J. of Nuclear Sci. and Tech.
مجله علوم و فنون هسته‌اي
شماره ۲۸، صفحات ۱-۷، ۱۳۸۵
No. 28, pp. 1-7, 2005

امکان‌سنجي طرّاحي و ساخت زيست - صافي براي ايزوتوپ پايدار و راديوايزوتوپ موليبدن - ۹۹ به وسيلة ريزسازواره‌ها[1]

حسين غفوريان*، مريم شمس رفيعي، مريم مظاهري تهراني، محمد امين احمدي، عليرضا نفر
مرکز تحقيقات هسته‌اي، سازمان انرژي اتمي ايران، صندوق پستي: ۳۴۸۶ - ۱۱۳۶۵، تهران - ايران

چکيده: در اين کار پژوهشي، ۲۳ سويه[2] باکتريايي گردآوري شده از آبهاي آلوده به مواد راديوآکتيو در مناطق مختلف رامسر، خاکهاي جزيره هرمز، چگاله‌هاي (کنسانتره‌هاي) مس و موليبدن و خاکهاي مناطق مختلف معدن مس سرچشمه خالص‌سازي و بررسي شده‌اند. از ميان سويه‌هاي جداسازي شده از نمونه‌ها، تنها سويه‌هاي جداشده از خاکهاي معدن مس سرچشمه، قابليّت رشد در محيطهايي تا غلظت ppm ۱۰۰۰ موليبدن را داشتند، و توان جذب مقدار موليبدن بيشتري نسبت به سويه‌هاي ديگر نشان دادند. در بررسي pH جذب، ٤ = pH به عنوان pH بهينه انتخاب شد. نقش غلظت موليبدن در فرايند جذب نيز در محدودة ۵۰ تا ppm ۱۰۰۰ مورد بررسي قرار گرفت و نتايج حاصل نشان دادند که بيشترين جذب موليبدن تا غلظت ppm ۲۰۰ به مقدار ٤۰% است. آزمايشهاي ديناميکي سويه‌هاي خالص‌سازي شده نمايانگر اين کيفيت بودند که "زيست- توده[3]" باکتريها در ۳۰ دقيقه اوّليه مجاورت با محيط فلزي، تقريباً تا حدّ ۹۵% اشباع مي‌شود. متوسّط وزن خشك باکتريها از ۰/۱تا ۰/۷ گرم در هر ليتر مواد طبيعي موجود در محيط و ظرفيت جذب زيست توده‌ها از ۵۰ تا ۳۰۰ ميلي‌گرم موليبدن در هر گرم وزن خشك است. مقايسه مقادير جذب موليبدن با غلظت‌هاي بالا در سويه‌هاي مقاوم با جذب آن در سويه‌هاي اوّليه نشان داد که سويه‌هاي اوّليه از ۲٦ تا ۹۰ درصد و سويه‌هاي مقاوم از ۳ تا ۷۷ درصد موليبدن را از محيط حاوي ppm ۲۰۰ جذب مي‌کنند. گرچه سازوکار جذب موليبدن به درستي مشخّص نيست، ليکن با توجّه به pH بهينه جذب مي‌توان گفت که قسمت عمده گونه‌هاي آنيوني پليمري و يونهاي موليبدات توسّط باکتريها جذب مي‌شوند. هدف اين پژوهش در نخستين مرحله، مطالعه مقادير جذب موليبدن توسّط ريزسازواره‌ها و تعيين شرايط بهينه جذب به منظور تهيّه راديوايزوتوپ موليبدن است که در پزشکي هسته‌اي براي مصارف تشخيصي بسيار اهميّت دارد.

واژه‌هاي کليدي: *ريزسازواره، زيست صافي، ايزوتوپ موليبدن، آبهاي آلوده به مواد راديوآکتيو*

Feasibility Study for Separation of Stable and Radioisotope of Molybdenum Isotopes with Biofilter Using Microorganisms

H. Ghafourian*, M. Shams Rafiee, M. Mazaheri Tehrani, M. A. Ahmadi, A. Nafar
Nuclear Research Center, AEOI, P.O.Box: 11365 - 3486, Tehran – Iran

