

إنتاج الغاز الحيوي من تفل الزيتون ومخلفات المواشي دراسة تأثير التخمر المشترك وإضافة الأنزيمات في إنتاجية الميثان

رأفت العفيف⁽¹⁾ وتوماس أمون⁽²⁾

الملخص

تولى البحث تحري إنتاج الغاز الحيوي من تفل الزيتون OP ومخلفات المواشي CM ودراسة تأثير التخمر المشترك وإضافة الأنزيمات في إنتاجية الميثان. أجريت التجارب على عينات من OP وCM وخلاتهما في مجموعة هواضم لاهوائية سعة كل منها ليترًا واحدًا ضمن درجة حرارة 37.5C مدة 60 يوماً. نسبة خلط OP إلى CM كانت 75:25; 50:50; 25:75.

تراوح حجم الغاز الحيوي والميثان الناتجين بين 198-289, 103-179 VS $I_N \text{ kg}^{-1}$ على التوالي وتراوح تركيز CH_4 في الغاز الحيوي بين 52-62% أما النسبة المتبقية فكانت بأغلبها غاز CO_2 . غاز الميثان الذي تم الحصول عليه من OP بلغ $I_N \text{ kg}^{-1}$ VS 139. ازدادت إنتاجية الميثان بازدياد نسبة OP في الخليط. كانت النسبة المثالية للتخمير المشترك بين OP وCM 75:25. إضافة خليط الأنزيمات Shearzyme, Cellulast, Novzym342, Pulpzyme HC, Resinase A2X إلى الخليط 50:50 رفعت معدل إنتاج غاز الميثان بنسبة 31% كما زاد من محتواه في الغاز الحيوي بمعدل 3%. إن زمن الحضانة الهيدروليكي المقترح للمخمر والذي يتم خلاله أعلى معدل للتحلل البكتيري هو من 20 إلى 30 يوماً بالنسبة OP وCM وخلاتهما وتقريباً 41 يوماً بعد إضافة الأنزيمات للخليط 50:50. أثبتت مقارنة النتائج التجريبية مع الحسابات النظرية إمكانية الحصول على المزيد من غاز الميثان من OP وCM.

وبشكل عام فإن تفل الزيتون مناسب جداً لإنتاج غاز الميثان وإن إنتاجيته من الميثان أعلى من إنتاجية مخلفات المواشي. كما أن إضافة الأنزيمات إلى العينات زاد من إنتاج الميثان خلال الهضم اللاهوائي.

الكلمات المفتاحية: الغاز الحيوي الهضم اللاهوائي تفل الزيتون مخلفات المواشي الأنزيم.

(1) مدرس قسم الهندسة الريفية كلية الزراعة ص.ب. 30621 جامعة دمشق، سورية.

(2) أستاذ، قسم الهندسة الزراعية، جامعة فيينا للمصادر الطبيعية والعلوم التطبيقية، فيينا، النمسا.

Biogas production from olive pulp and cattle manure – Effect of co-fermentation and enzymes on methane productivity

Al Afif, R.⁽¹⁾ and Amon, T.⁽²⁾

ABSTRACT

Olive pulp (OP), cattle manure (CM) and their mixtures (ratios of OP to CM of 75:25; 50:50; 25:75) were investigated in laboratory experiments to determine their maximum biogas production potential. The impact of added enzymes on biogas production was examined. Eudiometer batch digesters of one litre capacity were used and the temperature was set at 37.5 °C. Hydraulic retention time was 60 days.

Biogas and methane yields ranged from 198-289 and 103-179 I_N kg⁻¹ VS, respectively. The methane content of the biogas was of 52-62%, the remaining being principally CO₂. Methane production increased with the increasing proportion of the OP in the mixtures. The co-digestion ratio between OP and CM which gave the maximum methane yield was observed to be 75:25. Addition of enzymes Shearzyme, Cellulast, Novzym342, Pulpzyme HC and Resinase A2X to the mixture 50:50, increased methane production by 31.3 % and the methane concentration in the biogas by 3% compared with untreated mixture. The necessary digester hydraulic retention time (HRT) recommended to achieve high rate biodegradation is between 20 and 30 days for OP, CM and their mixtures, and approximately 41days for mixture 50:50 with enzymes. In general, olive pulp is very suitable for biomethanation and produces a higher methane yield than cattle manure. Addition of enzymes to the substrate increases methane production during anaerobic digestion.

Keywords: Biogas, Anaerobic digestion, Olive pulp, Cattle manure, Enzyme

⁽¹⁾ Asst. Prof. Dept. Rural Engineering, Fac. Agric., Damascus University, P.O. Box: 30621, Syria.

⁽²⁾ Prof. Dept., sustainable Agric. Systems, Uni., BoKu. Vienna, Austria.

المقدمة

إن زيادة تركيز غازي الميثان وأكسيد النيتروجين الناتجين عن تفسخ المخلفات الحيوانية والنباتية والمخلفات البلدية الصلبة والصناعية الخطرة وزيادة تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون الناتج عن احتراق البترول يشكل سبباً أساسياً لارتفاع حرارة الكرة الأرضية وتفاقم مشكلة الاحتباس الحراري.

جاء اجتماع الدول الأعضاء في هيئة الأمم المتحدة عام 1994 وبروتوكول كيوتو 1997 للحد من مسببات انبعاث الغازات المسببة لارتفاع حرارة الكون وترشيد استهلاك الطاقة ودعم وتمويل البحوث لإيجاد مصادر لأنظمة الطاقة المستمرة ومن ثم الاستغناء عن الطاقة الناتجة عن احتراق البترول بطاقة الرياح والشمس والغاز الحيوي [21].

يعدُّ الغاز الحيوي الناتج عن الهضم اللاهوائي للنباتات والمخلفات العضوية الحيوانية والصناعية مصدراً للطاقة المتجددة. إن إنتاج الميثان خلال الهضم اللاهوائي سوف يعود بالفائدة على المجتمع كونه أحد مصادر الطاقة النظيفة التي تسهم في الحد من مشكلة ارتفاع حرارة الكون والمطر الحامضي [17]. وإن تطوير مصادر الطاقات المتجددة حاجة ماسة في وقتنا الراهن للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري لأن المخزون النفطي العالمي في طريقه إلى النفاذ. يمكن للزراعة أن تسهم في تحقيق أهداف بروتوكول كيوتو عن طريق منع انبعاث غاز CH_4 و N_2O الناتج عن تفسخ المخلفات العضوية وذلك بواسطة تخميرها في وحدات إنتاج الغاز الحيوي واستخدام الميثان في توليد الكهرباء والحرارة [5].

إن مقارنة غاز الميثان الذي يدخل في تركيب الغاز الحيوي بنسبة قرابة 65% بأنواع الوقود الأخرى تبين أن له تأثيراً منخفضاً في تلوث الهواء بغاز ثنائي أكسيد الكربون لذلك اتجه الاهتمام العالمي نحو استخدام الميثان كوقود لوسائط النقل وتوليد الطاقة وتشغيل المصانع [17].

