

عزل وتعريف بعض أنواع البكتريا من زرق الدجاج الخام وأثر إضافتها 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

تاريخ الاستلام: 2021/04/18 تاريخ القبول: 2021/10/3

الملخص:

هدفت الدراسة إلى عزل بكتريا نشطة خلال عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج (PD) الذي تم جمعه من موقع مدجنة البياض التابعة لمديرية زراعة اللاذقية وذلك خلال العام (2018)، حيث تم الحصول على (4) عزلات جرثومية نقية، بعدها تمت دراسة الصفات الشكلية والمزرعية لها، والقيام بالاختبارات الحيوية الكيميائية. وتم تصنيف هذه العزلات كالتالي: *Staphylococcus*، *Bacillus badius*، *Pseudomonas oleovornas*، *Methanobacterium sp. aureus*. بعد ذلك تمت مكائرتها وحفظها بشكل بادئ نقي. تم تحضير معاملتين من زرق الدجاج الخام وكُررت كل منها (9) مرات، الأولى تم تخميرها بدون إضافة البادئ (T1)، في حين أن الثانية أُضيف لها البادئ (T2). أظهرت النتائج تفوق المعاملة (T2) معنوياً على المعاملة (T1) في كمية الغاز الحيوي الناتجة، إذ بلغت هذه الكمية (608.96) مل و(167.85) مل خلال مدة ثلاثة وعشرين يوماً على التوالي.

الكلمات المفتاحية: زرق دجاج، بكتريا، بادئ، تخمر لاهوائي.

المقدمة:

ازدادت خلال العقود الأخيرة تربية الدواجن نتيجة للحاجة الملحة لمنتجاتها (بيض، لحم)، وهذا ما أدى إلى إنتاج كميات كبيرة من مخلفاتها كالزرق الذي يعد ملوثاً بيئياً في حال عدم اتباع الأساليب المناسب لمعالجته، حيث ينتج عنه غازات ضارة مثل الأمونيا كما يمكن أن يصل إلى المياه الجوفية ويلوثها (Abouelenien et al., 2010; Scarlat et al., 2018; Wang et al., 2019).

تعد عملية التخمير اللاهوائي عملية كيميائية حيوية يتم فيها تحليل المواد العضوية إلى مركبات بسيطة بواسطة الأحياء الدقيقة في ظروف لاهوائية، وتتوفر نسبة عالية من الرطوبة، مع عوامل ملائمة أخرى لزيادة نشاط هذه الكائنات (Kelleher et al., 2002; Sürmeli et al., 2019).

ويُعرّف الغاز الحيوي بأنه الغاز الناتج عن عملية التخمير اللاهوائي للمواد العضوية بواسطة الأحياء الدقيقة، ويتكون من عدة غازات أهمها غاز الميثان (CH_4) الذي يشكل نسبة (50-70)% وثنائي أكسيد الكربون (CO_2) الذي يشكل نسبة (30-60)%، وغازات أخرى بنسبة ضئيلة مثل غاز الهيدروجين (H_2) الذي يمكن أن يشكل (0-10)%، وغاز كبريت

الهيدروجين (H_2S) الذي تتراوح نسبته بين (0-3%) (Kossmannm et al., 1997). تحدث عملية التخمير اللاهوائي خلال أربع مراحل، وتعمل ضمن هذه المراحل عدة مجموعات من الأحياء الدقيقة، وتُلخص هذه المراحل كالاتي:

المرحلة الأولى: الحلمة Hydrolysis:

تعمل الأحياء الدقيقة على تحطيم وحلمة المواد العضوية ذات الأوزان الجزيئية العالية (المعقدة)، وتحويلها إلى مواد أولية ذات أوزان جزيئية أقل، وذلك من خلال الأنزيمات التي تفرزها (Chen and Neibling, 2014).

مرحلة التخمير وإنتاج الأحماض Acidogenesis:

يتم فيها استقلاب السكريات والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية الناتجة عن التحلل الميكروبي للبوليمرات الحيوية تبعاً، وذلك من خلال بكتيريا التخمير (Fermentative Bacteria)، فتنتج العديد من المركبات أهمها اللاكتات والبروبيونات الخلات والإيتانول وثنائي أكسيد الكربون والهيدروجين، وتعد هذه المرحلة هي الأسرع في عملية التخمير اللاهوائي (Chen and Neibling, 2014).

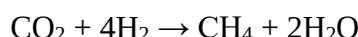
المرحلة الثالثة: مرحلة إنتاج حمض الخل Acetogenesis:

تقوم بكتيريا الخل (Acetogenic Bacteria) بتحويل ما تبقى من الأحماض العضوية والكحول إلى حمض الخل وغاز الهيدروجين، ويعد حمض الخل هو الأكثر أهمية في المراحل اللاحقة لإنتاج غاز الميثان، إذ ينتج بكمية كبيرة في هذه المرحلة، وتكون بكتيريا الميثان قادرة بسهولة على استخدامه (Miyamoto, 1997).

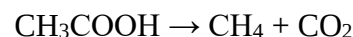
المرحلة الرابعة: إنتاج غاز الميثان Methane Production:

تتحول الركائز الناتجة من المرحلة السابقة إلى غاز الميثان (CH_4) من خلال البكتيريا المنتجة للميثان Methanogenic Bacteria، وهذه البكتيريا تضم ثلاث مجموعات (Chen and Neibling, 214) وهي:

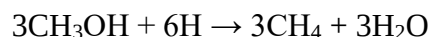
(a) **Hydrogenotrophic Methanogens**: تقوم بتحويل غاز ثنائي أكسيد الكربون وغاز الهيدروجين إلى غاز الميثان



(b) **Acetotrophic Methanogens**: تقوم بتحويل حمض الخل إلى غاز الميثان، ويتم إنتاج معظم الميثان بهذه الطريقة (70% تقريباً)



(c) **Methylootrophic Methanogens**: تقوم هذه المجموعة بتحويل الميثانول إلى غاز الميثان



إضافة البادئ (Starter):

يحتاج المخمر الحيوي لوجود الأحياء الدقيقة ليتم تنشيطه وتشغيله، ويكون تركيز وتكاثر هذه الأحياء منخفضاً في المراحل الأولى للتشغيل، لذلك من الضروري إضافة بادئ من مصدر آخر أو من مخمر آخر نشيط، ويجب أن يكون حجم البادئ يعادل (5-25) % من حجم محلول التخمير، إذ تؤدي إضافة البادئ إلى زيادة كبيرة في إنتاج الغاز الحيوي، وارتفاع في نسبة غاز الميثان (جمال الدين، 1992). حيث يعمل البادئ على تفكيك المادة العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة، كما يساهم في بدء وإسراع عملية التخمير اللاهوائي وبالتالي زيادة في كمية الغاز الحيوي الناتجة (Shah et al., 2014).

