مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ـ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم بوساطة الجراثيم المرجعة للكبريتات في أوساط تحتوي مصادر مختلفة من الكربون

الدكتورة أميمة ناصر*

الدكتور تميم عليا**

(تاريخ الإيداع 30 / 9 / 2012. قُبِل للنشر في 29 / 1 /2013)

□ ملخّص □

تمت دراسة مزيج من الجراثيم المرجعة للكبريتات (Desulfotomonas, Desulfovibro ,Desulfotomaculum) من أجل التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم المدروس. وتبين أنه يمكن إذابة الفوسفوجيبسوم (مقدرة غ/ل) في أوساط ذات مصادر مختلفة للكربون تحتوي اللاكتات (3.65/ل), كحول (2.9غ/ل), كازئين (2.8غ/ل), كانت نسبة الإذابة أقل في الوسط المحتوي الغلوكوز (2.1غ/ل), وأقل بثلاث مرات تقريباً في الوسط الذي يحتوي خلات الصوديوم (1.35/ل).

تم حساب التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم على أساس كبريت الهيدروجين المنطلق في الوسط, والذي سجل أعظم قيمة له في الوسط المزود بالكحول حيث بلغت (1.29/ل). كما وجد أن الجراثيم المعزولة فعالة جداً في إرجاع الكبريتات من الفوسفوجيبسوم في الوسط المزود بالكحول (2.15غ/ل), وتخفيض (98.03%) من الاحتياج الكيميائي للأكسجين في الوسط المزود بالغلوكوز, وأكبر كمية ذائبة للفوسفوجيبسوم أزيلت في الوسط المزود باللاكتات ثم الكحول فالكازئين كمصدر للكربون.

الكلمات المفتاحية: التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم – الجراثيم المرجعة للكبريتات (Desulfotomaculum, Desulfotomonas,Desulfovibro) مصادر مختلفة للكربون

* مدرسة – قسم الوقاية البيئية – المعهد العالي لبحوث البيئة– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

** أستاذ مساعد– قسم الكيمياء البيئية– المعهد العالي لبحوث البيئة– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

Biotransformation of Phosphogypsum by Sulphate-Reducing Bacteria in Media Containing Different Sources of Carbon

Dr. Omiema Nasser*
Dr. Tamim Alia**

(Received 30 / 9 / 2012. Accepted 29 / 1 /2013)

□ ABSTRACT □

Mixture of sulphate-reducing bacteria (SRB) (*Desulfotomaculum, Desulfovibro, Desulfotomonas*) were studied for the biotransformation of phosphogypsum.

This study shows that the greatest reduction of phosphogypsum (g/l) was possible among different cultures of carbon containing lactate (3.65), ethanol (2.9), casein (2.8); the melting rate was lower in the medium containing glucose (2.1), and three fold less in the medium with sodium acetate(1.35) almost.

The biotransformation of phosphogypsum, was calculated on the basis of amount of hydrogen sulphide in cultures. In the studied cultures the greatest amount of hydrogen sulphide was produced from medium containing alcohol (1.29g/l). These isolated bacteria were found to be very effective in the reduction of (2.15 g/l) sulfate from phosphogypsum, with (98.03 %) reduction of Chemical Oxygen Demand in medium with glucose. The greatest amount of dissolved phosphogypsum was removed from medium containing Lactate, ethanol, casein respectively as sources of carbon.

Keywords: Biotransformation of Bhosphogypsum, Sulphate-Reducing Bacteria SRB, (*Desulfotomonas*, *Desulfovibro, Desulfotomaculum)*, Different Sources of Carbon.

* **Assistant Professor, Department of environmental Protection ,Higher Institute for Environmental Research, Tishreen Univesity, Lattakia, Syria.**
** **Associate Professor, Department of environmental chemistry ,Higher Institute for Environmental Research, Tishreen Univesity, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تنتج مخلفات الفوسفوجيبسوم عن عملية الحصول على حمض الفوسفور لدى معاملة الصخر الفوسفاتي بحمض الكبريت وفق المعادلة الآتية[1] :

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 10H_2SO_4 + 20H_2O \rightarrow 10CaSO_4 \cdot 2H_2O + 6H_3PO_4 + 2HF$$

apatite (phosphate) rock **phosphogypsum**

تكمن خطورة الفوسفوجيبسوم على البيئة المحيطة كتلوث المياه والتربة في المناطق المجاورة بسبب خصائصه الحمضية التي تعود لكبريتات الكالسيوم, إضافة لحمض الفوسفور وحمض الكبريت وتراكيب أخرى كمركبات الفلوريد, والمعادن الثقيلة, وخصوصاً الكادميوم والرصاص[3,2].

