مقارنة قابلية تحلل مخلفات الماشية في عمليتي التخمر اللاهوائي الجاف والرطب

صقر الغضبان*

* كلية الزراعة الثانية،جامعة دمشق، سورية.

الملخص

يهدف هذا البحث دراسة عملية التخمر اللاهوائي الجاف على شكل دفعات (batch) 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. أظهرت النتائج أن 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 بالماء ، 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 منخفضة جداً، وذلك بسبب النقص في ثاني أوكسيد الكربون في الطور الأولي للتخمر، الأمر الذي أدى إلى هبوط معدل الـ (pH) إلى ما دون حد التسمم 6,0.

تشير هذه الدراسة أن التخمر اللاهوائي الجاف لمخلفات الماشية يمكن أن يكون بديلاً للعملية التقليدية (التخمر الرطب) عند درجات الحرارة المعتدلة (35° C).

الكلمات المفتاحية: التخمر اللاهوائي، روث الماشية، أسمدة عضوية، الغاز الحيوي.
المخلفات الممددة ، المخلفات غير الممددة

Comparing Biodegradability of Dairy Cattle Manure Under Dry and Wet Anaerobic Fermentation Processes

Sakr AL Gadban*
*Faculty of agriculture, university of Damascus, Syria.

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 to 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 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 (35° C).

Key words: Anaerobic, Dairy cattle manure, Organic fertilizers, Biogas. Undiluted manure , diluted manure

المقدمة:

لقد برز الاهتمام بموضوع الطاقة بصورة كبيرة في القرن العشرين حيث اتضح أن وضع الطاقة ليس مرتبطاً بتغير أسعار النفط والغاز فقط بل أيضا بقدرة 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 ذلك ظهور نتائج سلبية على مستقبل التطور الاقتصادي والاجتماعي متمثلاً في التلوث البيئي (1، 2، 5 ، 7، 11، 15).

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 المستهلكة، وتعتبر بديلاً واعداً لزيادة مخزون الطاقة وخاصةً في الأرياف، كما هو الحال في الهند والصين وبعض دول شرق آسيا مثلاً التي يوجد فيها عشرات الملايين من المخمرات(4، 10، 11، 13، 16).

إن الأساليب التكنولوجية المتبعة حالياً في الاستفادة من المخلفات الحيوانية في التخمر اللاهوائي تؤدي في النهاية إلى الحصول على الغاز الحيوي إضافة إلى سماد عضوي ممدد بنسب مختلفة من المياه تؤدي لتخفيض المحتوى الإجمالي من المادة الصلبة. وكما هو معروف فإن عملية التمديد بالمياه ضرورية من أجل تلبية المتطلبات العملية للمخمرات اللاهوائية. 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(4، 7، 9، 15، 18).

إن عملية التخمر اللاهوائي الجاف تتمتع ببعض المزايا، أهمها:

(1) إمكانية استخدام مخمرات ذات أحجام صغيرة.

(2) إمكانية الاستفادة من المخلفات بشكلها المنتج فور إخراجها من المخمر.

(3) المخلفات الناتجة تحتوي على نسب عالية من المواد العضوية.

(4) لا حاجة لإيجاد طريقة لتصريف السائل المتدفق عند انتهاء عملية التخمر.

ومن هنا تتأتى أهمية عملية التخمر اللاهوائي الجاف، فهي تخفض إذاً من تكلفة بناء المخمرات، كما أنها تخلصنا من مشاكل الطين (الملاط) الناتج في نهاية العملية.

ومن أجل بناء وتطوير مخمرات لاهوائية جافة مناسبة، فإنه من المهم جداً أن نقارن قابلية تحلل المخلفات الحيوانية تحت شروط التخمر اللاهوائي الجاف، وشروط عملية التخمر التقليدية.

قام العالمان تشن (chen) و هاشيموتو (Hashimoto) بتطوير نموذج حركي لعملية التخمر اللاهوائية التقليدية التي تستخدم المخلفات الممددة، بالاعتماد على تجربة استمرت مئة يوم، وكانت النتيجة أن نسبة تفكك المخلفات الحيوانية بلغت 41.6% عند درجة الحرارة 35 ° م . 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.

