نشریهٔ علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۱۳، صفحات ۶۷-۵۳، ۱۳۷۶.

جداسازی اورانیوم و فلزات سمی بوسیلهٔ باکتری جدید MGF-48

حسین غفوریان ، فریدون ملک زاده** ، عباس فرازمند**
*مرکز تحقیقات استانداردهای هسته‌ای**
*بخش میکروبیولوژی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه تهران***
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

خطرهای ناشی از پرتوهای یونندهٔ عناصر پرتوزا دارای نیمه عمر طولانی باعث توسعهٔ روشهای متنوعی برای حذف این عناصر از محیط زیست شده است. در غلظتهای پایین، یکی از روشهای مناسب جداسازی این عناصر استفاده از موجودات ذره‌بینی است.

باکتری MGF-48 که اخیراً طی بررسیهای مختلف در حوالی جنوب تهران جداسازی و شناسائی شده است، توانایی بسیار بالایی در جذب اورانیوم و سرب از محلولهای حاوی آنها دارد. قدرت پاکسازی اورانیوم این باکتری در مقایسه با نمونه‌هایی که تاکنون گزارش شده‌اند بسیار بالاست. طبق تحقیقات انجام شده میزان جذب اورانیوم در این باکتری ۱۷۴ میلی‌گرم اورانیوم در هر گرم از وزن خشک سلولهاست. جذب اورانیوم در این موجود ذره‌بینی سریع است و با افزایش غلظت اورانیوم میزان انباشته شدن آن در سلولها افزایش می یابد.

مطالعات انجام شده در pH های مختلف نشان می دهد که بیشترین مقدار جذب اورانیوم در محدودهٔ ۶/۵ صورت می‌گیرد. مطالعات انجام شده درصد حذف اورانیوم در مدت ۵ دقیقه از محلول را ۸۶٪ نشان داد. یکی از مزایای این روش استفادهٔ مجدد از سلولهاست.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان می دهد که اورانیوم به صورت توده‌هایی در پوشش سلولی و همچنین در درون سلول انباشته می شود.

با استفاده از ستونهای حاوی سلولهای تثبیت شده در ژل پلی اکریل آمید می توان اورانیوم را جداسازی کرد. بررسیهای انجام شده ثابت نمود که این روش با استفاده از ژل پلی اکریل آمید قابل استفادهٔ صنعتی است.

مقدمه

با پیشرفت صنعت و تکنولوژی، آلودگی محیط زیست رو به افزایش گذاشته است. پسابهای آلوده به مواد سمی و فلزات سنگین (حتی درحد مجاز) از قبیل U,Pb,Cd,Hg و As وقتی وارد محیط زیست شوند می تواند تحت تاثیر عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی و میکروبی تغلیظ شده و آبهای سطحی و زیرزمینی را آلوده و اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست وارد کنند. از این رو ضرورت مطالعهٔ راههای رفع آلودگی آلایندهای پیچیدهٔ آب ، خاک و هوا شدیداً احساس می‌شود [۱۲].

فرایندهای مهم حذف، تثبیت یا سم‌زدایی بیشتر فلزات سنگین و عناصر پرتوزا از محیطهای طبیعی با فعالیت موجودات ذره‌بینی صورت می گیرد. از این موجودات ذره‌بینی می توان برای زدودن پسماندهای فلزات سنگین قبل از ورود آنها به محیط زیست استفاده کرد. سه سازوکار اصلی جداسازی فلزات سمی از پسماندها عبارتند از:

۱- جذب از طریق زیستی[1] ۲- ته نشینی از طریق زیستی[2] و ۳- جذب توسط پلیمرها و مولکولهای حاصل از موجودات ذره‌بینی [۲].

روشهای متداول جداسازی عناصر پرتوزا و فلزات سمی در غلظتهای بیش از ۱۰۰ mg/l عبارتند از فرایندهای رسوب‌دهی، واکنشهای اکسایش - کاهش، تبادل یونی و تصفیهٔ فیزیکی با استفاده از صافی‌ها.

امروزه از موجودات ذره‌بینی به طور گسترده‌ای در صنعت تصفیه و بازیابی فلزات سنگین و سمی استفاده می شود و فرایند جداسازی اورانیوم، سلنیوم، رادیوم، جیوه و کروم به مرحلهٔ نیمه صنعتی رسیده است [۲ و ۴]. اخیراً جداسازی برخی عناصر پرتوزا از قبیل استرانسیوم ، ایتریوم ، زیرکونیوم به طریق جذب زیستی انجام شده است [۴].

ناکاجیما و دیگران برای تصفیه و بازیابی اورانیوم و دیگر عناصر پرتوزا از پسماندها، موجودات ذره‌بینی را شناسایی کرده‌اند [۲، ۵، ۱۰]. باکتری MGF-48 که ثمرهٔ این تحقیق است از محیط پسابهای جنوب تهران جداسازی شده است. این باکتری نسبت به سایر باکتریهای شناخته شده از کارایی بالاتری برخوردار است.

روش جداسازی موجودات ذره‌بینی مقاوم به فلزات

به منظورجداسازی موجودات ذره بینی مقاوم به فلزات سمی ، ۲۰ نمونهٔ آب، خاک و لجن از منطقه‌ای در جنوب تهران جمع‌آوری و با استفاده از آب مقطر استریل رقتهای ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر از آن تهیه شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از این رقتها برروی صفحه‌های حاوی محیط کشت (TSA)[3] که دارای یکی از فلزات کادمیوم $[Cd(No_3),4H_2o]$، مس $(CuSo_4,5H_2o)$، روی $(ZnSo_4,7H_2o)$، یا سرب $(Pb(NO_3)_2)$ در غلظت ۱mM بود به طور سطحی کشت داده و در دمای ۳۰°C گرمخانه‌گذاری شد. با این روش ساده، موجودات ذره‌بینی مقاوم به Pb,Zn,Cu,Cd جداسازی و با کشت مجدد تک تک این کلنی‌ها، نمونه‌های خالص باکتری تهیه شد.