ويتوجه العلماء حالياً نحو إتباع طرائق المعالجة الحيوية للمخلفات الصناعية والزراعية ...الخ باعتبارها من الطرائق, الصديقة للبيئة, وذلك باستخدام الأحياء الدقيقة, وبشكل خاص الجراثيم المرجعة للكبريتات (Desulfotomonas, Desulfotomaculum, Desulfovibro) التي تقوم بدور فعال في معالجة المخلفات الصناعية كالفوسفوجيبسوم [5,4]

حيث تفضل هذه الجراثيم عادة المواد العضوية ذات الوزن الجزيئي المنخفض, مثل الحموض العضوية (حمض اللبن, البيروفيك, خلات, حمض النمل) أو كحول (إيتانول, بروبانول) كمصدر للكربون, وتعد هذه الجراثيم قادرة على استعمال عدة مصادر مختلفة للمركبات العضوية [8, 7, 6].

وتمتلك بعض هذه الجراثيم (Desulfotomonas, Desulfotomaculum, Desulfovibro) القدرة على إزالة المركبات العضوية بالكامل, لذلك تستخدم في تنقية المياه العادمة [9,10],

وهذا يتم نتيجة العلاقة بين الجراثيم المرجعة للكبريتات وجراثيم التخمر الأخرى, حيث يعتمد نشاط الجراثيم المرجعة للكبريتات على كمية الكبريتات الموجودة على شكل الفوسفوجيبسوم, وهذا مناسب لاختبار نسبة **$COD/\ SO^{-}{}_4{}^2$** الذي يعتمد على تحطيم المادة العضوية من جهة وإرجاع الكبريتات وتحويلها لكبريت الهيدروجين من جهة ثانية, حيث أن المستوى العالي في التحول الحيوي للركائز العضوية المختلفة يتعلق بشكل رئيسي في مصادر الكربون المستعملة.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث :

تكمن أهمية البحث في التركيز على مشكلة بيئية وصحية تظهر بشكل يومي, وتتفاقم بوتيرة متزايدة سنوياً مهددة التوازن البيئي, ألا وهي مخلفات الفوسفوجيبسوم الناتجة عن معمل السماد الفوسفاتي في حمص, والتي تتراكم في تلال تشغل مساحات كبيرة, لذلك تم التوجه لتخفيف عبء التلوث البيئي (تربة, مياه) الناتج عن هذه المخلفات, وذلك من خلال استرجاع الكبريت الموجود في الفوسفوجيبسوم بطريقة حيوية, أي الاستفادة من المخلفات, بما يحقق المردود الاقتصادي الجيد الناتج عن استرجاع الكبريتات من جهة, وتخفيف عبء التلوث البيئي من جهة أخرى.

أهداف البحث :

يهدف البحث إلى المعالجة الحيوية للفوسفوجيبسوم باستخدام الجراثيم المرجعة للكبريتات بوجود بعض المركبات العضوية (لاكتات الصوديوم, كحول, كازئين, غلوكوز, خلات الصوديوم), وتحديد الطلب وقياس كمية الكبريتات

المرجعة, وكميةCOD Chemical Oxygen Demand الكيميائي للأكسجين كبريت الهيدروجين الناتجة خلال مدة التخمر والتي تعد مؤشراً لفعالية الطريقة الحيوية المقترحة.

طرائق البحث ومواده :

العينات :

1. الفوسفوجيبسوم: جمعت العينات من المخلفات الناتجة عن الشركة العامة للسماد الفوسفاتي في محافظة حمص.
2. الجراثيم المرجعة للكبريتات: نُميت الجراثيم المرجعة للكبريتات المعزولة من بيئات مختلفة على عدة

a. أوساط هي البوستجات والإيمرسن وستاركي[11,12,13].