هدف البحث:

إن الهدف من هذه الدراسة يكمن في:

1. مقارنة مدى قابلية تفكك المخلفات الحيوانية الممددة وغير الممددة بالماء تحت تأثير درجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة والمرتفعة.
2. تحديد جدوى عملية التخمر اللاهوائي الجاف.

مواد البحث وطرائقه:

1- إضافة البادئ إلى المخلفات الممددة وغير الممددة بالماء من أجل بدء عملية إنتاج الغاز الحيوي.

2- تحديد كتلة الأجسام الصلبة الأولية المتحللة في كل مخمر في بداية التجربة.

3- حساب حجم الغاز الحيوي الجاف المنتج يومياً.

4- قياس كمية الميثان وكمية ثاني أوكسيد الكربون المتواجدة في الغاز الحيوي المنتج.

5- تحديد كتلة المادة الصلبة المتفككة في كل مخمر عند درجات حرارة مختلفة.

الرموز المعتمدة:

B : قابلية التحلل (التفكك)، %

Bvo : حجم الغاز الحيوي الجاف عند الشروط الجوية النظامية

CH_4 : نسبة الميثان في الغاز الحيوي، %

CO_2 : نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الغاز الحيوي، %

Ro : الجزء المقاوم للمعالجة، g/g

TVSMR : الكتلة الإجمالية المتحللة، g

VS : الأجسام الصلبة المتحللة، g

VSI : كتلة الأجسام الصلبة الأولية المتحللة ، g

VST : كتلة الأجسام الصلبة المتحللة في أي وقت ، g

النتائج والمناقشة:

تعرف مدى قابلية تفكك المخلفات على أنها ذلك الجزء من المادة الصلبة الكلية المتحللة عضوياً. ولكي نقوم بتحديدها جعلنا نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:1 في حالة التخمر اللاهوائي للمخلفات الحيوانية الممددة بالماء ، وجعلنا نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:0 في حالة التخمر اللاهوائي للمخلفات الحيوانية الجافة. وتم تنفيذ التجارب في مخمرات ذات سعة 5 ليترات، 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. طبقت التجربة لمدة 60 يوماً على جميع درجات الحرارة المبينة أعلاه وتم إعادة كل تجربة ثلاث مرات.

يبين الجدول رقم (1) الشروط التجريبية البدائية للمخلفات الممددة وغير الممددة. فقد تمت إضافة البادئ إلى المخلفات غير الممددة بالماء ، وكذلك إلى المخلفات الممددة بنسبة 6 ، 12% من أجل بدء عملية إنتاج الغاز الحيوي. كتلة الأجسام الصلبة الأولية المتحللة (VSI) في

كل مخمر تم تحديدها في بداية التجربة. ثم تمت مراقبة حجم الغاز الحيوي الجاف المنتج يومياً، وتم تحديد كمية الميثان وكمية ثاني أوكسيد الكربون المتواجدة فيه من أجل تحديد كتلة المادة الصلبة المتحللة في كل مخمر مستخدمين علاقة جيويل (Jewell) :

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

إن القيمتين 16 و 44 في المعادلة (1) تمثلان الوزن الجزئي لكل من الميثان وثاني أوكسيد الكربون على التوالي. كما أن القيمة 22,413 تمثل حجم جزيء من الغاز المثالي في الشروط النظامية (ليتر/ جزيء).

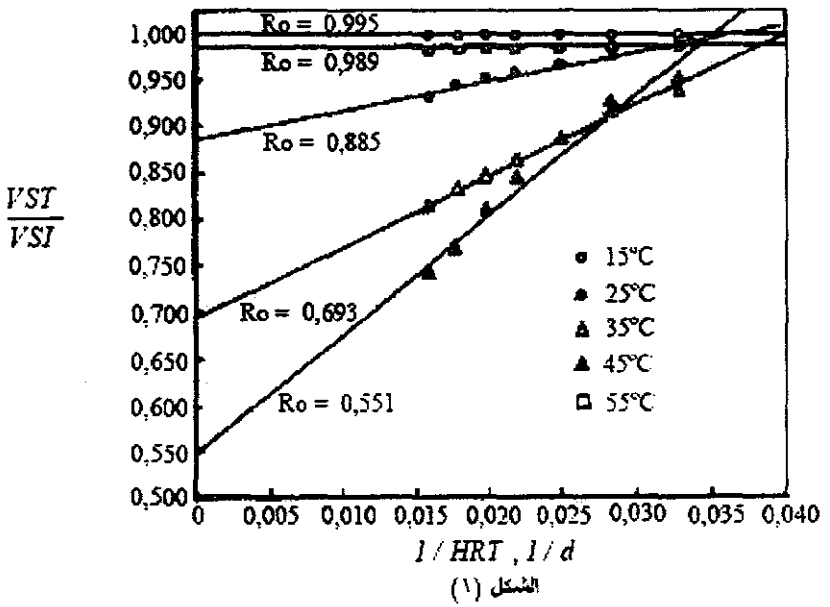
الجدول (1) :الشروط التجريبية البدائية، قابلية التفكك، إنتاج الغاز الحيوي في عملية التخمر الهوائي على شكل دفعات

