج بمفرده.

درس Zhang وآخرين (2014) إمكانية إنتاج الغاز الحيوي عند خلط زرق الدجاج مع كل من ساق الذرة (corn stalks) وقش الأرز (Rice straw) وقش القمح (Wheat straw) بنسبة (50:50) فوجدوا أن الكمية الناتجة من الغاز الحيوي لكل خلطة على الترتيب كالاتي (383، 378، 345) مل/غ من المواد الصلبة القابلة للتطاير VS.

كما تم إجراء العديد من الدراسات حول خلط زرق الدجاج مع مخلفات البلدية الصلبة العضوية (OFMSW) ومع الطحالب الخضراء الدقيقة (Microalgae) وكذلك مع فضلات الطعام (Food waste) وغيرها من المواد الأخرى، وتبين أن عملية الخلط المشترك السابقة قد زادت من كمية الغاز الحيوي الناتجة مقارنةً مع تخمير زرق الدجاج بمفرده (Matheri et al., 2016; Li et al., 2017; Zahan et al., 2018).

تبرز أهمية هذا البحث في معالجة الكميات الكبيرة المطروحة من زرق الدجاج إلى البيئة إضافةً إلى تخفيض العجز الموجود في الطاقة وذلك من خلال تطوير تكنولوجيا تضم إدارة وتقييم وإنتاج الطاقة الحيوية انطلاقاً من هذه المخلفات.

أما أهداف البحث فقد تجلت في: معالجة زرق الدجاج الخام لوحده من خلال عملية التخمير اللاهوائي، ثم معالجته بإضافة البادئ النقي له، ثم إضافة بادئ نقي وأوراق أشجار وذلك لمعرفة كمية الغاز الحيوي الناتجة من كل معاملة، إذ أن الأوراق تعمل على رفع نسبة C/N.

#### مواد البحث وطرقه:

#### 1 - موقع الدراسة:

تم جمع عينات زرق الدجاج الخام من موقع مدجنة البياض الواقعة في منطقة الجرميقية على طريق حلب اللاذقية خلال العام (2018) وهذه المدجنة تتبع لمديرية زراعة اللاذقية، إذ أن المدجنة تتبع نظام التربية ضمن بطاريات (أقفاص) وتنتج زرق خال من أي مادة أخرى كمنشأة الخشب أو غيرها.

## 2 - جمع العينات:

تم جمع عينات زرق الدجاج من موقع المدجنة، ثم وُضعت العينات في أكياس من البولي إيثيلين إلى حين الوصول إلى المختبر، إذ تم حفظها في البراد بدرجة حرارة (4) درجة مئوية لحين إجراء التحاليل اللازمة لها. وكذلك تم جمع عينات أوراق الأشجار (Tree Leaves) من الأنواع المتوفرة في موقع المدجنة والأراضي القريبة منها وكانت الأنواع هي أوراق الصنوبر والحمضيات، حيث وضعت في أكياس من البولي إيثيلين إلى حين الوصول إلى المختبر.

## 3- المخمرات اللاهوائية:

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

## 4 - البادئ:

تم استخدام بادئ نقي تم الحصول عليه من مخمر لاهوائي بعد إجراء عمليات الاختبار الجرثومي عليه وقد ضم البادئ عدة أنواع أهمها *Methanobacterium sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus badius*, *Pseudomonas oleovorans* وقد تمت إضافة البادئ للمخمر بحجم (5) % من حجم محلول التخمر بعد التمديد بالماء (جمال الدين، 1992).

## 5 - تحضير المعاملات:

تم تحضير ثلاث معاملات للتجربة كالاتي:

(T1): 350 غ زرق دجاج خام.

(T2): 350 غ زرق دجاج مع بادئ نقي.

(T3): 275 غ زرق دجاج مع بادئ و(75) غ أوراق الأشجار حيث تم طحن الأوراق بالخلاط الكهربائي إلى طول (1 - 1.5) سم وذلك لتسهيل عملية تحليلها (الشبلي وآخرون، 2014).