قام Oyewole (2010) بإجراء تجربة لإنتاج الغاز الحيوي من زرق الدجاج في نيجيريا، إذ قام بخلط (2.8) كغ من الزرق مع (3.7) لتر من الماء. بدأ انطلاق الغاز الحيوي في اليوم السابع من التجربة ووصل إلى أعلى إنتاج بعد ثلاثة أسابيع من التجربة (72.2) مل/كغ، وتوصلت الدراسة إلى عزل مجموعتين من البكتيريا، الأولى من المجموعة الحامضية، وتضم الأنواع الآتية:

Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Escherichia coli.

والثانية من مجموعة البكتيريا المنتجة للميثان، وتضم الأنواع الآتية:

Methanobacterium sp., Methanococcus sp.

أجرى Wang وآخرين (2012) عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج حيث أجريت التجربة في درجة حرارة (35) مئوية واستمرت لمدة (30) يوماً، وتم إضافة بادئ من مخمر آخر نشط لم يتم تحديد الأنواع فيه، بينت النتائج أنه تم الحصول على كمية من الغاز الحيوي تعادل (311.4) مل/غ من المواد الصلبة القابلة للتطاير VS.

وجد Alimam وآخرين (2013) عندما أجروا تجربة لإنتاج الغاز الحيوي من زرق الدجاج في بنغلادش، أنه عند تخمير (3.5) كغ من زرق الدجاج كانت كمية الغاز الحيوي الكلية الناتجة (58000) مل/كغ، وكانت أكبر كمية من الغاز الحيوي الناتج في اليوم الثامن للتجربة وقدرت بـ (0.026) م³.

درس أيضاً الشبلي وآخرون (2014) تأثير المعالجة الأولية الميكانيكية لفرشة الدجاج على إنتاج الغاز الحيوي، أظهرت النتائج أن تصغير الحجم إلى جزيئات بأقطار (1) ملم أدى إلى زيادة في إنتاج الغاز الحيوي (469.73) لتر/كغ من المادة الجافة مقارنة مع العينات غير المعالجة.

تعود أهمية هذا البحث من خلال معالجة زرق الدجاج بالطرائق الحيوية ورفع قيمته الاقتصادية من خلال إجراء عملية التخمير اللاهوائي عليه وإنتاج مصدر طاقة متجددة يدعى بالغاز الحيوي. أما أهداف البحث فقد تجلت في عزل وتوصيف الأحياء الدقيقة التي تعمل على تفكيك وتحليل وتخمير المكونات الأساسية لزرق الدجاج، ثم إضافة هذه الأحياء للزرق (كبادئ) لمعرفة تأثيرها على إنتاج الغاز الحيوي.

مواد البحث وطرائقه

1 - موقع الدراسة:

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

2 - جمع العينات:

تم جمع العينات 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.

3 - الأوساط الغذائية المستخدمة لتنمية الأحياء الدقيقة:

تم عزل البكتيريا وتغريتها وتوصيفها، بإجراء مجموعة من الاختبارات الشكلية والمزرعية والبيوكيميائية على الأوساط الزرعية الآتية: الأغار المغذي السائل Nutrient Broth NB والأغار المغذي الصلب Nutrient agar NA كوسطين عامين،

وتم استخدام الأوساط الآتية لتفريق وتمييز الأحياء الدقيقة وهي من إنتاج شركة (Merk) الألمانية: Simmons citrate ، KF Streptococcal Agar Base ، Endo agar ، Eosin methylene blue ، Kligler Iron Agar ، agar Methanobacterium Medium ، Salmonella Shigella (SS) Agar ، Pseudomonas Citrimid Agar (DSMZ119)، Thioglycolate broth.

4 - 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.

5 - تصميم التجارب:

تم تصميم التجارب في المخمرات المخبرية المتوفرة وذلك بتوزيع المعاملات المدروسة على الوحدات التجريبية بطريقة عشوائية كاملة وبعدها تم إجراء اختبار (T-Test) لمعرفة معنوية الفروق بين المعاملتين عند مستوى (5)%. تم اعتماد نظام الدفعة الواحدة أي التغذية لمرة واحدة فقط حتى انتهاء عملية التخمر. وقد كانت المعاملتين كالاتي: الأولى (T1) زرق دجاج خام، والثانية زرق دجاج مع بادئ (T2)، بعدها تمت إضافة الماء حتى الوصول إلى نسبة مادة جافة (8) %، ثم 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- 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 (Ekwonchi and Yaro, 2010).

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

6 - عزل البكتريا وتوصيفها:

تمت عملية عزل البكتريا والكشف عن هويتها اعتماداً على الطرائق العالمية (Cowan, 1974)، إذ أخذ (1) مل من كل مخمر خلال مراحل التخمر المختلفة، وتمت عملية تخفيف وذلك بوضع (1) مل من العينة في أنبوب يحوي (9) مل ماء مقطر ومعقم، ومزجت جيداً ليصبح التركيز (10^{-1})، ثم نُقل (1) مل من الأنبوب الأول إلى أنبوب ثاني يحوي (9) مل ماء مقطر ومعقم ليصبح التركيز (10^{-2}) وهكذا حتى الوصول للتركيز (10^{-5})، ثم تم أخذ مقدار إبرة تلقيح من كل أنبوب وزُرعت على الوسط المغذي العام (Nutrient agar) بطريقة التخطيط، ثم حُضنت على درجة حرارة (37) درجة مئوية لمدة (48) ساعة.