درجة الحرارة °C	نسبة المخلفات إلى الماء	وزن المخلفات kg	وزن البادئ kg	الوزن الإجمالي kg	المادة المتحللة الصلبة المحتوى %	المادة المتحللة الصلبة kg	قابلية التفكك %	إجمالي المادة الصلبة المتحللة g	حجم الغاز الحيوي المنتج /	انتاج الغاز الحيوي ml/g VS
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	O,170	10,2	38,2	12,6	330
	1:0	2,0	0,24	2,24	14,54	0,325	30,7	76,2	56,1	736
25	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

لقد تم حساب كتلة الأجسام الصلبة المتحللة في أي وقت (VST) عن طريق طرح كتلة الأجسام الصلبة المتحللة في ذلك الوقت من كتلة الأجسام الصلبة المتحللة البدائية. وتم الحصول على منحنيات بيانية خطية تمثل العلاقة بين VST/VSI وزمن الاحتباس (HRT)، أما الأجسام الصلبة المتحللة المتبقية حتى اللانهاية فاعتبرت على أنها الجزء الممانع (غير القابل للانحلال). الجزء غير القابل للانحلال تم تصوره على أنه الجزء المحصور بـ Y على المخطط، وعليه فقد تم حساب قابلية المخلفات للانحلال بالعلاقة التالية:

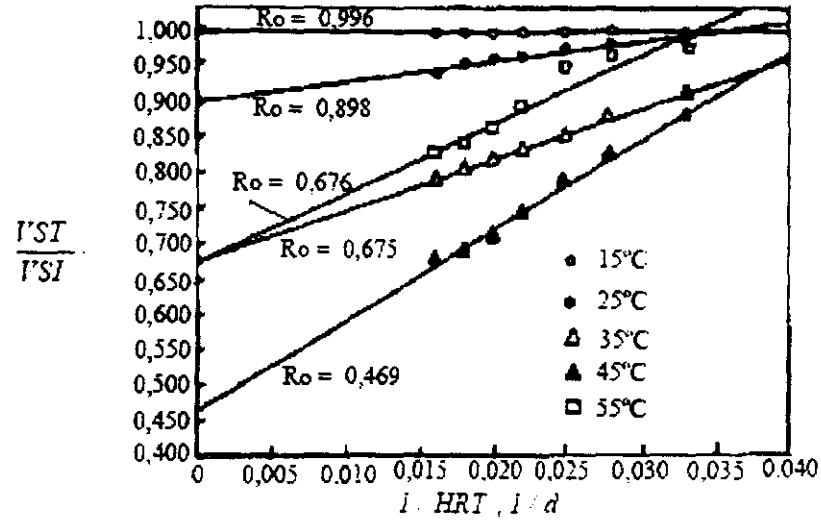
$$B = (1 - Ro) \times 100 \qquad (2)$$

ويبين الشكلان (1) ، (2) الجزء الممانع (غير القابل للتحلل) من إجمالي المادة الصلبة المتحللة عند درجات حرارة مختلفة لكل من المخلفات غير الممددة بالماء (حيث كانت نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:0)، والمخلفات الممددة بالماء (حيث كانت نسبة وزن المخلفات إلى وزن الماء 1:1).