## 6 - تصميم التجارب:

تم تصميم التجارب في المخمرات المخبرية المتوفرة وذلك بتوزيع المعاملات المدروسة على الوحدات التجريبية بطريقة عشوائية كاملة وبعدها تم إجراء اختبار أقل فرق معنوي (LSD) باستخدام برنامج (Costat) لمعرفة معنوية الفروق بين المعاملات المدروسة عند مستوى (5) %. تم اعتماد نظام الدفعة الواحدة أي التغذية لمرة واحدة فقط حتى انتهاء عملية التخمر، بعدها تم الإغلاق والوضع في الحاضنة على حرارة (37) درجة مئوية، ثم تم تحضير (9) مكررات لكل معاملة وذلك وفق الآتي:

أ- ثلاث مخمرات لاهوائية تم تصميمها لقياس المؤشرات المختلفة.

ب- ثلاث 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- ثلاث مخمرات لاهوائية تم تصميمها لتجميع الغاز الكلي الناتج.

7 - التحاليل الفيزيائية والكيميائية: حُددت 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).  
أما نسبة الرطوبة تم حسابها من المعادلة (2):

$$MC = 100 - TS\% \quad (2)$$

تم تقدير المادة العضوية (OM) بطريقة (Walkley and Black, 1934)، وقدر الأزوت الكلي (TN) بطريقة كلداهل (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.

#### 8 - تشغيل المخمرات وقياس المؤشرات:

تمت عملية تشغيل المخمر بعد معرفة نسبة المادة الجافة لكل مادة يراد تخميرها، وعلى هذا الأساس تم إضافة الكمية اللازمة من الماء حتى الوصول إلى نسبة مادة جافة (8) %، إذ تم حساب كمية الماء اللازمة وفق المعادلة (3) (Lo et al., 1981):

$$Y = X [ (TS_{man} - TS_{dig}) / TS_{dig} ] \quad (3)$$

X = وزن المادة المراد تمديدها (غ) ، Y = حجم الماء اللازم للتمديد (مل).

TS<sub>man</sub> = تركيز المواد الصلبة الكلية في المادة المراد تمديدها %، TS<sub>dig</sub> = تركيز المواد الصلبة الكلية المراد الوصول إليه %.  
تم أخذ عينات من كلا المعاملتين وذلك قبل البدء بعملية التخمير وبعد انتهائها، وتم عليها إجراء التحاليل السابقة (MC, COD, C/N, TS, OM)، أما قيمة درجة الحموضة pH فقد تم قياسها بشكل يومي خلال عملية التخمير.

أما المواد الصلبة الطيارة تم تقديرها اعتماداً على طريقة الترميد، إذ وُضعت العينات في الفرن على حرارة (550) درجة مئوية لمدة (6) ساعات، كما في المعادلة (4) (APHA, 2005).  
 $VS = (M1 - M2) * 100 / M1$  (4)  
VS = المواد الطيارة (غ مادة طيارة/ غ مادة صلبة)، M1 = كتلة المادة الجافة (غ). M2 = كتلة المادة المجففة على حرارة (550) درجة مئوية (غ).

#### النتائج والمناقشة:

#### أولاً: نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية:

تم حساب قيم المؤشرات المدروسة لكل معاملة قبل بدء عملية التخمير وبعد انتهائها، وقد تم إيضاح هذه القيم في الجدول (1).