بعد ذلك تم الحصول على مستعمرات كثيفة ومختلطة، وتم تفريق هذه المستعمرات وزراعتها على أوساط جديدة بطريقة التخطيط للحصول على مستعمرات نقية، ثم تمت دراسة الصفات العامة على الأوساط الزرعية (شكل المستعمرة، لونها، ملمسها)، والصفات الشكلية (شكل الخلايا، أبعادها، صبغة غرام، الحركة)، والاختبارات البيوكيميائية (الأكسيداز، الكاتالاز،

النترات، إسالة الجيلاتين، اختبار السترات، الأندول، تخمر السكريات، التخمر الكحولي... إلخ)، إذ تمت هذه الاختبارات من أجل تحديد جنس ونوع البكتريا في العينات المدروسة.

7 - التحاليل الفيزيائية والكيميائية: حددت 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 كلاهل (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 قدر 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 (2) Lo et al., 1981):

$$Y = X [(TS_{man} - TS_{dig}) / TS_{dig}] \quad (2)$$

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

TS_{man} = تركيز المواد الصلبة الكلية في المادة المراد تمديدها %، TS_{dig} = تركيز المواد الصلبة الكلية المراد الوصول إليه %.

تم أخذ عينات من كلا المعاملتين وذلك قبل البدء بعملية التخمر وبعد انتهائها، وتم عليها إجراء التحاليل السابقة (COD، MC، C/N، OM، TS)، أما قيمة درجة الحموضة pH فقد تم قياسها بشكل يومي خلال عملية التخمر.

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

VS = المواد الطيارة (غ مادة طيارة / غ مادة صلبة)، $M1$ = كتلة المادة الجافة (غ)، $M2$ = كتلة المادة المجففة على حرارة (550) درجة مئوية (غ). بعد ذلك تمت إضافة البادئ إلى المخمرات وذلك بتركيز (10^8) خلية/مل.

بعدها تمت دراسة كل من الصفات المزرعية والشكلية (شكل الخلايا، طولها، عرضها، صبغة غرام، تكوين الأبواغ، الحركية) والاختبارات البيوكيميائية (تخمر السكريات، تحمل الملوحة) والنمو على بعض الأوساط (EMB agar، MacConkey agar، SS agar، E.coli) للعينات المعزولة.

النتائج والمناقشة:

عزل البكتيريا من نموذج زرق الدجاج الخام وتصنيفها:

بعد دراسة كل من الصفات المزرعية والشكلية والاختبارات البيوكيميائية والنمو على بعض الأوساط للعينات المعزولة من زرق الدجاج الخام تم تبويب النتائج وفق الجداول (1)، (2)، (3) وتم تصنيفها وفق الطرائق العالمية، وتم تحديد (4) عزلات بكتيرية هي (A)، (B)، (C)، (D).

الجدول (1) الصفات الشكلية للعزلات البكتيرية

اسم العزلة	A	B	C	D
شكل الخلايا	عصيات	عصيات قصيرة	مكورات عنقودية	عصيات خيطية
العرض μm	1.2 – 0.8	0.8 – 0.5	1 – 0.8	0.5
الطول μm	5 – 2.5	2.5 – 1.2		2.5 – 2
صبغة غرام	+	-	+	+
الأبواغ الداخلية	+	-	-	-
الحركية	+	+	-	-

الجدول (2) الاختبارات البيوكيميائية للعزلات البكتيرية

اسم العزلة	A	B	C	D
الحاجة للأوكسجين	+	+	±	+
الكاتالاز	+	+	+	ND
الأوكسيداز	-	+	-	ND
انحلال الدم	+	Alpha	+	ND
اليورياز	-	-	+	ND
أحمر الميثيل	-	-	+	ND
فوكس بروسكار	-	-	+	ND
H ₂ S	-	-	-	ND
إسالة الجيلاتين	+	+	+	ND
خلات	-	+	-	ND
الاندول	-	-	-	ND
النترات	-	-	+	ND
السترات	-	+	+	ND
غليسيرول	-	ND	+	ND
الارجينين	+	+	+	ND
الأورنيثين	-	-	-	ND
إيسكولين	-	-	-	ND
فينيل ألانين	-	-	ND	ND

(+) الاختبار إيجابي، (-) الاختبار سلبي، (V) الاختبار باحتمالين، (ND) غير محدد

الجدول (3) الاختبارات البيوكيميائية - تخمر السكريات - للعزلات البكتيرية

اسم العزلة	A	B	C	D
الغلوكوز	-	-	+	ND
الأرابينوز	-	-	-	ND
اللاكتوز	-	-	+	ND
السكرز	-	-	+	ND
الفركتوز	-	+	+	ND

ND	-	-	-	كزيلوز
ND	+	-	-	مالتوز
ND	-	-	-	رافينوز
ND	+	-	+	تريلوز
ND	+	-	-	مانوز
ND	+	+	-	مانيتول
ND	ND	-	-	سوربيتول
ND	-	+	-	سيلوبيوز
ND	ND	-	-	جالاكتيتول(دولكيتول)
ND	ND	-	-	اينوزيتول
ND	ND	ND	+	النمو عند 10°C
ND	ND	ND	+	النمو عند 15°C
ND	ND	ND	+	النمو عند 45°C
ND	ND	ND	+	NaCl 5 %
ND	ND	ND	+	NaCl 7.5%

(+) الاختبار إيجابي، (-) الاختبار سلبي، (ND) غير محدد

كما تم تنمية عينات زرق الدجاج الخام على أوساط انتخائية مثل EMB و MacConkey و E.coli agar و SS- agar، إذ لم تحقق السلالات البكتيرية (A) و (C) نمو على هذه الأوساط، كما هو موضح في الجدول (4).

