



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003715

(51) **C22B 3/18**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2021-00096

(22) 16/03/2021

(45) 25/09/2024 438

(43) 26/09/2022 414

(73) Viện Địa chất, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
Ngõ 84, phố Chùa Láng, phường Láng Thượng, quận Đống Đa, Thành phố Hà Nội

(72) Phạm Ngọc Cẩn (VN); Phí Quyết Tiến (VN); Trần Tuấn Anh (VN); Trần Trọng Hòa (VN); Vũ Thị Hạnh Nguyên (VN); Bùi Thị Liên (VN); Nguyễn Văn Thế (VN).

(54) **QUY TRÌNH TIỀN XỬ LÝ TINH QUẶNG SULFIT-VÀNG BẰNG CHỦNG
ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS TNG13 ỨNG DỤNG TRONG QUÁ
TRÌNH THU HỒI VÀNG MỎ TRÀ NĂNG**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý tinh quặng sulfit-vàng bằng chủng *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 ứng dụng trong quá trình thu hồi vàng mỏ Trà Năng, trong đó quy trình này bao gồm các bước (i) nhân giống vi sinh vật; (ii) chuẩn bị tinh quặng sulfit-vàng và (iii) xử lý tinh quặng sulfit-vàng sử dụng chủng vi khuẩn *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực công nghệ sinh học. Cụ thể, giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý tinh quặng sulfit-vàng tại mỏ Trà Năng (huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng) sử dụng chủng giống *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 có đặc tính oxy hóa sắt và lưu huỳnh nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế và bảo vệ tài nguyên, môi trường trong khai thác khoáng sản.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Công nghệ chế biến (xử lý) quặng thu hồi vàng, đặc biệt là loại vàng thuộc các kiểu Au-thạch anh-sulfit hoặc sulfit-Au có những đặc thù riêng, bởi lẽ, vàng trong những kiểu quặng này thường có kích thước hạt mịn và siêu mịn (kích thước micron, thậm chí nano), phân bố trong các khoáng vật sulfit cũng như các khoáng vật khác có kích thước nhỏ và cực nhỏ. Đa số những loại quặng này thuộc kiểu quặng khó tuyển tách (refractory ores) do vàng bị “nhốt” trong sulfit hoặc các khoáng vật khác; hàm lượng vàng trong quặng thường thấp (1-vài g/t, thậm chí thấp hơn); các sulfit chứa As, Pb, Zn, Sb, S đều là những nguyên tố độc hại; nhiều trường hợp đá vây quanh quặng chứa vật chất hữu cơ (graphit, than) là những tác nhân “khóa vàng”. Đối với loại hình vàng đi kèm, dạng tồn tại của vàng có mối quan hệ khá phức tạp với các thành phần khoáng khác trong quặng. Ví dụ: trong quặng Sb hoặc Sn-W chứa vàng, vàng thường liên quan tới các giai đoạn tạo arsenopyrite và/hoặc pyrite, ít hơn là stibnite và cassiterite/stanin/wolframit hoặc sheelite.

Công nghệ chế biến quặng thu hồi vàng từ các loại quặng vàng thực thụ khó xử lý cũng như quặng vàng đi kèm trên thế giới đã có những thay đổi và bước tiến lớn trong thập kỷ qua, trong đó công nghệ tách chiết vàng sử dụng vi sinh ngày càng được quan tâm nghiên cứu và phát triển cho nhiều loại quặng khác nhau (Rohwerder et al., 2003; Sadowski et al., 2003; Chi et al., 2011) với mục đích bảo đảm hiệu suất thu hồi vàng cao và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Về nguyên lý chung, tách chiết quặng thu hồi vàng bằng công nghệ vi sinh hay hóa học đều có thể áp dụng đối với quặng nghèo hoặc quặng giàu (sulfit và vàng), trong đó công nghệ tách chiết bằng sinh học hoặc hóa học đối với quặng nghèo thường sử dụng phương pháp chất đông, còn tinh quặng giàu sulfit được sử dụng bể ngâm/khuấy. Luyện vàng bằng thùng khuấy là phương pháp có hiệu

quả, hiệu suất thu hồi vàng cao, thời gian xử lý nhanh, có thể cường hóa bằng nhiều biện pháp khác nhau, xử lý tốt các loại quặng bằng nhiều loại vi sinh vật.

