

کاربرد میکروارگانسیم های گرمادوست اعتدالی در فروشویی

زیستی مس از کانسنگ های معدن مس سرچشمه

بهرام ناصرزاد

مهسا رزاق نیا

سید عباس شجاع الساداتی

بابک بنکدارپور

چکیده

در این تحقیق کشت مخلوطی از میکروارگانسیم های گرمادوست اعتدالی از سنگ های معدن مس سرچشمه جداسازی و مورد مطالعه شده است. پس از تعیین دما و pH بهینه فعالیت کشت، نقش آن در آزادسازی مس از نمونه های خاک دامپ کم عیار و خاک مس به دست آمده از معدن سرچشمه بررسی شد. در نهایت، نتایج حاصل با داده های به دست آمده از تأثیر یک کشت مزوفیل جداسازی شده از کانی های همان معدن مقایسه شده است. بررسی ها حاکی از افزایش سرعت واکنش های شیمیایی و میکروبی با افزایش دما و کاربرد گرما دوست های اعتدالی است. همچنین برای هر دو کشت گرما دوست اعتدالی و مزوفیل کاهش توانایی آزاد سازی مس از خاک مس در مقایسه با خاک دامپ کم عیار مشهود است.

کلمات کلیدی

فروشویی زیستی، گرما دوست های اعتدالی، کانی های مس، استخراج مس

Bioleaching of Sarcheshmeh Copper Ores by Moderately Thermophilic Microorganisms

M.Razaghnia

B.Nasernejad

B.Bonakdarpour

S.A.Shojaossadati

Abstract

In this research, study has been conducted on a mixed culture of moderately thermophilic microorganisms isolated from Sarcheshmeh mine copper ores. After determining optimal temperature and pH pertaining to the activity of culture, its role in copper recovery from samples of low-grade dump ore and Copper ore obtained from Sarcheshmeh mine, was assessed. Finally, these data were compared with the recovery attained from a mesophilic culture isolated from the same mine.

The results revealed that, application of the moderate thermophiles resulted in an increase in the rate of chemical and microbial reactions. Also, both the moderately thermophilic and mesophilic cultures, showed a lower capability of copper recovery from the copper ore compared with the low-grade dump ore.

Key words

Bioleaching, Moderate Thermophiles, Isolation, Copper ore, Copper extraction.

صنعت معدن در سال های اخیر با مشکلات فراوانی مواجه بوده است که از جمله مهمترین آن ها می توان به هزینه رو به رشد استخراج و نگرانی شدید عمومی نسبت به آلودگی های جوی اشاره کرد. متأسفانه این حقیقت نیز که منابع کانی با عیار بالا در جهان رو به کاهش است، بر وخامت اوضاع افزوده است و برای این نگاهی جدی را به ذخایر کانی های با عیار پایین و کانی های مقاوم که عملیات به روش های معمول بر روی آنها امکان پذیر یا اقتصادی نیست طلب می کند. از سویی باید توجه داشت که روش های استخراج باکتریایی نه تنها نقایص روشهای معمول حرارتی (پیرومتالورژی) مانند هزینه بالای مصرف انرژی و جداسازی آلاینده های جوی را در بر ندارد بلکه از فواید بسیاری چون کارایی فرآیند بر روی تغلیظ یافته های مقاوم و یا کانی های با عیار پایین سود می برد. از سویی دیگر به رغم مزایای بسیار، روش باکتریایی مشکل آهستگی سرعت واکنش ها را در بردارد [۱،۲]. همین امر به همراه لزوم بهره گیری میکروارگانیسم ها در مقیاس های صنعتی مانند روش توده ای (Dump) و کپه ای (Heap) که همواره با افزایش شدید دماهای داخلی (بالتر از حد تحمل مزوفیل ها) مواجهند و نیز عدم توانایی مزوفیل ها در فروشویی مس از کانی های مقاوم (Recalcitrant) کالکوپیریت [۴] سبب تحقیقات وسیعی در زمینه کاربرد میکروارگانیسم های گرما دوست شده است. در این ارتباط می توان گفت ایران دارای معادنی است که حاوی کانی های سولفیدی کم عیار مس (۰/۵-۰/۷٪) است، به طوری که ۴۵-۳۵٪ این مقدار خود از کالکوپیریت تشکیل یافته است.

