

بررسی تاثیر گونه‌های میکروبی در لیچینگ میکروبی کانسنگ دیویدیت حاوی اورانیم

هادی حمیدیان*، سعید علمدار میلانی، بهرام رضایی، احسان احمدی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، گروه مهندسی معدن

۲- سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای

۳- دانشگاه امیر کبیر - معدن و متالورژی

۴- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

وجه تمایز اصلی بین روش‌های لیچینگ معمولی و لیچینگ میکروبی در استفاده از میکروارگانیسم‌ها در لیچینگ میکروبی می‌باشد. در لیچینگ میکروبی فلزات با عیار پایین، اغلب از فعالیت باکتری‌های اکسند سولفور به ویژه تیوباسیلوس فرواکسیدان و تیوباسیلوس تیواکسیدان که قادر به ادامه حیات در محیط‌های اسیدی می‌باشند استفاده شده است. باکتری‌های هتروتروفیک مانند تیوباسیل‌ها و لیپتواسپریل‌ها با محیط‌های حاوی اورانیم و توریم سازگاری بیشتری دارند و می‌توان از آن‌ها در فرآیند لیچینگ کانسارهای اورانیم حتی به صورت غیرمستقیم، نیز استفاده کرد. در این تحقیق به مطالعه تاثیر پنج گونه باکتری متداول در عملیات لیچینگ میکروبی بر کانسنگ دیویدیت پرداخته شد. با توجه به آزمایشات انجام شده مشاهده شد که دو باکتری تیوباسیلوس فرواکسیدان (DSMZ ۵۸۳)، تیوباسیلوس فرواکسیدان بومی (FN۴۰۰۷۷۰) از کارایی بالاتری برای انحلال اورانیم از کانسنگ اورانیم دیویدیت برخوردار هستند.

مقدمه

معادن ریوتیتو^۱ در جنوب غربی اسپانیا را می‌توان خواستگاه بیوهیدرومتالورژی دانست. از این معادن از زمان قدیم مس، طلا، نقره استخراج شده است. از سال ۱۸۹۰ تا سال ۱۸۹۶ روباره‌های مس با عیار بسیار کم و با وزن تقریبی ۲۰۰۰۰۰ تن وجود داشت که در نتیجه تجزیه طبیعی حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد از مس موجود در این توده‌ها بازیابی می‌شد، البته نقش میکروارگانیسم‌ها در این بازیابی ناشناخته بود تا این که نقش و تاثیر میکروب‌ها و باکتری‌ها در حلالیت فلز در سال ۱۹۶۱ به اثبات رسید [۱].

استخراج در مقیاس صنعتی با استفاده از روش‌های بیولوژیکی در خلال سال‌های ۱۹۵۷ در معدن پروجیریکا پرتغال آغاز شد، تا سال ۱۹۶۰ نقش تیوباسیلوس فرواکسیدان در انحلال اورانیم از کانسارهای ناشناخته بود. کمپانی‌های اسپانیایی از سال ۱۹۷۰ از روش‌های میکروبی برای استخراج اورانیم استفاده نمودند. اسپانیا پس از فرانسه دارای بیشترین ذخایر اورانیم در اروپا بود. تقریباً بیشتر اورانیم تولیدی اسپانیا از معدنی در سالامانگا استخراج می‌شد. در خلال سه دهه اخیر کشورهایمانند آمریکا، برزیل، آفریقای جنوبی و استرالیا تلاش زیادی در جهت توسعه صنعتی بیولیچینگ صورت داده اند [۲، ۳، ۴، ۵].

