



Short Paper

مقاله کوتاه

## سیلیکاژل اصلاح شده با زیر کونیم اکسید، به عنوان جاذبی جدید برای مولیبدن-۹۹ در ژنراتورهای تکنسیم-۹۹m

حجت‌آ... صالحی\*، اسماعیل ملارزی، حسین عباسی

پژوهشکده علوم هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۱۱۳۶۵-۳۴۸۶، تهران-ایران

**چکیده:** جاذبی جدید برای مولیبدن-۹۹- سیلیکاژل اصلاح شده با زیر کونیم اکسید ( $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2:\text{Na}_2\text{MoO}_4$ )- تهیه و امکان استفاده از آن در ژنراتور تکنسیم-۹۹m مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات جاذبی مولیبدن با ساختار مولیبدات و تکنسیم-۹۹m با ساختار پرتکتنتات بر روی ستونی از این جاذب، بررسی و نشان داده شد که ظرفیت جذب مولیبدات بر روی ژنراتور با جاذب جدید بیش از ژنراتور معمولی است که در آن از ستون آلومینا استفاده می‌شود. زیر کونیم اکسید با جذب شدن بر سطح سیلیکا، خاصیت جاذبی این ترکیب نسبت به مولیبدن-۹۹ را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. تکنسیم-۹۹m توسط محلول ۰.۹٪ از سدیم کلراید شسته شده و خلوص رادیونوکلایدی، رادیوشیمیایی و شیمیایی محلول‌های حاصله اندازه‌گیری شدند. ژنراتور جدید در مقایسه با ژنراتورهای آلومینای موجود از ظرفیت بالاتری برخوردار است.

**واژه‌های کلیدی:** ژنراتور تکنسیم-۹۹m، مولیبدن-۹۹، کروماتوگرافی، اکسیدهای زیر کونیم

## Silica-Gel Modified with Zirconium Oxide as a Novel $^{99}\text{Mo}$ Adsorbent in $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Generators

H. Salehi\*, E. Mollarazi, H. Abbasi

Nuclear Science Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O. Box: 11365-3486, Tehran-Iran

**Abstract:** A new  $^{99}\text{Mo}$  adsorbent has been prepared with modified silica gel with zirconium oxide ( $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2:\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) and used in technetium-99m generator. The adsorption behaviors of  $^{99}\text{Mo}$  in the form of molybdate and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in the form of pertechnetate on the new adsorbent was investigated showed that the adsorption capacity of molybdate on this generator was considerably higher than the usual generator with alumina column. Coating zirconium oxide on the surface of silica gel resulted in higher  $^{99}\text{Mo}$  adsorption of this compound.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  is eluted with 0.9% NaCl, and the radionuclidic, radiochemical and chemical purities of the eluate were checked. This generator has a great potential as compared to the traditional alumina generators.

**Keywords:** Technetium-99m Generator, Molybdenium-99, Chromatography, Zirconium Oxides



## ۱- مقدمه

می باشد. مولیدن-۹۹، می تواند از طریق واکنش های هسته ای متوالی در شتاب دهنده های ذرات و یا رآکتورهای هسته ای تولید شود. در حال حاضر ۴ روش متفاوت، برای جداسازی تکنسیم از مولیدن به کار می رود: روش استخراج با حلال مناسب چون متیل اتیل کتون، تصعید  $Tc_2O_7$ ، استفاده از کروماتوگرافی ژلی محتوی مولیدن و به کارگیری کروماتوگرافی ستونی پر شده از آلومینا که مولیدن در آن بارگذاری می شود.

در روش کروماتوگرافی ستونی، تاکنون از جاذب های مختلفی چون آلومینیم اکسید [۵]، فریک هیدروکسید [۶]، منگنزدی اکسید [۷ و ۸] و یا سیلیکاژل تحت تأثیر منگنز کربنات بازی [۹]، در مقادیر متفاوت استفاده، و ظرفیت جذب هر یک از آن ها نسبت به مولیدن بررسی شده است.