نمونه‌های خالص باکتری به طور هفتگی تجدید کشت شدند. باکتری MGF-48 که یک سویهٔ مقاوم به مس، سرب و روی است برای ادامهٔ بررسیها انتخاب شد. خواص بیوشیمیایی این سویه براساس روشهای استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

جذب اورانیوم و فلزات سمی

باکتریهای جداشده در محیط کشت نمک‌های معدنی و گلوکز در دمای ۳۰°C و برروی بهمزن (تکان‌دهنده) با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه کشت داده شدند. این محیط متشکل از مواد زیر است.

۵/۳۵ g/l از Na_2HPO_4 ، ۲/۶۷ g/l از NH_4Cl ، ۱۰ g/l از گلوکز و ۶ میلی لیتر از محلول نمکهای معدنی حاوی:

$CaCl_2,2H_2O$ (۰/۱ g/l)

$MgSO_4,7H_2O$ (۱۰ g/l)

$MnSO_4,7H_2O$(۰/۰۷۵g/l)

$FeSO_4,7H_2O$ (۰/۴ g/l)

با استفاده از محلول ۰/۱ مولار HCl، قبل ازسترون (استریل) کردن محیط کشت، pH را به ۷ می رسانیم.

۱- Biosorption

۲- Bioprecipitation

۳- Trypticase Soy Agar

برای جدا کردن باکتریها از محیط کشت ۷۲ ساعته، محیط کشت را به مدت ۲۰ دقیقه مرکزگریز می‌کنیم (۴۰۰۰ g) و به این ترتیب باکتریها را رسوب و با آب مقطر بدون یون شستشو می دهیم. سپس از رسوب باکتری در آب مقطر، تعلیق تهیه می‌کنیم. چگالی خشک باکتریها برابر ۲/۵ میلی گرم در هر میلی لیتر است که به چگالی ۰/۱ گرم در هر میلی لیتر باکتریهای تر مربوط می شود. محلولهای نیترات اورانیل هگزاهیدراته و هریک از فلزات سمی تهیه می شوند. ۱۰ میلی‌لیتر از تعلیق باکتری به ۴۰ میلی لیتر محلول فلزات سمی فوق اضافه می شود. این تعلیق را به مدت یکساعت در دمای ۲۵°C روی تکان‌دهنده با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه قرار می دهیم. سپس محلول تعلیق مرکزگریز می شود. محلول رویی جهت تعیین میزان کاهش غلظت فلزات سمی نسبت به محلول اولیه از رسوب باکتریها جدا می شود. میزان انباشته شدن فلزات سمی در تودهٔ موجودات ذره بینی با روش حل کردن در اسید مشخص می‌شود. ابتدا تودهٔ باکتری به مدت یک شب در دمای ۱۰۰°C قرار می گیرد. سپس ۴ میلی گرم از تودهٔ خشک در ۰/۵ میلی لیتر اسیدنیتریک غلیظ به مدت یک ساعت در حمام بخار آب ۱۰۰°C حل می شود. پس از سرد شدن در دمای محیط حجم آن را با استفاده ازآب مقطر به ۵ میلی لیتر می رسانیم و مقدار اورانیوم و فلزات سمی را توسط دستگاههای تزریق عبوری (مدل FIA-1) و جذب اتمی (مدل PERKIN-ELMER ۵۵۰۰) تعیین می کنیم. اورانیوم جذب شده در سلولهای باکتری را می توان با روشهای مختلف بازیابی کرد.

بازیابی اورانیوم از سلولهای MGF-48

سلولهای MGF-48 حاوی اورانیوم به مدت ۱۵ دقیقه با آب مقطر شستشو داده می شوند. سپس با یکی از محلولهای ۰/۱M سیترات سدیم یا EDTA یا Na_2CO_3 و یا اسیدنیتریک که خاصیت حل اورانیوم را دارند، تودهٔ حاوی اورانیوم را شستشو می‌دهیم. عمل شستشوی توده سه مرتبه تکرار می شود تا قسمت عمدهٔ اورانیوم از سلولها بازیابی شود. مقدار اورانیوم باقیمانده در سلولها در هر مرحله تعیین می شود. این روش جداسازی فلزات سنگین با تثبیت باکتریها در ژل پلی اکریل آمید می تواند به صورت نیمه صنعتی درآید.

تعیین میزان جذب اورانیوم در باکتریهای تثبیت شده در ژل پلی اکریل آمید

تودهٔ سلولی کشت داده شده برروی محیط GMS جداسازی شده است. ۵ گرم از وزن تر رسوب باکتری را سه مرتبه در آب مقطر استریل بدون یون شستشو میدهیم. باکتریهای حاصل در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر تعلیق می شود. برای تولید ژل ۲/۵ گرم مونومراکریل آمید و ۰/۲۵ گرم، N',N متیلن بیس اکریل آمید که عامل ایجادکنندهٔ پیوندهای تقاطعی است به تعلیق باکتری اضافه می شود. ۲/۵ میلی لیتر محلول ٪۲/۵ (W/V) پتاسیم پر سولفات به تعلیق فوق اضافه می‌شود. بسپار شدن با اضافه کردن ۱۰ میکرولیتر محلول N'N',N,N تترامتیل اتیلن دی آمین (TEMED) آغاز می شود. سپس برای تهیهٔ ستون، ژل به قطعات ۸ میلیمتر مکعبی تقسیم و در ستونهای ۵۰ میلی لیتری قرار داده می شود. برای زدودن ناخالصیها، ستون حاوی ژل با آب مقطر بدون یون شستشو می‌شود، ستونهای حاوی ژل فاقد باکتری نیز به عنوان کنترل به همین صورت تهیه می شوند. محلول اورانیوم با غلظت ۱۰۰mg/l در دمای ۲۵°C و سرعت خروجی ۴۴ ml/h از ستونها عبور داده و غلظت اورانیوم در محلولهای جمع آوری شده از ستون اندازه‌گیری

می‌شود.