الشكل (١)

الجزء الممانع Ro (غير القابل للتحلل) في مختلف درجات حرارة تخمر المخلفات ذي نسبة المخلفات إلى الماء ١ : ٠



الشكل (٢)

الجزء الممانع Ro (غير القابل للتحلل) في مختلف درجات حرارة تخمر المخلفات ذي نسبة المخلفات إلى الماء ١ : ١

إن الأجزاء الممانعة، أي غير القابلة للمعالجة أو للتحلل للمخلفات غير الممددة بالماء 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 بالماء ، فعند درجات الحرارة نفسها المبينة أعلاه تم الحصول على القيم التالية: 0,996 ، 0,898 ، 0,675 ، 0,469 ، 0,676 (كما هو مبين بالجدول 2). وبما أنه يمكن اعتبار الجزء غير القابل للتحلل كمؤشر على مقدار المادة الصلبة الكلية المتحللة 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 بالماء وغير الممددة أيضاً. ذلك يعزى إلى إنتاج الغاز المخفض تحت شروط الحرارة المرتفعة.

الجدول (2): قيم الجزء الممانع Ro عند مختلف درجات الحرارة لكل من المخلفات غير الممددة والممددة بالماء

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

يبين الجدول (1) قابلية انحلال المخلفات الممددة وغير الممددة في ظل درجات الحرارة المختلفة. حيث يتضح أنه عند درجات الحرارة المنخفضة (15°C) فإن قابلية انحلال المخلفات غير الممددة والممددة بالماء كانت % 0,55 و % 0,47 على التوالي. وأن 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 هذه (15°C) غير مناسبة لعملية التخمر اللاهوائي.

قابلية تحلل المخلفات غير الممددة بالماء عند درجة الحرارة 25°C كانت أعلى بـ % 1,3 من المخلفات الممددة بالماء، وكانت أقل بـ % 1,8 للمخلفات غير الممددة مقارنةً مع المخلفات الممددة عند درجة الحرارة 35°C . من هذا يتضح أن قابلية تحلل المخلفات غير الممددة وكذلك الممددة بالماء لم تتغيران 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 بالماء عند درجة الحرارة 45°C تعزى إلى الإنتاج الكبير للغاز لكل وحدة كتلة من إجمالي الكتلة الصلبة المتحللة (790 ml/g VS للمخلفات الممددة مقابل 676 ml/g VS للمخلفات غير الممددة بالماء). قابلية تحلل المخلفات غير الممددة بالماء عند درجة الحرارة 55°C كانت فقط % 1,1 لأن العملية فشلت بسبب النقص الكبير في ثاني أوكسيد 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 المسجلة عند الدرجة 45°C رغم أن أعلى إنتاج للغاز بلغت قيمته 1190 ml/g VS وتم تسجيله عند 55°C . والسبب في ذلك أن نسبة % 56,6 أقل من الأجسام الصلبة الكلية المتحللة من المخمر عند درجة الحرارة 55°C مقارنةً بتلك التي تحللت عند 45°C . بالإضافة إلى أن إنتاج الغاز عند درجة الحرارة 55°C كان أيضاً أقل بمقدار % 34,6 (من حيث الحجم) مقارنة بالمنتج عند درجة الحرارة 45°C. هذه النتائج توحي بأن قابلية التحلل لم تكن كافية بالنسبة للمخلفات غير الممددة بالماء في ظل ظروف الحرارة المنخفضة والعالية، ومن هنا فإن التخمر اللاهوائي الجاف يمكن أن يكون ملائماً فقط في ظروف الحرارة المعتدلة.

تحليل النتائج:

تمت مقارنة التخمر اللاهوائي الجاف للمخلفات الحيوانية غير الممددة بالماء (حيث كانت نسبة المخلفات إلى الماء 1:0) مع المخلفات الممددة بالماء (ذي نسبة المخلفات إلى الماء 1:1). في درجات حرارة مختلفة (15° C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C) لمدة ستين يوماً، وكان الهدف تحديد مدى قابلية التفكك في درجات الحرارة المذكورة أعلاه. وبناءً على الدراسة التي أجريت تم التوصل إلى النتائج التالية:

- كانت قابلية تفكك (تحلل) المخلفات الحيوانية غير الممددة بالماء % 0,5 ، % 11,5 ، % 30,7 ، % 44,9، % 1,1 ، بينما بلغت قابلية تفكك المخلفات الحيوانية الممددة بالماء % 0,4 ، % 10,2 ، % 32,5 ، % 3,1، % 32,4 عند درجات الحرارة 15° C ، 25°C ، 35°C ، 45°C ، 55°C على التوالي كما هو مبين بالجدول (3) .