مطالعه تحقیقات انجام شده در زمینه میکروبی حاکی از افزایش نرخ بازیابی و انحلال فلزات بر اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها در مکانیسم‌های مستقیم، غیرمستقیم، تیوسولفات و پلی‌سولفات می‌باشد. گای در تحقیق خود نشان داد که فعالیت میکروارگانیسم‌هایی چون تیوباسیلوس فرواکسیدان مستلزم وجود مقادیر مشخصی از آهن است. وی در آزمایش‌های خود از یک گونه میکروبی خاص مانند تیوباسیلوس استفاده نمود [۶]. بریولی که از دانشمندان پرکار در زمینه‌های مختلف لیچینگ میکروبی می‌باشد با مطالعه کانسنگ نوع کافینیت و اورانینیت معدن گرانتز کانادا که برای اجرای لیچینگ میکروبی مناسب می‌باشند، تاثیر مثبت تیوباسیلوس

* hhamidian@yahoo.com

۱- Gaius Plinius Secundus

۲- Georgius Agricola

۳- Rio Tino

فروکسیدان در افزایش میزان بازیابی اورانیم را خاطر نشان کرد [۷]. تحقیقات کرد/ با توجه به نتایج آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های کانسنگ پشبلاند در شیبست‌های سبز-خاکستری به دست آمده از معادن اورانیم اسپانیا، بر کاهش میزان مصرف اسید در لیچینگ میکروبی نسبت به لیچینگ معمولی متمرکز بود [۸]. گونزالز در ادامه تحقیقات انجام شده، با استفاده از آزمایش‌های لیچینگ میکروبی به روش ستونی، تراوشی و ظرف لوزان، تاثیر میزان پیریت موجود در کانسنگ اورانیم بر عمل کرد لیچینگ میکروبی را مورد مطالعه قرار داد [۹]. گارسیا در مطالعه‌ای که انجام داد، پتانسیل لیچینگ میکروبی در افزایش بازیابی اورانیم کانسنگ معدن اورانیم فیگوپیرا برزیل را به اثبات رساند [۱۰].

شپیرز در تحقیق خود به شناسایی تنوع میکروبی در توده‌های باطله‌های اورانیم دو معدن مختلف در آلمان پرداخت. این باطله‌ها از نوع شیبست‌های سیاه عیار پایین حاوی ۵۰۰ ppm اورانیم، ۰٫۵ تا ۷ درصد پیریت و کربنات بود [۱۱]. یکی از محققینی که فعالیت زیادی در زمینه لیچینگ میکروبی اورانیم انجام داد مانوز از اسپانیا بود که نتایج حاصل از تحقیقات خود را در مقالات متعدد ارائه نمود. بررسی چگونگی واکنش‌های بیولیچینگ، تاثیر کانی شناسی کانسنگ اورانیم، جنس سنگ‌های در برگیرنده، میزان عناصر سمی و متغیرهای لیچینگ از موضوعات مطرح شده در این مقالات بوده است [۱۲].

سامرا سعید امکان استفاده از روش میکروبی برای استخراج یون‌های فلزی مانند اورانیم و فسفر از کانسنگ‌های فسفاته رسوبی اورانیم را مورد مطالعه قرار داد [۱۳]. چویی مان سانگ شیبست‌های کره جنوبی را که حاوی ۱۰۰ ppm U_3O_8 بودند را مورد مطالعه قرار داد. وی توانست با استفاده از اسیدوباسیلوس فروکسیدان، ۸۰ درصد اورانیم موجود در شیبست‌ها را بازیابی نماید [۱۴]. به طور کلی لیچینگ میکروبی قادر به بازیابی فلزات از باطله‌های صنعتی، باطله‌های معدنی و مواد معدنی کم‌عیار و حاشیه‌ایی است که قابل فرآوری با روش‌های دیگر مانند روش‌های ثقلی، الکتریکی، مغناطیسی و شیمی- فیزیکی نمی‌باشند. این امر به طور قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش تناژ مواد معدنی قابل استخراج می‌شود. یکی دیگر از کارکردهای روش‌های میکروبی استفاده از پتانسیل متابولیکی فلزات جهت کاهش آلودگی‌های آب و زمین می‌باشد که موجب کاهش خسارات وارده به محیط زیست می‌شود. میکروارگانیسم‌ها با نفوذ به داخل ساختمان مولکولی مواد و شکستن پیوندهای موجود و تشکیل یون‌های آزاد و یا ترکیب‌های جدید می‌توانند به انحلال انتخابی فلزات کمک نمایند. با توجه به ماهیت تشکیل کانسارهای اورانیم که به مقدار کم در مقیاس وسیعی از کانسنگ‌ها (بیش از ۱۶۰ مورد) در پوسته زمین وجود دارد، استحصال این مقادیر اندک با استفاده از روش‌های سنتی به دلایل فنی و اقتصادی، معمول نمی‌باشد. [۱۵].