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

بعد التخمير			قبل التخمير			المادة المدروسة المؤشر المدروس
زرق دجاج + بادئ + أوراق أشجار	زرق دجاج + بادئ نقي	زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ + أوراق أشجار	زرق دجاج + بادئ نقي	زرق دجاج خام	
83.85	85.47	82.91	56.21	60.67	60.67	% MC
16.15	14.53	17.09	43.79	39.33	39.33	% TS
50.4	61.67	65.19	74.24	70.99	70.99	% VS of TS
ND	ND	ND	32.51	27.9	27.9	% OM
0.71	1.45	0.89	1.03	3.15	3.15	% N
ND	ND	ND	3	3.75	3.75	% P
ND	ND	ND	2.3	4.2	4.2	% K
ND	ND	ND	18.31	5.14	5.14	C/N

39.687	86.645	90.232	74.179	102.445	102.445	COD g/l
46.49	15.42	11.92	ND	ND	ND	COD removal %

بينت النتائج تغيرات في المؤشرات المدروسة قبل عملية التخمير وبعدها، وكانت كالاتي:

انخفاض في نسبة المواد الصلبة الكلية TS% قبل التخمير عن مثيلاتها بعد انتهاء عملية التخمير حيث انخفضت نسبتها من (39.33) % إلى (17.09) % و (14.53) % في معاملة زرق الدجاج الخام وزرق الدجاج مع البادئ على الترتيب، أما في معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار فقد انخفضت من (43.79) % إلى (16.15) %. كما أن نسبة المواد الصلبة المتطايرة VS% قد تراجعت أيضاً من (70.99) % إلى (65.19) % و (61.67) % في معاملة زرق الدجاج الخام وزرق الدجاج مع البادئ على الترتيب، أما في معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار فقد انخفضت من (74.24) % إلى (50.4) %.

أما نسبة الرطوبة فقد ازدادت بعد انتهاء عملية التخمير من (60.67) % حتى (82.91) % في معاملة زرق الدجاج الخام و (85.47) % في معاملة زرق الدجاج مع البادئ، أما في معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار فقد ازدادت من (56.21) % إلى (83.85) %.

#### 1 - درجة الحموضة pH ونسبة C/N:

##### أ - معاملة زرق الدجاج الخام:

تراوحت قيمة درجة الحموضة pH خلال التجربة بين (5.9 - 8.47) إذ كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمير تعادل القيمة (7.92)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.9) وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمير، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة (Shah et al., 2014). أما نسبة من C/N كانت تعادل (5.14) وهي قيمة منخفضة جداً مقارنة بالنسبة المثلى التي تكون بحدود (20 - 30) (Khalid et al., 2011)، وبالتالي تستهلك البكتريا الكربون فيرتفع تركيز الأزوت والأمونيا. وهنا يلعب انخفاض كل من درجة الحموضة pH ونسبة C/N دوراً في توقف عملية إنتاج الغاز الحيوي من خلال تثبيط عمل البكتريا (Riya et al., 2016).

بعد ذلك ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة، وذلك حتى اليوم الحادي عشر من بداية عملية التخمير، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز الحيوي بسبب نشاط البكتريا المنتجة للميتان، التي تفضل درجة حموضة متعادلة = pH (6.7 - 7.5) (Deublein and Steinhauser, 2008)، ويوضح الشكل (1) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.

##### ب - معاملة زرق الدجاج مع البادئ:

أخذت قيمة درجة الحموضة pH ذات المنحى الذي أخذته في معاملة زرق الدجاج الخام وكانت نسبة C/N كما هي في معاملة زرق الدجاج الخام (5.14)، وهنا قد تم إضافة بادئ نقي أدى إلى رفع في كمية الغاز الحيوي الناتجة مقارنة مع معاملة زرق الدجاج الخام، حيث أن تراكيز البكتريا اللازمة لعملية تفكك وتحلل المواد العضوية كانت أكبر وبالتالي تستطيع إنتاج كمية أكبر من الغاز الحيوي وذلك حتى حد معين وهو انتهاء تركيز الكربون وبدء تراكم الأمونيا التي تثبط عمل البكتريا.

تراوحت قيمة pH بين (5.8 - 8.78)، إذ كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمير تعادل القيمة (7.96)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.8) وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمير، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة

المعتدلة وذلك حتى اليوم العاشر من بداية عملية التخمر، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز الحيوي، ويوضح الشكل (2) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.