Tách lọc sinh học (Bioleaching) là quá trình hòa tách các kim loại từ quặng dưới tác động của vi sinh vật thay vì sử dụng các phương pháp hóa học truyền thống (Neale, 2006). Trong thực tế, đã sử dụng kỹ thuật hòa tách quặng từ rất lâu để tách kim loại (như đồng) từ quặng khai thác. Việc sử dụng vi khuẩn trong khai thác vàng, được gọi là biomining, đã nhận được sự quan tâm đáng kể do vai trò của vi khuẩn trong việc thu hồi vàng từ quặng vàng. Những vi khuẩn có khả năng axit hóa sắt và lưu huỳnh như *A. ferroxidans*, *A. thioxidans*, *Leptospirillum ferriphilum* và *L. ferroxidans*, *Sulfobacillus acidophilus*. Quá trình hòa tách đã được xác định và sử dụng trong khai thác vàng. Các vi khuẩn này giúp hòa tan ma trận sulfua của các chất lắng đọng vàng, làm cho vàng có thể tiếp cận được với sự rửa trôi bởi các chất hóa học. Sinh học được biết đến là thân thiện với môi trường hơn nhiều quá trình khai thác hóa lý. Ngoài ra, các chất thải sinh ra bằng cách sử dụng vi khuẩn ít phản ứng sinh học hơn so với các chất thu được bằng cách sử dụng các phương pháp hóa lý (Rawlings, 2003). Do sự ưu việt về khả năng xử lý quặng khó thu hồi (và quặng nghèo) cũng như bảo vệ môi trường, công nghệ xử lý quặng sử dụng vi sinh vật ngày càng được quan tâm nghiên cứu và phát triển cho nhiều loại quặng khác nhau (Rohwerder et al., 2003; Sadowski et al., 2003; Chi et al., 2011) nhằm tăng hiệu suất thu hồi, giảm chi phí, và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Trong vài thập kỷ trước vấn đề tách kim loại trong quặng bằng phương pháp sinh học đã được một số nhà khoa học ở Việt Nam quan tâm nghiên cứu. Tuy nhiên, do điều kiện nghiên cứu trong phòng thí nghiệm còn hạn chế nên việc phân lập được chủng vi khuẩn oxy hóa sắt ưa axit còn chưa được công bố. Nguyên nhân khách quan là do nhóm vi khuẩn này sinh trưởng tự dưỡng vô cơ ở điều kiện cực trị là độ pH thấp, quá trình phân lập đòi hỏi thời gian cũng như kỹ năng trong phòng thí nghiệm. Những kết quả nghiên cứu mới về nhóm vi khuẩn oxy hóa sắt ưa axit trong nước vẫn còn rất hạn chế.

Mỏ vàng Trà Năng (huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng) phân bố trong tầng đá phiến chứa than tuổi Jura hệ tầng La Ngà; quặng hóa bao gồm các đới biến đổi chứa khoáng hóa trong đá phiến đen và các hệ thống mạch thạch anh và đới cà nát. Các khoáng vật quặng được hình thành trong hai giai đoạn: sớm là arsenopyrite và pyrite; muộn là galena-sphalerite-chalcopyrite. Vàng trong tinh quặng arsenopyrite và pyrite dao động trong khoảng 3-17g/t, tương tự như hàm lượng vàng trong quặng. Vàng tự sinh chủ yếu có kích thước nhỏ và rất nhỏ (vài

chục micron) nằm trong các khe nứt của thạch anh hoặc khảm cơ học trong khoáng vật quặng. Nguồn gốc của quặng hóa vàng ở đây: liên quan đến hoạt động magma Mesozoi muộn đối Đà Lạt (Anh et al., 2015).

Từ những đánh giá trình bày trên, có thể thấy giải pháp công nghệ sử dụng vi sinh xử lý quặng sulfit cho tách chiết vàng (quặng vàng thực thụ và vàng đi kèm) là hướng tích cực, phù hợp với xu thế hiện đại (công nghệ xanh) và cần được phát triển ở nước ta. Đây là hướng nghiên cứu công nghệ mới, lần đầu tiên được triển khai ở nước ta với mục tiêu ứng dụng được vào thực tế khai thác chế biến quặng kim loại, trước hết là quặng sulfit - vàng và quặng sulfit chứa vàng. Với điều kiện thuận lợi về mặt khí hậu (nóng, ẩm) việc ứng dụng công nghệ vi sinh xử lý quặng sulfit để tách chiết vàng có cơ hội phát triển và ứng dụng vào thực tế khai thác và chế biến quặng ở nước ta. Thành công của hướng công nghệ này sẽ góp phần không nhỏ vào việc nâng cao khả năng khai thác vàng ở những mỏ có hàm lượng thấp, quặng khó xử lý mà vẫn có hiệu quả kinh tế và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là sử dụng chủng vi khuẩn *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 có khả năng oxy hóa Fe và S trong cấu trúc của các khoáng vật sulfit (arsenopyrite - FeAsS , chalcopyrite - CuFeS_2 , pyrite - FeS_2 , sphalerite - Zn(Fe)S , và galena - PbS) mỏ sulfit-vàng mỏ Trà Năng nhằm hòa tan một phần hoặc hoàn toàn các khoáng vật trên. Khi đó, các hạt Au có kích thước μm nằm trong các khoáng vật trên có thể được giải phóng hoàn toàn hoặc làm lộ ra tạo điều kiện để nâng cao hiệu suất hòa tách và thu hồi bằng xyanua, giảm chi phí sản xuất và nâng cao hiệu quả bảo vệ môi trường. Để đạt được mục đích đó, giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình tiền xử lý tinh quặng sulfit-vàng bằng chủng *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 ứng dụng trong quá trình thu hồi vàng mỏ Trà Năng, trong đó quy trình này bao gồm:

- (i) nhân giống vi sinh vật;
- (ii) chuẩn bị mẫu tinh quặng sulfit-vàng; và
- (iii) xử lý tinh quặng sulfit-vàng sử dụng chủng vi khuẩn *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối quy trình tiền xử lý tinh quặng sulfit-vàng bằng chủng *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 ứng dụng trong quá trình thu hồi vàng mỏ

Trà Năng.