- وسط البوستجات المكون من (1غ/ل) كلور الأمونيوم مع (4.5 غ/ل) كبريتات الصوديوم
- وسط إيمرسن المكون من (0.07 غ/ل) فوسفات البوتاسيوم الهيدروجينية, كبريتات المغنيزيوم (0.5 غ/ل), مستخلص خميرة (4 غ/ل).
- وسط ستاركي المكون من (1.65غ/ل) كلور المغنيزيوم المائي, (1 غ/ل) كلور الأمونيوم, (5) فوسفات البوتاسيوم أحادية الهيدروجين, (0.13غ/ل) كلور الكالسيوم, (515.0) نترات الحديد المائية.
- يضاف مشعر ريزازورين resazurin بتركيز (0.001 غ/ل) للأوساط كمؤشر لظروف الإرجاع فيها.
- احتوت كل الأوساط على كبريتات الصوديوم بتراكيز تعادل محتوى الكبريتات في 5 غرام من الفوسفوجيبسوم في الليتر (بحدود 2.5 غرام كبريتات في الليتر), أُضيفت مصادر الكربون المختلفة (الاكتات, الكحول, الكازئين, الغلوكوز, الخلات) كل على حدة, وأُغلقت الأرلنمايرات سعة (300 مل), الحاوية على الأوساط المغذية بإحكام بوساطة سدادات مطاطية يمكن ثقبها بسهولة بوساطة إبرة سيرنك ملائمة لحقن المحفز بنسبة 4% ولسحب العينات, وحُضنت الأوساط مدة (10–20) يوم في درجات حرارة (30, 35, 37) درجة مئوية.

القياسات :

1. **تم إجراء التحاليل الكيميائية وفق[15,16,14] .**
2. **تم قياس درجة الحموضة بوساطة جهاز (744 PH Meter Metrohm Switzerland)**
3. **قياس COD**

–تم قياس الاحتياج 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 الكرومات, ويتحول الكروم من كروم سداسي التكافؤ إلى كروم ثلاثي التكافؤ, وبعد انتهاء التفاعل يعاير ما تبقى من ثنائي كرومات كرومات بوساطة كبريتات الحديد النشادرية, ويستخدم كاشف الفيروئين ليشير إلى نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.

–وضع حجم (2ml) من العينة, ثم أُضيف (1.5ml) محلول ثاني كرومات البوتاسيوم وكبريتات الزئبق,ثم أُضيف (3.5ml) محلول حمضي وسيط (كبريتات الفضة وحمض الكبريت), وُضع في الفرن بدرجة حرارة (150)

درجة مئوية لمدة ساعتين, ثم بُرد, ثم أُضيف نقطتان من كاشف الفيروئين, ثم يُعاير بمحلول كبريتات الحديد النشادرية حتى انقلاب لون المجلول من اللون الأخضر المزرق إلى بني محمر .كما وُضع شاهد.

وحُسبت كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين وفق العلاقة $COD = [(A-B)F]/V$

حيث A حجم كبريتات الحديد النشادرية اللازمة لمعايرة الشاهد (ml).

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

V الحجم المأخوذ من العينة.

F عامل تصحيح.

4. تقدير الكبريتات

- تشكيل عكارة كبريتات الباريوم

- وُضع حجم (10 مل) من العينة في أرلنماير سعة (250ml) .

المكون - أُضيف كاشف الاستخلاص (30 ml)من Hcl (300 ml)+ ماء مقطر+(100 ml) كحول 95%+ 75 غرام من كلوريد الصوديوم NaClمن + 50 مل غليسيرول, و مُزج بشكل جيد .

- أُضيف حبيبات من كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (20-30).

- حُضر منحني قياسي باستخدام كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) (0.05 N)

قياس الامتصاصية بجهاز سبيكتروفوتومتر (طراز 1700صنع شركة شيمادزو اليابانية) على طول الموجة (420 نانو متر) .

