مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 1 (2023): 169- 180

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 39 No.1 (2023): 169 - 180

تأثير إضافة تفل التفاح لمخلفات الأبقار في عملية إنتاج الغاز الحيوي

د.صقر الغضبان[1]

[1]أستاذ مساعد في جامعة دمشق، كلية الزراعة الثانية، فرع السويداء

الملخص:

تعّد معالجة المخلفات الزراعية الثانوية باستخدام الهضم اللاهوائي خياراً جيداً للحفاظ على بيئة نظيفة وتوليد طاقة. إلا أن زيادة تحميل المخمر بالسكر يمكن أن يسبب عرقلة لعملية الهضم اللاهوائي. هدف البحث دراسة تأثير إضافة مخلفات صناعة التفاح (تفل التفاح) إلى مخلفات الأبقار في عملية إنتاج الغاز الحيوي. نفذ هذا البحث في كلية الهندسة الزراعية الثانية خلال عامي 2020 و2021. أجريت التجارب في وحدات تخمير مخبرية بإضافة تفل التفاح لعينات مخلفات الأبقار وفق النسب التالية 12.5%، 25%، 37.5% ضمن درجة حرارة المخبر ولمدة 42 يوماً ومقارنتها بعينات غير معالجة بإضافة تفل التفاح. أظهرت النتائج أن المعالجة لعينات مخلفات الأبقار بإضافة نسب مختلفة من تفل التفاح 12.5%، 25%، 37.5% أدت إلى زيادة معنوية في إنتاج الغاز الحيوي مقارنة بعينات الشاهد غير المعالجة والتي بلغ إنتاج الغاز الحيوي منها 11.76 $L_N\ kg^{-1}$ OTS (ليتر نظامي لكل واحد كيلو غرام مادة عضوية صلبة). بينت النتائج أن المعالجة للعينات بإضافة 25% من تفل التفاح هي أفضل طرائق المعالجة المختبرة حيث بلغ إنتاج الغاز الحيوي 65.99 $L_N\ kg^{-1}$ OTS.

الكلمات المفتاحية: الهضم اللاهوائي، التخمر المشترك، تفل التفاح، مخلفات الأبقار، الغاز الحيوي، الكتلة الحيوية.

تاريخ الإيداع: 2022/1/30
تاريخ القبول: 2022/4/26

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

ISSN: 2789-7214 (online)

The effect of adding apple pomace to cows waste on the productivity of biogas

Dr. Sakr AL Gadban[1]
[1]**Associate Professor, Second faculty of Agriculture, Sweida, Syria**

Abstract:

The secondary agricultural waste using anaerobic fermentation is considered as a good choice for a clean environment and as a source for clean energy, but the augmentation of the sugar quantity could inhibit the anaerobic fermentation process. This study was carried out in the second faculty of agriculture between 2020 and 2021. The research aimed to investigate the effect of adding apple pomace to caw manure on producing biogas. The batch experiences were conducted in laboratory-scale digesters on substrates added apple pomace with rates 12.5%, 25% and 37.5%, at a laboratory temperature, for 42 days, and compared it with substrates untreated by adding apple pomace. The results showed that treatment of cow manure substrates by adding apple pomace with rates 12.5%, 25% and 37.5%, significantly increased the production of Biogas compared with untreated substrates which produced 11.76 **L_N kg^{-1} OTS** biogas. The results also showed that treatment by adding apple pomace with rates 25% to the substrates is the best tested treatments methods which produced 65.99 **L_N kg^{-1} OTS** of biogas compared to untreated substrates.

Keywords: Anaerobic digestion; Anaerobic fermentation; Caw manure; Biogas; Biomass; Agricultural biomass.

Received: 30/3/2022
Accepted: 26/4/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المـقــدمـــة:

برز الاهتمام بموضوع الطاقة بصورة كبيرة في فترة القرن العشرين، حيث اتضح أن وضع الطاقة ليس مرتبطاً بتغير أسعار النفط والغاز فقط، بل أيضا على قدرة المخزون الاحتياطي من هذه المصادر القابلة للنضوب على تلبية الطلب الكبير على الطاقة نتيجة الزيادة الهائلة في السكان والتقدم التكنولوجي المصاحب لنمط الحياة، إضافة إلى ظهور نتائج سلبية على مستقبل التطور الاقتصادي والاجتماعي متمثلاً في التلوث البيئي (الباسل، 1992؛ فارس، 1999؛ Kramer، 2012).