وفي عام 2003 وضع الاتحاد الأوروبي برنامجاً لدعم البحوث الهادفة لتحويل وسائط النقل للعمل بالوقود الحيوي بدلاً عن البترول وبيّنت الدراسات الصادرة عن منشورات الاتحاد الأوروبي أنه في حلول عام 2030 سوف تعمل ربع وسائط النقل في دول الاتحاد الأوروبي بالغاز الحيوي [22].

وفي سورية وضعت وزارة الزراعة ومراكز البحث العلمي مشاريع إنتاج الطاقة المتجددة ضمن أولوياتها. فالنباتات بأنواعها والمخلفات العضوية والمخلفات الحيوانية تعدُّ مواد مناسبة لإنتاج الطاقة الحيوية وإمكانية الحصول على وقود حيوي ممكن في سورية كونها تحتل المركز السادس عالمياً في عدد أشجار الزيتون وإنتاج زيت الزيتون. ففي عام 2000 بلغ عدد أشجار الزيتون 64000000 شجرة ويتوقع حالياً أن يكون عدد أشجار

الزيتون قد تجاوز 80000000 شجرة والتي ينتج منها 866000 طن من الزيتون منها 724000 طن يعصر في معاصر زيتون حديثة حيث تنتج 165000 طن من زيت الزيتون وتبلغ كمية المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية العصر 559000 طن سنويا [31] إن هذه المخلفات غنية بالمركبات الهيدروكربونية وهي تعدّ مادة مثالية لإنتاج الطاقة من الهيدروجين والميثان [24]. تصل كمية المخلفات العضوية الرئيسية في سورية إلى 1251000 طن يمكن أن تنتج قرابة 300 مليون متر مكعب من الغاز الحيوي سنويا [3] والتي ينتج عنها طاقة بمقدار 2328 غيغا واط ساعي [28] بمقارنة هذه الكمية مع مجمل استهلاك الطاقة في سورية الذي يصل إلى 32.077 GWh [27] يمكن أن تسدّ 7.5% من استهلاك الطاقة في الجمهورية العربية السورية.

إن هذه الكتلة الحيوية الهائلة وما تحتويه من مركبات عضوية تتسبب بشكل كبير في تلوث الهواء والمياه الجوفية ويمكن أن تتسبب في مشكلات بيئية ضخمة. على سبيل المثال إن الانطلاق العشوائي لغاز الميثان الناتج عن مخلفات المواشي والطيور في سورية يصل إلى قرابة 74.5 mil. m³/year والتي تنتج أيضاً غاز CO₂ يصل إلى 1564.5 mil.m³/year [26].

إن إنتاج الغاز الحيوي من الهضم اللاهوائي للمخلفات العضوية الحيوانية والنباتية يمكن أن يكون مصدراً مهماً لتوليد الطاقة النظيفة البديلة عن البترول والتقليل من المشاكل البيئية في سورية.

تولى مشروع البحث تحري أمثلة إنتاج الغاز الحيوي من مخلفات معاصر الزيتون والمواشي في سورية. وقد تناول المحاور الرئيسية الآتية:

- تحري الإنتاج الأعظمي للغاز الحيوي والميثان.
- تقييم نوعية الغاز الحيوي الناتج عن التخمر المشترك لمخلفات المواشي ونفل الزيتون.
- دراسة تأثير إضافة الأنزيمات في إنتاجية الميثان ونوعية الغاز الحيوي.

م واد البحث وطرائق

1- العينات

جمعت عينات نفل الزيتون من عدة معاصر زيتون آلية في سورية وأجري عليها عملية تفتيت 0.1-0.3 cm. أما عينات مخلفات المواشي فقد أخذت من مخلفات الأبقار التي قدم لها نظام غذائي متوازن مكون من سيلاج الأعشاب وسيلاج الذرة والتبن. جمعت هذه العينات من حظائر تربية الأبقار في منطقة lower Austria في النمسا.

2- الخلاصة

لتحديد الخليط المثالي من تفل الزيتون ومخلفات الماشية للحصول على الميثان استخدمنا النسب الموجودة في الجدول (1).

الجدول (1) خلاط العينات وكمياتها التجريبية

Variant	OP [%]	CM[%]	OP[g DM]	CM[g DM]	IM [g DM]	mixture [% DM in FM]
1	100	0	6.54	0.00	19.6	7.31
2	75	25	4.91	1.65	19.6	6.62
3	50	50	3.27	3.29	19.6	5.98
4	25	75	1.64	4.94	19.6	5.37
5	0	100	0.00	6.53	19.6	6.41

OP = تفل الزيتون؛ CM = مخلفات الماشية؛ IM = البادىء؛ DM = مادة جافة؛ FM = مادة طازجة

تراوح محتوى المادة الجافة في المادة الطازجة للعينات من 5.37 إلى 7.31 % DM وإن نسبة المادة الجافة للعينات بالنسبة للمادة الجافة للبادىء كانت 1:3 وقد جرت عمليات الهضم اللاهوائي في جميع المخمرات في شروط مثالية للتخمير (37.5 °C و 7.39 إلى 7.63 pH).

أجريت تحاليل على العينات قبل وضعها في المخمرات. وقد شملت التحاليل: المادة الجافة (DM) البروتين الخام (XP) اللبف الخام (XF) السيليلوز (Cel) الهيمي سيليلوز (Hem) النشاء (XS) السكر (XZ) الليغنين (ADL) الدهن الخام (XL) الرماد (XA) والنيتروجين الحر المقتطف (XX).

قيس ناتج الطاقة الإجمالي (GE) ميغا جول لكل كيلو غرام من المادة الجافة باستخدام جهاز قياس الطاقة الحرارية calorimeter. ويتضمن الجدول (2) تركيب العينات وناتج الطاقة الإجمالي.

الجدول (2) نتائج التحاليل التي أجريت على العينات قبل بدء التجارب

النوع	DM	VS	XA	XP	XL	XF	XX	ADL	Cel	H-Cel	XS	Suger	C _{org}	GE	C/N
	% FM												MJ/kg DM		
تفل زيتون	89.1	87.4	1.9	6.67	9.14	61.7	20.6	25.0	31.4	27.0	1.4	0.2	n.d.	24.5	n.d.
مخلفات ماشية	11.4	9.5	16.0	9.33	2.15	38.8	33.7	18.8	35.9	21.6	n.d.	n.d.	46.6	17.8	21.8
بادىء	5.60	3.48	37.97	20.87	1.94	19.6	19.65	n.d.	n.d.	n.d.	0.86	0.22	27.7	13.4	4.9

XP = بروتين خام؛ XL = دهن خام؛ XF = فيبر خام؛ XA = رماد؛ XX = النيتروجين الحر المستخرج؛ ADL = الليغنين؛ Cel = سيليلوز؛ H-Cel = هيمي سيليلوز؛ XS = النشاء؛ C/N = نسبة C/N؛ DM = المادة الجافة؛ VS = المادة الصلبة القابلة للتبخير؛ GE = الطاقة الإجمالية؛ FM = مادة طازجة؛ n = غير مقيس

3- البادىء

هو الرواسب الناتجة عن الهضم اللاهوائي في وحدة التخمر والبادىء المستخدم في تجاربنا ناتج عن عملية تخمير لاهوائي لسيلاج دوار الشمس والذرة والخضار في مخمر أفقي حيث جمع من الجزء الأخير من وحدة التخمر بواسطة أداة خاصة موصولة مباشرة إلى خزان مدفاً سعة 50 ليترًا مملوءاً بغاز الأرغون لضمان شروط الهضم اللاهوائي.

