

سازگاری جدایه‌های آرکی باکترهای جدید ترموفیل سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمبیولنس نسبت به پتانسیل اکسیداسیون احیای بالا برای استحصال مولیبدن

مهشید روشنی^{۱*}، سیدعباس شجاع الساداتی^۲، سیدجابر صفدری^۱، کاظم میرجلیلی^۱، پریسا تاجر محمد قزوینی^۱
۱. پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۱۱۳۶۵-۸۴۸۶، تهران - ایران
۲. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۴۸۳۸، تهران - ایران
***Email:** mroshani@aeoi.org.ir

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۴/۱۵

چکیده

مولیبدن فلزی با عدد اتمی ۴۲ متعلق به گروه ششم جدول تناوبی عناصر است. این عنصر در صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد. کانی مولیبدنیت با فرمول MoS_2 ، مهم‌ترین کانی مولیبدن است. برای استخراج مولیبدن، از روش‌های مختلف لیچینگ استفاده می‌شود. یکی از روش‌ها، بیولیچینگ است. با توجه به این که برای استحصال مولیبدن، علاوه بر اعمال سایر شرایط مخصوص لیچینگ، نیاز به پتانسیل بالا می‌باشد، تمرکز کار روی سازگاری باکتری‌ها نسبت به پتانسیل بالا بود. در این پژوهش به منظور استفاده از روش بیولیچینگ برای استحصال مولیبدن از کانی آن، آرکی باکترهای ترموفیل بومی سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمبیولنس که از معدن نارگان جداسازی شده و در سایت NCBI ثبت شدند، به صورت مرحله‌ای نسبت به تحمل پتانسیل بالا، سازگاری شدند. نتیجه‌ی سازگاری مثبت بوده و آرکی باکترها توانستند پتانسیل‌های بالاتر از ۱۰۰۰ میلی ولت را تحمل کرده و نرخ رشد و تکثیر مناسبی داشته‌اند. در ادامه از این آرکی باکترها برای بیولیچینگ سنگ معدن نارگان به منظور استحصال مولیبدن استفاده شد. به دلیل این که بازیابی مولیبدن وابستگی شدیدی به پتانسیل دارد لذا با افزایش پتانسیل از ۴۰۰ میلی ولت به ۱۰۰۰ میلی ولت، بازیابی تا ۸۰٪ افزایش یافت، در صورتی که با باکتری‌های سازگار نشده، بازیابی مولیبدن تنها ۴۳٪ بود.

کلیدواژه‌ها: سولفولوبوس سولفاتاریکوس، اسیدیانوس آمبیولنس، کانی مولیبدنیت، استحصال مولیبدن، آرکی باکتر

Adaptation of Archaeobacterial isolates of New Thermophilic *Sulfolobus solfataricus* and *Acidianus ambivalens* to the High Redox Potential for Molybdenum Extraction

M. Roshani^{1*}, S.A. Shojaosadati², S.J. Safdari¹, K. Mirjalili¹, P. Tajer Mohammad Ghazvini¹

1. Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-8486, Tehran – Iran
2. Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, P.O. Box: 14155-4838, Tehran-Iran

Research Article

Received 6.5.2019, Accepted 6.7.2019

Abstract

Molybdenum metal with atomic number 42 belongs to the sixth group of the periodic table of elements. This element has many usages in various industries. The most important molybdenum mineral is molybdenite (MoS_2). Different leaching methods are used for the extraction of molybdenum. One of the methods is bioleaching, which requires a high potential for extraction of molybdenum, in addition to applying other special leaching conditions. In this study, in order to use a bioleaching method for extraction of molybdenum from its mineral, the native thermophilic archaeobacteria of *Sulfolobus solfataricus* and *Acidianus ambivalens* were isolated from the Narigan mine and registered on the NCBI site, also they were gradually adapted for resistance against to the high potential. The result of the adaptation was positive and archaeobacteria were able to resist potentials higher than 1000 mV and had a good growth and proliferation rate. In the following, these archaeobacteria have been used for the bioleaching of the Narigan ore for the extraction of molybdenum. Because molybdenum recovery has a strong dependency on the redox potential, recovery was increased to 80%. By increasing the potential from 400 mV to 1000 mV. While the molybdenum recovery was 43% by non-adapted bacteria against high potential.

