

المقارنة بين عمليتي التخمر اللاهوائي الجاف والرطب لمخلفات الماشية تحت درجات حرارة مختلفة

صقر الغضبان*

(الإيداع:9 تشرين الثاني 2021،القبول:11 أيار 2022)

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة عملية التخمر اللاهوائي الجاف على شكل دفعات لمخلفات الماشية تحت تأثير درجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة والمرتفعة. والغاية من ذلك تقدير مدى قابليتها للتفكك (التحلل)، ومن ثم مقارنتها مع العملية التقليدية التي يتم فيها تمديد هذه المخلفات بنسب معينة من المياه. فقد أظهرت النتائج بأن المخلفات الجافة تتحلل بنسب 0,5 % ، 11,5 % ، 30,7 % ، 44,9 % و 1,1 % بالمقارنة مع 0,4 % ، 10,2 % ، 32,5 % ، 53,1 % و 32,4 % للمخلفات الممددة، وذلك عند درجات الحرارة 15° C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C على التوالي. إن قابلية تفكك المخلفات الجافة عند درجة الحرارة 55°C كانت (P<0,05) منخفضة جداً، وذلك بسبب النقص الهائل في ثاني أكسيد الكربون في الطور الأولي للتخمر، الأمر الذي أدى إلى هبوط الـ (pH) إلى ما دون حد التسمم 6,0. إن الدراسة التالية تبين أن التخمر اللاهوائي الجاف لمخلفات الماشية يمكن أن يكون بديلاً للعملية التقليدية (التخمر الرطب) تحت درجات الحرارة المعتدلة.

الكلمات المفتاحية: التخمر اللاهوائي، مخلفات الماشية، الغاز الحيوي.

* أستاذ مساعد في جامعة دمشق، كلية الزراعة الثانية، فرع السويداء

Comparaison between dry and wet anaerobic fermentation process of dairy cattle manure under different temperatures

Sakr AL Gadban*

(Received:9 November 2021,Accepted:11 May2022)

Abstract:

The anaerobic batch fermentation of undiluted (dry) dairy cattle manure under psychrophilic, mesophilic and thermophilic conditions was studied to establish its biodegradability and compare the feasibility with conventional process (diluted manure). The biodegradability of undiluted manure was 0.5%, 11.5%, 30.7%, 44.9% and 1.1% as compared with 0.4%, 10.2%, 32.5%, 53.1% and 32.4% observed for the diluted manure at 15°C, 25°C, 35°C, 45°C and 55°C temperatures, respectively. The low biodegradability ($P<0,05$) of undiluted manure at 55°C temperature was due to process failure. The process failure occurred because of excessive washout of carbon dioxide during initial phase of fermentation resulting in drop in pH below the toxic limit of 6.0. The study suggests that dry anaerobic fermentation process may be a promising alternative to the conventional process in mesophilic temperature conditions.

Keywords: Anaerobic, Dairy cattle manure, Biogas.

* Associate Professor, Second faculty of Agriculture, Sweida, Syria

1. المقدمة:

برز الاهتمام بموضوع الطاقة بصورة كبيرة في فترة القرن العشرين، حيث اتضح أن وضع الطاقة ليس مرتبطاً بتغير أسعار النفط والغاز فقط، بل أيضاً 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 (عياش، 1981؛ شعبان، 1984؛ إسلام، 1988؛ العاني، 1988؛ عمار، 1989؛ 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، 1988؛ فارس، 1989؛ 1999؛ البلخي، 2001؛ Dakota، 2009).

إن الأساليب التكنولوجية المتبعة حالياً في الاستفادة من المخلفات الحيوانية عن طريق التخمر اللاهوائي، تؤدي في النهاية إلى الحصول على غاز حيوي إضافة إلى سماد عضوي ممدد بنسب مختلفة من المياه وتؤدي لتخفيض المحتوى الإجمالي من المادة الصلبة. وكما هو معروف فإن عملية التمديد بالمياه ضرورية من أجل تلبية المتطلبات العملية للمخمرات اللاهوائية. ولكن من أهم مساوئ هذه العملية أن نسبة التمديد العالية تؤدي إلى زيادة الحجم الإجمالي للمخمر، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى ظهور بعض الصعوبات سواءً أثناء فترة التخزين التي تتم خلالها عملية التخمر، أو عند تصريف النواتج النهائية المتدفقة في نهاية عملية التخمر (Hai Hellman، 1973؛ أسكوا، 1988؛ Sasse، 1989؛ الباسل، 1992؛ البلخي، 2001؛ Kramer، 2012).