الجدول (3) : قابلية تفكك المخلفات غير الممددة والممددة بالماء عند مختلف درجات الحرارة

درجة الحرارة °C	15	25	35	45	55
قابلية تفكك المخلفات غير الممددة %	0,5	11,5	30,7	44,9	1,1
قابلية تفكك المخلفات الممددة %	0,4	10,2	32, 5	3,1	32,4

- تم تسجيل فشل عملية التخمر اللاهوائي الجاف للمخلفات غير الممددة عند درجة الحرارة 55°C ، وكان ذلك بسبب النقص الحاد في ثاني أوكسيد الكربون في الطور البدائي، الأمر الذي أدى إلى انخفاض الـ pH إلى ما دون حد التسمم البالغ 6,0.
- كان إنتاج الغاز الحيوي في عملية التخمر اللاهوائي بالنسبة للمخلفات الممددة وغير الممددة بالماء عند درجة الحرارة 35°C متماثلاً.
- إن التخمر اللاهوائي الجاف للمخلفات الحيوانية يبدو بديلاً واعداً للعملية التقليدية للتخمير في ظروف درجات الحرارة المعتدلة.

المراجع

العاني، أسامة (1988). مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة أهميتها وضرورة استثمارها في القطر العربي السوري – الجزء الأول (آذار) – مؤسسة دار الطاهر– حلب – سوريا.

عياش، سعود يوسف (1981). تكنولوجيا الطاقة البديلة – المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب – الكويت.

شمعة، علي محمود (1994). أنواع الطاقة وتحويلاتها – دار قابس للطباعة والنشر والتوزيع– بيروت – لبنان.

البلخي، أكرم محمد (2001). توصيف المادة العضوية المتخلفة عن إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) ودراسة حركتها في نوعين من الترب السورية– كلية الزراعة – جامعة دمشق.

شعبان، مظفر صلاح الدين (1984). الطاقة وآفاقها المستقبلية — منشورات وزارة الثقافة – سوريا.

أسلام، أحمد مدحت. (1988). الطاقة ومصادرها المختلفة ــ مركز الأهرام للترجمة والنشر – مصر.

الباسل، علي عبد القادر (1992). استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي (البيوغاز) ــ جامعة الدول العربية – المنظمة العربي للتنمية الزراعية (AOAD).

عمار، محمد محمود (1989). الطاقة ومصادرها واقتصادياتها – مكتبة النهضة المصرية 9 ش عدلي – القاهرة.

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

قرضاب، محمد (1988). آفاق استخدام تقنية الغاز الحيوي في الجمهورية العربية السورية – تقرير صادر عن أسكوا.

فارس، فاروق (1999). تقانات الاستعمالات الملائمة بيئياً والمجدية اقتصادياً للمتبقيات الزراعية النباتية وإمكانية تطبيقها من حدود الإقليم – الندوة الإقليمية حول تقنيات استعمال المخلفات الزراعية وتدويرها من البيئة – المنظمة العربية للتنمية الزراعية– دمشق.

REFERENCES

Hai Hellman , (1973). Energy in The World of the Future ,, arangement with publishers , M.Evans &C. Inc., New York 10017 **– p. 48.**

Sasse, L. (1989) " Efficiency of a biogas plant "Biogas Forum, Borda/ III No.37:7 - 9.

Performance Evaluation of Biogas Horizontal Digester. Yasser M.EL - Hadidi. 1999 Misr. J.Agric.Eng., 16 (3): 541 - 550.

Agricultural Biogas Casebook. (2002) Joseph M.Kramer. Great Lakes Regional Biomass Energy Program Council of Great Lakes Governors p.12.

National Biogas Program Reason for Success in Nepal , (1999). Govinda Prasad Dakota, Nepla Biogas Promotion Group (NBPD) Minbhawan , P.O. Box 10074, Kathmandu 1 P.2.

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. Agric. Eng., 5 (3): 203 - 219.

EL Hadidi , Y.M.(1994) " Possibilities of biogas utilization on poultry farms " Mist , J. Agric.Eng. 11 (1): 67 - 77.