يعرف التخمر اللاهوائي على أنه عملية بيولوجية تتحلل فيها المواد العضوية القابلة للتفكك في غياب الأوكسجين لإنتاج غاز الميثان وغاز ثاني أوكسيد الكربون. ففي أنحاء شتى من العالم تستخدم هذه العملية للتزود بجزء من الطاقة الهائلة المستهلكة، والتي تعتبر بديلاً واعداً لزيادة مخزون الطاقة وخاصةً في الأرياف، كما هو الحال في الهند والصين وبعض دول شرق آسيا والتي يوجد فيها عشرات الملايين من المخمرات (قرضاب، 1988؛ Awady، 1988؛ Sasse، 1989؛ فارس، 1999؛ البلخي، 2001).

يتسبب قطاع الإنتاج الحيواني والنباتي بالعديد من المشاكل البيئية كظاهرة الاحتباس الحراري، وتلوث التربة والهواء والماء وتراجع التنوع الحيوي، إذ يسهم في إطلاق 18% من غازات الاحتباس الحراري (والتي تفوق نسبة الغازات الصادرة عن قطاع النقل)، من خلال طرائق التخزين التقليدية لهذه المخلفات مما يؤدي لتفسخها وتحللها وانطلاق غازات NO_2 ,CH_4 ,CO_2 بشكل عشوائي. كما ينتج عن هذا القطاع مستويات عالية من النتروجين والفوسفور (فارس، 1999). يمكن حل هذه المشاكل الناتجة عن تلك المخلفات باستخدام تقانات متعددة كتقانة إنتاج الغاز الحيوي. تعتمد هذه التقانة على تفكك المخلفات والمواد العضوية وتحللها في ظروف لاهوائية بوساطة كائنات حية دقيقة وضمن شروط ملائمة للعمليات الحيوية التي تقوم بها هذه الكائنات الحية ضمن المخمر، مما يؤدي لانطلاق غاز قابل للاشتعال يعرف بالغاز الحيوي. يشكل الميثان الجزء الأكبر من تركيبة هذا الغاز والذي يمكن استخدامه كوقود بشكل مباشر أو في توليد الطاقة الكهربائية، والحصول على سماد عضوي نظيف عالي الجودة وخال من البذور الضارة والكائنات الممرضة وليس له رائحة جاذبة للحشرات (قرضاب، 1988؛ Sasse، 1989؛ الباسل، 1992).

تسهم تقانة الغاز الحيوي في الحصول على بيئة نظيفة وتحد من انتشار الحشرات والأمراض، كما أنها تقلل من تفاقم ظاهرة البيت الزجاجي من خلال جمع غاز الميثان الذي يفوق تأثيره في زيادة الاحتباس الحراري العالمي غاز ثاني أكسيد الكربون، كذلك تمثل تقانة الغاز الحيوي إحدى التقانات الملائمة لتنمية المناطق الريفية (البلخي، 2001).

في الجمهورية العربية السورية، وضعت وزارة الزراعة ومراكز البحث العلمي مشاريع إنتاج الطاقة المتجددة ضمن أولوياتها، فالمخلفات العضوية النباتية والحيوانية تعد مواد مناسبة لإنتاج الطاقة الحيوية (أسكوا، 1988).

تشير الإحصائيات السنوية لوزارة الزراعة إلى أن انتاج التفاح في الجمهورية العربية السورية وصل إلى نحو (267823) طن (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2020)، كما يبلغ عدد منشآت تصنيع التفاح في سورية 30 منشأة غالبيتها في محافظة السويداء تصل طاقتها الاستيعابية إلى 1106 طن من الإنتاج وتتوزع بواقع 19 منشأة لتصنيع الخل و9 منشآت للدبس ومنشاة للعصير ومنشأة لتجفيف التفاح. ينتج عن هذه المنشآت مخلفات عضوية (تفل التفاح)، ونظراً لنقص وقود التدفئة في السنوات الأخيرة لجأ البعض لتصنيع مكعبات مضغوطة منه لاستخدامها كبديل في عملية التدفئة، وكذلك باعتبار أن مستخلصات تفل التفاح وتفل الزيتون يحتوي على نسبة عالية من المركبات الفينولية التي لها تأثير مثبط لنمو الفطريات، فكما هو الحال في تفل الزيتون يمكن استخدام تفل التفاح على نطاق ضيق في التجارب المخبرية لمكافحة بعض الأمراض الفطرية (Naffaa, 2016)، حيث بشكل عام