Abstract: In this study 23 bacterial strains were isolated, purified and investigated from samples of radioactive polluted water collected from different areas in Ramsar, soils of Hormoz Island, copper and molybdenum concentrated and various places of Copper Sarcheshmeh Mines. Among the isolated strains from samples that were investigated, isolated strains from soils of Copper Sarcheshmeh Mines showed their growth ability at the environment up to 1000 ppm molybdenum and presented a more adsorption ability of molybdenum in relation to other strains. In the pH adsorption study, the optimum value of pH =4 was selected. The effect of Mo-concentration in the adsorption process with 50 to 1000 ppm of Mo was investigated and the results shown that the highest adsorption is up to 200 ppm with 40% of molybdenum. In dynamics experiments of purified strains from soil samples of Copper Sarcheshmeh Mines showed that the biomasses were saturated almost 95% within 30 minutes. The average dry weight of bacterias were 0.1-0.7 gr per liter of environment and the adsorption capacity of biomasses varied

from 50 to 304 mg Mo gr^{-1} dry biomasses. In comparison with the adsorption of resisting strains in high concentration of molybdenum with primary isolated strains were definite that the primary strains of 26-90% and resisting strains of 3-77% removed the molybdenum from 200 ppm. Therefore, the primary strains presented the higher adsorption capacity from the existing molybdenum which proved the occ ١ of some molybdenum adsorption sites on the surface of resisting bacterias cell on the adaptatior lthough there is still no proper definition about the mechanism of molybdenum adsorption, but ideration of the optimum pH adsorption, we should state that the relative strains would mainly adsorb the kinds of polymeric anion and molybdate ions. The goal in the first stage of this research was to study the scope of molybdenum adsorption by isolated strains from soils of Copper Sarcheshmeh Mines and optimization of adsorption situation in the direction of providing radioisotope of molybdenum, which will be used in the nuclear medicine for diagnostic.

Keywords: ***microorganism, biofilter, molybdenum isotope, radioactive polluted water***

تاريخ دريافت مقاله: ١٣٨١/٧/٢٩ تاريخ پذيرش مقاله: ١٣٨٢/٣/٢١

*email: GHAFORIAN@seai.neda.net.ir

١- مقدمه

تحقيقات گسترده‌اي دربارة استفاده از ريزسازواره‌ها به عنوان جذب‌كننده‌هاي زيست‌شناختي براي گردآوري فلزّات آلوده‌كنندة محيط زيست انجام شده است. ريزسازواره‌ها، از جمله باكتريها، جلبكها، قارچها، مخمرها مي‌توانند با جذب فلزّات سنگين، مواد راديوآكتيو و تركيبات وابسته به اين مواد، آنها را از محيط زيست به خوبي جذب كنند [١]. عامل مهمّ در مورد استفاده عملي از ريزسازواره‌ها، مقدار فلزّاتي است كه توسّط جرم ياخته گردآوري مي‌شود. اين مقدار، از چند ميكروگرم در هر گرم ياخته تا چند درصد وزن خشك سلول متغيّر است [٢].

ولسكي(٤) و همكاران، همچنين توبين(٥) و همكاران در اين زمينه در مقالات متفاوتي وجود گروههاي كربوكسيل در جدار ياخته را مسؤول گردآوري فلز مي‌دانند؛ آنان اظهار داشته‌اند كه گروههاي كربوكسيلي موجود در پروتئين ديواره ياخته با فلزات كمپلكس تشكيل مي‌دهند و بدين صورت فلز را از محيط خارج مي‌سازند [٣ و ٤].

نتايج گزارشها مبيّن اين مطلب است كه عمل جذب در اين مورد، واكنش فيزيكي- شيميايي بين اجزاي حل شدة داراي بار مثبت و اجزاي ياخته‌اي فعّال داراي بار منفي مي‌باشد [٥]. به طور كلي جذب فلز توسّط باكتريها ممكن است به صورت فعّال يا غيرفعّال صورت گيرد. در جذب فعّال، انتقال فلز يا تعامل فلز- ميكروب در سيستم زنده صورت مي‌گيرد، ولي در جذب غيرفعّال، فلز به وسيلة عملكردهاي فيزيكي- شيميايي كه معمولاً نيازي به ريزسازواره‌هاي زنده ندارد انتقال مي‌يابد [٦].

فلزّات سنگيني مانند جيوه، ارسنيك، سرب براي ياخته زنده سمّي بوده و مقدار زياد آنها باعث مسموميّت و غيرفعّال شدن ياخته مي‌شود؛ امّا ريزسازواره‌هايي هم هستند كه در مقابل غلظت بالاي اين گونه فلزّات مقاومند. در اين مورد هم غلظت فلز نبايد از حد سمّي بودن آن براي ياختة زنده تجاوز كند.

