



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

علیرضا خانچی*، ندا اکبری، اکرم پورمتین، محمدحسین مجری تبریزی، بهرام سلیمی

پژوهشکده‌ی چرخه‌ی سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، صندوق پستی: ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

چکیده: هدف این پژوهش توسعه‌ی روشی مطمئن برای اندازه‌گیری دقیق مقدار استرانسیم-۹۰ همراه شده با ایتیریم-۹۰ است. با توجه به این که ایتیریم-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 ایتیریم-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 ایتیریم-۹۰ به کار رود. در این پژوهش از دو استخراج‌کننده‌ی بیس (۲-اتیل هگزیل) فسفات (HDEHP) و سیانکس ۲۷۲ استفاده شد و توانایی هیدروکلریک و نیتریک اسید در جداسازی ایتیریم-۹۰ از استرانسیم-۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف بین مقادیر R_f دو رادیونوکلید استرانسیم-۹۰ و ایتیریم-۹۰ با استخراج‌کننده‌ی HDEHP و فاز متحرک شامل ۰.۹٪ و ۰.۱٪ نیتریک اسید ۰/۱ مولار بیش‌تر بود. تحت این شرایط کنترل رادیوشیمیایی ایتیریم-۹۰ دست‌یافتنی است.

کلیدواژه‌ها: ایتیریم-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

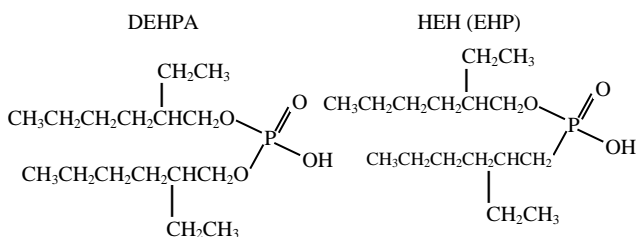
*email: akhanchi@aeoi.ac.ir

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



۱. مقدمه

اسید $\text{HEH(EHP)}^{(۱)}$ یا KSM-17 نسبت به ایتیریم-۹۰ از گزینش پذیری بالایی برخوردار است؛ از این رو ایتیریم-۹۰ همراه استخراج کننده بر روی کاغذ کروماتوگرافی بدون حرکت باقی می ماند در صورتی که استرانسیم-۹۰ به علت عدم تشکیل کمپلکس با استخراج کننده به همراه فاز متحرک بر روی کاغذ حرکت می کند. بررسی های اخیر نشان می دهد که در استفاده از این عامل کی لیت ساز در کروماتوگرافی کاغذی محدودیت هایی وجود دارد. یکی از این موارد، تشکیل کمپلکس ضعیف تر HEH(EHP) در مقایسه با رقیب های تجاری خود چون بیس (۲-اتیل هگزیل) فسفات $\text{HDEHP}^{(۲)}$ است. علت این رفتار را با نظریه ی اسید و باز سخت و نرم می توان توجیه نمود. به عبارت دیگر HDEHP به علت وجود دو اکسیژن در ساختارش بازی سخت تر از HEH(EHP) محسوب می شود (شکل ۱) و با ایتیریم که خود جزو اسیدهای سخت است کمپلکس قوی تر تشکیل می دهد. علاوه بر این در pH های پایین قدرت تشکیل کمپلکس HEH(EHP) با ایتیریم و لانتانیدها به شدت کاهش می یابد، به طوری که روند کاهش تشکیل کمپلکس از $\text{pH}=1$ شروع و هر چه به $\text{pH}=0$ نزدیک تر می شود، این روند شدت بیشتری می یابد [۹]. لذا کنترل دقیق pH در مرحله ی تثبیت ایتیریم-۹۰ بر روی لکه ی حاوی HEH(EHP) از الزامات روش محسوب می شود. اهمیت این موضوع وقتی آشکار می شود که در کار با نمونه های فعال، کنترل دقیق pH باعث مشکلات مضاعف می شود. عدم تنظیم دقیق pH باعث حرکت هم زمان ایتیریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ می شود و در نتیجه امکان جداسازی این دو رادیونوکلید فراهم نمی شود. لذا به نظر می رسد مطالعه ی بیشتری بر روی عوامل کمپلکس کننده ی دیگر با توانایی تشکیل کمپلکس قوی تر در بازه ی گسترده تری از pH مورد نیاز است.