با این حال ذکر این نکته ضروری است که مرور تحقیقات [۳] گویای آن است که برتری یا عدم برتری کاربرد گرمادوست هانسبت به کاربرد مزوفیل ها تابع شرایط محیطی و معدن شناسی کانی است و مطالعات باید بطور موردی صورت گیرد [۵]. در این پژوهش که بر روی کانی های معدن مس سرچشمه صورت گرفته است، ابتدا یک کشت مخلوط گرمادوست اعتدالی از سنگهای همین معدن جداسازی شد و پس از تعیین دما و pH بهینه عملکرد کشت، توانایی آن در آزادسازی مس از دو نوع خاک بررسی و نتایج با عملکرد یک کشت مزوفیل مقایسه شده است.

۱- مواد و روشها

۱-۱- جداسازی کشت مخلوط گرما دوست اعتدالی

برای این منظور، ابتدا تعدادی از سنگ های خرد شده معدن مس سرچشمه برای پیش تیمار به مدت دو هفته در محیط آب و اسید سولفوریک با pH برابر با ۱-۲ و در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند که پس از مدت مذکور، حضور میکروارگانیسم ها با مشاهده میکروسکوپی تأیید شده. که مقادیر مذکور مطابق محدوده دما و pH جداسازی تعریف شده برای این دسته از میکروارگانیسم ها در مراجع مختلف انتخاب شده است. سپس برای غنی سازی، به دو ارلن ۲۵۰ cc حاوی ۱۵۰ cc محیط کشت مایع 9K [Y] (باتر کیب) (۴۴/۲، FeSO₄·7H₂O، ۰/۰۱، CaNO₃، ۰/۰۵، MgSO₄·7H₂O، ۰/۰۵، K₂HPO₄، ۰/۱، KCl، ۳، (NH₄)₂SO₄) (gr/l)؛ عصاره مخمر (به منظور تشویق رشد میکروارگانیسم های گرمادوست اعتدالی)، ۲ گرم خاک کالکوپیریت و به دوارلن دیگر با محتوای مشابه، ۲ گرم خاک دامپ کم عیار معدن سرچشمه اضافه و ۱۰ میلی لیتر از محلول قبلی به آنها تلقیح شد. pH با استفاده از اسید سولفوریک ۵ مولار بین ۱/۷-۱/۵ تنظیم و ارلن ها به مدت یک هفته در انکوباتور ۴۵ درجه قرار داده شدند. پس از آن محتوای ارلن ها، که بر اثر اکسید شدن یون فرو به رنگ نارنجی - قهوه ای درآمده بودند با یکدیگر مخلوط و به عنوان منبع میکروبی مادر در ۴ درجه نگهداری شد. نمونه هایی از این منبع میکروبی تهیه و با دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) بررسی شد. به طور کلی میکروارگانیسم های گرمادوست اعتدالی تقریباً همه از نوع باکتری میله ای شکل و با اندازه حدود چند میکرون هستند و از نظر تغذیه ای در گروه کمولیتو اتوتروف های اختیاری قرار می گیرند. این باکتری ها در دو دسته کلی سولفوباسیلوس ها و دیگری دسته ای که تنها با اسم کد نام گذاری شده اند (TH1, TH2, ...) جای می گیرند. مطابق تصاویر دستگاه میکروسکوپ الکترونی، اجزای این کشت مخلوط از لحاظ شکل و اندازه کاملاً با مشخصات تعریف شده برای این میکروارگانیسم ها مطابقت داشته اند.