جذب فلزّات در محيط كشت ميكروبهاي در حال رشد، متأثّر از تغييرات فيزيكي و شيميايي اين محيط و تغييرات فيزيولوژيكي ياخته‌ها است. ياخته‌هاي زنده گاهي در مقابل فلزّات سمّي مقاومت نشان مي‌دهند. بهترين محيط جداساز اين باكتريها، رسوبات و خاكهاي حاوي بيش از ١٠ % فلزّات سنگين مي‌باشند.

ولسكي معتقد است كه رفتار انواع معيني از جذب‌كننده‌هاي قوي زيستي در مقابل يونهاي فلزي، بستگي به تركيب شيميايي ياخته‌هاي ميكروبي سازندة آنها دارد. لازم

به ذكر است كه اين نوع زيست-توده‌هاي فعّال داراي ياخته‌هاي مرده و غيرفعّال وابسته به سوخت و ساز نيز مي‌باشند. در اين مورد نظريه جديدي در زمينه فرايندهاي كاربردي مطرح شده است كه به موجب آن چنين جذب‌كننده‌هاي زيستي نموداري از "مواد شيميايي" هستند كه قادرند به طور نسبي مقادير قابل توجّهي از فلز را گردآوري كنند [۸].

اطلاعات در زمينة نقش ريزسازواره‌ها در جذب موليبدن بسيار اندك است و تنها در مورد بررسي جلبك سبز "كلورلاريگولاريس[۶]" نشان داده شده است كه اين جلبك مي‌تواند موليبدن را از محلولهاي حاوي mgMo/l ۵۰-۱۰ جذب كند [۹].

كورنوسكي[۷] و همكاران در ضمن مطالعة نقش گروههاي مختلف ريزسازواره‌ها در جذب موليبدن از محلولها نشان دادند كه زيست-توده‌هاي ۲۰ سويه قارچ، باكتري و مخمرها، موليبدن را از محلولهايي جذب مي‌كنند كه ظرفيت جذب زيست-توده‌هاي آنها از ۸۰ تا ۱۸۵ ميلي‌گرم موليبدن در هر گرم وزن خشك آنها متغيّر است و در محدوده pH از ۱/۵ تا ۲/۵، بيشينة مقدار جذب موليبدن اتفاق مي‌افتد و در pHهاي خارج از اين محدوده مقدار جذب به طور وضوح كاهش مي‌يابد.

در اين كار پژوهشي چندين نمونة آب و خاك به منظور بررسي مقدار جذب موليبدن توسّط ريزسازواره‌هاي جداشده و خالص‌شده از نمونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اين بررسي به صورت گسترده‌تري روي نمونه‌هاي خاك مس سرچشمه انجام گرفته است.

۲- مواد و روش كار

كليّه مواد اوّليه شيميايي لازم، از شركتهاي Merck و Aldrich خريداري و مقادير فلز موليبدن در نمونه‌ها به وسيلة دستگاه جذب اتمي اندازه‌گيري شده‌اند.

نمونه‌هاي مورد بررسي در اين تحقيق عبارتند از: نمونه‌هاي آب چشمه‌هاي راديوآكتيويته‌دار رامسر، نمونه‌هاي خاك از جزيره هرمز، نمونه‌هاي چگاله (كنسانتره) مس و موليبدن و نمونه‌هاي خاك معدن مس سرچشمه.

براي جداسازي باكتريهاي موجود در نمونه‌هاي آب، "مادّه غذايي آگار[۸]" به عنوان محيط كشت و خالص‌سازي در نظر گرفته شد، كه با چندين بار كشت متوالي در طشتك‌هاي محتوي اين مادّه غذايي، باكتريهاي موجود در نمونه‌هاي آب جدا و خالص‌سازي شدند. به منظور بررسي چگونگي رشد باكتريها در محيط رشد حاوي فلز موليبدن، "محيط پايه‌اي" محتوي ppm ۱۰ فلز موليبدن تهيّه شد و در بخشهاي ۱۰۰ ميلي‌ليتري از اين محيط، باكتريها تلقيح شدند. همچنين براي تعيين مقدار جذب فلز توسّط باكتريها، "زيست- توده" حاصل از آنها در ۱۰۰ ميلي‌ليتر محيط "مادّه غذايي آبگوشت[۹]" پس از عمل سانتريفوژ و شستشو به محيط فلزي ppm ۲۰۰ موليبدن منتقل شده و مدّت ۱۶ ساعت در دماي $۳۰^{o}C$ و ۱۵۰ دور در دقيقه در بهمزن انكوباتور قرار گرفته‌اند.

