

## معالجة المخلفات الناتجة عن معاصر الزيتون باستخدام الجراثيم

أميمة ناصر<sup>(1)</sup> وعيسى كيببو<sup>(2)</sup>

وهيثم شاهين<sup>(3)</sup> وعبدالله نصور<sup>(4)</sup>

### الملخص

ينتج عن عصر الزيتون مخلفات سائلة تدعى المياه السوداء (ماء الجفت) وقد درست هذه المخلفات بمعالجتها لاهوائياً بوجود الجراثيم إذ تم تحديد الطلب الكيميائي للأكسجين COD (ChemicalOxygen Demand) ومتعددات الفينول الكلية والعناصر المغذية الأساسية فضلاً عن قياس كمية الغاز الحيوي الناتجة عن المعالجة اللاهوائية.

بينت التحاليل انخفاض الطلب الكيميائي للأكسجين خلال فترة المعالجة اللاهوائية وانخفاض العناصر المغذية الأساسية وترافق ذلك مع زيادة تحطم متعددات الفينول الكلية في المعاملة التي أضيفت إليها سلالات جرثومية نقية فضلاً عن ارتفاع كمية الغاز الحيوي الناتجة فالمعالجة الحيوية اللاهوائية لمخلفات معاصر الزيتون (ماء الجفت) من الطرائق التي تعطي نتائج تطبيقية جيدة اقتصادية التكلفة مع التخلص من أضرارها البيئية.

الكلمات المفتاحية: مخلفات معاصر الزيتون المعالجة اللاهوائية جراثيم الطلب

الكيميائي للأكسجين فينولات مغذيات غاز حيوي.

(1) طالبة دكتوراه، قسم النبات، (2) (3) أستاذ، قسم التربة، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(4) أستاذ، معهد حماية البيئة، كلية الزراعة، جامعة روستوك، روستوك، ألمانيا.

## Treatment of Olive Oil Mill Wastewater With bacteria

Nasser, O.<sup>(1)</sup>; Kbibbo, I.<sup>(2)</sup>; Chahin, H.<sup>(3)</sup>  
and Nasour, A.<sup>(4)</sup>

### ABSTRACT

Olive oil mills produce a liquid waste called olive black water during the olive oil production process. In this study, olive mill wastewater (OMWW) was analyzed and then treated anaerobically with bacteria. Consequently, this study includes determination of chemical oxygen demand (COD), and total polyphenol reduction. High nutrients and production biogas were also determined.

Results showed that there was a decrease in both the values of chemical oxygen demand and essential nutrients during anaerobic treatment, besides the increase of total phenols degradation and biogas amount and bio treatment of olive mill wastewater is one of the important methods which gives good practical and economical application results to avoid the negative environmental effects of black water.

**Key Words:** Olive mill wastewater, Anaerobic treatment, Bacteria, Chemical oxygen demand, Phenol, Nutrients, Biogas

---

<sup>(1)</sup> Ph. D. Candidate, Dept., Plant Biology, <sup>(2),(3)</sup> Prof., Dept., Soil, Faculty of Sciences, Tishreen University, Latakia, Syria.

<sup>(4)</sup> Prof., Institute Protection of Environment, Faculty of Agricultural, University of Rostock, Rostock, Germany .

## المقدمة

أصبحت مشكلات البيئة محور الاهتمام في معظم دول العالم ولعل من أبرزها في سورية مشكلة المخلفات الرئيسية الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزيتون أو ما يسمى بالمياه السوداء (ماء الجفت) حيث يتم التخلص من هذه المخلفات السائلة مباشرة دون أية معالجة مما يؤدي إلى تلوث التربة والمياه الجوفية والبحيرات والأنهار والبحار لذا فإن معالجة هذه المخلفات وإمكانية إعادة استخدامها أصبح أمراً ضرورياً وملحاً (Benitez, et al., 1997a).

بعدُ محصول الزيتون من المحاصيل المهمة في سورية ويشكل أكثر من 60% من إجمالي مساحة الأشجار المثمرة وتحتل سورية اليوم مركزاً متقدماً من حيث الإنتاج على مستوى الوطن العربي وعلى مستوى العالم (UNDP, 2006) حيث ازداد عدد معاصر الزيتون في القطر خلال السنين الماضية كما تشير النتائج الأولية إلى دراسة جديدة حول معاصر الزيتون في سورية (تقوم بها حالياً الهيئة العامة لشؤون البيئة بالتعاون مع البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة وبتمويل من الاتحاد الأوروبي) (UNDP, 2006) بلغ عدد المعاصر التي هي قيد العمل فعلياً من خلال المسح الميداني الذي نفذ في نهاية العام 2005 وبداية عام 2006 قرابة 841 معصرة في سورية.

تجاوز الإنتاج العالمي لزيت الزيتون 15 مليون طن لمحصول عام 2006 مخلفة قرابة 12 مليون طن ماء الجفت ومنه القدرة التلوثية الناتجة عن معاصر زيت الزيتون في بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط تعادل النفايات الناتجة عن 80 110 مليون نسمة (UNDP, 2006).

ينتج عن تحويل ثمار الزيتون إلى زيت مخلفان أساسيان هما العرجوم وماء الجفت وتختلف كمية وتركيب هاتين المادتين الناتجتين تبعاً لطريقة العصر المستخدمة وإن احتواء ماء الجفت على مركبات متعددة الفينول الكلية (غ/ 1.4-14.3) وعلى نسبة عالية من الزيت وCOD (غ/ 50-200) (Hamdi, 1993) تشكل مصدر التلوث الرئيسي عند صرف هذه المياه دون معالجتها (Saez, et al., 1992).

عندما تتحلل النفايات العضوية تنتج غاز الميثان الذي يعطي عندما يحترق غاز ثنائي أكسيد الكربون وهو من أهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري والمساهمة في ارتفاع درجة حرارة الأرض لكن إذا جُمع هذا الغاز أمكن استعماله وقوداً نظيفاً متجدداً .

إن أغلب الدراسات التي تناولت مشكلة مخلفات معاصر الزيتون اعتمدت المعالجة الفيزيوكيميائية (الترسيب الامتصاص التقطير) (Aninesini, 1983; Improlive, 2000) وإقامة أحواض (برك التجفيف والتبخير) (Borja, 1992; Benitez . et al., 1997a).

ولكنها ذات ضرر بيئي كبير بسبب الغازات والروائح الناتجة وإمكانية تآكل الإسمنت وتسرب هذه المخلفات السائلة إلى المياه الجوفية.