همگن سازی نمونه‌های کانسنگ

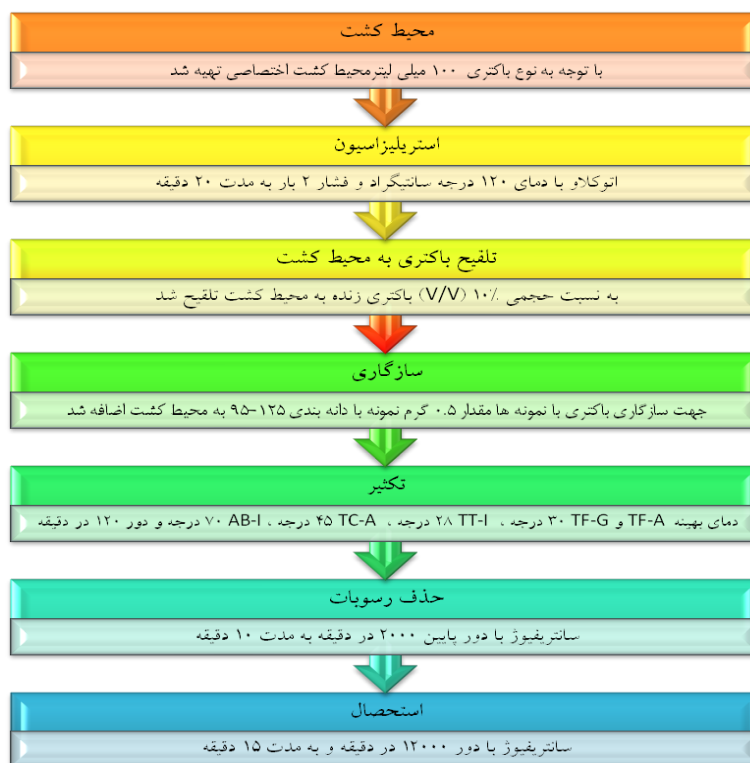
همگن بودن نمونه‌های مورد استفاده در آزمایش‌های لیچینگ معمولی و میکروبی موجب کاهش خطا در نتایج می‌شود. برای این منظور، با استفاده از دستگاه خودکار تقسیم‌کننده نمونه، نمونه‌های پیش‌فرآوری شده (کنسانتره میز لوزان) در تمامی ابعاد به صورت همگن به نمونه‌های ۱، ۲ و ۴ گرمی تقسیم شدند.

آماده سازی میکروارگانیسم‌ها

پنج گونه باکتری متداول برای عملیات لیچینگ میکروبی تهیه شد:

- ❖ TT-I : باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدان تهیه شده از کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی
- ❖ AB-I : باکتری اسید یانوس بریولی تهیه شده از کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی

- ❖ TF-G : باکتری تیوباسیلوس فرواکسیدان از کلکسیون قارچ و باکتری DSMZ^۲ تهیه گردید
- ❖ TF-A : باکتری تیوباسیلوس فرواکسیدان بومی که از معدن تالمسی - یزد تهیه گردید
- ❖ TC-A : باکتری کالدئوس بومی تهیه شده از معدن تالمسی - یزد تهیه شد



شکل ۱ مرحله اول فرآیند کشت، تکثیر و سازگاری گونه‌های میکروبی.