Keywords: *Sulfolobus solfataricus*, *Acidianus ambivalens*, Molybdenite mineral, Molybdenum Extraction, archaeobacteria



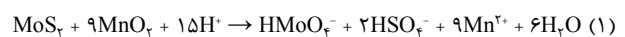
۱. مقدمه

اکسیدکننده، حاصل می‌شود. برای به‌دست آوردن بازیابی مناسب باید پتانسیل دوغاب حاصل از لیچینگ، بالای ۱۰۰۰ میلی‌ولت باشد. هم‌چنین اعمال دمای بالا و استفاده از غلظت بالای اسید برای بازیابی مولیبدن، ضروری است. به این منظور تعدادی آزمایش در پتانسیل‌های مختلف با افزودن مقادیر مختلف اکسیدکننده انجام گرفت و نتایج بازیابی اورانیم و مولیبدن اندازه‌گیری شدند.

۲.۲ جداسازی و کشت آرکی باکترهای جدید

به‌منظور جداسازی آرکی باکترهای جدید، از آب و خاک معدن نارینگان نمونه‌هایی در شرایط استریل برداشت شد و تمامی آن‌ها در محیط کشت ۹K (حاوی $3\text{g/L } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، $0.5\text{g/L } \text{K}_2\text{HPO}_4$ ، $0.5\text{g/L } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، $0.1\text{g/L } \text{KCl}$ ، $0.1\text{g/L } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ است که pH آن توسط سولفوریک اسید روی ۱/۷ تنظیم شده است)، حاوی 10 g/L گوگرد، چندین مرحله کشت داده شدند. مولیبدن فلزی است که در پتانسیل‌های بالا و دماهای بالا لیچینگ می‌شود و به این دلیل باید آرکی باکترهای ترموفیل از محیط جداسازی شوند. به این منظور شرایطی فراهم شد تا آرکی باکترهای ترموفیل جداسازی شوند و در نهایت رشد آرکی باکترها در نمونه‌هایی از خاک مشاهده شد. نمونه‌ی اصلی که رشد آرکی باکترها در آن محسوس بوده است، در شیکر انکوباتور در دمای 70°C و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد و pH و پتانسیل آن مرتب اندازه‌گیری شد. فعالیت آرکی باکترها موجب کاهش pH و افزایش پتانسیل می‌شود که برای این‌که شرایط مناسب برای رشد باکتری مهیا باشد، باید به طور منظم pH و پتانسیل تنظیم شود و غذای کافی نیز در اختیار آن‌ها قرار داده شود. در مرحله‌ای که رشد آرکی باکترها به حدکافی انجام شد و تعداد آن‌ها به مقدار مورد نظر رسید (10^7)، از محلول مورد نظر دو بخش برداشته شد و در محیط‌های کشت اختصاصی سولفولوبوس و اسیدیانوس قرار داده شد. مشخصات این محیط‌های کشت از انستیتوی DSMZ آلمان گرفته شده است. محیط کشت سولفولوبوس شامل $1.3\text{g/L } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، $0.7\text{g/L } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، $0.28\text{g/L } \text{KH}_2\text{PO}_4$ ، $0.25\text{g/L } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، $0.2\text{g/L } \text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و 1g/L عصاره‌ی مخمر در pH برابر با ۲ است و محیط کشت اسیدیانوس شامل $0.5\text{g/L } \text{K}_2\text{HPO}_4$ ، $0.5\text{g/L } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، $3\text{g/L } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ، $0.1\text{g/L } \text{KCl}$ ، $0.1\text{g/L } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، 0.2g/L عصاره‌ی مخمر و 10g/L گوگرد در pH بین ۱/۵ تا ۲/۵ است. این محلول‌ها نیز تا رسیدن به تعداد مورد نظر آرکی

