

استحصال ^{175}Yb به صورت بدون حامل اضافه شده از پسماند حاصل از فرایند تولید

^{177}Lu به روش کروماتوگرافی استخراجی

سالک، نفیسه*^(۱) - شیروانی آرانی، سیمیندخت^(۱) - بهرامی سامانی، علی^(۱) - وثوقی، سارا^(۱) -
محرابی، محسن^(۲) - قنادی مراغه، محمد^(۱).

۱- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای

۲- دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک.

چکیده:

^{175}Yb با نیمه عمر ۴/۸ روز از پرتودهی نوترونی ایتربیم طبیعی با واکنش (پایدار) $^{175}\text{Lu} \rightarrow ^{175}\text{Yb} (n, \gamma)$ تولید می‌گردد. نوآوری جدید در این مطالعه، علاوه بر تولید ^{177}Lu به شکل بدون حامل اضافه شده با استفاده از روش کروماتوگرافی استخراجی، بهره‌گیری از ^{175}Yb است که معمولاً به عنوان پسماند دور ریخته می‌شود. ^{175}Yb جداشده در این بازه به علت عدم وجود ناخالصی‌های رادیونوکلییدی ^{177}Lu و ^{175}Yb دارای خلوص رادیونوکلییدی بسیار بالا می‌باشد و برای زمانی که به رادیونوکلیدهایی با نیمه عمر کوتاه احتیاج است، بسیار مناسب می‌باشد. با استفاده از ^{175}Yb تولید شده، می‌توان جهت نشاندارسازی انواع مولکول‌ها استفاده نمود.
کلمات کلیدی: ایتربیم-۱۷۵، کروماتوگرافی استخراجی، پسماند، نشاندارسازی.

مقدمه :

^{175}Yb با نیمه عمر ۴/۸ روز و انرژی بتای ماکزیمم ۴۸۰ keV (80%) و انرژی گامای ۱۱۳ keV (1/9%), ۳۹۶ keV (6/5%), ۳ keV (3/1%) یکی از رادیولانتانیدهاست [۱] که قابلیت آن به عنوان یک تسکین‌دهنده درد استخوان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است [۲-۵]. این رادیونوکلید از پرتودهی نوترونی ایتربیم طبیعی با واکنش (پایدار) $^{175}\text{Lu} \rightarrow ^{175}\text{Yb} (n, \gamma)$ تولید می‌گردد. تولید ناخالصی‌های رادیونوکلییدی مانند ^{177}Lu و ^{169}Yb در این روش اجتناب ناپذیر است. این امر زمانی اهمیت پیدا می‌نماید که رادیونوکلیدی با نیمه عمر کوتاه مورد نظر باشد. از آنجا که در فرآیند جداسازی کروماتوگرافی استخراجی [۶-۸]، رادیونوکلید ^{175}Yb در یک برشی جدا می‌گردد که مقادیر این ناخالصی بسیار اندک می‌باشد، هیچ ناخالصی رادیونوکلییدی در محصول بدست آمده وجود ندارد و با خلوص رادیونوکلییدی بالا می‌تواند برای آماده‌سازی رادیودارو استفاده گردد. لازم بذکر است که در صورت استفاده از هدف غنی شده مقادیر این ناخالصی رادیونوکلیدی به زیر آستانه‌ی آشکارسازی می‌رسد. رادیونوکلید ^{175}Yb به دست آمده در این روش علاوه بر خلوص رادیونوکلییدی بالا، به دلیل این‌که ماده مورد نیاز جهت پرتودهی، پرتودهی در راکتور و سایر فرآیندها را به

دنبال ندارد، بسیار مقرون به صرفه می‌باشد و برای اولین بار بررسی شده است و از نوآوری‌های اضافه شده به این روش می‌باشد.