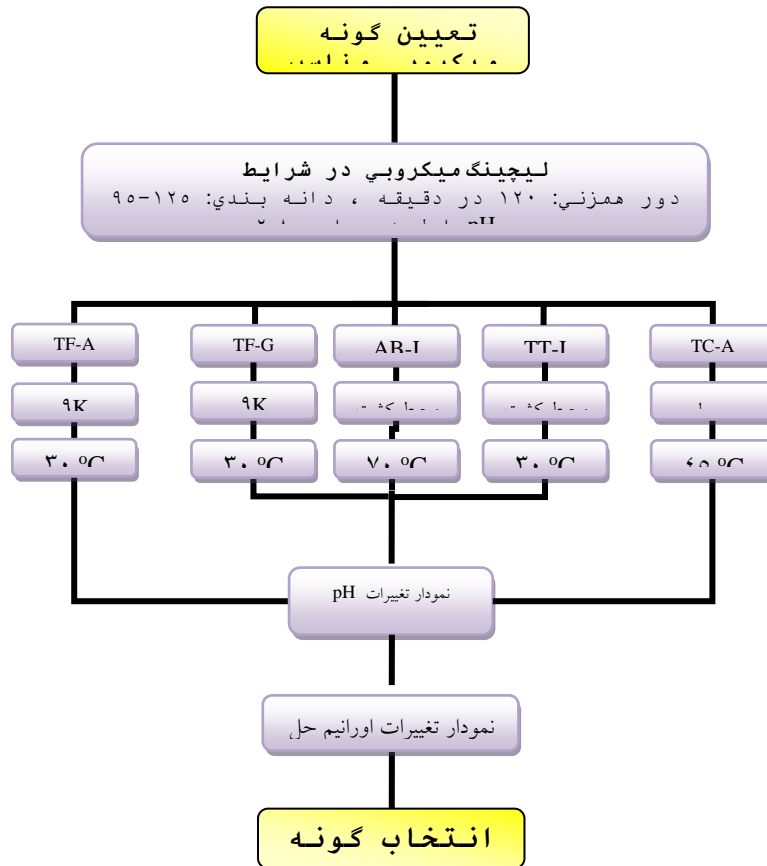
پس از تلقیح هریک از باکتری‌ها به محیط کشت اختصاصی مربوط به خود و ایجاد شرایط بهینه رشد، تغییر رنگ محیط‌های کشت به طور متناوب بررسی گردید. محلول‌های حاوی باکتری‌های TF-G و TF-A که در شروع آزمایش‌ها شفاف مایل به سبز بودند پس از ۴۸ ساعت به قرمز تغییر رنگ دادند که حاکی از فعالیت باکتری فرواکسیدان می‌باشد. هم‌چنین محیط‌های حاوی باکتری‌های TT-I ، TC-A ، AB-I که در ابتدا شفاف مایل به زرد بودند به ترتیب پس از ۷۲ ، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت رو به کدر شدن نهادند. این تغییر رنگ‌ها نشان از فعالیت باکتری‌ها داشت. به منظور کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها از تمامی محیط‌های کشت تلقیح شده، به طور متناوب و مداوم لام تهیه و به روش گرم، رنگ آمیزی شده و تحت مطالعه میکروسکوپی قرار گرفت. رنگ آمیزی انجام شده حاکی از گرم منفی بودن باکتری‌های مذکور می‌باشد.

