

## 방사성 폐활성탄 필터의 제염연구

유재룡<sup>1</sup>, 하위호<sup>1</sup>, 장미<sup>1</sup>, 한은애<sup>1</sup>, 김병일<sup>1</sup>, 박광현<sup>2</sup>

1. 한국원자력의학원 국가방사선비상진료센터

2. 경희대학교 원자력공학과

E-mail: jerome@kirams.re.kr

중심어 (keyword) : 활성탄, 메틸요오드(CH<sub>3</sub>I), 트리에틸렌다이아민(Triethylenediamine), 초임계이산화탄소

### 서론

최근 들어 우리나라의 암 환자 중 갑상선암 치료 환자가 증가하고 있는 추세이며, 이 중 방사성동위원소 치료는 2000년대 이후부터 가파른 상승세를 보이고 있다[1]. 이러한 갑상선 질환의 방사성동위원소 치료를 위해 조직내에서 베타선 방출에 의해 파괴효과를 가지는 방사성옥소가 사용 된다[2]. 방사성옥소 투여환자의 호흡에 의해 방출되는 방사성옥소의 누출 방지를 위해 방사선 치료병동에는 활성탄필터가 장착된 배기설비를 갖추고 있다. 활성탄필터는 1년~1년 6개월의 주기로 교체가 필요한데, 이때 발생하는 폐활성탄필터를 제염하여 재사용하는 방법을 통해 방사성 폐기물의 부피를 줄일 수 있다. 기존에 사용된 제염방식의 경우 아세트나이트릴을 이용한 습식제염이며, 약 90% 이상 방사성옥소를 제거할 수 있다[3]. 그러나 이러한 방식은 추가적으로 2차폐기물을 발생시키는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 연구에서는 폐활성탄을 제염하기 위한 방법으로 초임계 이산화탄소를 기본용매로써 사용하였으며, 수정미량저울을 통하여 오염물질의 제거율을 측정하였다. 이산화탄소는 무독성, 무연성, 경제성 및 다루기가 용이하며 압력이나 온도 변화에 따른 상변화를 통해 유기물의 추출에 용이하다는 장점을 가지고 있다[4]. 본 연구에서는 방사성 폐활성탄의 재사용을 위한 오염물 제거 방법에 대한 실험을 통해 실제 적용 가능성에 대한 검토를 하고자 한다.

### 재료 및 방법

원자력시설 등이나 갑상선암 환자 치료시 환자로부

터 방출되는 방사성요오드(I)를 효과적으로 흡착하기 위해 TEDA가 5 wt% 침착된 활성탄필터를 사용한다. 활성탄필터는 약 75kg의 직육면체이며, 활성탄 필터에 사용되는 활성탄의 입자크기는 8×16 mesh, 비표면적이 1,000~1,200 m<sup>2</sup>/g인 야자각 입상 활성탄이다. 이러한 활성탄의 방사성옥소 흡착효율을 증가시키기 위해 TEDA가 사용되는데, TEDA는 방사성 메틸요오드와 결합하여 I-TEDA를 형성한다. 사용 후 활성탄에서 제염해야할 오염대상이 I-TEDA이므로, 본 연구에서는 각 추출유기용매에 대한 반응특성(용해도)을 확인하기 위해 I-TEDA를 합성 후 NMR을 이용하여 분자구조를 확인하였다(그림 1).

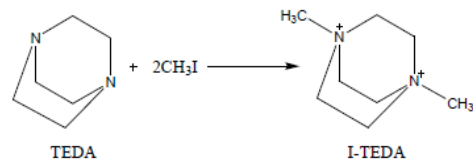


그림 1. I-TEDA의 생성 및 화학적 형태

I-TEDA의 용해특성을 측정하기에 앞서 I-TEDA를 추출하기 위한 추출용매인 아세트나이트릴과 메탄올의 용매비(단위질량의 용질을 녹이기 위해 필요한 용매의 양)를 측정 및 비교하였다. 수정미량저울을 이용하여 이산화탄소하에서 각 용매에 따른 I-TEDA의 용해반응속도를 측정하였다. 수정미량저울은 초임계이산화탄소를 형성하는 고압(73bar 이상)에서 실시간으로 질량변화를 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 합성된 I-TEDA를 수정미량저울의 금속박막 표면에 흡착시켜서 온도, 압력 및 용매의 유량에 따른 제거율을 확인하였다.

## 결과 및 고찰

초임계이산화탄소하에서 아세트나이트릴 및 메탄올의 용해도를 측정한 결과 동일한 압력 및 온도 조건에서 이산화탄소에 대한 메탄올의 용해도가 상대적으로 높은 것을 확인하였으며, 이 결과를 바탕으로 메탄올을 이용한 I-TEDA의 제거율을 측정하였다.

