J. of Nuclear Sci. and Tech.
65, 2013, 27-33

مجله علوم و فنون هسته‌ای
۶۵، ۱۳۹۲، ۲۷-۳۳

کروماتوگرافی کاغذی برای کنترل رادیوشیمیایی ایتریم-۹۰ به منظور استفاده‌های بالینی آن

علیرضا خانچی*، ندا اکبری، اکرم پورمتین، محمدحسین مجربی‌تبریزی، بهرام سلیمی
پژوهشکده‌ی چرخه‌ی سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران ـ ایران

چکیده: هدف این پژوهش توسعه‌ی روشی مطمئن برای اندازه‌گیری دقیق مقدار استرانسیم-۹۰ همراه شده با ایتریم-۹۰ است. با توجه به این که ایتریم-۹۰ تولید شده برای مقاصد بالینی، باید عاری از هرگونه ناخالصی باشد، روش کنترل کیفی مناسبی باید به کار گرفته شود. هم‌چنین با توجه به نیم- عمر کوتاه ایتریم-۹۰، سرعت عمل در تعیین میزان خلوص آن حایز اهمیت زیادی است. روش کروماتوگرافی کاغذی یک روش سریع، ساده و با دقت بالا است که می‌تواند برای تخمین زدن سریع میزان ناخالصی استرانسیم-۹۰ همراه شده با ایتریم-۹۰ به کار رود. در این پژوهش از دو استخراج‌کننده‌ی بیس (۲- اتیل هگزیل) فسفات (HDEHP) و سیانکس۲۷۲ استفاده شد و توانایی هیدروکلریک و نیتریک اسید در جداسازی ایتریم-۹۰ از استرانسیم-۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف بین مقادیر R_f دو رادیونوکلید استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ با استخراج‌کننده‌ی HDEHP و فاز متحرک شامل سالین ۰٫۹٪ و نیتریک اسید ۰٫۱ مولار بیش‌تر بود. تحت این شرایط کنترل رادیوشیمیایی ایتریم-۹۰ دست یافتنی است.

کلیدواژه‌ها: *ایتریم-۹۰، استرانسیم-۹۰، کروماتوگرافی کاغذی، استفاده‌ی بالینی*

Paper Chromatography for the Radiochemical Control of ^{90}Y for it's Clinical Uses

A.R. Khanchi*, N. Akbari, A. Pourmatin, M.H. Mojarabi, B. Salimi
Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-8486, Tehran – Iran

Abstract: Our aim in this work was to develop a reliable technique to accurately determine the amount of Yttrium-90 in Strontium-90 used for therapy. Yttrium-90 which can be used for clinical purposes should be in a very high radionuclide purity, therefore a suitable quality control method must be applied. Also, Yttrium-90 has a short half-life, so speed is very important for determination of its purity. For this purpose, a simple paper chromatographic method was designed and used in the present study. In this method two extractants HDEHP and Cyanex272 were utilized and the ability of hydrochloric and nitric acid for separation of Yttrium-90 from Strontium-90 was evaluated. The results showed that large differences between R_f values of Yttrium-90 and Strontium-90 radionuclides were explored by using HDEHP as an extractant and mobile phase containing 0.9% saline and 0.1M nitric acid. Under these conditions, the radiochemical control of Yttrium-90 could be achieved.

Keywords: *Yttrium-90, Strontium-90, Paper Chromatography, Clinical Uses*

*email: akhanchi@aeoi.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۷/۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۵/۲۱

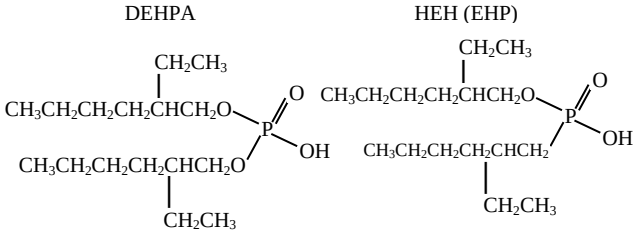
Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسایل موجود در مولد $^{90}Sr/^{90}Y$، کنترل کیفی محصول ایتریم-۹۰ است. استرانسیم-۹۰ با نیم- عمر ۲۸ سال، یکی از محصول‌های فرایند شکافت اورانیم است. استرانسیم-۹۰ با نفوذ در سطح و مغز استخوان می‌تواند جای‌گزین کلسیم آن شود. حداکثر مقدار مجاز آن برای بدن ۷۴kBq (۲μCi) است [۱، ۲]. از آن‌جا که استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ هر دو بتاگسیل خالص‌اند و طیف β^- آن‌ها با هم هم‌پوشانی می‌کند، روش‌هایی باید مورد استفاده قرار گیرند که توانایی لازم برای جداسازی این دو را داشته باشند [۳].