الجدول (4) اختبارات نمو العزلات البكتيرية على بعض الأوساط الاصطناعية

اسم العينة	النمو على وسط EMB	النمو على وسط MacConkey	النمو على وسط SS	النمو على وسط E.coli
A	-	-	-	-
B	ND	ND	ND	ND
C	-	-	-	-
D	-	-	-	-

(+) الاختبار إيجابي، (-) الاختبار سلبي، (ND) غير محدد

تبين من نتائج الاختبارات أن العزلات البكتيرية هي كالتالي: (A): *Bacillus badius*، (B): *Pseudomonas*، (C): *Staphylococcus aureus*، (D): *Methanobacterium sp.*

بمقارنة نتائج الدراسة الحالية مع عدة دراسات سابقة تبين أن:

بينت نتائج الدراسة ظهور النوع *Bacillus badius* وهذا ما يتوافق مع عدد من الدراسات التي بينت أن هذا النوع ينشط في مرحلة الحلمة ويفرز عدة أنزيمات أهمها أنزيم البروتياز الذي يحول البروتينات إلى أحماض أمينية، وأنزيم الأميلاز الذي يؤدي إلى تحلل النشا إلى سكريات بسيطة، أيضاً يمكن لبعض الأنواع أن تفرز إنزيم السيلولاز (Cellulase) الذي يعمل على حلمة السيلولوز إلى وحدته الأساسية سكر الجلوكوز (Oyewol, 2010; Dahuns et al., 2016).

كما بينت نتائج الدراسة ظهور النوع *Staphylococcus aureus* وهذا ما يتوافق مع عدد من الدراسات التي بينت أن هذا النوع ينشط في مرحلة إنتاج الأحماض والخلات. وهو يستطيع أن يقوم باستقلاب العديد من السكريات -التي نتجت من مرحلة الحلمة- مثل سكر الجلوكوز والمانوز واللاكتوز، لينتج عن هذا الأخير حمض اللاكتيك (اللبن) (Oyewol, 2010; Olufunmi, 2014).

وتبين وجود النوع *Pseudomonas oleovorans* وهذا ما يتوافق مع عدد من الدراسات التي بينت أن هذا النوع ينشط في مرحلة إنتاج الأحماض والخلات، ويمكنه أن يفرز إنزيم السيلولاز (Cellulase) الذي يعمل على تحليل السيلولوز (Oyewol, 2010; Olufunmi, 2014; Dahunsi et al., 2016).

كما أشارت النتائج إلى ظهور الجنس *Methanobacterium* وهذا ما يتوافق مع عدد من الدراسات التي بينت أن هذا النوع ينشط هذا النوع في مرحلة إنتاج الميثان، ويستطيع هذا الجنس أن يقوم بتحويل غاز ثنائي أكسيد الكربون وغاز الهيدروجين إلى غاز الميثان (Oyewole, 2010; Niu et al., 2015a,b).

نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية:

تم حساب قيم المؤشرات المدروسة لكل معاملة قبل بدء عملية التخمير وبعد انتهائها، وقد تم إيضاح هذه القيم في الجدول (5).

الجدول (5) قيم المؤشرات المدروسة في معاملات الدراسة المختلفة

المؤشر المدروس	المادة المدروسة		قبل التخمير		بعد التخمير	
	المؤشر المدروس		زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ نقى	زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ نقى
% MC			60.67 b *	60.67 b	82.91 a	85.47 a
% TS			39.33 a	39.33 a	17.09 b	14.53 b
% VS of TS			70.99 a	70.99 a	65.19 b	61.67 b
% OM			27.9 a	27.9 a	ND	ND
% N			3.15 a	3.15 a	0.89 b	1.45 b
% P			3.75 a	3.75 a	ND	ND
% K			4.2 a	4.2 a	ND	ND
C/N			5.14 a	5.14 a	ND	ND
COD g/l			102.445 a	102.445 a	90.232 b	86.645 b
COD removal %			ND	ND	46.49 a	15.42 b

(ND) غير محدد، (*) تشير إلى أن عدم وجود فروق معنوية بين الأحرف المتشابهة في نفس السطر

نتائج قيمة درجة الحموضة وكمية الغاز الحيوي:

يبين الجدول (6) قيمة درجة الحموضة وكمية الغاز الحيوي الناتجة عن عملية التخمير.

الجدول (6): قيمة درجة الحموضة وكمية الغاز الحيوي الناتجة خلال مراحل التخمير المختلفة

اليوم	قيمة درجة الحموضة pH		كمية الغاز الحيوي الناتجة (مل)	
	زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ	زرق دجاج خام	زرق دجاج + بادئ
1	7.92	7.96	0	0
2	7.35	7.31	0	0
3	6.93	6.91	0	0
4	6.29	6.24	0	0
5	5.9	5.8	0	5
6	6.8	6.7	1.5	19.66
7	6.85	6.91	4.3	43.33
8	6.88	6.99	9.2	77

88.66	21.4	7.06	6.95	9
94.66	26.7	7.15	6.99	10
86	34.3	7.23	7.01	11
74.66	22.6	7.6	7.16	12
66.66	18.66	7.87	6.98	13
47	16.1	8.03	7.07	14
6.33	11.51	8.27	7.39	15
0	1.58	8.46	287.	16
0	0	8.63	7.95	17
0	0	8.78	8.1	18
0	0	8.7	8.23	19
0	0	8.65	8.33	20
0	0	8.6	8.39	21
0	0	8.49	8.45	22
0	0	8.46	8.47	23
26.47	7.29	7.68	7.4	المتوسط (مل/يوم)
608.96	167.85	ND	ND	المجموع (مل/23 يوم)
1739.886	479.571	ND	ND	مل/كغ/يوم
1.73	0.47	ND	ND	م ³ /طن