نتایج

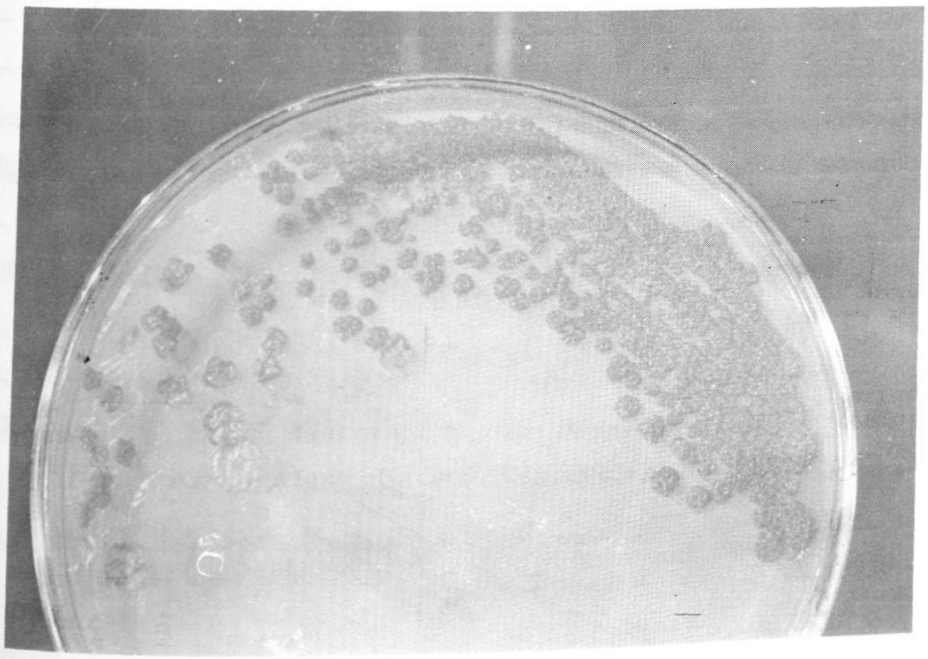
۶-۱- انتخاب سویه های مقاوم به فلزات سمی

باکتریهای متعددی براساس مقاومت در برابر فلزات سمی Pb,Zn,Cu,Cd با کشت نمونه‌های جمع آوری شده برروی محیط انتخابی فلزات فوق جداسازی شد. این میکروبها به دو گروه باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی تعلق دارند.

نتیجهٔ مطالعات آزمایشگاهی منجر به جداسازی و انتخاب ۵۰ موجود ذره‌بینی مقاوم به Zn,Cu,Cd و Pb شد. بعضی از این موجودات ذره‌بینی به بیش از یک فلز و تعدادی نیز به هر چهار فلز مقاوم هستند.

برای انتخاب سویه‌های جاذب اورانیوم از محیط کشت مایع GMS استفاده شد. از ۵۰ میکروب مورد مطالعه تنها یکی از آنها در محیط فوق رشد کرد.

این موجود یک باکتری گرم منفی با رنگدانهٔ زرد است. ویژگیهای ریخت شناسی و بیوشیمیائی این باکتری با هیچکدام از باکتریهای شناخته شده مطابقت ندارد (شکل ۱). از این رو ما آن را تحت عنوان سویه MGF-48 نامگذاری کردیم [۸]. پس از اضافه کردن تعلیق سلولهای این باکتری به محلول اورانیوم، سلولهای جاذب اورانیوم به شکل توده‌های لخته شده سریعاً ته نشین می شوند. به دلیل جذب زیاد اورانیوم توسط این باکتری تاثیر عوامل دخیل در آن از قبیل سن کشت، غلظت، pH و خواص شیمیائی مواد مورد مصرف بررسی شد.



شکل ۱- کلنی باکتری MGF-48 بر روی محیط کشت TSA

۶-۲- اثر کشت باکتری و غلظت اورانیوم بر میزان جذب

شرایط فیزیولوژیکی می‌تواند برروی جذب اورانیوم در سلولها تاثیر داشته باشد. از این رو تاثیر سن کشت باکتری بر میزان جذب اورانیوم در سلولها با تهیهٔ تعلیق سلولهای کشت ۲۴ ، ۴۸ ، ۷۲ ساعته در ۵۰ میلی لیترمحلول mg/l ۵۰ به مدت یک ساعت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می دهد که انباشته شدن اورانیوم در سلولها با سن کشت آن تغییر قابل ملاحظه‌ای ندارد (جدول ۱).