일정 이상의 압력에서 I-TEDA의 제거율은 압력변화에 크게 영향을 받지 않으며, 이는 이산화탄소에 대한 메탄올의 뛰어난 용해도(150bar 이상에서 완전 용해가능)때문이라 판단된다.

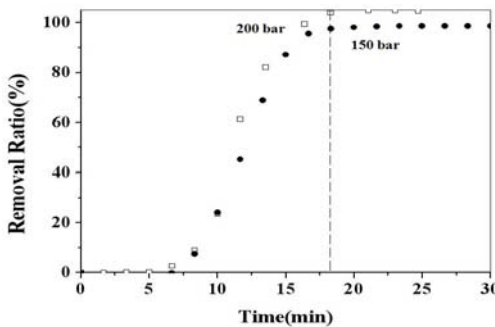


그림 2. 압력에 따른 I-TEDA의 제거율 비교

온도에 따른 I-TEDA의 제거율 비교결과 액체이산화탄소(20℃)와 초임계이산화탄소(40℃)에서의 제거율은 큰 차이를 보이지 않는데, 이는 액체이산화탄소의 높은 밀도(0.94g/ml)와 초임계이산화탄소의 높은 확산력에 의한 용해력 향상에 의한 결과라 판단된다. 특히 60℃의 온도조건에서 I-TEDA의 제거속도가 가장 높는데, 이는 높은 온도에 따른 메탄올의 용해반응속도가 빨라지기 때문이다.

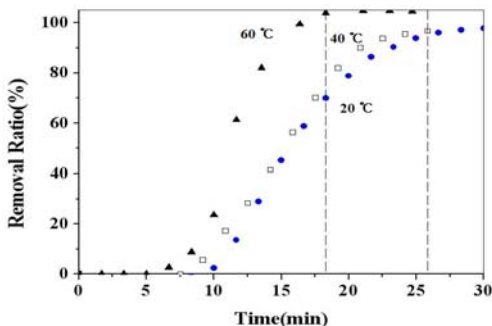


그림 3. 온도에 따른 I-TEDA 제거율 비교

추출용매의 유량이 증가 할수록 I-TEDA 제거 가속구간이 빨리 나타났으며, 메탄올의 유량이 2ml/min과

3ml/min사이에 큰 차이를 보이지 않는데 I-TEDA를 용해시키기 위해 필요한 메탄올 및 이산화탄소의 적정량이 존재하기 때문이라 판단된다.

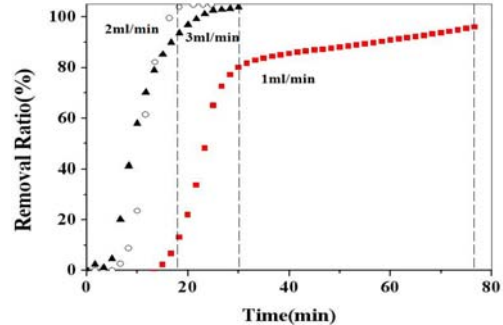


그림 4. 용매의 유량에 따른 I-TEDA 제거율 비교

## 결론

방사성옥소 흡착용 활성탄필터의 재사용을 위한 기초연구로써 초임계이산화탄소하에서 I-TEDA의 제거 특성을 확인한 결과 I-TEDA의 용해도는 압력, 온도 및 추출용매의 유량에 의해 영향을 받는 것을 확인하였다. 초임계이산화탄소하에서의 I-TEDA의 제거율은 압력 200bar, 온도 60℃, 메탄올 2ml/min의 조건이 가장 효율적일 것이라 판단된다. 이 실험 결과를 바탕으로 추출용매인 메탄올을 이용하여 방사성 폐활성탄을 제염할 경우 높은 온도조건 및 압력조건을 유지해야 하며, I-TEDA가 용해 될 수 있는 충분한 시간이 필요할 것이라 판단된다.

## 참고 문헌

1. 정재민, 방사성동위원소 치료의 제도적 문제점과 개선, Nucl Med Mol Imaging, vol. 40, No. 2(2006)
2. Young RL, et al: Effect of medical and surgical therapy on morbidity in papillary and/or mixed papillary-follicular thyroid carcinoma.(Abstract) J. Nucl. Med., 17:532,(1976)
3. Kael Environment Laboratory, Development of a wet cleaning system for the recycle of waste active carbon, Final report to MOST(2002).
4. McHugh, M. A., and Krukonis, V. J., Supercritical fluid extraction: principles and practice, Butterworth-Heinemann, boston(1994)