روش کار :

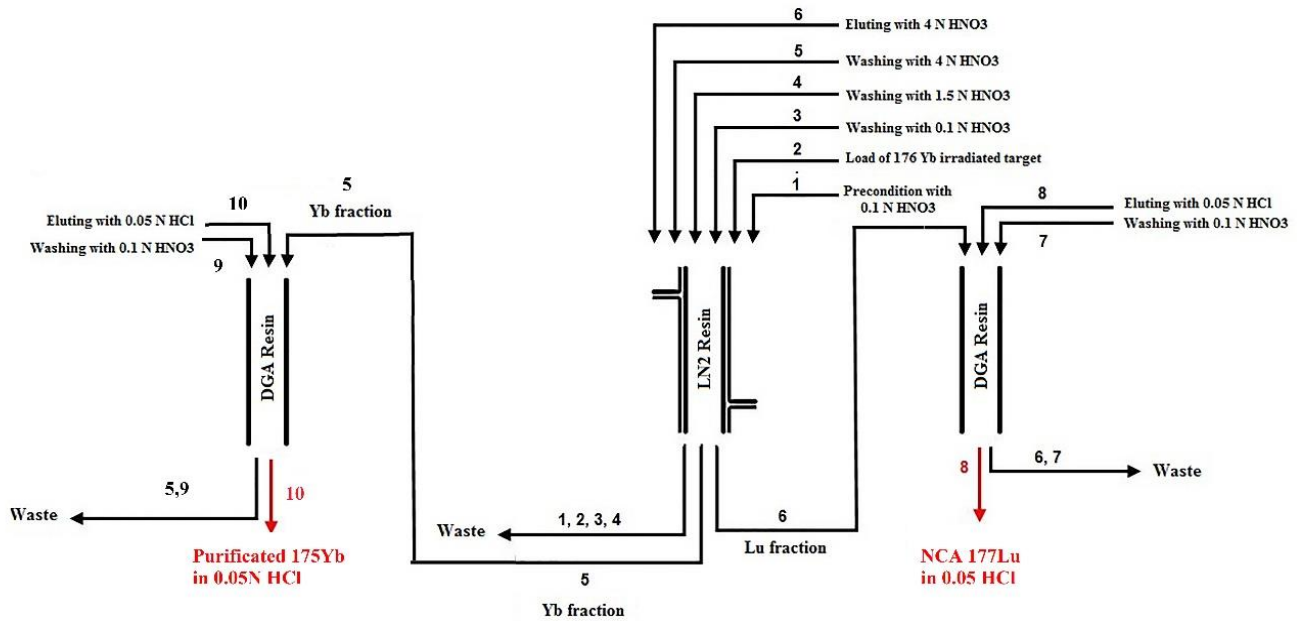
در جداسازی EXC، هدف پرتودهی شده در اسید نیتریک ۱/۰ نرمال (۱ میلی لیتر) حل شده است. این محلول شامل ^{175}Yb ، ^{169}Yb و ^{177}Lu می‌باشد که از ستون ۱ (رزین LN2-) عبور داده شده است. سپس ستون با ۳۰ میلی لیتر اسید نیتریک (۰/۱ نرمال) و ۳۰ سی سی اسید نیتریک (۱/۵ نرمال) برای جدا کردن ناخالصی‌های ایتربوم شستشو داده شده است. رادیونوکلید ^{175}Yb به عنوان یک ناخالصی اصلی با ۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک (۴ نرمال) شستشو داده شده است. ماده‌ی ^{177}Lu NCA با ۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک (۴ نرمال) شستشو داده شده است.

برای تنظیم میزان اسیدیته‌ی محلول و خالص‌سازی ^{177}Lu ، ابتدا از یون‌های فلزی و سپس از رزین DGA استفاده شده است. محلول جمع‌آوری شده در مرحله‌ی قبلی (^{177}Lu در ۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال) در ستون ۲ بارگذاری شده است (رزین DGA) و با ۳۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۰/۱ نرمال شستشو داده شده است.

جهت بهره‌برداری از ^{175}Yb به عنوان پسماند روش کروماتوگرافی استخراجی، طبق جداسازی ^{177}Lu عمل می‌کنیم تنها با این تفاوت که بازه ای که در آن ناخالصی ^{175}Yb وجود دارد و با اسید نیتریک ۴ مولار شویش می‌شود را برای تنظیم اسیدیته و به یک ستون DGA دیگری بارگذاری می‌گردد و با اسید هیدروکلریک ۰/۰۵ مولار شویش می‌شود. رادیونوکلید ^{175}Yb آماده شده دارای بالاترین خلوص رادیونوکلیدی و برخلاف روش تولید معمول آن (پرتودهی ایتربیم طبیعی) عاری از هرگونه ناخالصی رادیونوکلیدی است و تولید آن هم هزینه ای در بر نداشته است.