شکل ۱. ساختار استخراج کننده های HEH(EHP) و HDEHP .

یکی از مهم ترین مسایل موجود در مولد $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ، کنترل کیفی محصول ایتیریم-۹۰ است. استرانسیم-۹۰ با نیم-عمر ۲۸ سال، یکی از محصول های فرایند شکافت اورانیم است. استرانسیم-۹۰ با نفوذ در سطح و مغز استخوان می تواند جای گزین کلسیم آن شود. حداکثر مقدار مجاز آن برای بدن 74kBq ($2\mu\text{Ci}$) است [۱، ۲]. از آن جا که استرانسیم-۹۰ و ایتیریم-۹۰ هر دو بتاگسیل خالص اند و طیف β^- آن ها با هم هم پوشانی می کند، روش هایی 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 روش های مهم در جداسازی عناصر و تعیین خلوص آن ها است. کروماتوگرافی استخراجی تلفیقی از روش استخراج با حلال و کروماتوگرافی کاغذی محسوب می شود. این روش کاربرد گسترده ای در صنایع داروسازی برای اندازه گیری های دقیق و تعیین خلوص دارد. علاوه بر این، در روش های کلینیکی و زیست شیمیایی نیز از این روش استفاده می شود. امتیازهای این روش، سرعت، دقت بالا و هزینه ی پایین است [۴، ۵]. در روش کروماتوگرافی کاغذی، مانند کروماتوگرافی لایه ی نازک، مواد بین دو فاز ساکن و فاز متحرک توزیع می شود. یونی که با عامل استخراج کننده کمپلکس تشکیل می دهد، در فاز ساکن باقی می ماند در حالی که یونی که کمپلکس تشکیل نمی دهد به همراه فاز متحرک حرکت می کند؛ در نتیجه دو یون به آسانی از یک دیگر جدا می شوند [۶، ۷، ۸].

یک روش متداول برای تعیین مقدار استرانسیم-۹۰ در نمونه های حاوی مخلوط ایتیریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰، سوسوزنی مایع است. برای این کار، نمونه به مدت طولانی در مکان معینی ثابت باقی می ماند تا طی آن ایتیریم-۹۰ به مقدار تعادلی اش با استرانسیم برسد. سپس مقدار استرانسیم-۹۰ در آن با استفاده از سوسوزنی اندازه گیری می شود. محدودیت این روش اتلاف قابل توجه زمان برای تجزیه ی نمونه است. در سال های اخیر برای برداشتن این محدودیت، از کروماتوگرافی کاغذی استخراجی استفاده شده است که در آن به نحو چشمگیری زمان تجزیه کاهش می یابد [۴]. استخراج کننده ی ۲-اتیل هگزیل ۲-اتیل هگزیل فسفونیک



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].

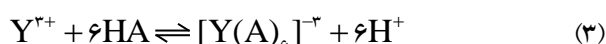
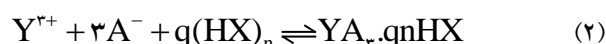
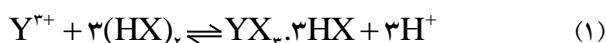
۳. نتایج و بحث

۱.۳. آزمایش‌های شبیه‌سازی

به منظور بررسی روش کروماتوگرافی کاغذی و تعیین R_f یون‌های استرانسیم و ایتريم، 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 ایتريم-۹۰ تهیه شد؛ به این محلول مقدار ۱۰ میکرولیتر محلول ردیاب استرانسیم-۸۵ و ایتريم-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 سالیین 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 ایتريم با تعداد زیادی از ترکیبات اورگانو فسفونیک اسید را می‌توان چنین در نظر گرفت [۱۱، ۱۲]