ومن هنا تبرز أهمية عملية التخمر اللاهوائي الجاف، فهي تخفض من تكلفة بناء المخمرات، كما أنها تخلصنا من مشاكل الطين (الملاط) الناتج في نهاية العملية، إضافة لإمكانية استخدام مخمرات ذات أحجام صغيرة، والاستفادة من المخلفات بشكلها المنتج فور إخراجها من المخمر وكذلك فإن المخلفات الناتجة تحتوي على نسب عالية من المواد العضوية. ومن أجل بناء وتطوير مخمرات لاهوائية جافة مناسبة، فإنه من المهم جداً أن نقرن قابلية تحلل المخلفات الحيوانية تحت شروط التخمر اللاهوائي الجاف، وشروط عملية التخمر التقليدية.

قام العالمان chen و Hashimoto بتطوير نموذج حركي لعملية التخمر اللاهوائية التقليدية التي تستخدم المخلفات الممددة، بالاعتماد على تجربة استمرت مئة يوماً، وكانت النتيجة أن نسبة تفكك المخلفات الحيوانية بلغت 41,6% عند درجة الحرارة 35°C (Chen وزملاءه، 1980). أما العالم هل Hill فقد بين بدوره أن ثابت تفكك المخلفات الحيوانية هو 0,36، وعرف هذا الثابت على أنه هدم للأجسام الصلبة كلما اقترب زمن الاحتجاز (البقاء) من اللانهاية. وتم التأكيد على أن درجة حرارة تشغيل المخمرات تؤثر على قابلية التفكك (Hill، 1983).

2. هدف البحث:

إن الهدف من هذه الدراسة يكمن في:

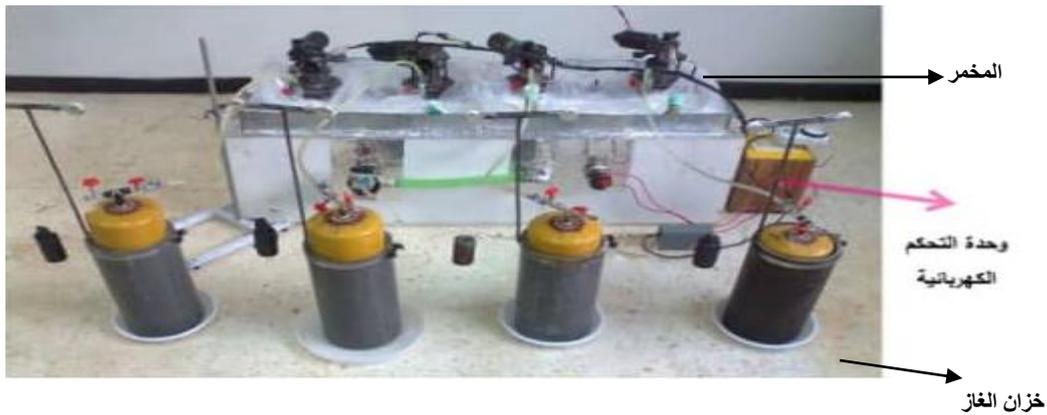
1. مقارنة مدى قابلية تفكك مخلفات الابقار الممددة وغير الممددة تحت تأثير درجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة والمرتفعة.

2. تحديد أهمية عملية التخمر اللاهوائي الجاف في إنتاج الغاز الحيوي.