4- اختبارات الهضم اللاهوائي _ قياس الإنتاج الأعظمي للميثان

أجريت التجارب في مخابر قسم الهندسة الزراعية التابعة لجامعة فيينا للمصادر الطبيعية والعلوم التطبيقية فيينا النمسا. وتركز البحث على تحري الإنتاج الأعظمي للميثان من نفل الزيتون ومخلفات الماشية وخلاتهما في مجموعة هواضم لاهوائية (إديومتر) سعة كل منها ليترًا واحدًا عند درجة حرارة 37.5°C مدة 60 يومًا. أجريت اختبارات الهضم اللاهوائي لقياس الميثان الكامن في العينات بحسب [34] VDI 4630 و [17] IN 38414-8. تتألف كل وحدة تخمير لاهوائي من ست هواضم توضع ضمن حمام مائي بدرجة حرارة التجربة وموصولة بأوعية توازن كل هاضم مزود بخلاط مغناطيسي ومخرج لجمع الغاز الناتج عن عملية التخمر. صُنعت وحدات التخمر اللاهوائي المخبرية من قبل شركة SELUTECH GmbH, Germany [32].

كررت عملية قياس حجم الميثان الناتج ثلاث مرات لكل عينة وجرى تحريك العينات داخل الهاضم مدة عشر دقائق كل ثلاثين دقيقة. وجمع الغاز الحيوي المنطلق في أوعية التوازن ورُقب بشكل يومي. جرت عملية جمع الميثان في الشروط النظامية وذلك لإمكانية مقارنة هذه النتائج لاحقًا. قيس حجم الغاز الحيوي الناتج من البادىء بشكل مستقل وطرحت كميته من كمية الغاز الحيوي الناتج من تخمر العينات مع البادىء وذلك للوقوف على الكمية الفعلية للغاز الناتج من العينات. اختبرت ثلاث نسب من خلاط العينات كما هو موضح في الجدول (2). كل مزيج من العينات تم تخميره مع 350 (FM)g من البادىء. قيست قيم pH كل 2-3 أيام خلال فترة الهضم. كما حُلل الحمض الدهني السريع التطاير في بداية التجارب وقبل نهايتها باستخدام الكروماتوغراف الغازي (GC-Carlo Erba5000, colon:DB-FFAP15m long; 0,53mm ID;1µm layer). إن تحليل محتوى الحمض الدهني في المخمر في أثناء الهضم اللاهوائي يمكن أن يساعد في التحكم بعملية التخمر. لذلك سجلت طيوف الحموض الدهنية C1-C6 Iso-valeric acid-(i-VAL), Valeric acid -(n-VAL), Caproic acid (CAP), acetic acid (HAC), propionic (PRO) and Iso butyric acid (i-BUT), butyric acid (n-BUT) وحدة قياس الحمض العضوي mg/l. إن محتوى حمض الأسيتيك والبروبيونيك يعد مؤشرًا جيدًا للإجابة عن السؤال: هل إذا كانت عملية التخمر تسير بشكل مستقر أم لا.

عُطِيَ البحث مجموعة من البارامترات: المقدار النوعي للغاز الحيوي والميثان ونوعية الغاز الحيوي (CH_4 , H_2S , NH_3) تحويل الكربون في الكتلة العضوية إلى غاز حيوي وطاقة.

أُنجزت عملية تحري نوعية الغاز الحيوي عشر مرات خلال فترة تسعة أسابيع وقيس حجمه في الشروط النظامية درجة الحرارة 273 K وضغط جوي 1013 mbar. حُلل غاز الميثان باستخدام جهاز Dragger X-am 7000 NDIR analyzer (ارتياب القراءة $\pm 1-3\%$) قيس حجم الغاز الحيوي والميثان في ليتر نظامي لكل كيلو غرام من المادة الصلبة القابلة للتطاير (VS kg^{-1} l_N). وقيس حجم H_2S في جهاز السحب نوع Dragger X-am 7000 (ارتياب القراءة: $\pm 5-10\%$) اسخدم جهاز Dragger tubes Type 5/b ammonia لقياس تركيز NH_3 (مجال القياس 5-100 ppm؛ ارتياب القراءة: $\pm 10-15\%$) [19].

بعد عملية الهضم اللاهوائي حُسب معامل كفاءة طاقة الهضم اللاهوائي (η) لكل عينة هذا المعامل يساوي معدل الطاقة التي حصلنا عليها من الميثان في الغاز الحيوي إلى القيمة الإجمالية للطاقة الحرارية والتي تعني الانتالبي الناتج عن الاحتراق الكلي للوقود عندما يتحول مجمل الكربون إلى CO_2 ومجمل الهيدروجين إلى H_2O . وقد تتبأ كل من Zitat: A. Friedl, E. Padouvas, H. Rotter, K. Varmuza بالقيمة الحرارية للوقود الحيوي من تركيب العناصر.

من أجل اختبار تأثير الأنزيمات في إنتاجية الميثان ونوعية الغاز الحيوي الناتج من تقل الزيتون ومخلفات الماشية قيس حجم الغاز الحيوي الناتج بعد إضافة خليط من خمسة أنزيمات بمقدار 0.1 ml من كل أنزيم إلى خليط العينة 50% CM و 50% OP. حيث أنتجت وطورت الأنزيمات من قبل شركة Novozymes A/S الفنلندية وهذه الأنزيمات هي:

(1) Celluclast 1.5 L الذي هو عبارة عن سيليلوزسائل قابل للذوبان في الماء. يسرع السيلاكلاست عملية تحطيم السيليلوز إلى ذرات السكر البسيط (glucose).

(2) Pulpzyme HC يحطم الهيميسيليلوز (hemicellulose) والزايانس (xylans).

(3) Sherazyme 500 L وهو يشبه Pulpzyme HC في إذابته للهيميسيليلوز والزايانس يختلف فقط في المصدر.

(4) Novozym 342 هو مزيج من السيليلوز والهيميسيليلوز وكلاهما يعملان على إذابة البوليساكارايد (polysaccharides).

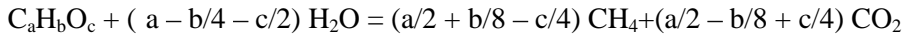
(5) Resinase A 2X له تأثير قوي في الحموض الدهنية [7] وبشكل عام إن مزيج الأنزيمات الخمسة تؤثر في البروتين والكاربوهيدرات والبيديس.

