



**استخلاص اليورانيوم من خاماته بواسطة عصير الليمون**  
**٢، أ - استخلاص اليورانيوم من خام الطفلة الكربوناتيية**  
**٢، ب - استخلاص اليورانيوم من المحاليل الناتجة من معالجة خام الطفلة**  
**الكربوناتيية اليورانيومية بواسطة عصير الليمون مع نظام تصنيع**  
**مقترح .**

**URANIUM EXTRACTION FROM ORES WITH LEMON JUICE**

**II.a- URANIUM EXTRACTION FROM CARBONACEOUS SHALE**

**II.b- URANIUM RECOVERY FROM LEMON JUICE PREGNANT**

**LICQUORS OBTAINED BY ATTACKING QATRANI CARBON-  
ACEOUS SHALE AND SUGGESTED FLOWSHEET**

السيد ماضي حسين (هيئة الموادالنوية ، القاهرة)

المجلة المصرية للكيمياء ٣٠ (٢) ص ١١٩ - ١٣٠ ، ١٣١ - ١٣٩ (١٩٨٧)

### الخلاصة

لقد امكن استعمال عصير الليمون فى استخلاص اليورانيوم من خام الطفلة الكربوناتيية اليورانيومية (الكائنة بمنطقة قطرانى) ، كما كان قد استعمل من قبل فى استخلاص اليورانيوم من خامات الفوسفات كأول بحث من سلسلة بحوث تعنى باستخلاص اليورانيوم من خاماته بواسطة عصير الليمون.

وبمقارنة النتائج المعطاة بتلك الناتجة سابقاً من استخلاص اليورانيوم من نفس الخام باستخدام حمض الستريك وجد أن كمية من عصير الليمون تحتوى على كمية مساوية من حمض الستريك أذابت يورانيوم أكثر ، وقد عزيت تلك الزيادة إلى وجود كميات محسوسة من عدة احماض عضوية أخرى فى عصير الليمون بجانب حمض الستريك.

وقد وجد أن استعمال محاليل مخففة من عصير الليمون ذات تأثير محسوس على تحسين استخلاص اليورانيوم. وقد كان مدى التحسن يزداد مع التخفيف إلى درجة تساوى نسبة خام/محلول ١٠/١. وباستعمال محاليل بنسب خام/محلول أقل من ١٠/١ كان مدى التحسن أبطأ. وقد عزى ذلك التحسن إلى حقيقة أن التخفيف يرفع نسب الإذابة بتقليله من تأثير المواد الطبيعية العضوية المعلقة الموجودة بعصير الليمون.

وبزيادة زمن التقليب كان التحسن فى نسبة استخلاص اليورانيوم قليلاً بينما فى حالة الكالسيت والدولوميت (معدي الكربونات) كان قد حدث إتراناً بعد زيادة قليلة فى زمن التقليب (بعد فترة ال  $\frac{1}{4}$  ساعة).

وقد وجد أن زيادة درجة الحرارة ذات تأثير بسيط على زيادة تحسن إذابة اليورانيوم ولكنها فى الواقع تزيد من استهلاك عصير الليمون لكونها تحت التفاعل مع الكربونات .

تم بعد ذلك دراسة إمكانية استخلاص اليورانيوم من محاليل الإذابة الناتجة، وتعتمد التقنيه المقترحه على استغلال ظاهرة تكسير تلك المحاليل بيولوجياً بعد تركها مدة من الزمن (حوالى سبعة أسابيع) حيث يتكون راسب باكتيرى يحتوى على اليورانيوم. وبعد فصل هذا الراسب بالترشيح يذاب منه اليورانيوم إنتقائياً بواسطة كربونات الأمونيوم، ثم يسترجع من المحلول الناتج بإمرار البخار فيه عند درجة الحرارة  $100^{\circ}\text{C}$  حيث يرسب اليورانيوم على هيئة أكسيد اليورانيوم الثلاثى المائى  $(\text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ .

وبناء على هذه التقنيه فقد امكن استنباط نظام تصنيع متكامل (لوحة تشغيل) بسيط وغير مكلف لاستخلاص اليورانيوم فى صورته عالية النقاء من محاليل الإذابة الناتجة من معاملة ذلك الخام بواسطة عصير الليمون.

### المقدمة

اختير عصير الليمون فى استخلاص اليورانيوم من خام الفوسفات<sup>(١)</sup> كأول بحثين فى سلسلة بحوث تعنى باستخلاص اليورانيوم من خاماته بواسطة عصير الليمون. وقد برهنت النتائج التى تم الحصول عليها أن الأخير ذو جدوى اقتصادية عالية فى استخلاص اليورانيوم من تلك الخامات .

فى هذا البحث استخدم عصير الليمون لإستخلاص اليورانيوم من خام الطفلة الكربوناتيية اليورانيومية الواقع فى منطقة قطراني بالصحراء الغربية جنوب غرب القاهرة. وقد استخدم المؤلف قبل ذلك (فى رسالة الدكتوراه)<sup>(٢)</sup> حمض الستريك فى إذابة اليورانيوم من نفس الخام. وعلى الرغم من أن حمض الستريك يعتبر الحمض العضوي السائد فى عصير الليمون

(٢) ٤-٥٪ عندما يتم الحصول عليه بواسطة عصير الليمون ككل، ٧-٥، ٧٪ عندما يتم الحصول عليه من الليمون بدون القشور<sup>(٣)</sup>، فإن هناك أحماض عضوية أخرى توجد بجانب حمض الستريك والتي تساعد على رفع الحموضة الكلية لعصير الليمون إلى مستويات أعلى مما يساعد على استخلاص كميات أكبر من المحاليل التي تحتوي على كميات متساوية من حمض الستريك وحده<sup>(٢)</sup>. وتشمل الأحماض العضوية الموجودة: حمض المالك Malic (حوالي ٢٥، ٠٪)<sup>(٤)</sup>، حمض الطرطريك Tartaric acid (حوالي ١٦، ٠٪)<sup>(٥)</sup> وحمض الأسكوربيك (فيتامين ج) Ascorbic (حوالي ٧٤، ٠٪)<sup>(٦)</sup>، بجانب بعض الكميات الصغيرة من حمض الجلكتيبيورونيك والجلوكونيك<sup>(٥)</sup>. كما توجد بعض الأحماض الأمينية الحرة مثل حمض جاما أمينوبيوتريك، أسبارجين، حمض الأسبارتيك، الجلوتامين، الأرجينين، الهستيدين<sup>(٧)</sup> حمض الجلوتاميك الألانين والثالين<sup>(٨)</sup>. وقد تم أيضا تحديد العديد من الأحماض المتطايرة في البخار ولكن لم يتم التعرف عليها<sup>(٩)</sup>.

ونتيجة لمعاملة الحام بعصير الليمون فإن اليورانيوم الذائب يوجد في المحلول على هيئة معقد عضوي (سترات اليورانيل أساسا). ويعتبر المعقد سترات اليورانيل ثابتا في مدى واسع من الأس الهيدروجيني (١٠) (pH value). وقد وجد المؤلف (بعد إجراء عشرة تجارب) أن متوسط الرقم الهيدروجيني لعصير الليمون المصري هو ٥، ٢ وأن متوسط حمض الستريك فيه هو ٥٪<sup>(١٠)</sup>. ولذلك فإنه لحساب الكميات المؤثرة من حمض الستريك الموجودة في كميات عصير الليمون المستخدمة في تجارب الإذابة، فقد اعتبر ذلك المتوسط (٥٪) كأساس للحساب.

تم بعد ذلك دراسة استرجاع (Recovery) اليورانيوم من محاليل الإذابة الناتجة من معاملة الحام المذكور بواسطة عصير الليمون. وتعتمد التقنية المقترحة على استغلال ظاهرة التأكسيد البيولوجي لتلك المحاليل بعد تركها مدة من الزمن. وقد لوحظ في الواقع أن لون محاليل الإذابة الأصفر المحمر (لون معقد سترات اليورانيل) يزول بعد حوالي ٧ أسابيع كما يلاحظ في نفس الوقت ظهور راسب باكتيري مائل إلى الأسود في قاع الإناء. يتم بعد ذلك فصل ذلك الراسب البكتيري بالترشيح. وبعد تحليل اليورانيوم في الرشيع وجد أنه غير موجود مما يؤكد أنه قد تجمع في الراسب البكتيري. ولإستخلاص اليورانيوم من الراسب البكتيري يتم معاملة ذلك الراسب بكيونات الأمونيوم حيث يذوب الأخير اليورانيوم إنتقائياً. ويسترجع اليورانيوم من المحلول الناتج بواسطة استخدام طريقة الإزاحة (الترسيب) بالبخار<sup>(١١)</sup>، وبالاعتماد على النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام هذه التقنية البسيطة وغير المكلفة فقد تم اقتراح لوحة تشغيل (Flowsheet) لاستخلاص اليورانيوم من ذلك الحام باستخدام عصير الليمون.