در کنترل کیفی ^{90}Y، تعیین مقدار رادیونوکلید ^{90}Sr از اهمیت به سزایی برخوردار است. کروماتوگرافی کاغذی استخراجی یکی از روش‌های مهم در جداسازی عناصر و تعیین خلوص آن‌ها است. کروماتوگرافی استخراجی تلفیقی از روش استخراج با حلال و کروماتوگرافی کاغذی محسوب می‌شود. این روش کاربرد گسترده‌ای در صنایع داروسازی برای اندازه‌گیری‌های دقیق و تعیین خلوص دارد. علاوه بر این، در روش‌های کلینیکی و زیست شیمیایی نیز از این روش استفاده می‌شود. امتیازهای این روش، سرعت، دقت بالا و هزینه‌ی پایین است [۴، ۵]. در روش کروماتوگرافی کاغذی، مانند کروماتوگرافی لایه‌ی نازک، مواد بین دو فاز ساکن و فاز متحرک توزیع می‌شود. یونی که با عامل استخراج‌کننده کمپلکس تشکیل می‌دهد، در فاز ساکن باقی می‌ماند در حالی که یونی که کمپلکس تشکیل نمی‌دهد به همراه فاز متحرک حرکت می‌کند؛ در نتیجه دو یون به آسانی از یک‌دیگر جدا می‌شوند [۶، ۷، ۸].

یک روش متداول برای تعیین مقدار استرانسیم-۹۰ در نمونه‌های حاوی مخلوط ایتریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰، سوسوزنی مایع است. برای این کار، نمونه به مدت طولانی در مکان معینی ثابت باقی می‌ماند تا طی آن ایتریم-۹۰ به مقدار تعادلی‌اش با استرانسیم برسد. سپس مقدار استرانسیم-۹۰ در آن با استفاده از سوسوزنی اندازه‌گیری می‌شود. محدودیت این روش اتلاف قابل توجه زمان برای تجزیه‌ی نمونه است. در سال‌های اخیر برای برداشتن این محدودیت، از کروماتوگرافی کاغذی استخراجی استفاده شده است که در آن به نحو چشمگیری زمان تجزیه کاهش می‌یابد [۴]. استخراج‌کننده‌ی ۲- اتیل هگزیل ۲- اتیل هگزیل فسفونیک اسید (HEH(EHP)[۱] یا KSM-17 نسبت به ایتریم-۹۰ از گزینش‌پذیری بالایی برخوردار است؛ از این‌رو ایتریم-۹۰ همراه استخراج‌کننده بر روی کاغذ کروماتوگرافی بدون حرکت باقی می‌ماند در صورتی که استرانسیم-۹۰ به علت عدم تشکیل کمپلکس با استخراج‌کننده به همراه فاز متحرک بر روی کاغذ حرکت می‌کند. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که در استفاده از این عامل کی‌لیت ساز در کروماتوگرافی کاغذی محدودیت‌هایی وجود دارد. یکی از این موارد، تشکیل کمپلکس ضعیف‌تر HEH(EHP) در مقایسه با رقیب‌های تجاری خود چون بیس (۲-اتیل هگزیل) فسفات (HDEHP)[۲] است. علت این رفتار را با نظریه‌ی اسید و باز سخت و نرم می‌توان توجیه نمود. به عبارت دیگر HDEHP به علت وجود دو اکسیژن در ساختارش بازی سخت‌تر از HEH(EHP) محسوب می‌شود (شکل ۱) و با ایتریم که خود جزو اسیدهای سخت است کمپلکس قوی‌تر تشکیل می‌دهد. علاوه بر این در pHهای پایین قدرت تشکیل کمپلکس HEH(EHP) با ایتریم و لانتانیدها به شدت کاهش می‌یابد، به طوری که روند کاهش تشکیل کمپلکس از pH=۱ شروع و هر چه به pH=۰ نزدیک‌تر می‌شود، این روند شدت بیش‌تری می‌یابد [۹]. لذا کنترل دقیق pH در مرحله‌ی تثبیت ایتریم-۹۰ بر روی لکه‌ی حاوی HEH(EHP) از الزامات روش محسوب می‌شود. اهمیت این موضوع وقتی آشکار می‌شود که در کار با نمونه‌های فعال، کنترل دقیق pH باعث مشکلات مضاعف می‌شود. عدم تنظیم دقیق pH باعث حرکت هم‌زمان ایتریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ می‌شود و در نتیجه امکان جداسازی این دو رادیونوکلید فراهم نمی‌شود. لذا به نظر می‌رسد مطالعه‌ی بیش‌تری بر روی عوامل کمپلکس‌کننده‌ی دیگر با توانایی تشکیل کمپلکس قوی‌تر در بازه‌ی گسترده‌تری از pH مورد نیاز است.



