الجولة السادسة مع

التعدين البيولوجى

[١] مقدمة : أهمية المعادن واستخلاصها

تلعب المعادن دوراً بالغاً ومؤثراً فى حياة البشر.. فلا أحد الآن يتصور كيف تكون الحياة بدون الحديد أو الذهب أو النحاس أو الكوبالت .. الخ ، ومن المعروف أن جزءاً مهماً من العناصر ذات القيمة تبدو فى الطبيعة على هيئة كبريتيدات العناصر مثل البيريت pyrite وأكثرها شيوعاً كبريتيد الحديد FeS_2 كما أن جزءاً صغيراً جداً يبدو على هيئة كبريتيدات النحاس ($CuFeS_2$ CuS CuS_2) ويمكن أن يبدو بعضها الآخر على هيئة فلز حر كما هو واقع عند الذهب. كما أن الكوبالت يمكن أن يكون محتبساً ضمن الشبكة البللورية للبيريت. وتكون غالباً نسبة العناصر فى الحالتين الأخيرتين ضئيلة جداً. والسؤال المطروح: هل من الضرورى معالجة كتلة كبيرة من الخامات للحصول على كمية قليلة من العنصر ذى القيمة العالية؟

والإجابة هى: نعم؛ إذا علمنا لهذه العناصر فوائد اقتصادية كبيرة. إذ يمكن على سبيل المثال ... الحكم على مردود استثمار أحد المناجم من خلال الحصول على بضع جرامات من العنصر بالطن الواحد فى حالة الذهب وبضع كيلو جرامات بالطن فى حالة الكوبالت.

والملاحظ أن الطرق التقليدية لاستخراج بعض هذه العناصر مثل الكوبالت تحدث تلوثًا بيئيًا ملحوظاً ، بالإضافة للتكاليف المادية الباهظة.. والحل على يد التقانة البيولوجية باستخدام سلالات منتقاة من البكتيريا .. والتى تسمى التعدين البيولوجى .

[٢] بداية المعرفة بالتعدين البيولوچى .. طبيعياً :

والتعدين البيولوچى Biomining يعتمد على استعمال البكتيريا فى استخلاص المعادن من الركاز، ولم يعرف العلماء إلا مؤخراً .. عام ١٩٥٧م أن البكتيريا تلعب دوراً رئيسياً فى هذه العملية؛ إذ كان الناس يقومون بالتعدين البيولوچى قبل ذلك التاريخ - دون أن يدركوا ذلك فلقد كانوا يستخرجون عناصر مثل النحاس من الماء المنزوح من المناجم .. (وليس من خاماته الصلبة الموجود بها مباشرة) - وكان هذا الاستخراج يتم دون أن يعرفوا أن [الوسيط] الذى استخلص النحاس من مركباته الخام وجعله ذائباً فى ماء المناجم وبالتالى يسر استخلاصه، هذا الوسيط نوع من البكتيريا ..!! (سبحان الله) .

أما بعد معرفة الباحثين بدور البكتيريا فى هذا المجال فلقد أصبح الأمر يتم متعمداً وبصورة عملية :

حيث بدأوا فى الاتجاه نحو إنتاج المنقبات (البكتيريا والنباتات من نوعية خاصة) وتحويلها إذا لزم الأمر إلى كائنات مهندسة وراثياً لتصبح ملتهمات لذرات المعادن ، وإليكم تطبيقات متعددة لذلك : وتشمل :

التطبيق الأول : البكتيريا الذهبية واستخلاص الذهب :

تم العثور على سلالات خاصة من البكتيريا تعيش فى منجم قديم للذهب فى عدة مقاطعات خلال فترة الستينات ومنها مقاطعة ويلز البريطانية .