۲-۱- بررسی اثر دما و pH بر فعالیت کشت

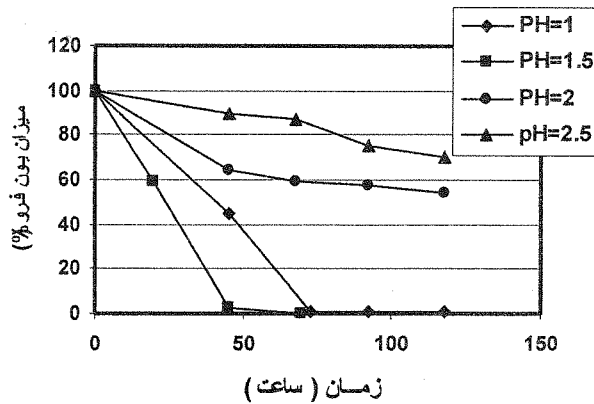
از آن جایی که برای آزمایش های آزادسازی مس نیاز به شرایط عملیاتی بهینه بود، برای همین دو پارامتر مستقل دما و pH بهینه سازی شد. بدین منظور توانایی میکروارگانیسم ها در اکسیداسیون یون فرو موجود در محیط کشت 9K و تبدیل آن به یون فریک به عنوان شاخصی از عملکرد باکتری ها در نظر گرفته شده است. ابتدا برای نمونه در دو دمای ۵۰ و ۵۵ درجه سانتیگراد، pH بهینه فعالیت کشت تعیین شد. در این حالت، ارلن های ۲۵۰ cc حاوی ۱۰۰ cc محیط 9K با چهار pH اولیه مختلف از ۱ تا ۲/۵ آماده (برای هر pH، دوارلن در نظر و در نهایت میانگین نتایج در نظر گرفته شد) و پس از تلقیح ۵ cc محلول میکروبی تازه با جمعیت حداقل (cell/ml) 10^7 در انکوباتور دارای لرزاننده (Shaker Incubator) و در دماهای ۵۰ و ۵۵ درجه انکوباسیون صورت گرفت. پس از نمونه گیری های لازم، غلظت فرو در محیط به روش رنگ سنجی و با استفاده از معرف ۱۰ و ۱۰- فنانترویلین با زمان تعیین و مطابق نتایج (شکل های (۱) و (۲))، pH برابر با ۱/۵ به عنوان pH بهینه انتخاب شد. بعد از آن بهینه سازی دمایی صورت گرفت. برای این منظور، ارلن هایی با محتوای مشابه قبل و با pH اولیه ۱/۵ تهیه و پس از تلقیح ۵ cc محلول میکروبی تازه، انکوباسیون در دماهای ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ درجه (برای هر دما از دو ارلن استفاده و نتیجه نهایی از میانگین نتایج آنها حاصل شد) به انجام رسید. مطابق نتایج (شکل (۳)) دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به عنوان دمای بهینه انتخاب شد. بنابراین در آزمایش های بعدی، دمای ۵۰ C و pH=۱/۵ به عنوان دما و pH عملیاتی در نظر گرفته شد. رشد باکتری ها در این دما و pH نیز نسبتاً سریع بود به طوری که کشت پس از گذشت حدود ۴۰ ساعت به دوره رشد نمایی خود می رسید.