شکل ۱. ساختار استخراج‌کننده‌های HDEHP و HEH(EHP).

www.SID.ir

در مطالعه‌ی حاضر، از بیس (۲- اتیل هگزیل) فسفات (HDEHP) و Cyanex272 به عنوان استخراج‌کننده استفاده شد و اثر فاز متحرک حاوی مخلوط سالین و نیتریک اسید و هم‌چنین مخلوط سالین و هیدروکلریک اسید مورد بررسی قرار گرفت.

۲. بخش تجربی

۱.۲ معرف‌ها و مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده مانند سدیم کلرید، هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، بیس- (۲- اتیل هگزیل) فسفریک اسید و Cyanex272 همه با خلوص تجزیه‌ای بوده و از شرکت‌های مرک و آلدریچ خریداری شدند. هم‌چنین از محلول حاوی ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به عنوان ریزردیاب و از استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ با فعالیت پرتوزایی مناسب استفاده شد.

۲.۲ وسایل و دستگاه‌ها

برای اندازه‌گیری فعالیت استرانسیم-۸۵ و ایتریم-۸۸ از طیف‌سنجی گاما بر پایه‌ی آشکارساز HPGe استفاده شد و به منظور اندازه‌گیری فعالیت نمونه‌های حاوی استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ از طیف‌سنجی بتا بر پایه‌ی سوسوزن مایع مدل Quantulus 1220 ساخت شرکت والاک استفاده شد. کاغذ واتمن (۳MM) برای جداسازی، از شرکت آلدریچ تهیه شد. برای نمونه‌برداری، از میکرو پی‌پت با گستره‌ی ۰٫۵-۱۰ میکرولیتر استفاده شد.

۳.۲ روش کار

ابتدا بر روی بخش نخست یک کاغذ کروماتوگرافی که طول آن به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده بود، با استفاده از میکرو پی‌پت، ۲۰۰ میکرولیتر از استخراج‌کننده‌های HDEHP و Cyanex272 نشانده، و در مجاورت هوا خشک شد. سپس ۱ میکرولیتر از محلول نمونه در این ناحیه قرار داده شد و یک ساعت فرصت برای تشکیل کمپلکس ایتریم و استرانسیم در بستر کاغذ در نظر گرفته شد. بخش نخست کاغذ در درون محلول سالین ۰٫۹٪ حاوی اسید قرار داده شد. هنگامی که فاز متحرک به ۲ سانتی‌متری انتهای کاغذ رسید (فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری)، در مجاورت هوا خشک و هر قسمت به صورت جداگانه بریده شده و مورد تجزیه قرار گرفت.

یکی از پارامترهای مهم در کروماتوگرافی کاغذی ضریب بازداری (R_f)[۳] تعریف شده به صورت زیر است

$$R_f = \frac{\text{فاصله‌ی پیموده شده به وسیله‌ی ماده یا ترکیب}}{\text{فاصله‌ی پیموده شده به وسیله‌ی جبهه‌ی فاز مایع}}$$

هر یون فلزی R_f خاص خود را دارد. برای این که روش کروماتوگرافی کاغذی از کارایی لازم برای جداسازی برخوردار باشد، لازم است یون‌های مورد تجزیه مقادیر R_f متفاوتی داشته باشند. هر چه اختلاف R_f یون‌ها بیش‌تر باشد جداسازی به همان اندازه بهتر انجام می‌شود. مقدار R_f به دما، حلال، نوع کاغذ و pH بستگی دارد [۱۰].