5 - التحليل الإحصائي

حللت المعطيات إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS, version 11.5 [33] لخصت البيانات بواسطة الإحصاء الوصفي. واستخدم الانحراف المعياري والتوزيع التكراري للبيانات في بناء المنحنيات التراكمية. قورنت النتائج باستخدام أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 0.05. طُوّر نموذج لحساب طاقة الميثان بحسب Sachs [30].

6 - حساب ناتج الميثان

طُوّر باسويل ومويلر [15] نموذجاً حسابياً لتقدير كمية الغاز الحيوي وتركيبه (CH_4, CO_2, H_2S, NH_3) وذلك بمعرفة تركيب عناصر المادة العضوية أو معادلاتها الكيميائية. قدرت نوعية الغاز الحيوي وكميته النظرية المنطلقة (عند الافتراض النظري أن العينات تتحول بالكامل إلى غاز حيوي) خلال الهضم اللاهوائي للمركبات الهيدروكربونية والبروتينات والدهون في كل من تفل الزيتون ومخلفات الماشية بحسب Buswel باستخدام المعادلة الآتية:



النتائج والمناقشة

قُسم عرض النتائج وفقاً لإنتاج الغاز الحيوي ونوعيته والميثان الناتج من الهضم اللاهوائي لتفل الزيتون ومخلفات الماشية.

1 - إنتاج الغاز الحيوي والميثان من تفل الزيتون ومخلفات الماشية

إنتاج الغاز الحيوي

حُسب الإنتاج الأعظمي للغاز الحيوي من تفل الزيتون ومخلفات الماشية. يبين الجدول رقم 3 ناتج الغاز الحيوي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات. بلغت كمية الغاز الحيوي الناتجة من الهضم اللاهوائي خلال 60 يوماً لعينات OP و CM كل على حدة $198, 289 \text{ VS } I_N \text{ kg}^{-1}$ على التوالي. وكان الغاز الحيوي الناتج عن مخلفات الماشية أقل بمعدل 17% مقارنة مع كمية الغاز الحيوي الناتج من تفل الزيتون (فرق معنوي > 0.05). أجرى كل من Brachtl [12], T. Kozmiensky [35] و Wellinger [39] تجارب هضم لاهوائي على مخلفات الماشية وحصلوا على كمية غاز حيوي تراوحت بين 200 و $300 \text{ VS } I_N \text{ kg}^{-1}$ كما أجرى Braun [13] دراسة لإنتاج الغاز الحيوي من مخلفات الماشية ووجد أن قيمته تتراوح بين 140 و $266 \text{ VS } I_N \text{ kg}^{-1}$. وعليه فإن تجاربنا أعطت معدلاً جيداً للغاز الحيوي من مخلفات الماشية $198 \text{ VS } I_N \text{ kg}^{-1}$. أشار Weiland [38] إلى أن معظم الكربون القابل للتحلل بالبكتريا والموجود في طعام الماشية يُهضم في القناة الهضمية وربما يفسر ذلك زيادة نسبة الغاز الحيوي المنطلق من هضم تفل الزيتون

بالمقارنة مع ماينتج من هضم مخلفات الماشية علاوة على ذلك فإن نفل الزيتون الذي يحتوي على معدل عال من الدهن الخام ينتج كمية أكبر من الغاز الحيوي خلال الهضم اللاهوائي (جدول 3).

الجدول (3) الغاز الحيوي والميثان الناتج من الهضم اللاهوائي لنفل الزيتون (OP) ومخلفات الماشية (CM) وختلطهما والانحراف المعياري لثلاثة مكررات ومعامل كفاءة طاقة الهضم اللاهوائي

خلات العينات	ناتج الغاز الحيوي [L _N (kg VS) ⁻¹]				ناتج الميثان [L _N (kg VS) ⁻¹]		
	Mean	N	S.D	H	Mean	N	S.D
100% OP & 0% CM	239	3	17	22.6	139	3	9
75% OP & 25% CM	221	3	24	22.0	126	3	12
50% OP & 50% CM	208	3	11	23.1	123	3	6
25% OP & 75% CM	199	3	12	22.3	109	3	5
0% OP & 100% CM	198	3	11	23.0	103	3	2
50% OP&50%CM & Enzymes	289	3	5	33.7	179	3	3

η=معامل كفاءة طاقة الهضم اللاهوائي؛ D.S=الانحراف المعياري؛ N=عدد المكررات

نوعية الغاز الحيوي

يبين الجدول (4) تركيز الميثان وكبريت الهيدروجين والأمونيا والهيدروجين في الغاز الحيوي. تراوح تركيز CH₄ في الغاز الحيوي الناتج من نفل الزيتون ومخلفات الماشية بين 52-62%. أما النسبة المتبقية فإن معظمها غاز CO₂ كانت نسبة كبريت الهيدروجين والأمونيا في الغاز الحيوي ضئيلة.

على الرغم من أن محتوى البروتين الخام في مخلفات الماشية (9.33% DM) أعلى منه في نفل الزيتون (6.67% DM). فإن تركيز الميثان في الغاز الحيوي الناتج من نفل الزيتون أعلى بنسبة 37% منه في مخلفات الماشية. أشار الباحثان Sollo و Buswell إلى أن تركيز الميثان في الغاز الحيوي الناتج عن هضم الدهن الخام 71% في حين بلغ تركيز الميثان في الغاز الحيوي الناتج عن هضم البروتين الخام 60% [16].

الجدول (4) محتوى الميثان الهيدروجين كبريت الهيدروجين والأمونيا وثاني أكسيد الكربون في الغاز الحيوي

النوع	CH4 [%]	N	St.de v	H2S [ppm]	N	St. dev.	H2 [ppm]	N	St. dev.	NH3 [ppm]	N	S.D.
100%OP&0% CM	58	7	3.7	76	7	21	201	7	73	13	3	3
75%OP&25% CM	57	7	2.5	82	7	25	216	7	87	16	3	3
50%OP&50% CM	59	7	2.1	118	7	24	302	7	81	11	3	2
25%OP&75% CM	55	7	3.0	76	7	30	191	7	104	11	3	3
0%OP&100% CM	52	7	6.4	103	7	33	282	7	101	15	3	6
50%OP&50% CM & Enzymes	62	7	1.3	69	7	67	181	7	190	9	3	6

إنتاج الميثان

تم قياس الميثان الناتج من تفل الزيتون ومخلفات الماشية كل على حدة. إن معدل إنتاج الميثان من OP وCM كان 139 و103 VS⁻¹ kg⁻¹ I_N على التوالي (جدول 3). تدل النتائج على أن حجم الميثان الناتج عن CM كان أقل بمعدل 26% من حجم الميثان الناتج عن OP وهناك فروقات معنوية عند المستوى 0.05. يمكن أن يفسر ذلك بارتفاع إجمالي الطاقة ومحتوى الدهن الخام والسيليلوز والسكر والرماد في تفل الزيتون بالمقارنة مع مخلفات الماشية. الميثان الناتج عن الهضم اللاهوائي للعينات العضوية يعتمد بشكل أساسي على محتوياتها من المواد المغذية (البروتين الخام والدهن الخام والفيبر والنروجين الحر المستخرج) التي يمكن أن تتحول إلى CO₂ وCH₄ [4]. إلا أن تركيب المخلفات العضوية (الحيوانية والنباتية) وقابليتها للتحلل البكتيري هما العاملان الأساسيان في إنتاج الميثان يؤثر البروتين الخام والدهن الخام والليف الخام (crude fibre) والسيليلوز والهيميسيليلوز والرماد والسكر بشكل مباشر في تكوين الميثان [8] [6] [10].