### ج - معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار:

تراوحت قيمة درجة الحموضة pH خلال التجربة بين (5.77 - 7.33)، إذ كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (6.97)، ثم بدأت بالانخفاض إلى أدنى قيمة لها في اليوم الثالث للتجربة حيث أخذت القيمة (5.77) وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة. ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة وذلك حتى اليوم العاشر من بداية عملية التخمر. أما نسبة من C/N كانت تعادل (18.31) وهي نسبة قريبة من الحدود المثلى (20-30) لإنتاج الغاز الحيوي. وبالتالي هنا ترافق وجود قيمة عالية لنسبة C/N مع وجود تراكيز عالية من البادئ ودرجة حموضة معتدلة مع إنتاج أكبر كمية من الغاز الحيوي، كما في الشكل (ج).

### 2 - مؤشر COD:

أما مؤشر إزالة الـ COD فقد بلغت نسبة الإزالة القيمة (11.92) % في معاملة زرق الدجاج الخام، وارتفع معدل الإزالة إلى (15.42) % في معاملة زرق الدجاج مع البادئ، أما أعلى معدل إزالة لمؤشر COD فقد وصل إلى (46.49) % في معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار، وذلك خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً، وترافقت كل زيادة في نسبة إزالة COD مع زيادة في كمية الغاز الحيوي إذ أن كل إزالة لـ COD تعبر عن تحول المادة العضوية إلى غاز حيوي.

وتعد هذه النسبة قليلة مقارنة مع دراسة (Niu et al., 2015) التي بلغت فيها نسبة إزالة مؤشر COD قيمة تجاوزت (60) %، ويمكن أن يعود انخفاض مؤشر إزالة COD في هذه الدراسة إلى انخفاض في كمية المواد العضوية المتحللة من (70.99) % إلى (65.19) % التي يجب أن تتحول إلى غاز حيوي، إذ تحول فقط (8.17) % من مجمل المادة العضوية إلى غاز حيوي.

### ثانياً: الغاز الحيوي:

يوضح الجدول (2) كمية الغاز الحيوي اليومية الناتجة عن معاملات التجربة المختلفة وقيمة درجة الحموضة خلال التجربة.

الجدول (2): قيمة درجة الحموضة وكمية الغاز الحيوي الناتجة بشكل يومي خلال مراحل التخمر المختلفة

كمية الغاز الحيوي الناتجة (مل)			قيمة درجة الحموضة pH			المادة اليوم
زرق دجاج + بادئ+ أوراق أشجار	زرق دجاج + بادئ	زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ+ أوراق أشجار	زرق دجاج + بادئ	زرق دجاج خام	
0	0	0	6.97	7.96	7.92	1
0	0	0	6.02	7.31	7.35	2
0	0	0	5.77	6.91	6.93	3
138.66	0	0	6.71	6.24	6.29	4
252.66	5	0	6.96	5.8	5.9	5
250.66	19.66	1.5	7.01	6.7	6.8	6
226.33	43.33	4.3	7.1	6.91	6.85	7
203.33	77	9.2	7.23	6.99	6.88	8
313.66	88.66	21.4	7.33	7.06	6.95	9
488.66	94.66	26.7	6.95	7.15	6.99	10
329.33	86	34.3	6.76	7.23	7.01	11
239.33	74.66	22.6	6.71	7.6	7.16	12
164	66.66	18.66	6.98	7.87	6.98	13

133.33	47	16.1	7.07	8.03	7.07	14
166.66	6.33	11.51	7.2	8.27	7.39	15
203	0	1.58	7.31	8.46	287.	16
212	0	0	7.35	8.63	7.95	17
193.33	0	0	7.02	8.78	8.1	18
135	0	0	6.88	8.7	8.23	19
73	0	0	6.75	8.65	8.33	20
28.66	0	0	6.68	8.6	8.39	21
0	0	0	6.68	8.49	8.45	22
0	0	0	6.65	8.46	8.47	23
163.11	26.47	7.29	6.87	7.68	7.4	المتوسط (مل/يوم)
3751.67 a	608.96 b	167.85 c	ND	ND	ND	المجموع (مل/يوم) LSD5%=11.45
13642.42	1739.886	479.571	ND	ND	ND	مل/كغ
13.64	1.73	0.47	ND	ND	ND	م <sup>3</sup> /طن