(ND): غير محدد

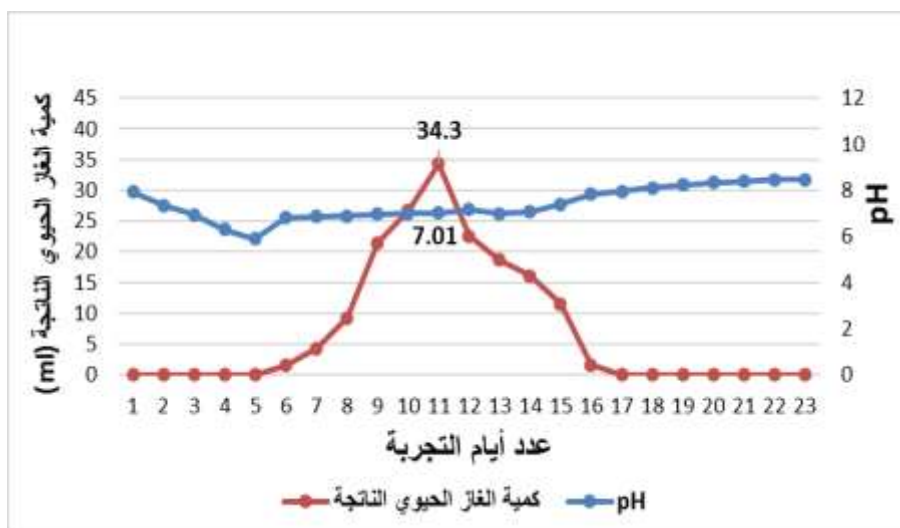
نتائج تخمر زرق الدجاج الخام:

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

تفوقت نسبة المواد الصلبة الكلية TS% ونسبة المواد الصلبة المتطايرة VS% قبل التخمر عن مثيلاتها بعد انتهاء عملية التخمر بمعنوية عالية حيث انخفضت نسبتهما من (39.33)% إلى (17.09)%, ومن (70.99)% إلى (65.19)% على التوالي. أما نسبة الرطوبة فقد ازدادت حتى (82.91)% بعد انتهاء عملية التخمر وهي بذلك تفوقت بمعنوية عالية عن مثيلاتها قبل عملية التخمر. في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.8 - 8.7) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (167.85) مل خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً، وقد تم دراسة هذه المؤشرات كالاتي:

درجة الحموضة pH:

تراوحت قيمة درجة الحموضة pH خلال التجربة بين (5.9 - 8.47) إذ كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (7.92)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.9) وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمر، وذلك بسبب نشاط مجموعة الأحياء الدقيقة المنتجة للأحماض في هذه المرحلة (Shah et al., 2014). أدى هذا الانخفاض في درجة الحموضة إلى إنتاج كمية منخفضة من الغاز الحيوي، ثم ارتفعت قيمة درجة الحموضة لتصبح قريبة من الدرجة المعتدلة، وذلك حتى اليوم الحادي عشر من بداية عملية التخمر، وترافق ذلك مع إنتاج أكبر كمية من الغاز الحيوي بسبب نشاط البكتيريا المنتجة للميثان، 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.



الشكل (1) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر زرق الدجاج الخام خلال مدة ثلاثة وعشرين يوماً

بعد ذلك ارتفعت قيمة درجة الحموضة pH لتصبح قلوية (7.82) في اليوم السادس عشر من عملية التخمير، وترافق ذلك مع انخفاض في كمية الغاز الحيوي الناتجة وصولاً إلى عدم إنتاج أي كمية للغاز الحيوي في اليوم السابع عشر من عملية التخمير. يمكن تفسير ذلك بارتفاع قيمة الأمونيا التي تؤدي إلى ارتفاع قيمة الـ pH لتصبح قلوية، وتعد هذه الدرجة سامة للبكتيريا المنتجة للميثان، مما يقلل ويوقف عملية إنتاج الغاز الحيوي (Fotidis et al., 2013). إن أكبر قيمة لدرجة الحموضة كانت (8.47)، وذلك في اليوم الثالث والعشرين من عملية التخمير، وأقل قيمة لدرجة الحموضة كانت (5.9)، وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمير، أما القيمة المتوسطة لدرجة الحموضة قدرت بـ (7.4) خلال عملية التخمير التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً.

نسبة C/N:

إن نسبة C/N ضرورية لنمو ونشاط الأحياء الدقيقة المنتجة للغاز الحيوي، فقد كانت هذه النسبة في معاملة زرق الدجاج الخام تعادل (5.14) وهي منخفضة جداً مقارنة بالنسبة المثلى التي تكون بحدود (20 – 30) (Khalid et al., 2011)، وهذه أدت إلى انخفاض في كمية الغاز الحيوي الناتجة إذ تم إنتاج (167.85) مل من الغاز الحيوي عند تخمير (350) غ من زرق الدجاج الخام. يمكن تفسير الانخفاض في كمية الغاز الناتجة أثناء عملية التخمير بأن نسبة C/N كانت منخفضة (Riya et al., 2016)، بالإضافة إلى دور الأمونيا في عملية التثبيط.

مؤشر COD:

أما مؤشر إزالة الـ COD فقد بلغت نسبة الإزالة القيمة (11.92)% فقط، وذلك خلال مدة التخمير التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً، وترافق ذلك مع إنتاج كمية قليلة من الغاز الحيوي، وتعد هذه النسبة قليلة مقارنة مع دراسة (Niu et al., 2015a) 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.

الغاز الحيوي:

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.

كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم السادس من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً بمقدار (1.5) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم السابع عشر من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. أما أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي فقد كانت متوافقة مع بداية انطلاق الغاز الحيوي وذلك في اليوم السادس من عملية التخمر بمقدار (1.5) مل، وأعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي، فقد كانت في اليوم الحادي عشر من عملية التخمر بمقدار (34.3) مل، التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (7.01).

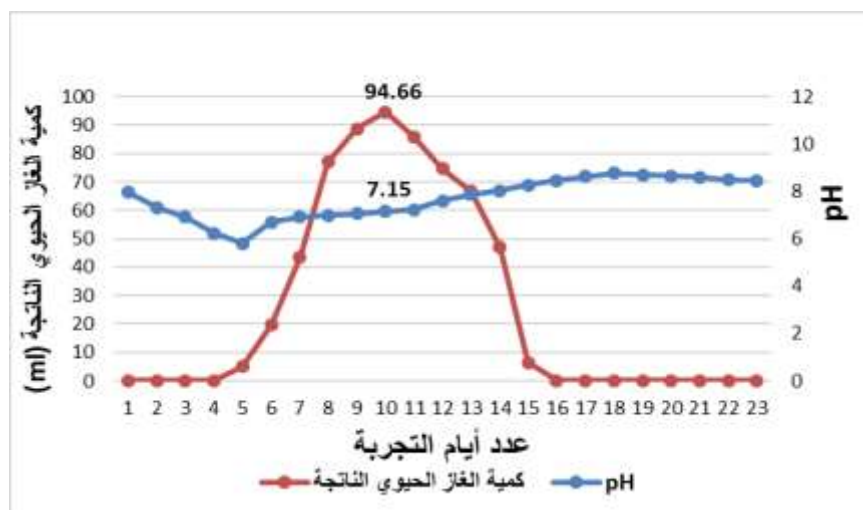
تتفق كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه المعاملة مع نتائج (Oyewole, 2010) الذي حصل على كمية قليلة من الغاز الحيوي (162.5) مل لكل (350) غ زرق خام متخمر، حيث كانت نسبة C/N منخفضة في كلا الدراستين بالتالي تم إنتاج كمية قليلة من الغاز الحيوي.