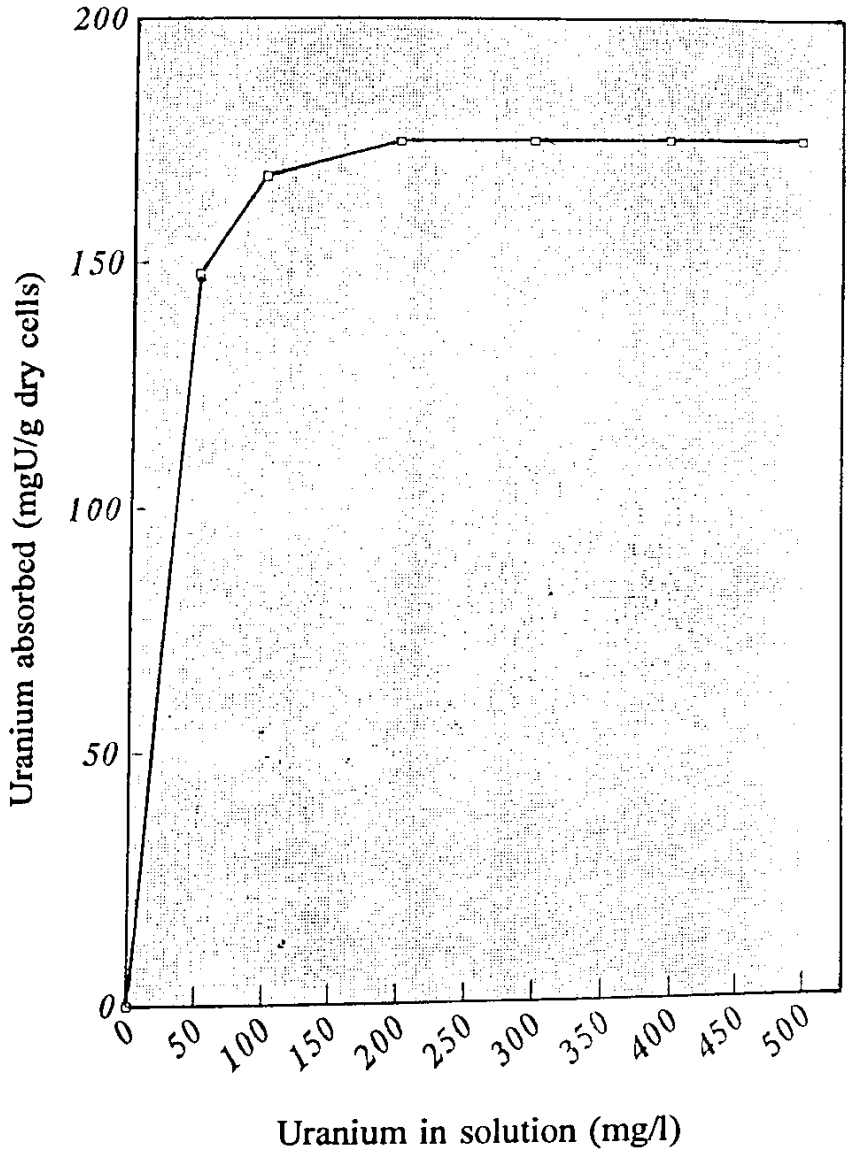
در ادامهٔ تحقیقات، برای به دست آوردن سلولهای بیشتر، کشتهای سه روزه مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- تاثیر سن کشت باکتری بر میزان جذب اورانیوم

سن کشت باکتری برحسب ساعت	میزان جذب برحسب میلی‌گرم بر گرم سلولهای خشک
۲۴	۱۶۳/۵
۴۸	۱۵۵/۵
۷۲	۱۶۲/۵

انباشته شدن اورانیوم در سلولهای باکتری MGF-48 در محدودهٔ mg/l ۵۰۰-۵۰ بررسی شد. جذب اورانیوم توسط سلولها، با افزایش غلظت اورانیوم تا میزان mg/l ۱۵۰ به صورت خطی افزایش می یابد و در غلظت mg/l ۲۰۰ به حداکثر مقدار خود می رسد (شکل ۲).

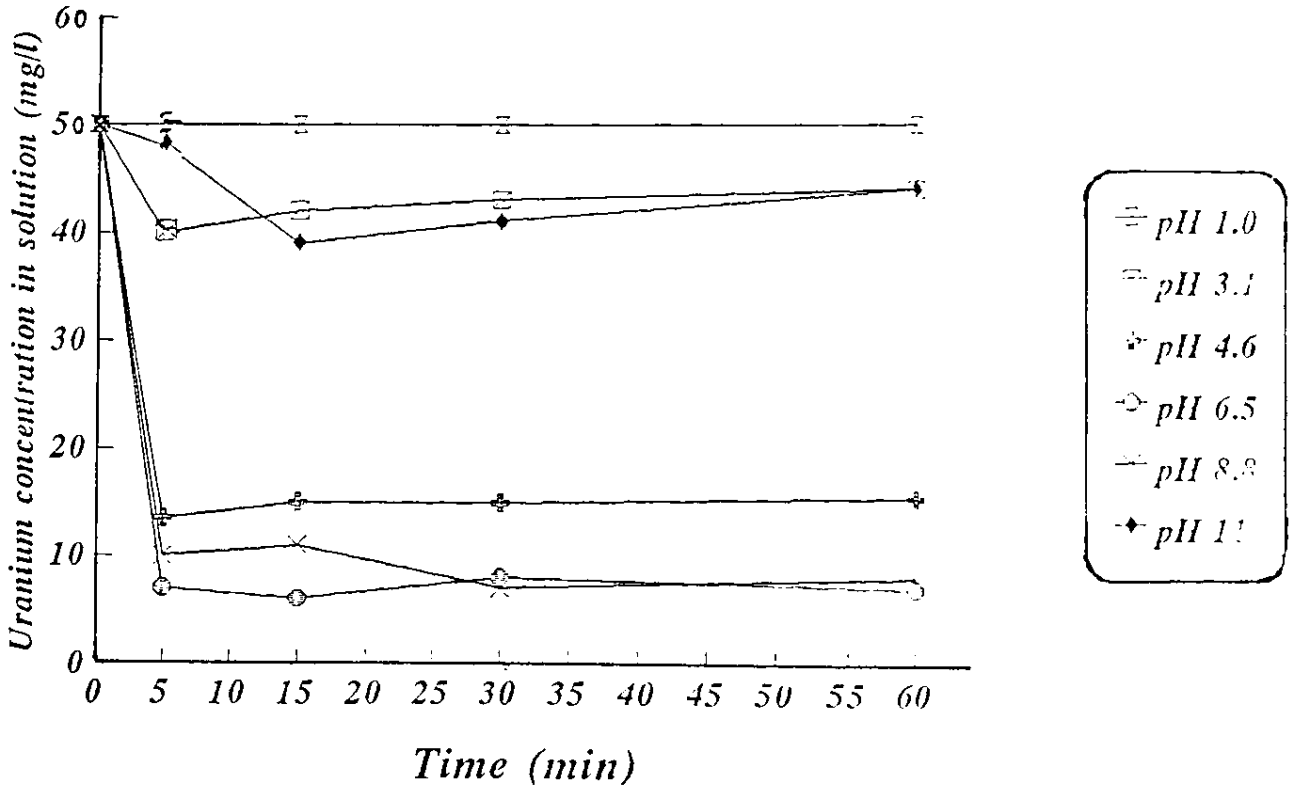
حداکثر مقدار جذب اورانیوم در این موجود زنده ۱۷۴ میلی گرم در هر گرم از وزن خشک تودهٔ موجود زنده است. با توجه به این که تودهٔ میکروبی مورد استفاده در این آزمایشها در غیاب اورانیوم کشت داده شده و قبل از مجاورت با محلول اورانیوم نیز کاملا" شستشو شده است، به نظر می رسد وجود عوامل کمپلکس کنندهٔ موجود در سلولها شامل نقاط آنیونی یا مکانهای با زوج الکترون آزاد می توانند باعث جذب اورانیوم از طریق تشکیل کمپلکس از محلول شوند.



