نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۱۴، صفحات ۸۸-۷۳، ۱۳۷۶

# روش جدید جداسازی رادیوم از آبهای چشمه‌های منطقه رامسر با استفاده از باکتری سودوموناس MGF-48

*حسین غفوریان، محمدرضا امامی، عباس فرازمند*
*مرکز تحقیقات استانداردهای هسته‌ای*
*سازمان انرژی اتمی ایران*

## چکیده

میزان جذب رادیوم توسط باکتری MGF-48، حداکثر تا ۶۰۰۰۰ پیکوکوری در هرگرم از وزن خشک سلول برآورد شده است. تاکنون در میان ریزسازواره‌های (میکروارگانیسم‌های) گزارش شده، اولین باکتری از نظر جذب رادیوم در جهان محسوب می شود. این باکتری می‌تواند ۸۹/۰۶٪ رادیوم محلول را جداسازی و حذف نماید. بیشترین مقدار انباشته‌شدن رادیوم در سلولها در pH=۷ و در مدت ۷ دقیقه صورت می‌گیرد. با استفاده از محلولهای ۰/۱ نرمال $HNO_3$ و EDTA می‌توان به ترتیب ۹۵/۳٪ و ۹۳/۶۵٪ رادیوم را از سلولهای باکتری جداسازی کرد و از این سلولها مجدداً" برای جذب رادیوم استفاده نمود. با تیمار سلولهای باکتری با محلول کربنات سدیم ۰/۱ نرمال قدرت جذب رادیوم توسط سلولهای باکتری تا ۵۱/۸٪ افزایش یافت.

سلولهای تثبیت شده باکتری در ژل آلژینات کلسیوم توانایی خوبی برای جداسازی رادیوم نشان می‌دهد و همچنین برای تولید انبوه باکتری محیط کشت صنعتی جدید و ارزان قیمتی بدست آمد. با استفاده از نتایج بدست آمده یک بیوراکتور جهت جداسازی رادیوم موجود در آب چشمه‌های رامسر طراحی گردید[۱].

## مقدمه

امروزه روشهای متعددی در زی - فن‌شناسی (بیوتکنولوژی) برای مبارزه با آلودگی ناشی از فلزات سمی صنایع و عناصر رادیوآکتیو موجود در محیط زیست، مانند چشمه‌های آب معدنی مطرح شده است. در فرآیندهایی که اخیراً" به مرحله اجرا درآمده‌اند و یا نزدیک به مرحله اجرایند عمدتاً" زیست - جذبی (biosorption) و یا زیست - رسوبی (bioprecipitation) صورت می‌گیرد. زیرا در این فرآیندها ماده زیست‌شناختی کمتر دچار تغییر می‌شود و می تواند جاینشین تبادل یونی گردد.

روشهای متداول جداسازی عناصر رادیوآکتیو و فلزات سمی در غلظت‌های بیش از ۱۰۰mg/l عبارتند از روش رسوب‌دهی، واکنش‌های اکسایش و کاهش، تبادل یونی و تصفیه فیزیکی با استفاده از غشاهای نیمه‌تراوا.

با پیشرفت فن‌شناسی، از ریزسازواره‌ها در صنعت تصفیه و بازیابی فلزات سنگین و سمی (بویژه فلزات باارزش) و عناصر رادیوآکتیو به میزان

---

۱ - این بیوراکتور در مقاله جداگانه عرضه خواهد شد.

گسترده‌ای استفاده می‌شود. در این مورد، فرآیند جداسازی رادیوم، اورانیوم، سلنیوم، جیوه و کروم نیز به مرحله نیمه صنعتی رسیده است و اخیرا" نیز جداسازی برخی از عناصر رادیوآکتیو نظیر استرانسیوم، ایتریوم و زیرکونیوم به طریق زیست - جذبی انجام شده است [۴-۸]. Durham ،Bruno، Gadd ،Maccaskie ،Stamberg ،Tsezos و همکارانشان، تصفیه و بازیابی رادیوم ودیگر عناصر رادیوآکتیو به وسیلهٔ انواع ریزسازواره‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند [۲-۳-۴-۸-۱۰-۱۲].

باکتری MGF-48 که از پسابهای جنوب تهران بدست آمده، برای جداسازی و حذف رادیوم، سرب و اورانیوم از کارایی بالایی برخوردار است. هدف ما در این تحقیقات این بوده است که رادیوم محلول در چشمه‌های آبگرم رامسر را که دارای آکتیویته بالایی هستند (به عنوان مثال چشمهٔ آب‌سیاه که پرتوزایی ناشی از رادیوم آن ۱۴۶/۵۴ بکرل برلیتر است) و همچنین یونهای سرب حاصل از پسابهای صنایع را جدا سازیم.

باید توجه داشت که پرتوزایی رادیوم موجود در آب این چشمه‌ها برای ساکنان منطقه، که از آب آنها استفاده می‌کنند، خطرآفرین است. جداسازی این عنصر به طریقه شیمیایی پرهزینه بوده و مستلزم صرف وقت زیاد است و بعضا" به علت حجم زیاد آب چشمه‌ها با دشواری روبرو است [۸-۱۴].

## موقعیت چشمه‌ها

رامسر، شهر ساحلی دریای مازندران، ۹ چشمه آبگرم به نامهای سادات‌محله، استخرطبی، بنیاد، آب‌سیاه، سنگ‌بنه، وزیرگرما، کش، طالش‌محله و خاک‌سفید دارد که میزان پرتوزایی رادیوم - ۲۲۶ آنها به ترتیب ۱/۰۶، ۷/۹۵، ۵/۶، ۱۴۶/۵۴، ۲/۷۲، ۸۷/۴، ۱/۶۵، ۲۵/۹۴ و ۱۶/۸۴ بکرل‌برلیتر است [۷].

