

## ODREĐIVANJE STRONCIJA-90 U MLIJEKU EKSTRAKCIJOM ITRIJA-90 TRIBUTILFOSFATOM

M. PICER

*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske akademije  
znanosti i umjetnosti, Zagreb*

*(Primljeno 11. X 1968)*

Opisana je vrlo jednostavna i relativno kratka metoda određivanja stroncija-90 u mlijeku metodom ekstrakcije itrija-90 tributilfosfatom iz slabo dušično kisele otopine pepela mlijeka u koji se doda CaO gotovo do zasićenja. Prikazani su efekti zajedničke ekstrakcije i sutaloženja kalcija i željeza na talogu itrijeva hidroksida. Proučavan je i utjecaj koncentracije fosfata na ekstrakciju itrija tributilfosfatom.

Određeni su dekontaminacioni faktori za  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{85}\text{Sr}$  te moguće smetnje  $^{91}\text{Y}$  i njegovog uklanjanja pri mjerenju radioaktivnosti  $^{90}\text{Y}$ . Dati su rezultati analize umjetno i prirodno kontaminiranih uzoraka mlijeka sa  $^{90}\text{Sr}$ .

U literaturi objavljen je već čitav niz metoda za određivanje niskih koncentracija stroncija-90 u raznim materijalima biosfere pa i u mlijeku. U osnovi sve te metode sastoje se u koncentriranju i odvajanju stroncija od interferirajućih radioaktivnih i neaktivnih materijala te konačnom odvajanju i brojanju itrija-90 nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između stroncija-90 i itrija-90. Ove metode određivanja stroncija-90 baziraju se na razlici topljivosti soli stroncija i kalcija (1, 2, 3) i odvajanju stroncija i kalcija ionskom izmjenom (4, 5, 6). Ekstrakcione metode osnivaju se na direktnoj ekstrakciji uravnoteženog itrija-90 pomoću tekućih ionskih izmjenjivača (7, 8) ili tributilfosfatom iz dušično kiselih otopina biološkog materijala (9, 10, 11).

U našem laboratoriju, kao i u većini ostalih centara za praćenje radioaktivnosti biosfere u našoj zemlji, stroncij-90 određuje se u raznim materijalima biosfere nešto modificiranom metodom po *Bryantu* (12). Metoda se osniva na razlici topljivosti stroncijeva i kalcijeva nitrata u dimećoj dušičnoj kiselini, i kod postupka odvajanja stroncija od kalcija i drugih interferirajućih materijala zahtijeva komplicirane i dugotrajne manipulacije s veoma opasnom dimećom dušičnom kiselinom. Radi toga

pristupilo se razradi daleko jednostavnije i brže metode određivanja stroncija-90, i to specijalno u mlijeku, direktnom ekstrakcijom itrija-90. Radi jednostavnije nabavke i niže cijene te prema literaturnim podacima efikasnijeg odvajanja lantana-140 i itrija-90, odlučeno je da se kao ekstrakcioni materijal upotrijebi tributilfosfat (TBF). Loše strane do sada objavljenih metoda ekstrakcije itrija-90 iz mlijeka sastoje se u relativno malim dekontaminacijskim faktorima osobito za Y-91, Zr-95, Nb-95, Ce-144 dok za Ru-106 dekontaminacioni faktori nisu niti objavljeni (9, 10, 11).

#### MATERIJALI I METODE

*Čišćenje tributilfosfata.* Komercijalni TBF (BDH-Engleska) predestiliran je kod 186°C i 20 mm Hg i zatim opran dva puta jednakim volumenom 2%-tne vodene otopine Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Nakon toga opere se tri puta jednakim volumenom deionizirane vode zagrijane na 70°C (10).

*Priprema uravnoteženog tributilfosfata.* Očišćeni TBF potresa se jednakim volumenom 4N dušične kiseline zasićene s Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> u 4N HNO<sub>3</sub> koji služi za povremeno uravnoteženje TBF neposredno prije ekstrakcije (10).