$mg\ SO_4^{-2}/l = (mg\ SO_4\ 1.000)/ A$ حيث تؤخذ $mg\ SO_4$ من المنحني القياسي

وA تمثل حجم العينة(ml)

تقدير H_2S

- وُضع حجم (50 مل) من العينة في دورق سعته (500 مل) ثم أُضيف كمية (B ml) (50 ml) من محلول اليود القياسي معلومة

كُمل الحجم بالماء المقطر إلى (20 ml) ثم أُضيف (10مل) حمض كلور الماء HCl (3 M)

- يُعاير باستخدام محلول ثيوسلفات الصوديوم (N0.025)

- يستخدم كاشف النشا إلى أن يختفي اللون الأزرق ونسجل الحجم المستهلك بالميلي وليكن(A ml)

$mg/l\ H2S = \{400\ (A - B)\}/ ml\ X$

X حجم العينة (ml)

5. تقدير الفوسفور

- وُضع حجم (10ml) من العينة + $N11\ H_2SO_4$ + (0.4gr) فوق كبريتات الأمونيوم مُزج جيداً وتم غليه لمدة (30- 40) دقيقة.

- بُرِّد ثم مُدِّد إلى (40 ml) تقريباً ورُشّح.

- أُضيف (4ml) موليبدات الأمونيوم وطرطرات البوتاسيوم والأنتيموان ثم نمزج جيداً.

- أُضيف (2ml) حمض الأسكوربيك ومُزج جيداً.

- بعد خمس دقائق قُيست الامتصاصية عند طول موجة (650 nm) بواسطة السبيكتروفوتوميتير (طراز

1700 صنع شركة شيمادزو اليابانية).

7- تقدير الكالسيوم Ca^{2+}

Complexmetric- تم تقدير الكالسيوم بطريقة المعقد اللوني

- وُضع (0.5) غرام عينة, أضيف (20مل) مل حمض كلور الماء تم ضبط درجة الحموضة عند 7

-حضر منحني عياري لكربونات الكالسيوم [يحل كربونات الكالسيوم بإضافة (10مل) مل ماء مقطر إلى نحو (1مل) من حمض كلور الماء (6M) عند الضرورة في حال لم تنحل كربونات الكالسيوم بشكل كاف], وتم معايرته بـ [EDTA يحضر محلول EDTA (0.01 M) من (1.47) غرام من EDTA أُضيف له (9 ml) من محلول كلور المغنيزيوم (1%) أُضيف له (1.4ml) من محلول هيدروكسيد الأمونيوم (6M)].

مُزج بشكل جيد, ثم أضيف بضع قطرات من مشعر كالمغيت, ثم يتم المعايرة بمحلول EDTA حتى نقطة انتهاء المعايرة.

8-تقدير المغنيزيوم Mg^{2+}

-تم تقدير المغنيزيوم بالطريقة الطيفية (ASA- ELA Unicam SP 90 A)

-وُضع (0.5) غرام عينة, أضيف (15مل) من المحلول الموقي درجة الحموضة (10) أضيف (20مل) من الماء المقطر, أضيف بضع بلورات من الأيروكروم الأسود لإعطاء اللون الأحمر حتى نقطة انتهاء المعايرة.EDTA ثم تم المعايرة بمحلول

النتائج والمناقشة:

بينت التحاليل التي تم إجراؤها في هذا البحث بعض مؤشرات التركيب الكيميائي لكل من الفوسفوجيبسوم, كما هو موضح في الجدول رقم (1).

الجدول رقم 1. التركيب الكيميائي للفوسفوجيبسوم المدروس

المحتوى (w/w) %	المركب
59.8	SO_4^{2-}
1.7	PO_4^{3-}
21.6	Ca^{2+}
0.07	Mg^{2+}

كما بينت الدراسة نمو الأحياء الدقيقة اللاهوائية في الأوساط التي تحتوي الفوسفوجيبسوم وكل مصادر الكربون المدروسة, فالجراثيم المرجعة للكبريتات قادرة على استعمال الكحول والمركبات العضوية. وبالتالي قادرة على تحقيق التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم في الدرجة (30 و35 و37) درجة مئوية, ولكن أفضلها في الدرجة (35)ْ درجة مئوية, ودرجة الحموضة المعتدلة (pH=7.2), وذلك في الأوساط التي تحتوي اللاكتات ثم الكحول فالكازئين حيث بلغت قيمة الفوسفوجيبسوم المرجعة (3.65, 2.9, 2.8) غ/ل على الترتيب, وكانت أقل في الأوساط التي تحتوي الغلوكوز أو الخلات حيث بلغت (2.1, 1.35)غ/ل على الترتيب, كما هو موضح في الجدول رقم (2).