## المواد المستخدمة

يعتبر خام الطفلة الكربوناتيّة بقطراني ذو محتوى منخفض من اليورانيوم (٢٤٥ جزء في المليون) ويتكون من الأكاسيد الغالبة التالية: ٤.٠٤٪  $SiO_2$ ، ١.٣٪  $Al_2O_3$ ، ٠.٠٨٪  $FeO$ ، ٥٣.١٦٪  $Fe_2O_3$ ، ٩.٤٤٪  $CaO$ ، ٦٤.٦٤٪  $MgO$ ، ٤٥.١٠٪  $Na_2O$ ، ٠.٠١٪  $K_2O$ ، ٩.٨١٪  $CO_2$ ، ٨٥.٠٨٪  $SO_3$ ، ١.٢٠٪  $H_2O^-$ ، ٢.٩٢٪  $H_2O^+$ ، ٢٠.٠٥٪ مواد عضوية، بجانب ٢.٢٨٪ أملاح ذائبة. وكانت تحليل الأملاح الذائبة ككاتيونات وأيونات كيميائي: ٦.٤٪  $Ca^{2+}$ ، ١.٢٪  $Mg^{2+}$ ، ٧.٢٤٪  $Cl^-$ ، ٣.٠١٪  $Na^+$ ، ٠.٠٢٪  $K^+$ ، ١٢.٦٤٪  $SO_4^{2-}$ . ويتكون التركيب المعدني لهذا الخام من المعادن التالية: ٤٣.٤٣٪ مونتيموريللونيت (المعدن الطيني)، ١٦.٦٤٪ أكاسيد حديد، ٩.٣٠٪ كالسيت (كربونات كالسيوم)، ١١.٩٦٪ دولوميت (كربونات كالسيوم ومغنسيوم)، ١.٨٣٪ جيس (كبريتات كالسيوم)، ٥.٢٠٪ مواد عضوية، ٢٨.٨٠٪ أملاح ذائبة. يتضح من التركيب المعدني المذكور أن معادن الكربونات فقط (الكالسيت والدولوميت أساسا) هي التي تتفاعل بشدة مع عصير الليمون. وحيث أن عصير الليمون يحتوي على العديد من المكونات المعدنية (مثل الكالسيوم والمغنسيوم والفوسفور والصوديوم والبوتاسيوم، إلخ)، فإن كميات الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة في دفعات عصير الليمون المستخدمة في تجارب الإذابة قد أخذت في الاعتبار لتجنب تداخلها مع الكميات الذائبة من الخام عند تحليل محلول الإذابة الحامل لليورانيوم. وقد أعطى المؤلف (١) قبل ذلك (بعد إجراء عشرة تجارب لتحليل عصير الليمون المصري) المتوسطين التاليين للكالسيوم والمغنسيوم: ٤.٦ ملليجرام/١٠٠ مل من عصير الليمون المصري.

## الطرق التجريبية

تمت دراسة العوامل المختلفة المؤثرة على فعالية عصير الليمون في استخلاص كل من اليورانيوم، الكالسيوم، المغنسيوم، الألومنيوم والحديد، وتشمل: تأثير زيادة كميات عصير الليمون المستخدمة، تأثير صغر نسبة الصلب/ المحلول (تخفيف كميات عصير الليمون بالماء، إلى تركيزات مختلفة قبل إجراء عملية الإذابة)، تأثير زمن الإذابة (التقليب) وأخيرا تأثير درجات حرارة الإذابة. وفي الحقيقة فقد تم التركيز في هذه الدراسة على تأثير التخفيف على فعالية الإستخلاص بعصير الليمون حيث أنه من المعلوم (١٢،١٣) أن محاليل عصير الليمون المخففة تسبب تآكل للمعادن والسياتك؛ فقد وجد أن عصير الليمون المخفف إلى تركيزات منخفضة (٥ - ١٠٪) (١٣) يسبب تآكل لسبيكة النحاس الأصفر (Brass)، وبالنسبة للألومنيوم فإن عصير الليمون يسبب تآكل له عندما يكون تركيزه ٠.١٪ (١٢) وبالإضافة إلى

إذ ذلك فقد وجد المؤلف في البحث السابق (١١) أن محاليل عصير الليمون المخففة قد أذابت كميات أكبر من اليورانسيوم من خام الفوسفات.

ومن الجدير بالذكر أنه قد أجريت عدة تجارب ميدانية باستخدام عصير البرتقال وعصير البرتقال السكري لإذابة اليورانسيوم من الخام تحت الدراسة وذلك بغرض المقارنة .

وقد كان أساس العمل في هذا البحث هو معاملة أوزان ثابتة (١٠ جرام) من خام الطفلة الكربوناتيية بالكميات المقررة من عصير الليمون والتي أضيفت بتركيزات مختلفة (بداية من ١٠٠٪ إلى ١٪). وبعد الإنتهاء من تجربة الإذابة (في الزمن و درجة الحرارة المقررين) ، يتم فصل الصلب/ المحلول (ترشيح) ، ثم يقاس الأس الهيدروجيني للرشيح وبعد ذلك يغسل الجزء الصلب جيداً ثم يكمل الرشيع إلى حجم معلوم بالماء ثم يتم تحليل المكونات الأساسية التالية:

- اليورانسيوم ويحلل بالطريقة الفلورومتريية.

- أكسيد الكالسيوم والمغنسيوم ويحللان بطريقة المعايرة باستخدام محلول قياسي من الـ EDTA.

- أكسيد الألومنيوم ويقاس بالطريقة الإسبكتروفوتومترية عند الطول الموجي ٤٧٥ نانوميتر للمعقد Calcium alizarin red-S (١٤)

- الحديد ويعين بالمعايرة مع محلول قياسي من ثنائي كرومات البوتاسيوم باستعمال ثنائي فينيل أمين الباريوم كدليل.

وحيث أن خام الطفلة الكربوناتيية يحتوي على حوالي ٢٩٪ أملاح ذائبة فإنه لتقدير المعدل الحقيقي لذويان كلا من الكالسييت والدولوميت فإن نسبي أكسيدي الكالسيوم والمغنسيوم في جزء الأملاح الذائبة قد أخذتا في الاعتبار (بطرحهما من نتيجة تحليل أكسيدي الكالسيوم والمغنسيوم الكلية في محلول الإذابة الناتج، وذلك حسب الخطوات التالية:

أ- حيث أن معظم  $SO_3$  يوجد في الخام على هيئة كبريتات كالسيوم، لذلك فإنه بعد تحليل  $SO_3$  في محاليل الإذابة (والذي وصل إلى نسبة ٧٠٪) فإن أكسيد الكالسيوم CaO المكافئ (Equivalent) لتكوين كبريتات كالسيوم ( $CaSO_4$ ) قد تم حسابه بعد اهمال  $SO_3$  المكافئ للمغنسيوم (لتكوين كبريتات المغنسيوم).

ب- لذلك فإن CaO المكافئ لـ  $SO_3$  يطرح من CaO الكلي ليصبح الباقي مساوياً لكلا من تفاعل الكالسييت ( $CaCO_3$ ) والدولوميت ( $CaMg(CO_3)_2$ ).

ج - بافتراض أن أكسيد المغنسيوم (MgO) في الأملاح الذائبة يساوي CaO الخاص بـ  $SO_3$ ، فيطرح هذه النسبة من نسبة MgO الكلية يعطي نسبة ذويان الدولوميت.

د- بطرح نسبة أكسيد الكالسيوم الخاصة بالدولوميت من النسبة الخاصة بكلا من الكالسيت والدولوميت يمكن حساب نسبة ذوبان الكالسيت.