## آزمایشهای انجام شده:

*کشت باکتری MGF و تولید انبوه*

محیط کشت شامل: $Na_2HPO_4$ صنعتی (به مقدار ۱۳/۴۸ g/l)، $NH_4Cl$ (۲/۶۷ g/l)، گلوکزصنعتی (۱۱ g/l) و ۱۰ میلی‌لیتر از محلول نمکهای معدنی زیر به صورت مجزا است.

| | |
|---|---|
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | ۱۰ g/l |
| $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | ۰/۴ g/l |
| $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ | ۰/۱ g/l |
| $MnCl_2$ | ۰/۰۴ g/l |

به ازای هر لیتر محیط کشت می‌توان حدود ۱۰ گرم تودهٔ باکتری تر (بیوماس تر) تولید کرد. در کشت باکتری نیازی به کنترل pH نیست زیرا pH محیط خودبه‌خود در ۸/۴۵ تثبیت می‌شود که بهترین pH برای رشد باکتری است*.

---

* - برای اجتناب از طولانی شدن مقاله، از بیان جزئیات عمل کشت صرفنظر شده است.

*اثر pH بر جداسازی رادیوم بوسیله باکتری MGF-48*

ابتدا ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول استاندارد رادیوم ۱۲ بکرل‌درلیتر تهیه کرده و آن را بطور مساوی به داخل ۷ ارلن منتقل و سپس با استفاده از اسیدکلریدریک و آمونیاک pH آنها را به ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵، ۸، ۹/۱ و ۱۰ رسانده‌ایم. سپس مقدار تقریبا" مساوی از تودهٔ باکتری MGF-48 تر را به داخل ارلن‌ها تلقیح وپس از ۲ ساعت، رسوب باکتریها را بوسیله سانتریفوژ جداکرده و آکتیویته هر نمونه را به وسیله دستگاه شمارشگر آلفای کلی تعیین نموده‌ایم.

*اثر زمان تماس بر جذب رادیوم بوسیله باکتری MGF-48*

تعداد ۷ محلول استاندارد رادیوم ۲/۴ بکرل در ۵۰ میلی‌لیتر تهیه و سپس مقادیر مساوی از ماده معلق باکتری MGF-48 به هر یک اضافه شد. مدت زمان مجاورت باکتری‌ها با این محلول‌های رادیوم به ترتیب ۱/۳۰، ۳، ۵، ۷، ۱۵، ۳۰، ۴۵ دقیقه بود. پس از آن، رسوب باکتریها جدا و آکتیویته رادیوم هر نمونه برحسب بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول بدست آمد.

*اثر وزن اولیه باکتری MGF-48 بر جداسازی رادیوم*

اثر وزن اولیه باکتری طی ۲ مرحله برای محلولهای استاندارد ۱/۲ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۷ محلول) و ۳/۶ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۶ محلول) بررسی گردید. مقادیر متفاوتی از توده باکتری‌تر (بیوماس‌تر) از کم به زیاد درون محلولهای فوق‌الذکر ریخته شد. پس از ۲ ساعت رسوب باکتریها بوسیله سانتریفوژ جدا و آکتیویته هر نمونه با اندازه‌گیری رادیوم در تودهٔ سلولها با شمارشگر آلفای کلی و روش اماناسیون معین گردید.

*بررسی جذب رادیوم توسط سلولهای مرده باکتری MGF-48*

در این آزمایش ۱/۴ گرم از توده باکتری‌تر ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده‌ایم که پس از این زمان هیچ سلولی قادر به رشد نبوده و حیات خود را از دست می‌دهد. از این باکتریهای مرده به ۴ محلول استاندارد ۱/۲ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر تهیه شده، از مقادیر کم به زیاد افزوده‌ایم. بعد از ۲ ساعت رسوب باکتریهای مرده بوسیله سانتریفوژ جدا و آکتیویته هر نمونه اندازه‌گیری شد.

*آزمایش جذب رادیوم بوسیله پودر خشک باکتری MGF-48*

۶/۵ گرم از توده باکتری‌تر را ۴ ساعت درون کوره در دمای ۸۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار دادیم. سپس توده باکتری خشک‌شده را از کوره خارج کرده و در

هاون چینی ریختیم و ۱۰ دقیقه این توده خشک را سائیدیم تا گرد باکتری MGF-48 به دست آید. از این گرد به ۶ محلول استاندارد رادیوم ۱/۲ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر، از مقادیر کم به زیاد اضافه کردیم. پس از ۲ ساعت رسوب باکتریها را جداکرده و آکتیویته هر نمونه را اندازه‌گیری نمودیم.

*تکرارپذیری جذب و بازجذب رادیوم بوسیله باکتری MGF-48*

۱/۶ گرم توده باکتری‌تر را با اولین محلول استاندارد ۳/۶ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر مخلوط نموده و پس از ۳۰ دقیقه رسوب باکتری را با سانتریفوژ جدا کردیم و $\frac{1}{8}$ از این رسوب را برروی کاغذ صافی خشک ریختیم و $\frac{7}{8}$ باقیمانده باکتری را با ۵۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۰/۱ نرمال به مدت ۱۵ دقیقه شستشو دادیم. رسوب باکتری را بوسیله سانتریفوژ جداکرده و $\frac{1}{8}$ دیگر از این رسوب را جدا نموده و روی کاغذ صافی خشک قرار دادیم. عین این عمل را برای $\frac{6}{8}$ رسوب باکتری باقیمانده با محلول‌های دوم و سوم و چهارم انجام دادیم و آکتیویته هر نمونه را اندازه‌گیری کردیم.