نتایج :

مراحل مختلف جداسازی در نمودار شکل (۱) و بهره‌ی دوشیدن هر رادیونوکلید در مراحل جداسازی بر روی ستون‌های در جدول (۱) ارائه شده است. البته لازم بذکر است که تولید ^{175}Yb تنها یک مرحله تنظیم اسیدیته اضافه تر از جداسازی برای ^{177}Lu دارد. طیف اشعه‌ی گاما ی مربوط به نمونه پرتودهی شده در شکل (۲) آورده شده است.



شکل (۱) مراحل مختلف جداسازی ^{175}Yb .

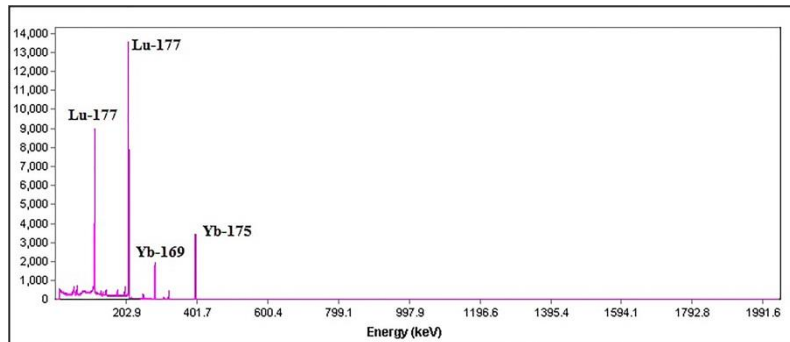
جدول (۱) بهره‌ی دوشیدن هر رادیونوکلید در مراحل بازیافت رادیونوکلید ^{175}Yb .

بارگذاری و شویس ۱۹/۳۵ میلی کوری لوتسیموم-۱۷۷ و ۹/۳۶ میلی کوری ایتربیوم-۱۷۵ روی ستون حاوی رزین LN2

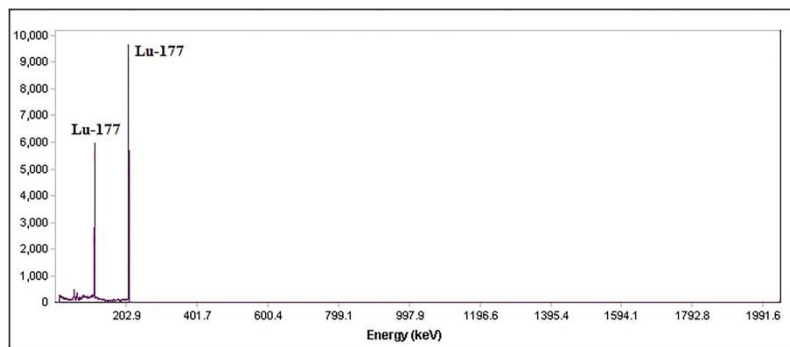
LN رزین				فرایند جداسازی
بازده دوشیدن (%)		اکتیویته‌ی دوشیده شده (mCi)		
^{175}Yb	^{177}Lu	^{175}Yb	^{177}Lu	
-	-	N.D	N.D*	شستشو با ۰/۱ HNO ₃ نرمال
0/04 3	-	4/07 × 10 ⁻³	N.D	شستشو با 1/5 HNO ₃ نرمال
94	0/03 2	8/79	6/32 × 10 ⁻³	دوشیدن با HNO ₃ ۴ نرمال (۵۰ میلی لیتر اول)
-	۸۶	N.D	۱۶/۸۳	شستشو با HNO ₃ ۴ نرمال (۵۰ میلی لیتر دوم)
-	۸۲	N.D	۱۵/۸۶	شستشو با ۰/۰۵ HCl نرمال برای بدست آوردن ^{177}Lu
85	-	7/48	N.D	شستشو با ۰/۰۵ HCl نرمال برای بازیافت ^{177}Lu

*N.D: مقدار قابل آشکارسازی نبوده است.