عند دراسة تأثير نقصان تراكيز عصير الليمون (صغر نسب الصلب/ المحلول) أو بمعنى آخر تخفيف دفعات عصير الليمون الثابتة بإضافة كميات متزايدة من الماء قبل إجراء تجارب الإذابة المختلفة، فإن كلا من أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنسيوم التابعان للأملاح الذائبة سوف يختلفان عن النتيجة المتحصل عليها عند نسبة الصلب/المحلول (العينة/المحلول) ٨ / ٥٠ (النسبة المطبقة في معظم تجارب الإذابة في هذا العمل) لذلك فإن التقديرات الحقيقية لإذابة كلا من الكالسيت والدولوميت تعتمد على تقدير  $SO_3$  في كل محلول إذابة خاص بتجربة تستعمل نسبة الصلب/المحلول الخاصة بها. وفي الحقيقة فإن هذه الحسابات لم تطبق في حالة التجارب التي أجريت عند درجات الحرارة المرتفعة حيث أن سترات الكالسيوم تعتبر شحيحة الذوبان في الماء الساخن عنه في الماء البارد (١٥) وأنها تترسب جزئياً عند درجات الحرارة ٨٠-٩٠م (١٦).

#### الملاحظات التي يمكن تسجيلها بعد ترك محاليل الإذابة فترة من الزمن :

يحتوي محلول الإذابة الحامل لليورانسيوم الذي تم الحصول عليه بتطبيق الظروف المثلى للإذابة (التي ستذكر لاحقاً) على: ٤.٨ ملليجرام يورانيوم/لتر، ٢.٦ جرام أكسيد كالسيوم/لتر، ٠.٩٥ جرام أكسيد مغنسيوم/لتر، ٠.٦ جرام ألومينا/لتر ٢.٠٦ جرام أكسيد حديدك /لتر. ١.٥ جرام أنهيدريد حمض الكبريتيك ( $SO_3$ )/لتر وأخيراً ١.٤٥ جرام كلور/ لتر . بعد ترك هذا المحلول جانباً لفترة من الزمن أمكن ملاحظة الآتي:

- ١- بعد خمسة أيام يتحول محلول عصير الليمون الحامل لليورانسيوم (الأصفر الرائق) إلى محلولاً عكراً، كما تبدأ في الظهور بقع بكتيرية صغيرة متناثرة على سطح المحلول.
- ٢- تتجمع البقع البكتيرية ويكبر حجمها بالتدرج مع زيادة الزمن، حيث تتجمع في النهاية لتكون قرصاً كبيراً طاقياً مغطياً كل سطح المحلول مع وجود بعض الطحالب الخضراء.
- ٣- تزداد العكارة بشدة حتى تتجمع في النهاية في قاع الإناء على شكل راسب بني مصفر إلى أسود. يزداد الأس الهيدروجيني لذلك المحلول بالتدرج مع مرور الوقت حيث يصل إلى الرقم ٩ في نهاية فترة التعرض (٧ أسابيع).

بعد تمام تكسير محلول الإذابة (عصير الليمون) الحامل لليورانسيوم ، يتم ترشيحه ثم يتم تحليل اليورانسيوم ، أكسيد الكالسيوم ، أكسيد المغنسيوم ، الألومينا ، أكسيد الحديدك ،

أنهيدريد حمض الكبريتيك وأخيرا الكلور في الرشيع. وقد كانت النتائج التي تم الحصول عليها لتلك المكونات هي: آثارو، ٦٩، ٦ و ٨٤، ٣ و آثارو، ٣، ٣١، ٣ و ١٠٠ و ١٠٠٪ على الترتيب.

#### إذابة اليورانيوم من الراسب الباكثيري :

يعامل الراسب الباكثيري المفصول (بالرشيع) بواسطة كربونات الأمونيوم الذي يمكنه أن يستخلص اليورانيوم انتقائيا. ولتعيين كمية كربونات الأمونيوم التي يمكنها إذابة كل اليورانيوم الملصق بالراسب الباكثيري فقد أجريت سلسلة من تجارب الإذابة باستعمال كميات مختلفة من كربونات الأمونيوم بدأت من ٠، ١ إلى ٠، ٦ جرام/ ١٠٠ جرام خام، أذيت في ٥٠ مل من الماء في كل تجربة بحيث تعطي تركيزات ابتداء من ٢ حتى ١٢ جرام كربونات أمونيوم/ لتر. وقد أجريت هذه التجارب تحت زمن إذابة ثابت هو ساعتين ودرجة حرارة ثابتة هي ٥٠ م. وقد دل تحليل الرشيع بعد إجراء تجارب الإذابة المذكورة أن اليورانيوم هو المكون الوحيد في المحلول تقريبا (إذابة انتقائية). وقد كانت نتائج تحليل اليورانيوم في المحاليل الناتجة من التجارب ذات التركيزات الآتية: ٢، ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢ جرام كربونات أمونيوم/ لتر هي: ٢٨، ٢ و ٥٩، ٥ و ٨٥، ٦ و ٩٧، ٨ و ٩٨، ٦ و ٩٨، ٥٪ على الترتيب

#### استرجاع اليورانيوم من محاليل كربونات الأمونيوم :

تم عملية إزاحة (Stripping) لليورانيوم من المحلول (بعد إذابته من الراسب الباكثيري) والذي يوجد في المحلول على هيئة المعقد ثلاثي كربونات يورانيل رباعي الأمونيوم؛ ويتم إزاحة اليورانيوم (أي ترسيبه) بواسطة إمرار بخار في المحلول (Steaming) الذي يحتوي على زيادة من الأمونيا، ويراعى ضبط درجة حرارة المحلول عند ١٠٠°م (١١١). ويعمل البخار كغاز جارف أو كانس (sweeping) كما يعمل أيضا على رفع درجة حرارة المحلول؛ وبناء عليه فإن اليورانيوم سوف يترسب على شكل ثالث أكسيد اليورانيوم المائي (UO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O)، وذلك عندما ينخفض الرقم الهيدروجيني إلى حوالي ٤، ٧ وذلك نتيجة تصاعد الأمونيا وثاني أكسيد الكربون.

تم إجراء سلسلة من التجارب لتحديد الزمن الفعال لإمرار البخار الذي يكفي لترسيب (إزاحة) كل اليورانيوم من المحلول وذلك بتعريض سلسلة من الحجم المتساوية من المحاليل التي تم الحصول عليها من إذابة اليورانيوم من الراسب الباكثيري الناتج من معاملة ١٠٠ جرام من الخام بواسطة ٥٠ مليلتر من محلول كربونات الأمونيوم تركيز ١٠ جرام/ لتر (وكان الرقم الهيدروجيني لتلك المحاليل ١٠). بعد إمرار البخار عند درجة الحرارة ١٠٠ م في الزمن المقرر لكل تجربة على حدة، يقاس الرقم الهيدروجيني ثم تجري عملية ترشيح باستخدام

ورقة ترشيح ذات مسام ضيقة جدا لفصل اليورانسيوم الراسب. وبين الجدول رقم ١ نتائج تحليل اليورانسيوم والكربونات والأرقام الهيدروجينية لسلسلة تجارب الإزاحة التي تم إجراؤها.

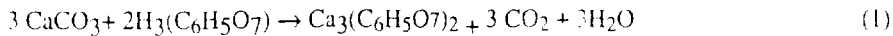
## النتائج والمناقشة

تأثير زيادة كميات عصير الليمون :

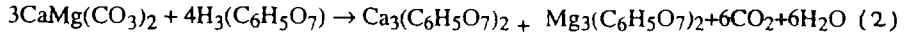
أجريت سلسلتين من تجارب الإذابة عند درجة حرارة الغرفة وعند ٩٠ م وذلك باستعمال كميات من عصير الليمون بدءاً من ١٠ إلى ٤٠ ملليجرام/ ١٠ جرام خام، وقد خففت كميات عصير الليمون بالماء بحيث تكون نسبة الصلب/ المحلول تساوي ١/ ٥٠ قبل إجراء عملية الإذابة في كل التجارب ؛ كما ثبت زمن الإذابة عند ٢, ٥ ساعة. ويلخص الجدولان ٣, ٢ النتائج التي تم الحصول عليها.