*بازیابی رادیوم جذب شده از باکتری MGF-48*

۰/۵۴ گرم توده باکتری‌تر را به ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول استاندارد رادیوم ۱۲ بکرل‌درلیتر افزودیم تا عمل جذب رادیوم بوسیله باکتری انجام گیرد. پس از یک ساعت رسوب باکتری را بوسیله سانتریفوژ جداکرده و آن را به ۶ قسمت مساوی تقسیم کردیم و هر قسمت از این رسوب‌ها را در ۱۰ میلی‌لیتر از محلولهای ۰/۱ نرمال اسیدنیتریک، EDTA، اسیداستیک، سود، کربنات سدیم و آب مقطر (شاهد) ریخته و پس از ۱۰ دقیقه رسوب باکتریها را بوسیله سانتریفوژ جدا کرده و آکتیویته هر نمونه اندازه گرفتیم.

*فعال‌سازی باکتری MGF-48 به کمک محلولهای قلیایی و اسیدی*

۰/۱۵ گرم از توده باکتری‌تر را به سه قسمت مساوی تقسیم کرده و هر یک از آنها را ۱۵ دقیقه درون ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های ۰/۱ نرمال سود، کربنات سدیم و آب‌مقطر (شاهد) ریختیم و پس از سانتریفوژ، رسوبها را با ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر شستشو داده مجدداً سانتریفوژ کردیم. هر یک از این رسوبها را درون محلول‌های استاندارد رادیوم ۲/۴ بکرل در ۵۰ میلی‌لیتر ریختیم و پس از نیم‌ساعت محلولها را سانتریفوژ نموده و رسوبها را برای اندازه‌گیری آکتیویته هر نمونه جداکردیم.

*تثبیت باکتری MGF-48 در آلژینات کلسیم [۱-۹]*

با استفاده از آلژینات‌سدیوم ۳٪ وزنی - حجمی (در این روش از آلژیناتی که در دندانپزشکی کاربرد دارد استفاده شده است) و یا آلژینات‌سدیومی که از

جلبکهای دریایی عمان بدست آمده (و این آلژینات‌سدیوم از آزمایشگاههای دانشگاه تهران تهیه شده است) و محلول ۰/۱ مولار کلریدکلسیوم می‌توان باکتریهای MGF-48 را تثبیت نمود که در این روش دسته‌های باکتری در داخل مهره‌های ژلی کلسیم محصور می‌گردند.

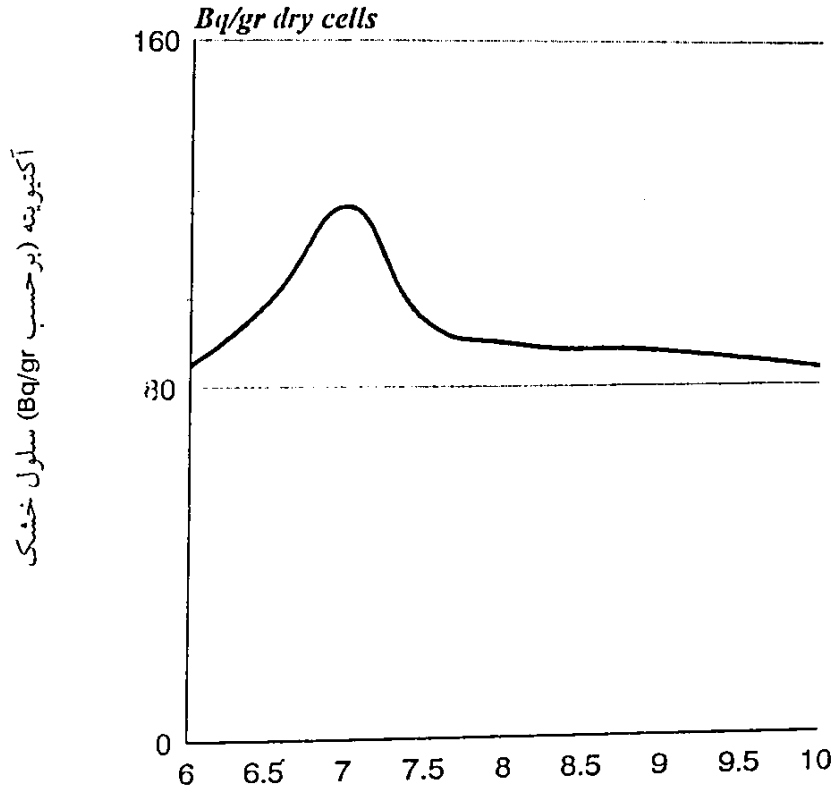
روش کار به این صورت است که ۳ گرم از آلژینات دندانپزشکی را در درون بشر ریخته و مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به آن افزودیم و بی‌درنگ ۶/۵گرم باکتری MGF-48 نیز به این محلول اضافه کرده و با همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه خوب مخلوط کردیم.

برای این عمل به ازاء هر گرم وزن تر توده باکتری، تقریباً ۱۵ میلی‌لیتر محلول آلژینات‌سدیوم لازم است. سپس مخلوط آلژینات و باکتری را بوسیله یک پیپت یا سرنگ قطره قطره به فاصلهٔ ۱ سانتی‌متری محلول کلریدکلسیوم به آن اضافه کردیم و در ضمن این کار محلول کلریدکلسیوم را با همزن مغناطیسی به آرامی هم زدیم. به ازاء هر قطره چکانده شده، مهره‌ای درون محلول کلریدکلسیوم تشکیل می‌شود که باید مهره‌ها ۲ الی ۳ ساعت درون محلول کلریدکلسیوم باقی بمانند. سپس مهره‌ها را خارج نموده درون ستون قرار دادیم. در صورتیکه از محلول آلژینات‌سدیم تهیه شده از جلبکهای دریای عمان استفاده شود، به ازاء ۱۵ میلی‌لیتر محلول آلژینات‌سدیوم مقدار ۲ گرم توده باکتری تر لازم است ولی عمل چکاندن مخلوط باکتری و آلژینات روی محلول کلریدکلسیوم همانند قسمت اول همین آزمایش انجام می‌گیرد [۱-۹].