مولیبدن عنصر با ارزشی است که در صنعت و پزشکی کاربردهای فراوانی دارد. این عنصر در فرایندهای زیستی مهمی شرکت دارد که از آن جمله، سامانه‌های عصبی، کلیه و تولید انرژی در سلول‌ها است. هم‌چنین در درمان بعضی بیماری‌های متابولیکی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این عنصر به‌عنوان مکمل غذایی به صورت ترکیبات سدیم مولیبدات و آمونیم مولیبدات در دسترس است [۱-۳]. از بعضی کاربردهای فراوان آن می‌توان به روان‌کننده‌ی روغن صنعتی، استحکام بخشی به فولاد، بهبوددهندگی خاصیت شکنندگی فولاد، افزایش مقاومت حرارتی و خوردگی فولاد، ساخت کوره‌های الکتریکی، کاربردهای هسته‌ای، کلاهک موشک‌ها، بخش‌های حساس هواپیما، کاتالیزور نفت خام، غلاف ترموکوپل و پزشکی هسته‌ای، اشاره نمود [۲، ۴، ۵]. تمامی روش‌های هیدرومتالورژی مولیبدن براساس حل کردن کانی مولیبدنیت و لیچینگ در شرایط خاص و به حالت محلول درآوردن آن و سپس بازیابی آن از محلول، بنا شده‌اند [۱، ۶-۱۰]. یکی از روش‌های استحصال فلزات و از جمله مولیبدن از سنگ معدن، استفاده از میکروارگانیسیم‌ها در فرایند بیولیچینگ است که این روش با کشف میکروارگانیسیم‌های مفید، از سال ۱۹۵۷ عملیاتی شده است [۶، ۷، ۱۱، ۱۲]. برای استحصال مولیبدن نیز می‌توان از روش بیولیچینگ استفاده نمود. کانی اصلی مولیبدن در سنگ معدن مورد نظر، مولیبدنیت است که برای استخراج مولیبدن از آن، نیاز به دما و پتانسیل اکسیداسیون احیای بالا می‌باشد [۱۳-۱۵]، لذا بایستی از باکتری‌های ترموفیل استفاده نمود تا بتوانند دمای بالا را تحمل کنند و آن‌ها را با پتانسیل بالا، سازگار نمود. کانی مولیبدنیت در محیط اسیدی تحت واکنش زیر شکسته شده و مولیبدن قابل بازیابی می‌شود [۱۵، ۱۶].



هدف از این پژوهش، سازگاری جدایه‌های آرکی باکترهای جدید استخراج شده از سنگ معدن نارینگان، نسبت به پتانسیل‌های بالا می‌باشد.

۲. آزمایش‌های تجربی

۱.۲ بررسی استحصال مولیبدن نسبت به تغییرات پتانسیل

به‌دست آوردن بازیابی مناسب برای استحصال مولیبدن، در شرایط خاصی مانند استفاده از غلظت بالای اسید و



جدول ۱. متغیرها به همراه سطوح آن‌ها در بیولیچینگ سنگ معدن نارینگان.

ردیف	متغیر	واحد	- α	-۱	مرکز	+۱	+ α
۱	چگالی دوغاب	%	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
۲	pH اولیه	-	۱۰	۱٫۵	۲٫۰	۲٫۵	۳٫۰
۳	غلظت Fe^{3+}	g/l	۱۰	۴٫۵	۸٫۰	۱۱٫۵	۱۵٫۰
۴	نسبت <i>S.s./A.a.</i>	-	۰٫۵	۱٫۰	۱٫۵	۲٫۰	۲٫۵

۴.۲ سازگارسازی آرکی باکترها نسبت به پتانسیل بالا

برای استفاده از آرکی باکترهای مورد نظر در پتانسیل‌های بالاتر، باید آن‌ها را نسبت به این پتانسیل‌ها، سازگار نمود. به این منظور آرکی باکترها قبل از به‌کار برده شدن در فرایند بیولیچینگ درون یک ارلن قرار داده شده (در شرایط استریل) و پتانسیل دوغاب به تدریج با افزودن MnO_2 ، افزایش یافت و در پتانسیل‌های مختلف تعداد آرکی باکترها اندازه‌گیری شد. در ادامه برای افزایش بازایی، آرکی باکترهای مورد نظر به صورت جداگانه نسبت به افزایش پتانسیل سازگار شدند. به این منظور آرکی باکترها، هرکدام چندبار و به صورت مرحله‌ای در پتانسیل‌های ۸۰۰، ۸۵۰، ۹۰۰، ۹۵۰، ۱۰۰۰، ۱۰۵۰، ۱۱۰۰، ۱۱۵۰ و ۱۲۰۰ میلی‌ولت کشت داده شدند و هر بار پتانسیل محیط تنها به مقدار ۵۰ میلی‌ولت افزایش داده شد. به این منظور ابتدا آرکی باکترها در پتانسیل ۸۰۰ میلی‌ولت تا شش بار کشت داده شدند و در هر نوبت کشت، تعداد آن‌ها شمارش شد. سپس از آرکی باکترهای سازگار شده و مقاوم در پتانسیل ۸۰۰ میلی‌ولت برداشته شده و درون محیطی با پتانسیل ۸۵۰ میلی‌ولت چندین بار کشت داده شدند تا به حالت تعادل برسند. این روند تا پتانسیل ۱۲۰۰ میلی‌ولت ادامه یافت تا به آرکی باکترهایی دست یافته شد که نسبت به پتانسیل‌های بالا مقاوم هستند و برای استحصال مولیبدن در پتانسیل ۱۰۰۰ میلی‌ولت مناسب می‌باشند.