ومن النتائج التي تم الحصول عليها يلاحظ أن الإذابة التامة لليورانسيوم (حوالي ٩٦٪) قد تم التوصل إليها باستعمال ٤٠ ملليجرام عصير ليمون/ ١٠ جرام خام عند درجة حرارة الغرفة (جدول رقم ٢). وكانت نسبيتي إذابة كلا من أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنسيوم الذائنين (بنفس الكمية من عصير الليمون) هما ٨٢, ٠ و ٧٤, ٤٪ على الترتيب (أي أنه قد حدث تعادل غير تام لكلا من الكالسيوم والدولوميت)، بينما كان ذوبان كلا من الألومينا وأكسيد الحديد لم يتعدى ٩, ٩ و ٦, ٢٪ على الترتيب .

ومن ناحية أخرى فإنه عند العمل عند درجة الحرارة المرتفعة (٩٠ م) وجد أن تحسنا بسيطاً قد حدث في نسب الإذابة (الجدول رقم ٣). من هذا الجدول يلاحظ أن نسب أكسيد الكالسيوم المقاسه في المحلول أقل من مثيلاتها المقاسة في محاليل تجارب الإذابة التي أجريت عند درجة حرارة الغرفة. ويمكن تفسير سبب ذلك النقصان الظاهري لأكسيد الكالسيوم في محاليل الإذابة الناتجة من التجارب التي أجريت عند درجة الحرارة المرتفعة (٩٠ م) بأن سترات الكالسيوم المتكونة تعتبر شحيحة الذوبان في الماء الساخن عنه في الماء البارد (١٥)، وأنها تترسب جزئياً عند درجات الحرارة ٨٠-٩٠ م (١٦) ويجب الإشارة هنا إلى أنه في الحسام تحت الدراسة فإن معدني الكربونات (الكالسيوم والدولوميت) هما الذان يتفاعلان بشدة مع حمض الستريك (الحمض العضوي السائد في عصير الليمون). وبناء عليه فإن الكالسيوم والدولوميت هما المستهلكان الرئيسيان لحمض الستريك في الإذابة بعصير الليمون. ويمكن تمثيل تفاعل معدني الكالسيوم والدولوميت مع حمض الستريك بالمعادلتين التاليتين :







وبناء عليه فإن الاحتياجات المكافئة stoichiometric للكالكسيت والدولوميت من حمض الستريك لتفاعلهما قما هي ٨٦, ٢ جرام حمض ستريك / ١٠ جرام خام وعلى العموم فإن الكميات الذائبة من الكالكسيت والدولوميت (٨٢, ٧ و ٦٨, ٤٪ على الترتيب) عند استعمال ٤٠ مل عصير ليمون والتي تحتوي على حوالي ٢ جرام حمض ستريك (الجدول رقم ٢) تدعم هذه المناقشة. وفي الواقع فإنه على الرغم من أن العملية عبارة عن تفاعل مباشر مع معادن الكربونات، إلا أنه يمكن القول أن الكمية المتبقية من حمض الستريك في عصير الليمون يمكنها إذابة اليورانسيوم بجانب بعض الألومينا وأكاسيد الحديد. وقد وجد أن الرقم الهيدروجيني النهائي اعلى من ٤, ٤ في محاليل الإذابة التي أجريت لدراسة تأثير كميات عصير الليمون على البارد (الجدول رقم ٢). وبالنسبة للألومينا فقد وجد أن أعلى نسبة إذابة لها كانت ١٢٪ عند ٩٠ م باستعمال نفس كمية عصير الليمون (٤٠ مل / ١٠ جرام خام). ويمكن تفسير سبب قلة الألومينا الذائبة بأنه ربما يكون ناتجاً عن استهلاك معظم حمض الستريك الموجود في عصير الليمون بواسطة معدني الكربونات (الكالكسيت والدولوميت) ولذا فإن الأس الهيدروجيني للمحلول سوف يرتفع بالتبعية. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن المونتموريللونيت (١٧) المعدن الطيني الموجود في خام الطفلة الكربوناتيية بقطراني يتكسر بسهولة في حمض الستريك وخاصة في المدى من الأس الهيدروجيني الواقع بين ٣, ٧ إلى ٤, ٥ (١٨)، كما أن الألومنيوم يتحد مع حمض الستريك بالنسبة المولية ١:١. وعند الأس الهيدروجيني ٤, ٥ (١٨) يحدث تحلل مائي للألومنيوم كما يمكن أن تتكون معقدات قاعدية للألومنيوم. وبالنسبة لأكاسيد الحديد فإن ذوبانيتها كانت منخفضة إلى الحد ٧, ٨٪ (الجدول رقم ٣). وفي الواقع فإن محاليل عصير الليمون تكون قادرة على إذابة بعض أكاسيد الحديد، فقد وجد أن المعقد المتعادل سترات الحديد يمكن أن يتواجد في المدى من الأس الهيدروجيني من ٢ إلى ١٠ (١٩).

ومن أجل المقارنة أجريت سلسلتين من تجارب الإذابة باستعمال عصير البرتقال (Orange juice) في الأولى واستعمال عصير البرتقال السكري (Sweet orange juice) في الثانية لإذابة اليورانسيوم من نفس الخام تحت نفس الظروف المطبقة في الإذابة بعصير الليمون. ويجب أن نشير هنا إلى أن الأس الهيدروجينية لكل من عصير الليمون وعصير البرتقال وعصير البرتقال السكري هي ٢, ٥ و ٣, ٤ و ٤, ٣ على الترتيب. ويلخص الجدول رقم ٤ النتائج التي تم الحصول عليها. ومن هذا الجدول يتضح أن الكميات المقارنة المستخدمة من كلا من عصير البرتقال وعصير البرتقال السكري (٤٠ مل / ١٠ جرام خام) لها حوالي نصف وربع فعالية الاستخلاص التي لنفس الكمية من عصير الليمون على الترتيب. ويفسر ذلك بأن عصير البرتقال وعصير البرتقال السكري يحتويان على حموضة أقل بالمقارنة لعصير الليمون كما هو واضح بالنسبة

للأرقام الهيدروجينية لهم .

### تأثير نسبة الصلب / المحلول :

لدراسة تأثير محاليل عصير الليمون المخففة على فعالية الاستخلاص، فقد أجريت سلسلة من تجارب الإذابة عند درجة حرارة الغرفة وتحت زمن إذابة (تقليب) ثابت وقدره ٢,٥ ساعة، وباستعمال كميات ثابتة من عصير الليمون في كل التجارب (٢٠ مل / ١٠ جرام خام والتي تحتوي على حوالي ١ جرام حمض ستريك). وكانت نسب الصلب/المحلول تبدأ من أكبر نسبة ٢/١ وتنتهي بأصغر نسبة وهي ٢٠٠٠/١ وذلك بإضافة كميات متزايدة من الماء إلى كميات عصير الليمون الثابتة قبل إجراء عملية الإذابة. وبناء عليه فإن تركيزات عصير الليمون في خليط الخام- المحلول سوف تنخفض بالتالي من ١٠٠٪ (في التجربة الأولى بدون إضافة الماء) إلى ١٠٪ (في آخر تجربة والأكثر تخفيفاً)، كما أن تركيز حمض الستريك (١ جرام) سوف تنخفض من ٥٪ (في التجربة الأولى) إلى ٠.٠٠٥٪ (في التجربة الأخيرة). يلخص الجدول رقم ٥ النتائج التي تم الحصول عليها.

من نتائج دراسة تأثير نسبة الصلب/المحلول يتضح أن التحسن في إذابة اليورانيوم يزداد بإطراد وبمعدل سريع مع تخفيف عصير الليمون في عجيبة الإستخلاص (صفر نسب الصلب/المحلول) إلى تركيز عصير الليمون الموافق ٢٠٪ (١/١٠ نسبة صلب/المحلول) وبعد هذه النسبة (بزيادة التخفيف) يزداد التحسن أيضا ولكن بمعدل بطئ. بعد تركيز عصير الليمون ١٪ لم يسجل أي تحسن في استخلاص اليورانيوم. ويمكن تفسير ذلك بحقيقة أن التحسن في إذابة اليورانيوم يجب أن يكون في نطاق من الأس الهيدروجيني يكون فيه الحمض ذو تركيز مناسب .