انتخاب گونه میکروبی مناسب

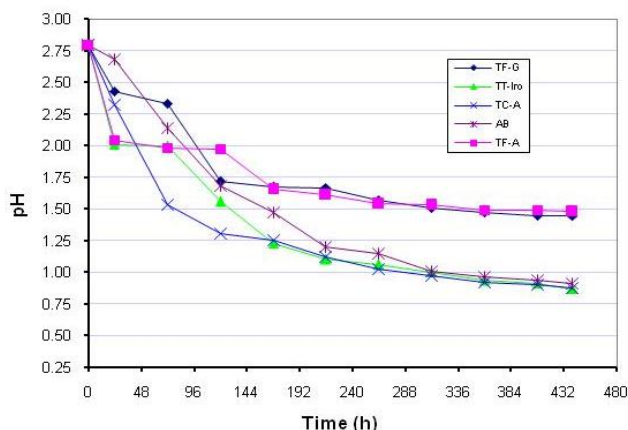
اثرات باکتری‌ها و قارچ‌ها بر روی مواد معدنی بر سه اصل - تجزیه اسید، تجزیه ماده مرکب و ریدوکسولیز - استوار می‌باشد. میکروارگانیسم‌ها با تولید آنزیم‌ها و هم‌چنین تشکیل اسیدهای آلی یا غیرآلی، اکسایش و کاهش و دفع عوامل مرکب، قادر به حرکت در آوردن فلزات می‌باشند.

19 th Iranian's Nuclear Conference

در اولین مرحله از آزمایش‌های این تحقیق به انتخاب گونه مناسب و موثر بر نمونه‌های کانسنگ پرداخته شد. روندنمای انجام آزمایش در شکل (۴-۱۱) نشان داده شده است. برای این منظور مقدار ۲ گرم از نمونه پیش‌فرآوری شده با ابعاد $90+125$ - به ۴۰ میلی‌لیتر از محیط کشت اختصاصی و تلقیح شده (با نسبت ۱۰ درصد حجمی) از هر باکتری منتقل و در انکوباتور شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد. دمای انکوباتور شیکر برای باکتری‌های TF-A، TF-G، TT-I و ۳۰ درجه سانتیگراد و برای باکتری TC-A، ۴۵ درجه سانتیگراد و برای باکتری AB-I، ۷۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. در فواصل زمانی معین pH محیط و مقدار اورانیم حل شده اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل برای تغییرات pH و میزان بازیابی اورانیم (به ترتیب شکل‌های ۴-۱۲ و ۴-۱۳) حاکی از تاثیر مناسب دو گونه باکتری TF-G، TF-A در انحلال اورانیم نسبت به سه گونه دیگر می‌باشد.

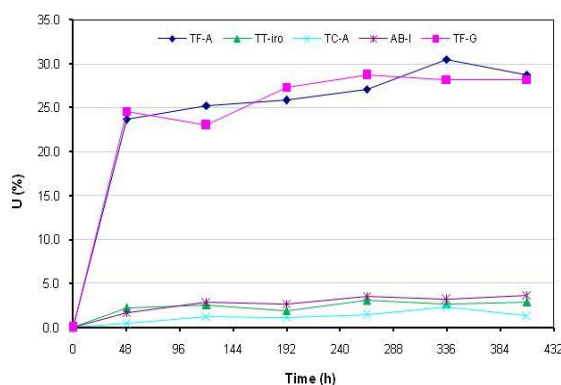


شکل ۲ روندنمای آزمایش‌های میکروبی برای تعیین گونه مناسب.



شکل ۳ تغییرات pH برحسب زمان برای گونه‌های مختلف باکتری (دما ۳۰ درجه سانتیگراد، سرعت هم‌زنی ۱۲۰ دور در دقیقه، pH اولیه برابر ۲٫۸، محدوده دانه‌بندی ۹۰+۱۲۵- و نسبت تلقیح ۱۰).