3. مواد وطرائق البحث:

- 1- تاريخ تنفيذ البحث: نفذ البحث في شهر حزيران/ يونيو من عام 2020 في كلية الزراعة الثانية.
- 2- المادة العضوية: تم استخدام مخلفات أبقار من حظيرة أبقار بعد تجفيفها بواسطة المجففة تحت درجة حرارة 200°C حتى ثبات الوزن.
- 3- إضافة البادئ (جُمع البادئ المستخدم وهو عبارة عن الراسب الناتج عن التخمر اللاهوائي لمخلفات الأبقار من إحدى المخمرات المنفذة في المحافظة من قبل المركز الوطني لبحوث الطاقة من النموذج الهندي المعدل) إلى المخلفات الممددة وغير الممددة من أجل بدء عملية إنتاج الغاز الحيوي بنسبة 6 % و 12% على التوالي.
- 4- تحديد كتلة الأجسام الصلبة الأولية المتحللة في كل مخمر في بداية التجربة.
- 5- حساب حجم الغاز الحيوي الجاف المنتج يومياً.
- 6- قياس كمية الميثان وكمية ثاني أكسيد الكربون في الغاز الحيوي المنتج.
- 7 - تحديد كتلة المادة الصلبة المتفككة في كل مخمر عند درجات حرارة مختلفة.
- 8- التحليل الإحصائي: نفذت التجارب بطريقة التصميم العشوائي الكامل لدراسة تأثير درجة الحرارة في كل من التخمر الجاف والتخمر الرطب على ثلاث مكررات لكل تجربة. حلت المعطيات إحصائياً باستخدام برنامج (Spss15 ، 2007)، حيث تم تحليل التباين ANOVA ، ومن ثم قورنت المتوسطات بإجراء اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى المعنوية 5%.

تعرف مدى قابلية تفكك المخلفات على أنها ذلك الجزء من المادة الصلبة الكلية المتحللة عضوياً. ولكي نقوم بتحديد هذا جعلنا نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:1 في حالة التخمر اللاهوائي للمخلفات الحيوانية الممددة، وجعلنا نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:0 في حالة التخمر اللاهوائي للمخلفات الحيوانية الجافة. وتم تنفيذ التجارب في مخمرات لاهوائية تجريبية مصنعة محلياً من النوع الصيني _ الهندي المعدل بحيث تكون وحدة التخمر منفصلة عن خزان الغاز وذات سعة 5 لترات موضوعة في حمام مائي للحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة بواسطة وحدة تحكم كهربائية، وعند درجات الحرارة: 15° C ، 25° C ، 35° C ، 45° C ، 55° C . إن هذا المجال من درجات الحرارة يغطي درجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة والمرتفعة. بحيث يؤخذ حجم الغاز المنتج عن طريق المسطرة المدرجة بجانب خزان الغاز، طبقت التجربة لمدة 60 يوماً (زمن الأحتباس) على جميع درجات الحرارة المبينة أعلاه، وتم إعادة كل تجربة ثلاث مرات كما في الشكل (1) و(2).



الشكل رقم (1): وحدات إنتاج الغاز الحيوي



الشكل رقم (2): مكونات الحمام المائي

حددت كمية الميثان وكمية ثاني أكسيد الكربون المتواجدة فيه من أجل تحديد كتلة المادة الصلبة المتحللة في كل مخمر مستخدمين علاقة جيويل (Jewell) :

$$TVSMR = \frac{(16 \times CH_4) + (44 \times CO_2)}{22,413 \times 100} \times Bvo \quad (1)$$

حيث أن:

Total volatile mass removed : TVSMR الكتلة الإجمالية المتحللة، g

Dry biogas volume at STP : Bvo حجم الغاز الحيوي الجاف عند الشروط الجوية النظامية.

Biogas methane content : CH₄ غاز الميثان في الغاز الحيوي.

Biogas carbon dioxide content : CO₂ غاز ثاني أكسيد الكربون في الغاز الحيوي.

إن القيمتين 16 و 44 في المعادلة (1) تمثلان الوزن الجزئي لكل من الميثان وثاني أكسيد الكربون على التوالي.

كما أن القيمة 22,413 تمثل حجم جزيء من الغاز المثالي في الشروط النظامية (ليتر/ جزيء).

يبين الجدول (1) الشروط التجريبية البدائية للمخلفات الممددة وغير الممددة. فقد أضيف البادئ إلى المخلفات

الممددة، وكذلك إلى المخلفات الغير الممددة بنسبة 6 % و 12 % على التوالي من أجل بدء عملية إنتاج الغاز الحيوي.