در مطالعه‌ی حاضر، از بیس (۲- اتیل هگزیل) فسفات (HDEHP) و Cyanex272 به عنوان استخراج‌کننده استفاده شد و اثر فاز متحرک حاوی مخلوط سالیین و نیتریک اسید و همچنین مخلوط سالیین 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) فسفونیک اسید و Cyanex272 همه با خلوص تجزیه‌ای بوده و از شرکت‌های مرک و آلدریچ خریداری شدند. همچنین از محلول حاوی ایتريم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به عنوان ریزردیاب و از استرانسیم-۹۰ و ایتريم-۹۰ با فعالیت پرتوزایی مناسب استفاده شد.

۲.۲. وسایل و دستگاه‌ها

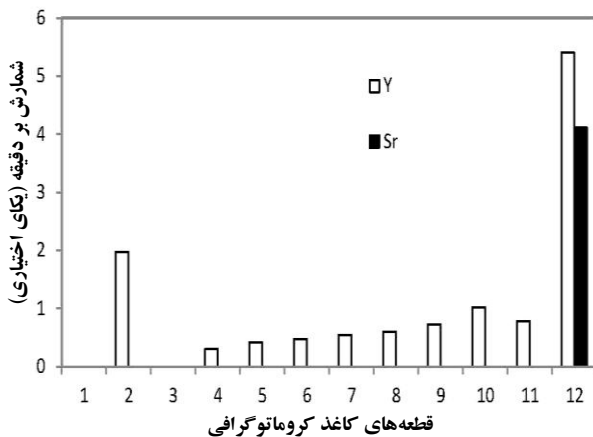
برای اندازه‌گیری فعالیت استرانسیم-۸۵ و ایتريم-۸۸ از طیف‌سنجی گاما بر پایه‌ی آشکارساز HPGe استفاده شد و به منظور اندازه‌گیری فعالیت نمونه‌های حاوی استرانسیم-۹۰ و ایتريم-۹۰ از طیف‌سنجی بتا بر پایه‌ی سوسوزن مایع مدل Quantulus 1220 ساخت شرکت والاک استفاده شد. کاغذ واتمن (۳MM) برای جداسازی، از شرکت آلدریچ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

۳.۲. روش کار

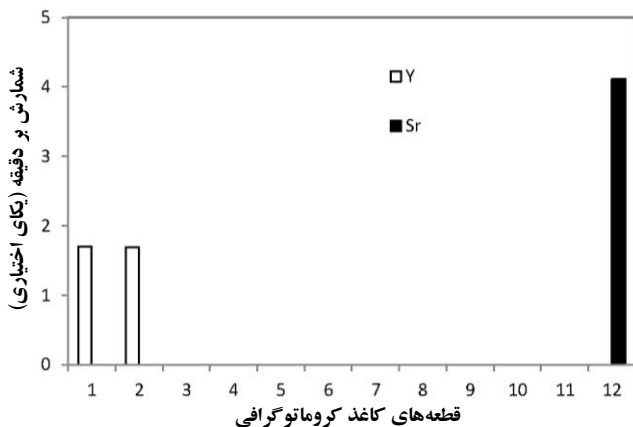
ابتدا بر روی بخش نخست یک کاغذ کروماتوگرافی که طول آن به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده بود، با استفاده از میکرو پی‌پت، ۲۰۰ میکرولیتر از استخراج‌کننده‌های HDEHP و Cyanex272 نشانده، و در مجاورت هوا خشک شد. سپس ۱ میکرولیتر از محلول نمونه در این ناحیه قرار داده شد و یک ساعت فرصت برای تشکیل کمپلکس ایتريم و استرانسیم در بستر کاغذ در نظر گرفته شد. بخش نخست کاغذ در درون محلول سالیین 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.