Hình 2 là ảnh chụp các hạt vàng kích thước μm trong các hạt khoáng vật sphalerite (A) và arsenopyrite (B). Ảnh thành phần (COMPO - compositional image) chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM - scanning electron microscope).

Hình 3 là ảnh chụp mẫu quặng tinh xử lý bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 các tuần thứ 1, thứ 2 và thứ 3; A, B, C ảnh chuẩn bị mẫu; D, E, F ảnh mẫu chụp trên kính hiển vi điện tử quét.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình tiền xử lý tinh quặng sunfit-vàng bằng chủng *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 ứng dụng trong quá trình thu hồi vàng mỏ Trà Năng bao gồm các bước:

(i) Nhân giống vi sinh vật

a. Hoạt hóa giống

Chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 được phân lập từ mẫu nước rỉ từ mỏ Trà Năng (huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng) có đặc tính oxy hóa Fe và S được nhận từ bộ sưu tập giống của Trung tâm Giống và Bảo tồn nguồn gen vi sinh vật - Viện Công nghệ sinh học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 có khả năng oxy hóa Fe (II) thành Fe (III) với hiệu suất 95% và oxy hóa S trong môi trường và điều kiện thí nghiệm, có chịu các kim loại nặng: As, Cd, Pb, Ni với nồng độ 1.000ppm, sinh trưởng tốt trong điều kiện rất axit (độ pH = 1,8-2,5), nhiệt độ 25-30°C tạo kiện kiện thuận lợi cho việc ứng dụng ngoài thực địa.

Từ ống giống chủng *A. ferrooxidans* được giữ trong glycerin -80°C, giống được lấy ra cho vào hộp đá (30 phút) để cho ống giống rã đông từ từ. Dùng que cấy chuyển giống mẫu giống sang ống nghiệm có môi trường 9K (KH_2PO_4 0,4g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,4g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,4g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33,3g, H_2SO_4 0,1N, nước cất 1000ml, độ pH 1,8-2,0). Ống môi trường đã cấy giống được nuôi lắc 200 vòng/phút ở 30°C trong 72 giờ. Các ống giống được hoạt hóa nuôi trên máy lắc: 200 vòng/phút. Theo dõi, quan sát quá trình nhân giống. Kiểm tra khả năng sinh trưởng và độ thuần khiết (soi kính hiển vi). Giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $1,0 \times 10^6 \text{CFU/ml}$ và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống bình giống cấp I.

b. Nhân giống cấp I

Giống *A. ferrooxidans* TNG13 được chuyển sang bình giống cấp I các tế bào thuần hóa pha log đã được cấy vào bình tam giác 500ml chứa 150ml môi trường 9K đạt nồng độ tế bào ban đầu là $1,0 \times 10^6$ CFU/ml và được ủ ở 30°C , lắc trên máy lắc tròn 200 vòng/phút trong 72 giờ. Các bình giống được nuôi trên máy lắc: 200 vòng/phút. Theo dõi, quan sát quá trình nhân giống. Kiểm tra khả năng sinh trưởng và độ thuần khiết (soi kính hiển vi). Giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $3,0 \times 10^6$ CFU/ml và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống bình giống cấp I.

c. Nhân giống cấp II

Chủng *A. ferrooxidans* TNG13 được tiếp giống 10% (mật độ giống ban đầu $3,0 \times 10^6$ CFU/ml) vào bình giống cấp II chứa môi trường 853 (Dung dịch A: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 3,0g; KCl 0,1g; KH_2PO_4 0,5g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5g; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,01g; nước cất 700ml; dung dịch B: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 44,22g; H_2SO_4 (1N) 10,0ml; nước cất 290ml, độ pH 1,8-2,5; khử trùng riêng 2 dung dịch và trộn đều lại trước khi bổ sung vào bình giống cấp II). Điều kiện nhân giống cấp II của chủng *A. ferrooxidans* TNG13 trên hệ thống Bioflo 110 dung tích 10 lít (New Brunswick Scientific-Mỹ), độ pH ban đầu 1,8-2,0; nhiệt độ 30°C ; Tốc độ khuấy 200 vòng/phút; tốc độ thổi khí 0,5 lít khí/1 lít môi trường/1 phút; Dầu phá bọt: bổ sung nếu cần thiết; Thời gian lên men: 72 giờ. Theo dõi, quan sát quá trình nhân giống. Kiểm tra khả năng sinh trưởng và độ thuần khiết (soi kính hiển vi). Giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $4,5 \times 10^6$ CFU/ml và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống vào hệ thống xử lý tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng.