*Regeneracija upotrijebljenog TBF.* Nakon završene reekstrakcije itrija-90 iz TBF isti reagens može se ponovno upotrijebiti nakon regeneracije. TBF se stavi u lijevak za odjeljivanje i dva puta opere toplom vodom a zatim dva puta s 2%-tnom Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Nakon toga ponovno se pere deioniziranom vodom dok voda nije potpuno bistra (10). Tokom rada na regeneraciji opaženo je da se prva i druga faza odvija bez poteškoća, dok je ponovno pranje vodom veoma dugo zbog sporog odvajanja slojeva a i gubici TBF iznosili su i preko 50%. Centrifugiranjem smjese TBF i vode na 3000 o/min. pranje je mnogo brže a gubici su manji (oko 20%).

Otopina za pranje TBF dobije se otapanjem 190 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> u 20 ml konc. HNO<sub>3</sub>.

Itrijev nosač (10 mg/ml) pripremljen je otapanjem Y(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O u 0,1N HNO<sub>3</sub> i standardiziran taloženjem itrijeva oksalata i žarenjem preveden na Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Radionuklidi: <sup>90</sup>Sr, <sup>144</sup>Ce, <sup>95</sup>Zr, <sup>106</sup>Ru, <sup>137</sup>Cs i <sup>47</sup>Ca u obliku bez nosača nabavljeni su iz Amershama (Engleska). <sup>55</sup>Fe + <sup>59</sup>Fe približne specifične aktivnosti 6 mCi <sup>55</sup>Fe/gFe + 2 mCi <sup>59</sup>Fe/gFe, dobiveni su ozračivanjem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> u nuklearnom reaktoru u Vinči 3 tjedna u snopu 10<sup>13</sup>n/cm<sup>2</sup>/sek. Itrij-90 dobivao se ekstrakcijom smjese <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y tributilfosfatom te reekstrakcijom toplom deioniziranom vodom.

Umjetni uzorak pepela mlijeka priređen je od smjese Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (75%) + KNO<sub>3</sub> (25%).

1% otopina 8-hidroksikinolina u metanolu dobivena je otapanjem 1g 8-hidroksikinolina u 80 ml metanola. Profiltrirana otopina nadopuni se na 100 ml metanolom (13).

### *Postupak ekstrakcije itrija-90 iz mlijeka*

Pepeo mlijeka otopi se u konc.  $\text{HNO}_3$ , profiltrira i ispere s nekoliko ml  $\text{HNO}_3$  i zatim se doda stanovita količina  $\text{CaO}$ . Otopina se ohladi i ekstrahira s jednakim volumenom uravnoteženog tributilfosfata. Nakon odvajanja TBF se opere dva puta jednakom količinom zasićene otopine  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  u konc.  $\text{HNO}_3$  i zatim se itrij reekstrahira jednakim volumenom vode zagrijane na 60–70°C. U pokusima s umjetno kontaminiranim uzorcima distribicioni koeficijenti  $^{90}\text{Y}$  određeni su direktnim mjerenjem radioaktivnosti organske i anorganske faze GM brojačem za tekućine. Radi praćenja odvajanja  $^{90}\text{Y}$  od dodanih radionuklida u uzorak mlijeka, pri ekstrakciji, pranju i reekstrakciji mjereni su gama-spektri pojedinih frakcija scintilacionim brojačem s kristalom  $\text{NaJ}(\text{Tl})\ 3\times 3''$  spojenim s 256 kanalnim amplitudnim analizatorom.

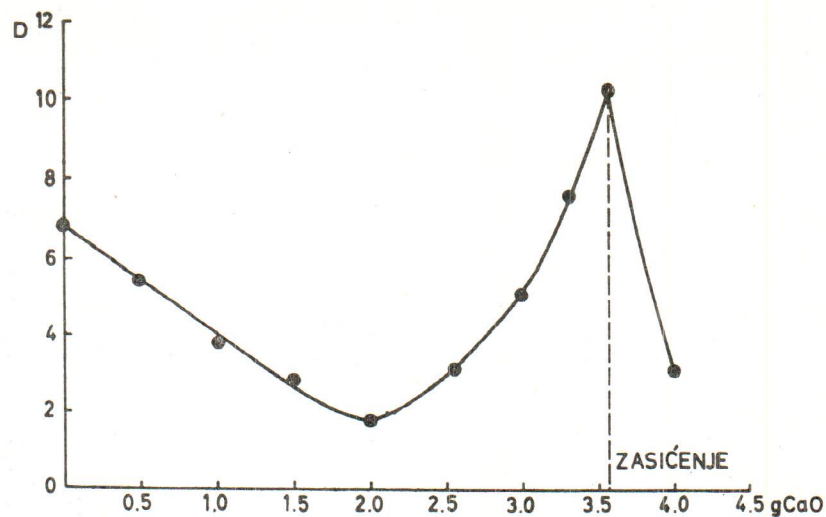
Radi određivanja iskorištenja itrijeva nosača u nekim pokusima itrij je taložen u obliku itrijeva oksinata (13) a u konačnom postupku taložen je u obliku hidroksida, i zatim je pretvaran u oksalat. Nakon mjerenja radioaktivnosti  $^{90}\text{Y}$ , prinos nosača itrija određen je žarenjem oksalata u oksid na uobičajeni način (12).

