



بررسی تأثیر پپتون و تریپتیک سوی براث (TSB) بر روی بازدهی زیست‌فروشی اورانیم

فائزه فاطمی*^۱، سمانه جهانی^۲، سبا میری^۳

۱. پژوهشکده‌ی مواد و سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران
۲. گروه میکروبیولوژی، دانشکده‌ی علوم، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، صندوق پستی: ۳۷۱۴۶۶۸۶۶۹، قم - ایران
۳. گروه بیوتکنولوژی، دانشکده‌ی علوم زیستی، دانشگاه الزهراء، صندوق پستی: ۱۹۹۳۸۹۳۹۷۳، تهران - ایران

چکیده: یکی از چالش‌های اساسی در رابطه با زیست‌فروشی اورانیم، انجام اقدام‌هایی برای بهبود، تسریع و افزایش بازدهی فرایند استخراج است. از جمله‌ی این اقدام‌ها، فراهم نمودن شرایط محیطی و زیست‌شناختی مطلوب برای باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان است. از آنجایی که مواد مغذی محیط کشت باکتری تأثیر بسزایی بر روی عملکرد و رشد باکتری پیش‌گفته دارد، از این‌رو، در پژوهش حاضر از ۲ محیط کشت مجزا در فرایند زیست‌فروشی اورانیم در چگالی پالپ‌های ۲٫۵ و ۱۲٫۵ درصد، به صورت مقایسه‌ای، استفاده شده است. محیط کشت‌های انتخابی شامل محیط کشت متعارف ۹k و محیط کشت غنی شده‌ی ۹k با پپتون و تریپتیک سوی براث (TSB) است. فرایند زیست‌فروشی اورانیم با استفاده از این ۲ محیط کشت و چگالی پالپ‌های انتخابی در شرایط بهینه انجام پذیرفت. نتیجه‌های حاصل از چگالی پالپ ۲٫۵ درصد نشان داد که استخراج اورانیم با استفاده از محیط کشت ۹k جدید، ۲ روز و با استفاده از محیط کشت ۹k، متعارف ۳ روز به طول انجامید. هم‌چنین، کل اورانیم موجود در سنگ در چگالی پالپ ۱۲٫۵ درصد با استفاده از محیط کشت ۹k جدید و ۹k متعارف به ترتیب در مدت ۳ و ۷ روز استخراج شد. میزان تغییرات Eh با استفاده از ۲ محیط کشت و چگالی پالپ‌های انتخابی نشان داد که مقدار Eh در محیط کشت ۹k جدید به نسبت ۹k به میزان ۱۳ تا ۲۲ درصد افزایش داشته است. با توجه به داده‌های تجربی به دست آمده در این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مواد مغذی هم‌چون پپتون و تریپتیک سوی براث تأثیر بسیار زیادی بر روی عملکرد و فعالیت باکتری و در نتیجه سرعت استخراج اورانیم داشته است و با بهینه‌سازی شرایط، استفاده از محیط کشت ۹k به همراه پپتون و تریپتیک سوی براث در فرایند زیست‌فروشی اورانیم توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: زیست‌فروشی، اورانیم، پپتون، تریپتیک سوی براث، اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان

The Effect of Peptone and Tryptic Soy Broth (TSB) on Uranium Bioleaching Efficiency

F. Fatemi^{*1}, S. Jahani², S. Miri³

1. Materials and Nuclear Fuel Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-8486, Tehran - Iran
2. Department of Microbiology, Faculty of Science, Qom Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 3714668669, Qom-Iran
3. Department of Biotechnology, Faculty of Life Science, Alzahra University, P.O.Box: 1993893973, Tehran-Iran

Abstract: One of the main challenges in uranium bioleaching process is events related to improvement, acceleration and enhancement of the extraction. One of them is to provide a favorable environment and biological conditions for *Acidithiobacillus ferrooxidans*. While, the nutrients of bacteria medium have a significant impact on the activity and growth of bacteria, in the present study, two selective culture mediums were used in uranium bioleaching process at pulp densities of 2.5 and 12.5 %. The media are containing the usual 9k and enriched 9k medium with peptone and TSB (Tryptic Soy Broth). The uranium bioleaching process using the selective 2 media with different pulp densities were performed under optimum conditions. The results indicated that the uranium extraction at 2.5% pulp density, using the 9k-New medium and 9k medium, have carried out during 2 and 3 days, respectively. In addition, at 12.5 % pulp density, the total uranium in the ore was extracted during 3 and 7 days using the 9k-New and 9k media, respectively. Eh variations showed that the Eh in the 9k-New medium in compared with the 9k medium were increased 13-22%. According to the results obtained in this study, it is concluded that the use of nutrients such as peptone and TSB have significant impacts on the activity of bacteria and also the speed of uranium extraction. Thus, the optimization of the 9k medium using peptone and TSB is recommended for the uranium bioleaching process.