معاملة زرق الدجاج مع البادئ:

بينت النتائج تغيرات في المؤشرات المدروسة قبل عملية التخمر وبعدها، وكانت كالاتي: تفوقت نسبة المواد الصلبة الكلية TS% ونسبة المواد الصلبة المتطايرة VS% قبل التخمر عن مثيلاتها بعد انتهاء عملية التخمر بمعنوية عالية حيث انخفضت نسبتهما من (39.33)% إلى (14.53)%، ومن (70.99)% إلى (61.67)% على التوالي. أما نسبة الرطوبة فقد ازدادت حتى (85.47)% بعد انتهاء عملية التخمر وهي بذلك تفوقت بمعنوية عالية عن مثيلاتها قبل عملية التخمر. في حين أن درجة الحموضة pH تراوحت بين (5.8 - 8.78) وبلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة القيمة (608.96) مل خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً، وقد تم دراسة هذه المؤشرات كالاتي:

درجة الحموضة pH:

تراوحت قيمة درجة الحموضة pH خلال التجربة بين (5.8 - 8.78)، إذ كانت القيمة الأولية لدرجة الحموضة في اليوم الأول من عملية التخمر تعادل القيمة (7.96)، ثم بدأت بالانخفاض حتى الوصول إلى قيمة حامضية تعادل (5.8) وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمر، 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 بسبب نشاط البكتيريا المنتجة للميثان التي تفضل درجة حموضة متعادلة pH = (6.7 - 7.5) (Deublein and Steinhauser, 2008)، ويوضح الشكل (2) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي.



الشكل (2) العلاقة بين قيمة درجة الحموضة pH والكمية الناتجة من الغاز الحيوي الناتجة عن تخمر زرق الدجاج مع البادئ خلال مدة ثلاثة وعشرين يوماً

بعد ذلك ارتفعت قيمة درجة الحموضة pH لتصبح قلوية (8.27) في اليوم الخامس عشر من عملية التخمير، وترافق ذلك مع انخفاض في كمية الغاز الحيوي الناتجة وصولاً إلى عدم إنتاج أي كمية للغاز الحيوي في اليوم السادس عشر من عملية التخمير. يمكن تفسير ذلك بارتفاع قيمة الأمونيا التي تؤدي إلى ارتفاع قيمة الـ pH لتصبح قلوية، وتعد هذه الدرجة سامة للبكتيريا المنتجة للميثان، مما يقلل ويوقف عملية إنتاج الغاز الحيوي (Li et al., 2013). إن أكبر قيمة لدرجة الحموضة كانت (8.78)، وذلك في اليوم الثامن عشر من عملية التخمير، وأقل قيمة لدرجة الحموضة كانت (5.8)، وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمير، أما القيمة المتوسطة لدرجة الحموضة قدرت بـ (7.78) خلال عملية التخمير التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً.

نسبة C/N:

إن نسبة C/N ضرورية لنمو ونشاط الأحياء الدقيقة المنتجة للغاز الحيوي، فقد كانت هذه النسبة في معاملة زرق الدجاج الخام تعادل (5.14) وهي نسبة منخفضة جداً مقارنة بالنسبة المثلى، وهذه النسبة أدت إلى انخفاض في كمية الغاز الحيوي الناتجة إذ تم إنتاج (608.96) مل من الغاز الحيوي عند تخمير (350) غ من زرق الدجاج الخام. يمكن تفسير الانخفاض في كمية الغاز الحيوي الناتجة في أثناء عملية التخمير من خلال إنتاج وتراكم الأمونيا، التي تؤدي إلى زيادة قيمة الـ pH، وبالتالي حدوث سمية للأحياء الدقيقة المنتجة للميثان (Verma, 2002).

مؤشر COD:

أما مؤشر إزالة الـ COD فقد بلغت نسبة الإزالة القيمة (15.42)% فقط، وذلك خلال مدة التخمير التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً، وترافق ذلك مع إنتاج كمية قليلة من الغاز الحيوي، وتعد هذه النسبة قليلة مقارنة مع دراسة (Niu et al., 2015a) 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 (61.67)% التي يجب أن تتحول إلى غاز حيوي، إذ تحول فقط (13.12)% من مجمل المادة العضوية إلى غاز حيوي.

الغاز الحيوي:

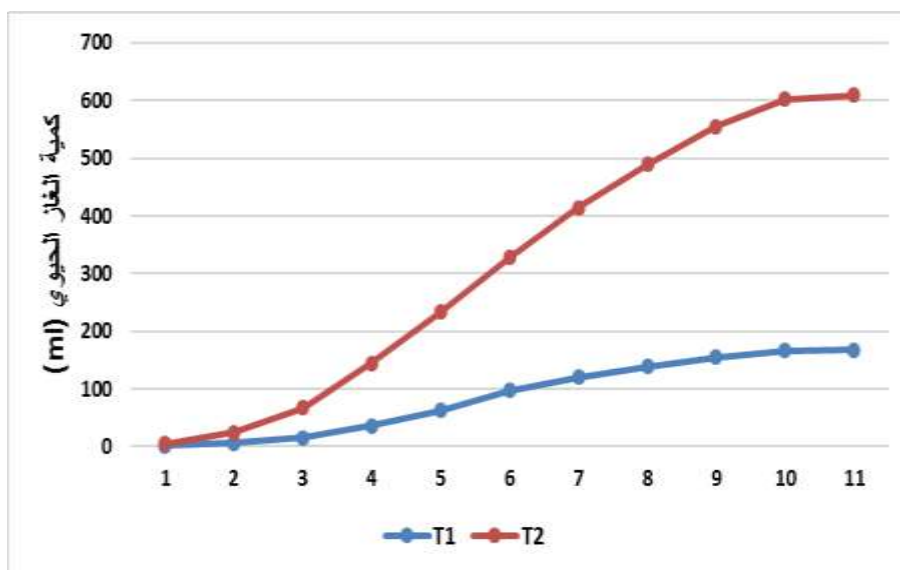
نتج عن تخمر (350) غ من زرق الدجاج مع البادئ خلال مدة التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً كمية من الغاز الحيوي تعادل (608.96) مل من الغاز الحيوي بمتوسط قدره (26.47) مل/يوم، أي إنه ينتج عن تخمر (1) كغ من تخمير زرق الدجاج مع البادئ كمية تعادل (1739.886) مل من الغاز الحيوي خلال مدة تخمر بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. كانت بداية انطلاق الغاز الحيوي في اليوم الخامس من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً بمقدار (5) مل، وتوقف إنتاج الغاز الحيوي في اليوم السادس عشر من عملية التخمر التي بلغت ثلاثة وعشرين يوماً. أما أقل قيمة لإنتاج الغاز الحيوي فقد كانت متوافقة مع بداية انطلاق الغاز الحيوي وذلك في اليوم الخامس من عملية التخمر بمقدار (5) مل، وأعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي، فقد كانت في اليوم العاشر من عملية التخمر بمقدار (94.66) مل، التي ترافقت مع درجة الحموضة المعتدلة (7.15).

توافقت هذه النتائج مع نتائج Seno and Nyoman حيث تبين أن إضافة البادئ تزيد من كمية الغاز الحيوي الناتجة بمقدار ضعفين مقارنة بعدم إضافته (Seno and Nyoman, 2010).

لوحظ أن كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه المعاملة أكبر بـ (73.32)% من دراسة Oyewole وآخرين (2010)، ويمكن تفسير ذلك بأن درجة الحرارة في هذه الدراسة كانت ثابتة، وأعلى مما عليه من مثيلاتها في دراسة Oyewole، كما يمكن أن تكون النسبة الكبيرة للمواد الصلبة القابلة للتطاير VS في هذه الدراسة قد أعطت كمية أكبر من الغاز الحيوي. وتبين عند مقارنة كمية الغاز الحيوي الناتجة في هذه الدراسة مع دراسة (Niu et al., 2015a) أن كل (1) كغ من المواد الصلبة القابلة للتطاير VS أعطت كمية من الغاز الحيوي تعادل (0.016) م³، بينما كانت الكمية الناتجة من الغاز الحيوي في دراسة (Niu et al., 2015a) تعادل (0.73) م³ من الغاز الحيوي، حيث تعد الكمية الناتجة في هذه الدراسة قليلة جداً مقارنة بدراسة (Niu et al., 2015a). يعود سبب الحصول على كمية أكبر من الغاز الحيوي في دراسة (Niu et al., 2015a) إلى المعالجة الأولية لزرق الدجاج عن طريق تخفيض وإزالة نسبة الأمونيا، التي تؤدي إلى حدوث عملية تثبيط للأحياء الدقيقة المنتجة للغاز الحيوي.

كمية الغاز الحيوي التراكمية:

تم القيام باختبار (T-Test) لمعرفة إذا كان هناك فرق ذو دلالة إحصائية عند مقارنة الكمية الناتجة من الغاز الحيوي في معاملة زرق الدجاج الخام (T1) ومعاملة زرق الدجاج مع البادئ (T2) وتم التوصل إلى أن الكمية الناتجة من الغاز الحيوي عند إضافة البادئ، قد ازدادت بشكل كبير له دلالة إحصائية وبموثوقية تعادل $P=0.05$ ، وهذا موضح في الشكل (3). يمكن تفسير زيادة كمية الغاز الحيوي الناتجة في معاملة البادئ بأن إضافة البادئ يعمل على تنشيط عملية التخمر من خلال زيادة تفكيك المواد المعقدة وتحويلها إلى مواد بسيطة تُستخدم من قبل البكتيريا اللاحقة وخاصة الميثانية. كما أن البكتيريا الميثانية المضافة والتي هي *Methanobacterium sp.* تعد مقاومة لعملية التثبيط بالأمونيا (Jarrell et al., 1987) وهذا ما يجعل كمية الغاز الناتجة أكبر من معاملة الزرق الخام.



الشكل (3): كمية الغاز الحيوي التراكمية لمعاملي زرق الدجاج الخام (T1) وزرق الدجاج مع البادئ (T2)

الاستنتاجات:

- 1 - تم الحصول على أربع عزلات بكتيرية أثناء عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج، وقد كانت كالاتي: *pseudomonas*، *Methanobacterium sp.*، *Staphylococcus aureus*، *Bacillus badius*، *oleovornas*.
- 2 - تم الحصول على كمية من الغاز الحيوي تعادل القيمة (167.85) مل، مع نسبة إزالة لمؤشر COD (11.92)%.
- 3 - ساعدت إضافة البادئ النقي إلى زرق الدجاج للحصول على كمية من الغاز الحيوي أكبر بـ (3.62) مرة من الزرق الخام، وقد عادت القيمة (608.96) مل، مع نسبة إزالة لمؤشر COD (15.42)%.