(ND): غير محدد

## أ - معاملة زرق الدجاج الخام:

نتج عن تخمر (350) غ من زرق الدجاج الخام خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (167.85) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (7.29) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من زرق الدجاج الخام كمية تعادل (479.571) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. تتفق كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه المعاملة مع نتائج (Oyewole, 2010) الذي حصل على كمية قليلة من الغاز الحيوي (162.5) مل لكل (350) غ زرق خام متخمر، حيث كانت نسبة C/N منخفضة في كلا الدراستين بالتالي تم إنتاج كمية قليلة من الغاز الحيوي.

## ب - معاملة زرق الدجاج مع البادئ:

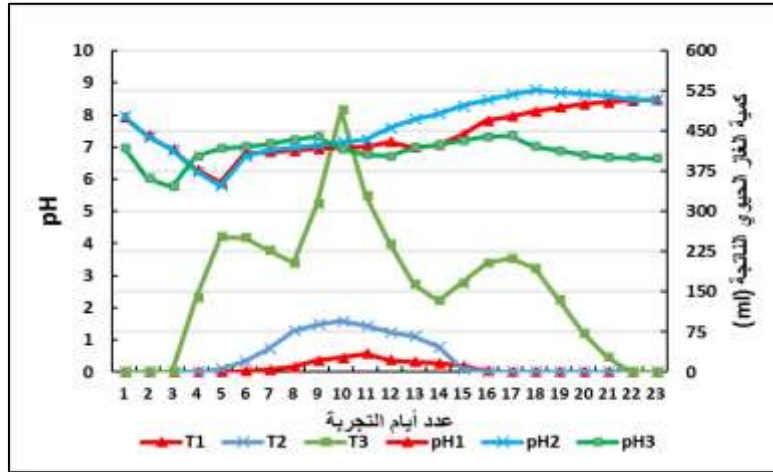
نتج عن تخمر (350) غ من زرق الدجاج مع البادئ خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (608.96) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (26.47) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير زرق الدجاج مع البادئ كمية تعادل (1739.886) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. توافقت هذه النتائج مع نتائج Seno and Nyoman حيث تبين أن إضافة البادئ تزيد من كمية الغاز الحيوي الناتجة بمقدار ضعفين مقارنةً بعدم إضافته (Seno and Nyoman, 2010).

## ج - معاملة زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار:

نتج عن تخمر (350) غ من خليط زرق الدجاج مع البادئ وأوراق الأشجار خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (3751.67) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (163.11) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير زرق الدجاج مع البادئ كمية تعادل (13642.42) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الرابع من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً بمقدار (138.66) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم الحادي والعشرين من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. أما أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي فقد كانت متوافقة مع نهاية التجربة في اليوم الحادي والعشرين بمقدار (28.66) مل، وأعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي فقد

كانت في اليوم العاشر من عملية التخمير بمقدار (488.66) مل، التي تراكفت مع درجة الحموضة المعتدلة (6.95) وهذا موضح في الشكل (1).

