

RI 폐기물 내 ^{35}S 분석을 위한 유·무기화합물 내 황 분석

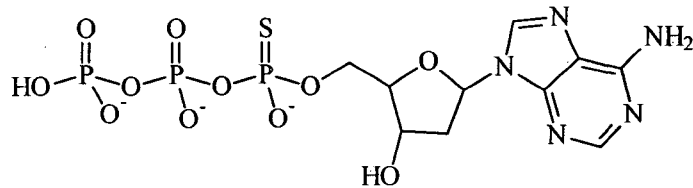
이흥래, 강상훈, 안홍주, 한선호, 지광용

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)

heungnlee@hanmail.net

황은 자연에서 네 종류의 동위원소가 존재한다. 주 동위원소로는 ^{32}S (95.02%)와 ^{34}S (4.21%)가 있으며, 방사성동위원소로는 ^{35}S ($T_{1/2} = 87.4$ d, $E_{\text{max}} = 167$ keV, 순수한 β^- 방출핵종)이 존재한다. ^{35}S 는 우주선에 의해 아르곤 원소의 핵변환으로 자연 중에 존재하는 방사성동위원소이다. 또한 ^{35}S 는 중성자조사를 통해서도 생산된다 ($^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$). 우주에 존재하는 대부분의 ^{35}S 는 이산화 황 (SO_2) 또는 sulfate (SO_4^{2-}) 화합물로 존재한다. ^{35}S 에서 방출되는 베타 방사선은 낮은 에너지여서 TLD와 GM 계측기로는 측정하기에는 효율이 너무 낮아 (계측효율 $\sim 10\%$), 측정 효율이 높은 비례계수기 (GPC: 계측효율 60~70%) 또는 액체섬광기 (LSC: 70~80%)를 이용하여 측정한다.

^{35}S 는 의료, 학교, 산업체에서 많이 사용하는 물질로서 뇌하수체에 결합 되어있는 [^{35}S]dATPaS (Scheme 1, 2'-deoxyadenosine 5'-O-(1-thio)triphosphate)의 해부상의 분포도를 시험관에서 방사선 영상기법 (autoradiography)을 사용하여 뇌하수체를 조사할 수 있다.



Scheme 1. dATPaS (2'-deoxyadenosine 5'-O-(1-thio)triphosphate disodium salt)의 구조

본 연구에서는 비방사성 황 화합물 (thiourea, DL-methionine, thiophosphate) 등을 이용하여 sulfate로 산화되는 과정을 연구하였으며, sulfate ion을 증량법을 이용하여 정량적으로 측정하였다. 이 산화법을 기초로하여, 황 표지화합물 ($\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$)을 분석하였으며 RI 폐기물 (주사기, 비닐 장갑, 종이 등) 내 황의 함유량 및 비방사능을 측정하였다.

- 시약 및 실험방법

1) 시약 및 기기

산화제로서 브롬화 나트륨 (NaBrO_3)과 하이포염소산 나트륨 (NaOCl)을 사용하였다. 용매는 3 M HNO_3 를 사용하였으며, 황 화합물은 thiourea, DL-methionine, sodium thiophosphate 등을 사용하였다. 추적자로서 황산 나트륨 (Na_2SO_4)를 6760 ppm 농도로 만들어 이용하였고, 공침제로는 염화 바륨 (BaCl_2)를 사용하였다. 계측기는 비례계수기 (Gas Proportional Counter, GPC)와 액체섬광기 (Liquid Scintillation Counter, LSC)를 이용하였다.

2) 실험방법

등근 바닥 플라스크에 시료 (0.1 M thiourea, DL-methionine, thiophosphate) 1 mL를 첨가하였다. 추적자로서 Na_2SO_4 1 mL를 첨가한 후 산화제 (NaBrO_3 0.3 g 또는 NaOCl 5 mL)를 첨가하였다. 용매 (3 M HNO_3) 50 mL를 방울 깔때기를 이용하여 서서히 첨가한 후 세 시간 동안 환류 하였다. 환류 후 뷰흐너 깔때기를 이용하여 침전물 또는 불순물을 거르고, 거른 액을 증발건고하였

다. 증발건고된 시료를 4 M HCl 5 mL를 이용하여 녹이고, 증류수로 세척 후, 0.1 M BaCl₂ 2 mL를 첨가하여 흰색의 황산 바륨 (BaSO₄) 침전을 얻었다.

황 표지화합물을 이용한 실험으로는 방법은 같고, 침전법을 이용하여 얻은 시료는 GPC를 이용하여 계측한 후, 흰 고체를 용융한 후 증류수 5 mL에 녹여서 각테일과 섞어서 LSC를 이용하여 계측하였다.

- 결과

본 연구는 습식산화법을 이용하여 유기물 (thiourea, DL-methionine) 및 무기물 (thiophosphate) 내에 있는 황을 sulfate 화합물로 80% 이상 산화시켰으며, 침전법으로 황의 함량을 측정하였다. ³⁵S 표지 화합물은 GPC와 LSC를 이용하여 계측하였으며, 이때 계측효율은 60% 이상이었다.