شکل ۲- منحنی مقدار اورانیوم جذب شده برحسب غلظت آن در محلول

۶-۳- اثر pH اولیه بر جذب اورانیوم در MGF-48

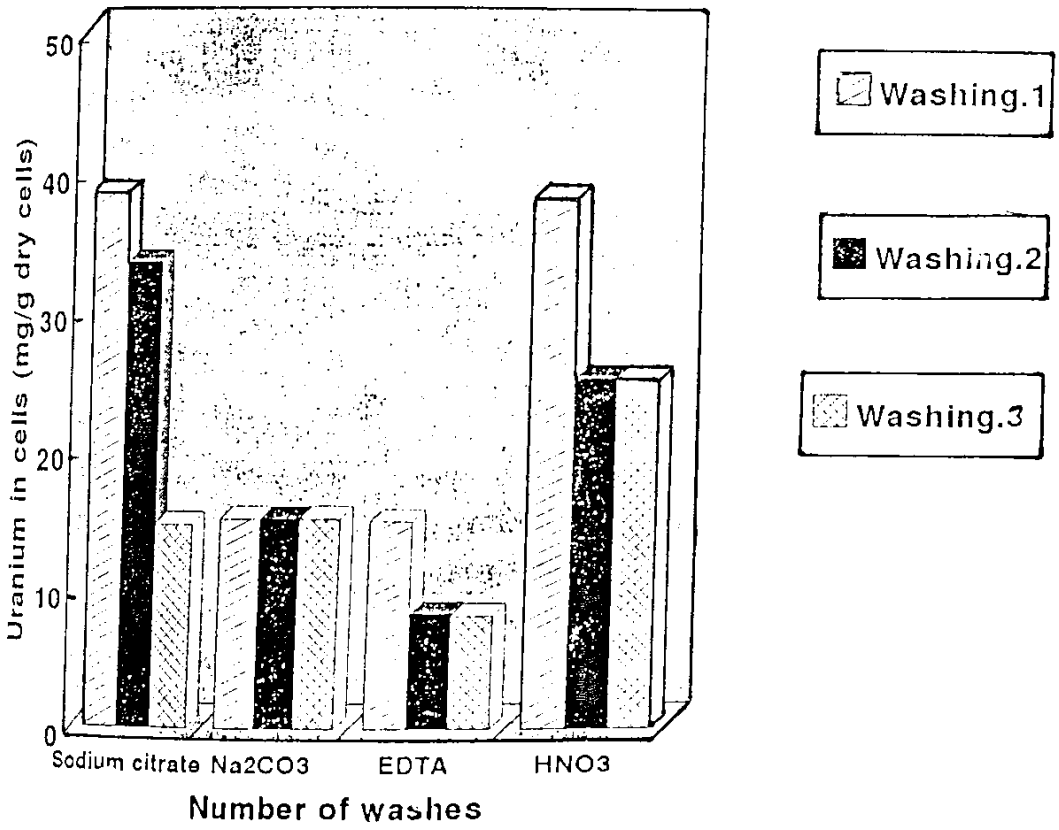
pH محلول اولیه تاثیر قابل توجهی برروی جذب اورانیوم دارد. شکل ۳ غلظت جذب اورانیوم تابع زمان در pHهای مختلف را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می شود حداکثر میزان جذب اورانیوم از محلول اولیه در pH=۶/۵ است، به گونه‌ای که ۸۶٪ اورانیوم در ۵ دقیقه از محلول جدا می شود. جذب اورانیوم در pH پایین و بالاتر از ۶/۵ کمتر است. در pH=۱ عملاً هیچ تغییری در کاهش میزان اورانیوم مشاهده نمی شود.