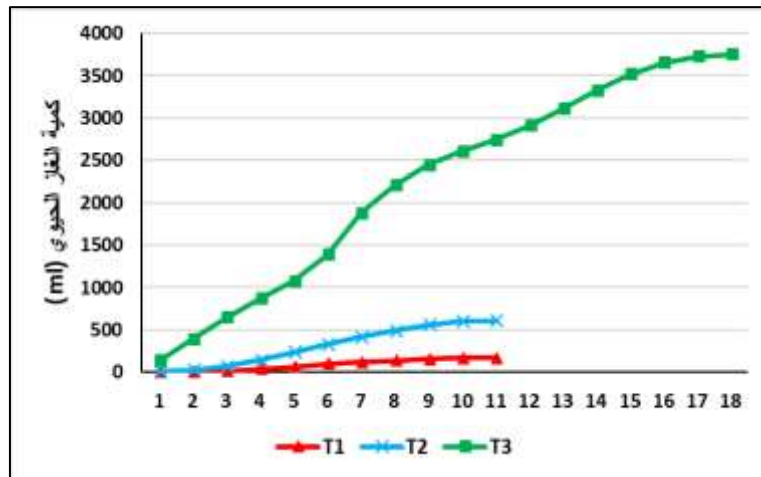
كانت كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه الدراسة أصغر من مثلتها في دراسة (Rouf *et al.*, 2015) والتي جرى فيها تخمير روث الأبقار مع أوراق الأشجار المعالجة بنسبة (1:1). يُعزى إنتاج كمية أكبر من الغاز الحيوي في دراسة Rouf إلى عدة أسباب أهمها: إجراء عملية معالجة وتخمير أولية للأوراق مما جعلها أكثر قابلية للتخمير الحيوي من قبل الأحياء الدقيقة، وأيضاً اختلاف تركيب مكونات الأوراق وروث الأبقار ونسبتها عن مكونات الأوراق وزرق الدجاج المستخدم في هذه الدراسة.



الشكل (1): كمية الغاز الحيوي الناتجة وتغيرات درجة الحموضة لمعاملات التجربة خلال مدة التخمير (23) يوم

#### 4 - كمية الغاز الحيوي التراكمية:

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق المعاملة (T3) بمعنوية عالية على كل من المعاملتين (T1) و (T2) عند مستوى معنوية 5%، إذ بلغت الكمية الناتجة القيم الآتية (167.85، 608.96، 3751.67) مل على الترتيب. حيث أن إضافة البادئ وأوراق الأشجار قد زادت بقيمة كبيرة ذات دلالة إحصائية من كمية الغاز الحيوي الناتجة وذلك من خلال توفر البكتيريا اللازمة لتفكيك المواد المعقدة إضافةً إلى نسبة C/N المثلى لعملية التخمير اللاهوائي. ويمكن ترتيب المعاملات تصاعدياً حسب الكمية الكلية الناتجة من الغاز الحيوي كالتالي (T1 < T2 < T3) كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): كمية الغاز الحيوي التراكمية الناتجة عن معاملات التجربة المختلفة



## الاستنتاجات:

1 - تم الحصول على كمية من الغاز الحيوي تعادل القيمة (167.85) مل عند تخمير زرق الدجاج الخام، مع نسبة إزالة لمؤشر COD (11.92) %، وتضاعفت هذه القيمة بحدود (3.62) مرة عند إضافة البادئ لزرق الدجاج بكمية عادت القيمة (608.96) مل مع نسبة إزالة لمؤشر COD (15.42) %.

3 - بلغت أفضل قيمة تم الحصول عليها من الغاز الحيوي عند إضافة كل من البادئ وأوراق الأشجار معاً إذ وصلت الكمية الناتجة فيها حتى (3751.6) مل وهي أكبر بـ (22.35، 6.16) مرة من تخمير كل من زرق الدجاج الخام وزرق الدجاج مع البادئ على الترتيب.

## التوصيات:

1 - اعتماد خلط زرق الدجاج الخام مع أوراق الأشجار لرفع كفاءة التحلل الحيوي وكمية الغاز الحيوي الناتجة.

2 - دراسة عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج بخلطه مع مخلفات عضوية أخرى حيوانية أو نباتية المنشأ لرفع كمية الغاز الحيوي الناتجة.

## المراجع:

جمال الدين، حسني محمد. (1992). التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية والعوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي. بحث مقدم في الدورة التدريبية حول استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي، جامعة القاهرة، مصر: 1-131 صفحة.