الحموض الدهنية القابل للتبخر (VFA) Volatile fatty acids

يبين الجدول (5) تراكيز الحمض الدهني VFA و pH بعد ثلاثة أيام من بداية الهضم وبعد انتهاء التجارب. أظهرت قراءات قياس معدل الحموضة pH لكل من تفل الزيتون ومخلفات الماشية أنها كانت في بداية التجربة 7.45 و7.56 وأصبحت في نهاية التجربة 7.51 و7.57 على التوالي.

خلال فترة الهضم اللاهوائي لتفل الزيتون تراوحت قيمة كل من: حمض الأسيتيك HAC البروبيونيك PRO 444.2-197.9 mg/l 94.3-40.8 على التوالي والنسبة HAC/PRO كانت في المجال 4.72-4.8 ما لمخلفات الماشية فقد تراوحت القيم بين 104.3-2687; 16-51.1 mg/l والنسبة HAC/PRO 6.55-5.37.

إن التغير في قيمة pH بعد عملية التخمر كان ضئيلاً جداً ولكي يصبح التغير ذا قيمة تحتاج العملية إلى زمن هضم أطول. إن هذه النتيجة تتفق مع تقرير Angelidaki و Ahring [9] اللذين أوضحوا أن pH لا يعدّ بارامتراً جيداً لتقييم توازن عملية الهضم اللاهوائي في مراحلها المبكرة.

أوضح تحليل محتوى الحموض الدهنية في بداية عملية الهضم اللاهوائي ونهايتها لكل من تفل الزيتون ومخلفات الماشية أن محتوى حمض الأسيتيك أقل من 1000 mg/l ومحتوى حمض البروبيونيك أقل من 200 mg/l ونسبة HAC/PRO تراوحت بين 5-10. وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه Wellinger [39] من أن عملية الهضم اللاهوائي تسير بشكل مثالي إذا كان محتوى حمض الأسيتيك أقل من 1000 mg/l ومحتوى حمض البروبيونيك أقل من 200 mg/l. وعلى العكس إذا تجاوز المحتوى

الكلي للحمض الدهني 3000 mg/l أو كان محتوى البروبيونيك أعلى من 300 mg/l فإن هذا يدل على وجود عرقلة في عملية التخمر اللاهوائي. لذلك فإن تجاربنا ربما تسير بشكل مستقر ودون عرقلة.

الجدول (5) تركيز مركبات الحامض الدهني القابل للتبخر (VFA) ودرجة الحموضة (pH) في خلطات تفل الزيتون ومخلفات الماشية

أ - بعد ثلاثة أيام من بداية الهضم

الخلطة	HAC	PRO	i-BUT	n-BUT	i-VAL	n-VAL	CAP	HAC/PRO	pH
100% OP & 0% CM	444.2	94.3	2.1	6.2	3.3	6.5	12.4	4.72	7.45
75% OP & 25% CM	139.5	20.0	n.d.	5.3	n.d.	4.5	12.9	6.95	7.51
50% OP & 50% CM	94.1	13.7	n.d.	4.0	n.d.	4.1	11.2	6.88	7.50
25% OP & 75% CM	132.5	17.1	n.d.	6.0	n.d.	3.5	9.1	8.00	7.49
0% OP & 100% CM	104.3	16.0	n.d.	7.3	n.d.	1.6	9.4	6.55	7.56
50% OP & 50% CM & Enzymes	541.3	45.5	5.6	35.6	16.3	4.8	16.6	11.93	7.39

ب - بعد انتهاء التجارب

الخلطة	HAC	PRO	i-BUT	n-BUT	i-VAL	n-VAL	CAP	HAC/PRO	pH
100% OP & 0% CM	197.9	40.8	3.9	16.0	5.0	9.2	21.7	4.86	7.51
75% OP & 25% CM	115.1	20.1	1.3	7.8	1.1	3.7	10.9	5.71	7.57
50% OP & 50% CM	167.5	26.4	1.9	11.1	1.6	3.9	13.9	6.38	7.58
25% OP & 75% CM	129.5	23.5	1.7	7.8	1.1	2.8	12.5	5.64	7.58
0% OP & 100% CM	268.0	51.1	6.1	24.1	6.1	12.7	24.7	5.37	7.57
50% OP & 50% CM & Enzymes	155.4	23.9	2.5	9.7	1.7	4.7	15.4	6.57	7.63

HAC= acetic acid; PRO= propionic acid; i-BUT= Iso butyric acid; n-BUT= butyric acid; i-VAL= Iso-valeric acid; n-VAL= Valeric acid; CAP= Caproic acid.

فعالية التحلل في تحول الطاقة

قُورن الناتج النوعي للميثان الذي حصلنا عليه مخبرياً من الهضم اللاهوائي لعينات OP و CM مع قيم الميثان الناتجة عن الحسابات النظرية بحسب Buswell [14] اختلفت الحسابات النظرية عن القيم التجريبية 300.67 و 329.04 kg-1VS على التوالي وهو ما يعادل نسبة اختلاف 216 إلى 319% (جدول 6). تظهر النتائج اختلافاً كبيراً بين النتائج الحسابية والتجريبية لكل من OP و CM وللتحقق من هذا الاختلاف قيست الطاقة الإجمالية الناتجة من OP و CM قُورنت مع الطاقة الناتجة من الميثان الذي حصلنا عليه تجريبياً. هذه المقارنة أكدت وجود اختلاف بين الطاقة التي حصلنا عليها من الميثان في الغاز الحيوي والقيمة الإجمالية للطاقة حيث كان معامل تحول الطاقة 22.6 و 23% لكل من OP و CM على التوالي (جدول 3). هذه النتائج تظهر إمكانية الحصول

على المزيد من الميثان من الهضم اللاهوائي لعينات OP و CM ومن ثم فإن إجراء تجارب إضافية أمر ضروري لزيادة إنتاج الميثان من OP و CM ضمن هذا السياق يمكن التركيز في البحوث اللاحقة على المحاور الآتية:

- تحسين عمليات المعالجة الأولية للعينات قبل الهضم اللاهوائي لها عن طريق استخدام تقنية الحرارة والبخار متوقعين أن يساعد ذلك على إنتاج معدل أعلى للميثان.
 - أمثلة خلطات الأنزيمات المضافة إلى العينات ومعدل تغذية المواد العضوية للمخمر في أثناء فترة الهضم اللاهوائي الأمر الذي سوف ينعكس إيجاباً على إنتاج الميثان.
- الجدول (6) ناتج الميثان من OP و CM ومقارنته القيم التجريبية مع الحسابات النظرية