۳. یافته‌ها

۱.۳ نتایج بررسی‌های استحصال مولیبدن نسبت به تغییرات پتانسیل

در بررسی‌های استحصال مولیبدن نسبت به تغییرات پتانسیل (شکل ۱)، مشاهده شد که بازایی مولیبدن وابستگی شدیدی به پتانسیل دارد و با بالا رفتن پتانسیل از ۴۰۰ میلی‌ولت به ۱۰۰۰ میلی‌ولت، بازایی تا ۸۰٪ افزایش یافته است. از این آزمایش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که برای بازایی مولیبدن نیاز به شرایطی است که دستیابی به آن‌ها، با مصرف بالای مواد انرژی همراه است. لذا در بیولیچینگ مولیبدن، به باکتری‌هایی

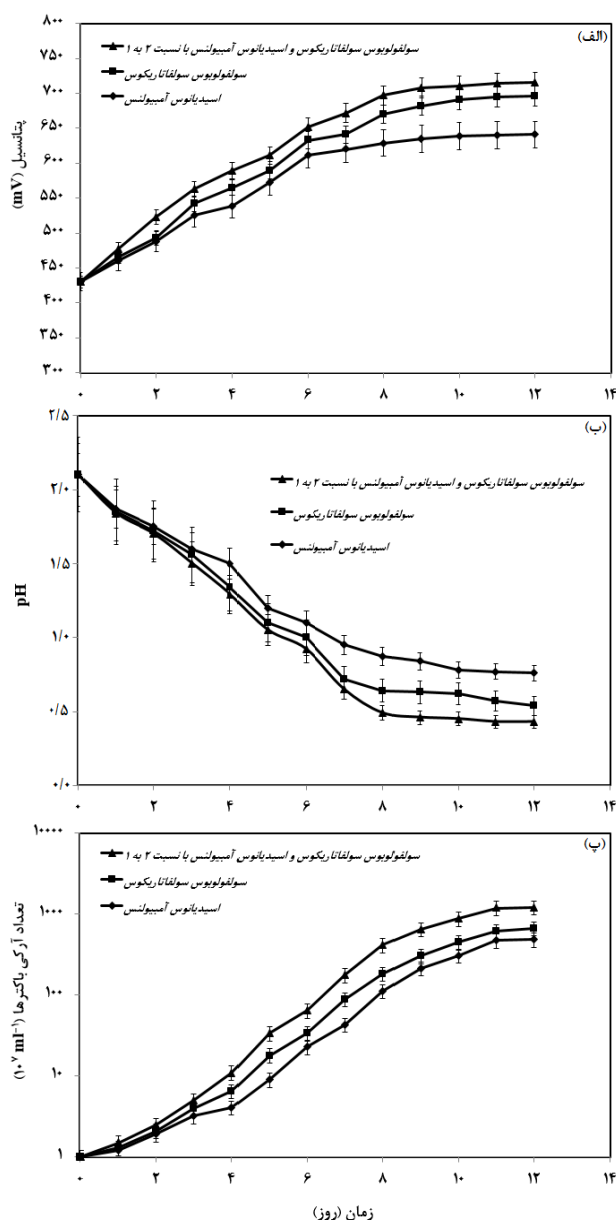
باکترها، چند مرحله کشت داده شدند. برای شمارش آرکی باکترها از لام نئوبار استفاده شد. آرکی باکترهای جدید شناسایی شده از نظر ژنتیکی با سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمبیولنس بسیار نزدیک بوده که در سایت NCBI به ترتیب با عدد دسترسی‌های KM555275/1 و KM555276/1 ثبت شدند.