الشبلي، نضال؛ العفيف، رأفت والغضبان، صقر. (2014). تأثير المعالجة الأولية الميكانيكية لفرشة الدواجن في إنتاجية الغاز الحيوي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 30 (4): 226-257.

Abouelenien, F.; Namba, Y.; Nishio, N; and Nakashimada, Y. (2016). Dry co-digestion of poultry manure with agriculture wastes. *Appl. Biochem. Biotechnol*, 178 (5): 932-946.

APHA. (1999). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association and Water Environment Federation, Washington DC.

APHA. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association and Water Environment Federation.

Bong, CP.; Lim, LY.; Lee, CT.; Klemeš, JJ.; Ho, CS. and Ho, WS. (2018). The characterisation and treatment of food waste for improvement of biogas production during anaerobic digestion-A review. *Journal of cleaner production*, 172: 1545-1558.

Bremner, JM. And Mulvaney CS. (1982). Nitrogen-Total 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methods of soilan2), 595-624.

Deublein, D and Steinhauser, A. (2008). Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim: Willey-VCH, 2008.

Ekwenchi, MM. and Yaro, MN. (2010). Gaseous fuel Production Anaerobic fungal degradation of banana leaves. *Chem search Journal*, 1(1): 28-32.

Elasri, O. and El amin Afilal, M. (2016). Potential for biogas production from the anaerobic digestion of chicken droppings in Morocco. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(3): 195-204.

El-Mashad, HM. and Zhang, R. (2010). Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource technology*, 101(11): 4021-4028.

- Jang, HM.; Kim, MS.; Kim, JO.; Kim, YM. and Park JM. (2016). Effect of increased load of high-strength food wastewater in thermophilic and mesophilic anaerobic co-digestion of waste activated sludge on bacterial community structure. *Water Res*, 99:140–148.
- Janke, L.; Weinrich, S., Leite; AF., Schüch; A., Nikolausz; M., Nelles; M. and Stinner, W. (2017). Optimization of semi-continuous anaerobic digestion of sugarcane straw codigested with filter cake: effects of macronutrients supplementation on conversion kinetics, *Bioresour Technol*, 245:35–43.
- Li, R.; Duan, N.; Zhang, Y.; Liu, Z.; Li, B.; Zhang, D.; and Dong, T. (2017). Co-digestion of chicken manure and microalgae *Chlorella* 1067 grown in the recycled digestate: Nutrients reuse and biogas enhancement. *Waste Management*, 70: 247-254.
- Lo, KV.; Carson, WM. and Jeffers, K. (1981). A computer-aided design programme for biogas production from animal manure. *Livestock waste: A renewable Resource*, 141:133-135.
- Madsen, M.; Holm-Nielsen, JB. and Esbensen, KH. (2011). Monitoring of anaerobic digestion processes: A review perspective. *Renewable Sustainable Energy Rev*, 15 (6): 3141–3155.
- Matheri, AN.; Belaid, M.; Seodigeng, T. and Ngila, JC. (2016). The role of trace elements on anaerobic co-digestion in biogas production. In *Proceedings of the World Congress on Engineering*, London, UK, 80 (29): 756-764.
- Nghiem, LD.; Koch, K.; Bolzonella, D. and Drewes, JE. (2017). Full scale co-digestion of wastewater sludge and food waste: bottlenecks and possibilities. *Renew Sustain Energy Rev*, 72:354–362.
- Niu, Qigui; Takemura Y; Kubota, K and Yu-You, L. (2015). Comparing mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of chicken manure: microbial community dynamics and process resilience. *Journal of Waste management*, 43:114-122.
- Olufunmi, AO. (2014). Microbiological potentials of co-digestion of chicken droppings and banana peels as substrates for biogas production. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(4): 1088-1092.
- Oyewole, OA. (2010). Biogas production from chicken droppings. Federal University of Technology. Nigeria. *Science World Journal*, 5 (4):11-14.
- Pecchi, M. and Baratieri, M. (2019). Coupling anaerobic digestion with gasification, pyrolysis or hydrothermal carbonization: a review. *Renew Sustain Energy Rev*, 105:462–475.
- Ren, Y.; Yu, M.; Wu, C.; Wang, Q.; Gao, M.; Huang, Q. and Liu, Y. (2018). A comprehensive review on food waste anaerobic digestion: research updates and tendencies. *Biores Technol*, 247:1069–1076.
- Rouf, M.A.; Islam, M.S.; Rabeya, T. and Mondal, A.K. (2015). Anaerobic digestion of mixed dried fallen leaves by mixing with cow dung. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.*, 50(3): 163-168.
- Reuter, D. and Robinson, JB. (1997). *Plant analysis: an interpretation manual*. (2<sup>nd</sup> edition). CSIRO publ., Australia.
- Schnürer, A.; Bohn, I. and Moestedt, J (2016). Protocol for start-up and operation of CSTR biogas processes. In: McGinity TJ, Timmis KN and Nogales B. *Hydrocarbon and lipid microbiology protocols: bioproducts, biofuels, biocatalysts and facilitating tools*. Springer, Berlin, pp 171–200.
- Seno, J. and Nyoman, I. (2010). The effect of feed to inoculum ratio on biogas production rate from cattle manure using rumen fluid as inoculum. *International Journal of Science and Engineering*, 1(2): 41-45.