وفي دراسة أخرى في إطار إنتاج الغاز الحيوي من مخلفات صناعية وزراعية مختلفة (مخلفات معامل الجبن ومخلفات المداجن مع ماء الجفت) في تركيا بينت الدراسة إمكانية المعالجة اللاهوائية لهذه المخلفات (G ksel, et al., 2000). وفي دراسة أخرى عولجت المياه العادمة الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزيتون (ماء الجفت) وذلك من خلال مزجها مع مخلفات خنازير ومن ثم استخدام المياه الناتجة بعد المعالجة اللاهوائية في الري والزراعة وخلال هذه العملية تم تحويل من (70 80 %) من الحمولة العضوية (Isabel, et al., 2000) ولا يخلو الأمر من بعض الدراسات والبحوث المحلية التي تناولت مخلفات معاصر الزيتون (حميد 2005).

لم يكن للدراسات التي اعتمدت الطرائق الفيزيائية والكيميائية حلول لمشكلة ماء الجفت أي تطبيقات عملية مع بعض الاستثناءات ولاسيما في البلدان المنتجة الرئيسية إيطاليا أسبانيا وفرنسا وتونس وذلك بسبب ارتفاع كلفتها والنتائج الجزئية المعطاة.

وتأتي هذه الدراسة كمساهمة فعالة في مجال ترشيد التعامل مع البيئة والمحافظة عليها وحمايتها من تجاوزات الإنسان وصولاً لإيجاد حلول مجدية نستطيع من خلالها تخفيض نسبة التلوث أي تحويل ماء الجفت من مادة ملوثة إلى مادة صديقة للبيئة يمكن الاستفادة منها في نواحٍ عديدة (الشمي 2000 و Basheer, et al., 2004).

هدفت هذه الدراسة إلى المعالجة اللاهوائية للمخلفات الثانوية لمعاصر الزيتون باستخدام الجراثيم ومدى فعاليتها في تخفيض الطلب الكيميائي للأكسجين COD (Chemical Oxygen Demand) والمركبات متعددة الفينول الكلية وتحديد تراكيز العناصر المغذية الأساسية خلال فترة المعالجة ومن ثم تحديد كمية الغاز الحيوي الناتجة عن المعالجة اللاهوائية للمياه السوداء (ماء الجفت) نتيجة مزجها بالحمأة الناتجة عن الصرف الصحي من محطة السلمية مع سلالات جرثومية نقية أو من دونها.

#### م واد البحث وطرائق

جمعت العينات من عدة معاصر للزيتون حديثة منتشرة في عدة محافظات هي اللاذقية وطرطوس وإدلب امتدت من شهر تشرين الأول عام 2005 حتى شهر شباط 2006 حيث جمعت في عبوات ثم وضعت في الثلاجات مدة شهر تجنباً لأي تحولات كيميائية حيوية تطرأ عليها خلال فترة الدراسة لمنع حدوث بعض التفاعلات التي قد تنتج عن التأثيرات الخارجية والتي قد تؤدي إلى تغير في تركيز وخصائص العينة وتجدر الإشارة إلى أن هذا البحث أجري في مخابر البحث العلمي في ألمانيا. ففي هذه المخابر استخدمت مخمرات متطورة ومناسبة للاختبارات المطلوبة حيث إن حجم المخمر

(المفاعل البيولوجي) المستخدم في هذه الدراسة (25 ليترًا) وكان عددها ثلاثة مخمرات لتطبيق المعالجة اللاهوائية للمياه العادمة الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزيتون التي تدعى بالمياه السوداء (ماء الجفت).

أُجريت دراسة بيوكيميائية (1995, Standard Methods) على مكونات التخمر لثلاث مجموعات تجريبية هي:

(A) مخمر لاهوائي يحوي المياه السوداء الخام كان يدار لملاحظة مقدرة المعالجة الجيدة للمياه العادمة الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزيتون دون تأثير أي مغذيات مضافة.

(B) مخمر لاهوائي يحوي المياه السوداء مع حمأة ناتجة عن محطة معالجة صرف صحي في السلمية.

(C) مخمر لاهوائي يحوي المياه السوداء مع حمأة ناتجة عن محطة معالجة صرف صحي مع سلالات جرثومية نقية *Methanosarcina barkeri* & *Methanosaeta concilii*.

تم الحصول على هاتين السلالتين من مركز التجمع الألماني للأحياء الدقيقة والمستنبتات الخلوية حيث تم تفعيل وتنشيط مادة التلقيح (المحفز) *Inoculum* كما يأتي: يُضاف 1 غ سلالة جرثومية إلى وسط جرثومي مغذٍ لاهوائي معقم ثم حضنه عند الدرجة 35 درجة مئوية مدة (2-3) أيام، ثم إضافته بنسبة 10% إلى وسط التخمر (حسب تصميم التجربة) حيث تكون السلالات هنا بطورها الفتى وكثافتها العالية (Jessee, 1983; Healy, et al., 1979) تم خلط مكونات التخمر بشكل جيد ضمن المخمرات التي كانت تحضن مع مزيج الغاز المكون من 75% أزوت  $N_2$  و 25%  $CO_2$  مدة (3-4) دقائق ويتم ذلك باستخدام جهاز تدفق غازات (flow meter) لملء الحجم الفارغ من المخمر بالمزيج الغازي بالنسبة السابقة لتأمين الظروف اللاهوائية الملائمة لنشاط الكتلة الحيوية وبدء عملية التخمر حيث تتم الإضافة إلى المخمرات الثلاث كل على حدة ويتم ضبط الـ pH عند الدرجة 7 وتغلق المخمرات مباشرة بشكل محكم وتحضن في درجة حرارة 35 درجة مئوية  $\pm 2$  درجة مئوية. (Ergüder, et al., 2004).

مع الإشارة إلى أنه تم إجراء عدة اختبارات أولية ليتم التحديد الدقيق لنسبة مزج الحمأة مع ماء الجفت حيث تم اعتماد النسبة 60:40 وهذا يزود عملية التخمر بالعناصر المغذية الأساسية.

وتحقق الحمأة المستخدمة في الدراسة المواصفات السورية من حيث مؤشرات التلوث الحيوي (العصيات الممرضة) ومن حيث التركيب الكيميائي هذا ما أكدته إحدى الدراسات عن إمكانية استخدام الحمأة في الزراعة في سورية (البشير 2003).

والمؤشرات التي تم اعتمادها في الدراسة خُللت في بداية عملية التخمير ونهايتها مع أخذ عينات للتحليل خلال مدة التخمير.

- قيست درجة الحموضة بوساطة جهاز pH-meter.

- قيس مجموع الأزوت المتاح والفسفور المتاح.