(ii) Chuẩn bị mẫu tinh quặng sulfit-vàng (mỏ Trà Năng)

Mẫu quặng nguyên khai được thu thập từ bãi tập kết quặng mỏ Trà Năng (huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng). Thành phần khoáng vật mẫu quặng mỏ Trà Năng bao gồm: thạch anh ($\text{SiO}_2 \sim 60\%$), mica ($\sim 30\%$), chlorit ($\sim 5\%$) và sulfit-vàng ($\sim 5\%$). Các khoáng vật sulfit và vàng bao gồm: arsenopyrit, pyrit, galena, sphalerit, chalcopyrit và vàng tự sinh. Các hạt vàng kích thước μm thường nằm trong arsenopyrit, sphalerit, và pyrit (Hình 1). Mẫu quặng nguyên khai mỏ Trà Năng được đập nhỏ sau đó nghiền mịn (tỷ số lỏng/rắn = 0,75; tỷ lệ bi/mẫu = 6; thời gian 20 phút) đến cỡ hạt 0,074mm (74 μm). Sau đó, mẫu quặng đã nghiền được đưa đi tuyển trọng lực bằng bàn đãi nghiêng để thu hồi vàng và các khoáng vật sulfit. Hàm lượng trung bình một số nguyên tố chính trong quặng nguyên khai và quặng tinh được thể hiện như trong bảng 1. Hàm lượng Au và Ag trong mẫu quặng tinh được làm giàu lên lần lượt là 80,4 và 339 (g/t). Hàm lượng Fe và S lên

đến 15 và 10 %tl. Kết quả tính toán cho thấy rằng các khoáng vật sulfit chiếm khoảng 33,3 % trong mẫu tinh quặng và chủ yếu là arsenopyrit (20,6 %; Bảng 2).

Bảng 1. Hàm lượng một số nguyên tố chính trong quặng nguyên khai và tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng.

Nguyên tố	Au	Ag	Fe	As	Pb	Zn	Cu	S
Đơn vị	(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g/t)	(%)
Quặng nguyên khai	31,8	126	4,78	1,73	0,43	0,33	95	2,20
Tinh quặng	80,4	339	15,2	8,93	1,67	0,95	171	10,1

Bảng 2. Hàm lượng trung bình các khoáng vật sulfit trong mẫu tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng.

Khoáng vật	Công thức hóa học	Hàm lượng (%)
arsenopyrite	FeAsS	20,6
sphalerite	Zn(Fe)S	1,48
galena	PbS	1,90
pyrite	FeS ₂	9,30
chalcopyrite	CuFeS ₂	0,05
Tổng hàm lượng các khoáng vật sulfit		33,3

(iii) Xử lý tinh quặng sulfit-vàng sử dụng chủng vi khuẩn *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13

Sau khi trải qua quá trình nhân giống cấp II của chủng *A. ferrooxidans* TNG13, giống đạt được tiêu chuẩn sẽ được chuyển vào hệ thống hòa tách (quy mô 50kg/m³) tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng với tỉ lệ rắn/dịch là 1:3 (50kg quặng tinh /150lít dịch giống cấp II chủng *A. ferrooxidans* TNG13). Quá trình hòa tách quặng được duy trì ở độ pH 1,8- 2,5 bằng H₂SO₄ 10N, 30°C; tốc độ thổi khí 0,5 lít khí/1 lít môi trường/1 phút. Quá trình oxy hóa sulfit thành muối sulfate và hòa tan kim loại và Fe(II) được hình thành trong quá trình oxy hóa quặng và bị oxy hóa thành Fe(III). Do vậy, cứ sau 1 tuần dịch hòa tách quặng lại được thu hồi và lọc để loại bỏ tủa của kim loại trong quá trình oxy hóa, dịch sau lọc bỏ cặn kim loại được bổ sung giống cấp II của chủng *A. ferrooxidans* TNG13 đủ 150lít để bổ sung vào hệ thống hòa tách tinh quặng. Quá trình thu dịch và lọc cặn kim loại sẽ được lặp lại trong 3 tuần.

Sau 3 tuần xử lý quặng tinh sulfit-Au Trà Năng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13, toàn bộ tinh quặng được thu hồi và ly tâm với tốc độ 7000

vòng/phút trong 15 phút. Quặng tinh sulfit-Au sẽ được rửa với nước cho tới khi độ pH đạt 6,5-7,0. Tinh quặng sulfit-vàng sau hòa tách được thu hồi sau khi sấy ở 60°C cho tới trọng lượng không đổi.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ dưới đây chỉ nhằm minh họa các phương án thực hiện sáng chế mà không làm hạn chế phạm vi yêu cầu bảo hộ của giải pháp hữu ích.