	الاختلاف ما بين القيم الحسابية والتجريبية لكمية الميثان الناتج ($I_N \text{ kg-1 VS}$)		
	المقدرة حسابياً	المقاسة تجريبياً	%
تفل الزيتون	439.47	138.80	216.6
مخلفات الماشية	432.16	103.12	319.1
الاختلاف الرئيسي			267.2

2- تأثير التخمر المشترك وإضافة الأنزيمات في إنتاج الغاز الحيوي

إنتاج الغاز الحيوي

يوضح الجدول (3) تأثير التخمر المشترك لتفل الزيتون ومخلفات الماشية وإضافة الأنزيمات في الإنتاج النوعي للغاز الحيوي. تراوح حجم الغاز الحيوي الناتج عن التخمر المشترك مدة 60 يوماً بين 199-28 VS $I_N \text{ kg}^{-1}$. قام الباحث Al-Masri [2] بتخمير خلطات متعددة من مخلفات الماشية (مخلفات أغنام وماعز) مع تفل الزيتون ووجد أن إنتاج الغاز الحيوي تراوح بين 25-62 VS $I_N \text{ kg-1}$ وقد أشار إلى وجود انخفاض معنوي ($P<0.05$) في حجم الغاز الحيوي المنتج مع ازدياد نسبة تفل الزيتون في الخليط. تدل النتائج على أن أعلى إنتاج للغاز الحيوي 289 VS $I_N \text{ kg}^{-1}$ حصلنا عليه بعد إضافة الأنزيمات إلى الخليط 50:50 ويزداد إنتاج الغاز الحيوي مع ازدياد نسبة تفل الزيتون في الخليط وهذا يعود إلى ارتفاع معدل الدهن الخام السيللوز السكر النشاء وإجمالي الطاقة في تفل الزيتون مقارنة مع مخلفات الماشية.

نوعية الغاز الحيوي

يبين الجدول (4) أن تركيز الميثان في الغاز الحيوي الناتج عن التخمر المشترك لتفل الزيتون ومخلفات الماشية تراوح بين 55-62% أما النسبة المتبقية فكانت بأغلبها غاز CO_2 . وأدت زيادة نسبة مخلفات الماشية في الخليط إلى انخفاض تركيز الميثان باستثناء النسبة 50:50 فقد زاد تركيز الميثان على النسبة 75:25 ولكن لم نلاحظ فرقاً معنوياً

($P < 0.05$) بين القيمتين. يُلاحظ أن إضافة الأنزيمات أدت إلى زيادة تركيز الميثان في الغاز الحيوي إلى 62%. ويعود ذلك إلى الأثر الإيجابي للأنزيمات في التحلل البيولوجي لمركبات السيليلوز واللغنين والدهون والبروتين. إن تركيز كبريت الهيدروجين كان منخفضاً جداً وتراوحت قيمته بين 62 و 118 ppm وكان تركيز الهيدروجين والنشادر في الحدود الطبيعية. إن هذه النتائج تبين أن نوعية الغاز الحيوي الناتج كانت جيدة.

إنتاج الميثان

تراوحت قيمة الميثان الناتج من التخمير المشترك OP و CM بين 109-179 I_N VS kg^{-1} . وتبين من الدراسة أن إنتاج الميثان يتناقص مع زيادة نسبة مخلفات الماشية في الخليط وعلى الرغم من التأثير السلبي لمخلفات الماشية في إنتاجية الميثان فإننا ننصح باستخدامها في عملية التخمير المشترك مع تفل الزيتون لأن استخدام مخلفات الماشية في الهضم اللاهوائي يعطي استقراراً للعملية فضلاً عن أن مخلفات الماشية هي منتج حيواني ثانوي واستخدامها في الهضم اللاهوائي سوف يقلل من التلوث البيئي الناتج عن هذه المخلفات. إن التخمير المشترك الأمثل بين OP و CM كان بنسبة 75:25 مع إنتاج للميثان 126 I_N VS kg^{-1} .

إن إضافة خليط الأنزيمات Shearzyme, Cellulast, Novzym342, Pulpzyme HC, Resinase A2X إلى الخليط 50% OP و 50% CM زاد من إنتاج غاز الميثان خلال الهضم اللاهوائي (179 I_N VS kg^{-1}) وإن هذه الزيادة ذات قيمة معنوية ($P < 0.05$) بالمقارنة مع إنتاج الميثان من الخليط نفسه دون إضافة الأنزيمات (123 I_N VS kg^{-1}) حيث بلغت نسبة الزيادة 3% ويعود هذا الاختلاف في إنتاجية الميثان إلى درجة التحلل الكبيرة بوجود الأنزيمات.

الحامض الدهني القابل للتبخر (VFA)

يبين الجدو 5 أن قراءات قياس درجة الحموضة pH للخلائط في بداية الهضم تراوحت بين 7.39 و 7.49 وأصبحت في نهاية التجربة 7.57 و 7.63. كما تراوحت محتوى HAc و PRO في بداية التجارب من 94.1 إلى 541 و 13.7 إلى 45.5 mg/l على التوالي. وأظهرت النتائج أن أقل محتوى لـ HAc و PRO وجد في الخليط 50:50 وإن إضافة الأنزيمات إلى هذا الخليط نتج عنه أعلى محتوى من HAc.

أظهرت النتائج أن تركيز VFA في نهاية زمن التخمير قد انخفض وهذا يعطي دليلاً إضافياً على أن عملية التخمير اللاهوائي تسير دون عرقلة. أظهرت العديد من الدراسات المتطابقين يعدّ مؤشراً جيداً على توازن عملية الهضم اللاهوائي. بما يتوافق مع نتائج تجاربنا أشار Uribe Juan [36] إلى أن تقلب pH يحدّد تطور عملية التخمير لأنه

يؤثر في النفاعلات البيوكيميائية في أثناء التخمير. وأكد Farquhar أن درجة الحموضة المفضلة لإنتاج الميثان تتراوح بين 6.4 و7.2 [23].

فعالية التخمير المشترك

قُورن حجم الميثان النوعي الناتج مخبرياً عن التخمير المشترك لنفل الزيتون ومخلفات الماشية مع القيمة المقدّرة بالحسابات النظرية وذلك بهدف البحث في فعالية التخمير المشترك (جدول 7).