شکل ۳- میزان حذف اورانیوم از محلول اولیـــه ۵۰ mg/l تابع زمان در pHهای مختلف

۶-۴- بازیابی اورانیوم از سلولهای MGF-48 با استفاده از مواد شیمیائی

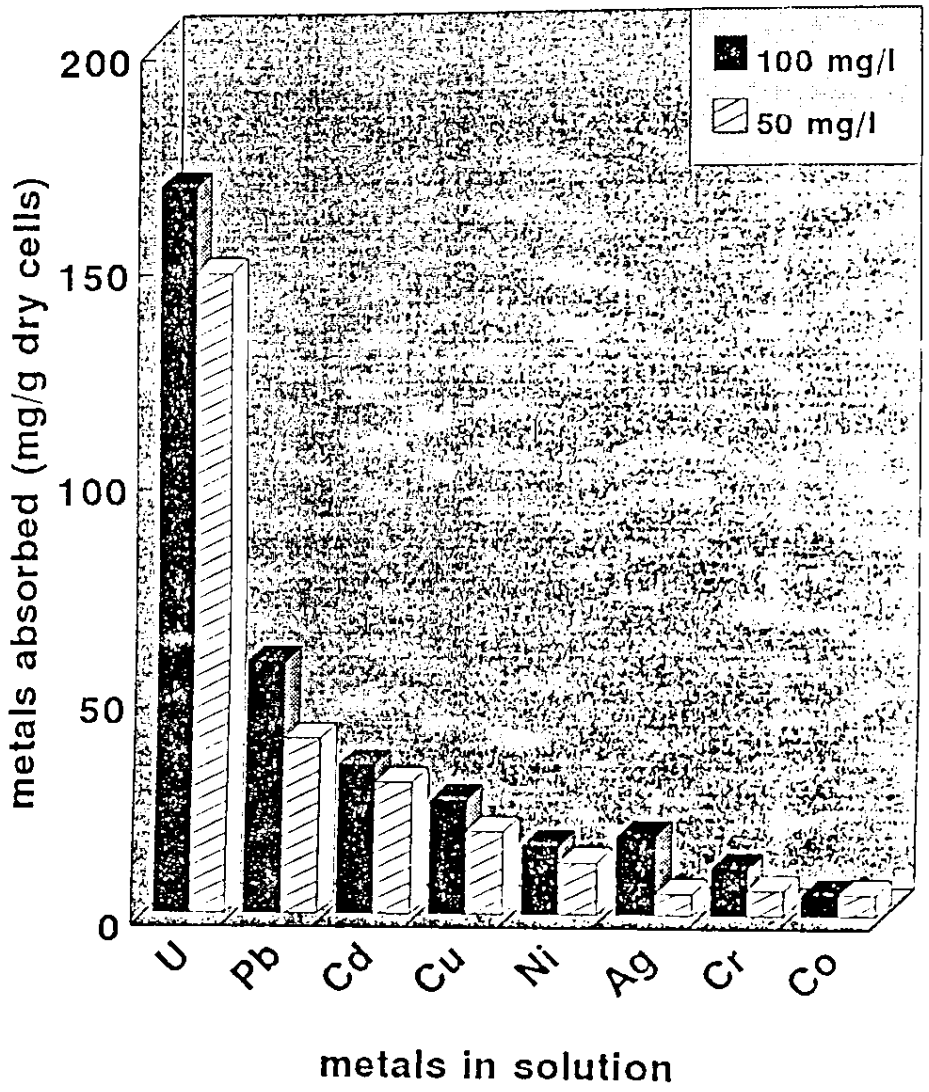
بازیابی اورانیوم با مواد شیمیائی مختلف کارآیی متفاوتی دارد. شکل ۴ میزان بازیابی اورانیوم تابع تعداد شستشوها برای مواد شیمیایی مختلف را نشان می دهد، به طوری که ملاحظه می شود بازیابی با مواد شیمیائی مختلف نتایج متفاوتی را نشـان مـی دهـد. بـرای مثـال بازیافت بـا محلـول ۰/۱ مـول سیتـرات سـدیـم کمـتـر از بـازیـافـت بـاکمپلکـس کننـدهٔ قـوی اتیلـن دی آمیـن تترااستیک اسید (EDTA) و کربنات سدیم است. در مرحلهٔ اول شستشو با سیترات سدیم و اسید نیتریک به ترتیب ۷۷/۹ و ۷۸/۱ درصد بازیابی صورت می گیرد، در صورتی که این بازیابی با EDTA و کربنات سدیم در مرحلهٔ اول شستشو به ترتیب ۹۱/۵ و ۹۱/۴ درصد است. در مراحل دوم و سوم شستشو با EDTA مقدار اورانیوم باقی مانده در سلولها کاهش بیشتری می یابد و مقدار بازیافت اورانیوم به ۹۵/۵ درصد می رسد.



شکل ۴- بازیابی اورانیوم از سلولهای MGF-48

۶-۵- انباشته شدن فلزات سمی در سلولهای MGF-48

همان طور که قبلاً نیز اشاره کردیم، باکتری MGF-48 توانائی زیادی در انباشته کردن اورانیوم دارد. به علاوه این باکتری می تواند برخی از فلزات سمی را انباشته کند. همان طور که در شکل (۵) نشان داده شده است سلولهای MGF-48 از توانائی خوبی در جذب سرب، کادمیوم و مس برخوردار است. اورانیوم، سرب، کادمیوم و مس به ترتیب بالاترین میزان جذب را در این سلولها دارند. مقادیر جذب شده در این موجود ذره بینی برای فلزات سنگین Ni,Ag,Cu,Cd,Pb,U به ترتیب ۱۷۴، ۵۷/۵، ۳۴، ۲۶، ۱۸ و ۱۶ میلی گرم در هر گرم از وزن خشک تودهٔ موجود ذره‌بینی است.



شکل ۵- انباشته شدن فلزات سمی مختلف در دو غلظت متفاوت در باکتری MGF-48

۶-۶- جداسازی اورانیوم با استفاده از سلولهای MGF-48

مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهد که با عبور دادن محلولهای اورانیوم از ستونهای حاوی باکتریهای موجود در ژل پلی اکریل آمید مقادیر قابل توجهی ازاورانیوم جذب سلولهای باکتری می شود. غلظت اورانیوم درمحلول حاصل بعد از عبور از ستون کمتر از ۱۰mg/l است. باتوجه به این که غلظت اولیهٔ اورانیوم ۱۰۰ mg/l بود راندمان ستون بیش از ۹۰٪ است. مطالعات اولیهٔ ما جذب ۶٪ اورانیوم در ژلهای فاقد باکتری را نشان می دهد (جدول ۲). این بررسی نقش عمدهٔ باکتریها در جذب اورانیوم را ثابت می کند.

جدول ۲- میزان جداسازی اورانیوم با استفاده از سلولهای MGF-48، مقادیر داخل پرانتز مربوط به ژل فاقد باکتری است.

عنصر	غلظت اولیه محلول اورانیوم (mg/l)	غلظت اورانیوم در محلول بعد از عبور از ستون (mg/l)	درصد حذف فلزز
U	۱۰۰(۱۰۰)	<۱۰ (۹۴)	>۹۰ (۶)

۶-۷- تعیین محل تجمع اورانیوم در سلولها

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تراگسیل مجل انباشته شدن اورانیوم در قسمتهای مختلف سلول مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می دهد که اورانیوم علاوه بر پوشش سلولی در درون سلول نیز انباشته می شود. در شکل ۶-الف و ب به ترتیب برشهای نازکی از باکتری MGF-48 را قبل و بعد از مجاورت با محلول اورانیوم نشان می‌دهد.

(الف)

(ب)

شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی باکتری MGF-48

لازم به توضیح است که تصاویر (الف) و (ب) به ترتیب ۶۰۰۰۰ و ۲۶۸۰۰ برابر است.