۳. نتایج و بحث

۱.۳ آزمایش‌های شبیه‌سازی

به منظور بررسی روش کروماتوگرافی کاغذی و تعیین R_f یون‌های استرانسیم و ایتریم، آزمایش‌های شبیه‌سازی انجام شد. در این آزمایش یک میکرولیتر از محلول حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر استرانسیم ۵ میلی‌لیتر محلول حاوی ۵ میلی‌گرم استرانسیم-۹۰ و ۲۵ میکروگرم ایتریم-۹۰ تهیه شد؛ به این محلول مقدار ۱۰ میکرولیتر محلول ردیاب استرانسیم-۸۵ و ایتریم-۸۸ با نسبت حجمی ۱:۱ و با فعالیت پرتوزایی کل حدوداً ۰٫۱ میلی‌کوری اضافه شد. سپس یک میکرولیتر از محلول حاصل بر روی کاغذ حاوی لکه‌ی استخراج‌کننده قرار داده شد. بعد از تشکیل کمپلکس، کاغذ درون محلول سالین ۰٫۹٪ حاوی نیتریک و هیدروکلریک اسید قرار داده شد. سپس هر قسمت به طور جداگانه توسط دستگاه طیف‌سنج گاما مورد تجزیه قرار گرفت.

۲.۳ بررسی اثر نوع و غلظت اسید فاز متحرک بر عامل بازداری

با توجه به پژوهش‌های انجام شده تاکنون، واکنش استخراج ایتریم با تعداد زیادی از ترکیبات اورگانو فسفونیک اسید را می‌توان چنین در نظر گرفت [۱۱، ۱۲]

$$Y^{3+} + 3(HX)_2 \rightleftharpoons YX_3.3HX + 3H^+ \quad (1)$$

$$Y^{3+} + 3A^- + q(HX)_n \rightleftharpoons YA_3.qnHX \quad (2)$$

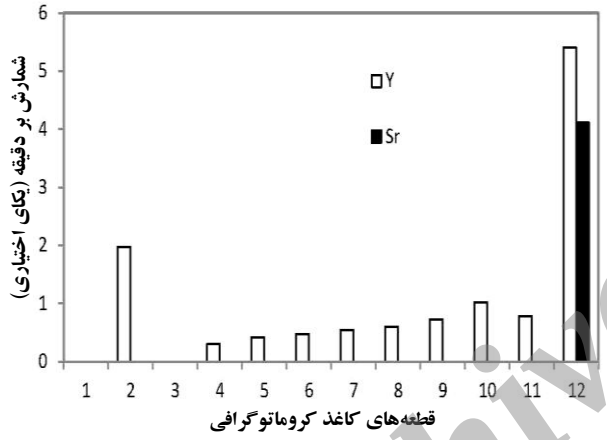
$$Y^{3+} + 6HA \rightleftharpoons [Y(A)_4]^- + 6H^+ \quad (3)$$