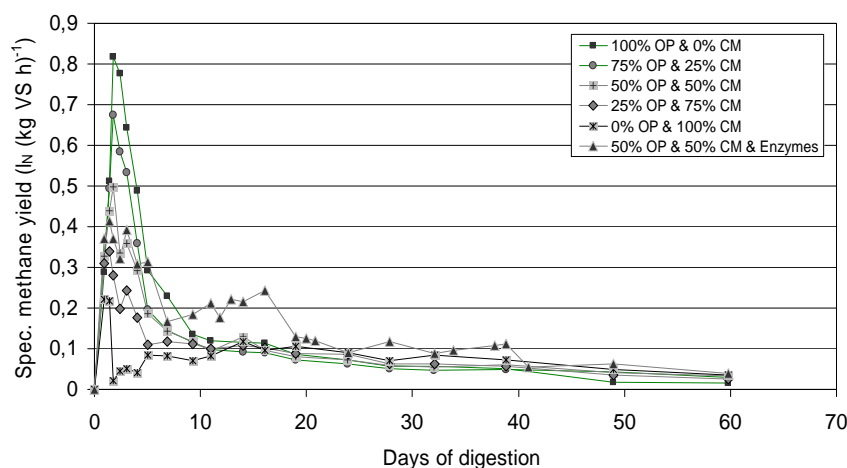
تبين النتائج أن القيم المقدرة حسابياً للخلائط 25:75; 50:50; 75:25 عن القيم التجريبية بمقدار 3.94 و1.60 و2.84 I_N kg-1 VS على التوالي وهو ما يقابل نسبة اختلاف تراوحت بين 1.31 و3.31%. الاختلاف الرئيسي كان بنسبة 1.47%. تشير النتائج الأولية إلى عدم وجود فعالية ذات قيمة لإجراء تجارب إضافية لتحري الميثان الناتج عن التخمير المشترك للخلائط. ولكن هناك جانباً آخر يحتاج إلى إجراء تجارب لاحقة لتحري تحسين نوعية السماد الناتج عن التخمير المشترك لنفل الزيتون مع مخلفات الماشية.

الجدول (7) ناتج الميثان من التخمير المشترك لنفل الزيتون ومخلفات الماشية ومقارنته القيم التجريبية مع الحسابات النظرية

	كمية الميثان الناتج (I_N kg-1 VS)		الاختلاف ما بين القيم الحسابية والتجريبية	
	المقيسة تجريبياً	المقدرة حسابياً	I_N	%
75% OP & 25% CM	126	130	4	3.1
50% OP & 50% CM	123	121	-2	-1.3
25% OP & 75% CM	109	112	3	2.6
الاختلاف الرئيسي				1.5

زمن الحضانة الهيدروليكي (HRT)

دُرس تأثير التخمير المشترك لنفل الزيتون ومخلفات الماشية وإضافة الأنزيمات في زمن الحضانة الهيدروليكي (HRT). يوضح الشكل 3 أنه خلال أول يومين من الهضم اللاهوائي ازداد معدل إنتاج الميثان في الساعة لجميع العينات في المجال بين 0.22 و0.82 I_N kg-1 VS h وبعد اليوم الثاني بدأ انخفاض معدل إنتاج الميثان في الساعة بشكل أسي حتى نهاية اليوم الثامن عشر حيث وصل إنتاج الميثان إلى مرحلة استقرار. كما لوحظ أن إضافة الأنزيمات أدت إلى تمديد البدء بمرحلة الاستقرار إلى اليوم الواحد والأربعين. وسُجّل أقل معدل لإنتاج الميثان في اليوم الستين للتخمير بقيمة تقريبية قدرها 0.03 I_N kg-1 VS h.



الشكل (1) ناتج الميثان في الساعة خلال فترة الهضم اللاهوائي لتفل الزيتون ومخلفات الماشية وخالطهما

دلت النتائج على أن 50-82% من الميثان الناتج خلال كامل فترة التخمر (60 يوماً) حصلنا عليها خلال الـ 28 يوماً الأولى أما بعد إضافة الأنزيمات إلى الخليط 50:50 فإن 89% من الميثان تم الحصول عليه خلال الـ 41 يوماً الأولى من زمن التخمر الكلي والبالغ 60 يوماً وهذا يدل على أن معظم الميثان ينتج قبل طور الاستقرار. ومن ثم فإن زمن الحضانة الهيدروليكي المقترح للمخمر والذي يتم خلاله أعلى معدل من التحلل البكتيري لتفل الزيتون ومخلفات الماشية وخالطهما هو من 20 إلى 30 يوماً و 41 يوماً تقريباً بعد إضافة الأنزيمات إلى الخليط 50% OP و 50% CM. أشار Tekin [34] إلى أن تحديد زمن الحضانة الهيدروليكي يعتمد على نوع العينات وطريقة معالجتها. يمكن أن نفسر زمن الحضانة الهيدروليكي العالي لتفل الزيتون بسبب وجود مواد صلبة غير قابلة للتحلل البكتيري في تركيبه.

الاسم نتاجات

1. نفل الزيتون مناسب جداً لإنتاج غاز الميثان بمعدل إنتاج 139 VS /60 kg-1 I_N days.
2. النسبة المثالية للتخمير المشترك بين OP و CM كانت 75:25 مع معدل إنتاج الميثان 127 VS kg-1 I_N.
3. إن إضافة خليط الأنزيمات Shearzyme, Cellulast, Novzym342, Pulpzyme HC, Resinase A2X إلى الخليط 50% نفل زيتون و 50% مخلفات ماشية رفع معدل إنتاج غاز الميثان بنسبة 31% كما زاد من محتوى الميثان في الغاز الحيوي بمعدل 3% مقارنة مع النتيجة التي حصلنا عليها من تخمير الخليط نفسه دون إضافة الأنزيمات.
4. الغاز الحيوي الناتج عن الهضم اللاهوائي لنفل الزيتون ومخلفات الماشية وخلاتهما يحتوي على نسبة تتراوح بين 52-62% من الميثان ؛ 69-118 ppm H₂S ؛ و 181-282 ppm H₂ ؛ و 11-15 pm NH₃ أما النسبة المتبقية فكانت غاز CO₂.
5. زمن الحضانة الهيدروليكي المقترح للمخمر والذي يتم خلاله أعلى معدل من التحلل البكتيري لنفل الزيتون ومخلفات الماشية وخلاتهما هو من 20 إلى 30 يوماً وتقريباً 41 يوماً بعد إضافة الأنزيمات إلى الخليط 50% OP و 50% CM.
6. أثبتت مقارنة النتائج التجريبية مع الحسابات النظرية إمكانية الحصول على المزيد من غاز الميثان من الهضم اللاهوائي لعينات OP و CM ومن الضروري إجراء تجارب إضافية لتحسين إنتاج الميثان من OP و CM وخلاتهما.
7. إن نفل الزيتون ومخلفات الماشية منتجات ثانوية يمكن استخدامها لتوليد الطاقة في سورية إذ إن أمثلة إنتاج الغاز الحيوي من هذه المخلفات يمكن أن يسدّ 7.2% من استهلاك الطاقة الكهربائية في سورية. والقيمة الاقتصادية لبقايا عملية الهضم اللاهوائي تكمن في استخدامه كسماد عضوي كما أن الفائدة التي نحصل عليها هي في التخلص من بعض المشاكل البيئية والتي يجب أخذها بالحسبان.