بحث

استفاده از میکروبها برای جذب فلزات سنگین جهت تصفیه و تغلیظ مواد معدنی با ارزش در دهۀ اخیر توسعه یافته است. برخی از موجودات ذره‌بینی مقاوم به فلزات سنگین می توانند فلزات را به شکل غیر محلول در درون خود انباشته کنند. به نظر می رسد که انباشته شدن فلزات سمی به شکلهای غیر محلول در درون سلول نوعی سازوکار سم‌زدایی در برخی از موجودات ذره‌بینی باشد. برای مثال، در سویۀ مقاوم به فلز روی باکتری پسودوموناس نسبت به سویۀ حساس این باکتری پروتئینهایی وجود دارد که علاوه برایجاد مقاومت در باکتری عامل اصلی انباشته شدن فلزاست [۶].

باکتری MGF-48 که نسبت به سرب، مس و روی مقاوم است توانایی زیادی در جذب اورانیوم دارد. وقتی تعلیق این باکتری به محلول حاوی اورانیوم افزوده می شود، باکتریها لخته می شوند و رسوب می کنند. ته‌نشین شدن سریع این رسوب به دلیل جذب فلز سمی است. بطوری که در نتایج به تفصیل در مورد جذب اورانیوم بحث شد حداکثر مقدار جذب اورانیوم ۱۷۴ میلی گرم در هر گرم از وزن خشک سلول است. این مقدار جذب اورانیوم یکی از بهترین نتایجی است که تاکنون گزارش شده است [۷ و ۸]. در میان باکتریها تنها دو گونه Citrobacter sp و Zoogloea ramigera نسبت به MGF-48 توانایی جذب بالایی دارند.

یکی از خصوصیات باکتری MGF-48 جذب سریع اورانیوم و سرب است. فریس و دیگران نتایج مشابهی را در مورد جذب اورانیوم به ترتیب در Pseudomonas sp.EPS-502 Pseudomonas aeruginosa Streptomyces longwodensis گزارش کرده‌اند [۱۳ و ۹ و ۱]. با توجه به این که این موجودات ذره‌بینی بهترین میکروبهای جاذب اورانیوم هستند از این رو پدیدۀ جذب سریع ویژگی مشترک تمام میکروبهای جاذب اورانیوم است.

اثر pH بر جذب اورانیوم در باکتری MGF-48 در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعات نشان می دهد در pH ۶/۵ بیشترین بازدهی وجود دارد. در این pH، ۸۶٪ اورانیوم در مدت ۵ دقیقه از محلول حذف می شود.

این pH با بیشترین بازدهی جذب اورانیوم در سلولهای Pseudomonas sp.EPS 5028 که برابر ۳ گزارش شده متفاوت است [۹]. این پدیده در مورد سایر موجودات ذره‌بینی نیز صادق است. برای مثال، طبق گزارش وولسکی و همکاران، بیشترین میزان جذب سرب در قارچ Penicillium chrysogenum در محدودۀ pH ۴ تا ۵ صورت می‌گیرد [۱۵].

برای آزاد کردن اورانیوم موجود در باکتریها از مواد شیمیایی متفاوتی استفاده می شود. با توجه به تحقیقات آزمایشگاهی صورت گرفته محلولهای ۰/۱ مول EDTA و کربنات سدیم برای بازیابی اورانیوم از سلولها مناسب هستند. یادآوری می شود که قبلاً نیز از کربنات سدیم برای بازیابی اورانیوم در سایر موجودات ذره بینی استفاده شده است. برای مثال می‌توان محلول ۱ مول کربنات سدیم را در قارچ Tricholoma conglobatum نام برد [۱۰].

به علاوه در یک کارخانۀ نیمه صنعتی از محلول $NaHCO_3$ جهت آبشویه کردن اورانیوم از ستونهای حاوی تودۀ Rhizopus arrhizus استفاده می شود [۱۴].

باکتری MGF-48 در مقایسه با نمونه‌های صنعتی از توانایی زیادی در انباشته کردن فلزات سمی و پرتوزا برخوردار است. باکتری MGF-48 به ترتیب

فلزات Cd,Pb,U و Cu را با بیشترین بازدهی جذب می کند. این باکتری نسبت به گونه‌ای از Bacillus از توانایی زیادی در انباشته کردن فلزات سمی برخوردار است [۲].

در مقایسه با BIO-FIX که در تصفیه پسماندها از آن استفادهٔ صنعتی می شود، MGF-48 از بازده جذب خوبی برخوردار است [۲].

بیشترین توانایی جذب در Penicillium chrysogenum به ترتیب بصورت Cu،Cd،Pb و As است [۲]. چنانچه ملاحظه می شود این ترتیب بیشترین فراوانی در مورد باکتری MGF-48 نیز صادق است.

برای جداسازی فلزات سمی و مواد پرتوزا کارامدترین سیستمها، سیستمهای تثبیت سلول است.

عمل تصفیه به خوبی با تثبیت سلولهای میکروبی و قراردادن آن در ستونهایی که متناسب با حجم پسماند مورد تصفیه است صورت می گیرد. باکتری تثبیت شده MGF-48 در جداسازی اورانیوم از پسماندهای مایع کارایی زیادی دارد. بیش از ۹۰ درصد اورانیوم موجود در یک محلول دارای غلظت ورودی ۱۰۰mg/l به این طریق جداسازی می شود. این توانایی جذب بطوری که قبلاً اشاره شد به توانایی موجود ذره‌بینی مربوط است و ژل پلی اکریل آمید تاثیر چندانی ندارد. تودهٔ قارچ Aspergillus niger که به شکل دانه‌های ۴ میلیمتری ساخته شده‌اند در بستر غوطه‌ور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تودهٔ موجود زنده کارایی ۹۰ درصد برای تصفیه محلول اورانیوم با سرعت ۱/۱۵ برابر حجم ستون در هر ساعت نشان می دهد [۲].