Ví dụ 1: Hòa tách tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13

Sau khi trải qua quá trình nhân giống cấp II của chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13, giống đạt được tiêu chuẩn sẽ được chuyển vào hệ thống hòa tách (quy mô 50kg/mẻ) tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng với tỉ lệ rắn/dịch là 1:3 (50kg quặng tinh/150lít dịch giống cấp II chủng *A. ferrooxidans* TNG13). Quá trình hòa tách quặng được duy trì ở độ pH 1,8- 2,5 bằng H₂SO₄ 10N, 30°C; tốc độ thổi khí 0,5 lít khí/1 lít môi trường/1 phút. Quá trình oxy hóa sulfit thành muối sulfate và hòa tan kim loại và Fe(II) được hình thành trong quá trình oxy hóa quặng và bị oxy hóa thành Fe(III). Do vậy, cứ sau 1 tuần dịch hòa tách quặng lại được thu hồi và lọc để loại bỏ tủa của kim loại trong quá trình oxy hóa, dịch sau lọc bỏ cặn kim loại được bổ sung giống cấp II của chủng *A. ferrooxidans* TNG13 đủ 150lít để bổ sung vào hệ thống hòa tách tinh quặng. Quá trình thu dịch và lọc cặn kim loại sẽ được lặp lại trong 3 tuần.

Sau 3 tuần xử lý tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13, toàn bộ tinh quặng được thu hồi và ly tâm với tốc độ 7000 vòng/phút trong 15 phút. Tinh quặng sulfit-vàng sẽ được rửa với nước cho tới khi độ pH đạt 6,5-7,0. Tinh quặng sulfit-vàng sau hòa tách được thu hồi sau khi sấy ở 60°C cho tới trọng lượng không đổi.

Ví dụ 2. Đánh giá hiệu quả xử lý tinh quặng sulfit-vàng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13

a. Đánh giá về mặt tỷ trọng mẫu

Mẫu quặng tinh xử lý bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 được tiến hành lấy mẫu đánh giá theo từng tuần. Các mẫu được đúc vào khuôn, mài bóng, và được quan sát dưới kính hiển vi (Hình 3). Các hình 3A, 3B, và 3C cho thấy mật độ mẫu ở phần đáy trong khuôn đúc giảm dần theo thời gian xử lý, điều này tương ứng với tỷ mẫu quặng tinh giảm dần theo thời gian xử lý. Sau 3 tuần xử lý vi sinh, mẫu quặng tinh trở lên nhẹ hơn và xốp hơn. Các hình 3D, 3E, và 3F là ảnh chụp mẫu mài bóng dưới kính hiển vi. Tỷ lệ và kích thước các hạt sulfit

(các hạt sáng màu) cũng giảm dần theo thời gian xử lý. Điều này cho thấy, một phần hoặc toàn bộ các hạt sulfit đã bị hòa tan khỏi quặng tinh và đi vào dung dịch.

b. Đánh giá về mặt hàm lượng Au và một số nguyên tố chính

Hàm lượng Au và một số nguyên tố chính khác trong mẫu tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng chưa xử lý vi sinh và mẫu sau khi xử lý bằng vi sinh trong 3 tuần như trong Bảng 3.

Bảng 3. Hàm lượng vàng và một số nguyên tố chính khác và sự thay đổi của chúng trong mẫu tinh quặng sulfit-vàng ban đầu và mẫu tinh quặng sulfit-vàng sau 3 tuần xử lý bằng vi sinh.

Nguyên tố	Au	As	Pb	Zn	Fe	S
Đơn vị	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Tinh quặng chưa xử lý vi sinh	80,4	8,93	1,67	0,95	15,2	10,1
Tinh quặng sau 3 tuần xử lý vi sinh	111	7,76	1,99	0,82	14,2	9,2
Hiệu chỉnh làm hượng tinh quặng sau 3 tuần xử lý vi sinh theo vàng	80,4	5,62	1,44	0,59	10,3	6,6
Thay đổi hàm lượng	0	-3,31	-0,22	-0,36	-4,9	-3,4
Tỷ lệ thay đổi hàm lượng (%)	0	-37,0	-13,4	-37,7	-32,3	-34,2