۳.۲ آزمایش‌های بیولیچینگ توسط جدایه‌های آرکی باکترهای جدید

در این آزمایش‌ها از یک دستگاه انکوباتور لرزان که دمای آن روی $70^{\circ}C$ و سرعت اختلاط آن روی ۱۲۰ دور بر دقیقه تنظیم شده بود، استفاده شد. از ارلن‌های ۳۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد که حجم نهایی براساس درصد جامد، محیط کشت و تلقیح باکتریایی، ۲۰۰ میلی‌لیتر در نظر گرفته شده بود. برای تمامی آزمایش‌ها محیط کشت K9 بدون آهن در نظر گرفته شد. سپس تلقیح باکتریایی ۱۰٪ از آرکی باکتریایی ترموفیل برای کلیه ارلن‌ها، اعمال شد. اندازه ذرات سنگ معدن ۲۰۰ مش یا ۷۴ میکرومتر در نظر گرفته شد. به منظور فعالیت مناسب آرکی باکترها از ترکیب سولفات آهن (II) با غلظت g/L ۸٫۸۴۴، گوگرد با غلظت g/L ۱۰ و عصاره‌ی مخمر با غلظت ۰٫۰۱٪ استفاده شد. تعداد اولیه‌ی آرکی باکترها ۱۰^۷ در یک میلی‌لیتر و زمان تماس ۱۲ روز بوده است. از دو آرکی باکتر سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمبیولنس با نسبت‌های مورد نظر، استفاده شده است [۱۷].

برای طراحی آزمایش‌ها از نرم‌افزار Design Expert استفاده شد. در این طراحی از RSM با ۶ نقطه‌ی مرکزی استفاده شد. چهار عامل چگالی جامد، pH اولیه، غلظت آهن (III) و نسبت دو آرکی باکتر سولفولوبوس سولفاتاریکوس به اسیدیانوس آمبیولنس به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شد که با توجه به ماهیت سنگ معدن محدوده‌ی آن‌ها به شرح جدول ۱ است. درصد بازایی مولیبدن و درصد بازایی اورانیم به‌عنوان دو پاسخ در نظر گرفته شدند. نرم‌افزار، ۳۰ آزمایش را براساس ورودی‌های داده شده به آن، طراحی کرد که این آزمایش‌ها انجام شد. پس از انجام هر کدام از آزمایش‌ها، دوغاب‌ها با دقت صاف شده و پسماند جامد روی صافی سه بار با آب شستشوی اسیدی (pH برابر با ۱٫۵)، شسته شد. پسماندهای جامد درون آون خشک شدند. سپس محلول زیر صافی و پسماند جامد خشک شده (در صورت کافی بودن مقدار آن) برای اندازه‌گیری مقدار مولیبدن، اورانیم و سایر عناصر مورد نیاز، مورد آنالیز قرار گرفت.





شکل ۲. تغییرات (الف) پتانسیل دوغاب، (ب) pH دوغاب و (پ) تعداد آرکی باکترهای دوغاب در طی فرایند بیولیچینگ در شرایط بهینه با استفاده از آرکی باکترهای *سولفولوبوس سولفاتاریکوس* و *اسیدیانوس آمبیولنس* و مخلوط ۲ به ۱ آن‌ها.

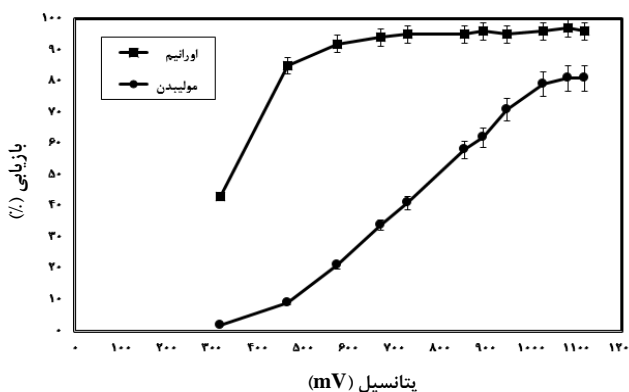
۳.۳ نتایج آزمایش‌های سازگاری آرکی باکترها نسبت به پتانسیل بالا

در آزمایش‌های سازگاری آرکی باکترها نسبت به پتانسیل، مشخص شد که تا پتانسیل ۸۰۰ میلی ولت تغییری در تعداد آرکی باکترها رخ نمی‌دهد، ولی از این پتانسیل بالاتر، روند کاهش در تعداد آرکی باکترها مشاهده شد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است نرخ کاهش

نیاز داریم که بتوانند دما و پتانسیل بالا را تحمل کنند. لازم به ذکر است که در شرایط شرح داده شده برای لیچینگ متداول اسیدی مولیبدن، بیش‌تر اورانیم استخراج می‌شود.