براي جداسازي باكتريهاي موجود در نمونه‌هاي خاك، در هر ۱۰۰ ميلي‌ليتر از محيط پايه، يك گرم از نمونه‌هاي خاك را ريخته در دماي $۳۰^{o}C$ و ۱۵۰ دور در دقيقه در بهمزن انكوباتور قرار داده‌ايم. پس از گذشت ٤ تا ٥ روز كه رشد باكتريها به وسيلة گرفتن "لام" مشخّص شد، با چند كشت متوالي در طشتك‌هاي محتوي "مادّه غذايي آگار"، باكتريهاي موجود را به صورت خالص جدا كرده‌ايم. زيست-توده همة نمونه‌هاي خالص را در شرايط يكسان در محيط "غذايي آبگوشت" تهيّه كرده و پس از عمل سانتريفوژ و شستشو با آب مقطر، براي تعيين چگونگي عمل جذب فلزي، به محيط ppm ۲۵۰ فلز موليبدن انتقال داده‌ايم.

براي تعيين اندازه مقاومت باكتريها در مقابل موليبدن با غلظت‌هاي بالا در محيط رشد، باكتريهاي خالص‌سازي‌شده را در محيطهاي ۱۰۰ ميلي‌ليتري

محتوي مادّه غذايي آبگوشت و ppm ۵۰ موليبدن، تلقيح كرده‌ايم. پس از گذشت ٤ روز در دماي ۳۰°C و بهمزني ۱۵۰ دور در دقيقه، علائم رشد در محيطها ظاهر شده است. بار ديگر ۱۰ ميلي‌ليتر از اين محيط را به محيط مادّه غذايي حاوي ppm ۱۰۰ موليبدن تلقيح و مانند مرحلة قبل عمل كرده‌ايم و اين مراحل را تا غلظت ppm ۱۰۰۰ موليبدن ادامه داده‌ايم.

زيست- توده باكتريهاي اوّليه و باكتريهاي مقاوم شده در مقابل موليبدن با غلظت ppm ۱۰۰۰ را در شرايط يكسان تهيّه و به منظور مقايسه مقدار جذب اين باكتريها، آنها را به محيط فلزي ppm ۲۰۰ موليبدن وارد كرده‌ايم و با گذشت ۱٦ ساعت مجاورت در دماي ۳۰°C و بهمزدن با سرعت ۱۵۰ دور در دقيقه در بهمزن انكوباتور اين محيط فلزي را پس از سانتريفوژكردن، مورد تجزيه و تحليل قرار داده‌ايم.

به منظور بدست آوردن pH بهينة جذب براي هر نوع باكتري، نمونه‌هاي ۲۰ سانتي‌متر مكعّبي از محلول ppm ۲۰۰ موليبدن را تهيّه كرده و pH آنها را به ترتيب روي ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰ و ۱۲ تثبيت و مقدار جذب موليبدن را در هر يك از اين محيطها حساب كرده‌ايم.

براي تعيين غلظت بهينه فلز به منظور حذف توسّط باكتري، محيطهاي فلزي شامل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ٦۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ ppm موليبدن را تهيّه كرده و زيست- تودة باكتريها را در اين محيطها وارد و پس از ۱٦ ساعت مجاورسازي و سانتريفوژكردن محيط، محلول حاصل را تجزيه و تحليل كرده‌ايم.

براي مشخّص كردن سينتيك حذف فلز، ۱۰ ميلي‌ليتر محلول باكتريايي را به محيط فلزي ppm ۲۰۰ موليبدن افزوده و در شرايط ثابت در زمانهاي ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ٤، ٦، ۸، ۱٦، ۲۰، ۲۸، ٤۸، ۵٦، ٦٤ و ۷۲ ساعت، از محيطها نمونه‌برداري كرده و پس از عمل سانتريفوژ، محلول شفاف را مورد تجزيه و تحليل قرار داده‌ايم تا چگونگي سينتيك حذف فلز مشخّص شود.

۳- يافته‌ها و نتايج

از نمونة آبهاي آلوده به مواد راديوآكتيو شهرستان رامسر ۱۱ باكتري غيربيماريزا جداسازي و تخليص شده‌اند. از اين تعداد، شش سويه باكتريايي در محيط ppm ۲۰۰ موليبدن از قابليت رشد خوبي برخوردار و در مقابل وجود موليبدن در محيط رشد، مقاوم بودند. همچنين زيست- توده‌هاي هر ۱۱ باكتري در محيط فلزي ppm ۲۰۰ موليبدن، جذب مقاديري از موليبدن را نشان دادند. در جدولهاي ۱ و ۲ به ترتيب مقادير درصد موليبدن جذب شده توسّط باكتريهاي مقاوم و غيرمقاوم به موليبدن، پس از ۱٦ ساعت مجاورسازي درج شده است.