Về mặt hàm lượng, ngoài vàng tăng đáng kể từ 80,4 lên 111 g/t, các nguyên tố khác tuy có thay đổi nhưng không đáng kể. Tuy nhiên, tỷ trọng cũng như trọng lượng mẫu sau 3 tuần xử lý vi sinh đã giảm do các khoáng vật sulfit bị hòa tan và đi vào trong dung dịch. Do đó, để tính toán được tỷ lệ các nguyên tố đã đi vào dung dịch, hàm lượng các nguyên tố trên đã được hiệu chỉnh dựa theo hàm lượng Au (không đổi trong quá trình xử lý). Theo đó, ngoài Pb có tỷ lệ thay đổi hàm lượng thấp (-13,4%), các nguyên tố khác như As, Zn, Fe, S đều có tỷ lệ thay đổi hàm lượng tương đối cao (-32 đến -38%). Do galena không chứa Fe và có hàm lượng S thấp cho nên tỷ lệ giảm hàm lượng thấp của Pb là hợp lý. Mặt khác, tỷ lệ giảm hàm lượng tương đối cao của As, Zn, Fe, và S cho thấy rằng các khoáng vật sulfit chứa các nguyên tố trên như arsenopyrite (FeAsS), sphalerite (Zn(Fe)S), và pyrite (FeS_2) đã bị hòa tan một phần trong quá trình xử lý vi sinh. Điều này tương ứng với việc xử lý quặng tinh sulfit-Au Trà Năng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 đạt hiệu quả.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 có khả năng oxy hóa Fe và S. Quy trình xử lý tinh quặng sulfit-vàng Trà Năng bằng chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 có tác dụng hòa tan một phần hoặc hoàn toàn các hạt sulfit nhằm giải phóng hoặc làm lộ ra các hạt vàng kích thước nhỏ (vài đến vài chục μm). Một phần các kim loại trong sulfit bị hòa tan và đi vào trong dung dịch làm cho trọng lượng mẫu và hàm lượng vàng trong mẫu tăng lên. Điều này giúp cho việc tiết kiệm năng lượng và hóa chất cho quá trình hòa tách và thu hồi vàng bằng hóa học. Bên cạnh việc tận thu các kiểu vàng khó xử lý, quy trình xử lý tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng còn có thể ứng dụng vào quy trình xử lý tinh quặng sulfit-vàng giàu. Với cách tiếp cận của quy trình là sử dụng các chủng vi sinh bản địa để xử lý tinh quặng của các mỏ vàng thay thế cho việc dùng hóa chất hay thiêu kết sẽ làm giảm chi phí cho khâu tiền xử lý quặng, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình tiền xử lý tinh quặng sulfit-vàng bằng chủng *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13 ứng dụng trong quá trình thu hồi vàng mỏ Trà Năng, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

(i) nhân giống vi sinh vật

a. hoạt hóa giống

hoạt hóa chủng vi khuẩn *A. ferrooxidans* TNG13 trên môi trường 9K lỏng, nuôi lắc 200 vòng/phút ở 30°C trong 72 giờ; giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $1,0 \times 10^6$ CFU/ml và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống bình giống cấp I;

b. nhân giống cấp I

nhân giống chủng *A. ferrooxidans* TNG13 trong bình tam giác 500ml chứa 150ml môi trường 9K đạt nồng độ tế bào ban đầu là $1,0 \times 10^6$ CFU/ml và được ủ ở 30°C, lắc trên máy lắc tròn 200 vòng/phút trong 72 giờ; giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $3,0 \times 10^6$ CFU/ml và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống bình giống cấp II;

c. nhân giống cấp II

nhân giống chủng *A. ferrooxidans* TNG13 vào bình giống cấp II chứa môi trường 853 trên hệ thống Bioflo 110 dung tích 10 lít (New Brunswick Scientific-Mỹ), độ pH ban đầu 1,8-2,0; nhiệt độ 30°C; tốc độ khuấy 200 vòng/phút; tốc độ thổi khí 0,5 lít khí/1 lít môi trường/1 phút; dầu phá bọt (bổ sung nếu cần thiết); thời gian lên men: 72 giờ; giống sinh trưởng tốt mật độ đạt $4,5 \times 10^6$ CFU/ml và không nhiễm được sử dụng để tiếp giống vào hệ thống xử lý tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng;