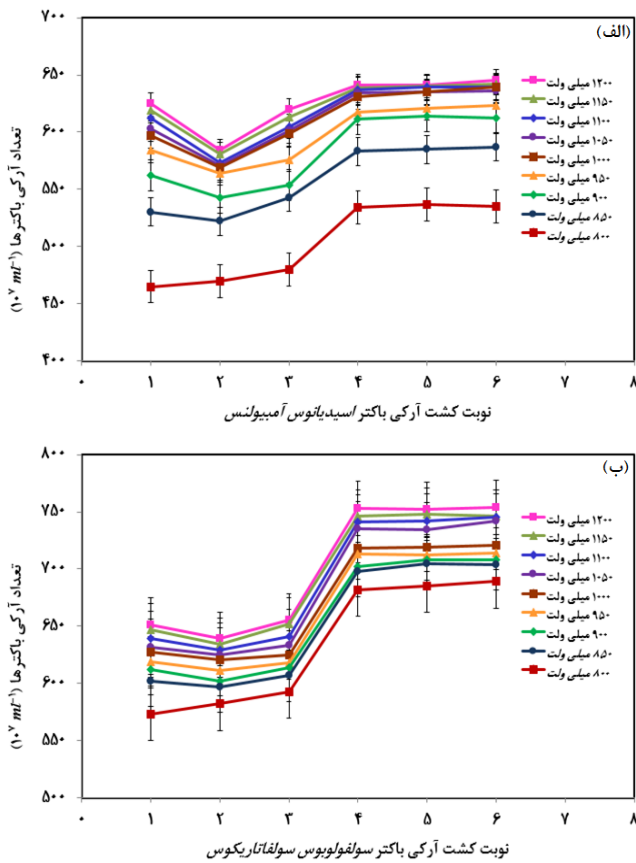
۲.۲ نتایج آزمایش‌های بیولیچینگ

براساس نتایج حاصل از این آزمایش‌ها، نرم‌افزار نقطه‌ی بهینه را مشخص نمود که در آن چگالی دوغاب ۴ درصد، pH اولیه برابر ۱/۵، غلظت آهن (III) برابر ۱۱/۵ g/L و نسبت آرکی باکتر *سولفولوبوس سولفاتاریکوس* به *اسیدیانوس آمبیولنس* ۲ به ۱ می‌باشد. بازیابی اورانیم و مولیبدن توسط نرم‌افزار به ترتیب ۸۴/۴ و ۳۹/۰ درصد بوده است. توسط آزمون تأیید بازیابی اورانیم و مولیبدن به ترتیب ۷۹/۱ و ۴۳/۲ درصد بوده که با داده‌های نرم‌افزار مطابقت دارد. هم‌چنین در آزمون شاهده‌ی که بدون حضور باکتری و در شرایط بهینه انجام شد، بازیابی اورانیم و مولیبدن به ترتیب ۲۰/۷ و ۹/۲ درصد بوده که نشان‌گر این موضوع است که بازیابی به‌دست آمده نتیجه‌ی فعالیت آرکی باکترها بوده است. در شکل ۲ مشاهده می‌شود که سرعت افزایش تعداد آرکی باکترهای *سولفولوبوس سولفاتاریکوس* از *اسیدیانوس آمبیولنس* بیش‌تر بوده و کشت مخلوط ۲ به ۱ آن‌ها نیز به علت هم‌زیستی بین دو آرکی باکتر، دارای سرعت رشد بیش‌تری از کشت‌های خالص است. هم‌چنین سرعت و مقدار کاهش pH و افزایش پتانسیل برای کشت مخلوط ۲ به ۱ این دو آرکی باکتر بیش‌تر بوده و نشان‌دهنده‌ی فعالیت بیش‌تر مخلوط دو آرکی باکتر نسبت به کشت خالص آن‌ها است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که آرکی باکتر *سولفولوبوس سولفاتاریکوس* از آرکی باکتر *اسیدیانوس آمبیولنس* قوی‌تر عمل کرده است و هم‌چنین مخلوط آن‌ها از کشت‌های خالص بهتر عمل می‌کنند.