## نتایج و بحث

### ۱- *اثر pH بر جداسازی رادیوم بوسیله باکتری MGF-48*

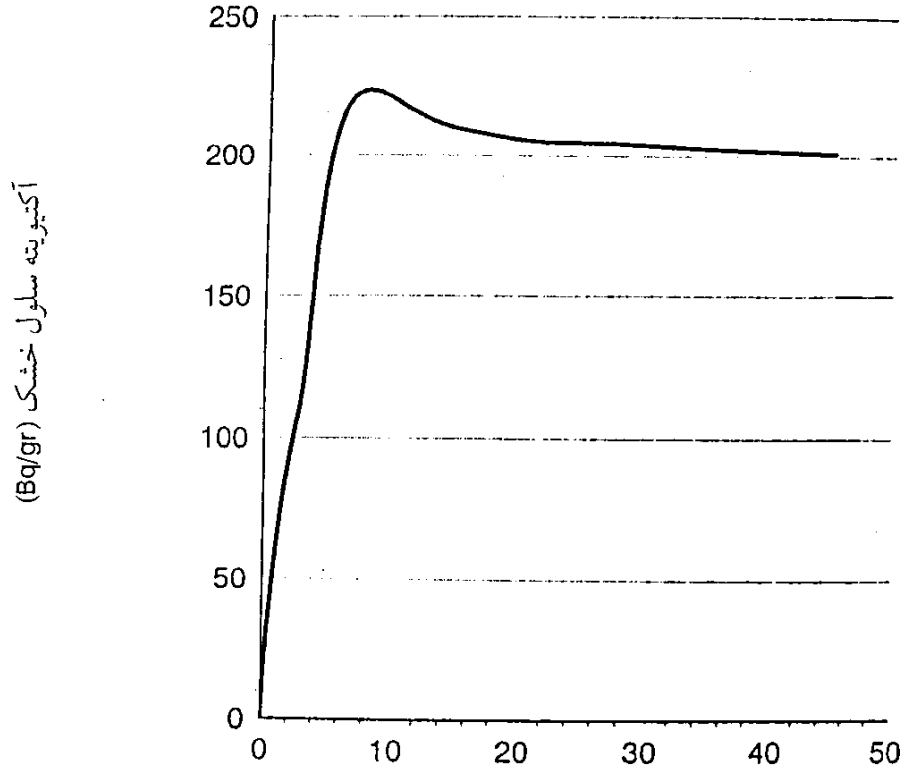
با محاسبه آکتیویته هر نمونه نتایجی بدست آمد که به ترتیب pH برابر با: ۸۵/۱، ۹۹/۱، ۱۲۱/۱۴، ۹۴/۵۶، ۹۰، ۸۷/۹۶ و ۸۴ بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول می‌باشند. ۱۲۱/۱۴ بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول،بیشترین مقدار بدست آمده است که مربوط به pH=۷ می‌باشد (نمودار ۱). با توجه به pH آب چشمه‌های رامسر که بین ۶-۷ است [۷]، این باکتریها برای جذب رادیوم موجود در آب بسیار مناسب می‌باشند.




نمودار ۱- اثر pH بر جداسازی رادیوم به وسیله باکتری MGF-48

*۲- اثر زمان تماس بر جذب رادیوم به وسیله باکتری MGF-48*

با محاسبهٔ آکتیویته رادیوم جذب شده در نمونه‌ها به ترتیب زمانهای قید شده، مقادیر ۷۱/۸۸، ۱۱۵/۹۶، ۱۷۱/۵، ۲۲۲/۵، ۲۰۹/۷۶، ۲۰۳/۸۴ و ۲۰۱/۲۱ بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول بدست آمده‌اند. بیشترین مقدار بدست آمده ۲۲۲/۵ بکرل است که مربوط به مدت ۷ دقیقه مجاورت باکتری با محلول رادیوم می‌باشد. باتوجه به نتایج بدست آمده و نمودار ۲ می‌توان دریافت که جذب رادبوم بوسیله باکتری MGF-48 سریع بوده و باکتریها از آغاز مجاورت شروع به جذب رادیوم می‌نمایند و در مدت ۷ دقیقه به بیشینهٔ جذب خود می‌رسد. به طوریکه بعد از آن مقدار جذب رادیوم در سلولها تقریبا" ثابت می‌ماند.




نمودار ۲- اثر زمان در جذب رادیوم بوسیله باکتری MGF-48

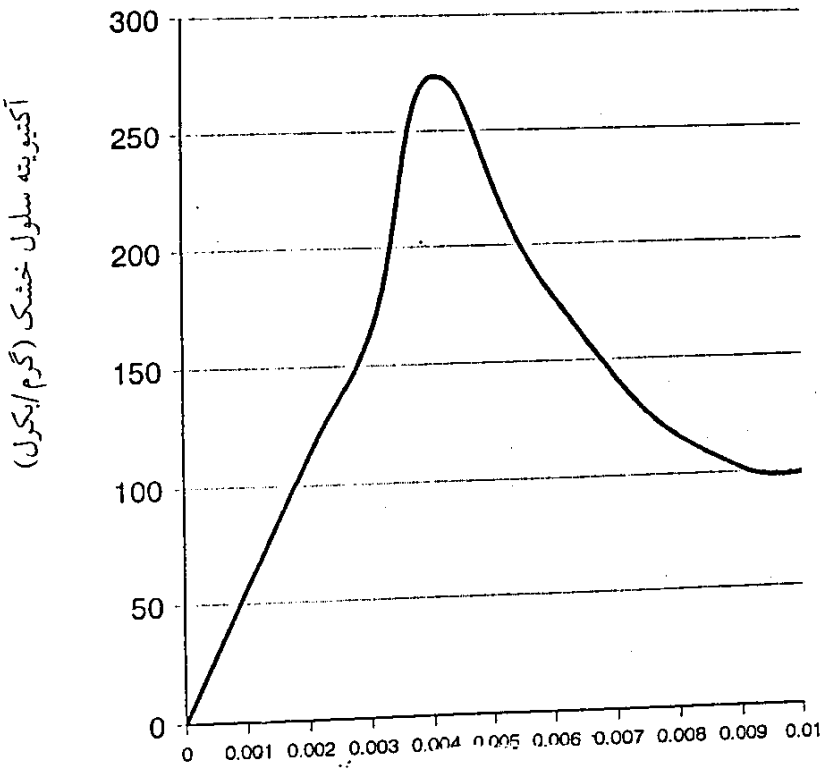
*۳- اثر وزن اولیه MGF-48 باکتری در جداسازی رادیوم*