## REZULTATI I DISKUSIJA

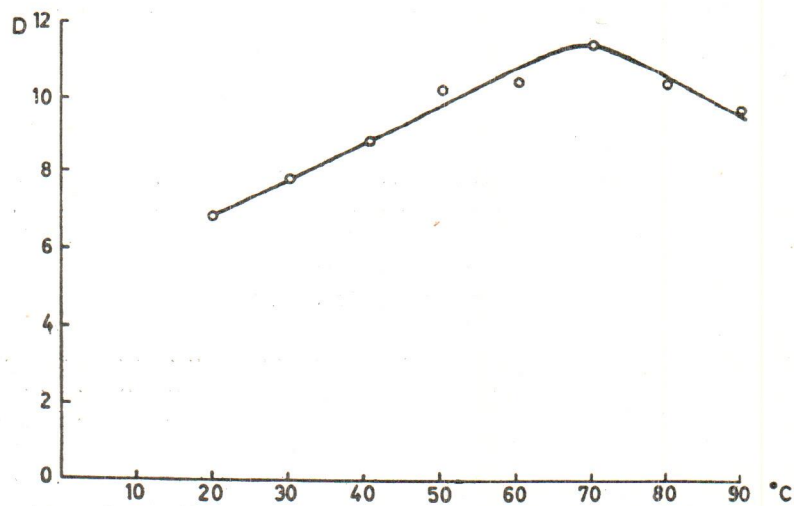
Distribicioni koeficijent podjele itrija između vodene i organske faze dobiven je mjerenjem radioaktivnosti itrija-90 u vodenoj i TBF fazi.

$$\text{Distribicioni koeficijent} = \frac{\text{aktivnost itrija-90 u TBF}}{\text{aktivnost itrija-90 u vodi}}$$

gdje su volumeni organske i vodene faze jednaki. Radi ispitivanja utjecaja koncentracije  $\text{Ca}^{++}$  iona i koncentracije  $\text{HNO}_3$  na distribicioni koeficijent itrija, upotrijebljen je već prije opisan umjetni uzorak pepela mlijeka. 1,5 g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 0,5$  g  $\text{KNO}_3$  otopi se u 10 ml konc.  $\text{HNO}_3$  i doda se 1 ml itrijeva nosača (10 mg/ml), 1 ml itrija-90 i 3 ml vode i razne količine  $\text{CaO}$  označene na apscisi slike 1a. Itrij se ekstrahira s 15 ml uravnoteženog TBF. Ovisnost distribucionog koeficijenta itrija o dodatku  $\text{CaO}$  (tj. koncentraciji  $\text{Ca}^{++}$  iona) prikazana je na slici 1a. Iz slike se vidi da pri dodatku 1,9–2,1 g  $\text{CaO}$  (5,9–6,1 N  $\text{Ca}^{++}$ ) dolazi do pada ekstrakcije itrija s TBF a zatim ekstrakcija raste i postigne maksimalnu vrijednost pri dodatku 3,6 g  $\text{CaO}$  (10,3 N  $\text{Ca}^{++}$ ). Poslije zasićenja otopine s  $\text{CaO}$  dolazi do naglog pada ekstrakcije itrija.