شکل ۱. تغییرات بازیابی اورانیم و مولیبدن نسبت به تغییرات پتانسیل در لیچینگ متداول اسیدی.





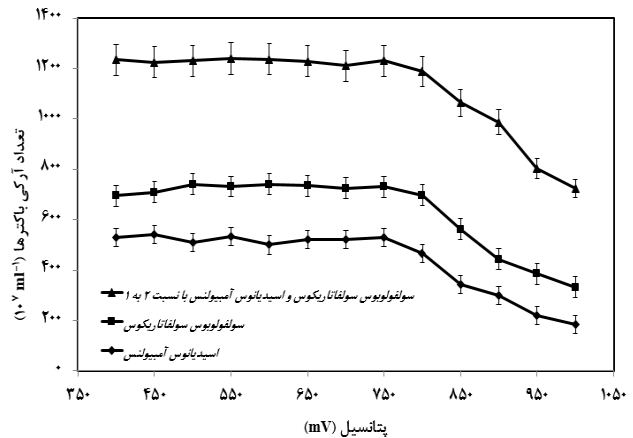
شکل ۴. افزایش تعداد آرکی باکترها در سازگارسازی آرکی باکترهای (الف) اسیدیانوس آمیبیولنس و (ب) سولفولوبوس سولفاتاریکوس.

۴. نتیجه‌گیری

اعمال دمایی بالا و استفاده از غلظت بالای اسید برای بازیابی مولیبدن، در لیچینگ متداول اسیدی، ضروری است. بازیابی مولیبدن وابستگی شدیدی به پتانسیل دارد و با بالا رفتن پتانسیل از ۴۰۰ میلی‌ولت به ۱۰۰۰ میلی‌ولت، بازیابی تا ۸۰٪ افزایش یافت و اورانیم به‌طور کامل بازیابی شد، در صورتی‌که با باکتری‌های سازگار نشده نسبت به پتانسیل بالا، بازیابی تا ۴۳٪ حاصل شد. برای بیولیچینگ مولیبدن، از دو جدایه‌ی آرکی باکتر جدید از معدن ناریگان استفاده شد که هر دو آرکی باکتر سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمیبیولنس به‌ترتیب با عدد دسترسی‌های $KM555275/1$ و $KM555276/1$ در سایت NCBI ثبت گردید. در بیولیچینگ، پتانسیل و تعداد آرکی باکترها افزایش می‌یابد و pH کاهش می‌یابد و در روز دوازدهم به مقادیر نسبتاً ثابتی رسیدند که نشان‌دهنده‌ی پایان فعالیت مؤثر آرکی باکترها در انجام بیولیچینگ بود. در آزمون شاهد نیز، بدون حضور آرکی باکتر، بازیابی مولیبدن و اورانیم به‌شدت کاهش یافت که نشان‌دهنده‌ی فعالیت مؤثر آرکی باکترها در فرایند بیولیچینگ بوده است.

تعداد آرکی باکتر نسبت به افزایش پتانسیل برای اسیدیانوس آمیبیولنس بیش‌تر از سولفولوبوس سولفاتاریکوس بوده و نرخ کاهش تعداد آرکی باکتر برای مخلوط ۲ به ۱ سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمیبیولنس از هر کدام از دو آرکی باکتر خالص کم‌تر است که نتیجه‌ای مطلوب‌تر برای فرایند بیولیچینگ است.

در حین آزمایش‌های سازگارسازی آرکی باکترهای سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمیبیولنس نسبت به پتانسیل‌های بالا، مشخص شد که این آرکی باکترها بعد از کشت چهارم نسبت به افزایش پتانسیل مقاوم می‌شوند (شکل ۴). این آرکی باکترهای ترموفیل که نسبت به پتانسیل بالا نیز مقاوم هستند، توانایی بیولیچینگ و استخراج مولیبدن از کانی مولیبدنیت را دارا می‌باشند و می‌توان از آن‌ها در فرایند بیولیچینگ مولیبدن استفاده نمود. سازگارسازی آرکی باکترها به‌صورت مرحله‌ای و با کنترل دقیق وضعیت آرکی باکترها انجام شده است.



شکل ۳. کاهش تعداد آرکی باکترها با افزایش پتانسیل قبل از سازگارسازی در مقابل پتانسیل.