يتم التخلص منه ويسبب تلوثاً بيئياً (فارس، 1999؛ Bozym وزملاؤه، 2015)، ولكن يمكن تحويله إلى منتجات صالحة للأكل لأن التفل مصدر غني للبكتين، الكربوهيدرات، والألياف والمعادن، حيث يمكن استخدام تفل التفاح المجفف كمصدر للطاقة في دجاج التسمين، كما يمكن تحضير المنتجان الغذائية مثل مربى التفاح والحلويات (Olech وزملاؤه، 2017). ولكن يمكن الاستفادة من هذا النوع من المخلفات بتخميرها لاهوائياً لإنتاج الغاز الحيوي ويستخدم السماد العضوي المخمر الناتج في الزراعة (البلخي، 2001؛ Kuprys-Caruk وزملاؤه، 2014).

أجريت العديد من الدراسات المتعلقة بإنتاج الغاز الحيوي من مخلفات المواد السكرية (Uribe وزملاؤه، 1993؛ Abhay وزملاؤه، 2007؛ Kuprys-Caruk وزملاؤه، 2014؛Bozym وزملاؤه، 2015؛ Olech وزملاؤه، 2017)، إلا أن زيادة تحميل المخمر بالمواد السكرية يمكن ان يسبب عرقلة لعمليات الهضم اللاهوائي، ولاتزال هناك بعض المواضيع المتعلقة بتحديد مواصفات التخمر والقدرة على تكوين الغاز الحيوي تحتاج إلى دراسة، لذا تبرز أهمية التخمر المشترك لهذه المخلفات مع مخلفات ذات منشأ حيواني لضبط عملية التخمر من خلال الحصول على درجة حموضة مناسبة للتخمر وتحقيق نسبة مثلى من C/N. وبالتالي تبرز ضرورة دراسة نسب المواد الداخلة في التخمر المشترك للحصول على أفضل كمية من الغاز الحيوي وأعلى نسبة لغاز الميثان الموجود فيه (Hadidi وزملاؤه، 1999؛ AL Afif وزملاؤه، 2007).

ولهذا يمكن القول أنه باستخدام مخلفات التفاح الصناعية نفترض زيادة إنتاج الغاز الحيوي الناتج عن مخلفات الأبقار، وسنثبت ذلك خلال البحث.

هدف البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. امكانية استخدام تفل التفاح في عملية التخمر اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي.
2. تحديد أفضل نسبة لتفل التفاح المستخدم مع مخلفات الأبقار للحصول على أعلى انتاجية من الغاز الحيوي وأعلى نسبة من غاز الميثان.

مواد البحث وطرائقه:

1. **مكان تنفيذ البحث:** نفذ البحث في شهر حزيران/ يونيو من عام 2020–2021 في كلية الزراعة الثانية.
2. **المادة العضوية:** تم استخدام مخلفات أبقار من حظيرة أبقار قريبة من كلية الزراعة بعد تجفيفها بوساطة المجففة حتى ثبات الوزن (Kramer وزملاءه، 2012).
3. تم جمع تفل التفاح من مخلفات إنتاج معمل عصير التفاح في المحافظة وحفظت العينات بأكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق على درجة حرارة 4 مْ حتى بدء التجارب (Awady وزملاءه، 1988؛ Vincezo وزملاؤه، 2015).
4. جُمع البادئ المستخدم وهو عبارة عن الراسب الناتج عن التخمير اللاهوائي لمخلفات الأبقار من إحدى المخمرات المنفذة في المحافظة من قبل المركز الوطني لبحوث الطاقة من الأنموذج الهندي المعدل (AL Afif وزملاؤه، 2007).
5. **أختبارات الهضم اللاهوائي:** يحوي تفل التفاح على نسبة عالية من الكربوهيدرات، وجودها بنسبة عالية يعيق عملية التخمر، وبالتالي تم تخميرها مع مخلفات الأبقار بنسب معينة للوقوف على النسبة الأفضل لإتمام عملية التخمر دون تثبيط. أُجريت تجارب تحري إنتاج الغاز الحيوي والميثان من عينات مخلفات الأبقار غير المعالجة (الشاهد) والعينات

المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسبة 12.5% ونسبة 25% ونسبة 37.5% في وحدة تخمير لاهوائية تجريبية مصنعة محلياً في مخبر الطاقات المتجددة في كلية الزراعة الثانية (الشكلان 1 و2)، ضمن درجة حرارة المخبر لمدة 42 يوماً، جرى تحريك العينات داخل كل هاضم مدة عشر دقائق كل ثلاثين دقيقة وفقاً لـ VDI 4630 (2006) وتم أخذ قراءات حجم الغاز الحيوي المنطلق بشكل يومي. تمت اختبارات الهضم اللاهوائي لقياس الميثان الكامن في العينات بحسب VDI 4630 (2006) و DIN 51900 (2000).

الشكل (1): وحدات انتاج الغاز الحيوي

الشكل (2): مكونات الحمام المائي

يتم استقبال الغاز الحيوي المنطلق في خزانات جمع الغاز، وقد تم التغلب على وزن خزان الغاز بإضافة وزن يعادله تماماً لتحديد حجم الغاز الفعلي. وتتم عملية قياس حجم الغاز الحيوي الناتج لكل عينة يومياً، حيث يحدد الحجم من خلال قياس ارتفاع الناقوس الناتج عن تدفق الغاز إلى خزان وذلك من خلال التدريجات الموجودة على السطح الجانبي للناقوس، كما تسجل درجة الحرارة الفعلية والضغط الجوي عند أخذ القراءات. ويقاس حجم الغاز الناتج بالشرطيين النظاميين من الحرارة 273 كلفن ،والضغط 1013 ميلي بار، في لتر نظامي لكل كيلو غرام من المادة العضوية في المادة الصلبة $\mathbf{L_N\ kg^{-1}\ OTS}$ وفقاً لـ VDI 4630 (2006)، وذلك من خلال المعادلة التالية :

$$\mathbf{V_0^{tr}=V\times\frac{(P-P_W)\times T_0}{P_0\times T}}$$

حيث أن:

- V_0^{tr} : حجم الغاز الحيوي في الشرطيين النظاميين يقدر بـ $m\,L_N$.
- V : حجم الغاز الفعلي عند القراءة يقاس بـ ml .
- P : الضغط الجوي الفعلي في وقت أخذ القراءة يقاس بـ $h\,Pa$.
- T_0: درجة الحرارة في الشرطيين النظاميين (حيث أن T_0=273k).
- P_0: الضغط الجوي في الشرطيين النظاميين (حيث أن P_0=1013 $h\,Pa$).
- T : درجة الحرارة الفعلية عند أخذ القراءة ، تقاس بـ k).
- P_{W} :ضغط بخار الماء كدالة لدرجة الحرارة المحيطة بـ $h\,Pa$.

ويتم حساب P_W كما يلي:

$$\boldsymbol{P_W = 4.39605 + 9.7962\ EXB(0.0521\ \times T)}$$

جرت عملية جمع الغاز الحيوي في الشروط النظامية وذلك لإجراء مقارنة ما بين هذه النتائج لاحقاً. تم قياس حجم الغاز الحيوي الناتج من البادئ بشكل مستقل وطرحت كميته من كمية الغاز الحيوي الناتج من تخمر العينات مع البادئ وذلك للوقوف على الكمية الفعلية للغاز الناتج من العينات. أنجزت عملية تحري نوعية الغاز الحيوي (نوع الغازات الموجودة فيه ونسبها المئوية) مرة واحدة أسبوعياً، باستخدام جهاز تحليل الغازات MultiRAE Lite PGM-6208 .