- الغاز الناتج كان يقاس بجهاز قياس الغاز الحيوي Germany 45.

- قيس الطلب الكيميائي للأكسجين COD باستخدام نظام مغلق للأكسدة حيث يؤمن تماساً أكبر مع المادة المؤكسدة ويعتمد مبدأ الاختبار على أكسدة المواد العضوية بإضافة كمية كافية من ثنائي كرومات البوتاسيوم بدرجة حرارة 150 درجة مئوية وبوجود وسيط من الفضة ضمن وسط حمضي حيث تتم أكسدة الكربون إلى ثنائي أكسيد الكربون وأكسدة الهيدروجين إلى ماء على حساب ثنائي كرومات حيث يتحول الكروم من كروم سداسي التكافؤ إلى كروم ثلاثي التكافؤ وبعد انتهاء التفاعل يعاير ماتبقى من ثنائي كرومات بوساطة كبريتات الحديد النشاردية ويستخدم كاشف الفيروئين ليشير إلى نقطة انتهاء تفاعل المعايرة ويتم الحساب اعتماداً على القانون الآتي:

$$\text{COD} = [(A-B) \times F \times 200] / V1 \quad \text{mg/l}$$

A حجم كبريتات الحديد النشاردية اللازمة لمعايرة الشاهد (ml).

B حجم كبريتات الحديد النشاردية اللازمة لمعايرة العينة (ml).

V1 الحجم المأخوذ من العينة (ml).

عامل تصحيح F هو الفرق في الحجم بين مكرري الشاهد.

حددت المركبات متعددة الفينول الكلية بالكروماتوغرافيا السائلة عالية المستوى High-performance Liquid Chromatography (HPLC) نظام كروماتوغرافيا السبيكة (الذهبية) على مكشاف الصمام الإلكتروني.

- التحليل الجرثومي: أُجريت الدراسة الجرثومية بتطبيق طريقة Most Probable (MPN) Number تسمى بطريقة العد الأكثر احتمالاً تعتمد هذه الطريقة على المعادلات الاحتمالية تُجرى بقياس حجوم معروفة من العينة بتخفيف أو دون تخفيف تضاف إلى سلسلة من الأنابيب المحتوية وسطاً زرعياً خاصاً بنوع الجرثوم ثم تحضن الأنابيب في درجة الحرارة 37 درجة مئوية ويحسب عدد الأنابيب الإيجابية وقراءة النتائج بعد 24 - 48 ساعة وذلك وفقاً للطرائق العالمية المعروفة حيث تم استخدام الأوساط الجرثومية الآتية:

Bryant Burkey broth with Resazurin & MS medium & BRLA-Bouillon (Valentine, et al., 2000; Breznak and Costilow, 1994)

-التحليل الإحصائي: درست النتائج إحصائياً بطريقة التحليل التبايني من الدرجة الأولى وحُسبت قيمة أقل فرق معنوي Least Significant Difference (LSD) عند مستوى المعنوية 5% كما حُسب الانحراف المعياري وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي للتطبيقات العملية والبحث العلمي (spss) statistical program student soft viar

### النتائج والمناقشة

1 - الطلب الكيميائي للأكسجين COD: إن احتواء المخلفات الرئيسية السائلة الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزيتون (ماء الجفت) على نسبة عالية من COD أدى إلى اعتبارها مصدر التلوث الرئيسي عند صرف هذه المياه دون معالجتها إلى المسطحات المائية (Basheer, et al.,2004; Zenjari, et al.,1991; Annesini, et al.,1983). إن العديد من دول العالم تعد صارمة بقوانينها بالنسبة لأصرف الملوثات الصناعية أو الزراعية إلى البيئة المحيطة ويوجد تفاوت في هذه التشريعات والمهم بالنسبة لنا هو المعايير السورية التي تبين الحدود القصوى للملوثات من مياه الصرف الصناعي حتى يسمح بوصولها إلى البيئة المائية. وبالدرجة الأولى هنا يتركز اهتمامنا على مؤشر COD حيث حددت كميته حسب نوع الوسط البيئي المستقبل ففي حال صرفه إلى سطح الأرض وقنوات الصرف الزراعية والأنهار والبحار يجب أن لا يتجاوز القيم الآتية (30 100 150 200) على التوالي (المعايير القياسية السورية 1995).

وحسب التقارير العلمية (UNEP/MAP,2000) تبين أن القدرة التلوثية لماء الجفت الناتج عن عصر مئة كيلو غرام من الزيتون يعادل التلوث الناتج عن النفايات المدنية لـ 45 شخصاً، والمشكلة الأساسية في طرح مثل هذه المواد في الطبيعة بشكل اعتباطي ودون معالجة يولد مشكلة بيئية كبيرة (Mitrakas, et al.,1996).

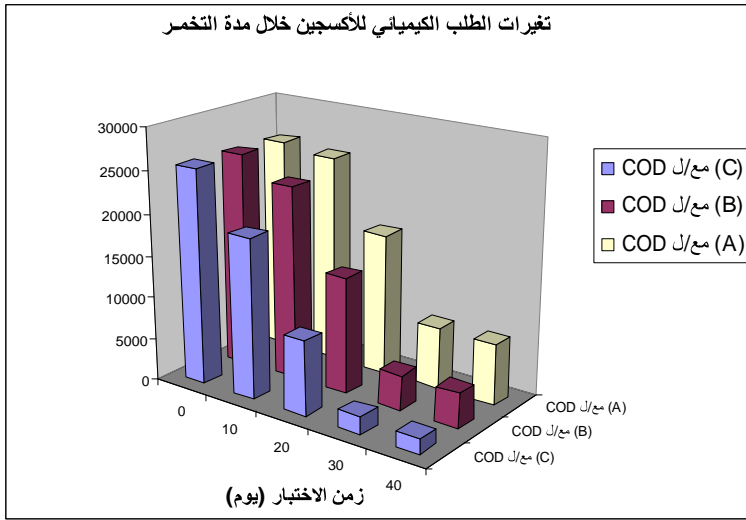
بينت النتائج كما هو موضح في الجدول (1) أن قيمة الطلب الكيميائي للأكسجين بلغت (مغ/ل 25600) قبل بداية عملية التخمير إلا أنه لوحظ انخفاض قيمته بشكل تدريجي خلال مدة التخمير لتبلغ (مغ/ل 7308 و 4119.6 و 1816) في (C&B&A) على الترتيب وهذا الانخفاض كان معنوياً حيث بلغ في المخمر (C) (1.08 LSD<sub>5%</sub>) مقارنة مع المخمر (A).