Sl. 1a. Ovisnost distribucionog koeficijenta itrija o količini dodanog CaO u otopinu umjetnog pepela mlijeka



Sl. 1b. Ovisnost distribucionog koeficijenta itrija o temperaturi vode kod reekstrakcije iz tributilfosfata

U radovima *Uelteni* i *Goldina* (9) te *Mercera* i *Burtona* (11) za ekstrakciju itrija-90 primjenjuje se vrlo jaka dušično kisela otopina (14N–16 N HNO<sub>3</sub>). U radu *M. M. Golutvine* i sur. (10) za ekstrakciju se upotrebljava manje dušično kisela sredina ali je povećana koncentracija

$\text{Ca}^{++}$  iona na 6,6–6,7 N dodavanjem  $\text{CaO}$  u otopinu pepela mlijeka. U ovim istraživanjima daljnja ispitivanja distribucionih koeficijenata itrija i dekontaminacionih faktora itrija prema drugim aktivnim i neaktivnim komponentama mlijeka rađena su u području male koncentracije dušične kiseline a u gotovo zasićenoj otopini pepela mlijeka s  $\text{CaO}$ .

Na slici 1b prikazana je ovisnost reekstrakcije itrija iz TBF deioniziranom vodom pri raznim temperaturama vode.

*Velten* i *Goldin* u svome radu (9) upozoravaju na nepovoljan utjecaj koncentracije fosfata na efikasnost ekstrakcije itrija iz 14 N  $\text{HNO}_3$  otopine. Radi toga izvršeno je više ispitivanja efikasnosti ekstrakcije  $^{90}\text{Y}$  iz otopina pepela mlijeka dobivenim otapanjem raznih količina pepela mlijeka u raznim volumenima dušične kiseline, kao što je opisano u tablici 1. Ovim ispitivanjima željeli smo pronaći najpogodnije uvjete ekstrakcije itrija iz što manjeg volumena otopine uzorka. Naime, smanjenjem volumena otopine uzorka može se postići velika ušteda u kemikalijama a i povećati brzina rada, što je od osobitog značenja u rutinskim analizama kojima je ova metoda i namijenjena.

Neki karakteristični rezultati ovih ispitivanja dati su u tablici 1.

Tablica 1.

*Utjecaj koncentracije pepela na distribicioni koeficijent itrija*

Priprema uzoraka	ml uzorka	D
2 g pepela + 10 ml conc. $\text{HNO}_3$ + 1 ml $\text{Y}^{90}$ + 1 ml Y nosača + 2,3 g $\text{CaO}$	12 ml	4,2
2 g pepela + 10 ml conc. $\text{HNO}_3$ + 1 ml $\text{Y}^{90}$ + 1 ml Y nosača – upareno na 5 ml i dodano 0,8 g $\text{CaO}$	5 ml	2,9
4 g pepela + 10 ml conc. $\text{HNO}_3$ + 1 ml $\text{Y}^{90}$ + 1 ml Y nosača + 1,2 g $\text{CaO}$	12 ml	3,2

Iz tablice 1. vidi se da se povećanjem koncentracije fosfata smanjuje ekstrakcija itrija ali je za ovakve metode gdje nije potrebna kvantitativna ekstrakcija još uvijek dovoljna.

*Ispitivanje utjecaja ekstrahiranog i koprecipitiranog  $\text{Ca}^{++}$  i  $\text{Fe}^{++}$  na mjerenje iskorištenja ekstrakcije itrijeva nosača*

Iako je ekstrakcija  $\text{Ca}$  tributilfosfatom veoma mala, ekstrahirani kalcij može veoma mnogo utjecati na mjerenje iskorištenja nosača itrija. Ispitivanje količine ekstrahiranog i koprecipitiranog  $\text{Ca}$  na talogu itrijeva oksida izvedena su uz pomoć dodavanja  $^{47}\text{Ca}$  u pepeo mlijeka. Aktiv-

nost  $^{47}\text{Ca}$  mjerena je prije dodavanja u uzorak i nakon završenog odvajanja itrijeva nosača taloženog u obliku oksinata (13) ili hidroksida i zatim oksalata.

U pepelu mlijeka nalaze se i znatne količine željeza (10) te je bilo potrebno ispitati i njegovu prisutnost u talogu itrija. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tablici 2.

Tablica 2.