از نمونه‌هاي خاك كنسانتره مس و موليبدن هيچ باكتري جداسازي نشد باكتريهاي جداسازي شده از نمونه‌هاي خاك جزيرة هرمز نيز در محيط حاوي موليبدن هيچگونه رشدي نداشتند.

از نمونه‌هاي خاك معدن مس سرچشمه ۸ نوع باكتري جداسازي و خالص‌سازي شد؛ نتايج مجاورسازي زيست- توده اين باكتريها در محيط ppm ۲۵۰ موليبدن، در جدول ۳ درج شده است.

باكتريهاي خالص‌سازي‌شده از نمونه خاكهاي معدن مس سرچشمه را به محيطهاي رشد حاوي ۵۰ تا ۱۰۰۰ "ppm" موليبدن

جدول ۱- مقدار درصد موليبدن جذب‌شده توسّط ريزسازواره‌هاي مقاوم

نمونه	درصد جذب فلز موليبدن
W ۱	٤/۲
W ۲	٦/۲
W ۳	۹/۹
W ٤	۹/۹
W ۵	۱٤/۱
W ٦	۱٤/۱
شاهد	ppm ۲۰۰

جدول ۲- درصد موليبدن جذب شده توسّط ريزسازواره‌هاي غيرمقاوم

نمونه	درصد جذب فلز موليبدن
W ۷	٤/۱

۸ W	۳/٤
۹ W	۱/۱
۱۰ W	۰/۷۵
۱۱ W	۱/۷
شاهد	۲۰۰ ppm

جدول ۳- درصد جذب فلز مولیبدن توسّط باکتریهاي جداسازي‌شده از معادن مس سرچشمه در غلظت ۲۵۰ ppm مولیبدن

نمونه	درصد جذب فلز مولیبدن
۱	۳۲/۸
۲	۲۵/٦
۳	۱۹/۲
٤ (C.S)	۲٦/۸
٤ (C.W)	۲۸/۲
٤ (B.B)	۲۲/۸
٥	۳۱/۲
R	۲۹/۲
شاهد	۲۵۰ ppm

به تدریج منتقل کرده‌ایم. نتایج حاصل نشان داده‌اند که این باکتریها، بجز یکي از آنها، تا غلظت ۱۰۰۰ ppm مولیبدن، قابلیت رشد و تکثیر خود را در محیط رشد حفظ کرده‌اند.

نتایج مقدار جذب فلز مولیبدن توسّط باکتریهاي اوّلیه نسبت به ٤ باکتریهاي مقاوم شده (رشد کرده تا غلظت ۱۰۰۰ "ppm" مولیبدن) در جدول ٤ درج شده و حاکي از جذب بهتر فلز توسّط باکتریهاي اوّلیه است.

آزمایش تعیین pH بهینه جذب توسّط باکتریها، در دو pH، ٤ و ۱۰ بیشترین مقدار جذب مولیبدن را نشان داد. در pHهاي دیگر، مقدار جذب فلزي کاهش قابل ملاحظه‌اي را نشان مي‌دهد (شکل ۱ الف و ب).

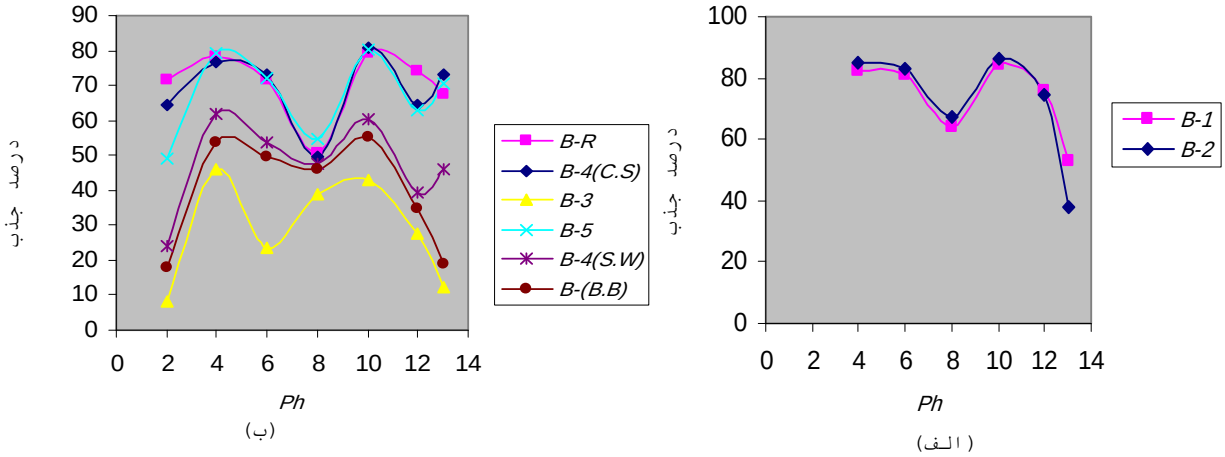
نتایج بررسي سینتیکي نشان مي‌دهند که عمده مقادیر جذب فلز در نیم ساعت اوّلیه مجاورسازي زیست- توده با محیط حاوي فلز صورت مي‌گیرد (شکل ۲).