التوصيات:

- 1 - متابعة عمليات عزل البكتريا النشطة خلال عملية التخمير اللاهوائي وتوصيفها.
- 2 - دراسة عملية التخمير اللاهوائي لزرق الدجاج بخلطه مع مخلفات أخرى 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.; Fujiwara, W.; Namba, Y.; Kosseva, M.; Nishio, N. and Nakashimada, Y. (2010). Improved methane fermentation of chicken manure via ammonia removal by biogas recycle. *Bioresource technology*, 101(16): 6368-6373.
- Alimam, FI.; Khan, MH.; Sarkar, MR. and Ali, SM. (2013). Development of biogas processing from cow dung, poultry waste, and water hyacinth. *International Journal of Natural and Applied Science*, 2(1): 13-17.
- 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.
- Bremner, JM. And Mulvaney CS. (1982). Nitrogen-Total 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methods of soilan2), 595-624.
- Chen, L. and Neibling, H. (2014). Anaerobic Digestion Basics. Moscow University of Idaho. <http://cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS1215.pdf>
- Cowan, ST. (1974). Manual for the Identification of Medical Bacteria, 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press. London.
- Dahunsi, SO.; Oranusi, S.; Owolabi, JB and Efeovbokhan, VE. (2016). Mesophilic anaerobic co-digestion of poultry dropping and Carica papaya peels: Modelling and process parameter optimization study. Bioresource technology, 216: 587-600.
- 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.
- Fotidis, IA.; Karakashev, D. and Angelidaki, I. (2013). Bioaugmentation with an acetate-oxidising consortium as a tool to tackle ammonia inhibition of anaerobic digestion. Bioresource technology, 146, 57-62.
- Jarrell KF.; Saulnier M. and Ley, A. (1987). Inhibition of methanogenesis in pure cultures by ammonia, fatty acids, and heavy metals, and protection against heavy metal toxicity by sewage sludge. Canadian journal of microbiology, 33(6): 551-554.
- Khalid, A.; Arshad, M.; Anjum, M.; Mahmood, T. and Dawson, L. (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. Waste management, 31(8): 1737-1744.
- Kelleher, BP.; Leahy, JJ.; Henihan, AM. and O'dwyer, TF.; Sutton D., Leahy MJ. (2002) Advances in poultry litter disposal technology – a review. Bioresour. Technol, 83: 27–36.
- Kossmannm W.; Poenits, U. and Habermehl, S. (1997). Biogas Digest, Volume I Biogas Basics, ISAT and GTZ. Available at: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume1>.
- Li, C.; Champagne, P. and Anderson, BC. (2013). Biogas production performance of mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion with fat, oil, and grease in semi-continuous flow digesters: effects of temperature, hydraulic retention time, and organic loading rate. Environmental technology, 34(13-14): 2125-2133.
- 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.
- Miyamoto, K. (1997). Renewable biological systems for alternative sustainable energy production. Food and Agriculture Org. <http://www.fao.org/docrep/w7241e/w7241e00.htm#Contents>.
- Niu, Q.; Kubota, K.; Qiao, W.; Jing, Z.; Zhang, Y. and Yu-You, L. (2015b). Effect of ammonia inhibition on microbial community dynamic and process functional resilience in mesophilic methane fermentation of chicken manure. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 90(12): 2161-2169.

- Niu, Qigui; Takemura Y; Kubota, K and Yu-You, L. (2015a). 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.
- Reuter, D. and Robinson, JB. (1997). *Plant analysis: an interpretation manual*. (2nd edition). CSIRO publ., Australia.
- Ribeiro, EM.; Barros, RM.; Tiago, FL.; Dos Santos, IS.; Sampaio, LC.; Dos Santos, TV. And De Freitas JR. (2016). Power generation potential in posture aviaries in Brazil in the Context of a circular economy. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 18: 153-163.
- Riya, S.; Suzuki, K.; Terada, A.; Hosomi, M. and Zhou, S. (2016). Influence of C/N ratio on performance and microbial community structure of dry-thermophilic anaerobic co-digestion of swine manure and rice straw. *Journal of Medical and Bioengineering*, 5(1).
- Scarlat, N.; Fahl, F.; Dallemand, JF.; Monforti, F. and Motola, V. (2018). A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94: 915-930.
- Seno, J. and Nyoman, I. (2010). The effect of feed to inoculums ratio on biogas production rate from cattle manure using rumen fluid as inoculums. *International Journal of Science and Engineering*, 1(2): 41-45.
- Shah, A.; Mahmood, Q.; Maroof, SM.; Pervez, A. and Ahmad, AS. (2014). Microbial ecology of anaerobic digesters: the key players of anaerobiosis. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Sürmeli, RÖ.; Bayrakdar, A.; Molaey, R. and Çalli, B. (2019). Synergistic effect of sulfide and ammonia on anaerobic digestion of chicken manure. *Waste and Biomass Valorization*, 10(3): 609-615.
- Tan HK. (1996). *Soil sampling, preparation and analysis* Marcel Dekker. Development and Climate Change, New York.
- Verma, S. (2002). Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes. *Columbia University*, 7(3): 98-104.
- 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.
- Wang, X.; Yang, G.; Feng, Y.; Ren, G.; and Han, X. (2012). Optimizing feeding composition and carbon–nitrogen ratios for improved methane yield during anaerobic co-digestion of dairy, chicken manure and wheat straw. *Bioresource technology*, 120: 78-83.

Isolation and Characterization Species of Bacteria from Raw Poultry Droppings and Effect of Their Addition on Biogas Production

Tofek Othman ^{*(1)} and Omiema Nasser ⁽¹⁾

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

(*Corresponding author: Tofek Othman. E-Mail: tofek.osman@gmail.com).

Received: 18/04/2021

Accepted: 3/10/2021

Abstract:

This study aimed to isolate bacteria which is active during the anaerobic fermentation of poultry droppings (PD) which was collected during year (2018) from the layers farm (Al-jremkia) site which affiliated to Agriculture Directorate in Lattakia. (4) isolates were characterized using morphological and culture characteristics, and biochemical tests. These isolates were classified as follows: *Pseudomonas oleovorans*, *Bacillus badius*, *Staphylococcus aureus*, and *Methanobacterium* sp. Then they were multiplied and stored as a pure starter. Two treatments from poultry droppings were prepared and each one was repeated (9) times. The first treatment was fermented without the addition of the starter (T1), while the starter was added to the second treatment. The results showed that treatment (T2) was significantly superior to treatment (T1) in the amount of biogas produced, as this amount reached (608.96) ml and (167.85) ml during a period of twenty-three days, respectively.

Keywords poultry droppings, bacteria, starter, anaerobic fermentation.