برای محلول استاندارد رادیوم ۱/۲ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر مقادیر رسوب خشک باکتریها (از کم به زیاد) برای ۷ نمونه ذکرشده به ترتیب برابر با: ۱/۸، ۲/۱، ۳/۱، ۴، ۶/۲، ۹/۴ و ۱۱/۳ میلی‌گرم، آکتیویته نمونه‌ها به ترتیب ۵۵/۶، ۱۱۱/۹، ۱۶۲/۹، ۲۷۳/۸، ۱۷۷/۴، ۱۰۱/۶ و ۹۹/۱ بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول بدست آمد (نمودار۳-۱).

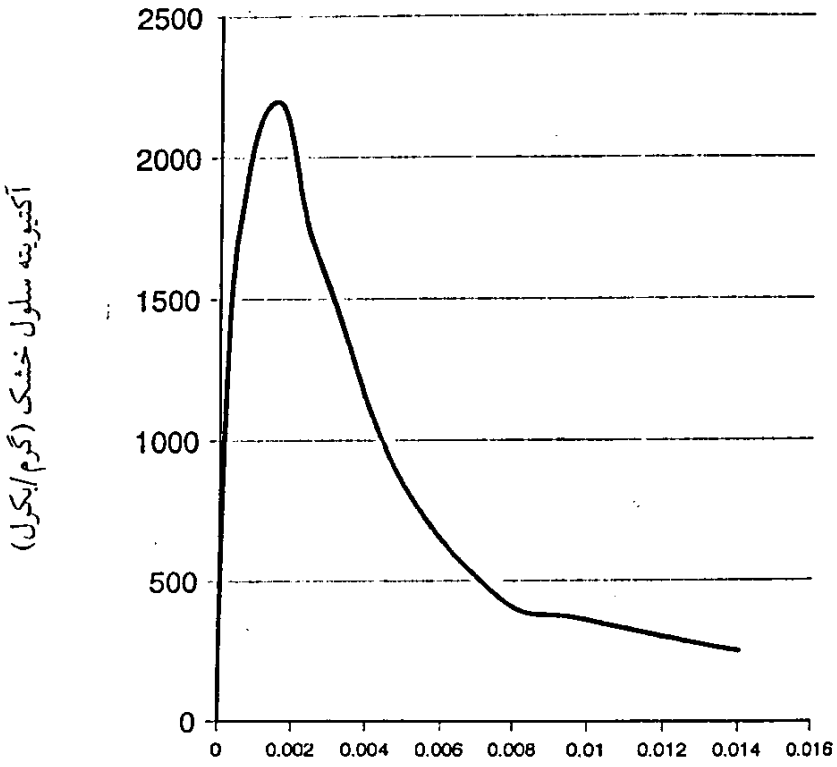
برای محلول استاندارد رادیوم ۳/۶ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر نیز مقادیر رسوب خشک باکتریها (از کم به زیاد) برای ۶ نمونه ذکرشده به ترتیب برابر با

۰/۵، ۱/۵، ۲/۵، ۷/۳، ۱۰/۲ و ۱۴ میلی‌گرم، آکتیویته نمونه‌ها به ترتیب: ۱۷۵۰، ۲۱۹۷، ۱۶۹۸، ۴۵۰، ۳۵۸/۸۲ و ۲۵۰/۷۱ بکرل در هر گرم از وزن خشک سلول بدست آمد (نمودار ۳-۲).

از نتایج و نمودارهای بدست آمده استنباط می‌شود که با افزایش وزن باکتری، جداسازی رادیوم نیز افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که مقدار ۲۱۹۷ بکرل تقریبا" معادل با ۶۰۰۰۰ پیکوکوری است (۱Bq = ۲۷/۰۴ PC).