میانگین وزن خشك باکتریها در حسب mg/lit در جدول ٥ ارائه شده است.

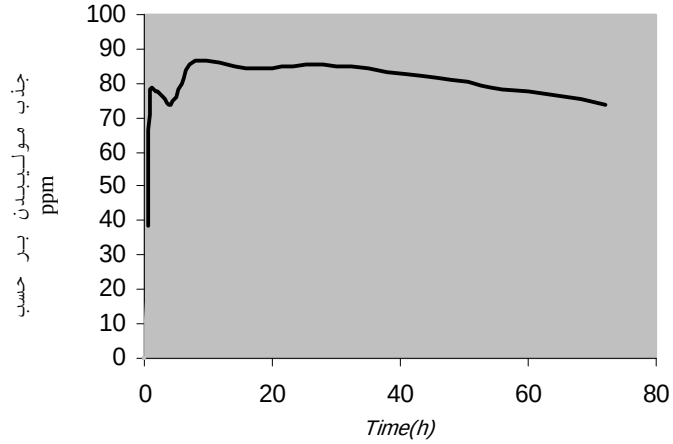
توانایي حذف مولیبدن توسّط باکتریها در غلظت‌هاي متفاوت فلزي در جدول ٦ نشان داده شده است.

جدول ٤- درصد جذب مولیبدن توسّط زیست- توده حاوي ppm مولیبدن

شماره نمونه	۱	۲	٤ (B.B)	٤ (C.S)	٤ (C.W)	٥	R
باکتري اوّلیه	۹۰/۱۲	۸۳/۸۱	۲٦/۰٤	٦٦/۳۳	۳۹/۸٥	٤۷/٦۱	٥۳/۰٤
باکتري مقاوم شده	۷۷/۲٤	٦۰/۰۲	۳/۲۳	٥۰/٦٥	۲۰/۲٤	٤۳/۷۳	٦٦/٥٥



شکل ۱ - درصد مولیبدن جذب شده در pHهاي متفاوت با غلظت ثابت فلزي در دماي ۳۰°C و تعداد ۱۵۰ دور در دقیقه



شكل ۱- نمودار سينتيك جذب

Fig. 4. Adsorption dynamics

جدول ٥- ميانگين وزن خشك باكتريها بر حسب ميليگرم در يك ليتر محيط

شماره نمونه	ميانگين وزن خشك باكتريها (mg/lit)
١	٠/٤٤
٢	٠/٣٧
٣	٠/٣١
٤ (B.B)	٠/٤٥
R	٠/٢٣
٤ (C.S)	٠/٤١
٤ (C.W)	٠/١٧
٥	٠/٧٧

زمان بر حسب ساعت

٤- بحث و نتيجه‌گيري

نتايج مندرج در جدولهاي ١ و ٢ نشان مي‌دهند كه آن دسته از باكتريهاي جداسازي شده از نمونه‌هاي آب رامسر كه نسبت به وجود فلز موليبدن در محيط رشد مقاومت نشان مي‌دادند، جذب مقادير بيشتري در غلظت ppm ٢٠٠ موليبدن نسبت به باكتريهاي غيرمقاوم در مقابل موليبدن به هنگام رشد دارند، امّا در هر حال بيش از ١٤% از فلز موليبدن را نمي‌توانند جذب كنند.