ووجدوا أن كل جرام واحد من صخور المنجم تحتوى على ١٠ ملايين من الخلايا البكتيرية، وكل خلية بكتيرية بها كميات من الذهب «منفصل» عن أى شائبة أخرى لدرجة تصل إلى ٢٠ ٪ من الوزن الجاف للكتلة الحية ومن هذه السلالات البكتيرية ذات المميزات المرغوبة والتى تم التعرف عليها والاستفادة منها :

(١) **بكتيريا الثيوباسيللوس** .Thiobacillus sp حيث تم اكتشافها فى الصخور الكبريتية الحاوية على الذهب فى مناجم الذهب، وهذه الصخور الكبريتية ليست ذات تركيب كيميائى واحد ولكن منها عدة أنواع تختلف عن بعضها البعض من ناحية التركيب الكيميائى ، ومنها نوع من الصخور

الكبريتية، تتكون أساساً من معدن الأرسينوبيريت الذى تنشط عليه هذه السلالة البكتيرية وهدفها أساساً هو «إنتاج حامض كبريتيكى» الذى يساعد على استخراج المعادن فهى تقوم بعملية هضم كبريتات العناصر الفلزية وتحرير العنصر المرافق ومنها الذهب وذلك عن طريق أكسدته - (أكسدة سلفيد الحديد) - ليخرج الحامض الكبريتيكى ، يزال بالغسيل وبعد عدة عمليات أيضية أخرى يبقى الزرنيخ فى المحلول، ويجب مع الوقت التخلص منه لأنه يؤثر على كفاءة البكتيريا وتضعف مقاومتها له مع الوقت. وقد تمت عملية استخراج النحاس والذهب اعتماداً على مساهمة فعالة من هذا النوع.

وهذه البكتيريا لا تحتاج إلا لتوافر الهواء والدفء، وعند السماح لها بالوقت الكافى لتغذيتها ونموها .. فإنه يتكون لدينا تركيز كبير من معدن الذهب -(تمكنت هى من استخلاصه من خاماته)- وبالتالى يمكن معاملتها بطرق خاصة للحصول على (الذهب) .

وهذه السلالات البكتيرية تبين من دراستها أن لديها مقاومة ضعيفة للزرنيخ.. مما يعوق كفاءتها لاستخلاص الذهب، لذا فلقد تمكن فريق علمى من استنباط سلالات بكتيرية ، وتعديل جيناتها باستخدام تقنية هندسة الجينات ليصبح لدينا سلالة بكتيرية محورة وراثياً لديها مقدرة أكبر على مقاومة أثر الزرنيخ، وتستطيع أيضاً التكيف مع تغيرات الوسط لحدود ما، وتتحمل الاختلاف فى درجات الحرارة بدرجة معقولة عن سابقاتها من السلالات غير المعدلة.

ولقد أمكن الاستفادة من هذه السلالات البكتيرية المعدلة وراثياً فى أحد المناجم بجنوب أفريقيا ، التى يستخرج منها الذهب ، ووجدوا أنها تستطيع معالجة «١٠» أطنان من الصخور يومياً لإنتاج الذهب منها وأطلقوا على هذه السلالة المعدلة وراثياً اسم «البكتيريا الذهبية» !!

٢ - ولقد استخرج بهذه الطريقة ٢٥ ٪ من النحاس المنتج فى الولايات المتحدة الأمريكية من الركاز عن طريق الكائنات الدقيقة. وقد عرفت هذه التقانة باسم الإزاحة البيولوجية Biolixivation .

وكما سبق القول فإن هذه التقانة المدهشة تستعمل بكتيريا الثيوباسيل لإذابة الفلزات الكبريتية وترسيب العناصر الفلزية منها. وتم تطوير هذه الطريقة فى البداية لاستخراج النحاس واتسع نطاقها لتشمل عنصر اليورانيوم ثم امتدت لاستخراج الذهب... وبفضل تراكم الخبرة والمعرفة فى استخراج الذهب قام فريق من الباحثين الفرنسيين بالتعاون مع أحد المصانع المشهورة Robin Industry لوضع خطة جديدة لاستخراج الكوبالت.