تم تحديد كتلة الأجسام الصلبة الأولية المتحللة (VSI) في كل مخمر في بداية التجربة. ثم تمت مراقبة حجم الغاز الحيوي الجاف المنتج يومياً.

الجدول رقم (1): الشروط التجريبية البدائية، قابلية التفكك، إنتاج الغاز الحيوي في عملية التخمر الهوائي على شكل دفعات

درجة الحرارة °C	نسبة المخلفات إلى الماء	وزن المخلفات kg	وزن البادئ Kg	الوزن الإجمالي kg	المادة المتحللة		قابلية التفكك %	إجمالي المادة الصلبة المتحللة g	حجم الغاز الحيوي المنتج / ml/g VS	إنتاج الغاز الحيوي
					المحتوى الصلبة %	الصلبة Kg				
15	1:0	2,0	0,24	2,24	12,11	0,271	0,5	19,7	2,5	126
	1:1	2,0	0,12	2,12	6,33	0,134	0,4	6,6	1,2	182
25	1:0	2,0	0,24	2,24	12,80	0,297	11,5	49,3	22,4	454
	1:1	2,0	0,12	2,12	8,04	0,170	10,2	38,2	12,6	330
35	1:0	2,0	0,24	2,24	14,54	0,325	30,7	76,2	56,1	736
	1:1	2,0	0,12	2,12	7,89	0,167	32,5	45,9	34,1	742
45	1:0	2,0	0,24	2,24	12,42	0,278	44,9	97,9	66,2	676
	1:1	2,0	0,12	2,12	8,10	0,172	53,1	74,8	59,1	790
55	1:0	2,0	0,24	0,24	12,60	0,282	1,1	110,2	0,18	19
	1:1	2,0	0,12	2,12	8,25	0,175	32,4	32,5	38,7	1190

حيث: VS: Volatile solids الأجمام الصلبة المتحللة، g؛ VSI: Volatile solids mass initial كتلة الأجمام الصلبة الأولية المتحللة، g؛ VST: Volatile solids mass at any time كتلة الأجمام الصلبة المتحللة في أي وقت، g. حسب كتلة الأجمام الصلبة المتحللة في أي وقت (VST) عن طريق طرح كتلة الأجمام الصلبة المتحللة في ذلك الوقت من كتلة الأجمام الصلبة المتحللة البدائية. وحصلنا على منحنيات بيانية خطية تمثل العلاقة بين VST/VSI وزمن الاحتباس (HRT)، أما الأجمام الصلبة المتحللة المتبقية حتى اللانهاية فاعتبرت على أنها الجزء الممانع (غير القابل للانحلال). الجزء غير القابل للانحلال تم تصوره على أنه الجزء المحصور بـ R_0 على المخطط، وعليه فقد تم حساب قابلية المخلفات للانحلال بالعلاقة التالية:

$$B = (1 - R_0) \times 100 \quad (2)$$

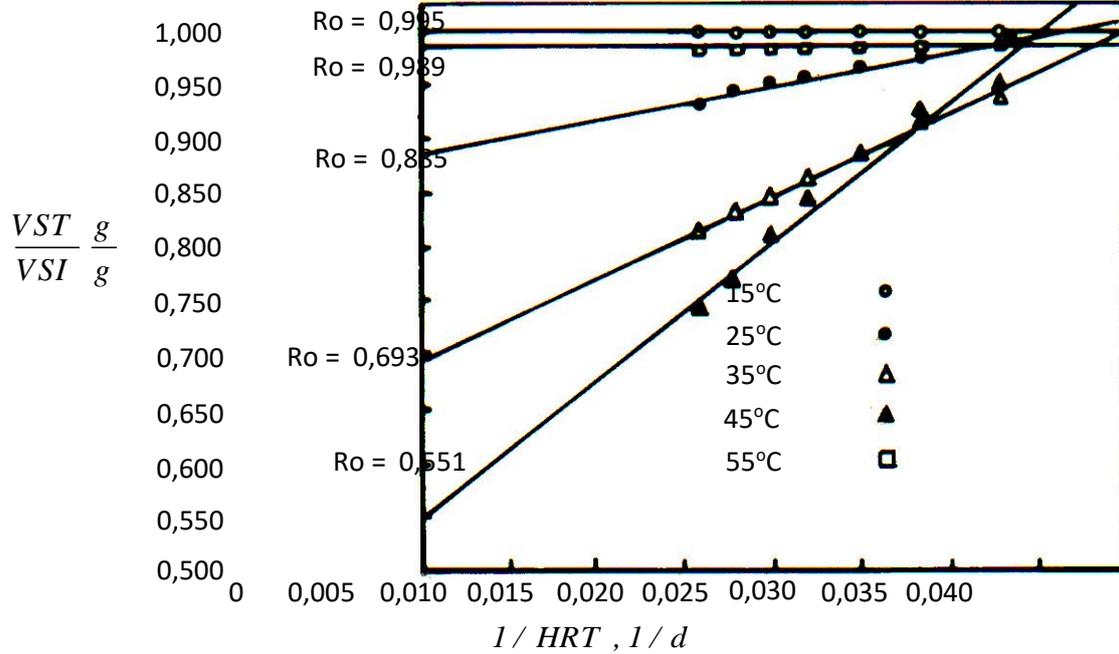
حيث أن:

Biodegradability : B قابلية التحلل (التفكك).

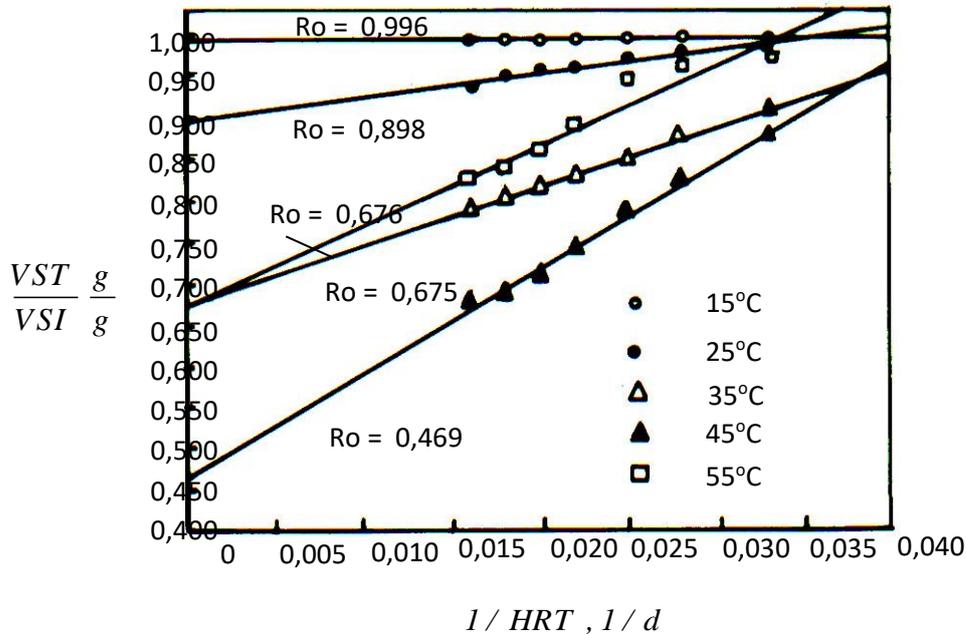
Refractory fraction : Ro الجزء المقاوم للمعالجة، g/g

4. النتائج والمناقشة:

يبين الشكلان (3) و (4) الجزء الممانع (غير القابل للتحلل) من إجمالي المادة الصلبة المتحللة عند درجات حرارة مختلفة لكل من المخلفات غير الممددة (حيث كانت نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:0)، والمخلفات الممددة (حيث كانت نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:1).



الشكل رقم (3): الجزء الممانع Ro (غير القابل للتحلل) في مختلف درجات حرارة التخمر ذي نسبة المخلفات إلى الماء 1:0



الشكل رقم (4): الجزء الممانع Ro (غير القابل للتحلل) في مختلف درجات حرارة التخمر ذي نسبة المخلفات إلى الماء