نمودار ۳-۱. اثر وزن باکتری MGF-48 برای محلول‌های ۱۲ Bq/l



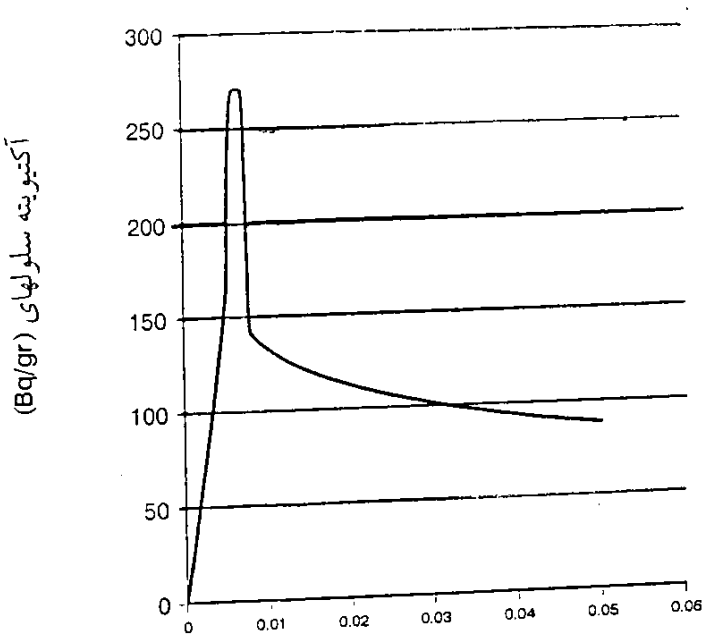

نمودار ۳-۲. اثر وزن باکتری MGF-48 برای محلول‌های ۳۶ Bq/l

۴- *جذب رادیوم توسط سلولهای مرده باکتری MGF-48*

وزن رسوب خشک باکتری‌ها برای ۴ نمونه ذکر شده برابر با: ۲/۵/۱،۶، ۷/۹، ۵/۱ میلی‌گرم است، که با محاسبه آکتیویتهٔ هر نمونه مقادیر ۱۶۳/۴۶، ۲۶۹/۶۷، ۱۴۱/۷۷ و ۸۸/۷۴ بکرل‌درهرگرم از وزن خشک سلول بدست می‌آید. بیشترین مقدار بدست آمده برای این سلولهای مرده ۲۶۹/۶۷ بکرل‌درهرگرم از وزن خشک سلول بوده است (نمودار ۴).

مقایسهٔ مقدار بیشینهٔ جذب رادیوم تحت همین شرایط با سلولهای زنده (یعنی ۲۷۳/۸ بکرل‌درهرگرم از وزن خشک سلول خشک)، نشان می‌دهد که مقدار جذب رادیوم بوسیله سلولهای

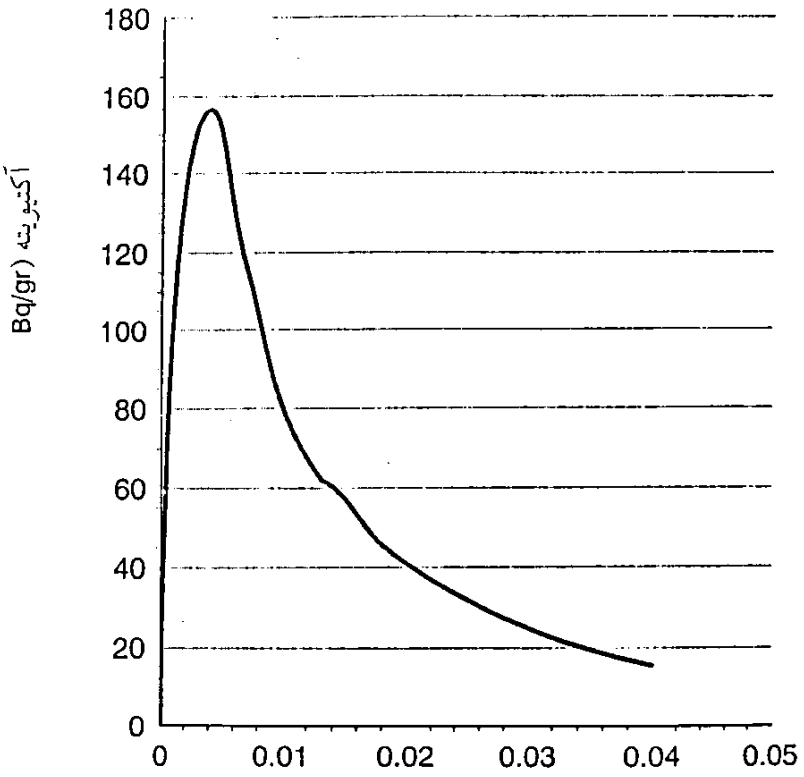
زنده و مرده تقریباً برابر است، بنابراین قدرت جذب رادیوم بوسیله باکتریهای مرده MGF-48 مزیتی بزرگ بشمار می‌رود و از آنها می‌توان در شیوهٔ تصفیه آب چشمه‌های رامسر در درازمدت استفاده کرد.




نمودار ۴- جذب رادیوم بوسیله سلولهای مرده باکتری MGF-48

۵- *جذب رادیوم بوسیله پودر خشک باکتری MGF-48*

وزن خشک باکتریها به ترتیب (از کم به زیاد) برابر با: ۳/۹، ۷، ۱۳/۳، ۱۴، ۱۹/۳، ۴۳/۷ میلی‌گرم و آکتیویته نمونه‌ها نیز به ترتیب، ۱۵۶/۴۱، ۱۱۶/۴۳، ۶۲/۷۸، ۶۰/۳۵، ۴۳ و ۱۵/۵ بکرل درهرگرم از وزن خشک سلول است. (نمودار ۵). از نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که پودر خشک باکتری MGF-48 نیز جاذب خوبی برای رادیوم است. لازم به ذکر است که در هیچ مقاله‌ای جذب رادیوم بوسیله پودر خشک باکتری مشاهده نشد و به نظر می‌رسد که بررسی جذب رادیوم بوسیله پودر خشک باکتری MGF-48 برای اولین‌بار باشد.