جدول ٦- درصد جذب موليبدن توسّط باكتريها در غلظتهاي متفاوت

غلظت اوّليه موليبدن (ppm)	B-١	B-٢	B-٣	B-٥	B-٤ (C.S)	B-٤ (B-B)	B-٥	B-R
٥٠	٦٥/٧	٤٩/٩	٣٩/٩	٥٤	٤٨/٧	٥٤/٧	٢٨/٧	٤٣/٣٢
١٠٠	٤٥/٢	٣١/١٤	١٩	٢٨/٤٤	٤٠/٦	٤٦/٣٣	٣٨/٠٣	٣٢/٦٢
٢٠٠	٤٤/٢	٤٧/٦٥	٤٦/٨	٢٣/١	٢٣/١	٤٧/٤٢	٣٩/٤	٢٥/١
٤٠٠	١٣/٥	١٥/٧	١٢/١	١٩/٣	١٦/٨	٧/٥٥	١١/٢	١٩/٨٥
٦٠٠	٧/٦	١٤	١٥/٠٥	٣١/١٣	٤/١٥	٥/٨٤	١٣/٨	٨/٥
٨٠٠	٣/٣٥	١١/١	٢/٩	١١/٤٢	٣/٤٢	١١/١٠	١٤/١١	٧/١
١٠٠٠	١٦/٨	٤/٣	١/٣	٤/٦٤	١١/٥	٨/٩	٨/٥٥	٤

از نمونه‌هاي چگالة مس و موليبدن هيچ نوع باكتري جداسازي نشده است. در واقع، با توجّه به اينكه اين چگاله‌ها به ترتيب حاوي ٢٦% مس و ٩٥-٩٣% موليبدن بوده‌اند، غلظت‌هاي فلزي بالا در سلول باكتريها مسموميّت ايجاد كرده و باعث مرگ آنها مي‌شود، بنابراين، هيچ باكتري در چنين محيطي نمي‌تواند رشد كند.

تجزيه و تحليل كيفي و كمّي نمونه‌هاي سنگ معدن مس سرچشمه، وجود فلزّات نادر و گرانبهاي متعدّدي را در آنها نشان داد كه يكي از اين فلزّات موليبدنيوم است. با توجّه به اين مسأله پيش‌بيني مي‌كنيم كه ريزسازواره‌هاي موجود در معادن مس سرچشمه با محيط موليبدن‌دار بهتر سازش مي‌كنند. بنابراين، از اين ناحيه نمونه‌برداري كرده و به تجزيه و تحليل آنها پرداختيم. اين پيش‌بيني به وسيلة آزمايشهاي

انجام شده به اثبات رسيد، زيرا باكتريهاي جداسازي شده از ساير نمونه‌هاي مورد بررسي، يا در محيط حاوي فلز توانايي رشد خود را از دست مي‌دادند يا در محيط فلزي، جذب قابل توجّهي نشان نمي‌دادند.

باكتريها به انواعي از فلزات مانند Na، K، Mg، Ca، Fe، Co، Cu، Mo، Mn، Ni و Zn، به عنوان موادّ غذايي معدني نياز دارند. چون وجود مقادير زياد اين فلزّات يا فلزّات ديگر ممكن است براي باكتريها زيان‌آور و كشنده باشد، براي سازش‌پذيركردن آنها با غلظت‌هاي بالاي فلزّات، كه در اينجا موليبدن موردنظر است، باكتريهاي جداسازي شده از سنگ معدن را به تدريج در غلظت‌هاي ۵۰ تا ۱۰۰۰ "ppm" موليبدن وارد كرده و آنها را با اين غلظت‌ها سازش‌پذير كرده‌ايم. به نظر مي‌رسد كه باكتريها سازوكارهايي براي كنترل و سازش‌پذيري با غلظت‌هاي بالاي فلزّات در محيط رشد خود دارند كه يكي از مهمترين اين سازوكارها، اتّصال يون فلز به غشاء سلول است. غشاء سلول به لحاظ خاصيت آنيوني مانند يك اسفنج عمل مي‌كند و قادر است يونهاي فلزي را جذب كند. اين خاصيت از نفوذ فلز (كه براي سلول در حكم سمّ است) به داخل پروتوپلاست جلوگيري كرده و مانع مرگ سلول مي‌شود. در واقع، سلول زنده جهت بقاي خود، با شرايط جديد سازش‌پذير مي‌شود و غلظت بالاي فلز را تحمّل مي‌كند.

در روند رشد باكتري براي سازش‌پذيري با غلظت‌هاي فلزي بالا، تعدادي از مكانهاي جذب فلز در غشاي باكتري اشغال مي‌شوند و اين امر باعث مي‌شود كه در مقايسه مقدار جذب فلز توسّط باكتري اوّليه و باكتري سازش‌پذيرشده، باكتري اوّليه نتايج جذب فلزي را بهتر نشان دهد.

ساير شرايط محيطي از جمله pH و غلظت فلز در مقادير جذب فلزي باكتري تأثير بسزايي دارند.