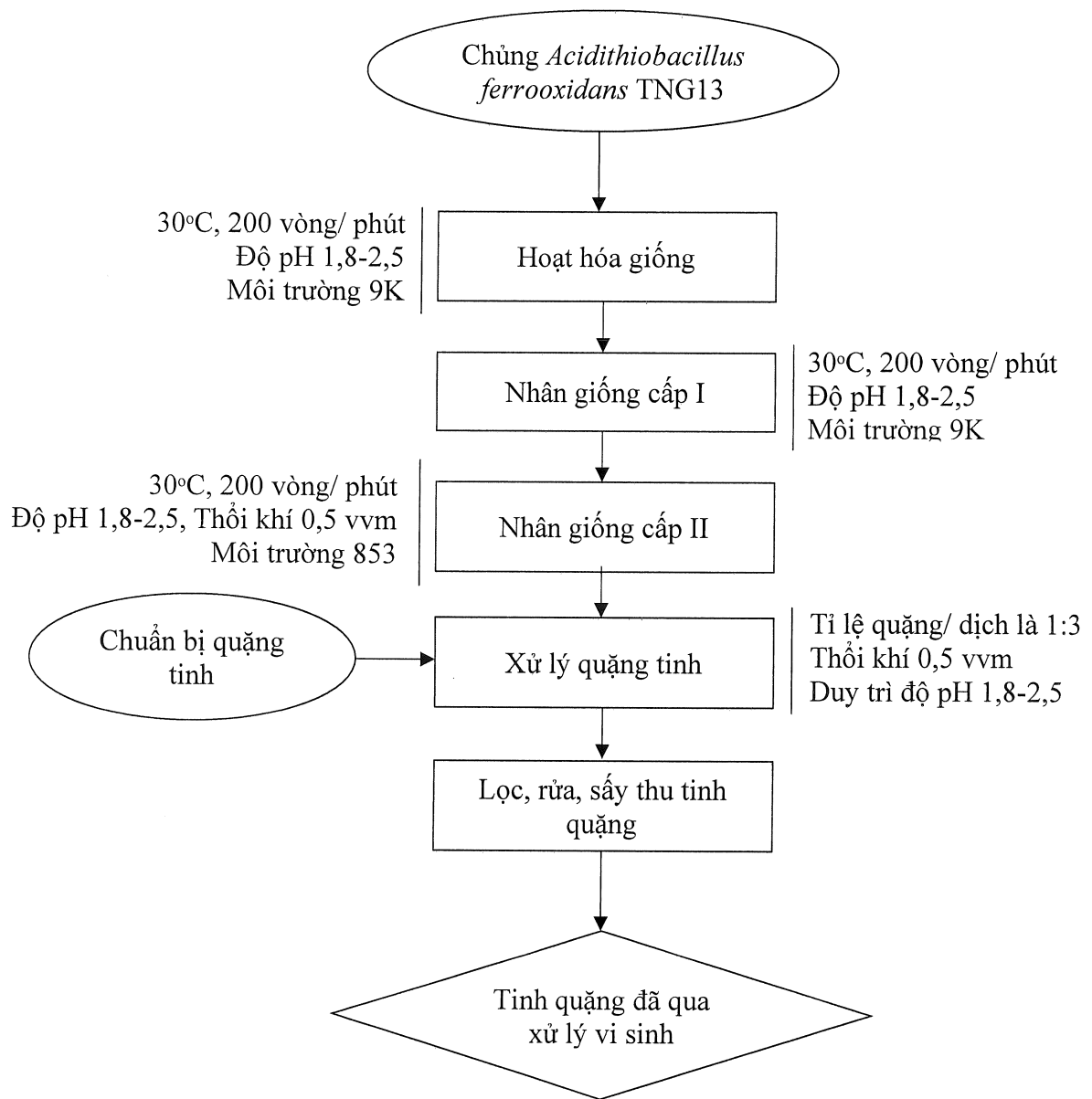
(ii) chuẩn bị mẫu tinh quặng sulfit-vàng

chuẩn bị quặng nguyên khai được thu thập từ bãi tập kết quặng mỏ Trà Năng (huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng); đập nhỏ mẫu quặng nguyên khai mỏ Trà Năng sau đó nghiền mịn (tỷ số lỏng/rắn = 0,75; tỷ lệ bi/mẫu = 6; thời gian 20 phút) đến cỡ hạt 0,074mm (74µm); sau đó, đưa mẫu quặng đã nghiền được đi tuyển trọng lực bằng bàn đãi nghiêng để thu hồi vàng và các khoáng vật sulfit; và

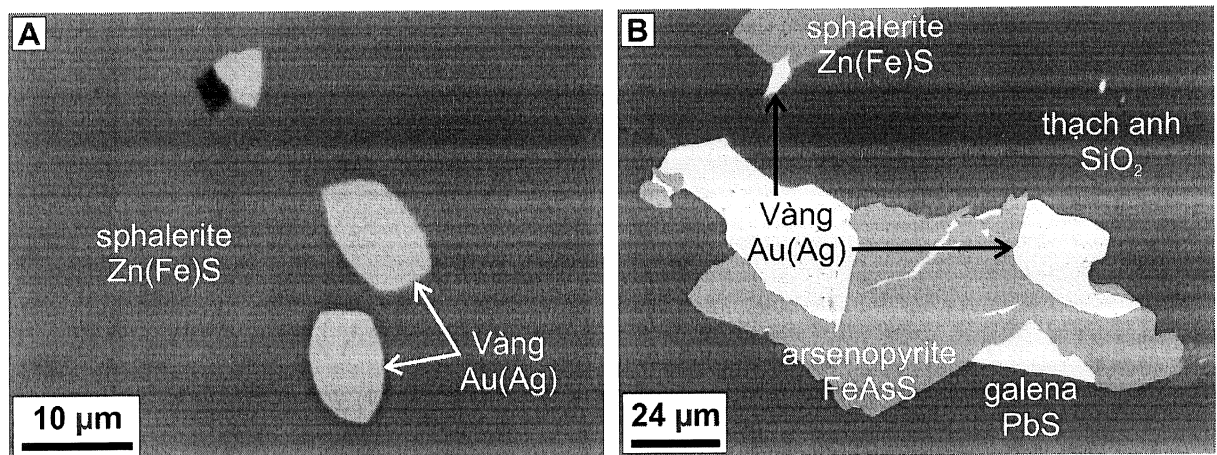
(iii) xử lý tinh quặng sulfit-vàng sử dụng chủng vi khuẩn *Acidithiobacillus ferrooxidans* TNG13

xử lý tinh quặng sulfit-vàng mỏ Trà Năng quy mô 50kg/mẻ bằng cách bổ sung dịch giống cấp II chủng *A. ferrooxidans* TNG13 vào tinh quặng sulfit-vàng