كما بينت الدراسة أن أعظم قيمة لإرجاع الكبريتات سُجلت في الوسط المزود بالكحول وبلغت (2.15 غ/ل), بينما سجلت أقل القيم في الوسط المزود بالغلوكوز والخلات وبلغت القيمة (1.33, 1.16) غ/ل على الترتيب, كما هو موضح في الجدول رقم (2).

كما سُجلت أعظم قيمة لكمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزالة في الوسط المزود بالغلوكوز إذ بلغت (2.34 غ/ل), تلاه في الوسط المزود بالخلات فبلغت قيمته (2.17 غ/ل), بينما سجلت أقل قيمة لإزالة الـ COD في الوسط المزود باللاكتات إذ بلغت (1.94 غ/ل).

الجدول 2. قيم المؤشرات المدروسة في وسط التخمر المكون من الفوسفوجيبسوم ومصادر الكربون المختلفة خلال مدة الحضن (14 يوم)

المؤشرات المدروسة	الأحياء الدقيقة الكبريتية في الأوساط المزودة بالفوسفوجيبسوم ومصادر الكربون المختلفة				
	اللاكتات	الكحول	الكازئين	الغلوكوز	الخلات
كمية الفوسفوجيبسوم المرجعة (l/g)	3.65	2.9	2.8	2.1	1.35
Reduction of sulfate SO_4^{-2} (g/l)	2.03	2.15	2.14	1.33	1.16
COD reduction (g O_2/l)	1.94	2.06	1.96	2.34	2.17
كمية كبريت الهيدروجين الناتجة (H_2Sغ/ل)	1.18	1.29	1.04	0.77	0.67
CODالمزالة /المرجعةSO_4^{-2}	0.955	0.958	0.915	1.06	1.87
CODالمزالة /الناتجةH_2S	1.64	1.59	1.88	1.72	3.23
CODالمزالة النسبة المئوية	81.27	86.3	82.11	98.03	90.9
SO_4^{2-}النسبة المئوية المرجعة	76.08	80.58	80.45	50	43.6

حيث أن – Reduction of sulfate $SO^-_4{}^2$ (g/l) : كمية الكبريتات المرجعة في الوسط خلال (**14 يوم**).

– Reduction **COD** (g o_2/L): كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزالة في الوسط خلال (**14 يوم**).

– (g/l) **$SO^-_4{}^2$** المرجعة / (g/l) **COD** المزالة : كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزالة على كمية الكبريتات المرجعة في الوسط خلال (**14 يوم**).

– (g/l) **H_2S** الناتجة / (g/l) **COD** المزالة: عامل تحويل المادة العضوية إلى غاز كبريت الهيدروجين خلال (**14 يوم**).

إن استخدام الكربون العضوي الذي يرافق إزالة وتخفيض الفوسفوجيبسوم كان الأعظم في الوسط المزود بالغلوكوز, وبلغت قيمته (2.34 غ/ل), أي مايعادل نسبة إزالة (98.03 %), تلاه في الوسط المزود بالخلات وبلغت قيمته (2.17 غ/ل), أي مايعادل نسبة إزالة (90.9 %), كما تغيرت نسبة إزالة الـ COD على كمية الكبريتات المرجعة خلال فترة الزراعة للجراثيم المرجعة للكبريتات, كما هو موضح في الجدول رقم (2).

حيث تسيطر الجراثيم المرجعة للكبريتات وتعمل على تخفيض النسبة $COD/\ SO_4^{-2}$ ابتداءً من القيمة (7.1), بينما في القيم الأعلى لهذه النسبة تنمو الجراثيم الميتانية [8].