*Dekontaminacioni faktori Ca i Fe s obzirom na početnu količinu elemenata u uzorku te u talogu itrijevog oksinata i oksalata*

Radionuklid	Oblik taloga	D. F.
$\text{Ca}^{47}$	Y oksinat	$1 \cdot 10^3$
$\text{Ca}^{47}$	Y oksalat	$> 3 \cdot 10^4$
$\text{Fe}^{55} + \text{Fe}^{59}$	Y oksinat i oksalat	$2 \cdot 10^2$
$\text{Fe}^{55} + \text{Fe}^{59}$	Y oksalat (dvostruka ekstrakcija)	$> 3 \cdot 10^4$

$$\text{D. F.} = \frac{\text{aktivnost radionuklida dodanog u uzorku}}{\text{aktivnost radionuklida u talogu itrija}}$$

Iz ovih rezultata vidi se da nije dovoljno odvajanje Ca i Y samo ekstrakcijom već je potrebno odvajanje i taloženjem  $\text{Y}(\text{OH})_3$ , a zatim taloženje itrijeva oksalata. Ukoliko pretpostavimo da je dekontaminacioni faktor  $^{47}\text{Ca}$   $3 \times 10^4$  a željeza  $2 \times 10^2$  pri uvjetima analize stroncija-90 u prirodnom mlijeku (postupak će kasnije biti detaljno opisan) ukupna pogreška zbog koprecipitacije Ca i Fe na talog itrija ne iznosi više od 3%. Radi usporedbe napominjemo da metodom po *Bryantu* (12) kod određivanja  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku, ukoliko se ne određuje neaktivni Sr u uzorku prije dodavanja Sr nosača, (što je u većini rutinskih analiza), zbog varijacija nivoa prirodnog Sr u mlijeku čini se također stanovita pogreška koja pri analizi 10 g pepela mlijeka može iznositi i do 6% (14).

#### *Odvajanje $^{90}\text{Y}$ od nekih eventualno prisutnih fisionih produkata u mlijeku*

Poznato je da se praktički u mlijeku uz  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  te  $^{90}\text{Y}$  od drugih fisionih produkata nalazi  $^{131}\text{J}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  te  $^{140}\text{Ba}$  i  $^{140}\text{La}$ . Međutim, ukoliko su krave hranjene travom koja je kontaminirana svježim radioaktivnim padavinama u mlijeku se mogu pojaviti iako u manjim količinama i

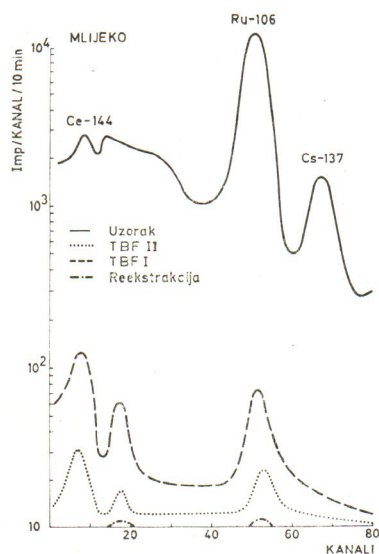
neki drugi fisioni radionuklidi. Radi toga vršena su ispitivanja dekontaminacionih faktora raznih fisionih produkata dobivenih mjerenjem njihove radioaktivnosti prije dodavanja u uzorak mlijeka i nakon postupka odvajanja itrija. U tablici 3. navedeni su dekontaminacioni faktori za ispitivane fisione produkte. Dekontaminacioni faktori izračunati su na isti način kao i u slučaju željeza i kalcija.

TBF I je spektar frakcije tributilfosfata nakon ekstrakcije itrija iz uzorka a TBF II je spektar tog istog tributilfosfata nakon pranja sa zasićenom otopinom  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  u konc.  $\text{HNO}_3$ . Četvrta krivulja je gama spektar vodene faze u kojoj je reekstrahiran  $^{90}\text{Y}$ .

Tablica 3.  
Dekontaminacioni faktori

Radionuklid	D. F.
$\text{Zr}^{95} + \text{Nb}^{95}$	$10^2$
$\text{Ru}^{106} + \text{Rh}^{106}$	$10^2$
$\text{Ce}^{144} + \text{Pr}^{144}$	80
$\text{La}^{140}$	$10^3$
$\text{Cs}^{137}$	$>10^4$
$\text{Sr}^{85}$	$>10^4$

Radi ilustracije čišćenja itrija od  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$  i  $^{106}\text{Ru}$  prilikom postupka ekstrakcije, pranja organske faze i reekstrakcije  $^{90}\text{Y}$  iz vodene faze, na slici 2. prikazani su gama spektri pojedinih frakcija.