Keywords: Bioleaching, Uranium, Peptone, Tryptic Soy Broth, *Acidithiobacillus Ferrooxidans*

*Email: ffatemi@aEOI.org.ir



۱. مقدمه

آهن فریک طبق واکنش زیر، اورانیم ۴ ظرفیتی نامحلول به اورانیم ۶ ظرفیتی محلول تبدیل و از سنگ استخراج می‌شود [۶].



یکی از موارد اصلی مربوط به بهینه‌سازی فرایند زیست‌فروشویی اورانیم ترکیب‌های مورد استفاده در محیط کشت باکتری است. در بسیاری از مطالعه‌های مربوط به زیست‌فروشویی اورانیم به منظور انجام این فرایند از محیط کشت ۹k متعارف استفاده شده است. این محیط کشت، محیط کشت معمول و پرکاربرد در فرایند زیست‌فروشویی اورانیم است. در مطالعه‌ای پاتل و همکاران [۶] اظهار داشتند که باکتری *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان* SRDSM۲ نسبت به اضافه کردن پیتون و تریپتیک سوی برات پاسخ مثبت از خود نشان داده است. بدین صورت که سرعت اکسایش این باکتری در حضور این مواد مغذی، از ۲۹٫۶ تا ۳۵٫۳٪ افزایش یافته است که مقدار قابل‌ملاحظه‌ای است. به علاوه، آزمایش‌های نگوم و همکاران [۷] نیز در رابطه با باکتری *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان* و مواد مغذی پیش‌گفته نتیجه‌های مشابهی را نشان داده‌اند. از آنجایی که بهینه‌سازی فرایندها یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در صنایع رقابتی امروز است، از این رو در پژوهش حاضر تلاش شده است با استفاده از محیط کشت مغذی، فرایند زیست‌فروشویی اورانیم بهبود بخشیده شده و راهی برای افزایش فعالیت باکتری و در نتیجه استخراج اورانیم گشوده شود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲ سوبه‌ی مورد استفاده

در این پژوهش از باکتری بومی *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان* FJ۲ که در پژوهش‌های پیشین از چشمه‌ی گوگردی رامسر جداسازی و شناسایی شده بود استفاده شد [۸].

۲.۲ مواد مصرفی

تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده شامل مواد مورد نیاز محیط کشت، سولفوریک اسید، سدیم هیدروکسید و گلیسرول از شرکت مرک تهیه شد. کاغذ صافی ۰٫۲ میکرون از شرکت

سنگ معدن‌های مرغوب و درجه- بالا که در جهان حفظ شده است، به دلیل تقاضای بالارونده‌ی فلزها، رو به کاهش است. در این میان، انباشته‌های بزرگی از معدن‌های با عیار پایین وجود دارد که هنوز استخراج نشده‌اند. بنابراین مشکل بازیافت و استخراج فلزها از این معدن‌های کم‌عیار با استفاده از فن‌آوری‌های موجود، به دلیل مصرف بالای انرژی، نیاز به سرمایه‌ی زیاد و ضررهای زیست‌محیطی مقرون به صرفه نیست. زیست‌فن‌آوری به عنوان یکی از بهترین و مطمئن‌ترین روش‌ها، در مقایسه با روش استخراج فلزها با حرارت یا استخراج فلزها به روش شیمیایی در نظر گرفته شده است و بهترین راه حل برای حل مشکلات در زمینه‌ی استخراج فلزها از معدن‌های کم‌عیار با استفاده از روش‌های پیشین است. این روش باعث کاهش هزینه‌ها، میزان سرمایه‌گذاری، و آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد شد. فرایند زیستی تحت شرایط ملایم و معمولاً بدون افزودن مواد شیمیایی سمی انجام می‌شود [۱، ۲]. امروزه استفاده از موجودهای زنده‌ی ذره‌بینی^(۱) برای استخراج فلزها از معدن‌ها به خصوص از معدن‌های حاوی آهن و سولفید مورد توجه قرار گرفته است؛ به این فرایند زیست‌فروشویی اطلاق می‌شود. در طی این فرایند، آهن و سولفید به واسطه‌ی موجودهای زنده‌ی ذره‌بینی اکسید شده، تولید آهن فریک و سولفوریک اسید می‌کنند. مواد تولید شده، سولفید نامحلول فلزهایی مانند مس، نیکل، روی، اورانیم و ... را به سولفات فلز که محلول است تبدیل کرده و در نتیجه باعث استخراج فلز مورد نظر می‌شوند [۳].