اساس کار ژنراتورهای تولید شده، مبتنی بر جداسازی مولیدن و تکنسیم از یکدیگر در ستون های کروماتوگرافی به کار رفته در این ژنراتورها است. از میان جاذب های به کار رفته تاکنون، آلومینیم اکسید رایج ترین بوده و نسبت به سایر جاذب ها از راندمان بالاتری برای جذب تکنسیم-۹۹م و از نشت کمتری برای مولیدن برخوردار بوده است [۵]. با این حال مطالعات زیادی بر روی مزیت ها و کاستی های این سیستم و جایگزینی این ستون با ستون های حاوی جاذب های جدید انجام شده است [۷].

سیلیکا و یا اساساً سیلیکون دی اکسید، یکی از ترکیبات مهم و پر کاربرد در صنعت است که به اشکال مختلف آب دوست و غیر آب دوست موجود می باشد. سیلیکاژل یا اسید سیلیسیک آب دار از انواع آب دوست آن تلقی می شود. این ترکیب طبیعتاً کمی اسیدی است و از جاذب های متداول در کروماتوگرافی ستونی و کروماتوگرافی لایه ی نازک می باشد. طرح استفاده از این ترکیب به عنوان جاذب مولیدن در ژنراتورهای  $^{99m}Tc$ ، توسط وای ماکس<sup>(۲)</sup> به کار گرفته شد. در این طرح، مولیدن بارگذاری شده در ستون توسط حلال استون شسته و از ستون جدا می شود [۸]. بعدها لیواین<sup>(۳)</sup> و همکارانش استفاده از این ترکیب را پس از تحت تأثیر محلول کربنات منگنز بازی قرار دادن آن گزارش کردند [۹].

علاوه بر این، بررسی های متعدد دیگری نیز حاکی از آن است که این ترکیب با روش های متعارف کنونی، یعنی استفاده از آن به تنهایی در ستون و شستشوی ستون توسط محلول سالی،

از اساسی ترین خصوصیات رادیونوکلیدهای مورد استفاده در پزشکی هسته ای، می توان به نیم-عمر فیزیکی مناسب جهت انجام مطالعات، سمیت کم، خلوص رادیونوکلیدی، رادیوشیمیایی و شیمیایی مناسب، فعالیت ویژه ی بالا، سهولت دسترسی، قیمت پایین و امکان نشان دار کردن آن ها جهت تهیه رادیوداروهای تشخیصی اشاره کرد [۱].

هنگامی که نیاز به تهیه تصاویر سه بعدی از اندام ها و بافت های بدن بیمار باشد، از تکنیک توموگرافی کامپیوتری گسیل تک فوتون<sup>(۱)</sup> برای منظور استفاده می شود [۲ و ۳]. رادیونوکلیدهای مورد استفاده در این تکنیک، باید دارای خصوصیات زیر باشند

- گاما گسیل باشند و پرتوهای گامای گسیل شده توسط آن ها در گستره ی انرژی ۱۰۰ تا ۳۰۰ keV باشند.
- از طریق گیراندازی الکترون و یا گذار ایزومری واپاشیده شوند.
- نیم-عمر فیزیکی آن ها برای انجام مطالعات فیزیولوژیکی مناسب باشد.
- به منظور کاهش دز پرتوگیری توسط بیمار، تابش ذره ای گسیل نکنند. برخی از رادیویزوتوپ های رایج مورد استفاده در توموگرافی کامپیوتری گسیل تک فوتون عبارت اند از  $^{131}I(8,0 d)$ ،  $^{119m}Tc(6,0 h)$ ،  $^{123}I(13,0 h)$ ،  $^{75}Br(57,0 h)$ ،  $^{111}In(68,9 h)$ ،  $^{201}Tl(73,0 h)$ ،  $^{67}Ga(78,3 h)$  [۴].

تکنسیم-۹۹م با برخورداری از خصوصیات هسته ای ویژه ای هم چون نیم-عمر کوتاه (۶ ساعت) و گسیل پرتو گامای انرژی پایین (۱۴۰ keV) و گذار ایزومری به تکنسیم-۹۹ از رایج ترین رادیویزوتوپ های مورد استفاده در پزشکی هسته ای به شمار می رود.