وبالنسبة للكالكسيت والدولوميت والألومينا وأكاسيد الحديد فقد لوحظ أن تخفيف محاليل عصير الليمون لم يكن له أي تأثير ملحوظ على التحسن في إذابتها.

وقد تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها (الجدول رقم ٥) مع تلك التي تم الحصول عليها بمعاملات نفس الخام بواسطة حمض الستريك (٢) تحت نفس الظروف (١ جرام حمض ستريك / ١٠ جرام خام في نسبة خام/ محلول ١٠/١) والتي كانت ٣,٦٥٪ بورانيوم، ١,٤٤٪ أكسيد كالسيوم كلي، ٠,٣٤٪ أكسيد مغنسيوم كلي، ٢,٥٠٪ كالكسيت، ٥,٢٩٪ دولوميت و ٢,٧٪ أكسيد حديدك وكان الأس الهيدروجيني النهائي ٦. وبالرجوع إلى التجارب المشابهة في الجدول رقم ٥ يتضح أن محلول عصير الليمون الذي يحتوي على كمية مساوية من حمض الستريك (١ جرام) يكون أكثر فائدة في نقل بورانيوم أكثر إلى المحلول؛ وهذا راجع إلى وجود أحماض عضوية أخرى في عصير الليمون (ماليك، طرطيك، أسكوربيك

إلخ) والتي قد تساعد على زيادة كميات اليورانيوم الذائبة . وعلاوة على ذلك فإن التحسن في فعالية إستخلاص اليورانيوم بمصاحبة التخفيف يكون أكثر وضوحا في حالة الإذابة باستخدام عصير الليمون والتي فيها يكون التخفيف مفيدا في التخلص من تأثير الأيون المشترك (Common ion buffering effect) ، وعلى العكس فإن فعالية استخلاص اليورانيوم لم تتأثر بالتخفيف (نقصان نسب الصلب/المحلول) في حالة الإذابة باستخدام حمض الستريك (٢).

#### تأثير زمن التقليل :

تمت دراسة تأثير زمن الإذابة (التقليل) على فعالية استخلاص اليورانيوم ، أكسيد الكالسيوم ، أكسيد المغنسيوم ، الألومينا وأكسيد الحديدك بواسطة عصير الليمون بإجراء سلسلة من تجارب الإذابة عند درجة حرارة الغرفة ؛ وتمت زيادة زمن التقليل من ربع إلى ١٠ ساعات . وقد ثبتت ظروف الإذابة الأخرى عند ٢٠ مل عصير الليمون / ١٠ جرام خام (تحتوي على ١ جرام حمض ستريك) ونسبة صلب/محلول ١ / ٥ (والتي تكافئ تركيزا قدره ٤٪) . ويلخص الجدول رقم ٦ النتائج التي تم الحصول عليها ومنها يمكن استنتاج أن زيادة زمن التقليل لم يكن مؤثرا في زيادة التحسن في فعالية الإذابة بعصير الليمون حيث أنها لم تتغير بعد ٢,٥ ساعة . وباعتبار تفاعل الكالسييت والدولوميت مع عصير الليمون يمكن استنتاج أن الاتزان يمكن أن يحدث بعد زيادة قليلة من زمن الإذابة حتى فترة الخمسة عشرة دقيقة في التجربة الأولى . ومن ناحية أخرى فإن إذابة الألومينا وأكسيد الحديدك قد زادت قليلا بزيادة زمن الإذابة .

#### تأثير درجة الحرارة :

لدراسة تأثير درجة الحرارة على فعالية إذابة اليورانيوم (والمكونات الأخرى) بواسطة عصير الليمون من الخام تحت الدراسة، تم إجراء إذابة عند درجة الحرارة ٥٠م تحت نفس الظروف المطبقة على التجريتين المنفذتين عند درجة حرارة الغرفة وعند درجة الحرارة ٩٠م (جدول رقم ٢ و جدول رقم ٣) . ويعطي الجدول رقم ٧ النتائج التي تم الحصول عليها بعد إجراء تجربة الإذابة عند ٥٠م ونتائج التجريتين اللتان قد أجريتا عند درجتى حرارة الغرفة و ٩٠م للمقارنة .

كما تشير النتائج في الجدول رقم ٧ ، فإن رفع درجة حرارة الإذابة قد أدى إلى زيادات طفيفة في نسب إذابة اليورانيوم . ومن ناحية أخرى فقد أدى رفع درجة الحرارة إلى زيادة ملحوظة في إذابة معادن الكربونات (الكالسييت والدولوميت) . وقد أمكن الدلالة على التحسن في ذوبانية الدولوميت من نتائج تحليل أكسيد المغنسيوم الكلي في المحلول ، وهذا يكون مصاحبا للتحسن في ذوبانية الكالسييت (كما تشير الأرقام الهيدروجينية لمحاليل الإذابة الثلاثة) . وفي الحقيقة فإنه حسب نتائج تحليل أكسيد الكالسيوم (الجدول رقم ٧) فإن التحسن في ذوبانية الكالسييت يبدو أنه يقل برفع درجة حرارة الإذابة (ظاهريا) ويرجع السبب في

نقصان أكسيد الكالسيوم الموجود في المحلول مع رفع درجة الحرارة إلى الترسيب الجزئي لسترات الكالسيوم المتكون (١٦،١٥) وذلك عندما يقترب الأس الهيدروجيني للمحلول من التعادل (٧،٦).

وبالنسبة لأكسيد الحديد لم يلاحظ أي تحسن في نسبة إذابته برفع درجة الحرارة . وفي حالة الألومينا فقد كانت نسبة إذابتها عند درجة الحرارة ٥٠م ضعف نسبة إذابتها عند درجة حرارة الغرفة. وقد تم الحصول على نفس نسبة الإذابة عند إذابة الألومينا من خام البوكسيت عند نفس درجة الحرارة (٢٠). ويمكن تفسير سبب انخفاض نسب إذابة الألومينا عموماً إلى أن معظم حمض الستريك الموجود في كميات عصير الليمون المستخدمة يستهلك في معادلة معادن الكربونات أولاً. وبناء على ما تقدم فإنه يفضل العمل عند درجة حرارة الغرفة لاعتبارات اقتصادية عند استخلاص اليورانيوم من خام الطفلة الكربوناتيّة اليورانيومية بقطراني.

#### تفسير محاليل عصير الليمون الحاملة لليورانيوم بعد تركها مدة من الزمن :

من المعلوم أن حمض الستريك (٢) الحمض العضوي السائد في عصير الليمون) يمكن أن ينقسم إلى أحماض أبسط في التركيب بتأثير عدة أنواع من البكتيريا: مثل باكتيريا *Coli aerogens* والتي تمثل بالنوعين المهمين *Citrobacter and Aerobacter* (٢١) وبكتيريا التربة (*Soil bacteria*) والتي يمكن تمثيلها بالنوعين *Acinetobacter and Pseudomonas fluorescens* (٢٢) ويمكن للمجموعة الأولى (*Coli aerogens*) أن تفرز خيطوطاً سليولوزية دقيقة والتي تتجمع وتبدو كقرص بكتيري طافي على سطح المحلول. وعلى العموم فإن التكسير البكتيري لمحاليل عصير الليمون الحاملة لليورانيوم تعرض بدلا من ذلك في النهاية إلى تكون راسب بكتيري. ويعزى السبب في عدم وجود القرص السليولوزي البكتيري الطافي إلى وجود الحديد (٢٣) وكلوريد الصوديوم (NaCl) (٢٤) في عينات الخام تحت الدراسة حيث يعملان كمادتان مانعتان (Inhibitors) لنمو وتكوين الخيطوط السليولوزية في هذا النوع من البكتيريا. ومن ناحية أخرى فإن تكسير محاليل عصير الليمون الحاملة لليورانيوم وترسيب الحديد (كحديديك) لاحقا يمكن حدوثه بواسطة بكتيريا التربة أثناء استعمالها للسترات كمصدر للكربون مكونة كبسولات (Capsular material) مثبتة بها الحديد (٢٥) وترسبة في قاع الإناء.