6- التحليل الإحصائي:

تم تصميم التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة لدراسة تأثير إضافة تفل التفاح بنسب 12.5 – 25- 37.5 % لمخلفات الأبقار مقارنة بالشاهد (دون أية إضافة) على ثلاثة مكررات. حللت المعطيات إحصائياً باستخدام برنامج SPSS, version 15 (2007)، حيث تم تحليل التباين الـ ANOVA ثم قورنت المتوسطات بإجراء اختبار أقل فرق معنوي $LSD_{5\%}$.

النتائج والمناقشة:

1. تأثير اضافة تفل التفاح لمخلفات الأبقار في إنتاج الغاز الحيوي:

تم قياس إنتاج الغاز الحيوي من عينات مخلفات الابقار (C.M) المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسب (12.5%، 25%، 37.5%) وعينات الشاهد غير معالجة كلاً على حدة، يُبين الجدول(1) ناتج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للعينات المختبرة والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

الجدول(1): إنتاج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للعينات المختبرة والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

نوع وكمية المواد المضافة	N	ناتج الغاز الحيوي		
		L_N kg^{-1} OTS	S. D	P
مخلفات أبقار دون إضافة تفل تفاحC.M	3	11.76	0.94	.000
مخلفات أبقار +12.5% تفل تفاح (C.M+12.5% AW)	3	40.52(*)	0.54	.000
مخلفات أبقار +25% تفل تفاح (C.M+25% AW)	3	65.99(*)	0.56	.000
مخلفات أبقار +37.5% تفل تفاح (C.M+37.5% AW)	3	33.84(*)	0.66	.000

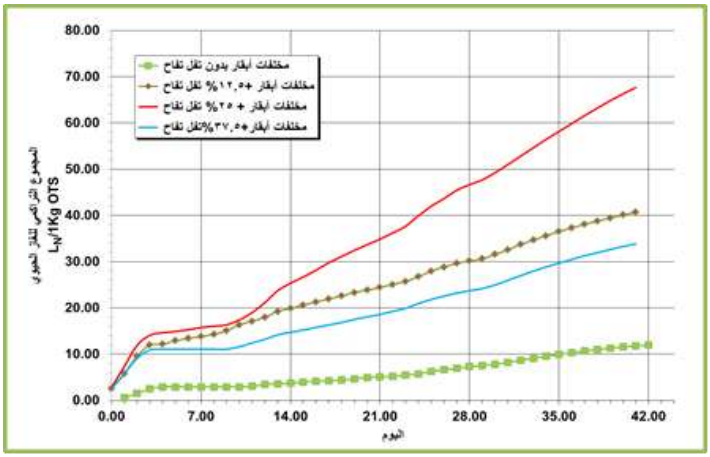
حيث : S.D = الانحراف المعياري؛ N= عدد المكررات؛ p= درجة الثقة؛ (*) تبين وجود فرق معنوي بين المتوسطات مقارنة بالشاهد عند مستوى معنوية 5%.

أظهرت نتائج الدراسة أن أعلى معدل لإنتاج الغاز الحيوي (65.99) L_N kg^{-1}OTS كان من العينات المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسبة 25%، وأقل معدل (11.76) L_N kg^{-1}OTS من عينات مخلفات الأبقار دون إضافة تفل التفاح. مما يدل على أن إنتاج الغاز الحيوي من عينات مخلفات الأبقار يتحسن بإضافة تفل التفاح لهذه العينات. وهذا ما أكده العفيف وزملاؤه (2009) بأن إضافة مخلفات الشوندر السكري لمخلفات الماشية أدت لزيادة في إنتاج الغاز الحيوي مقارنة بالشاهد.