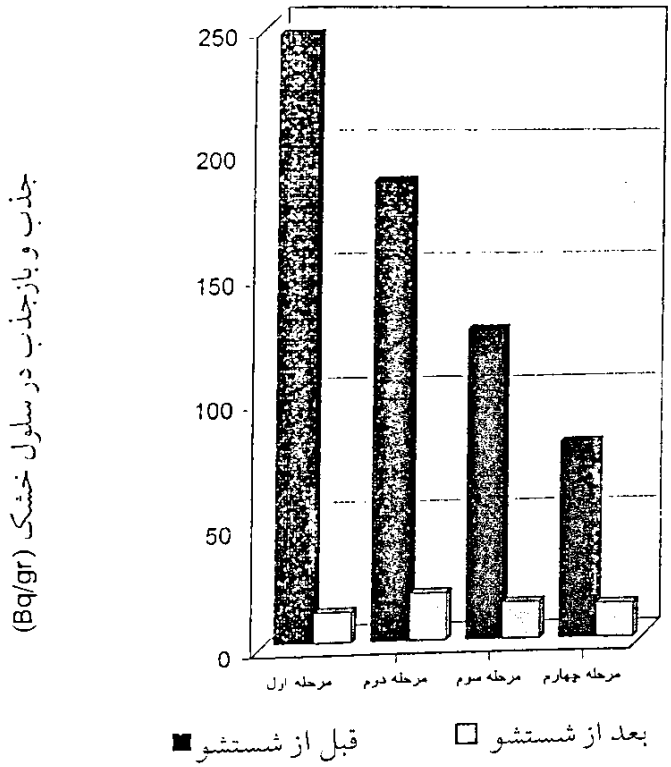

نمودار ۵- جذب رادیوم بوسیله پودر خشک باکتری MGF-48

*۶- تکرارپذیری جذب و بازجذب رادیوم بوسیله باکتری MGF-48*

نتایج آزمایش نشان می‌دهد که حتی پس از چندبار جذب رادیوم و شستشوی آن از سلولها به وسیله اسیدنیتریک، باکتریها همچنان دارای قدرت جذب رادیوم می‌باشند.

با محاسبه آکتیویته نمونه‌ها، یک بار بعد از مجاورت با محلول رادیوم و بار دیگر پس از شستشو با اسیدنیتریک برای ۴ محلول استاندارد ۳۶ بکرل در ۱۰۰ میلی‌لیتر انجام گرفته است، مشاهده شد که میزان جذب رادیوم توسط باکتریها در مراحل دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۱۸۶، ۱۲۶، ۷۹/۸ بکرل‌درهرگرم از وزن خشک سلول است. با توجه به

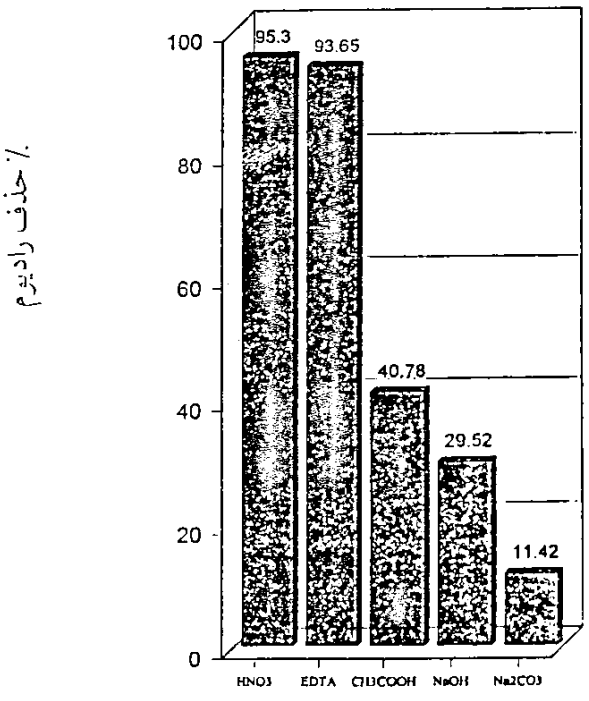
میزان اولیه جذب رادیوم توسط سلولها کـه مـعادل ۲۴۶بکـرل‌درهرگرم وزن خشک است، در مـرحـله دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۷۵/۶، ۵۱ و ۳۲ درصد ظرفیت جذب باکتری نسبت به مرحـله اول حـفظ شده است. نتایج حاصل از شستشوی بـاکـتریهای حاوی رادیوم در هر مرحله نشان می‌دهد که مـیزان بازیافت رادیوم از سلولها تـقریبا" یکسـان بـوده و برای مراحل اول، دوم، سـوم و چـهارم بـه تـرتیب برابر: ۹۴/۹، ۹۰، ۸۸ و ۸۲ درصد می‌باشد.




نمودار ۶- تکرارپذیری جذب و بازجذب رادیوم بوسیله باکتری MGF-48

*۷- بازیابی رادیوم جذب شده از باکتری MGF-48*

برای بازیافت رادیوم از این باکتری، محلولهای اسـیدنیتریک، EDTA، اسـیداسـتیک، سـود و کربنات‌سدیوم مورد آزمایش قرار گـرفتند. بـهترین محلولها برای بازیافت رادیوم از سلولها محلولهای $HNO_3$ و EDTA بوده‌اند. نمودار ۷ میزان بازیابی رادیوم از این باکتری را توسط محلولهای بکاررفته نشان می‌دهد.




نمو دار ۷- بازیابی رادیوم جذب‌شده از باکتری MGF-48

*۸- فعال‌سازی باکتری MGF-48*

اگر باکتریهای MGF-48 قبل از مجاورت با محلول رادیوم، با محلول کربنات‌سدیوم تیمار شوند قدرت جذب رادیوم در آنها در شرایط عمل، حدود ۵۲٪ نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. ولی برای محلول سود تحت همان شرایط حدود ۲۲٪ نسبت به محلول شاهد کاهش نشان می‌دهد.

همچنین تیمار نمودن این باکتریها به وسیله محلول‌های اسیدنیتریک، اسیداستیک و EDTA قدرت جذب رادیوم در آنها را نیز کاهش می‌دهد.