الجدول (1) يوضح تغيرات الطلب الكيميائي للأكسجين خلال مدة التخمير

زمن الاختبار(يوم)	(A) مغ / COD	(B) مغ / COD	(C) مغ / COD
0	25600	25600	25600
10	24850	23150	19050
20	16903	13915	8940
30	7310	4120	2130.5
40	7308	4119.6	1816

إن انخفاض نسبة إزالة الـ COD في وسط التخمر الذي يحوي ماءً جفتاً خاماً فقط قد يعود لانخفاض تراكيز العناصر المغذية الأساسية المتوافرة في وسط التخمر أو أنها دون الحدود الدنيا المحفزة لنشاط الكتلة الحيوية وهذا يتضح من النسبة C:N:P والتي بلغت 1 : 3.78 : 506.93 .

بينما تسجل أكبر نسبة إزالة COD في المخمر (C) حيث بلغت % 96.81 قد يعود هذا إلى أن النسبة C:N:P والتي بلغت 1 : 4.36 : 249.67 وفرت العناصر المغذية الأساسية الضرورية لنشاط الكتلة الحيوية اللاهوائية في تحطيم المادة العضوية الموجودة في وسط التخمر من جهة وإلى تزويد مكونات التخمر بالسلاطين الجرثوميتين النقيتين وهما في طور الفتى الفعال وبكثافة عالية من جهة أخرى (Ergüder, et al., 2004). ويوضح المخطط (1) تغيرات الطلب الكيميائي للأكسجين خلال مدة التخمر في المخمرات الثلاثة.



المخطط (1) يبين تغيرات الطلب الكيميائي للأكسجين خلال مدة التخمر

**2 - العناصر المغذية الأساسية:** يعدُّ الأزوت والفسفور من المتطلبات الغذائية الضرورية في أي معالجة حيوية للمياه العادمة حيث يستهلك الأزوت بسرعة من قبل الجراثيم الميثانية لتوفر احتياجاتهم البروتينية اللازمة للنمو فهو يدخل في صنع البروتين والحموض النووية والنكليوتيدات وجدار الخلية الجرثومية كما أن الفوسفور ضروري لإعادة الإنتاج وتفكك الخلية الجرثومية (Saez, et al., 1992).

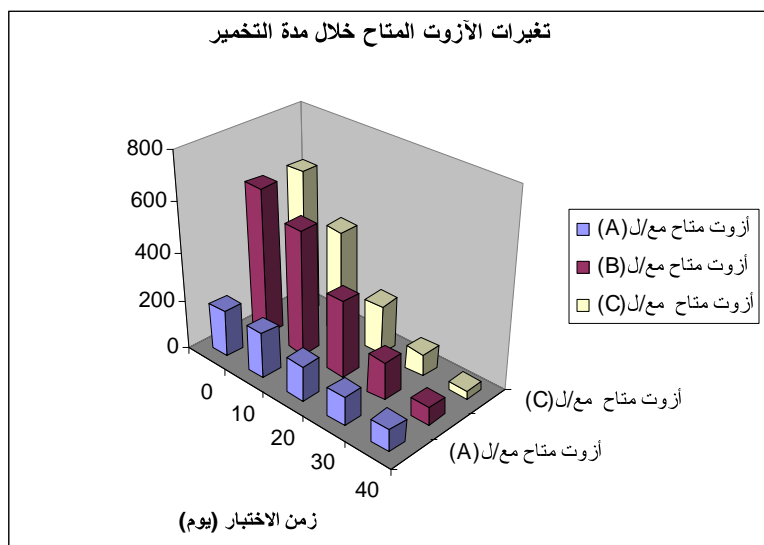


وقد بينت النتائج كما هو موضح في الجدول (2) أن قيمة الأزوت المتاحة البدائية بلغت (مغ/ل 605) في المخمرين (C&B) و(مغ/ 191) في المخمر (A) والقيمة النهائية بلغت (مغ/ 34&72) في المخمرين (C & B) على الترتيب في حين بلغت (مغ/ 91) في المخمر (A).

الجدول (2) يوضح تغيرات الأزوت المتاح خلال مدة التخمر

زمن الاختبار (يوم)	الأزوت المتاح مغ/ (A)	الأزوت المتاح مغ/ (B)	الأزوت المتاح مغ/ (C)
0	191	605	605
10	184.1	512	430.6
20	142	311.2	204.3
30	118.6	153	90
40	91	72	34

ويوضح المخطط (2) تغيرات الأزوت المتاح خلال مدة التخمر في المخمرات الثلاثة



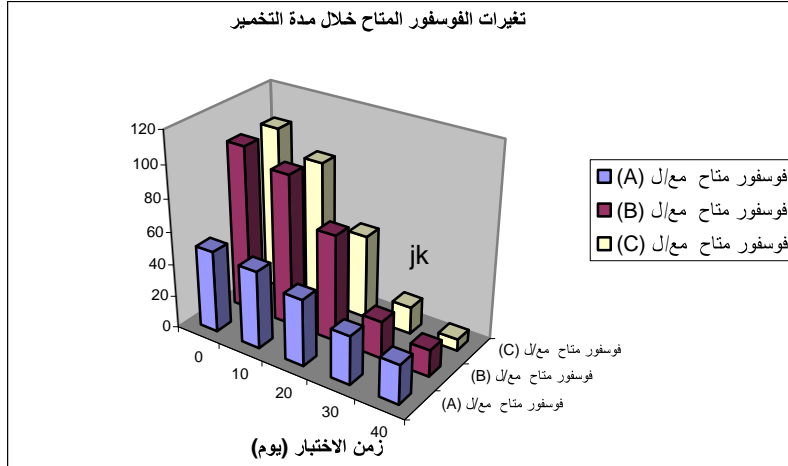
المخطط (2) يبين تغيرات الأزوت المتاح خلال مدة التخمر

أما بالنسبة لقيم الفوسفور المتاحة البدائية كما هو موضح في الجدول (3) فبلغت (مغ/ل 102) في المخمرين (C&B) و(مغ/ل 50.5) في المخمر (A) في حين القيمة النهائية في حين بلغت (مغ/ 7.2&16.5) في المخمرين (C&B) على الترتيب وبلغت (مغ/ 24.3) في المخمر (A).