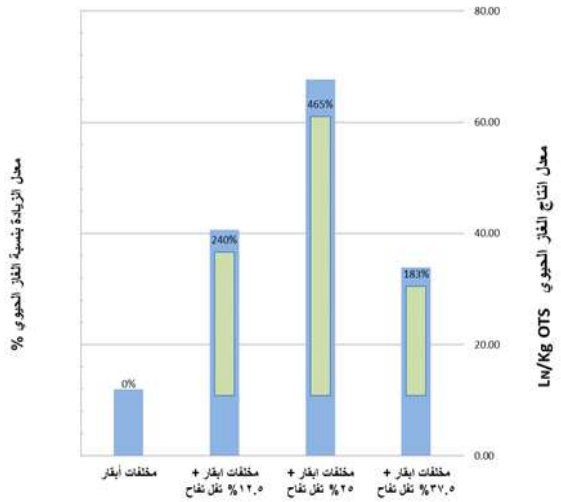
أظهرت نتائج تحليل التباين وجود فروق معنوية بين متوسطات طرائق المعالجة بإضافة تفل التفاح والشاهد. فقورنت المتوسطات بإجراء اختبار أقل فرق معنوي $LSD_{5\%}$، ظهرت فروق معنوية بين متوسطات العينات المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسب (12.5%، 25%، 37.5%) مع العينات غير معالجة، كما ظهر فرق معنوي ($P < 0.05$) بين متوسط طريقة المعالجة بإضافة 25% تفل تفاح ومتوسطي طريقتي المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسبة (12.5%، 37.5%). كذلك وجد فرق معنوي بين متوسطي

طريقتي المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسب (12.5%، 37.5%) حيث كانت قيمة P-Value أقل من 0.05. يمكن أن يفسر ذلك بزيادة نسبة الكربوهيدرات في عملية التخمر وهذا ما أكده Wieger وزملاؤه (1978)، حيث وجد انخفاض بإنتاجية الغاز الحيوي وبشكل ملحوظ من مخلفات تفل التفاح لارتفاع نسبة الكربوهيدرات.

لدى مقارنة نتائج الهضم اللاهوائي للعينات المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسب 12.5%، 25%، 37.5% مع العينات غير معالجة بتلك الإضافة بلغ معدل الزيـادة في إنتاج الغاز الحيوي 240%، 465%، 183% على التوالي كما في (الشكلان 3 و4).



الشكل (3): المجموع التراكمي للغاز الحيوي للعينات المختبرة خلال فترة الهضم اللاهوائي.



الشكل (4) إنتاج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للعينات المضاف لها تفل تفاح مقارنة بالعينات دون إضافة، ومعدل الزيادة في إنتاجيته (%).

يمكن أن تعود هذه النتائج لما أظهرته إضافة تفل التفاح إلى مخلفات الأبقار في ضبط عملية التخمر من خلال الحصول على درجة حموضة مناسبة (PH) للتخمر وتحقيق نسبة مثلى من C/N، وتوفر عناصر مغذية لبكتريا التخمر (Bozym وزملاؤه، 2015).

أكدت العديد من الدراسات السابقة (Chynoweth، 2004؛ العفيف وزملاؤه، 2009؛ Kuprys-Caruk وزملاؤه، 2014؛ Olech وزملاؤه، 2017) والتي أجريت على أنواع مختلفة من المواد العضوية ما توصلنا إليه، بأن اضافة تفل للمخلفات الحيوانية حسنت من التحلل البيولوجي وإنتاج الغاز الحيوي للمادة العضوية.

2. تأثير اضافة تفل التفاح لمخلفات الأبقار في إنتاج الميثان:

يوضح الجدول (2) أيضاً تأثير التخمر المشترك لمخلفات الأبقار مع تفل التفاح في الإنتاج النوعي للميثان. حيث تراوح حجم الميثان الناتج من (6,10 – 37,20) $\mathbf{L_N\ kg^{-1}\ OTS}$، وكان أعلى معدل لإنتاج الميثان من إضافة 25% تفل تفاح لمخلفات الأبقار حيث بلغ 37,20 $\mathbf{L_N\ kg^{-1}\ OTS}$.

الجدول(2): الميثان الناتج من الهضم اللاهوائي للعينات المختبرة وتركيزه في الغاز الحيوي.

نوع وكمية المواد المضافة	N	الميثان الناتج			
		$L_N\ kg^{-1}$ OTS	S. D	P	[Vol.%]
مخلفات أبقار دون إضافة تفل تفاح C.M	3	6.10	0.48	.000	51
مخلفات أبقار +12.5% تفل تفاح (C.M+12.5% AW)	3	21.55(*)	0.29	.000	53
مخلفات أبقار +25% تفل تفاح (C.M+25% AW)	3	37.20(*)	0.30	.000	55
مخلفات أبقار +37.5% تفل تفاح (C.M+37.5% AW)	3	17.77(*)	0.35	.000	52.5

حيث : S.D = الانحراف المعياري؛ N= عدد المكررات؛ p= درجة الثقة؛ (*) تبين وجود فرق معنوي بين المتوسطات مقارنة بالشاهد عند مستوى معنوية 5%.