ژنراتور مولیدن-۹۹/تکنسیم-۹۹م، سیستمی متشکل از این دو رادیویزوتوپ بوده و به علت خواص ذکر شده ی تکنسیم-۹۹م، پرمصرف ترین ژنراتور رادیویزوتوپی محسوب می شود. تفاوت های بین ژنراتورهای طراحی شده، غالباً مربوط به عواملی چون منابع تولید مولیدن-۹۹، روش های جداسازی مولیدن-تکنسیم و ماده ی به کار رفته در ستون کروماتوگرافی



ستون گردید (جدول ۱). ستون‌های کروماتوگرافی در این ژنراتورها با بارگذاری مولیبدن-۹۹ در ستونی شیشه‌ای (به ارتفاع ۶ سانتی‌متر و به قطر ۰/۶ سانتی‌متر) و پر شده با ۱ گرم از جاذب تهیه شده، آماده گردیدند. ژنراتورها روزانه با ۷ میلی‌لیتر محلول ۰/۹٪ سدیم کلرید (سالین) شسته شده (فاصله زمانی بین دو شویش متوالی ۲۴ ساعت بود) و میزان فعالیت تکنسیم-۹۹م و میزان نشت مولیبدن-۹۹ نفوذی، به کمک دستگاه کوری‌متر مدل Capintec ARC-120 اندازه‌گیری شدند.

### ۳- یافته‌ها و بحث

جذب زیر کونیم بر سطح سیلیکاژل می‌تواند با رابطه‌ی زیر بیان گردد [۱۱]



**جدول ۱- مقایسه و ارزیابی مقادیر تکنسیم-۹۹م** دوشیده شده از ژنراتورهای دارای ستون سیلیکاژل اصلاح شده با زیر کونیم اکسید (SZCG) و ستون آلومینا (ACG).

راندمان عملی ** (%)	مولیبدن-۹۹ نفوذی (%)**		فعالیت <sup>۹۹m</sup> Tc (کیکا بکرل یا میلی کوری)			زمان دوشش <sup>۹۹m</sup> Tc (ساعت)*	
	ACG	SZCG	تنوری	ACG	SZCG		
۸۰	۹۲	۱×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱,۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	۴,۴۴ (۱۲۰,۲)	۳,۵۵ (۹۶,۲)	۴,۰۸ (۱۱۰,۵)	۹,۵
۷۷	۸۹	۱×۱۰ <sup>-۳</sup>	۰,۵×۱۰ <sup>-۴</sup>	۵,۴۷ (۸۹,۴)	۴,۲۱ (۶۹,۳)	۴,۸۶ (۸۲,۲)	۳۳,۵
۷۷	۹۳	۱,۵×۱۰ <sup>-۳</sup>	۰,۵×۱۰ <sup>-۴</sup>	۴,۲۵ (۲۵,۶)	۳,۳ (۱۸,۸)	۳,۹۵ (۲۲,۵)	۵۷,۵
۷۷	۹۲	۳×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	۳,۳ (۱۵,۳)	۲,۵۶ (۱۱,۶)	۳,۰۳ (۱۳,۷)	۸۱,۵
۸۱	۹۳	۲×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	(۱,۲) (۱۲۰,۲)	(۰,۹۸) (۹۶,۲)	(۱,۱۱) (۱۱۰,۵)	۱۷۷,۵
۷۴	۸۷	۱×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	(۰,۹۴) (۱۱۵)	(۰,۷) (۸۹,۳)	(۰,۸۲) (۱۰,۷)	۲۰۱,۵
۷۳	۹۱	۵×۱۰ <sup>-۴</sup>	۱,۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	۰,۷۲ (۳۲,۶)	۰,۵۳ (۲۶,۵)	۰,۶۵ (۳۰,۳)	۲۲۵,۵
۷۶	۹۰	۲×۱۰ <sup>-۳</sup>	۰,۷×۱۰ <sup>-۴</sup>	۰,۵۶ (۱۹,۷)	۰,۴۲ (۱۴,۵)	۰,۵ (۱۷,۹)	۲۴۹,۵
۷۴	۹۰	۱×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱×۱۰ <sup>-۴</sup>	۰,۴۴ (۱۱,۹)	۰,۳۲ (۸,۸۳)	۰,۴ (۱۰,۷)	۲۷۳,۵

\* بارگذاری مولیبدن-۹۹ به منظور تهیه ژنراتوری با فعالیت حدود ۴,۵ GBq.