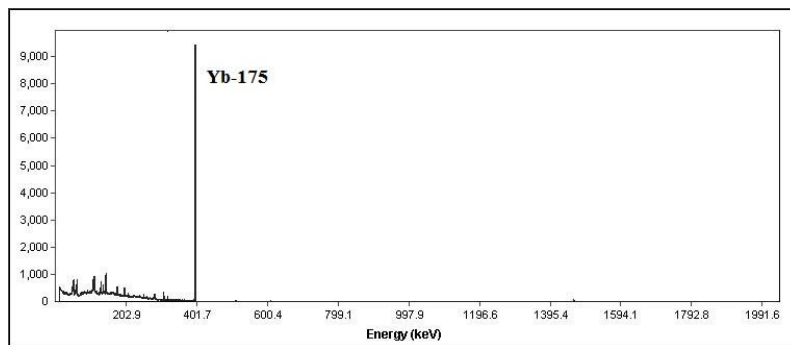
(الف)



(ب)



(ج)



شکل (۲) طیف اشعه‌ی گامای نمونه‌ی الف) نمونه پرتوده‌ی شده ب) بازه ^{177}Lu جدا شده ج) بازه ^{175}Yb .

بحث و نتیجه گیری :

در این روش از ^{175}Yb که به عنوان ناخالصی رادیونوکلیدی پسماند می‌گردد، جهت نشاندارسازی استفاده گردیده است. رادیونوکلید ^{175}Yb تولید شده، علاوه بر این که صرفه اقتصادی دارد و نیازی به پرتوده‌ی ایتربیموم جهت دستیابی به این رادیونوکلید (روش معمول تولید ^{175}Yb) را ندارد بلکه دارای خلوص رادیونوکلیدی بالا می‌باشد.

مراجع :

- [1]. Chakraborty S, Unni PR, Venkatesh M, Pillai MR. Feasibility study for production of ^{175}Yb : a promising therapeutic radionuclide. *Applied radiation and isotopes*. 2002 Sep 30;57(3):295-301.
- [2]. Fakhari A, Jalilian AR, Yousefnia H, Shanehsazzadeh S, Samani AB, Daha FJ, Ardestani MS, Khalaj A. Preparation, Biological Evaluation and Dosimetry Studies of ^{175}Yb -Bis-Phosphonates for Palliative Treatment of Bone Pain. *Molecular Imaging and Radionuclide Therapy*. 2015 Oct;24(3):110.
- [3]. Mathew B, Chakraborty S, Das T, Sarma HD, Banerjee S, Samuel G, Venkatesh M, Pillai MR. ^{175}Yb labeled polyaminophosphonates as potential agents for bone pain palliation. *Applied radiation and isotopes*. 2004 May 31;60(5):635-42.
- [4]. Banerjee S, Chakraborty S, Das T, Kothari K, Mathew B, Samuel G, Sarma HR, Chaudhary PR, Unnikrishnan TP, Venkatesh M, Pillai MR. ^{177}Lu -DOTMP, ^{153}Sm -DOTMP, ^{175}Yb -EDTMP and ^{186}Re -CTMP: Novel agents for bone pain palliation and their comparison with ^{153}Sm -EDTMP DOTMP, ^{175}Yb -EDTMP. *World Journal of Nuclear Medicine*. 2004;3(suppl. 1):S38.
- [5]. Safarzadeh L, Ghannadi-Maragheh M, Anvari A, Aghamiri SM, Shirvani-Arani S, Bahrami-Samani A. Production, radiolabeling and biodistribution studies of ^{175}Yb -DOTMP as bone pain palliation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2012 Apr 4;8(2):135-41.
- [6]. Knapp Jr F.F., Ambrose K.R., Beets A.L., Lambert C.R., McPherson D.W., Mirzadeh S., Luo H., Nuclear medicine program progress report for quarter ending. ORNL/TM-13107(1995).
- [7]. Knapp Jr F.F., Mirzadeh S., Beets A.L., Du M., Production of therapeutic radioisotopes in the ORNL High Flux Isotope Reactor (HFIR) for applications in nuclear medicine, oncology and interventional cardiology. *J Radioanal Nucl Chem*, 263:503–509 (2005).
- [8]. Horwitz E.P., McAlister D.R., Bond A.H., Barrans R.E., Williamson J.M., A process for the separation of ^{177}Lu from neutron irradiated ^{176}Yb targets. *Appl Aadiat Isotopes*, 63:23–36 (2005).