باکتری *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان*^(۲) که باکتری گرم منفی، اسیددوست و شیمیولیتوتروف غیرآلی است، جزء شناخته‌ترین باکتری‌هایی است که از اکسایش آهن و گوگرد برای تأمین انرژی خود استفاده می‌کند و در فرایند زیست‌فروشویی اورانیم استفاده می‌شود [۳]. زیست‌فروشویی اورانیم متأثر از یکسری شرایط خاص از قبیل: pH، دما، مواد مغذی، مقدار اکسیژن و کربن دی‌اکسید، غلظت آهن مورد استفاده، سوبه‌ی باکتری و ... است [۳-۵]. در رابطه با فرایند زیست‌فروشویی اورانیم می‌توان اذعان داشت که اورانیم موجود در سنگ به صورت ۴ ظرفیتی و نامحلول است که در حضور



اورانیم در دو محیط کشت مختلف اندازه‌گیری شد. تغییرات pH و Eh توسط دستگاه pH متر و Eh متر آپن‌دورف مدل متروهم ۸۲۷ اندازه‌گیری شد. مقدار استخراج اورانیم با استفاده از تکنیک پلاسمای جفت شده‌ی القایی (ICP) اندازه‌گیری شد. لازم به توضیح است که به منظور اندازه‌گیری مقدار اورانیم استخراج شده، روزانه ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه‌ها برداشته شده و با استفاده از صافی ۰٫۲ میکرون، صاف شده و سپس مورد تجزیه‌ی عنصری قرار گرفته است. ضمناً، حجم برداشته شده با استفاده از محیط کشت عاری از آهن جبران شد.

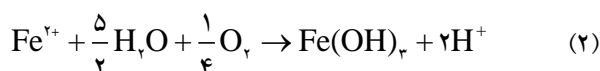
۶.۲ تحلیل آماری

تفاوت‌های بین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون ANOVA تعیین شد. با استفاده از این نرم‌افزار سطح‌های معنی‌داری^(۵) داده‌ها، محاسبه و $P < ۰٫۰۵$ به عنوان تفاوت معنی‌داری در نظر گرفته شد.

۳. یافته‌ها و بحث

۱.۳ اثر مواد مغذی محیط کشت بر روی pH

شکل‌های ۱ و ۲ نشان‌دهنده‌ی تأثیر افزودن پیتون و تریپتیک سوی برات به محیط کشت ۹k بر روی pH هستند. همان‌گونه که از شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، روند تغییرات pH در محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید در چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد تقریباً مشابه است. بدین‌صورت که در روزهای اول مقدار pH در هر دو محیط کشت انتخاب شده در این پژوهش، روند افزایشی و در روزهای آتی به صورت معنی‌داری روند کاهشی داشته است ($P < ۰٫۰۵$). هنگامی که شرایط pH با هواده‌ی و مخلوط شدن آب افزایش می‌یابد، فریک هیدروکسید ممکن است رسوب کند (واکنش ۱) [۱۰]. از سوی دیگر، افزایش ابتدایی pH را می‌توان ناشی از واکنش‌هایی دانست که در حضور آهن رخ می‌دهند و مصرف‌کننده‌ی اسید هستند [۱۱].



سارتوریوس^(۳) و پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی آن از شرکت میلی‌پور^(۴) خریداری شد.