\*\* حد مجاز مولیبدن-۹۹ نفوذی برابر با ۰/۱۵ میکروکوری در یک میلی کوری از محلول تکنسیم-۹۹م می‌باشد.

\*\*\* فعالیت تکنسیم-۹۹م در محلول خروجی نهایی نسبت به فعالیت انتظاری تکنسیم-۹۹م در زمان دوشش ژنراتور.

نمی‌تواند جاذب مناسبی برای ژنراتورهای تکنسیم-۹۹م باشد. چرا که اساس یک جاذب خوب در ژنراتورهای تکنسیم-۹۹م، مبتنی بر جذب هر چه بیش‌تر مولیبدن-۹۹ و هر چه کم‌تر تکنسیم-۹۹م (رها سازی هر چه بیش‌تر آن) در ستون محتوی آن جاذب است. لذا راندمان پایین این ستون، دلیلی بر جذب قوی تکنسیم-۹۹م توسط ستون و ناکارآمدی آن است.

این بررسی نشان داد که ژنراتور مورد بحث با ساختار سیلیکاژل اصلاح شده، از ظرفیت جذب بالاتری نسبت به ژنراتورهای متعارف آلومینا برخوردار است. این ژنراتور دارای قابلیت‌هایی است که تهیه و کاربرد آن را آسان می‌سازد. ضمناً با توجه به قابلیت جذب بالای این ماده‌ی جدید برای مولیبدن-۹۹، امکان ساخت ژنراتور تکنسیم-۹۹م با ظرفیت بالا فراهم می‌آید.

### ۲- روش‌های تجربی

#### ۱-۲ مواد اولیه

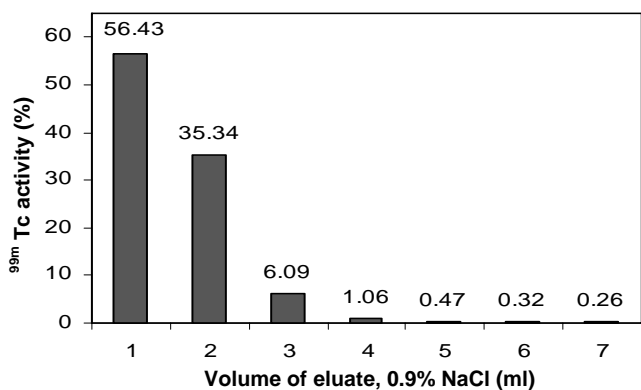
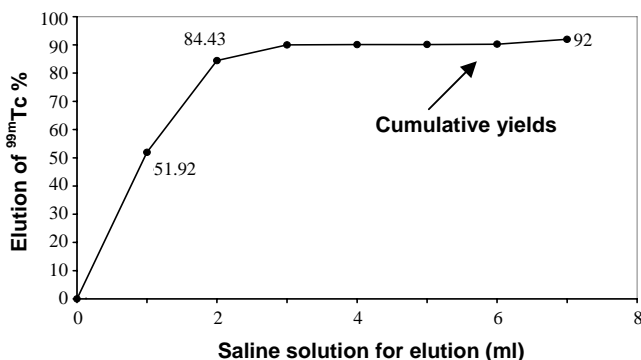
سیلیکاژل (مش ۳۵-۴۰)، زیر کونیل کلرید آبدار، هیدروژن پراکسید ۳۰٪، معرف آرسنازو (III) و نیتریک اسید همه از شرکت مرک، و مولیبدن-۹۹ از شرکت IRE تهیه شدند.