www.SID.ir

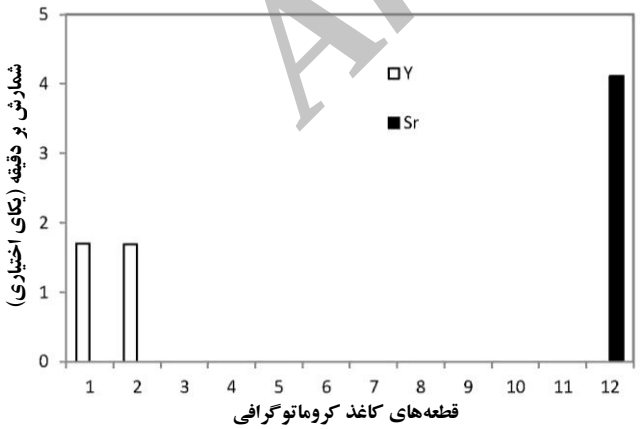
که در آن‌ها، HA و A بیان‌گر، به ترتیب، عامل استخراج‌کننده و آنیون اسیدی‌اند. هم‌چنان که انتظار می‌رود تشکیل کمپلکس HDEHP با لانتانیدها از جمله ایتریم به هر دو طریق تبادل یون و مشارکت آنیون اسیدی صورت می‌گیرد؛ ولی مطالعات نشان می‌دهد که در محلول‌های رقیق سازوکار حاکم و تعیین‌کننده، تبادل یون بین ایتریم و HDEHP خواهد بود. از طرف دیگر بررسی‌های اخیر سازوکار تبادل یون برای تشکیل کمپلکس سیانکس۲۷۲ با لانتانیدها را موجه می‌داند [۱۳]. آزمایش مقدماتی که برای جداسازی Sr(II) و Y(III) انجام شد، نشان داد که محلول سالین برخلاف کار قبلی که در آن استخراج‌کننده‌ی KSM-17 به کار رفته بود، به تنهایی قادر به حرکت دادن ایتریم و حتی استرانسیم در pH=۷ نیست [۴]. علت این امر به تشکیل کمپلکس قوی HDEHP با این دو یون برمی‌گردد [۱۴]. در ادامه‌ی آزمایش‌ها، از مخلوط سالین با نیتریک یا هیدروکلریک اسید به عنوان فاز متحرک استفاده شد. از طرفی مطالعات نشان می‌دهد که با افزودن اسید، سرعت تشکیل کمپلکس Y(III) و Sr(II)، که شدیداً به غلظت اسید وابسته است، کاهش می‌یابد. لذا از نتایج به دست آمده از آزمایش‌های اولیه مشخص شد که برای جذب کامل ایتریم در بستر سلولزی و حرکت یون Sr(II) یک ساعت زمان لازم است تا تشکیل کمپلکس کامل شود و از حرکت Y(III) جلوگیری به عمل آید.

همان‌طور که از معادله‌های ۱، ۲ و ۳ می‌توان استنباط کرد، اسیدها در غلظت بالاتر از ۰٫۱ مول بر لیتر می‌توانند نقش رقیب عوامل کمپلکس‌کننده را داشته باشند. مطالعات نشان می‌دهد که امکان تشکیل کمپلکس‌های پایدار بین ایتریم و آنیون‌هایی چون نیترات و کلرید با اعداد کوردیناسیون مختلف وجود دارد، ولی آن‌چه که بیش‌تر مطرح بوده، نقش غالب عدد کوردیناسیون ۶ است، زیرا که این نوع کمپلکس‌ها در محیط‌های $[Y(A)_6]^{3-}$ آبی نسبت به کمپلکس‌های با دیگر اعداد کوردیناسیون از پایداری قابل توجه برخوردارند [۱۵]. رقابت بین واکنش ۳ و واکنش‌های ۱ و ۲ منجر به حرکت یون ایتریم در بستر کاغذ کروماتوگرافی خواهد شد. در واقع در این جا تفاوت کار با مطالعه‌ی پیشین به استفاده و نقش مفید اسید با استخراج‌کننده‌ی HDEHP برمی‌گردد و چنین شرایطی منجر به حداقل تأثیرات متقابل این عامل استخراج‌کننده با یون Sr(II) می‌شود [۴].

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که استخراج‌کننده‌ی سیانکس۲۷۲ در فاز متحرک حاوی سالین و نیتریک اسید ۰٫۱ مولار با ایتریم کمپلکس ضعیفی تشکیل می‌دهد و بخشی از یون‌های ایتریم به همراه یون‌های استرانسیم در بستر سلولزی کاغذ حرکت می‌کند و در نتیجه جداسازی به خوبی انجام نمی‌شود. ولی در صورت استفاده از استخراج‌کننده‌ی HDEHP، کمپلکس ایتریم با استخراج‌کننده از حرکت آن به همراه فاز متحرک (سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مول بر لیتر) جلوگیری می‌کند. این آزمایش با فاز متحرک حاوی سالین و نیتریک اسید ۰٫۳ مولار برای هر دو استخراج‌کننده تکرار شد که در این محیط هر دو یون ایتریم و استرانسیم با فاز متحرک به سمت بالای کاغذ حرکت کردند. کروماتوگرام‌های مربوط به جداسازی استرانسیم-۸۵ از ایتریم-۸۸ در فاز متحرک حاوی سالین و نیتریک اسید ۰٫۱ مولار برای هر دو استخراج‌کننده‌ی سیانکس۲۷۲ و HDEHP در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است. مقادیر R_f برای هر دو استخراج‌کننده و فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار محاسبه و در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲. کروماتوگرام استخراج ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج‌کننده سیانکس۲۷۲ با فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).