٣ ـ ودائماً ما يبذل الباحثون والمستثمرون فى هذا المجال كافة الإمكانيات والتطورات العلمية منها إدخال التطويرات اللازمة على شكل المفاعلات المخصصة لهذا العمل ومنها أن أصبحت تصل سعة المفاعلات إلى ١٣٠٠ مكعب مجهز بنظام تحريك مستمر وهى أكبر من سعة المفاعلات القائمة فى مناجم الذهب فى دولة غانا والتى لا يتعدى سعة المفاعلات بها ٩٠٠م٣ . وباستخدام السعة الكبيرة تم فى عام ١٩٩٩م إنتاج حوالى ١٠٠٠ طن من الكوبالت بمعالجة مائة ألف طن من المادة المركزة (يبلغ الإنتاج العالمى حوالى عشرين ألف طن وهذا ما يكافئ تكلفة حوالى ٢٤٠ مليون فرنك فرنسى لتأمين حاجة فرنسا من الكوبالت).

٤ ـ ومن خلال الأبحاث المتعددة والسعى المتواصل لإيجاد سلالات بكتيرية منتخبة أكثر تأقلماً، أو نوعيات مهندسة وراثياً، أو تعديلها لتصبح أكثر فعالية، فقد تم التوصل لسلالات بكتيرية جديدة والتى تعيش ضمن مجال حرارى يمتد بين ٤٥م° و٧٥م° (مثل بكتيريا سلفولوبيس Sulfolobus ، سلفوباسيلوسSulfoba cillus ، وأسيد يمكروبيوم «مؤكسدة الحديد Acidimcrobium Ferrooxidants) .

٥ ـ أيضاً عزلت سلالة بكتيرية من رواسب نهر بوتوماك يمكنها أن تحول اليورانيوم من صورة قابلة للذوبان إلى صورة غير قابلة للذوبان. وهكذا هناك أبحاث وتنافس من أجل انتقاء البكتيريا الأفضل... كل ذلك يأخذ طريقه إلى المستوى الصناعى ليحقق الرخاء المنشود.

٦ ـ وقد سبق وأعلن عن أنه بعد ٧ سنوات من التحضير، سيُفتتح مصنع يعمل

بالبكتيريا لإنتاج ألف طن من الكوبالت فى مدينة كيلمب Kilembe بدولة أوغندا فى إفريقيا.

ونضيف على ما سبق دراسة جادة أخرى :

حيث ذكر د، «ستروميلاند» وهو يعمل باحث بالوراثة الميكروبية .. أنه وفريقه قد مكثوا ثلاث سنوات فى تطوير نوع من السلالات البكتيرية ذات القدرة على امتصاص ذرات الذهب، وذلك من خلال إيلاج چين معزول من نبات فى وسط إفريقيا له القدرة على امتصاص هذه الذرات، وسوف تشهد الفترة القادمة تطويراً أكثر بسلالات يمكن استخدامها لامتصاص ذرات معادن أخرى أو مواد طاقة ، مما سيخفض من عمليات الإنفاق على استخراج هذه المعادن.

أيضاً كانت هناك تجارب ناجحة لفريق علمى روسى لاستخدام أنواع من فطر الخميرة لاستخلاص الذهب من محاليله و ... البقية تأتى !!

التطبيق الثانى :

جمع البكتيريا التى تعيش فى بيئات نادرة للاستفادة منها :

هناك جهود مبذولة من قبل مجموعة دولية من الميكروبيولوچيين لإقامة نظام يقوم بتصُّيد العينات البكتيرية وتخزينها وتجميع البيانات، ومن خلال هذا النظام يتم حفظ البكتيريا التى تحيا فى بيئات نادرة (والتى قد تكون مهددة بالفناء) مثل الينابيع الحارة والبحيرات عالية الملوحة. وذلك لإمكانية الاستفادة منها اقتصادياً. وعلى سبيل المثال فإن بكتيريا الينابيع الحارة لها إنزيمات تعمل بصورة أسرع من إنزيمات البكتيريا العادية، أيضاً هناك أنماط من البكتيريا تتحمل الملوحة أكثر من غيرها العادية. وبالتالى فإنه باللجوء لهذه الكائنات يمكن أن يغنى عن اللجوء لهندسة الكائنات. أيضاً تعتبر هذه الكائنات بمثابة بنك لچينات نادرة وجديدة يمكن الاستفادة منها بعدة طرق.

التطبيق الثالث: بكتيريا لتنقية جو المناجم:

حيث تم إنتاج سلالات ميكروبية مهندسة وراثياً تسمى الكانسة «Sweeping» لتنقية جو المناجم من الغازات السامة.