ومن الجدير ذكره هنا أن المؤلف قد تحقق مسبقاً (٢) من وجود بكتيريا التربة في عينات الطفلة الكربوناتيّة اليورانيومية تحت الدراسة وذلك بعد تبليل عينة من الخام بتبليل من الماء المقطر المعقم. ثم فحصت تحت الميكروسكوب البيولوجي حيث شوهدت بكتيريا نشيطة متحركة ذات لون مائل للبنّي المسود. كما تم فحص عصير الليمون وحده في أثناء تركه للتعرض للتكسير البكتيري، وشوهدت أيضا بكتيريا نشيطة متحركة وموجودة عموماً على شكل

بكتيريا عصوية مستقيمة (يوجد بعضها منحنيًا أو واوية الشكل). ويعتقد أن هذه البكتيريا تتبع الجنس *Pseudomonas fluorescens* (٢٧٠٢٦) والذي يتبع مجموعة بكتيريا التربة ويلعب هذا الجنس من البكتيريا دوراً مهماً في تكسير محاليل السترات وخاصة في وجود أيون الحديد  $Fe^{3+}$  (٢٥).

من المعلوم أن المواد التي تنسب إلى حمض الهيوميك Humic acid (مثل تلك الموجودة في خام الطفلة الكربوناتيّة تحت الدراسة) يمكنها أن تحث نمو وحيوية بعض مجموعات بكتيريا التربة كمادة مغذية (Nutrient material) وخاصة في وجود بكتيريا *Pseudomonas* (٢٨) ومن ناحية أخرى فإن محاليل السترات يمكن أن تتكسر بالفعل الكيموسوضوني (photochemical effect) إلى أسيتون وثاني أكسيد الكربون كمنتجات نهائية (٢٩)، وهذا التكسير يمكن أن يحدث له تسارع (Acceleration) في وجود الحديد الذي يعمل كعامل مساعد (Catalyst).

#### تجمع اليورانيوم في الراسب البكتيري :

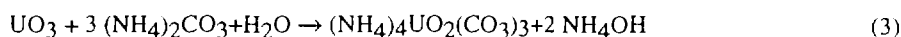
يتجمع اليورانيوم في الراسب البكتيري الذي ينتج عن تكسير محاليل عصير الليمون الحاملة لليورانيوم بعد تركها مدة من الزمن. ويشمل ترسيب اليورانيوم عمليات تحلل بيولوجي (Biodegradation) (٣٠-٣٢) للمركبات المرتبطة باليورانيوم بعد الترك لمدة طويلة من الزمن والذي يؤدي إلى تكون رواسب يورانيومية تدرج ألوانها من الأصفر إلى الأسود في النهاية (٣٣).

وبعيداً عن ترسيب اليورانيوم نتيجة تفاعله مع المواد العضوية (والذي يشمل المركبات الأيضية الميكروبية (Microbial metabolites) (٣٠-٣٢) فإنه (اليورانيوم) يمكن أن يرسب عند أس هيدروجيني يدور حول الرقم ٩ وذلك على هيئة يورانات وأكسيد يورانيل مائي (٣٤). ويعتقد المؤلف أن هذا ما يحدث بعد ترك محاليل عصير الليمون الحاملة لليورانيوم لمدة ٧ أسابيع.

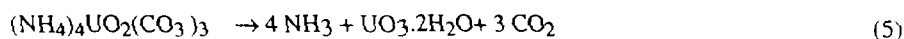
وحسب نتائج تحليل الرشيح بعد فصل الراسب البكتيري وجد أن كل الحديد ومعظم الألومنيوم قد ترسبا مع الراسب البكتيري، بينما يوجد ذائبا في الرشيح معظم المغنسيوم وكل أنهيدريد حمض الكبريتيك ( $SO_3$ ) والكلورين، أما بالنسبة للكالسيوم فإنه يتوزع بين الراسب والرشيح. ويمكن أن نستنتج أن الكالسيوم الموجود في الراسب قد يكون ناتجاً عن تكسير سترات الكالسيوم وترسيب كربونات الكالسيوم غير الذائبة نتيجة التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الناتج من تحلل السترات، بينما يعزى سبب وجود الكالسيوم في الرشيح إلى وجوده على هيئة كبريتات الكالسيوم الذائبة وإلى سترات الكالسيوم التي لم يتم تحللها تماماً.

### إذابة اليورانيوم بواسطة كربونات الأمونيوم :

تؤدي معاملة الراسب الباكثيري (المحتوي على اليورانيوم) بواسطة كربونات الأمونيوم إلى تكون المعقد ثلاثي كربونات يورانيل رباعي الأمونيوم  $(NH_4)_4UO_2(CO_3)_3$  الذائب حسب المعادلة التالية:



ويتم تكسير كلا من الزيادة من كربونات الأمونيوم والمعقد ثلاثي كربونات يورانيل رباعي الأمونيوم عند الضغط الجوي بعد التسخين إلى درجة الحرارة  $100^\circ C$  حسب المعادلتين التاليتين:



وقد وجد المؤلف سابقاً (فى رسالته للماجستير) (٣٥) أن كربونات الأمونيوم لا تتكسر مرة واحدة عند درجة الحرارة  $100^\circ C$  ولكنها تبدأ فى التكسير عند درجات حرارة أقل بكثير فقد وجد أن محلول من كربونات الأمونيوم تركيزة ٥٠ جرام / لتر يتكسر بنسبه ٤٪ عند درجة الحرارة  $50^\circ C$  بعد ٤ ساعات ، ويزداد معدل سرعة التكسير عند تعريضه لدرجة الحرارة  $60^\circ C$  بعد فترات قصيرة قدرها ٥ دقائق ، حيث يتكسر تماماً بعد تعريضه لمدة ساعة تحت نفس درجة الحرارة ( $60^\circ C$ ) . ويتشبع الزمن عند ١٥ دقيقة فإن محلول كربونات الأمونيوم لا يتكسر تقريبا عند درجة الحرارة  $50^\circ C$  ؛ وعلى العموم فإن نسبة تكسير كربونات الأمونيوم تزداد بالتدرج إلى أن يصل إلى التكسير التام عند درجة الحرارة  $100^\circ C$ .

ويعتبر اليورانيوم هو المكون الوحيد فى الراسب الباكثيرى الذى يتفاعل كمياً (Quantitatively) مع كربونات الامونيوم وهذه أهم ميزه لاستخدام كربونات الأمونيوم لاذابة من الراسب الباكثيرى حيث يحدث له إذابة إنتقائية (Selective). أما باقى المكونات فإنها إما أن تكون خاملة (Inert) بالنسبه للتفاعل مع كربونات الأمونيوم أو تستهلك كميات ضئيلة منها على أكثر تقدير . وقد وجد من تجارب إذابة اليورانيوم من الراسب الباكثيرى أن التحول التام لليورانيوم إلى المعقد ثلاثي كربونات يورانيل رباعي الأمونيوم الذائب ينبغى أن يكون فى وجود زيادة معتبرة من كربونات الامونيوم الذى تقدر الكمية المكافئة Stoichiometric منه لتكوين المعقد اليورانيومى الذائب بـ  $0.3$  جرام /  $100$  جرام خام .

إزاحة اليورانيوم من المحلول بالبخار:

لقد اتضح من تجارب إزاحة اليورانيوم من المحلول بواسطة البخار (Steam-Stripping) أن

الإزاحة الكاملة لليورانسيوم من المحلول تتم عندما يكون الأس الهيدروجيني حوالى ٧.٤ (يذوب حوالى ٥٪ من اليورانسيوم السابق ترسيبه عند الأس الهيدروجيني ٧.٣). لذلك فإنه يوجد أس هيدروجيني حرج (Critical pH value) يؤثر على إعادة ذوبان اليورانسيوم بعد ترسيبه. وقد وجد سابقاً عند استخدام كربونات الأمونيوم فى إذابة اليورانسيوم من الخام<sup>(١١)</sup> أن هناك أس هيدروجيني حرج (حوالى ٧.٥) وهو يختلف حسب نوع الخام. وقد تم الحصول على إزاحة تامة (ترسيب) لليورانسيوم من المحلول بامرار البخار (من أسفل إلأنا) مع التسخين (درجة الحرارة ١٠٠م) لمدة ساعة.