#### ۲-۲ روش تهیه‌ی سیلیکاژل اصلاح شده با زیر کونیم اکسید

برای تهیه‌ی سیلیکاژل اصلاح شده با زیر کونیم اکسید [۱۰]، ابتدا سیلیکاژل به مدت ۶ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک گردید. سپس، مقدار ۵ گرم از سیلیکاژل فعال به دست آمده، به محلول حاصل از انحلال ۱,۶۳ گرم نمک (IV)  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  در ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. مخلوط به دست آمده به مدت ۶ ساعت تحت شرایط رفلاکس قرار گرفت و محصول جامد نهایی پس از صاف شدن و شستشو با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۲×۲۵ میلی‌لیتر) در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شد.

#### ۳-۲ بررسی جذب مولیبدن-۹۹ بر سطح ستون $(\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2)$

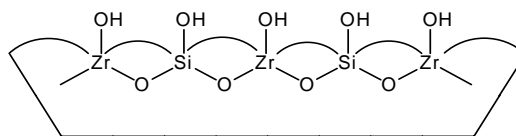
برای انجام این کار، مولیبدن حاصل از فرایند شکافت که به صورت مولیبدات موجود در محلول ۰/۲ نرمال سود خریداری شده بود، در آزمایشگاه با استفاده از هیدروژن پراکسید، نیتریک اسید ۰/۱ نرمال و سالین نرمال آماده‌سازی (اسیدی) شده و به حجم رسانده شد به طوری که pH محلول حاصل به حدود ۴/۵ رسید. سپس مقادیر با فعالیت مشخص از محلول حاصل جذب

شکل ۱- نمودار شویش تکنسیم-<sup>99m</sup>.شکل ۲- راندمان تجمعی تکنسیم-<sup>99m</sup> پس از هر مرحله شویش جزء به جزء ژنراتور.

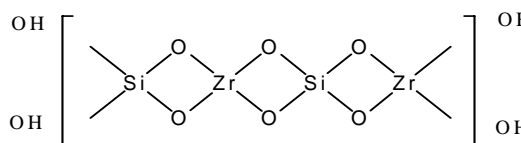
علی‌رغم شستشوی بلافاصله‌ی ستون پس از بارگذاری مولیبدن و قبل از دوشیدن تکنسیم، هر بار مقدار  $0.5 \times 10^{-4}$  تا  $1.0 \times 10^{-4}$ ٪ از مولیبدن-<sup>99</sup> (نسبت به تکنسیم-<sup>99m</sup>)، همراه تکنسیم-<sup>99m</sup> شسته شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان جذب پرتکنتات بر روی ستون پایین بوده است، در حالی که مولیبدات به خوبی جذب ستون شده است. اندازه‌گیری مولیبدن در محلول‌های حاصل از شویش ستون ژنراتور تکنسیم-<sup>99m</sup> مقادیر آن را چیزی در حدود  $10^{-4}$ ٪ به دست داد.

نتایج حاصل از دوشش تکنسیم (شکل ۳) نشان می‌دهد که به طور متوسط در هر بار شویش روزانه‌ی ژنراتور جدید طی مدت ۲۷۳ ساعت حدود ۹۰٪ تکنسیم-<sup>99m</sup> به دست می‌آید. این در حالی است که میزان بازیابی تکنسیم-<sup>99m</sup> برای ژنراتورهای با ستون آلومینا ۷۷٪ بوده و با گذشت زمان به تدریج کاهش می‌یابد (جدول ۱). ارزیابی دقیق‌تر اختلاف آشکار در راندمان تکنسیم-<sup>99m</sup> حاصل از این ژنراتورها با ژنراتورهای با ستون آلومینا، در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس اطلاعات جدول ۲ و میزان پایین مولیبدن-<sup>99</sup> نفوذی، خلوص رادیونوکلیدی