شکل ۳. کروماتوگرام ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج‌کننده HDEHP با فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. مقادیر R_f ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ برای فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار

استخراج کننده	R_f	
	ایتریم	استرانسیم
HDEHP	۰٫۱۶	۱
Cyanex272	۱	۱

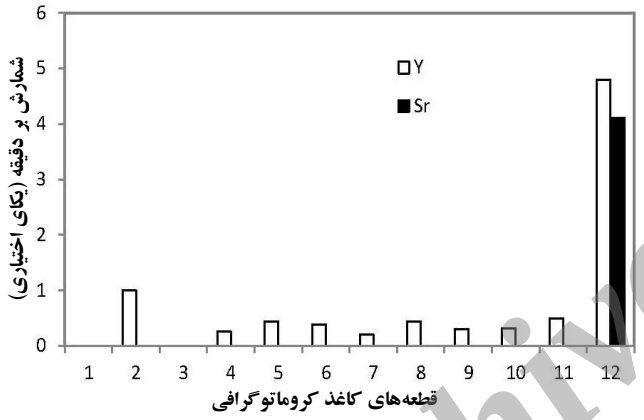
به منظور بررسی بیش‌تر شرایط جداسازی، مجدداً از هر دو استخراج‌کننده با فاز متحرک محلول سالین ۰٫۹٪ + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ و ۰٫۳ مولار استفاده شد. توزیع استرانسیم-۸۵ و ایتریم-۸۸ در کاغذ کروماتوگرافی با استفاده از فاز متحرک سالین + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار در شکل‌های ۴ و ۵ رسم شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد ایتریم با استخراج‌کننده‌ی سیانکس ۲۷۲ کمپلکس ضعیفی تشکیل می‌دهد. در نتیجه، مقدار زیادی از یون‌های ایتریم به همراه یون‌های استرانسیم حرکت می‌کند. در مورد استخراج‌کننده‌ی HDEHP تأثیر متقابل لیگاند با یون بیش‌تر از لیگاند سیانکس ۲۷۲ است. با وجود این، مقداری از ایتریم به وسیله‌ی فاز متحرک مخلوط سالین و هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار حرکت داده می‌شود. مقادیر R_f برای هر دو استخراج‌کننده با فاز متحرک سالین + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است.