۳.۲ محیط کشت

محیط کشت ۹k، محیطی است که در آزمایش‌های زیست‌فروشی از آن استفاده می‌شود. اجزای تشکیل‌دهنده‌ی این محیط شامل: ۳ گرم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ، ۰٫۵ گرم K_2HPO_4 ، ۰٫۵ گرم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، ۰٫۱ گرم KCl، ۰٫۰۱ گرم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ و ۲۰ گرم $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ در یک لیتر آب مقطر است. به دلیل آن‌که ترکیب‌های محیط کشت گفته شده به تنهایی نمی‌توانند مواد مغذی کافی در اختیار سلول قرار دهند و غلظت سلول در این محیط کشت بسیار پایین است، در محیط کشت جدید (۹k جدید)، مخلوطی از پیتون و تریپتیک سوی برات به محیط کشت ۹k افزوده شد. غلظت‌های پیتون و تریپتیک سوی برات انتخاب شده به ترتیب ۰٫۵ و ۱ گرم در لیتر بودند [۶]. در این پژوهش با هدف افزایش استخراج زیست‌فروشی اورانیم، تأثیر افزودن پیتون و تریپتیک سوی برات به محیط کشت بررسی شد.

۴.۲ آزمایش‌های زیست‌فروشی اورانیم

به منظور بررسی اثر مواد مغذی انتخاب شده بر روی زیست‌فروشی اورانیم و عملکرد باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان، آزمایش‌های زیست‌فروشی در حضور ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد پودر کان‌سنگ اورانیم آنومالی ۲ ساغند یزد و با افزایش مقدار ۱۰ درصد مایه‌ی تلقیح با غلظت 1×10^8 سلول بر میلی‌لیتر، انجام شد [۹]. به طور خلاصه، محیط کشت ۹k و محیط کشت دارای مواد مغذی (۹k جدید) آماده‌سازی شد. سپس، نمونه‌ها در شرایط دمایی ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، pH ۲ و تندی هم‌زن rpm ۱۵۰ گرماگذاری شدند. تمامی آزمایش‌ها در ارلن‌های ۲۰۰۰ میلی‌لیتری انجام و ۳ بار تکرار شدند.

۵.۲ ارزیابی تأثیر مواد مغذی بر روی زیست‌فروشی اورانیم

برای بررسی تأثیر پیتون و تریپتیک سوی برات بر روی زیست‌فروشی اورانیم و عملکرد باکتری موردنظر، در توالی‌های ۲۴ ساعته میزان تغییرات pH، Eh و میزان استخراج



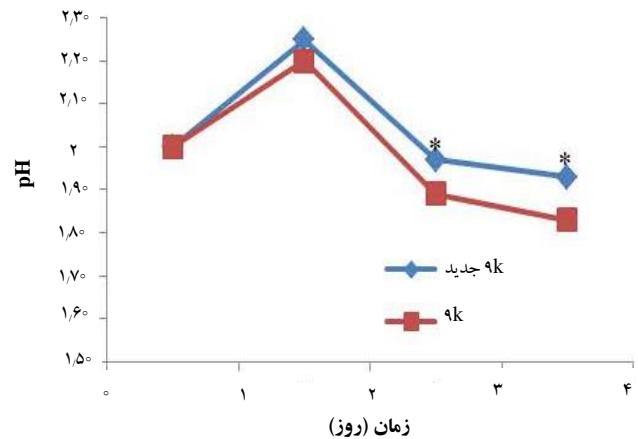
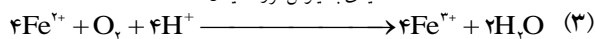
نشان‌دهنده‌ی فعالیت باکتری است. به علاوه، مقایسه‌ی تغییرات pH مربوط به چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد نشان می‌دهد که در چگالی پالپ بالا (۱۲/۵) مقدار pH در روز اول تا ۳ افزایش داشته است در صورتی که این عدد برای چگالی پالپ پایین (۲/۵) ۲/۲۵ است.