فرایند نیمه صنعتی همان بازده MGF-48 را دارد. به همین ترتیب سلولهای تثبیت شدهٔ Streptomyces albus نیز ۹۰ درصد کارآیی نشان می دهد که برابر کارایی MGF-48 است [۴].

نتایج در مورد تجمع اورانیوم در نقاط مختلف سلول با تحقیقات کروگر و همکاران که در مورد باکتری Pseudomonus fluresens انجام گرفته است مطابقت دارد. این محقق با مطالعات پراش پرتو X با زاویهٔ بسته (SAXA) و میکروسکوپ الکترونی تراگسیل نشان داد که محل تجمع اورانیوم در کل پوشش سلولی (کمپلکس غشاء خارجی پپتید و گلیکان و غشاء سیتوپلاسمی) است و در ۱۰ درصد سلولها به صورت تجمع درون سلولی است [۳].

برای استفادهٔ صنعتی از باکتری MGF-48 جهت تصفیهٔ منابع آب حاوی فلزات سمی و عناصر پرتوزا به تحقیقات بیشتری نیاز است.

تشکر و سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر صدیق زاده که در تهیهٔ این مقاله مساعدت فرمودند بسیار تشکر و قدردانی می شود. از همکاران بخش میکروبیولوژی دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران، و همچنین بخشهای استخراج و تحلیل واحد سوخت و واحد میکروسکوپ الکترونی موسسهٔ سرم سازی رازی خصوصاً جناب آقای دکتر خداشناس که در مراحل مختلف انجام این کار تحقیقاتی ما را یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می شود.

References

1. N. Friis, and P. Myers-keith, Biosorption of Uranium and Lead by Streptomyces Longwoodensis, Biotechnol. Bioeng. 41, 237 (1986).
2. G.M. Gadd, and C. white, Microbial Treatment of Metal Pollution a Working Biotechnology, ibtech. 11, 353 (1993).
3. S. Kureger, G.J. Olson and D. Johnsonbough, Characteriation of the Binding of Gallium, Platinum and Uranium to Pseudomons Fluorescens by Small-Angle X-Ray Scattering and Transmission Electron Microscopy. Apple. Environ. Microbiol. 56:12, 4056 (1993).
4. L.E. Macaskie, The Application of Biorotechnology to the Treatment of Waster Produced From the Nuclear Fuel Cycle: Biodegradation and Bioaccumulation as a Means of Treating Radionuclide - Containing Streams, Critical Rviews in Biotechnology 11 (1),41 (1991).
5. L.E. Macaskie and A.C.R. Dean, Cadium Accumulation by a Citrobacter sp., Journal of General Microbiology 130,53 (1984).
6. R. Mago and S. Srivastave, Uptake of Zinc in Pseudomonas sp. Strain UDG 26. Appl. Environ. Microbiol. 60:7, 236 (1994).
7. F. Malekzadeh, H. Ghafourain, A. Farazmand. Microbial Accumulation of Uranium by Chryseomonas Luteola Strain MGF-48. American Socity for Microbiology Meeting Washington D.C. 21-25 Mag. P. 330 (1995).
8. F. Malekzadeh, A. Farazmand, H. Ghafourian, M. Shahamat and R.R. Collwel. Uranium Accumulation by a bacterium Isolated from Electroplation Effluent. Appl. Environ. Microbiol. (Submitted) (1996).
9. A.M. Marques, X. Roca, M.D. Simon-pujol, M.C. Fuste and F. Congregado, Uranium Accumulation by Pseadomonas sp.EPS 5028. Appl. Microbiol. Biotechnol., 35,406 (1996).
10. A. Nakajima and T. Sakaguchi, Uranium Accumulation by Basidomycet. Appl. Microbiol. Biotechnol. 35:574 (1993).
11. A. Norberg and H. Peersson, Accumulation of Heavy Metals Ions by Zoogbea ramigera, Biotechnol. Bioeng., 26,239 (1984).

12. J.A. Scott, S.J. Palmer and J. Ingham, Decontamination of Liquid Streams Containing Cadmium by Biomass Adsorption., I Chem. E. Symp. 96,211 (1986).
13. G.W. Strandberg, S.E. Shumate and J.R. Parrot, Microbial Cells as Biosorbents for Heavy Metals: Accumulation of Uranium by Sacharomyces Cervisiae and Pseudomonas Aeroginosa., Appl. Environ. Microbiol. 41,237 (1981).
14. M. Tsezos and B. Volesky, The Mechanism of Uranium Biosorption by Rhizopus Arrhizus, Biotechnol. Bioeng. 24,385 (1982).
15. B. Volesky and H.A. May-Phillips, Biosorption of Heavy Metals by Saccharomyces Cerevisiae. Appl. Microbiol. Biotechnol. 42:797 (1995).
16. J.I. Whitlock and G.R. Smith, Biohydrometallurgy 121 (1989).

AEOI Scientific Bulletin
No. 13, pp. 53-67, (1997)

Uranium and Heavy Metals Separation by a New Bacterium MGF-48

H. Ghafourian, F. Malekzadeh, A. Farazmand
Research Center for Nuclear Standards, AEOI

Abstract

Recent concerns on the radiotoxicity and longevity of radioactive wastes have prompted the development of new technologies for their separation from wastes produced by nuclear application. A new uranium accumulatining bacterium, MGF-48, isolated from south Tehran area removed a significantly high amount of uranium from synthetic effluents. In comparison with other microorganisms, MGF-48 was effective in the treatment uranium and lead effluents. Uranium uptake in this bacterium was rapid. The capacity of uranium adsorption by biomass depended on uranium ion concentration in feed solution and the maximum capacity for living cells were riched 174 mg/g dry cells weight. The result shown that the maximum pH region of maximum uranium accumulation was pH 6.5 and 86% of uranium removed in 5 minutes. Uranium could removed chemically from the cells, which could then be reused as a biosorbent. Transmission electron microscopy indicated that uranium accumulated both intracellularlly and envelope layers of the cells. Polyacrylamide-get-immobilized cells of MGF-48 were effective in the removal of uranium from synthetic effluents.