

Cu^{2+} , Zn^{2+} 이 *Thiobacillus ferrooxidans*의 철산화활성에 미치는 영향

김은경, 김현일, 리영철

철류황산화세균(*Thiobacillus ferrooxidans*)은 철과 류황을 에너지를원으로 하는 자양성 세균으로서 유색금속의 미생물침출과 난처리성금광석의 전처리에 많이 이용되고있는 미생물이다.[1] 세균을 생산에 이용하자면 세균의 작용에 의해 해당 광석이 산화되면서 용해되는 여러가지 유해로운 금속이온들에 대하여 세균이 높은 저항성을 가져야 한다.

그러므로 우리는 Cu^{2+} , Zn^{2+} 이 철류황산화세균의 활성화에 미치는 영향을 연구하였다.

재료와 방법

균주로는 지구광산의 갱수에서 분리하여 오랜 기간 pH 1.5 ± 0.2 의 9K배지에서 방향성배양을 하고 지구류화철광석에서 순화시켜온 *T. ferrooxidans*-02(이하 T.f-02)균을, 배지로는 9K액체배지($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 3.0g, K_2HPO_4 0.5g, KCl 0.1g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.01g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 44.3g, 증류수 1 000mL, pH 1.5)를 이용하였다.

균배양과 철산화실험은 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(150 \pm 20)\text{r/min}$ 의 왕복식진탕기에서 진행하였다.

*T. ferrooxidans*는 Fe^{2+} 을 Fe^{3+} 로 산화시키는 균으로서 그 활성화는 Fe^{2+} 의 감소나 생성되는 Fe^{3+} 량으로 평가한다. 그러므로 우리는 Cu^{2+} , Zn^{2+} 의 영향을 CuSO_4 과 ZnSO_4 을 배지에 각이한 양으로 넣은 다음 활성화된 T.f-02균을 배지의 10% 되게 접종하고 Fe^{2+} 의 감소정도를 평가하는 방법으로 보았다.

Fe^{2+} 함량은 중크롬산칼리움적정법[2]으로 측정하였다.

결과와 논의

일반적으로 T.f-02균의 활성화에 부정적인 영향을 주는 금속이온들로는 Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , U^{6+} , Zn^{2+} 등을 들수 있다.[3] 우리가 실험에 이용하고있는 류화철광석에는 Ni가 미량으로 들어있고 Co와 U는 포함되어있지 않으며 Cu와 Zn이 각각 0.432, 0.420% 들어있다. 이로부터 우리는 Cu와 Zn이 철류황산화세균의 활성화에 미치는 영향을 검토하였다.

먼저 Cu^{2+} 이 T.f-02균의 활성화에 미치는 영향을 보았다.(그림 1)

그림 1에서 보는바와 같이 Cu^{2+} 함량이 높아질수록 균의 철산화정도가 점점 약화되어 Cu^{2+} 함량이 12g/L일 때는 배지속의 Fe^{2+} 이 8g/L이상 감소되는 시간이 70h근방으로서 대조(순수한 9K배지에서 배양)의 40h에 비하여 30h정도 길어졌다. 이 곡선에서 특징적인것은 Fe^{2+} 감소가 급격히 진행되기 전단계까지의 시간이 Cu^{2+} 함량이 높아질수록 더 길어진것이며 그

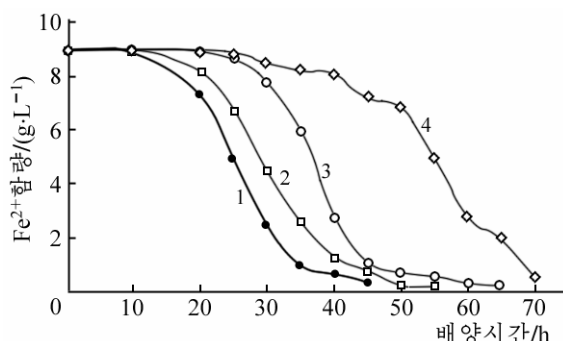


그림 1. Cu^{2+} 이 T.f-02균의 활성에 미치는 영향
1-대조, 2-4는 Cu^{2+} 의 농도가 각각
3, 6, 12g/L일 때

다음 Zn^{2+} 이 T.f-02균의 Fe^{2+} 산화에 미치는 영향을 검토하였다.(표 1)

표 1에서 보는바와 같이 Zn^{2+} 도 Cu^{2+} 과 마찬가지로 농도가 높아질수록 균의 유도기가 길어지는 경향성은 보여주었지만 15g/L까지의 농도에서는 그 영향이 그리 크지 않았다. 따라서 Zn^{2+} 은 이 균의 활성에 큰 영향을 주지 않는다고 볼수 있다.