### لوحة تشغيل مقترحة

على أساس معاملة طن من خام الطفلة الكربوناتية اليورانومية بقطرانى بعصير الليمون (بتطبيق الظروف المثلى للإذابة التى تم الحصول عليها من هذه الدراسة) أمكن إقتراح لوحة تشغيل (Flowsheet) إقتصادية ، وفيما يلى وصف لأهم مراحلها:

#### ١ - معاملة الخام بعصير الليمون :

حسب الظروف المثلى للإذابة يستعمل ٣م٤ من عصير الليمون تخفف بالماء قبل الإذابة إلى نسبه صلب/محلول ١٠/١ (٣م١٠) ويكون التقلب عند درجة حرارة الغرفة لمدة ٢.٥ ساعة. يترك محلول الإذابة الحامل لليورانسيوم لمدة من الزمن قدرها ٧ أسابيع. وبعد تكون الباكثيريا ومن تكسير المحلول وترسيب الراسب الباكثيري الحديدى يتم الترشيح لفصل الصلب/المحلول.

#### ٢ - إذابة اليورانسيوم من الراسب الباكثيري :

لإذابة اليورانسيوم المتجمع مع الراسب الباكثيري المفصول ، فإن الأخير يعامل بخمسة كيلو جرامات من كربونات الأمونيوم عند درجة الحرارة ٥٠م والتقلب لمدة ساعتين .

#### ٣ - إزاحة اليورانسيوم من محلول كربونات الأمونيوم بالبخار :

بامرار البخار فى محلول كربونات الأمونيوم الحامل لليورانسيوم (يمرر البخار عند درجة الحرارة ١٠٠م لمدة ساعة) فإن الأخير يزاح (يترسب) من المحلول. يعمل البخار فى هذه الحالة على تسخين المحلول بجانب عمله كغاز كانس أو جارف (Sweeping) بالنسبة لليورانسيوم . وقد استعمل هوليس (١٩٥٦) (٣٦) حوالى ٣٦٠٠-٤٠٠٠ رطل من البخار / طن خام فى هذا الخصوص . وحينما يصل الأس الهيدروجيني للمحلول إلى حوالى ٧.٤ (الأس الهيدروجيني الحرج) فإن عملية إمرار البخار يجب أن تتوقف وإلا فإن اليورانسيوم المترسب سوف يذوب ثانية<sup>(١١)</sup> بعد ذلك يفصل اليورانسيوم المزاح (المترسب) بعناية بالترشيح على هيئة أكسيد

اليورانسيوم المائي  $UO_3 \cdot 2H_2O$  (حوالى ٢٤٠ جرام يورانيوم). ويظهر الشكل رقم ١ تفصيلات العمليات المختلفة على لوحة التشغيل المقترحة.

ولكى تزيد الفائدة الإقتصادية للعملية فقد إقترح الباحث أن قشور ولب الليمون المتبقية بعد العصر للحصول على العصير يمكن معاملتها بطريقتين :

١- لزيادة البيروتين الخام لإنتاج غذاء محسن للدواجن (٣٧)

٢- لزيادة النيتروجين الخام لإنتاج سماد للمزروعات (٣٧).

### المراجع

- 1- Hussein, E.M., Arab J. Nucl. Sci, Appl. 24.2 (1991), 25.1 (1992).
- 2- Hussein, E.M., Ph.D. Thesis, Ain Shams Univ., Cairo (1980).
- 3- Ajon, G., Chem. Abst. Vol. 41 (1947).
- 4- Yokoyama, H., J. Assoc. Offic. Anal. Chemists, 49 (3), (1966).
- 5- Jorysch, D. et al., Food Technol., 16 (3), (1965).
- 6- Briski, B. et al., Chem. Abst. Vol. 87 (1977).
- 7- Underwood, J. C. and Rockland, L.B. Food Research, 18 (1953).
- 9- Mehlitz, A. and Matzik, B., Chem. Abst. Vol. 50 (1956).
- 10- Neuman, W.F. and Havil, J.R., USAEC Report 2829 (1949).
- 11- Langston, B.G. et al., J. Metals, 9 (1957).
- 12- Talati, J.D., J.Gujarat Univ., 7 (2) (1964).
- 13- Talati, J.D., and Patel, B.M., Ind. J. Appl. Chem. 29 (1) (1966).
- 14- Shapiro, L. and Brannock, W.W., U.S Geol. Survey Bull. 1144-A (1962).
- 15- Encyclopedia Britannica, 5 (1964).
- 16- Encyclopedia of Science and Technology, 3, McGraw Hill (1966).
- 17- Ragim -Zade, A.I., Chem. Abst. Vol. 79 (1973).
- 18- Kato, M. and Masayoshi, K., Chem. Abst. Vol. 65 (1966).
- 19- Tsimmergagl, V.A. and Lavrova, G.V., Chem. Abst. Vol. 70 (1969).
- 20- Huang, W.H., U.S. Patent, 3, 958, 482, 25 May (1976).



- 21- Brewer, C.R., Iowa State Coll. J.Sc., 14 (1939).
- 22- Fisher, W.R. and Ottow, J.C., Chem. Abst. Vol. 78 (1973).
- 23- Popenko, A.K. and Bayakhanov, Ya.K., Chem. Abst. Vol. 75 (1971).
- 24- Naylor, P.C.D., Nature, 205 (1965).
- 25- Clark, F.M. et al., J. Am., Water Works Ass., 59 (1967).
- 26- Laskin, A.I. and Le Chevalier, A., editors, "HandBook of Microbiology, Vol.I., Organismic Microbiology", CrC Press The Chemical Rubber Co., Cleveland Ohio (1974).
- 27- Clark, P.H. and Richmond, M.H., editors, "Genetics and Biochemistry of Pseudomonas", A.Wiley-Interscience Publications, John Wiley and Sons (1975).
- 28- Kardina, E.S., Ibid, 185-253 Chem. Abst. Vol. 47 (1953).
- 29- Frahn, J.L., Aust. J. Chem. 26 Part 2 (1958).
- 30- Krasil Nikov, N.A., et al., Doklady Akad Nauk SSSR, 120 (1958).
- 31- Krasil Nikov, N.A., Priroda, 47 No. 9 (1958).
- 32- Krasil Nikov, N.A., Chem. Abst. Vol. 68 (1968).
- 33- Magne, R. et al., Uranium Ore Deposits Proc. Symp. UNIPUB, New York (1974).
- 34- Heitner, C. and Bobtelsky, M., Bull. Soc. Chem. France, 21 (1954).
- 35- Hussein, E.M., M. Sc. Thesis, Ain Shams Univ, Cairo (1977).
- 36- Hollis, E.T., USA EC Report, Win 3 - 7 (1956).
- 37- Burdic, E.M., U.S. Patent 2, 724, 648, Nov 22 (1955).

TABLE 1. Results of analysis of U and  $\text{CO}_3^{--}$  beside pH values of the filtrates obtained after U steam-stripping from ammonium carbonate liquors at different time intervals at 100°.

Time, min.	U, %	$\text{CO}_3^{--}$ , %	pH
0	100.0	100.0	10
10	71.2	77.3	9.2
20	42.9	58.0	8.2
30	20.1	36.8	8.0
40	8.9	15.6	7.7
50	1.5	1.2	7.6
60	Nil	0.3	7.4
70	5.2	Nil	7.3

**TABLE 2.** Results of U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values of uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68, with different lemon juice input amounts at room temperature.

	Lemon Juice Input, ml/10g Sample			
	10	20	30	40
Lemon Juice Conc.n. %	2	4	6	8
Eq. Citric Acid*, g/10g Sample	0.5	1.0	1.5	2.0
Eq. Citric Acid* Conc.n. %	0.1	0.2	0.3	0.4
U Extraction, %	36.7	73.4	85.0	98.8
Total CaO Dissol. %	46.8	60.7	69.2	82.0
Total MgO Dissol. %	43.9	49.8	61.2	74.4
Calcite Dissol. %	29.0	55.9	64.6	82.7
Dolomite Dissol. %	25.5	33.8	50.0	66.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol. %	3.7	7.4	8.0	9.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol. %	1.6	3.9	4.8	6.2
Final pH	5.8	5.6	4.8	4.4

\* Citric acid equivalent is calculated on the basis that the original lemon juice contain an average 5% citric acid.

**TABLE 3.** Results of U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values of uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68<sub>1</sub> with different lemon juice input amounts at 90°.