و در نتیجه جداسازی به خوبی انجام نمی‌شود. ولی در صورت استفاده از استخراج‌کننده‌ی HDEHP، کمپلکس ایتريم با استخراج‌کننده از حرکت آن به همراه فاز متحرک (سالین + نیتريك اسید ۰/۱ مول بر لیتر) جلوگیری می‌کند. این آزمایش با فاز متحرک حاوی سالین و نیتريك اسید ۰/۳ مولار برای هر دو استخراج‌کننده تکرار شد که در این محیط هر دو یون ایتريم و استرانسیم با فاز متحرک به سمت بالای کاغذ حرکت کردند. کروماتوگرام‌های مربوط به جداسازی استرانسیم-۸۵ از ایتريم-۸۸ در فاز متحرک حاوی سالین و نیتريك اسید ۰/۱ مولار برای هر دو استخراج‌کننده‌ی سیانکس ۲۷۲ و HDEHP در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است. مقادیر R_f برای هر دو استخراج‌کننده و فاز متحرک سالین + نیتريك اسید ۰/۱ مولار محاسبه و در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲. کروماتوگرام استخراج ایتريم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج‌کننده سیانکس ۲۷۲ با فاز متحرک سالین + نیتريك اسید ۰/۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).



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

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 ایتريم 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 ایتريم و HDEHP خواهد بود. از طرف دیگر بررسی‌های اخیر سازوکار تبادل یون برای تشکیل کمپلکس سیانکس ۲۷۲ 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 استخراج‌کننده KSM-17 به کار رفته بود، به تنهایی قادر به حرکت دادن ایتريم و حتی استرانسیم در $pH=7$ نیست [۴]. علت این امر به تشکیل کمپلکس قوی HDEHP با این دو یون برمی‌گردد [۱۴]. در ادامه‌ی آزمایش‌ها، از مخلوط سالین با نیتريك 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 ایتريم 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.

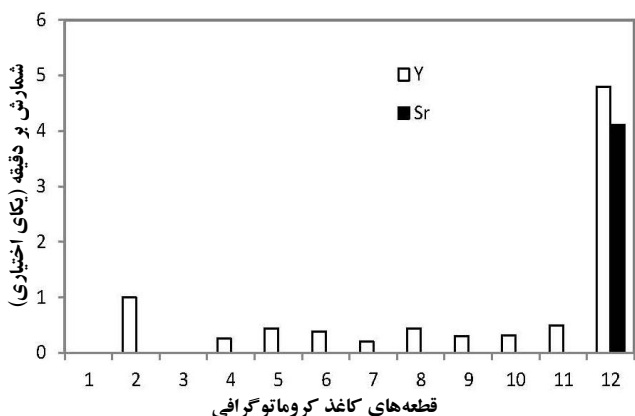
همان‌طور که از معادله‌های ۱، ۲ و ۳ می‌توان استنباط کرد، اسیدها در غلظت بالاتر از ۰/۱ مول بر لیتر می‌توانند نقش رقیب عوامل کمپلکس‌کننده را داشته باشند. مطالعات نشان می‌دهد که امکان تشکیل کمپلکس‌های پایدار بین ایتريم و آنیون‌هایی چون نیترات و کلرید با اعداد کوردیناسیون مختلف وجود دارد، ولی آن‌چه که بیش‌تر مطرح بوده، نقش غالب عدد کوردیناسیون $6- [Y(A)_6]^{3-}$ است، زیرا که این نوع کمپلکس‌ها در محیط‌های 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 ایتريم 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 سیانکس ۲۷۲ در فاز متحرک حاوی سالین و نیتريك اسید ۰/۱ مولار با ایتريم کمپلکس ضعیفی تشکیل می‌دهد و بخشی از یون‌های ایتريم به همراه یون‌های استرانسیم در بستر سلولزی کاغذ حرکت می‌کند