8. C.L. Brierley, *Bacterial leaching*. **CRC critical reviews in microbiology**, **4**, 207-262 (1978).
9. L.E. Murr, A.E. Torma, J.A. Brierley, *Metallurgical applications of the bacterial leaching is and related microbiological phenomena*. **Biotechnology**, New York (1978).
10. F. Acevedo, *Present and Future of bioleaching in developing countries*. **Electronic Journal of Biotechnology**, **2**, 196-199 (2002).
11. L.C. Bryner, R. Anderson, *Microorganisms in leaching of sulfide minerals*. **Industrial and engineering chemistry**, **49**(10), 1721-1724 (1957).
12. M. Vera, A. Schippers, W. Sand, *Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacterial metal sulfide oxidation—part A*. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** **97** (17), 7529–7541 (2015).
13. A.J. Bard, B. Parsons, J. Jordon, *Standard Potentials in Aqueous Solutions*. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**. **44**, 73-94 (1985).
14. G. Milazzo, S. Caroli, V.K. Sharma, *Tables of Standard Electrode Potentials*, **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, **45**, 134-141 (1978).
15. H. Zhao, et al, *Effect of redox potential on bioleaching of chalcopyrite by moderately thermophilic bacteria: An emphasis on solution compositions*. **Hydrometallurgy**, **151**, 141-150 (2015).
16. T.A. Lasheen, et al, *Molybdenum Metallurgy Review: Hydrometallurgical Routes to Recovery of Molybdenum from Ores and Mineral Raw Materials*. **Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review Journal**, **36** (3), 145-173 (2014).
17. M. Roshani, et al, *Bioleaching of Bioleaching of Molybdenum by Two New Thermophilic Strains Isolated and Characterized*. **Iran. J. Chem. Chem. Eng.**, **36**(4), 183-194 (2017).

همچنین آرکی باکتر سولفولوبوس سولفاتاریکوس از آرکی باکتر اسیدیانوس آمیبیولنس قوی تر عمل کرد و مخلوط آن دو از کشت‌های خالص بهتر عمل نمود. در نهایت با انجام این آزمایش‌ها، آرکی باکترهای ترموفیل مقاوم نسبت به پتانسیل‌های بالا به دست آمد که می‌تواند برای بیولیچینگ مولیبدن از کانی مولیبدنیت مؤثر باشد و به بازیابی بالایی دست یافته شد. روش سازگارسازی آرکی باکترها نسبت به پتانسیل بالا به صورت مرحله‌ای بوده و موجب شد تا آرکی باکترها با شوک ناشی از اعمال پتانسیل‌های بالاتر کنار آمده و به خوبی با پتانسیل ۱۰۰۰ میلی ولت سازگار شوند و در نتیجه استحصال مولیبدن در پتانسیل‌های بالا با بازیابی ۸۰٪ ممکن شده است.

مراجع

1. C.K. Gupta, *Extractive metallurgy of molybdenum*. **CRC press**. 215-218 (1992).
2. <http://minerals.usgs.gov/minerals>. **USGS, Mineral Commodity Summaries** (2016).
3. www.imoa.info/molybdenum/molybdenum-processing. **IMOA, Molybdenum: Extraction and production processes** (2015).
4. <https://roskill.com/product/molybdenum>. Roskill, 2015. **Global molybdenum market outlook** (2015).
5. <http://minerals.usgs.gov/minerals>. **SMR for IMAC**, 2015. **End use of molybdenum** (2011).
6. J.A. Brierley, C.L. Brierley, *Present and future commercial applications of biohydrometallurgy*. **Hydrometallurgy**, **59**(2-3), 233-239 (2001).
7. H.E. Ehrlich, *Past, present and future of hydrometallurgy*. **Hydrometallurgy**, **59**(2-3), 127-134 (2001).

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



استناد به این مقاله

مهشید روشنی، سیدعباس شجاع الساداتی، سیدجابر صفدری، کاظم میرجلیلی، پریسا تاجر محمد قزوینی (۱۳۹۹). سازگارسازی جدایه‌های آرکی باکترهای جدید ترموفیل سولفولوبوس سولفاتاریکوس و اسیدیانوس آمیبیولنس نسبت به پتانسیل اکسیداسیون احیای بالا برای استحصال مولیبدن، ۹۴، ۱۱۲-۱۱۷

DOI: 10.24200/nst.2020.1175

Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1175.html