الجدول (3) يوضح تغيرات الفوسفور المتاح خلال مدة التخمير

الفوسفور المتاح (C) /مغ	الفوسفور المتاح (B) /مغ	الفوسفور المتاح (A) /مغ	زمن الاختبار (يوم)
102	102	50.5	0
88.6	93.1	48	10
52	65.7	41.2	20
16.9	23	30	30
7.2	16.5	24.3	40

ويوضح المخطط (3) تغيرات الفوسفور المتاح خلال مدة التخمير في المخمرات الثلاثة



المخطط (3) يبين تغيرات الفوسفور المتاح خلال مدة التخمير

لاحظنا أن انخفاض قيم الأزوت المتاح ترافق مع انخفاض الفوسفور المتاح في المخمرات الثلاثة ولكنه كان أكثر وضوحاً في المخمر (C) وهذا منطقي من الناحية العلمية لأن الكتلة الحيوية تستهلك العناصر المغذية الأساسية من أجل نموها وزيادة نشاطها (Saez, et al., 1992).

وإن التغيرات الملحوظة قد تعود للاختلاف في تركيب المادة العضوية المتوافرة في سائل التخمير من جهة وإلى الكتلة الحيوية المتخمرة من جهة أخرى على أية حال ينبغي أن نأخذ بالحسبان كمية المغذيات التي قد تتحول خلال فترة المعالجة (Hamdim et al., 1996; Ubay and Ozturk, 1997).

**3 - المركبات متعددة الفينول الكلية:** عبارة عن مركبات عطرية تحمل زمرة هيدروكسيل متصلة مباشرة بالحلقة البنزينية وإن احتواء ماء الجفت على تراكيز عالية من متعددات الفينول الكلية أدى إلى ضرورة دراستها كمادة مسببة للمشاكل في أثناء

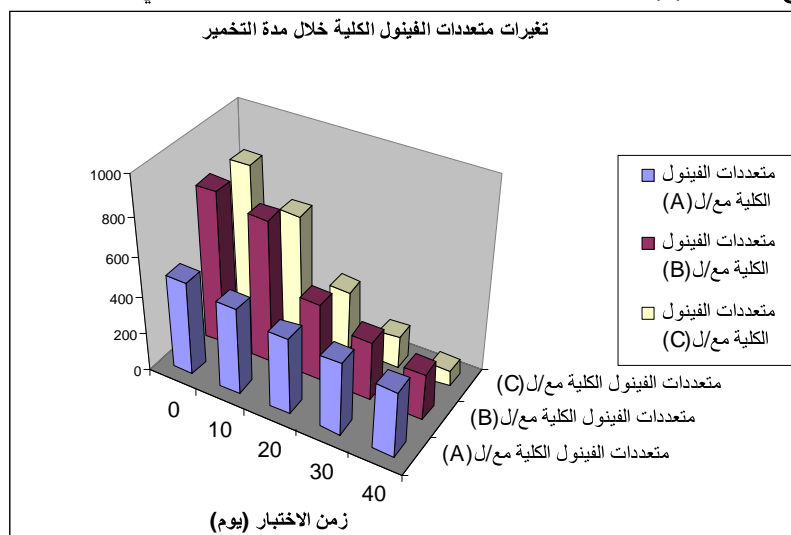
معالجة المخلفات السائلة الناتجة عن معاصر الزيتون ولسميتها للنباتات والكائنات في التربة (Annesini, 1983; Droste, 1997).

حيث بينت التحاليل كما هو موضح في الجدول (3) أن القيمة البدائية لمتعددات الفينول الكلية بلغت (802mg/l) في المخمرين (C&B) و(489mg/l) في المخمر (A) ولوحظ الانخفاض التدريجي في قيمها حيث بلغت قيمتها النهائية (148.7 و 342.5mg/l) في المخمرين (B&A) ما يعادل نسبة إزالة 29.95% و 68.99% على الترتيب في حين بلغت (82.4mg/l) أي ما يعادل نسبة إزالة 89.72% في المخمر (C) من نتائج التحليل الإحصائي تبين أن هناك فروقاً معنوية واضحة بين قيم متعددات الفينول الكلية في التجارب المختبرة حيث تفوق المخمر (C) على المخمرين الآخرين وبحدود ثقة 5% . تلاه المخمر (B) ثم المخمر (A) .

الجدول (4) يوضح تغيرات متعددات الفينول الكلية خلال مدة التخمير

متعددات الفينول الكلية /مغ (C)	متعددات الفينول الكلية /مغ (B)	متعددات الفينول الكلية /مغ (A)	زمن الاختبار (يوم)
802	802	489	0
620.2	741.3	450.6	10
311	408	397	20
163	312	380	30
82.4	248.7	342.5	40

ويوضح المخطط (4) تغيرات متعددات الفينول الكلية خلال مدة التخمير في المخمرات الثلاثة.



المخطط (4) يبين تغيرات متعددات الفينول الكلية خلال مدة التخمير

4 - الكتلة الجرثومية: خلال عملية التخمر تنشط مجموعات جرثومية لاهوائية هي Hydrolytic Bacteria التي تحول المركبات العضوية المعقدة إلى مركبات مونوميرية منحللة والتي تشكل وسطا مغذيا للمجموعة الجرثومية الآتية (Batstone, et al., 2000; Hwang, et al., 2004).

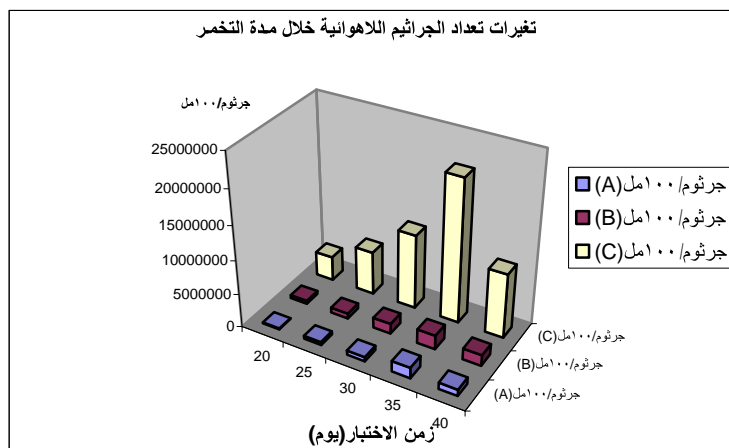
فالبكتريا Acidogenic Bacteria التي تدعى الجراثيم الحمضية التي تحول السكريات والحموض الأمينية والحموض الدسمة والحموض العضوية والكحول والكيونونات إلى الخلايا وغاز ثنائي أكسيد الكربون وغاز الهيدروجين (Moseyf and Fernandes, 1989; Kaseng, et al., 1992) ثم تأتي المجموعة الجرثومية الثالثة Acetogenic Bacteria التي تحول ما تبقى من الحموض الدسمة والكحول إلى خلايا وهيدروجين وغاز ثنائي أكسيد الكربون حيث يستخدم من قبل الجراثيم الميتانية Methanogenic Bacteria التي تحول المركبات الناتجة في الظروف اللاهوائية إلى ميثان (Batstone, et al., 2004a; De Bok, 2004; Dusault, 2004; Beccari, et al., 1996).