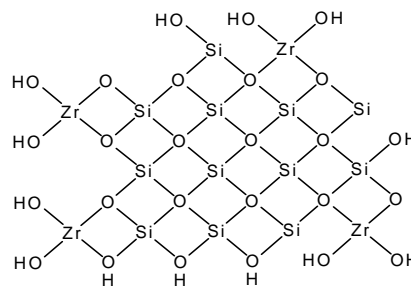
با توجه به صورت‌بندی سطحی سیلیکاژل به راحتی می‌توان دریافت که مخلوط واکنش زیرکونیم و سیلیکاژل در محیط آبی، رسوبی با صورت‌بندی زیر ایجاد خواهد کرد [۱۲]



که به صورت زیر نیز نشان داده می‌شود



اگر چه در اشکال بالا اتم‌های زیرکونیم و سیلیسیم به صورت یک در میان نشان داده شده‌اند، اما این در حقیقت به مقدار استوکیومتری مقادیر به کار رفته بستگی دارد. با توجه به مقادیر به کار رفته در این تحقیق، مقدار سیلیسیم (به صورت سیلیکاژل) بیش از زیرکونیم (به صورت  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ) بوده است و زیرکونیم تنها بر روی سطح سیلیکاژل جذب می‌شود.



نتایج حاصل از آزمایش‌های بررسی جذب تکنسیم-<sup>99m</sup> حاکی از آن است که این ژنراتور می‌تواند مولدی مناسب برای تولید تکنسیم-<sup>99m</sup> باشد. هم‌چنان که در شکل ۱ نشان داده شده است با شویش ستون به کمک ۷ میلی‌لیتر محلول سالین، تقریباً ۹۲٪ تکنسیم-<sup>99m</sup> موجود با  $pH=5-6$ ، از ستون جدا می‌گردد. این در حالی است که بیش از ۹۰٪ کل تکنسیم-<sup>99m</sup> جمع‌آوری شده تنها با ۲ میلی‌لیتر از محلول سالین شسته و از ستون خارج شده است. راندمان تجمعی تکنسیم-<sup>99m</sup> جمع‌آوری شده پس از هر مرحله شویش جزء به جزء ژنراتور با محلول سالین، در شکل ۲ نشان داده شده است.