Sl. 2. Gama spektri umjetno kontaminiranog uzorka mlijeka i pojedinih frakcija dobivenih pri odvajanju itrija tributilfosfatom

Iz veličina dekontaminacionih faktora iznesenih u prijašnjoj tablici može se zaključiti da spomenuti fisioni produkti ne smetaju pri određivanju stroncija-90 ekstrakcijom tributilfosfatom. U slučaju taloženja fisionih produkata kratko vrijeme nakon kontaminacije, u mlijeku se može pojaviti izvjesna količina  $^{91}\text{Y}$ . U ovom slučaju može se primijeniti nešto modificirana metoda ekstrakcije i određivanja  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku. U tom postupku uzorci se najprije ekstrahiraju pri uvjetima vrlo efikasne ekstrakcije itrija, tj. iz 14N – 16N  $\text{HNO}_3$  otopina pri čemu se ekstrahira  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{91}\text{Y}$ , radionuklidi cirkonija, niobija, rutenija, cera i ostalih rijetkih zemalja. Zatim se pričekava do ponovnog uspostavljanja radioaktivne ravnoteže  $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$ , i postupa se dalje kao što je već opisano. Tim postupkom eliminira se  $^{91}\text{Y}$  a dekontaminacioni faktori ostalih fisionih produkata postanu još veći. Ovaj postupak dvostruke ekstrakcije u daljnjem radu primijenit će se za određivanje  $^{90}\text{Sr}$  u ostalim materijalima biosfere. Naime, povećanje dekontaminacionih faktora kod drugih uzoraka biosfere (kišnica, biljni materijali i slično) gdje nema obogaćenja  $^{90}\text{Sr}$  prema ostalim fisionim produktima kao u slučaju s mlijekom, od primarnog je značenja.

Na temelju opisanih istraživanja razrađen je postupak za određivanje stroncija-90 u pepelu mlijeka:

U 10 g pepela mlijeka doda se 20 mg itrijeva nosača, dobro izmiješa i otopi grijanjem u 30 ml konc.  $\text{HNO}_3$ . Nakon toga otopina se profiltrira i u filtrat se doda 4,0 g  $\text{CaO}$  i grije dok se sav  $\text{CaO}$  ne otopi. Ukoliko se sav  $\text{CaO}$  ne otopi dodaje se konc.  $\text{HNO}_3$  do potpunog otapanja taloga. Otopina ohlađena na sobnu temperaturu ekstrahira se dva puta s 20 ml uravnoteženog TBF. Tributilfosfatne frakcije se spoje i peru dva puta sa 40 ml zasićene otopine  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  u konc.  $\text{HNO}_3$ . Iz ispranog tributilfosfata itrij se reekstrahira dva puta sa 40 ml deionizirane vode zagrijane na 50–70°C. Reekstrahirani itrij taloži se u obliku  $\text{Y}(\text{OH})_3$ , centrifugira i opere s 1% otopinom  $\text{NH}_4\text{Cl}$  u vodi. Zatim se talog otopi u nekoliko kapi 6N  $\text{HNO}_3$ , doda 2 ml deionizirane vode i ponovo taloži s 8%-tnom otopinom oksalne kiseline u vodi. Talog oksalata suši se i određuje radioaktivnost a iskorištenje se dobije žarenjem oksalata u itrijev oksid.

Na tablici 4. prikazani su rezultati analize  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku koje je umjetno kontaminirano sa  $^{90}\text{Sr}$  i mlijeka kontaminiranog radioaktivnim padavinama. Radi usporedbe rezultata analize uz rezultate  $^{90}\text{Sr}$  dobivene ekstrakcijom tributilfosfatom, dati su rezultati analize istih uzoraka mlijeka dobiveni *Brayntovom* metodom. Ujedno su prikazana iskorištenja separacije itrijeva nosača TBF metodom.