بينت النتائج كما هو موضح في الجدول (3) أن تعداد الجراثيم اللاهوائية قبل بداية عملية التخمر بلغ  $(1.4 \times 10^5 \times 4.6 \times 10^5 \times 36 \times 10^5)$  جرثوم/100 مل) في أوساط التخمر (C & B & A) على الترتيب ثم لوحظ الارتفاع التدريجي خلال مدة التخمر لتبلغ  $(1.6 \times 10^6 \times 2.1 \times 10^6 \times 21 \times 10^6)$  جرثوم/100 مل) في أوساط التخمر (C & B & A) على الترتيب ومنه نجد أن القيم الأعلى للتعداد العام للجراثيم اللاهوائية سجلت في وسط التخمر (C).

الجدول (5) يوضح تغيرات تعداد الجراثيم اللاهوائية خلال مدة التخمر

تعداد الجراثيم اللاهوائية (C) جرثوم/100مل	تعداد الجراثيم (B) جرثوم/100مل اللاهوائية	تعداد الجراثيم اللاهوائية (A) جرثوم/100مل	زمن الاختبار (يوم)
3600000	460000	140000	0
6400000	750000	460000	10
11000000	1500000	640000	20
21000000	2100000	1600000	30
9500000	1600000	950000	40

يوضح المخطط (5) يبين تغيرات تعداد الجراثيم اللاهوائية خلال مدة التخمر في المخمرات الثلاثة



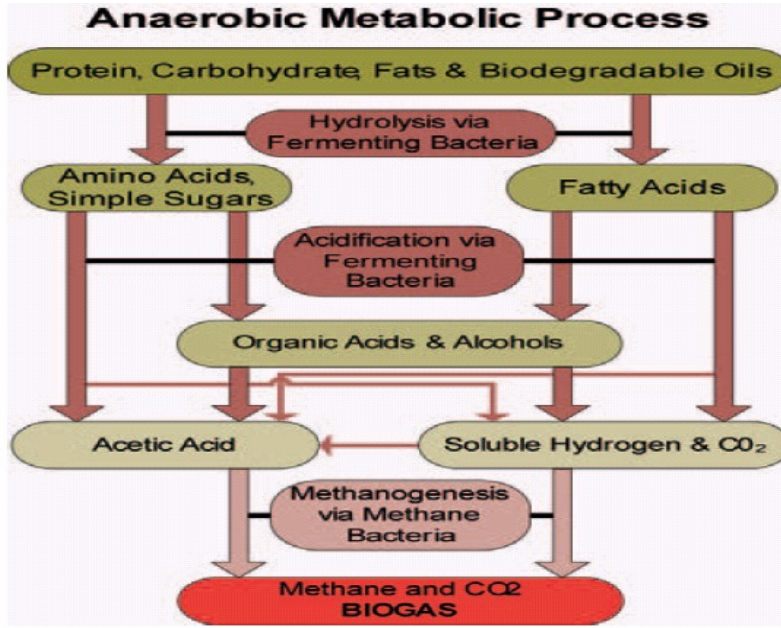
### المخطط (5) يبين تغيرات تعداد الجراثيم اللاهوائية خلال مدة التخمير

ومما سبق نجد أنه عند إنجاز أي تفاعل لاهوائي يجب تزويد الوسط بالعناصر المغذية الأساسية اللازمة لزيادة الكتلة الحيوية وتحديد الأحياء الدقيقة اللاهوائية التي تعد الركيزة الأساسية لإنتاج الغاز الحيوي نتيجة توفر المتطلبات البروتينية اللازمة لنمو هذه الأحياء ونشاطها. (Karakashev, *et al.*, 2005; Duval and Steve, 2000).

**3 الغاز الحيوي:** يتشكل الغاز الحيوي من خلال نشاط الجراثيم بعكس السماد العضوي الناتج من تحلل المواد النباتية إن تشكل الغاز الحيوي يحدث بشكل طبيعي في أي مكان توجد فيه تراكيز عالية للمواد العضوية المتركمة بغياب الأكسجين ويبدو هذا أكثر شيوعاً في الرسوبيات القاعية والبحيرات والبرك والمستنقعات وفي الظروف اللاهوائية لمواقع النفايات (Guidebook, 1997; Rivard and Boone, 1997).

والغاز الحيوي هو خليط غازي ناتج عن تخمر المركبات العضوية عند خلطها بالماء بمعزل عن الهواء الجوي بفعل أنواع متخصصة من البكتيريا منتجة غاز الميثان بنسبة 50% وهو الجزء القابل للاشتعال في الخليط وثاني أكسيد الكربون بنسبة 20% 25% إضافة إلى غازات أخرى (Angelidaki, *et al.*, 2002).

والغاز الحيوي له رائحة الغاز الطبيعي وهو أخف قليلاً من الهواء تتراوح طاقته الحرارية ما بين 5000 6000 كيلو كالوري للمتر المكعب (الشمي 1995 والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة - سورية 1996) وتتراوح الكفاءة الحرارية للغاز الحيوي قرابة 60% والتي تعادل مثيلاتها لمعظم أنواع الوقود الأخرى (Shoemaker and Visser 1990-2000; Angelidaker, *et al.*, 2003; Vieira and Souza, 1981).



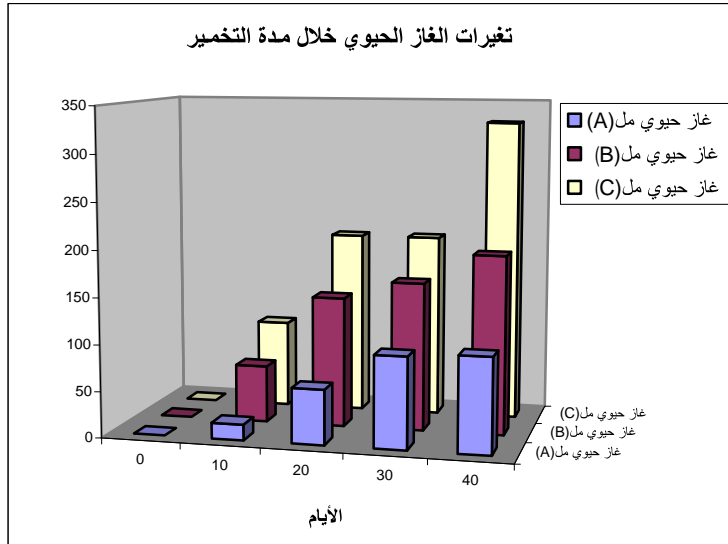
المخطط (6) يبين الهضم اللاهوائي للمركبات العضوية  
(2002, Angelidaki, Eliegaard; 2000, Shabani, Kia)

بينت النتائج كما هو موضح في الجدول (6) حيث سجلت أعلى قيمة لإنتاج الغاز الحيوي في المخمر (C) وبلغت 327 مل في حين بلغت في المخمر (B) 192.5 مل، أما في المخمر (A) فبلغت 102 مل، وقد لوحظ ارتفاع معنوي في كمية الغاز الحيوي الناتج في المخمر (A).