قد يعود ذلك إلى أن الأوساط المستخدمة رغم احتوائها في بداية الحضن على كمية مماثلة من الفوسفوجيبسوم والكربون العضوي, لكن بعد الزراعة على هذه الأوساط, وأثناء نمو الجراثيم المرجعة للكبريتات تغيرت قيم كل من الفوسفوجيبسوم والاحتياج الكيميائي للأكسجين, وبالتالي أصبحت الشروط فيها بشكل تدريجي أقل ملاءمة لنمو الجراثيم المرجعة للكبريتات المسؤولة عن مراحل التخفيض أو الإزالة للمركبات العضوية, لذلك النسبة بين كمية الاحتياج الكيميائي للأكسجين المزال على كمية الكبريتات المرجعة أصبحت قريبة من (0.67) الناتجة من قبل أحد الأبحاث [8].

وبناء عليها قد تؤثر على نمو الجراثيم المرجعة للكبريتات, بالإضافة إلى عدم اكتمال استعمال ركائز الكربون انطلق كبريت الهيدروجين, أو تشكل حمض الخل في الأوساط [8,17,18].

كما بينت الدراسة أن الجراثيم المرجعة للكبريتات في الأوساط التي تحتوي الفوسفوجيبسوم كمصدر للكبريتات ومصادر مختلفة للكربون (كحول, لاكتات, كازئين, غلوكوز, خلات) أعطت كمية من كبريت الهيدروجين بلغت (1.29, 1.18, 1.04, 0.77, 0.67)غ/ل على الترتيب.

هذه الكمية ناتجة عن إرجاع كمية الكبريتات والتي بلغت القيم (2.15, 2.03, 2.14, 1.33, 1.16)غ/ل على الترتيب.

إذاً لدى تقييم فعالية التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار كمية الكبريتات المرجعة في الوسط, وكمية كبريت الهيدروجين الناتجة, والذي يتم نتيجة نمو ونشاط الجراثيم المرجعة الكبريتات والتي تعمل على تخفيض نسبة الكبريتات, وتحرير كبريت الهيدروجين.

يعتمد نشاط الجراثيم المرجعة للكبريتات بدرجة كبيرة على توفر الكبريتات الموجودة على شكل الفوسفوجيبسوم, وبالتالي تعمل هذه الجراثيم على تحطيم المادة العضوية من جهة وإزالة الكبريتات وتحويلها إلى كبريت الهيدروجين من جهة أخرى, وبناء عليه نجد أن العامل COD / H_2S سجل قيمة بلغت (59.1) في الوسط المزود بالكحول, وهي أقل من تلك القيم المسجلة في الأوساط الأخرى, وقد يعزى انخفاض العامل المدروس وتسجيله أفضل قيمة إلى النشاط العالي للجراثيم المرجعة للكبريتات, وزيادة فعاليتها, وبالتالي تحقيق التوازن بين الكمية المتفككةCOD والكمية الناتجة من كبريت الهيدروجين

الاستنتاجات والتوصيات :

1. يمكن تحقيق التحول الحيوي للفوسفوجيبسوم باستعمال الجراثيم المرجعة للكبريتات (*Desulfotomaculum*, *Desulfotomonas,, Desulfovibro)* في درجة الحرارة (35)ْ مئوية ودرجة الحموضة المعتدلة.
2. يمكن استعمال الجراثيم الكبريتية لإزالة الملوثات نتيجة قدرتها على استعمال طيف واسع من الركائز العضوية (كحول, كازئين, لاكتات).
3. تحققت نسبة جيدة لإرجاع الكبريتات من مخلفات الفوسفوجيبسوم في الوسط المزود بالكحول والكازئين واللاكتات كمصادر مختلفة للكربون, حيث سجلت القيمة (2.15, 2.14, 2.03) غ/ل على الترتيب, والتي رافقتها كمية منتجة من كبريت الهيدروجين بلغت (1.29, 1.04, 1.18) غ/ل على الترتيب.
4. أكبر كمية ذائبة للفوسفوجيبسوم أزيلت في الوسط المزود باللاكتات ثم الكحول فالكازئين كمصدر للكربون, والكمية الأكبر لإزالة المادة العضوية لوحظت في الأوساط المزودة بالغلوكوز ثم الخلات.
5. وجوب تطبيق المعالجة الحيوية لمخلفات الفوسفوجيبسوم باعتبارها من الطرائق الصديقة للبيئة.