Acknowledgements

I thank Austrian Exchange Service and University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria for the financial support of the work. Special thank is due to Prof. Dr. Thomas Amon (University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Austria) for his continues help.

المراجع REFERENCES

- Ahring, B. K.; Sandberg, M. and Angelidaki, I. (1995). Volatile fatty acids as indicators of process imbalance in anaerobic digesters, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 43, 559-565.
- Al-Masri, M. R. (2000). Changes in biogas production due to different ration of some animal and agricultural wastes, Elsevier Science Ltd.,
- Al-Mohamad, A. (2001). Renewable energy resources in Syria, *Renewable Energy*, 24, 365-371.
- Amon, T.; Amon, B.; Kryvoruchko, V. and Werner, Z. (2006). Biogas production from maize and dairy cattle manure—Influence of biomass composition on the methane yield, *Agriculture Ecosystem and Environment*, in press.
- Amon, T.; Jeremic, D. and Boxberger, J. (2001). Neue Entwicklungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in sterreich, 465.
- Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Buga, S.; Amin, A.; Zollitsch, W.; Mayer, K. and P tsch, E. (2004). Biogasertr ge aus landwirtschaftlichen G rgütern, 21-26. BAL Gumpenstein, BMLFUW (Ed.). ISBN 3-901980-72-5.
- Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Bodiroza, V. and Amon, B. (2005). Methanerzeugung aus Getreide, Wiesen gras und Sonnenblumen. Einfluss des Erntezeitpunktes und der Vorbehandlung, 343-348. KTBL (Ed.). <http://www.nas.boku.ac.at/4536.html>.
- Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Lyson, D.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W. and P tsch, E. (2003). Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Endbericht Juli 2003. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Forschungsprojekt Nr. 1249
- Angelidaki, I. and Ahring, B. K. (1994). Anaerobic digestion of manure at different ammonia loads: effect of loads, *Water Res.*, 28: 727-731.
- Balsari, P.; Bonfanti, P.; Bozza, E. and Sangiorgi, F.(1983). Evaluation of the influence of animal feeding on the performances of a biogas installation (mathematical model),
- Bj rns son, J.; Murto, M. and Mattiasson, B. (2000). Evaluation of parameters for monitoring an anaerobic co-digestion process, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 54: 844-849.
- Brachtl, E. (2000). Pilotversuche zur Cofermentation von pharmazeutischen Abf llen mit Rindergülle, 112. Interuniversit res Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie, Abt. Umweltbiotechnologie (Ed.). Tulln.
- Braun, R. (1982). Biogas, Methang rung organischer Abfallstoffe: Grundlagen und Anwend ungsbeispiele (Innovative Energietechnik), Springer (Ed.). Wien, New York. 3-211-81705-0.

- Buswell, A. M. (1936). Anaerobic fermentations, 32193. Div. State Water Survey, Uni. of Illinois (Ed.).
- Buswell, A. M. and Mueller, H. F. (1952). Mechanism of methane fermentation, *Ind.Eng. Chem.*, 44: 550-552.
- Buswell, A. M. and Sollo, F. W. (1948). The mechanism of methane fermentation, *J. Amer. Chem. Soc.*, 7: 1778-1780.
- Chynoweth, D. P. (2004). Biomethane from energy crops and organic wastes, 1: 525-530.
- DIN, 38 414-8. (1985). Bestimmung des Faulverhaltens „Schlamm und Sedimente“, Beuth Verlag (Ed.). Berlin.
- Dragger syfety AG and CO. KGaA. <http://www.dragger-syfety.com>
- East Mediterranean Olive Oil Company. (2006). East Mediterranean Olive Oil Company (EMOC), Profile, Ltd. (Ed.). Idleb, Syria. <http://www.emocsyria.com/en/profile.htm>.
- European Communities. (2003). Renewable Energy Technologies and Kyoto Protocol Mechanisms, European Communities (Ed.). Belgium.
- European Communities, 2006. Biofuels in the European Union - A vision for 2030 and beyond, European Commission (Ed.). Belgien.
- Farquhar, G. J. and Rovers, F. A. (1973). Gas production during refuse decomposition, *Water Air Soil Pollut.*, 2: 483-495.
- Guillén, R.; Heredia, A.; Feliz n, A.; Montano, A. and Fernandez-Bolanos, J. (1992). Fibre fraction carbohydrates in *Olea europea* (Gordal and Manzanilla var.), *Food Chemistry*, 44: 173-178.
- Harmsen, H. J. M.; Van Kuijk, B. L. M.; Plugge, C. M.; Akkermans, A. D. L.; de Vos, W. M. and Stams, A. J. M. (1998). *Syntrophobacter fumaroxidans* sp. nov., a syntrophic propionate-degrading sulfate-reducing bacterium, *J.Syst.Bacteriol.*, 48: 1383-1387.
- Kryvoruchko, V. (2004). Methanbildungspotential von Wirtschaftsdüngern aus der Rinderhaltung und Wirkung der Abdeckung und anaeroben Behandlung auf klimarelevante Emissionen bei der Lagerung von Milchviehflüssigmist, 178. Institut für Landtechnik im Department für Nachhaltige Agrarsysteme der Universität für Bodenkultur Wien (Ed.).
- Ministry of electricity, Syria. (1996). Ministry of electricity report,
- Mitterleitner. (2000). Hander measuring fermentation gas production and use, FNR (Ed.).
- Philippidis, G. P. (1993). Cellulose Production Technology - Enzymatic conversion of Biomass for Fuels production, 189. American Chemical Society (Ed.). USA. 0841229562.
- Sachs, L. (1992). *Angewandte Statistik*, 7thSpringer - Verlag (Ed.). Berlin.
- SANA, 30-6-2006. Syria produces 844 thousand tons of olive annually, Champress, http://www.champress.net/english/index.php?page=show_det&id=4086&select_page=2.

- SELUTEK GmbH- Ro bergstra e 5/7 - 72116 M ssingen- schingen,
<http://www.selutec.da>
- SPSS Inc.(2005). SPSS software, Release 11.5, SPSS Inc. Chicago (Ed.).
Chicago, Illinois.
- Tekin, A. R. and Dalgic, A. C. (2000). Biogas production from olive pomace,
Resources, Conservation and Recycling, 30, 301-313. Elsevier Science (Ed.).
- Thomé-Kozmiensky, K. J. (1995). Biologische Abfallbehandlung, 907. EF-
Verlag für Energie- und Umwelttechnik (Ed.). Berlin.
- Uribe, M. and Juan, M. (1993). Evaluation of the production of biogas from the
vegetative material of prickly pear, through a metanic fermentation process,
Esc.de Agronomia, 51. Chile University (Ed.). Santiago, Chile.
- 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.
- Weiland, P. (2001). Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und –erzeugung
in Deutschland, Band 15, 8-27. Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V.
(Ed.). Gülzow.
- Wellinger, A. (1997). Biogasprozess: M gliche Probleme von A bis Z, 1-8.

Received	2007/07/03	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2007/10/07	قبول البحث للنشر