الجدول (6) يوضح تغيرات الغاز الحيوي خلال مدة التخمير

الغاز الحيوي مل (C)	الغاز الحيوي مل (B)	الغاز الحيوي مل (A)	زمن الاختبار (يوم)
0	0	0	0
95	61.8	16.9	10
198.4	140.8	59	20
198.7	160	98.2	30
327	192.5	102	40

ويوضح المخطط (7) تغيرات كمية الغاز الحيوي الناتجة خلال مدة التخمير في المخمرات الثلاثة



**المخطط (7) يبين كمية الغاز الحيوي الناتجة خلال مدة التخمير**

إن التغيرات الملاحظة في كمية الغاز الحيوي الناتج قد تعود للتغيرات في تركيب المادة العضوية المتوافرة في سائل التخمير من جهة وإلى الكتلة الحيوية اللاهوائية (كما هو واضح في المخمر (C) التي أدت إلى زيادة كمية المواد العضوية المتفككة وتحويلها إلى غاز حيوي لأن الجراثيم اللاهوائية ذات المجال الحراري المعتدل تبلغ ذروة نشاطها بين الدرجتين (34-37) درجة مئوية (Ndon and Dagur, 1997; Lund, *et al.*, 1996; Rebac, *et al.*, 1995; Marchaim 1992; Nyns, 1986)

### النتيجة

إن المعالجة اللاهوائية للمياه السوداء الناتجة عن عصر الزيتون (ماء الجفت) دون أي إضافة كانت منخفضة وضئيلة.

لإنجاز وتطبيق المعالجة اللاهوائية وتحويل المياه السوداء إلى الغاز الحيوي ينبغي أن تضاف المغذيات إلى المخمرات بما يحقق زيادة نشاط الكتلة الحيوية المفككة للمادة العضوية وهذا يتحقق بإضافة الحمأة بنسبة محددة.

فالمعالجة اللاهوائية لماء الجفت تعطي نتائج تطبيقية جيدة اقتصادية التكلفة مع التخلص من أضراره البيئية.

## المراجع REFERENCES

- البشير محفوظ. (2003). دراسة إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة في سورية المؤتمر الإقليمي الأول حول تقنيات وإدارة حمأة مياه الصرف الصحي 15-17 أيلول الكويت.
- الشمي سمير. (1995). البيوجاز طاقة نظيفة سماد عضوي طبيعي حماية البيئة من التلوث نشرة إرشادية المشروع القومي للأبحاث الزراعية مكون نقل التكنولوجيا الجيزة - مصر.
- الشمي سمير. (2000). تكنولوجيا البيوجاز والنظام المتكامل لتدوير المخلفات الزراعية مشروع استخدام المخلفات الزراعية في التنمية الريفية وزارة الزراعة - مصر.
- المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة. (1996). الدورة التدريبية على دراسة تصميم وإنشاء وتشغيل وصيانة وحدات إنتاج الغاز الحيوي في المجمعات الريفية العربية دمشق سوريا.
- المعايير القياسية السورية رقم (45) لمياه الشرب. (1995). وزارة الصناعة هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية دمشق سوريا.
- حميد محمود. (2005). إمكانية الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات عصر الزيتون. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية 21(2):113-124.
- Angelidaki, I.; Ellgaard, L.; Sorensen, H. and Schmid, E. (2002). Anaerobic processes. Copenhagen.
- Angelidaki, I. and Ellgaard, L. (2002). Anaerobic digestion in Denmark: Past present and future. p.129-138, In: Anaerobic digestion for sustainability in Waste (water) treatment and reuse. Proceedings of 7<sup>th</sup> FAO/SREN-Workshop, 19-22 May, Moscow, Russia.
- Angelidaki, I.; Ellegaard, L. and Ahring, K. (2003). Applications of the anaerobic digestion process. p.1-33, In: Ahring, B. K. (ed.) Biomethanation II. Springer, Berlin.
- Annesini, M.C. (1983). Treatment of olive oil wastes by distillation, Effluent & Water Treatment. J. June, 34.
- Basheer, S.; Sabbah, I. and Marzook, T. (2004). The effect of pretreatment on anaerobic activity of olive mill wastewater using batch and continuous systems. Process Biochem. (39), 1947-1951.
- Batstone, D. J.; Keller, J.; Newell, R. B. and Newland, M. (2000). Modelling anaerobic degradation of complex wastewater. I: Model development. Bioresource Technology. (75): 67-74.
- Batstone, D. J.; Keller, J. and Blackall, L. (2004). The influence of substrate kinetics on the microbial community structure in granular anaerobic biomass. Water Research. (38): 1390-1404.
- Benitez, F. J.; Beltran-Heredia, J.; Torregrosa, J. and Acero, J. L. (1997). Aerobic degradation of olive mill wastewater. Appl. Microbiol. Biotechnol. 47, 185-188.
- Borja, R., Martin, M., Maestro, R., Alba, j., and Fiestas, J. A. (1992). Enhancement of the anaerobic digestion of olive mill wastewater by the removal of phenolic inhibitors. Process Biochem. 27, 231- 237.