۳-۱- آزمایش های انجام شده بر روی خاک

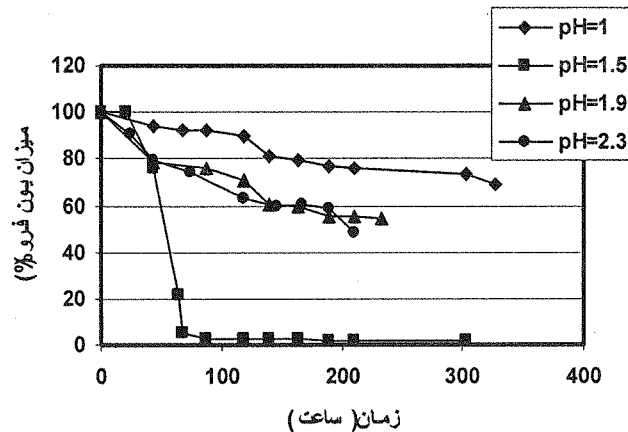
در این تحقیق، بررسی آزادسازی مس از خاک دامپ کم عیار و خاک مس به دست آمده از معدن سرچشمه صورت گرفته است. مشخصات این خاک ها که تا ۲۰۰- مش آسیاب شده اند، در جدول (۱) آمده است. برای بررسی هر خاک، به دوارلن ۲۵۰ cc حاوی ۱۰۰ cc محیط کشت مایع 0.9K (که میزان آهن فروری آن ۰/۱ برابر محیط 9K است) همراه با ۰/۰۲٪ عصاره مخمر، مقدار ۳ گرم خاک اضافه شد. به ارلن اول، ۵ cc محلول میکروبی با جمعیت حداقل (cell/ml) 10^7 و به ارلن دوم به عنوان شاهد، ۵ cc محلول (V/V) ۰/۵٪ فرمالین در اتانل به منظور ایجاد شرایط استریل افزوده شد. نمونه ها در دما و pH بهینه فعالیت کشت در انکو باتور دارای لرزاننده قرار گرفت و پس از نمونه برداری های لازم، غلظت کل مس محلول با دستگاه بیناب نگار جذب اتمی در طول زمان مشخص شد. جواب ها نهایتاً با داده های حاصل از آزمایش های مشابه با کشت مزوفیل [۶] مقایسه شد. کشت مزوفیل مذکور که بیشتر از جنس تیوباسیلوس است، در یک کار پژوهشی از سنگ های همین معدن جداسازی و دما و pH بهینه عملکرد آن نیز تعیین شده بود.

جدول (۱): مشخصات خاکهای مورد مطالعه.

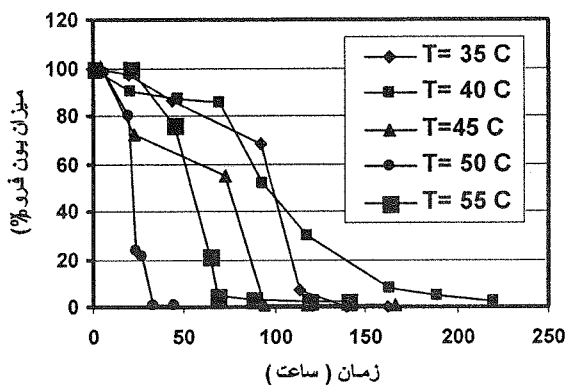
نوع خاک	تجزیه شیمیایی				معدن شناسی						
	Cu%	CuO %	Fe%	Mo %	کانی های فلزی (%)					کانی های غیر فلزی (%)	
					کالکوسیت	کولیت	کالکوپیریت	پیریت	پورنیت		سایر
دامپ کم عیار	۰/۲۵	۰/۱۳	۴/۳۸	۰	۰/۱۰۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۷/۴۶۱	۰	۱۵۸۷	۸۹/۵۳۲
خاک مس	۱/۰۷	۰/۰۵	۴/۸۲	۰/۰۴۱	۰/۲۷۵	۰/۰۹۱	۲/۱۳۳	۸/۴۲۲	۰/۰۰۲	۱۶۳۱	۸۸/۳۴۹



شکل (۱) اکسیداسیون فروید در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و مختلف pH.



شکل (۲) اکسیداسیون فروید در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد و مختلف pH.

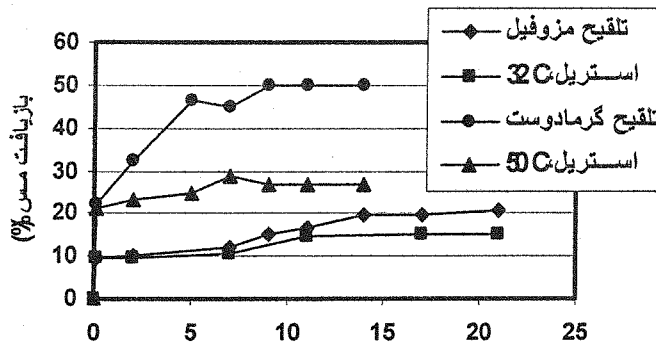


شکل (۳) اکسیداسیون فروید در دماهای مختلف و pH=1/5.