	Lemon Juice Input, ml/10g Sample			
	10	20	30	40
Lemon Juice Conc.n. %	2	4	6	8
Eq. Citric Acid*, g/10g Sample	0.5	1.0	1.5	2.0
Eq. Citric Acid* Conc.n. %	0.1	0.2	0.3	0.4
U Extraction, %	38.8	75.4	94.3	99.8
Total CaO Dissol. %	32.7	30.9	50.0	28.7
Total MgO Dissol. %	34.1	62.9	71.8	76.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol. %	4.8	9.5	8.8	11.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol. %	2.5	4.6	5.6	7.8
Final pH	6.6	6.0	5.5	5.0

\* Citric acid equivalent is calculated on the basis that the original lemon juice contain an average 5% citric acid.

TABLE 4. Results of U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values of uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68<sub>1</sub> with different input amounts of orange and sweet orange juices at room temperature.

	Orange Juice Input, ml/10g Sample			Sweet Orange Juice Input, ml/10g Sample		
	40	80	160	40	80	160
Concentration %	8	16	32	8	16	32
U Extraction, %	57.2	78.4	89.8	24.5	42.6	56.9
Total CaO Dissol., %	53.6	58.5	69.1	39.3	50.2	56.6
Total MgO Dissol., %	30.2	52.8	65.5	22.5	45.3	52.0
Calcite Dissol., %	54.3	59.2	82.5	28.8	50.9	57.3
Dolomite Dissol., %	22.3	55.0	67.8	16.6	47.2	54.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	4.9	6.5	8.2	3.2	5.7	8.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	2.6	4.0	5.3	1.5	2.6	6.0
Final pH	6.5	5.1	4.5	6.0	5.6	5.2

TABLE 5. Effect of decreasing solid liquid ratios (dilution) of lemon juice on U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values from uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68<sub>1</sub>.

	Solid/Liquid Ratios									
	1/2	1/3	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100	1/200	1/500	1/2000
L. Juice Conc.n, %	100	66.7	40	20	10	4	2	1	0.4	0.1
Eq. Citric Acid Conc.n, %	5.00	3.33	2.00	1.00	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.005
U Extr., %	36.3	49.5	60.4	68.9	70.8	73.4	75.2	77.1	78.2	78.0
Total CaO Dissol., %	30.4	42.1	46.7	52.0	56.8	60.7	73.6	75.0	99.8	99.7
Total MgO Dissol., %	26.0	33.8	36.7	40.7	46.4	49.8	60.3	63.0	64.1	64.0
Calcite Dissol., %	34.6	50.4	55.6	56.7	56.8	55.9	56.8	57.5	57.2	57.4
Dolomite Dissol., %	26.6	32.7	34.5	35.2	35.6	33.8	35.4	34.8	35.5	35.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	4.3	5.0	5.4	5.7	5.3	7.4	7.5	7.6	7.8	8.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	2.5	2.6	2.8	3.0	3.6	3.9	4.0	4.2	4.2	4.5
Final pH	4.5	4.6	4.7	5.4	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8

\* Citric acid equivalent is calculated on the basis that the original lemon juice contain an average 5% citric acid

**TABLE 6.** Effect of agitation time on U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values from uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68<sub>1</sub> using 20ml lemon juice/10g sample.

	Agitation Time, hr			
	1/4	2.5	6	10
U Extraction, %	40.4	73.4	74.0	75.3
Total CaO Dissol., %	44.3	60.7	61.0	62.2
Total MgO Dissol., %	37.2	49.8	50.4	50.0
Calcite Dissol., %	39.4	55.9	56.8	58.6
Dolomite Dissol., %	18.9	33.7	35.6	33.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	2.5	7.4	7.8	8.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	2.4	3.9	4.2	4.7
Final pH	3.8	5.6	5.6	5.8

**TABLE 7.** Effect of temperature on U extraction, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dissolution efficiencies beside final pH values from uraniferous carbonaceous shale of Qatrani, sample 68<sub>1</sub> using 20ml lemon juice/10g sample.

	Temperature, °C		
	Room	90	150
U Extraction, %	73.4	75.4	88.7
CaO Dissol., %	60.7	30.9	11.0
MgO Dissol., %	49.8	62.9	81.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	7.4	9.5	15.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dissol., %	3.9	4.6	5.1
Final pH	5.6	6.0	6.7

*Egypt. J. Chem.* 30, No. 2 (1987)

Qatrani Uraniferous Carbonaceous Shale, 1000kg

0.245 Kg Uranium	
166.4 Kg Iron Oxides	166.4 Kg Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
114.3 Kg Montmarillonite	30.1 Kg Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
93.0 Kg Calcite	158.8 Kg CaO
191.6 Kg Dolomite	47.7 Kg MgO
18.3 Kg Gypsum	113.8 Kg SO <sub>2</sub>
288.0 Kg Soluble Salts	72.4 Kg Cl

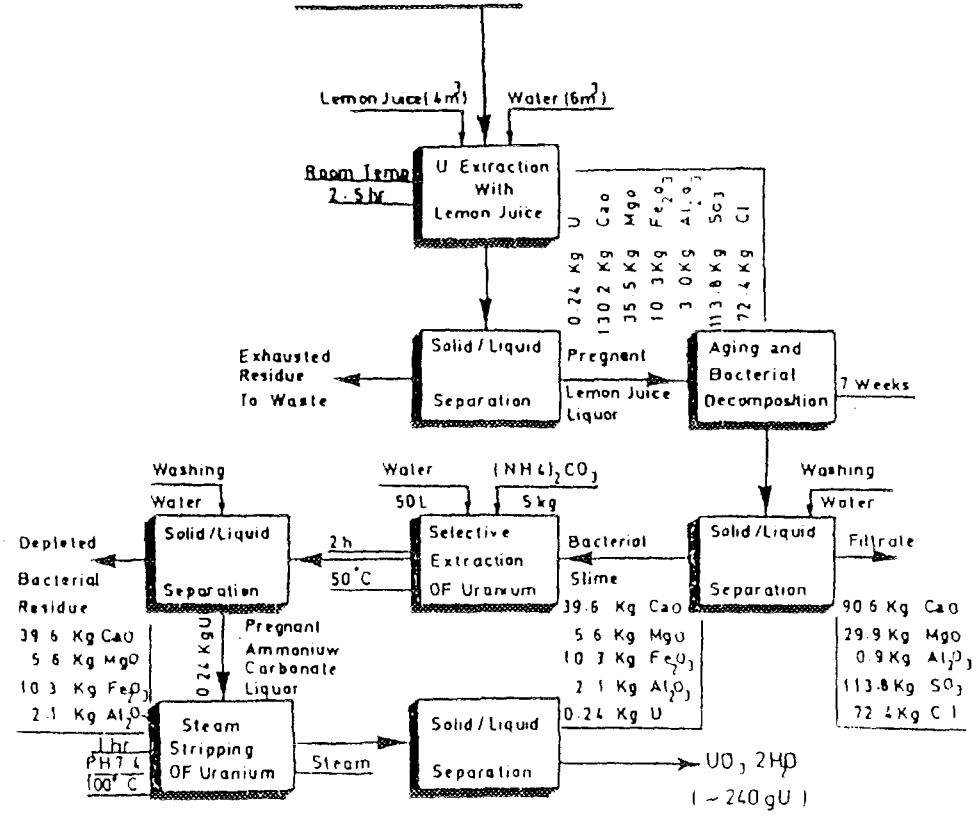


Fig. 1 - Suggested Flowsheet for Uranium Recovery From The Pregnant Lemon Juice Liquors of Uraniferous Carbonaceous Shale of Qatrani Via Bacterial Decomposition.

II,b- In this work, investigation is carried out to recover uranium from the pregnant lemon juice liquors obtained by attacking uraniumiferous carbonaceous shale of Qatrani (located in Qatrani area, Western Desert, S. W. of Cairo).

The proposed technique depends on the make-use of the biological decomposition of such liquors by aging, where it was found that by decomposition, a precipitated bacterial slime has settled down carrying the dissolved uranium. After filtration, the latter could be selectively extracted from bacterial slime by ammonium carbonate. The extracted uranium is therefore stripped from ammonium carbonate solution by passing steam at 100°

A suggested flowsheet for uranium recovery is given depending on such simple and costless technique.