موليبدن در محلولهايي با pH ۲/۵ تا ۶/۵ به صورت گونه‌هاي آنيوني پليمري و يونهاي موليبدات (MoO_4^{2-}) در تعادل با هم وجود دارند. در pHهاي بيشتر از ۷/۵ به صورت يونهاي موليبدات و در pHهاي ۰/۹ تا ۱/۱ اغلب يونهاي موليبدنيل مثبت (MoO_2^{2+}) و در محدوده pHهاي ۱/۵ تا ۲/۵ هر دو گونه كاتيون و آنيون پليمري و مولكولهاي پليمر خنثي با هم وجود دارند. با توجّه به اينكه باكتريهاي جداسازي شده در دو pH، ۴ و ۱۰ بالاترين ظرفيت جذب موليبدن را دارند، بنابراين، ويه‌هاي موردنظر عمدتاً گونه‌هاي نيوني پليمري و يونهاي موليبدات را جذب مي‌كنند.

نتايج جذب فلز موليبدن در غلظت‌هاي متفاوت فلزي توسّط باكتريها نشان مي‌دهد كه در غلظتهاي بيش از ppm ۲۰۰ موليبدن، درصد جذب فلز به طور قابل توجّهي كاهش مي‌يابد و در غلظت ppm ۲۰۰ و پايين‌تر از آن، بيشترين درصد جذب فلز از محيط مشاهده مي‌شود. كارهاي انجام شده در رابطه با نقش ريزسازواره‌ها در جذب موليبدن بسيار محدود است. در يك بررسي انجام شده، در رابطه با نقش گروههاي مختلف ريزسازواره‌ها در جذب موليبدن، نشان داده شده است كه جلبك سبز كلرلاريگولاريس، موليبدن را از محلولهاي حاوي ۱۰ تا ۵۰ ميلي‌گرم در ليتر جذب مي‌كند. در مقايسه با اين مورد، ميانگين

جذبي ۴۰٪ فلز موليبدن توسّط باكتريهاي جداسازي و خالص‌سازي شده از نمونه‌هاي خاك معادن مس سرچشمه در غلظت‌هاي فلزي ۵۰ تا ۲۰۰ ميلي‌گرم موليبدن در ليتر، نتيجه نسبتاً مطلوبي است.

در بررسي سينتيكي جذب، مشخّص شد كه قسمت عمده جذب فلز در نيم ساعت اوّليه اتفاق مي‌افتد و اين امر نشان‌دهندة جذب سطحي فلز توسّط

باكتري است. همچنين مقدار جذب فلزي كمتر توسّط باكتريهاي رشدكرده در محيط موليبدن در مقايسه با باكتريهاي اوّليه نشان مي‌دهد كه تعدادي از محل‌هاي جذب فلز در غشاي سلول باكتري اشغال شده است و اين خود مؤيّد جذب سطحي فلز در غشاء سلول باكتري مي‌باشد.

پي‌نوشت‌ها :

١ –Microorganisms
٢ –Strain ميكروبي كه ميكروبهاي ديگر از آن پديد آمده باشند
٣ – Biomasse
٤ – Volesky
٥ – Tobin
٦ – Chlorella regularis
٧ – Korenevsky
٨ – Nutrient Agar
٩ – Nutrient Broth

References:

1. G. M. Gadd, “Uptake of heavy metals,” Biotechnology, **6**, 401-403 (1986).

2. C. White and G. M. Gadd, “Heavy metal and radionuclide uptake by fungi and yeast,” J. Chem. Technol. Biotechnol. **49**, 331-43 (1990).

3. M. Tsezos and B. Volesky, “Biosorption of Uranium and Thorium,” Biotech. Bioeng. **24**, 385-401 (1982).

4. J. M. Tobin and D. Cooper, “Uptake of Metalions by Rhizopus arrhizus biomass,” Appl. Environ. Microbiol. **47**, 821-824 (1984).

5. D. S. Wales and B. F. Sagar, “Removal and recovery of heavy metals by biosorption,” J. Chem. Technol. Biotech. **49**, 345-55 (1980).

6. J. A. Brierley and G. M. Goyak, “Metal recovery,” U. S. Patent **4**, 789-481 (1988).

7. Nabil Hafez, Alaa S. Abdel - Razek, “Accumulation of some heavy metals on Aspergillus flavus,” J. Chem. Tech. Biotechnol **68**, 19-22 (1997).

8. B. Volesky and Z. R. Holan, “Biosorption of Heavy Metals,” Biotechnol. Prog. **11**, 235-250 (1995).

9. T. Sakaguchi and A. Nacajima, “Studies on the accumulation of heavy metals in biological systems,” Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. **12**, 84-89 (1981).

٧