بإجراء نتائج تحليل التباين وجدت فروق معنوية بين متوسطات طرائق المعالجة بإضافة تفل التفاح والشاهد. فقورنت المتوسطات بإجراء اختبار أقل فرق معنوي $LSD_{5\%}$، ظهرت فروق معنوية بين متوسطات العينات المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسب (12.5%، 25%، 37.5%) مع العينات غير المعالجة، كما ظهر فرق معنوي ($P < 0.05$) بين متوسط طريقة المعالجة بإضافة 25% تفل تفاح ومتوسطي طريقتي المعالجة بإضافة تفل التفاح بنسبة (12.5%، 37.5%).

تشير النتائج على أن الميثان الناتج يزداد بإضافة تفل التفاح إلى مخلفات الأبقار حتى نسبة معينة، ويعود ذلك إلى انخفاض القدرة على إنتاج الميثان من زيادة نسبة تفل التفاح إلى مخلفات الأبقار بسبب زيادة نسبة السكريات في المخمر، حيث إن إضافة الكربوهيدرات سهلة التحلل (السكر والنشاء) يمكن أن تخفض امكانية التخمر لجميع مكوناتها، ولا سيما البروتين الخام والألياف الخام، وهذه العملية تسمى فتور الهضم (Madigan وزملاؤه، 2001). وعليه يمكن القول أن ارتفاع نسبة تفل التفاح 37.5% يؤدي إلى انخفاض عملية التخمر مقارنة بإضافة 12,5% و25% (العفيف وزملاءه، 2009).

الاستـنـتاجـات والتوصيات

1- أدت معالجة مخلفات الأبقار بإضافة تفل التفاح إلى زيادة في إنتاج الغاز الحيوي، فحصلنا على أعلى معدل لإنتاج الغاز الحيوي (65.99) $\mathbf{L_N\ kg^{-1}\ OTS}$ من العينات المضاف إليها 25% من تفل التفاح مقارنة مع النتيجة التي حصلنا عليها من تخمير مخلفات الابقار بدون أي إضافة.

2- ظهرت فروقات معنوية في إنتاج الغاز الحيوي بين متوسطات المعالجات بإضافة تفل التفاح (بنسب 12.5%، 25%، 37.5%) إلى مخلفات الأبقار مقارنة بمتوسطات العينات غير المعالجة بتلك الإضافة. كما ظهر فرق معنوي بين متوسطات العينات المضاف إليها 25% من تفل التفاح مع متوسطات العينات التي إضيف لها 12.5%، 37.5% منه.

3- أدت معالجة مخلفات الأبقار بإضافة تفل التفاح بنسبة 25% إلى زيادة معنوية في إنتاج الميثان، كما أدت إلى تحسن بنية الميثان المنتج حيث بلغت 55% مقارنة مع باقي العينات المعالجة بنسب إضافة 12,5% و 37,5%.

4- أظهرت نتائج الدراسة بأن إجراء تجارب إضافية أمر ضروري لتحسين إنتاج الميثان من تفل التفاح مع مخلفات الأبقار.

5- تشجيع المنشآت الصناعية المنتجة لتفل التفاح للعمل على إنتاج الغاز الحيوي من هذه المخلفات بإضافتها بنسبة 25% لمخلفات الأبقار للحصول على أفضل إنتاجية من الغاز الحيوي لتأمين مصدراً متجدداً للطاقة في تلك المنشآت.