۲.۳ اثر مواد مغذی محیط کشت بر روی Eh

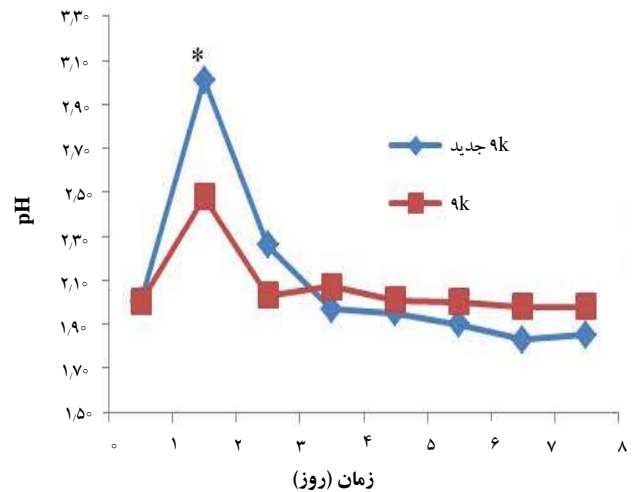
آزمایش‌های زیست‌فروشی اورانیم در چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد با استفاده از محیط کشت ۹k و محیط کشت ۹k جدید نشان داد که مقدار Eh در حضور مواد مغذی بسیار بیش‌تر از محیط کشت ۹k متعارف است. همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است مقدار Eh در محیط کشت غنی شده‌ی ۹k با چگالی پالپ ۲/۵ درصد، پس از گذشت ۱ روز از ۳۴۸ میلی‌ولت به ۵۸۶ میلی‌ولت افزایش پیدا کرده است ($P < 0.05$). این در حالی است که مقدار Eh در محیط کشت ۹k، از ۳۹۰ میلی‌ولت به ۴۲۰ میلی‌ولت رسیده است. در رابطه با چگالی پالپ ۱۲/۵ درصد، نتیجه‌ها حاکی از آن است که مقدار Eh در محیط کشت ۹k جدید پس از ۳ روز به ۵۷۸ میلی‌ولت رسیده است (شکل ۴) در حالی که مقدار آن برای محیط کشت ۹k، ۴۱۳ میلی‌ولت بوده و بسیار کم‌تر از محیط کشت غنی شده است ($P < 0.05$). نگوم و همکاران [۶] به نتیجه‌هایی مشابه با نتیجه‌های به دست آمده در پژوهش حاضر دست یافته‌اند. بدین ترتیب که نتیجه‌های آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از پیتون و تریپتیک سوی برات در محیط کشت اختصاصی باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان باعث افزایش اکسایش آهن به میزان ۲۹/۶ تا ۳۵/۳ درصد شده است.

واکنش ۳ نشان‌دهنده‌ی روند فرایند اکسایش آهن فرو و تبدیل آن به آهن فریک است که این، باعث افزایش مقدار Eh خواهد شد. در نتیجه می‌توان گفت که هر قدر میزان اکسایش آهن بیش‌تر شود، مقدار Eh به همان اندازه افزایش یافته و باعث استخراج بیش‌تر اورانیم خواهد شد.

اسیدی باسیلوس فرواکسیدان



شکل ۱. رابطه‌ی بین pH محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید، و زمان در چگالی پالپ ۲/۵ درصد. علامت * نشان‌دهنده‌ی نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری تغییرات pH محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).



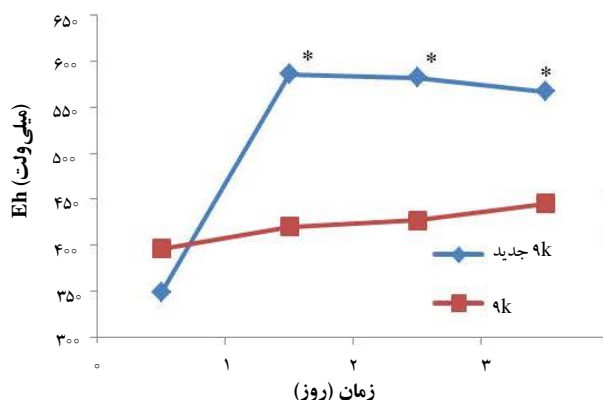
شکل ۲. رابطه‌ی بین pH محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید، و زمان در چگالی پالپ ۱۲/۵ درصد. علامت * نشان‌دهنده‌ی نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری تغییرات pH محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

هم‌چنین، بر طبق پژوهش‌های باسکر [۵]، کاهش pH در روزهای آتی در فرایند زیست‌فروشی فلزهای سولفیدی به دلیل اکسایش مواد معدنی گوگردی توسط باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان است. این باکتری از تحمل بالایی نسبت به شرایط اسیدی برخوردار است که در این شرایط آهن و گوگرد را اکسید کرده و باعث استخراج فلز اورانیم می‌شود [۱۲]. به طور کلی می‌توان اذعان داشت که کاهش pH