۳.۳ کروماتوگرافی کاغذی با نمونه‌ی حقیقی

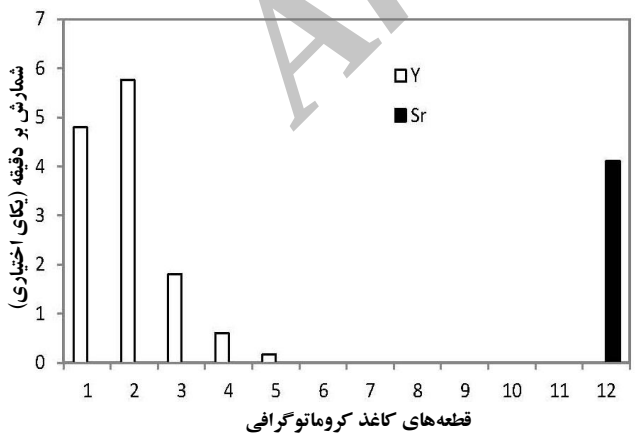
با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از استرانسیم-۸۵ و ایتریم-۸۸ (شکل ۳) می‌توان نتیجه گرفت که در فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار، ایتریم عملاً در نقطه‌ی نشانده شده‌ی اولیه ثابت می‌ماند، به عبارت دیگر، به همراه فاز متحرک حرکت نمی‌کند. لذا استخراج‌کننده‌ی HDEHP نسبت به استخراج‌کننده‌ی سیانکس ۲۷۲ در فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار شرایط عملی بهتری را دارا است (مقایسه‌ی شکل‌های ۲ و ۳). بنابراین در ادامه‌ی کار برای نمونه‌ی حقیقی از استخراج‌کننده‌ی HDEHP استفاده شد. در این آزمایش نمونه‌ی حاوی یون‌های استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ بر روی کاغذ کروماتوگرافی قرار داده شد بعد از این‌که یون‌های ایتریم-۹۰ با استخراج‌کننده کمپلکس تشکیل دادند، کاغذ کروماتوگرافی در درون محلول سالین ۰٫۹٪ حاوی نیتریک اسید ۰٫۱ مولار قرار داده شد تا یون‌های استرانسیم-۹۰ که تشکیل کمپلکس نداده بودند به همراه فاز متحرک روی بستر کاغذ حرکت کنند. سپس هر قسمت کاغذ به طور جداگانه به وسیله‌ی دستگاه طیف‌سنج بتا تجزیه شد. نمودار فعالیت استرانسیم-۹۰ و ایتریم-۹۰ برحسب فاصله در شکل ۶ نشان داده شده است. مقادیر R_f برای ایتریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ با فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار محاسبه و در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقادیر R_f ایتریم-۸۵ و استرانسیم-۸۵ در فاز متحرک سالین + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار

استخراج کننده	R_f	
	ایتریم	استرانسیم
HDEHP	۰٫۴۱	۱
Cyanex272	۱	۱

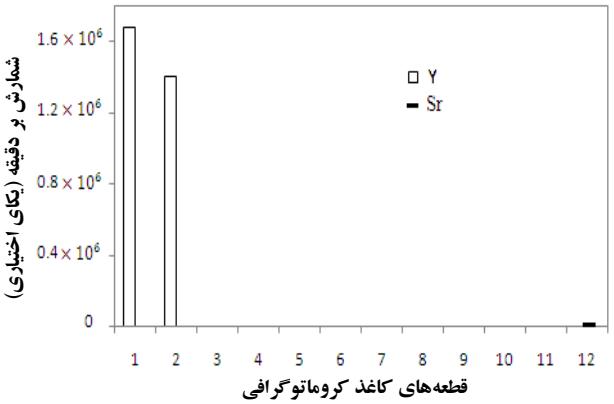


شکل ٤. کروماتوگرام کاغذی استخراج ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج‌کننده سیانکس ۲۷۲ با فاز متحرک سالین + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).



شکل ۵. کروماتوگرام کاغذی استخراج ایتریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج‌کننده HDEHP با فاز متحرک سالین + هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٦. کروماتوگرام استخراج ایتریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ در برش‌های مختلف کاغذ کروماتوگرافی به وسیله‌ی استخراج‌کننده‌ی HDEHP با فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار.

جدول ۳. مقادیر R_f ایتریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ در فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار

استخراج کننده	R_f	
	ایتریم	استرانسیم
HDEHP	۰٫۱۶	۱

٤. نتیجه‌گیری

چون طیف بتای ایتریم-۹۰ با از آن استرانسیم-۹۰ هم‌پوشانی شدیدی دارد، تجزیه‌ی مقادیر زیاد آن در کنار استرانسیم-۹۰ عملاً ناممکن است، برای نمونه‌های حقیقی، جداسازی این دو رادیونوکلید در قبل از اندازه‌گیری ضروری است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که می‌توان از کروماتوگرافی کاغذی استخراجی بهره گیرنده از استخراج‌کننده‌ی HDEHP، تحت شرایط معین، برای جداسازی ایتریم-۹۰ از استرانسیم-۹۰ که نیاز به دقت و سرعت بالایی دارد، استفاده کرد.

با توجه به نتایج، در شرایطی که از استخراج‌کننده‌ی سیانکس۲۷۲ استفاده شد، ایتریم تمایلی به تثبیت شدن بر روی کاغذ نداشت ولی زمانی که از استخراج‌کننده‌ی HDEHP در فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار استفاده شد، با تشکیل کمپلکس ایتریم- استخراج‌کننده، یون‌های ایتریم بر روی کاغذ تثبیت، و از حرکت آن‌ها به وسیله‌ی فاز متحرک جلوگیری شد.