المراجع References:

1. الباسل، علي عبد القادر. (1992). استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي (البيوغاز) . جامعة الدول العربية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية (AOAD).
2. البلخي، أكرم محمد. (2001). توصيف المادة العضوية المتخلفة عن إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) ودراسة حركتها في نوعين من الترب السورية– كلية الزراعة – جامعة دمشق.
3. العفيف، رأفت. كروفورشكو، فيتالي. (2009). الهضم اللاهوائي لمخلفات صناعة السكر– تأثير التخمر المشترك لنباتات الطاقة مع مخلفات المواشي في إنتاجية الميثان– مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية– المجلد (25)– العدد1 – ص 191–205.
4. المجموعة الإحصائية الزراعية. 2020. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
5. فارس، فاروق. (1999). تقانات الاستعمالات الملائمة بيئياً والمجدية اقتصادياً للمتبقيات
6. الزراعية النباتية وإمكانية تطبيقها من حدود الإقليم – الندوة الإقليمية حول تقنيات استعمال
7. المخلفات الزراعية وتدويرها من البيئة – المنظمة العربية للتنمية الزراعية– دمشق.
8. قرضاب، محمد. (1988). آفاق استخدام تقنية الغاز الحيوي في الجمهورية العربية السورية – تقرير صادر عن أسكوا.
9. وقائع ندوة تكنولوجيا الغاز الحيوي للمناطق الريفية في بلدان عربية مختارة. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا – الأمم المتحدة أسكوا 1988 ص17.
10. Abhay Koppar and Pratar Pullammanappallil. (2007). Single- stage, batch, Ieach-bed, thermophilic anaerobic digestion of spent sugar beet pulp, Bioresource Technology,In Press.
11. AL Afif, R., Amon T. (2007). Biogas production from olive pulp and cattle manure – Effect of co-fermentation and enzyines on methane productivity, Damascus University journal for Agricultural sciences (in press).
12. Awady, M.N., M.M.Moustafa ; A.M.EL . Gindy and M.A.Genaidy (1988) "Utilization of biogas as a renewable energy source in agriculture" Mist J. Ag. Eng., 5 (3): 203 . 219.
13. Bozym M., Florczak I.,Zdanowska P. (2015). An analysis of metal concentrations in food wastes for biogas production. Renewable energy 77, 467 – 472.
14. Chynoweth, D. P. (2004). Biomethane from energy crops and organic wastes, 1,525-530.
15. DIN standard. 2000. 51900: Testing of Solid and Liquid Fuels-Determination of Gross Calorific Value by the Bomb Calorimeter and Calculation of Net Calorific Value. Part 1. Principles, Apparatus, Methods. Part 2. Method Using Isoperibol ot Static, Jacket Calorimeter. Part 3.Method Using Adiabatic Jacket. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
16. EL Hadidi Y.M. (1999). Performance Evaluation of Biogas Horizontal Digester. Misr. J.Ag.Eng., 16 (3): 541 - 550.
17. Kramer J.M. (2012). Agricultural Biogas Casebook. Great Lakes Regional Biomass Energy Program Council of Great Lakes Governors p.12.
18. Kuprys-Caruk M., Kolodzieiski R. (2014). Evaluation of esilaged apple pomace usefulness for biogas production. Journal article. Voi.69 No.1 pp.5-13 ref.18.

19. Madigan M.T., Martinko J.M., Parker J. (2001). Mikrobiologie, Spektrum Akademischer Verlag Heididelberg/Berlin
20. Naffaa W. 2016. Antifungal activity of olive pomace extract and its effectiveness against tomato leaf spot disease in greenhouse conditions. North Journal of Applied and Academic Research. 1 (1): 59 – 67.
21. Olech E., Sikora J., Kubon M. (2017). Biogas production from corn silage and apple pomace. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 62 (1).
22. Sasse, L. (1989) " Efficiency of a biogas plant "Biogas Forum, Borda/ III No.37:7 . 9.
23. Uribe, M. and Juan, M. (1993). Evaluation of the production of biogas from the vegetative material of prickly pear, through a methanic fermentation process, Esc.de Agronomia, 51. Chile University (Ed.). Santiago, Chile.
24. VDI 4630. 2006. Fermentation of organic materials. Characterisation of the substrates, sampling, collection of material data, fermentation tests. Verein Deutscher Ingenieure (Ed.), VDI-Handbuch Energietechnik.
25. Vincezo R., Elena C. and Maurizio R. (2015). Energy production from anaerobic co-digestion processing of cow slurry, olive pomace and apple pulp. Renewable Energy, 1043-1049.
26. Wieger K., Michael M.V., Jacobus D.W. (1978). Biogas production by anaerobic digestion of fruit and vegetable waste. A preliminary study. Journal of the Science of Food and Agriculture. 29 (9), 822-830.