Tablica 4

Analiza  $^{90}\text{Sr}$  umjetno i prirodno kontaminiranih uzoraka mlijeka

Količina pepela mlijeka	Dodano $^{90}\text{Sr}$ (pCi/gCa)	Broj uzoraka	Nađeno $^{90}\text{Sr}$		Bryantova metoda
			TBF metoda		
			Iskorišt. Y nosača	pCi/gCa	pCi/gCa
2 g	1020	2	81%	1026±88*	
2 g	1020		79%	K.V.=8,5%	
2 g	535	2	80%	545±14	
2 g	536		79%	K.V.=2,6%	
2 g	254	4	83%	262±21 K.V.=8,0%	
2 g	254		79%		
2 g	254		78%		
2 g	254		76%		
10 g	prirodni	2	82%	11,5±0,3	10,8
10 g	uzorci		84%	K.V.=2,6%	
10 g	prirodni	2	83%	17,9±0,6	17,6
10 g	uzorci		85%	K.V.=3,4%	

\* 95%-tne granice pouzdanosti.

## ZAKLJUČAK

Prikazana metoda direktne ekstrakcije itrija-90 iz dušične kisele otopine pepela mlijeka tributilfosfatom ima nesumnjivo veliku prednost pred već danas klasičnom metodom rada s dimećom dušičnom kiselinom. U prvom redu potpuno je izbjegnuta rad s vrlo opasnom dimećom dušičnom kiselinom. Metoda je daleko kraća i jednostavnija i za dva radna dana jedan čovjek može obraditi 4 uzorka, dok je za obradu 2 uzorka *Brayntovom* metodom potrebno i do 7 dana.

U rutinskim analizama velikog broja uzoraka faktori brzine i cijene analize od prvorazrednog su značaja, a tributilfosfat metoda te faktore u mnogome zadovoljava. Daljnja velika prednost metode je i mogućnost ponovnog određivanja stroncija-90 istom ili nekom drugom metodom u već jednom analiziranom uzorku.

#### Literatura

1. Bryant, F. J., Morgan, A., Spicer, G. S.: U. K. Atomic Energy Authority Report AERE-R 3030, 1959.
2. Boni, A. L.: Anal. Chem., 35 (1963) 745.
3. Patti, F., Jeanmaire, L., Rapport CEA-R 2998, 1966.
4. Porter, C. W., Kahn, B.: Anal. Chem., 36 (1964) 677.
5. Gregory, L. P.: Health Physics, 10 (1964) 483.
6. Blake, W. E., Oldham, G., Sumpster, D.: Nature, 203 (1964) 862.
7. Butler, F. E.: Anal. Chem., 35 (1963) 2069.
8. Johnson, W. C. Jr.: Anal. Chem., 38 (1966) 954.
9. Uelten, R. J., Goldin, A. S.: Anal. Chem. 33 (1961) 128.
10. Golutvina, M. M., Kazakova, T. A., Nikolaev, Ju. M.: Vop. pit., 22 (1963) 66.
11. Mercer, E. R., Burton, J. D., Gunn, K. B., Black, A.: Health Physics, 11 (1965) 37.
12. Popović, U., Franić, N.: Odnos Sr<sup>90</sup> u radioaktivnim padavinama i mlijeku, I Jugoslavenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, Portorož, 1963, Kratki sadržaj saopćenja, str. 46.
13. Burton, J. D., Love, R. M., Mercer, E. R.: The Analyst, 91 (1966) 730.
14. Moeller, D. W., Leddicotte, G. W.: USAEC Report ORNL-2866, Oak Ridge National Laboratory, Feb. 18 1960.
15. National Committee on Radiation Protection and Measurements, Natl. Bur. Standards Handbook 52, Washington, D. C., 1953.

#### Summary

#### DETERMINATION OF STRONTIUM-90 IN MILK BY MEANS OF YTTRIUM-90 EXTRACTION WITH TRIBUTYLPHOSPHATE

A simple and relatively quick method for the determination of strontium-90 in milk is described. The method is based on the preferential extraction of yttrium-90 with tributylphosphate from a weak nitric acid solution of milk ash to which is added CaO. The effects of calcium, iron and phosphates on the determination of yttrium carrier yield and on the distribution coefficients of yttrium-90 are discussed.

The radioactive interferences of Ce<sup>144</sup>, Ru<sup>106</sup>, Zr<sup>95</sup>, Cs<sup>137</sup> and Sr<sup>85</sup> in the determination of Y<sup>90</sup> activity are dealt with.

Results of strontium determination in Sr<sup>90</sup> spiked milk and in naturally contaminated milk are presented.

*Institute for Medical Research  
and Occupational Health,  
Yugoslav Academy of Sciences  
and Arts, Zagreb*

*Received for publication October 11, 1968*