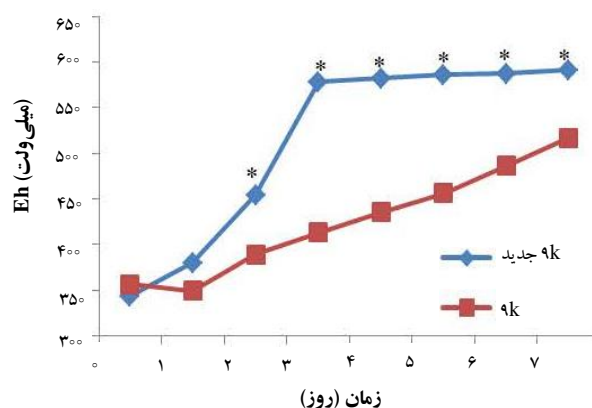
۳.۳ تأثیر مواد مغذی محیط کشت بر روی مقدار و سرعت استخراج اورانیم

همان‌گونه که در شکل‌های ۵ و ۶ قابل مشاهده است، مقدار و سرعت استخراج اورانیم در محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید بسیار متفاوت است. در چگالی پالپ ۲/۵ درصد در محیط کشت ۹k، اورانیم موجود در سنگ پس از گذشت ۳ روز به طور کامل ۹k (۱۰۰٪) استخراج شده است، در حالی که در محیط کشت ۹k جدید این زمان به ۲ روز می‌رسد (شکل ۵). در رابطه با چگالی پالپ ۱۲/۵ درصد نتیجه‌ها نشان دادند که در محیط کشت ۹k جدید باکتری *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان* توانسته است در طی مدت ۳ روز ۱۰۰٪ اورانیم موجود در سنگ را استخراج کند، ولی در محیط کشت ۹k این زمان به ۷ روز می‌رسد (شکل ۶). نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها حاکی از آن است که مواد مغذی مورد استفاده در محیط کشت ۹k جدید بر روی عملکرد باکتری و سرعت استخراج اورانیم بسیار موثر بوده و اثر بسیار مثبتی بر روی فرایند زیست‌فروشی اورانیم داشته است.

لازم به توضیح است که نتیجه‌های حاصل از آزمایش‌های زیست‌فروشی اورانیم در چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد نشان می‌دهند که با افزایش چگالی پالپ مدت زمان لازم برای استخراج اورانیم بیش‌تر شده است. دلیل این امر آن است که افزایش چگالی پالپ باعث افزایش زمان تأخیر رشد باکتری در زمان فرایند زیست‌فروشی اورانیم شده که در نتیجه باعث طولانی‌تر شدن زمان استخراج اورانیم می‌شود [۱۴]. هم‌چنین، افزایش چگالی پالپ را می‌توان با تعداد باکتری‌ها، کاهش میزان استخراج یون‌های فلزی در محلول، محدودکننده‌ی دسترسی باکتری‌ها به اکسیژن، کربن دی‌اکسید و تخریب سلول‌های باکتری‌ها توسط ذرات کان‌سنگ مرتبط دانست. در چگالی پالپ‌های کم‌تر میزان انتقال جرمی اکسیژن بین تولید و مصرف آن متعادل است، در حالی که در چگالی پالپ‌های بالا مقدار اکسیژن مورد نیاز از مقدار اکسیژن تولید شده طی انتقال آن بین گاز و مایع بیش‌تر است [۱۵-۱۷].



شکل ۳. رابطه‌ی بین Eh محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید، و زمان در چگالی پالپ ۲/۵ درصد. علامت "*" نشان‌دهنده‌ی نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری تغییرات Eh محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).



شکل ۴. رابطه‌ی بین Eh محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید، و زمان در چگالی پالپ ۱۲/۵ درصد. علامت "*" نشان‌دهنده‌ی نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری تغییرات Eh محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

نتیجه‌های به دست آمده از آزمایش‌های زیست‌فروشی اورانیم در این پژوهش، بیان‌گر این مطلب است که با افزایش مقدار Eh، بازده استخراج اورانیم نیز بیش‌تر می‌شود و این دو عامل با هم رابطه‌ی مستقیمی دارند. از سوی دیگر، نتیجه‌های حاصل از تغییرات pH و Eh نشان می‌دهد که با افزایش مقدار Eh یک روند کاهشی در مقدار pH مشاهده می‌شود. این نتیجه با نتیجه‌های به دست آمده توسط رشیدی و همکاران [۱۳] با استفاده از باکتری بومی *اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان* و کان‌سنگ آنومالی ۲ ساغند یزد هم‌سویی دارند.