با شروع آزمایش pH محیط با توجه به فعالیت میکروارگانیسم‌ها تا زمان ۲۴۰ ساعت با شیب زیاد رو به کاهش می‌رود تا به محدوده بهینه pH هریک از باکتری‌ها نزدیک می‌شود و در ادامه با یک روند بسیار نرم برای باکتری‌های فرواکسیدان به مقدار ۱٫۵ و برای باکتری‌های تیواکسیدان، کالدوس و اسید یانوس به حدود ۰٫۹ می‌رسد. همان‌طور که در شکل (۴-۱۳) مشاهده می‌شود بیشترین میزان انحلال اورانیم برای باکتری‌های فرواکسیدان حاصل شده است که دلیل این امر اکسایش ذاتی Fe^{2+} به Fe^{3+} توسط باکتری فرواکسیدان می‌باشد که گونه‌های دیگر قادر به این عمل نمی‌باشند. همان‌طور که در فصل اول در بخش مکانیزم‌ها توضیح داده شد باکتری‌ها طی دو مکانیزم مستقیم و غیرمستقیم شرایط شیمیایی جهت انحلال فلزات را فراهم می‌آورند که در مکانیزم مستقیم، باکتری با اکسایش Fe^{2+} همراه با کانسنگ این شرایط را فراهم می‌آورد. اما با توجه به غیر پیریتی بودن کانسنگ مورد مطالعه باکتری طی یک مکانیزم غیر مستقیم با اکسایش Fe^{2+} موجود در محیط کشت و تبدیل آن به Fe^{3+} پروتون‌هایی را آزاد می‌نماید که این پروتون‌ها از سویی موجب کاهش pH محیط و از سوی دیگر موجب افزایش پتانسیل اکسایش و کاهش محیط و در نتیجه انحلال اورانیم می‌گردد. روند انحلال در ۵۰ ساعت اول با یک شیب تند به ۲۵ درصد می‌رسد که این امر به دلیل تولید مقدار زیادی Fe^{3+} که یک اکسند قوی است می‌باشد. اما در ادامه با مصرف Fe^{2+} موجود در محیط و در نتیجه کم شدن تولید Fe^{3+} و هم‌چنین کمتر دسترس قرار گرفتن اورانیم میزان انحلال با یک شیب کند ادامه یافت.



شکل ۴ تغییرات میزان بازیابی اورانیم برحسب زمان برای گونه‌های مختلف باکتری (دما ۳۰ درجه سانتیگراد، سرعت هم‌زنی ۱۲۰ دور در دقیقه، pH اولیه برابر ۲٫۸، ۹۰+۱۲۵- و نسبت جامد به مایع ۵).

نتیجه گیری

در این تحقیق تاثیر پنج گونه میکروبی در فرایند لیچینگ میکروبی کانسنگ اورانیم دیویدیت مورد مطالعه قرار گرفت. این باکتری‌ها شامل: باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدان (۱۶۹۲ PTCC)، اسید یانوس بریولی (۱۶۲۶ PTCC)، تیوباسیلوس فرواکسیدان (۵۸۳ DSMZ)، کالدئوس بومی (۹۵۶۱۶ FM) و تیوباسیلوس فرواکسیدان بومی (۴۰۰۷۷۰ FN) را شامل بودند. نتایج حاصل از مطالعات لیچینگ میکروبی در ادامه ارائه شده است.

مطالعه تغییرات pH برای هر یک از باکتری‌ها نشان داد که با شروع آزمایش و فعالیت باکتری‌ها، pH اولیه محیط‌های کشت که با استفاده از سولفوریک اسید روی ۲/۸ تنظیم شده بود رو به کاهش نهاد، به طوری که بعد از گذشت ۶۲۴ ساعت pH محیط برای باکتری‌های ذکر شده در بالا به ترتیب به مقادیر ۰/۸۳۰، ۰/۸۳۴، ۰/۸۳۰/۴۱، ۰/۱/۸۳۰/۴۱، ۱/۲ کاهش یافت. با توجه به آزمایشات انجام شده مشاهده شد که دو باکتری تیوباسیلوس فرواکسیدان (۵۸۳ DSMZ)، تیوباسیلوس فرواکسیدان بومی (۴۰۰۷۷۰ FN) از کارایی بالاتری برای انحلال اورانیم از کانسنگ اورانیم دیویدیت برخوردار هستند.