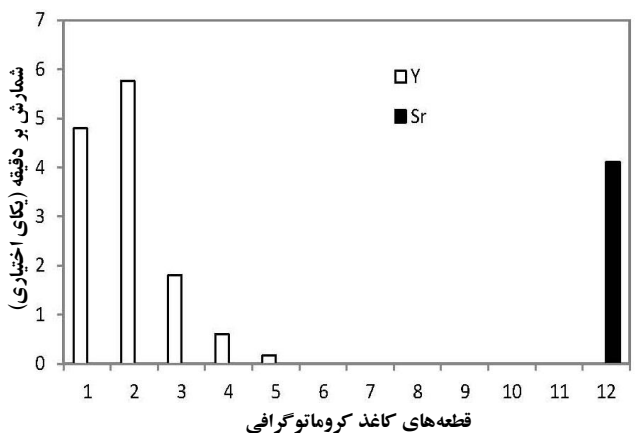
کمپلکس نداده بودند به همراه فاز متحرک روی بستر کاغذ حرکت کنند. سپس هر قسمت کاغذ به طور جداگانه به وسیله‌ی دستگاه طیف‌سنج بتا تجزیه شد. نمودار فعالیت استرانسیم-۹۰ و ایتیریم-۹۰ برحسب فاصله در شکل ۶ نشان داده شده است. مقادیر R_f برای ایتیریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ با فاز متحرک سالیین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار محاسبه و در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقادیر R_f ایتیریم-۸۵ و استرانسیم-۸۵ در فاز متحرک سالیین + هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار

R_f		استخراج کننده
ایتیریم	استرانسیم	
۰,۴۱	۱	HDEHP
۱	۱	Cyanex272



شکل ۴. کروماتوگرام کاغذی استخراج ایتیریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ به وسیله‌ی استخراج کننده سیانکس ۲۷۲ با فاز متحرک سالیین + هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار (نقطه‌ی مبدأ که همان لکه‌ی نشانده شده است نقطه‌ی شماره ۱ است).



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

جدول ۱. مقادیر R_f ایتیریم-۸۸ و استرانسیم-۸۵ برای فاز متحرک سالیین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار

R_f		استخراج کننده
ایتیریم	استرانسیم	
۰,۱۶	۱	HDEHP
۱	۱	Cyanex272

به منظور بررسی بیش‌تر شرایط جداسازی، مجدداً از هر دو استخراج کننده با فاز متحرک محلول سالیین ۰/۹٪ + هیدروکلریک اسید ۰/۱ و ۰/۳ مولار استفاده شد. توزیع استرانسیم-۸۵ و ایتیریم-۸۸ در کاغذ کروماتوگرافی با استفاده از فاز متحرک سالیین + هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار در شکل‌های ۴ و ۵ رسم شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد ایتیریم با استخراج کننده‌ی سیانکس ۲۷۲ کمپلکس ضعیفی تشکیل می‌دهد. در نتیجه، مقدار زیادی از یون‌های ایتیریم به همراه یون‌های استرانسیم حرکت می‌کند. در مورد استخراج کننده‌ی HDEHP تأثیر متقابل لیگاند با یون بیش‌تر از لیگاند سیانکس ۲۷۲ است. با وجود این، مقداری از ایتیریم به وسیله‌ی فاز متحرک مخلوط سالیین و هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار حرکت داده می‌شود. مقادیر R_f برای هر دو استخراج کننده با فاز متحرک سالیین + 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 ایتیریم-۸۸ (شکل ۳) می‌توان نتیجه گرفت که در فاز متحرک سالیین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار، ایتیریم عملاً در نقطه‌ی نشانده شده‌ی اولیه ثابت می‌ماند، به عبارت دیگر، به همراه فاز متحرک حرکت نمی‌کند. لذا استخراج کننده‌ی HDEHP نسبت به استخراج کننده‌ی سیانکس ۲۷۲ در فاز متحرک سالیین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار شرایط عملی بهتری را دارا است (مقایسه‌ی شکل‌های ۲ و ۳). بنابراین در ادامه‌ی کار برای نمونه‌ی حقیقی از استخراج کننده‌ی HDEHP استفاده شد. در این آزمایش نمونه‌ی حاوی یون‌های استرانسیم-۹۰ و ایتیریم-۹۰ بر روی کاغذ کروماتوگرافی قرار داده شد بعد از این که یون‌های ایتیریم-۹۰ با استخراج کننده کمپلکس تشکیل دادند، کاغذ کروماتوگرافی در درون محلول سالیین ۰/۹٪ حاوی نیتریک اسید ۰/۱ مولار قرار داده شد تا یون‌های استرانسیم-۹۰ که تشکیل