다음으로 Cu^{2+} 과 Zn^{2+} 이 함께 배지속

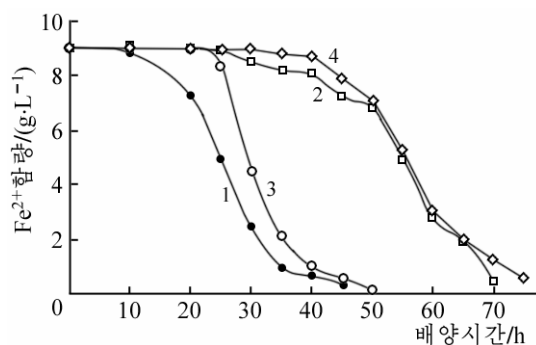


그림 2. T.f-02균의 활성에 미치는
 Cu^{2+} 과 Zn^{2+} 의 영향
1-대조, 2- Cu^{2+} 12g/L, 3- Zn^{2+} 15g/L,
4- Cu^{2+} 12g/L+ Zn^{2+} 15g/L

이 후단계에서는 Cu^{2+} 량에 관계없이 거의 비슷한 경향성이 나타난것이다. 이것은 균의 유도기가 Cu^{2+} 함량이 높아질수록 연장되며 12g/L까지의 농도에서는 균이 일정한 시간이 지나면 거기에 적응된다는것을 말해준다. 일반적으로 Cu^{2+} 은 효소의 $-\text{SH}$ 기와 결합하여 효소활성을 제거하거나 대사중간산물과 결합하여 대사를 저해하는것으로 알려져있다. 그러나 T.f-02균은 주위매질의 Cu^{2+} 농도가 높을 때 대사경로를 변경시키거나 조절하여 새 환경에 적응한다.[3]

표 1. Zn^{2+} 이 T.f-02균의 활성에 미치는 영향

배양 시간/h	Fe^{2+} 함량 /(g·L ⁻¹)			
	대조	Zn^{2+} 5g/L	Zn^{2+} 10g/L	Zn^{2+} 15g/L
0	9.02±0.08	9.02±0.08	9.02±0.08	9.02±0.08
10	8.86±0.12	8.90±0.09	9.03±0.10	9.02±0.27
20	7.28±0.28	7.46±0.22	8.02±0.09	9.03±0.18
25	4.90±0.09	4.96±0.11	5.21±0.09	8.42±0.15
30	2.43±0.11	2.37±0.18	2.56±0.18	4.57±0.08
35	0.96±0.09	0.97±0.12	1.12±0.12	2.13±0.18
40	0.67±0.07	0.62±0.08	0.69±0.18	1.02±0.21
45	0.32±0.08	0.39±0.09	0.43±0.11	0.58±0.05
50			0.14±0.08	0.21±0.02

에 들어있을 때 T.f-02균의 활성을 검토하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는것처럼 Cu^{2+} 과 Zn^{2+} 이 함께 배지속에 들어있을 때 T.f-02균의 활성에 주는 영향은 유도기가 조금 길어질뿐 Cu^{2+} 이 단독으로 들어있을 때와 거의 비슷하였다. 그러므로 이 균을 근지구광석에 적응시킬 때 일정한 광액농도까지는 Cu^{2+} 을 위주로 적응시켜도 된다고 볼수 있다.

맺 는 말

1) Cu^{2+} 함량이 높아질수록 T.f-02균의 유도기가 연장되며 따라서 Fe^{2+} 을 산화시키는 시간이 길어진다. 이 균은 Cu^{2+} 함량이 12g/L일 때 9K배지속에 들어있는 Fe^{2+} 을 약 70h동안에 90%이상 산화시킨다.

2) Zn^{2+} 은 T.f-02균의 활성에 큰 영향을 주지 않는다.

참 고 문 헌

- [1] V. T. Conic et al.; Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 24, 3688, 2014.
- [2] 玛秀范 等; 洛阳工学院学报, 16, 3, 88, 1995.
- [3] 张分文 等; 江西铜业工程, 3, 34, 1998.

주제 105(2016)년 7월 5일 원고접수

The Effects of Cu²⁺, Zn²⁺ on Iron-Oxidizing Activities of *Thiobacillus ferrooxidans*

Kim Un Gyong, Kim Hyon Il and Ri Yong Chol

We studied the effects of Cu²⁺, Zn²⁺ on iron-oxidizing activities of iron-sulfur oxidizing bacterium.

The higher amount of Cu²⁺ gets, the induction period of *T. ferrooxidans*-02 increases, therefore delays time to oxidize Fe²⁺.

This bacterium oxidizes Fe²⁺ contained in the 9K medium more than 90% for about 70h when the amount of Cu²⁺ is 12g/L.

Zn²⁺ has few effects on the activity of *T. ferrooxidans*-02.

Key words: *Thiobacillus ferrooxidans*, Cu²⁺, Zn²⁺