مراجع

- [۱] Brandl Helmut, ۲۰۰۱, "Microbial leaching of metals", Zurich, Switzerland, P.P. ۱۹۲-۲۱۴.
- [۲] Hefnawy M.A. , M . El – said, M. Hussain and Maisa , A . Amin , ۲۰۰۲ , "Fungal leaching of uranium from its geological are in Auoga area , West Central Sinai , Egypt ", Online Journal of Biological Sciences ۲ , PP. ۳۴۶ – ۳۵۰ .
- [۳] Lioyal Jonathan R., ۲۰۰۲, "Bionemediation of metals; the application of micro-organisms that make and break minerals", Microbiology Today , Val ۲۹ , PP. ۶۴ – ۶۹.
- [۴] Manoz J. A. , F. Gonzalez , M. L. Blazquez , A. Ballester , ۱۹۹۵ , "A study of the bioleaching of Spanish uranium ore. Part I : A review of the bacterial leaching in the treatment of uranium ores.", Elsevier , hydrometallurgy , PP. ۳۹ – ۵۴ .
- [۵] Rawlings Douglas Eric, ۲۰۰۵, "Characteristics and adaptability of Iron-and Sulfur-Oxidizing microorganisms used for the recovery of metals from minerals and their concentrates", Microbial Cell, <http://www.microbialcellfactories.com/content/۴/۱/۱۳>.
- [۶] Guay R., M.Silver, A.E. Torma, ۱۹۷۷, "Ferrous Iron oxidation and Uranium extraction by Thiobacillus Ferrooxidans", Biotechnical Bioeng, 19(5), P.P. 727-740.
- [۷] Brierley Corale L., ۱۹۸۰, "Biogenic extraction of Uranium from ores of the Grants region", Bioextractive Applications and Optimization, PP.۳۴۵-۳۵۱.
- [۸] Cerda j., Gonzalez, S.Rios, J.M. and Quintana , ۱۹۹۱ , "Uranium concentrates bio productions in Spain. (A case study)", biohydrometallurgy ۹۱ , Trioa, Portugal, PP.۲۴.
- [۹] Gonzales F., J.A. Munoz, A.Ballester, M.L.Blazquez, ۱۹۹۳, "Bioleaching of a Spanish uranium ore, FEMS Microbiology Reviews, 11(1-3), P.P. 109-119.
- [۱۰] O.Garsia Junior, ۱۹۹۳, "Bacterial leaching of uranium are from Figueira- PR, Brazil, at laboratory and pilot scale", FEMS Microbiology Reviews 11(1-3), P.P. 237-242.
- [۱۱] Schippers A. , Hallmann R. Wentzien S., 1995, "Microbial diversity in uranium mine Waste heaps", Applied and Environmental Microbiology, P.P. 2930-2935.
- [۱۲] Manoz J. A. , F. Gonzalez , M. L. Blazquez , A. Ballester , ۱۹۹۵ , "A study of the bioleaching of Spanish uranium ore. Part I : A review of the bacterial leaching in the treatment of uranium ores.", Elsevier , hydrometallurgy , PP. ۳۹ – ۵۴ .
- [۱۳] Sumera Saeed, Haq Nawaz Bhatti and T. M. Bhatti, ۲۰۰۲, "Bioleaching studies of rock phosphate Using Aspergillus niger", Online Journal of Biological Sciences Vol.۲ (۲), PP. ۷۶-۷۸.
- [۱۴] Choi Moon-song , cho kyung-suk , kim dung-su , Ryu Hee-wook , ۲۰۰۵ , "Bioleaching of Uranium from low grade Black Schist's by Acidithiobacillus f.", world journal of Microbiology and biotechnology , Volume ۲۱ , Number ۲ , PP. 377-380.
- [۱۵]* Kiaie M., ۲۰۰۰, "Uranium and thorium processing investigation in Saghand-Anomaly °", Master Degree Thesis, Bahonar Uni., P.P. ۲۶-۳۶.