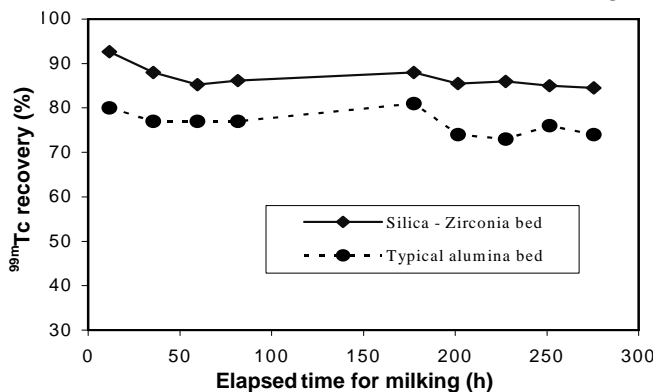


### پی‌نوشت‌ها:

- ۱- Single Photon Emission Computed Tomography  
 ۲- Y. Maki  
 ۳- V.I. Levin

### References:

1. M. Tubis, W. Wolf, "Radiopharmacy, Jhon Wiley and Sons; New York," 263 (1976).
2. G.B. Saha, "Fundamentals of nuclear pharmacy," Springer, Cleveland (1998).
3. R.E. Weiner, M.L. Thakur, "Metalic radionuclides: Application in diagnostic and therapeutic nuclear medicine," Radiochim. Acta. 70/71, 273 (1995).
4. J.A. Osso Jr, "<sup>77</sup>Br isotope production for medical use, Tese (Doutorado), University of Manchester, London," (1986).
5. V. Rarnic, B. Georenc, J. Novak, Atompraxis, 13: 258 (1967).
6. L. Lindner, "Anion Exchange On Iron Hydroxide Report," KFK-216 (1963).
7. S. Meloni, A. Brandon, "A new technetium-99m generator using manganese dioxide," Int. J. Appl. Radiat. Isot. 19: 164 (1988).
8. Y. Maki, Y. Murakami, "<sup>99m</sup>Tc generator by use of silica gel as adsorbent," Nippon Kagaku Zasshi, 92: 12, 1211, Jan 01 (1971).
9. M.T. El-Kolaly, N.Z. Misak, "A <sup>99m</sup>Tc generator based on the adsorption of <sup>99</sup>Mo Molybdophosphate on hydrous manganese dioxide "Nucl. Med. Biol," 15: 664 (1988).
10. V.I. Levin, L.S. Kozyreva-Alexandra, T. Sokolova, "A new <sup>99m</sup>Tc generator of higher activity," Int. J. Appl. Radiat. Isot, 30: 450 (1979).
11. M. Yamashita, S.S. Rosatto, L.T. Kubota, "Electrochemical Comparative Study of Riboflavin, FMN and FAD Immobilized on the Silica Gel Modified with Zirconium Oxide," J. Braz. Chem. Soc, 13, 635 (2002).
12. Dominick, A. Desantis, Hillsborough, Robert A. Paul, "Zirconium silica hydrogel compositions and methods of preparation," U.S. Patent, 5069816, (1991).
13. British Pharmacopoeia 2, 24532 (2000).



شکل ۳- نمودار دوشش تکنسیم-۹۹م توسط ۷ میلی‌لیتر از محلول سالین.

**جدول ۲-** مقادیر تکنسیم-۹۹م و مولیبدن-۹۹ جدا شسته شده از ژنراتورهای دارای ستون سیلیکاژل اصلاح شده با زیرکونیم اکسید (SZCG) و آلومینا (ACG)\*.

مقدار مولیبدن-۹۹ در محلول دوشیده شده (%)	راندمان عملی (%)**	ستون ژنراتور	ردیف
$1 \times 10^{-4}$	۹۲	SZCG-۱	۱
$0.5 \times 10^{-4}$	۸۹	SZCG-۲	۲
$1.1 \times 10^{-4}$	۹۰	SZCG-۳	۳
$1 \times 10^{-4}$	۹۱	SZCG-۴	۴
$1.5 \times 10^{-4}$	۷۷	ACG	۵

\* سرعت شویش: ۳ میلی‌لیتر بر دقیقه،

\*\* فعالیت تکنسیم-۹۹م دوشیده شده با ۷ میلی‌لیتر سالین نسبت به فعالیت انتظاری تکنسیم-۹۹م در زمان دوشش ژنراتور در pH شویش برابر ۵-۶.

کلیه‌ی نمونه‌ها قابل قبول می‌باشد. با اندازه‌گیری میزان زیرکونیم با استفاده از روش رنگ‌سنجی و معرف آرسنازو (III) این مقدار در همه‌ی موارد کم‌تر از حد استاندارد (۵ppm) بوده است. خلوص رادیوشیمیایی نمونه‌های دوشیده شده به طور متوسط بالاتر از ۹۵٪ بوده است. لذا، ژنراتور جدید جهت کاربردهای پزشکی مناسب می‌باشد [۱۳].

### ۴- نتیجه‌گیری

با مقایسه‌ی ژنراتور جدید دارای ستون سیلیکاژل اصلاح شده با زیرکونیم اکسید با انواع کنونی آن، به راحتی می‌توان دریافت که استفاده از سیلیکاژل اصلاح شده با زیرکونیم اکسید به عنوان جاذبی جدید در جذب مولیبدات و افزایش راندمان تکنسیم-۹۹م، مزیت‌های قابل ملاحظه‌ای نسبت به آلومینا دارد ( $(\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2:\text{MoO}_4^{2-} > \text{Al}_2\text{O}_3:\text{MoO}_4^{2-})$ ). به علاوه، با توجه به آزمایش‌های مربوط به کنترل کیفیت محصول، تکنسیم-۹۹م به دست آمده از این سیستم از خصوصیات لازم برای استفاده شدن در پزشکی هسته‌ای برخوردار است.