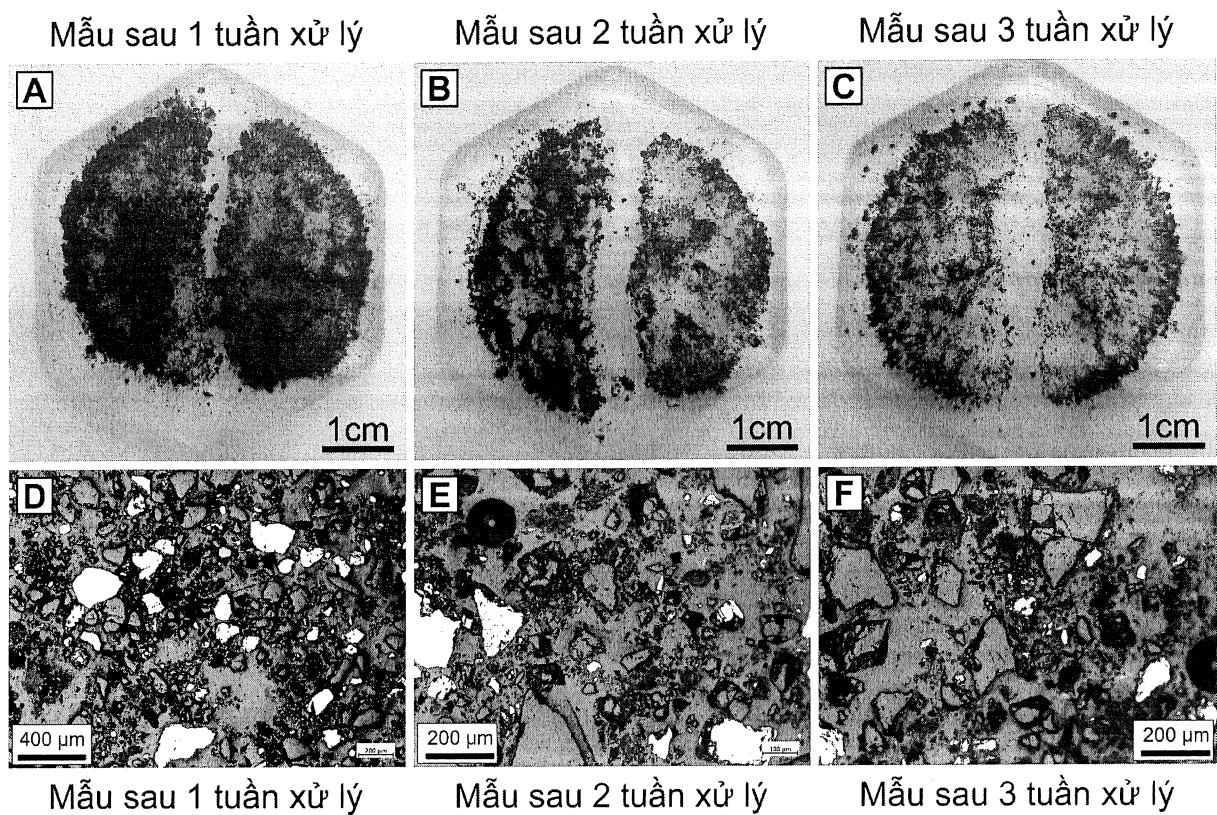
với tỉ lệ rắn/dịch là 1:3; quá trình hòa tách quặng được duy trì ở độ pH 1,8-2,5 bằng H_2SO_4 10N, nhiệt độ 30°C ; tốc độ thổi khí 0,5 lít khí/1 lít môi trường/1 phút; sau 1 tuần dịch hòa tách quặng lại được thu hồi và lọc để loại bỏ tủa của kim loại trong quá trình oxy hóa, dịch sau lọc bỏ cặn kim loại được bổ sung giống cấp II của chủng *A. ferrooxidans* TNG13 để bổ sung vào hệ thống hòa tách tinh quặng; quá trình thu dịch và lọc cặn kim loại sẽ được lặp lại trong 3 tuần; sau đó, toàn bộ tinh quặng được thu hồi và ly tâm với tốc độ 7000 vòng/phút trong 15 phút; rửa quặng tinh sulfit-Au với nước cho tới khi độ pH đạt 6,5-7,0; tinh quặng sulfit-vàng sau hòa tách được thu hồi sau khi sấy ở 60°C cho tới trọng lượng không đổi.



Hình 1



Hình 2



Hình 3