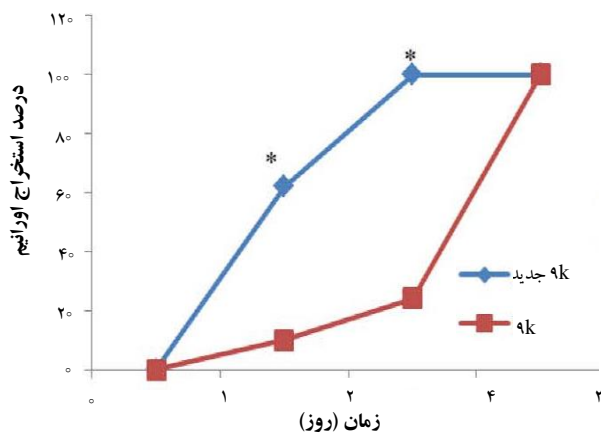


۴. نتیجه گیری

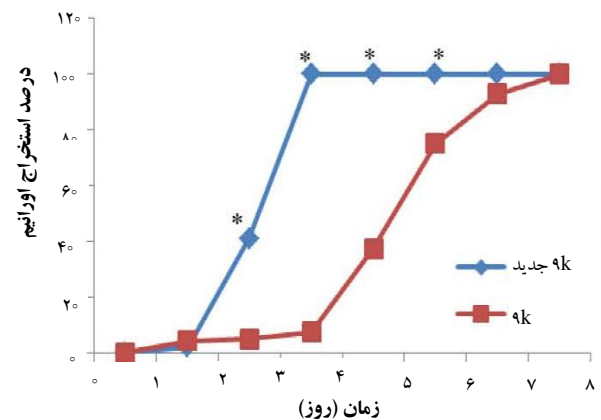
طبق نتیجه‌های به دست آمده از آزمایش‌های زیست‌فروشی کان‌سنگ آنومالی ۲ ساغند یزد در چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد با استفاده از باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان بومی ایران می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مواد مغذی در محیط کشت ۹k، تأثیر بسزایی در فرایند زیست‌فروشی اورانیم داشته است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از پیتون و تریپتیک سوی براث به عنوان مواد مغذی در محیط کشت ۹k، سرعت استخراج اورانیم و فرایند اکسایش آهن را به میزان زیادی افزایش داده است، به گونه‌ای که استخراج کامل اورانیم در چگالی پالپ‌های ۲/۵ و ۱۲/۵ درصد کان‌سنگ اورانیم، با استفاده از محیط کشت ۹k جدید به ترتیب، ۱ و ۳ روز به نسبت محیط کشت ۹k زودتر انجام شده است. همچنین، مقدار Eh که نشان‌دهنده فرایند اکسایش آهن توسط باکتری است، در محیط کشت ۹k جدید به نسبت محیط کشت ۹k متعارف، بین ۱۳ تا ۲۲ درصد افزایش یافته است.

پی‌نوشت‌ها

1. Microorganisms
2. Acidithiobacillus Ferrooxidans
3. Sartorius
4. Millipore
5. P-Value



شکل ۵. استخراج اورانیم در چگالی پالپ ۲/۵ درصد با استفاده از محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید. علامت "*" نشان‌دهنده نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری استخراج اورانیم در محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).



شکل ۶. استخراج اورانیم در چگالی پالپ ۱۲/۵ درصد با استفاده از محیط کشت‌های ۹k و ۹k جدید. علامت "*" نشان‌دهنده نتیجه‌ی حاصل از تحلیل آماری استخراج اورانیم در محیط کشت ۹k جدید نسبت به ۹k است که دارای اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

به طور کلی، نتیجه‌های حاصل از آزمایش‌های زیست‌فروشی اورانیم در این پژوهش نشان داد که استفاده از مواد مغذی هم‌چون پیتون و تریپتیک سوی براث در روند فرایند زیست‌فروشی اثر مثبت گذاشته و باعث افزایش سرعت استخراج اورانیم شده است. از آنجایی که مواد افزوده شده به محیط کشت به عنوان مواد مغذی و منبع ازت باکتری هستند، توانسته‌اند تأثیر بسیار مثبتی بر روی عملکرد باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدان در فرایند زیست‌فروشی اورانیم داشته باشند و باعث افزایش سرعت استخراج اورانیم از کان‌سنگ کم‌عیار شوند.