المراجع

1- Gadd,G.M.; White,C., 1996. Mixed Sulfate-Reducing Bacterial Cultures For Bioprecipitation Of Toxic Metals:Factorial And Re- Sponse-Surface Analysis Of Dilution Rate,Sulfate And Substrate Concentration.Microbiol. 142,197.

2- Kowalski,W.; Przytocka-Jusiak,M.,Wolicka,D.,Holub W., 1998. Biotransformacja Fosfogipsu W Podlozach Zawierajacych Zwiazki Organiczne Stanowiace Gtowne Zanie-Czyszczenia Roznych Pty Nnych Odpadow Organiczny Ch.Bi-Otechnologia Srodowiska, 213-220.

3- Almeid.D, Belgium .,1998. Phosphogypsum Awaste (More Or Less Harmful) Or A Resource? Presented At The Ifa Technical Conference, Marrakech, Morocco , September.

4-Kowalski,W.; Wolicka,D.; Holub,W.; Przytocka-Jusiak M., 2000. Biotransformacja Fosfogipsu W Hodowlach Beztlenowej Mikroflory Namnazanej Z Roznych Srodowisk Na Podlozach Z Etanolem.Inzynieria Srodowiska, 45,211.

5-Przytocka-Jusiak,M.; Kowalski,W.; Rzeczyc- Kam.,Błaszczyk M.; Mycielski,R., 1995. Microbiologi- Cal Phosphogypsum Transformation Products In Thermophilic Anaerobic Cultures.(In Polish).Biotechnologia. 29,103.

6- Fauque G., Legall J., Barton L. L. 1991. Sulfate-Reducing And Sulfur-Reducing Bacteria. In: Shivley J. M., Barbartonl. L. (Eds), Variations In Autotrophic Life, Academic Press, London, San Diego, 271-337.

7-Gibson ,G.R., 1990. Physiology And Ecology Of The Sulfate-Reduc-Ing Bacteria. J.Appl.Bacteriol .69,769.

8- Hao O. J., Chen J. M., Huang L., Buglass R. L. **1996.** Sulfate- Reducing Bacteria. Crit.Rev. In Environm.Sc. And Technol. **26,** 155.

9- Dvorak D. H., Hedin R. S., Edenborn H. M., Mcintire. E. 1992. Treatment Of Metal-Contaminated Water Using Bacterial Sulfate Reduction: Results From Pilot Scale Reactors. Biotechnol. Bioengin. 40, 609.

10- Kowalski W., Błaszczyk M., Mycielski R., Przytocka – Jusiak M., Rzeczycka M. **1996.** Microbiological Recovery Of Lanthanides From Phosphogypsum Waste. Appl. Mineralogy Proceedings Of The 5th International Congress On Applied Mineralogy In The Minerals Industry. Warsaw University Of Technology, Warsaw.

11- Postgate J. R., 1984. The Sulphate Reducing Bacteria. 2nd Ed., Cambridge University Press, Cambridge.

12-Rzeczycka, M.; Blaszczyk, M., 2005. Growth And Activity Of Sulphate-Reducing Bacteria In Media Containing Phosphogypsum And Different Sources Of Carbon. Polish Journal Of Environmental Studies. Vol. 14, No (6).

13-Wolicka D.; Kowalski W.; Boszczyk-Maleszak H., 2005. Biotransformation Of Phosphogypsum By Bacteria Isolated From Petroleum-Refining Wastewaters. Polish Journal Of Microbiology 2, 54.

14- راين, جون؛ اسطفان, جورج؛ الرشيد, عبد, 2003. تحليل التربة والنبات دليل مختبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة, إيكاردا, حلب, سورية. 2003.

15- Apha,Awwa, Wef.,1985. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 545.

16- Hermanowicz W.; Dożańska W.; Sikorowska C.; Kelus J., 1972. Physical And Chemical Research Of Wastewater.Warszawa .No. 2, 261-266.

17- Reis M. A. M., Almeida J. S., Lemos P. C., Corrondo M.J. T., 1992.

Effect Of Hydrogen Sulfide On Growth Of Sulphate Reducing Bacteria. Biotechnol. Bioengin. 40, 593.

18- Mccartney D. M., Oleszkiewicz J. A., 1991. Sulfide Inhibition Of Anaerobic Degradation Of Lactate And Acetate. Water Res., 25, 203.