1:1

إن الأجزاء الممانعة، أي غير القابلة للمعالجة أو للتحلل للمخلفات غير الممددة كانت: 0,995 ، 0,885 ، 0,693 ، 0,551 ، 0,989 عند درجات الحرارة : 15°C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C على التوالي. أما بالنسبة للمخلفات الممددة، فعند درجات الحرارة نفسها المبينة أعلاه تم الحصول على القيم التالية: 0,996 ، 0,898 ، 0,675 ، 0,469 ، 0,676. وبما أنه يمكن اعتبار الجزء غير القابل للتحلل كمؤشر على مقدار المادة الصلبة الكلية غير القابلة للتحلل حتى خلال زمن لانهائي، فإن النتائج المقروءة تبين ازدياداً في قابلية التحلل في درجات الحرارة الأعلى (مثل 25°C و 35°C و 45°C)، وذلك بالنسبة للمخلفات الممددة وغير الممددة أيضاً. وذلك يعزى إلى إنتاج الغاز المخفض تحت شروط الحرارة المرتفعة.

لدى تحليل التباين لدراسة تأثير نوع التخمر (جاف أو رطب) ودرجة الحرارة (15°C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C) على الجزء الممانع R_o ، تبين وجود فروق معنوية ($P < 0,05$) بين متوسطات قيم الجزء الممانع R_o كما هو موضح بالجدول (2).

الجدول رقم (2) : قيم الجزء الممانع R_o عند درجات الحرارة مختلفة لكل من المخلفات غير الممددة والممددة.

درجة الحرارة °C ←	15	25	35	45	55
الجزء الممانع R_o في المخلفات غير الممددة	0,995b	0,885b	0,693a	0,551a	0,989b
الجزء الممانع R_o في المخلفات الممددة	0,996b	0,898b	0,675a	0,469a	0,676a

• الحروف المتشابهة ضمن كل صف تعني عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات.

من خلال مقارنة المتوسطات تبين إن الجزء الممانع عند درجة حرارة 45°C هو الأقل يليه عند درجة حرارة 35°C وبدون فروق معنوية أي أن درجة الحرارة المعتدلة كان لها أثر كبير في تقليل كمية الجزء الممانع من المادة الصلبة المتحللة الموجودة ضمن المادة العضوية.

يبين الجدول (3) قابلية انحلال المخلفات الممددة وغير الممددة في ظل درجات الحرارة المختلفة. فمن هذا الجدول يتضح بأنه عند درجات الحرارة المنخفضة (15°C) فإن قابلية انحلال المخلفات غير الممددة والممددة كانت 0,5% و 4%، على التوالي. إن قابلية انحلال منخفضة كهذه تدل على تحول بسيط (غير ذي أهمية) لإجمالي المواد الصلبة إلى غاز حيوي، وتشير أيضاً إلى أنه عند درجة حرارة 15°C كانت هناك نسبة تحول أبطأ في المادة المخمرة أثناء فترة التجربة التي بلغت 60 يوماً، ولذلك يمكن الاستنتاج أن درجة الحرارة (15°C) غير مناسبة لعملية التخمر اللاهوائي.

الجدول رقم (3): قابلية تفكك المخلفات غير الممددة والممددة عند درجات الحرارة مختلفة.

درجة الحرارة °C ←	15	25	35	45	55
قابلية تفكك المخلفات غير الممددة %	0,5a	11,5b	30,7c	44,9d	1,1a
قابلية تفكك المخلفات الممددة %	0,4a	10,2b	32, 5c	53,1d	32,4c

• تشير الأحرف المشتركة ضمن كل صف لعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات.

إن قابلية تحلل المخلفات غير الممددة عند درجة الحرارة 25°C كانت أعلى بـ 1,3% من المخلفات الممددة، وكانت أقل بـ 1,8% للمخلفات غير الممددة مقارنةً مع المخلفات الممددة عند درجة الحرارة 35°C . ومن هذا يتضح أن قابلية تحلل المخلفات غير الممددة وكذلك الممددة لم تتغير بشكل ملحوظ عند درجتي الحرارة 25°C و 35°C .