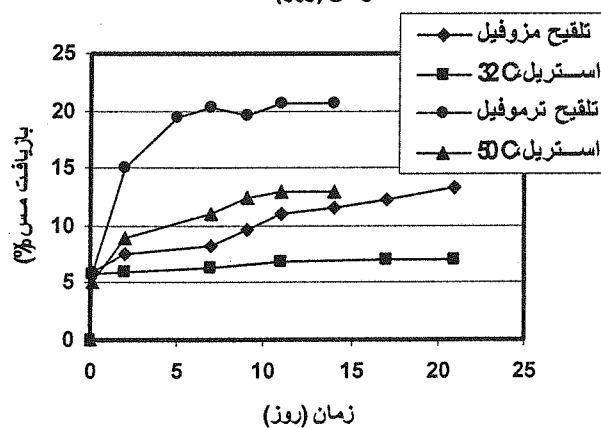
۲- نتایج و بحث

آزمایش های آزادسازی مس به برای بررسی توانایی مخلوط میکروبی جداسازی شده در فروشویی مس از خاک دامپ کم عیار و خاک مس و در نهایت مقایسه عملکرد گرما دوست های اعتدالی با مزوفیل ها انجام گرفته است نتایج به دست آمده برای خاک دامپ کم عیار در شکل (۴) و برای خاک مس در شکل (۵) خلاصه شده است. در اینجا آزادسازی مس بر اساس درصد بازیافت مس و با توجه به درصد مس موجود در خاک (مطابق تجزیه شیمیایی خاک) بیان شده است. مطابق نتایج حاصل، کاهش توانایی آزادسازی مس از خاک دامپ کم عیار نسبت به خاک مس برای هر دو کشت کاملاً

مشهود است. دلیل را شاید بتوان به افزایش درصد فلزهای مس و مولیبدن که برای میکروارگانیزم‌های مؤثر در فروشویی از یون های فلزی سمی به شمار می‌روند نسبت داد. علت احتمالی دیگر می‌تواند افزایش درصد وزنی ماده معدنی مقاوم کالکوپیریت باشد. با این وجود، می‌توان ادعا کرد که با کاربرد دماهای بالاتر از معمول و استفاده از میکروارگانیزم‌های گرما دوست اعتدالی، به دلیل افزایش سرعت واکنش های شیمیایی و میکروبی بازیابی بهتری برای فلز مس حاصل شده است.



شکل (۴) نتایج آزادسازی مس از خاک دامپ کم عیار.



شکل (۵) نتایج آزادسازی مس از خاک مس سرچشمه.

مراجع

- [1] Ballester, A., Gonzalez, F., Blazques, M.L. and Mier, J.L., "The Influence of Various Ions in the Bioleaching of metal Sulphides.", *Hydrometallurgy*, 23, P.221, 1990.
- [2] Barret, J., Hughes, M.N., Karavaiko, J. and Spencer, P.A., *Metal Extraction by Bacterial Oxidation of Minerals*, Ellis Horwood Limited, New York, 1993.
- [3] Brierley, J.A. and Brierley, C.L., "Microbial Leaching of Copper at Ambient and Elevated Temperatures", in: *Metallurgical Applications of Bacterial Leaching and Related Microbiological Phenomena*, Murr, L.E., Torma, A.E. and Brierley, J.A. (eds), Academic Press, New York, P.477, 1978.
- [4] Brock, T.D., *Thermophiles: General, Molecular, and Applied Microbiology*, Wiley, New York, 1986.
- [5] Lorenzo, P., Gomez, E., Isabel de Sioniz, M., Ballester, A. and Perera, J., "Chalcopyrite Bioleaching and Thermotolerance of Three Acidophilic, Ferrous-Oxidizing Bacterial Isolates", *Biotechnology Letters*, 19(12), P.1197, 1997.
- [6] Nasernejad, B., Kaghazchi, T., Edrisi, M. and Sohrabi, M., "Bioleaching of Molybdenum from Low-Grade Copper Ore", *Process Biochemistry*, 35, P.437, 2000.
- [7] Silverman, M.P. and Lundgren, D.G., *J. Bacteriol.*, 77, P. 642, 1959