*۹- تثبیت باکتری MGF-48 در آلژینات کلسیوم*

نتایج حاصل از تثبیت باکتری در آلژینات نشان می‌دهد که مهره‌های تشکیل شده از مقاومت مکانیکی خوبی برخوردارند و از ستون خارج نمی‌شوند. قطر مهره‌ها حدود ۴ میلی‌لیتر است. مخلوط نمودن آلژینات دندانپزشکی با آب و باکتریها و چکاندن این مخلوط درون محلول کلریدکلسیوم باید به سرعت انجام گیرد و زمان عمل نباید بیش از ۲ دقیقه باشد، زیرا آلژینات دندانپزشکی، در صورت طولانی بودن زمان

آزمایش، سفت می‌شود. چنانچه عمل تثبیت به وسیله آلژینات سدیوم حاصل از جلبکهای دریای عمان انجام گیرد نیازی به سرعت عمل نیست. قطره‌های مخلوط آلژینات و باکتریها باید به فواصل یک یا دو سانتیمتر از هم روی کلریدکلسیوم ریخته شوند.

EDTA مهره‌های تشکیل‌شده را تخریب می‌نماید. علت تخریب مهره‌ها واکنش EDTA با کلسیوم موجود در آلژینات است که موجب شکسته شدن این ترکیب پلیمری می‌شود. این باکتری را می‌توان در ژل پلی‌اکلیل‌آمید نیز تثبیت نمود اما در این حالت مهره تشکیل نمی‌شود، بلکه ماده‌ای ژل مانند برروی یک صفحه تشکیل می‌گردد.

بنابراین مزیت استفاده از آلژینات ایجاد مهره‌های گلوله‌ای شکل، انتقال آسان آنها به درون ستون و کم‌هزینه‌تر بودن آن است.

## تشکر و قدردانی

از همکاری پژوهشگران و کارکنان واحد مرکز تحقیقات استانداردهای هسته‌ای و واحد حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی و همچنین بخش شیمی دانشکده علوم دانشگاه آزاد تهران، واحد شمال، که در مراحل مختلف انجام این کار تحقیقاتی ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References


1. ALVARO ALBERTO DE ARAUJO AND MARIA HELENA ANDRADE SANTANA, Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol. 57/58:543-550 (1996).
2. V. Bruno, J. Y. Gal and B. Descamps, Etude experimetal de la fixation $du^{226}$ Raparune algo Planctonique Scenedesmus obliquus Radioprotection GEDIM, 24. 99 (1989).
3. R. W. Durham and G. R. Joshi, Radionuclide concentrations in two sewege treatement plants on Western Lake Ontario, J. Canada, Radioanal. chem. 54, 368 (1979).
4. G. M. Gadd and C. White, Microbial treatment of metal plollution-a working biotechnology, TIBTECH, 11:353-359 (1993).
5. H. Ghafourian, et al, New microbiol MGF-48 for Accumolation and separation of uranium for waste, MTAA-9, Seoul (1995).
6. H. Ghafourian, A. Farazmand, M. Emami, "Removal of Radium By a new Bacterium MGF-48" Fourth International Conference of Methods and Application of Radioanalytical chemistry (abstract), Hawaii (1997).
7. High Levels of Natural Radiation, Ramsar, Iran, 3-7 November (1990), IAEA Proceeding series, (1993).
8. L. E. Maccaskie, The application of biotechnology to the treatment of wastes produced from the nuclear fuel cycle: biodegradation and bioaccumulation as a means of treating radionuclide-containing streams, Critical Reviews in Biotechnology, 11(1), 41-112 (1991).
9. NIKOLAUS NESTLE and RAINER KIMMICH, Applied Biochemistry and Biotechnology, 56: 9-17 (1996).
10. J. Stamberg, K. Jilek, and K. Stamberg, Czechoslolvak Atomic Energy Symposium Pra Comika Banskeho Preumyslu, cited in M. Tsezos, and D. M. Keller, Biotechnol. Bioeng, 25, 201 (1983).
11. The Environmental Behaviour of Radium (Vol. 1,2), Technical Reports series No. 310, International Atomic Energy Agency, Vienna (1990).
12. M. Tsezos, and D. M. Keller, Adsorption of radium -226 by biological origin adsorbent, Biotechnol. and Bioeng, 25,201 (1983).

13. Xavier Roca, Ana M. Marques, M. Dolores Simon. Pujal, M. Carmen Fuste, and Francisco Congregado, "Uranium accumulation by Pseudomonas Sp. EPS - 5028", Applied Microbiology and Biotechnology, 35:P 406 - 410 (1991).

۱۴- نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران شماره ۱۱ و ۱۲ صفحات ۱۰۲-۹۷ (۱۳۷۲) هدایت‌اله میرزایی و مسعود بیت‌اللهی.

# NEW METHOD FOR SEPARATION OF RADIUM FROM RAMSAR AREA BY MGF-48

*H. Ghafourian, M. R. Emami, A. Farazmand*
*Research Center for Nuclear Standards*
*Atomic Energy Organization of Iran*

Abstract

The investigation was made for separation of radium from aqueous media by using the bacteria MGF-48. The maximum adsorption was 60.000 pCi/gr cell dry, and therefore among the microorganisms in the world, which are reported till today, is the first kind with the highest adsorption of radium. The bacteria MGF-48 can eliminate 89.06 percent of radium in the first cycle.

The capacity of radium adsorption by biomass was depended on pH feed solution and the best result was observed at pH=7 in a time period of seven minutes.

The best condition for removal of radium from bacteria cells was the solution of 0.1 molare of nitric acid with 95.3 percent after the EDTA with 93.65 percent.

The capacity of radium adsorption by bacteria can be increased with adding of 0.1 normal solution of sodium carbonate up to 51.8 percent.

In the next experiments fixed gel coloumn has been prepared and the result was shown that the calcium alginate gel has good property for adsorption and desorption of radium in fixed bed. From the economical and technical point of view, it is very conveninet to use the gel in a large scale separation.

The result of this research was shown that, it is possible to design a bioreactor for separation of radium from contaminated water in Ramsar or other sources.