قابلية تحلل المخلفات غير الممددة كانت 44,9% عند درجة الحرارة 45°C ، وكانت أقل من المخلفات الممددة بنسبة 8,2%. إن قابلية التحلل العالية للمخلفات الممددة عند درجة الحرارة 45°C تعزى إلى الإنتاج الكبير للغاز في واحدة الكتلة من إجمالي الكتلة الصلبة المتحللة (790 ml/g VS للمخلفات الممددة مقابل 676 ml/g VS للمخلفات غير الممددة). قابلية تحلل المخلفات غير الممددة عند درجة الحرارة 55°C كانت فقط 1,1% بسبب النقص الكبير في ثاني أكسيد الكربون في الطور البدائي من عملية التخمر. في حين بلغت قابلية تحلل المخلفات الممددة 32,4% عند درجة الحرارة 55°C ، وهي أقل من القيمة 53,1% والمسجلة عند الدرجة 45°C بالرغم من أن أعلى قيمة لإنتاج الغاز بلغت 1190 ml/g VS والتي تم تسجيلها عند درجة حرارة 55°C . والسبب في ذلك أن نسبة الأجسام الصلبة الكلية المتحللة من المخمر عند درجة الحرارة 55°C والتي بلغت 32,4% هي أقل من تلك التي تحللت عند 45°C . بالإضافة إلى أن إنتاج الغاز عند درجة الحرارة 55°C كان أيضاً أقل بمقدار 34,6% مقارنة بحجم الغاز المنتج عند درجة الحرارة 45°C .

وعليه فإن النتائج توحي بأن قابلية التحلل لم تكن كافية بالنسبة للمخلفات غير الممددة في ظل ظروف الحرارة المنخفضة والعالية، وبالتالي فإن التخمر اللاهوائي الجاف يمكن أن يكون ملائماً فقط في ظروف الحرارة المعتدلة.

ومن خلال تحليل التباين لدراسة تأثير نوع التخمر (جاف أو رطب) ودرجة الحرارة (15°C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C) على حجم الغاز الحيوي المنتج، تبين وجود فروق معنوية ($P < 0,05$) بين متوسطات قيم حجم الغاز الحيوي كما موضح في الجدول (4).

الجدول رقم (4): حجم الغاز الحيوي المنتج LN عند درجات حرارة مختلفة من المخلفات الجافة والرطبة.

حجم الغاز الحيوي LN عند درجات حرارة مختلفة					
55	45	35	25	15	درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$ ←
0.18a	66.2d	56.1c	22.4b	2.5a	مخلفات غير ممددة
38.7c	59.1d	34.1c	12.6b	1.2a	مخلفات ممددة

• تشير الحروف المشتركة ضمن الصف الواحد لعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات.

ونتيجة لوجود فروق معنوية ($P < 0,05$) بين المعاملات تمت مقارنة المتوسطات فتبين أن أفضل درجة حرارة للتخمر هي 45°C ، تلاها الدرجة 35°C بفروق معنوية في كل من التخمر الجاف والرطب، حيث بلغ إنتاج الغاز الحيوي في التخمر الجاف (66.2 ، 56.1) ليتر على التوالي وفي التخمر الرطب (59.1 ، 34.1) ليتر على التوالي. كما أن التخمر الجاف حقق نتائج أفضل وبفروق معنوية ($P < 0,05$) مقارنة مع التخمر الرطب، بلغت أفضل إنتاجية عند الدرجة 45°C فكانت في التخمر الجاف 66.2 ليتر وفي التخمر الرطب 59.1 ليتر.

5. الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- كانت قابلية تفكك (تحلل) المخلفات الحيوانية غير الممددة: 0,5% ، 11,5% ، 30,7% ، 44,9% ، 1,1% ، بينما بلغت قابلية تفكك المخلفات الحيوانية الممددة 0,4% ، 10,2% ، 32,5% ، 53,1% ، 32,4% ، وذلك عند درجات الحرارة 15°C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C على التوالي.
- 2- سجل فشل في عملية التخمير اللاهوائي الجاف للمخلفات غير الممددة عند درجة الحرارة 55°C ، وذلك بسبب النقص الحاد في ثاني أكسيد الكربون في طور البدائي، الأمر الذي أدى إلى انخفاض الـ pH إلى ما دون حد التسمم البالغ 6,0.
- 3- كان إنتاج الغاز الحيوي في عملية التخمير اللاهوائي بالنسبة للمخلفات الممددة وغير الممددة عند درجة الحرارة 35°C متشابهاً.
- 4- وجد أن أفضل درجة حرارة للتخمير هي 45°C ، تلاها الدرجة 35°C بفروق معنوية ($P < 0,05$) في كل من التخمير الجاف والرطب، حيث بلغ إنتاج الغاز الحيوي في التخمير الجاف (66.2 ، 56.1) ليتر على التوالي وفي التخمير الرطب (59.1 ، 34.1) ليتر على التوالي.
- 5- حقق التخمير الجاف نتائج أفضل وكانت الفروق معنوية ($P < 0,05$) مقارنة مع التخمير الرطب، حيث بلغت أفضل إنتاجية عند الدرجة 45°C فكانت في التخمير الجاف 66.2 ليتر وفي التخمير الرطب 59.1 ليتر.
- 6- إن التخمير اللاهوائي الجاف للمخلفات الحيوانية يبدو بديلاً واعداً للعملية التقليدية للتخمير في ظروف درجات الحرارة المعتدلة.