بنابراین با توجه به تفاوت قابل توجه R_f برای یون‌های ایتریم و استرانسیم برای فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰٫۱ مولار، و استخراج‌کننده‌ی HDEHP، می‌توان نتیجه گرفت که در این شرایط، جداسازی یون‌های استرانسیم از یون‌های ایتریم امکان‌پذیر است.

پی‌نوشت‌ها

۱. (2-Ethylhexyl)-Phosphoric Acid Mono (2-Ethylhexyl) Ester

۲. Bis-(2-Ethylhexyl)-Phosphoric-Acid

۳. Retention Factor

مرجع‌ها

1. G. Barrio, J. A. Osso, Development of methodology for the preparation of ^{90}Sr-^{90}Y generators, International Nuclear Atlantic Conference-INAC 2007 Santos, SP, Brazil, September 30 to October 5 (2007).

2. British Pharmacopoeia, The Stationery Office, (2009) 7791.

3. M. L. Dietz, E. P. Horwitz, Improved chemistry for the production of yttrium-90 for medical applications, International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, Part A. Applied Radiation and Isotopes, 43 (1992) 1093-1101.

4. Usha Pandey, Prem S. Dhami, Poonam Jagesia, Meera Venkatesh, M. R. A. Pillai, Extraction Paper Chromatography Technique for the Radionuclidic Purity Evaluation of ^{90}Y for Clinical Use, Analytical Chemistry, 80 (2008) 801–807.

5. A. Korsak, T. Dziel, A. Muklanowicz, J. L. Parus, R. Mikoajczak, Determination of ^{90}Sr in the eluates of ^{90}YCl3 using the DGA Sr-Spec resins (extraction chromatography) and by paper chromatography, Report 34/OR/, in Polish (2009).

6. Avraham Reinhartz, Sara Alajem, Aline Samson, Max Herzberg, A novel rapid hybridization technique: paper chromatography hybridization assay (PACHA), Gene, 136 (1993) 221-226.

7. Haroldo Taurian Gasiglia and Helena Okada, Preparation of samarium-153-EDTMP and determination of its radiochemical purity using paper chromatography, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 199 (1995) 295-304.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Shigeru Sanada, Atsushi Ando, Itsuko Ando, Tatsunosuke Hiraki and Kinichi Hisada, A single-strip mini-paper chromatographic method for rapid purity-control of 99mTc-labeled radiopharmaceuticals, Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 12 (1986) 390-393.

9. C. A. Moraise, V. S. T. Ciminelli, Process development for the recovery of high-grade lanthanum by solvent extraction, J. Hydrometallurgy, 73 (2004) 237-244.

10. T. C. Tso and R. N. Jeffrey, Paper chromatography of alkaloids and their transformation products in Maryland tobacco, Archives of Biochemistry and Biophysics, 43 (1953) 269-285.

11. D. F. Peppard, G. W. Mason, W. J. Driscoll, R. J. Sironen, Acidic esters of orthophosphoric acid as selective extractants for metallic cations-tracer studies, J. Inorganic and Nuclear Chemistry, 7(3) (1958) 276-285.

12. Yoshiyuki Hirashima, Yasuhiro Yamamoto and Shigeru Takagi, Extraction of Lanthanides from Hydrochloric and Nitric Acid Solutions by Di(2-ethylhexyl) phosphoric acid, Bulletin of the Chemical Society of Japan, 51(10) (1978) 2890-2893.

13. Basudev Swain, Emmanuel O. Out, Competitive extraction of lanthanides by solvent extraction using Cyanex272: Analysis, classification and mechanism, J. Separation and Purification Technology, 83 (2011) 82-90.

14. A. R. Khanchi, A. Pourmatin, N. Akbari, M. H. Mojarabi, A. Abhari, Investigation of the adsorption behavior of Strontium(II) and Yttrium (III) on the Impregnated XAD-4 Resin with HDEHP in Acidic Media, J, of Nuclear Sci. and Tech, 62 (2013) 59-65.

15. Simon Cotton, Lanthanide and Actinide Chemistry, John Wiley & Sons Ltd, (2006) 41.

Archive of SID

www.SID.ir