- [1] T. Rohwerder, T. Gehrke, K. Kinzler, W. Sand, Bioleaching review part A: progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacterial metal sulfide oxidation, *App. Mic. and Bio.*, 63 (2003) 239-248.
- [2] H.R. Watling, The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides, A review, *Hydrometallurgy*, 84 (2006) 81-108.
- [3] H. Brandl, *Microbial leaching of metals*, Wiley-VCH, (2008) 8.
- [4] D. Chen, J. Lin, Y. Che, X. Liu, J. Lin, Construction of recombinant mercury resistant *Acidithiobacillus caldus*, *Mic. Re.*, 166 (2011) 515-520.
- [5] K. Bosecker, Bioleaching: metal solubilization by microorganisms, *FEMS Mic. R.*, 20 (1997) 591-604.
- [6] M.J. Patel, D.R. Tipre, S.R. Dave, Isolation, identification, characterization and polymetallic concentrate leaching studies of tryptic soy- and peptone-resistant thermotolerant *Acidithiobacillus ferrooxidans* SRDSM2, *Bio. Tech.*, 102 (2011) 1602-1607.
- [7] B. Ngom, Y. Liang, X. Liu, Cross-Comparison of Leaching Strains Isolated from Two Different Regions: Chambishi and Dexing Copper Mines, *BioMed Re. Int.*, (2014) 11.
- [8] S. Jahani, F. Fatemi, M.A. Firoz-e-zare, M.R. Zolfaghari, Isolation and Characterization of *Acidithiobacillus ferrooxidans* Strain FJS from Ramsar, Iran. *Elec. J. Biology*, 11 (2015) 138-146.
- [9] F. Fatemi, S. Miri, S. Jahani, Effect of metal sulfide pulp density on gene expression of electron transporters in *Acidithiobacillus* sp. FJ2. *Arch. Mic. In press*.
- [10] A.L. Williamson, An investigation into bioleaching of uranium and rare earth elements from quartz-pebble conglomerate ores from Elliot Lake, Ontario, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Material Sciences the School of Graduate Studies Laurentian University Sudbury, Ontario, Canada, (2014) 12.
- [11] C. Gomez, M.L. Blazquez, A. Ballester, Bioleaching of a Spanish complex sulfide ore bulk concentrate, *Min. Eng.*, 12 (1999) 93-106.
- [12] M. Nemati, S.T.L. Harrison, G.S. Hansford, C. Webb, Biological oxidation of ferrous sulfate by *Thiobacillus ferrooxidans*: a review on the kinetic aspects, *Bio. Eng. J.*, 1 (1997) 171-190.
- [13] A. Rashidi, R. RoostaAzad, S.J. Safdari, H. ZareTavakoli, M.F. Foroghian, B. Rafizadeh, Adaptation of *Acidithiobacillus ferrooxidans* for bioleaching of uranium, 1st International Regional Chemical and Petroleum Engineering Kermanshah, Iran, (2010) 25-28.
- [14] M. Eisapour, M.A. Moosavian, A. Keshtkar, A. Rashidi, Investigation the effects of pulp density on the uranium bioleaching in stirred tank reactor, 7th congress of chemical engineering, ICHEC07, (2011) 393.
- [15] M.S. Choi, K. Cho, D.S. Kim, H. Ryu, Bioleaching of uranium from low grade black schists by *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *World J. of Mic. & Bio.*, 21 (2005) 377.
- [16] M. Boon, J.J. Heijnen, Gas-liquid mass transfer phenomena in biooxidation experiments of sulphide minerals: a review of literature data, *Hydrometallurgy*, 48 (1998) 187.
- [17] A. Akcil, H. Ciftci, H. Deveci, Role and contribution of pure and mixed cultures of mesophiles in bioleaching of a pyretic chalcopyrite concentrate, *Min. Eng.*, 20 (2007) 310.