6. المراجع REFERENCES

1. إسلام، أحمد مدحت. (1988). الطاقة ومصادرها المختلفة. مركز الأهرام للترجمة والنشر - مصر ص 53.
- 2 — الباسل، علي عبد القادر. (1992). استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي (البيوجاز) — جامعة الدول العربية - المنظمة العربية للتنمية الزراعية (AOAD) ص 6.
- 3 — البلخي، أكرم محمد. (2001). توصيف المادة العضوية المتخلفة عن إنتاج الغاز الحيوي (البيوجاز) ودراسة حركتها في نوعين من الترب السورية- كلية الزراعة - جامعة دمشق ص 21.
- 4 — العاني، أسامة. (1988). مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة أهميتها وضرورة استثمارها في القطر العربي السوري - الجزء الأول (آذار) - مؤسسة دار الطاهر - حلب - سوريا ص 10.
5. شعبان، مظفر صلاح الدين. (1984). الطاقة وآفاقها المستقبلية — منشورات وزارة الثقافة - سوريا ص 16.
- 6 — عمار، محمد محمود. (1989). الطاقة ومصادرها واقتصادياتها - مكتبة النهضة المصرية 9 ش عدلي - القاهرة ص 34.
- 7- عياش، سعود يوسف. (1981). تكنولوجيا الطاقة البديلة - المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت ص 8.
- 8 — فارس، فاروق. (1999). تقانات الاستعمالات الملائمة بيئياً والمجدية اقتصادياً للمنتجات الزراعية النباتية وإمكانية تطبيقها من حدود الإقليم - الندوة الإقليمية حول تقنيات استعمال المخلفات الزراعية وتدويرها من البيئة - المنظمة العربية للتنمية الزراعية- دمشق ص 14.
- 9 - قرضاب، محمد. (1988). آفاق استخدام تقنية الغاز الحيوي في الجمهورية العربية السورية - تقرير صادر عن أسكوا ص 9.

10 — وقائع ندوة تكنولوجيا الغاز الحيوي للمناطق الريفية في بلدان عربية مختارة. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا – الأمم المتحدة أسكوا 1988 ص17.

- 1- 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.
- 2- Chen Y. R. and Hasimoto A. G. (1980). Substrate Utilization Kinetic Model for Biological Treatment Processes.í Biotechnology and Bioengineering, vol 22, p 2081– 2095.
- 3- Dakota G. P. (2009). National Biogas Program Reason for Success in Nepal , Nepla Biogas Promotion Group (NBPD) Minbhawan , P.O. Box 10074, Kathmandu 1 P.2.
- 4- Hellman H. (1973). Energy in The World of the Future ,, arangement with publishers , M.Evans &C. Inc., New York 10017 – p. 48.
- 5- Hill D. T. (1983). Simplified Monod Kinetics of Methane Fermentation of Animal Wastes.í Agricultural Wastes, vol 5, p 1.
- 6- Kramer J.M. (2012). Agricultural Biogas Casebook. Great Lakes Regional Biomass Energy Program Council of Great Lakes Governors p.12.
- 7- Sasse, L. (1989) " Efficiency of a biogas plant "Biogas Forum, Borda/ III No.37:7 . 9.
- 8- SPSS Inc. (2007). SPSS software, Release 15, SPSS Inc. Chicago (Ed.). Chicago, Illinois.