- Breznak, J. A., and Costilow, R. N. (1994). Physicochemical factors in growth. pp. 137- 154. In P. Gerhardt (ed.), *Methods for general and molecular bacteriology*, American Society for Microbiology. Washington.
- Beccari, M.; Bonemazzi, F.; Majone, M. and Riccardi, C. (1996). Interaction Between Acidogenesis and Methanogenesis in the Anaerobic Treatment of Olive Oil Mill Effluents. *Water Research*. 30(1): 183-189.
- DE bok, A. F. M.; Plugge, C. M. and Stams, A. J. M. (2004). Interspecies electron transfer in methanogenic propionate degrading consortia. *Water Research*. 38(6):1368-1375.
- Droste, R L. (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater treatment*, John Wiley and Sons. Inc.
- Ergüder, T. E.; Güven, G. N. and Demirer. S. D. (2004). Anaerobic Treatment of Olive Mill Wastes In Batch Reactors. Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University. Inonu Bulv. Ankara, Turkey.
- Dusault, ALLEN. (2004). Methane Digesters for Dairies: New Opportunities for Industry and the Environment. Online posting. Ecological Farming Association. 30 June 2004<[http://www.eco-farm.org/sa/sa\\_dairy-synopsis\\_digester.html](http://www.eco-farm.org/sa/sa_dairy-synopsis_digester.html)>.
- Duval, Brian and Steve Goodwin. (2000). Methane Production and Release from Two New England Peatlands. *International Microbiology*. (3): 89-95.
- G ksel, N.; Demirer., Metin D.; Engin G, rgen U.; Ulas T. and Tuba H. E. (2000). Anaerobic treatability and biogas production potential studies of different agro-industrial wastewaters in Turkey, 11(6): 401-405.
- Guidebook on landfill gas extraction and utilization. (1997). Netherlands agency for energy and the environment (NOVEM).
- Hamdi, M. (1993). Toxicity and biogradability of olive mill wastewaters in batch anaerobic digestion. *Bioprocess Engineering* .(8): 79.
- Hamdi, M. (1996). Anaerobic digestion of olive mill wastewaters. *Process Biochemistry*. (31): 105-110.
- Healy, J. B. And Young, L. Y. (1979). Anaerobic Biodegradation of Eleven Aromatic Compounds to Methane. *Applied and Environmental Microbiology*. 38(1): 84-89.
- Hwang, M. H.; Jang, N. J.; Hyum, S. H. and Kim, I. S. (2004). Anaerobic biohydrogen production from ethanol fermentation: the role of pH. *J. of Biotechnology*. 111(3): 297- 309.
- Improlive. (2000). Improvements of treatments and validation of the liquid-solid waste from the two-phase olive oil extraction. Annex A2: Final report, Fair CT96-1420.
- Isabel, P. M. (2000). Anaerobic digestion treatment of olive mill wastewater For effluent re-use in irrigation. Departamento de Energias Renov veis, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Est. Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa, Portugal.

- Jessee, J. A.; Benott, A. C., Hendricks, G. C.; Allen, J. L. and NEAL, G. S. (1983). Anaerobic Degradation of Cyanuric Acid, Cysteine, and Atrazine by a Facultative Anaerobic Bacterium. *Applied And Environmental Microbiology*. 45(1): 97-102.
- Karakashev, D.; Batstone, J. and Angelidaki, I. (2005). Influence of environmental conditions on methanogenic compositions in anaerobic biogas reactors. *Applied and Environmental Microbiology*. (71): 331-338.
- Kaseng, K.; Ibrahim, K.; Paneerselvamm S. V. and Hassan, R. S. (1992). Extracellular enzyme and acidogen profiles of a laboratory-scale two-phase anaerobic digestion system. *Process Biochemistry*. (27): 43-47.
- Lund, M. S.; Andersen, S. and Torry –Smith, M. (1996). Building of a Flexibility Bag Biogas Digester in Tanzania. Technical University of Denmark. Copenhagen.
- Manure digestion in the Netherlands. (1990). Netherlands agency for energy and the environment (NOVEM). 10 years of knowledge and experiment.
- Marchaim, U. (1992). Biogas processes for sustainable development. FAO Agricultural services Bulletin 95.
- Mosey, F. E. and Fernandes, X. A. (1989). Patterns of hydrogen in biogas from the anaerobic digestion of milk-sugars. *Water Science and Technology*. 187-196.
- Mitrakas, M.; Popageourgiu, A.; Docoslis, A. and Sakellaropoulos, G. (1996). Evaluation of various pretreatments methods for olive oil mill wastewater. *European Water Pollution Control*. 6(6):10-6.
- Ndon, U. J. and Dague, R. R. (1997). Effects of temperature and hydraulic retention Time On anaerobic sequencing batch reactor treatment of low-strength wastewater. *Water Research*. 2455-2466.
- Nyns, E. J. (1986). Biomethanation Processes. p. 207-267. *In: Sch nborn, W. (ed.). Microbial Degradations*. vol. 8. Wiley-VCH Weinheim, Berlin.
- Pollution Prevention in Olive Oil Production. (2000). A report published by UNEP/MAP and Regional Activity Centre for Cleaner Production.
- Results of Phase-I Implementation in Syria. (2006). An interim report of the regional project “Integrated Waste management for the Olive Oil Pressing in Lebanon, Syria, and Jordan”. UNDP-Syria.
- Rebac, S.; Ruskova, J.; Gerbens, S.; Vanlier, J. B.; Stams, A. J. M. and Lettinga, G. (1995). High-rate anaerobic treatment of wastewater under psychrophilic Conditions. *Journal of Fermentation and Biotechnology*. 499-506.
- Rivard, C. and Boone, D. (1995). The Anaerobic Digestion Process. Second Biomass Conference of the Americas; August 21-24, Portland Oregon. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. pp. 785-790.
- Saez, L.; Pere, J. and Martin, J. (1992). Low molecular weight phenolic attenuation during simulated treatment of wastewaters from olive oil mills in evaporation ponds. *Water Research*, 26(9): 1261-1266.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (1995). 19<sup>th</sup> edition, APHA/AWWA/WEF, Washington DC, USA.

- Shoemaker, M. and Visser, A. (2000). Guidebook on landfill gas extraction and Utilization. (1997). Manure digestion in the Netherlands. (1990).
- Sabane, A. and Kia, G. (2002). Taleghani, benefit and application of Biogas, Center for Renewable Energy Research and Application. report, No. 58.
- Shoemaker, M. and Visser, A. (2000). Treatment of biogas, AD-Nett, A. Network on Anaerobic digestion of Agro- industrial wastes, p: 8-21. Anaerobic digestion: Making energy and solving modern waste problems edited by Henrik, O. Uuby, G., and Ozturk, I. (1997). Anaerobic treatment of olive mill effluents. Water Science and Technology. (35): 287-294.
- Vieira, S. M. M. and Souza, M. E. (1981). Métodos anal ticos para acompanhamento da Biodigest o. in Energia - Fontes alternativas, 3:15.
- Valentine, D. L.; Reeburgh, W. S. and Blanton, D. C. (2000). A culture apparatus for Maintaining H<sub>2</sub> at sub-nanomolar concentrations. J. Microbiol Methods. (39): 243–251.
- Zenjari, B.; Hafidi, M. E.; Hadrami, I.; Bailly, J. R. and Nejmeddine, A. (1999). Traitement aérobie des effluents d'huileries par les micro-organismes du sol. Agrochimica XLIII 276–285.

Received	2007/08/14	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2007/09/23	قبول البحث للنشر