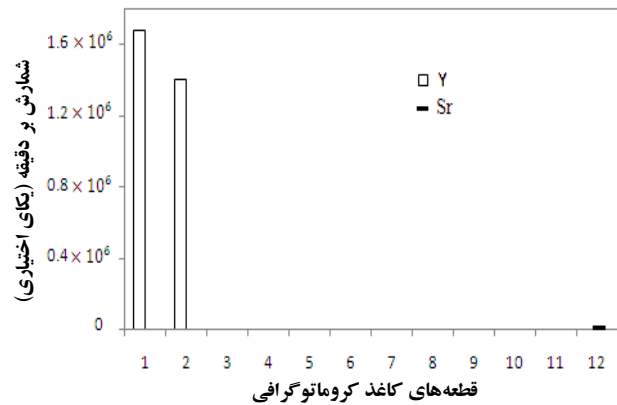


پی نوشت ها

1. (2-Ethylhexyl)-Phosphoric Acid Mono (2-Ethylhexyl) Ester
۲. Bis-(2-Ethylhexyl)-Phosphoric-Acid
۳. Retention Factor

مرجع ها

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. Dhama, 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 $^{90}\text{YCl}_3$ 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.



شکل ۶. کروماتوگرام استخراج ایتیریم-۹۰ و استرانسیم-۹۰ در برش های مختلف کاغذ کروماتوگرافی به وسیله استخراج کننده HDEHP با فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار.

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

R_f		استخراج کننده
استرانسیم	ایتیریم	
۱	۰/۱۶	HDEHP

۴. نتیجه گیری

چون طیف بتای ایتیریم-۹۰ با از آن استرانسیم-۹۰ هم پوشانی شدیدی دارد، تجزیه ی مقادیر زیاد آن در کنار استرانسیم-۹۰ عملاً ناممکن است، برای نمونه های حقیقی، جداسازی این دو رادیونوکلید در قبل از اندازه گیری ضروری است. نتایج آزمایش ها نشان داد که می توان از کروماتوگرافی کاغذی استخراجی بهره گیرنده از استخراج کننده HDEHP، تحت شرایط معین، برای جداسازی ایتیریم-۹۰ از استرانسیم-۹۰ که نیاز به دقت و سرعت بالایی دارد، استفاده کرد.

با توجه به نتایج، در شرایطی که از استخراج کننده سیانکس ۲۷۲ استفاده شد، ایتیریم تمایلی به تثبیت شدن بر روی کاغذ نداشت ولی زمانی که از استخراج کننده HDEHP در فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار استفاده شد، با تشکیل کمپلکس ایتیریم-استخراج کننده، یون های ایتیریم بر روی کاغذ تثبیت، و از حرکت آن ها به وسیله ی فاز متحرک جلوگیری شد.

بنابراین با توجه به تفاوت قابل توجه R_f برای یون های ایتیریم و استرانسیم برای فاز متحرک سالین + نیتریک اسید ۰/۱ مولار، و استخراج کننده HDEHP، می توان نتیجه گرفت که در این شرایط، جداسازی یون های استرانسیم از یون های ایتیریم امکان پذیر است.



8. Shigeru Sanada, Atsushi Ando, Itsuko Ando, Tatsunosuke Hiraki and Kinichi Hisada, A single-strip mini-paper chromatographic method for rapid purity-control of ^{99m}Tc -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.