- Sukhesh, MJ., and Rao, PV. (2019). Investigating the Effect of Anaerobic Co-digestion of Poultry Manure with Lawn Grass Cuttings. In *Advances in Waste Management* (pp. 345-354). Springer, Singapore.
- Tan, HK. (1996). *Soil sampling, preparation and analysis* Marcel Dekker. Development and Climate Change, New York.
- Vasco-Correa, J.; Khanal, S.; Manandhar, A. and Shah, A. (2018). Anaerobic digestion for bioenergy production: global status, environmental and techno-economic implications, and government policies. *Biores Technol*, 247:1015–1026. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.004>.
- Walkley, A. and Black, A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Zahan, Z.; Georgiou, S.; Muster, TH. And Othman, MZ. (2018). Semi-continuous anaerobic co-digestion of chicken litter with agricultural and food wastes: a case study on the effect of carbon/nitrogen ratio, substrates mixing ratio and organic loading. *Bioresource technology*, 270: 245-254.
- Zahan, Z.; Othman, MZ; and Rajendram, W. (2016). Anaerobic codigestion of municipal wastewater treatment plant sludge with food waste: a case study. *BioMed Res. Int*.
- Zhang, T.; Yang, Y.; Liu, L.; Han, Y.; Ren, G.; and Yang, G. (2014). Improved biogas production from chicken manure anaerobic digestion using cereal residues as co-substrates. *Energy and fuels*, 28(4): 2490-2495.

## **Effect of Adding Starter and Tree Leaves to Poultry Droppings on Biogas Production**

**Tofek Othman<sup>(1)</sup>, and Omaima Naser**

(1) Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(\*Corresponding author: Tofek Othman, E-Mail: [tofek.osman@gmail.com](mailto:tofek.osman@gmail.com)).

Received:18/08/2021 Accepted:11/01/2022

### **Abstract:**

The study aimed to improve the yield of biogas production during the anaerobic fermentation process of raw poultry droppings (PD) during the year (2018) from the layers farm (Al-jremkia) site which is affiliated to Agriculture Directorate in Lattakia. Then PD was mixed with starter (S) then it was mixed with both starter and tree leaves (TL). Three treatments from poultry droppings were prepared and each one was repeated (9) times. The first treatment was raw poultry droppings (T1), the second treatment was poultry droppings with starter, and the third was poultry droppings with both starter and tree leaves. The results showed that treatment (T3) was significantly superior to both treatments (T2, T1) in the amount of biogas produced at a significant level of (5) %, as the amount of biogas produced for each of them reached (3751.67, 608.67, 167.85) ml, respectively during (23) days.

**Keywords:** poultry droppings, anaerobic fermentation, starter, tree leaves, biogas.