

## Original article

# 갑상선암 치료병실에서 음식물건조기 사용 시 방사성액체폐기물 감소 효과 평가

이도화, 이용기, 이왕희  
가천대 길병원 핵의학과

## Evaluation of the Effectiveness of Using a Food Waste Dryer in Reducing Radioactive Liquid Waste in a Thyroid Cancer Therapy Isolation Rooms

Dohwa Lee, Yongki Lee, and Wanghui Lee

Department of Nuclear Medicine, Gil Medical Center, Incheon, Korea

**Corresponding Author:** Wang Hui Lee. Department of Nuclear Medicine, Gil Medical Center, 783, Namdong-daero, Namdong-gu, Incheon, 21556, Republic of Korea. Tel: +82-32-460-3310, E-mail: lwh840614@gilhospital.com

### ABSTRACT

**Purpose:** Patients receiving high doses of radioactive isotopes for thyroid cancer treatment often require hospitalization due to high external radiation exposure. Meals are provided, leading to food waste generation, which is sometimes managed using food waste disposers. Given that shredded food waste is classified as radioactive liquid waste along with water, it is necessary to discuss measures to reduce its volume. This study aims to investigate the difference in the generation of radioactive liquid waste when using a food waste dryer compared to a food waste disposer. **Materials and Methods:** (1) The amount of water used per cycle with a food waste disposer was measured ten times to determine the average. (2) The changes in tank levels during the period of food waste dryer usage (June to December 2023, 61 patients) and food waste disposer usage (June to December 2021, June to December 2022, 101 patients) were observed to measure and compare the generation of radioactive liquid waste. **Results:** (1) It was found that an average of 1.58 liters of water was used when processing food waste with a food waste disposer. (2) Comparing the generation of radioactive liquid waste during the periods of food waste dryer and food waste disposer usage revealed an approximate reduction of 8.96 liters per patient when using the food waste dryer. **Conclusion:** Using a food waste dryer instead of a food waste disposer results in a reduction of radioactive liquid waste. Through this reduction, it is believed that it will be possible to alleviate the burden of expanding storage tanks in medical facilities, reduce the amount of radioactive solid waste, prevent bad odors and pests caused by food waste left around disposers, improve hygiene, and increase patient satisfaction. Therefore, the use of food waste dryer is recommended.

**Key words** Thyroid cancer, Radioactive liquid waste, Food waste disposer, Food waste dryer

## 서론

핵의학과에서는 갑상선암(thyroid cancer) 환자의 방사성요오드 치료를 위해 병실을 운영하고 있다. 국가암정보센터의 1999-2021년 암 발생률 추세 분석 자료에 따르면 국내 갑상선암 발병률은 꾸준히 증가하고 있으며, 갑상선 전 절제술을 받은 환자의 잔여 조직 및 전이된 병소를 제거하기 위한 고용량(1,200 MBq 이상) 방사성요오드 치료에 대한 수요 역시 증가하고 있다[1].

갑상선암의 주요 치료 방법으로는 외과적 수술, 외부방사선 요법, 방사성동위원소 치료, 화학 요법 등이 있으며, 특히 여포암(follicular thyroid cancer)이나 유두암(papillary thyroid cancer)과 같이 분화가 잘 된 갑상선암은 방사성요오드를 이용해 치료하고, 분화가 잘 되지 않은 경우에는 외부방사선 요법이나 화학 요법을 병행하기도 한다[2].

$^{131}\text{I}$  (반감기 8.04일, 베타에너지  $E_{\max} = 0.61 \text{ MeV}$ )을 이용한 치료는 적당한 예를 선택하고, 환자의 상황에 맞는 충분한 양을 투여함으로써 좋은 치료 효과를 기대할 수 있는 방법으로, 1941년 방사성요오드가 치료목적으로 사용된 이후 그 이용이 크게 증가했다[3].

$^{131}\text{I}$ 은 베타선( $\beta$ -ray)과 감마선( $\gamma$ -ray)을 방출하며, 높은 에너지와 짧은 비정을 가진 베타선은 잔존 조직을 제거하고, 감마선은 전신 스캔을 통해 전이 여부를 진단하거나 치료 효과를 평가하는데 이용된다[4].

원자력안전법에 따라 방사성동위원소  $^{131}\text{I}$ 을 환자에게 투여할 수 있는 허가를 얻은 국내 병원은 총 98개이다[5].

국내의 경우 1,200 MBq (32 mCi) 이상의  $^{131}\text{I}$ 을 투여 받은 환자의 경우 높은 외부 선량을 이유로 일반적으로 1인실(therapy isolation rooms)에 격리되어 제 3자와의 접촉을 최소화 하며, 환경오염 발생 가능성으로 인해 환자로부터 발생하는 배출물 또한 관리하고 있다[6].

의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술 기준 제 12조 제 1항에 따라, 환자 신체 표면에서 1m 거리에서 바닥으로부터 1m 높이의 공간선량률(주위 선량당량률 또는 유효 선량당량률)이 0.7 mSv/h (70  $\mu\text{Sv/h}$ )를 넘지 않아야 퇴원이 가능하다[7].

고용량의 방사성요오드를 섭취한 환자의 침, 땀, 분변 등에서도 방사선이 검출될 수 있으며, 환자복뿐 아니라 환자가 사용한 침구류, 쓰레기, 잔반 등에서도 방사선이 검출될 수 있다[8]. 따라서 환자의 침이 묻었을 가능성이 있는 잔반은 일반 음식물쓰레기와 같이 처리할 수 없고, 침 속에 포함된 방사능이 적정 수준 이하로 감쇠된 이후 처리해야 한다.

일반적으로 치료병실에 입원해 있는 환자가 남긴 음식물의 처리는 전용수거함에 수거한 뒤 비닐에 봉입하여 폐기물창고에 보관하거나, 음식물분쇄기(food waste disposer)를 사용해 음식물을 잘게 부수어 물과 함께 흘려 보낸 뒤 저장탱크에 일정 기간 보관 후 방류하는 방법 등을 사용하고 있는데, 현재 치료병실에 입원한 환자의 잔반을 처리하는 방법에 대한 명확한 지침이 마련되어 있지 않다[9-10].

음식물분쇄기를 이용해 잔반을 처리하는 경우, 물과 함께 분쇄된 음식물은 방사성액체폐기물(radioactive liquid waste)에 준하는 것으로, 법령에 따르면  $^{131}\text{I}$ 이 포함된 방사성액체폐기물은 곧바로 하수로 배출할 수 없고, 개별적으로 구비한 저장탱크(저장조)에 저장한 뒤, 원자력안전위원회 고시 제 2019-10호 방사선방호 등에 관한 기준 제 6조에 따른 배출허용기준인  $^{131}\text{I} = 3\text{E}+4 \text{ Bq/m}^3 (3 \times 10^4 \text{ Bq. m}^{-3})$ 을 충족하게 되면 일반 하수와 같이 배출할 수 있다[11].

치료병실 내의 물 사용량 증가는 방사성액체폐기물의 증가를 의미하며, 방사성액체폐기물의 증가는 저장탱크 용량의 물리적 한계로 인해 치료병실을 이용할 수 있는 환자 수 제한에 관한 문제와, 의료기관의 저장탱크 증설에 대한 부담이라는 문제에 직면하게 되기에 그 양을 줄일 수 있는 방안을 논의할 필요성이 있다[12].

최근 가정에서 발생하는 음식물쓰레기를 처리하는 방법 중 하나로 음식물건조기(food waste dryer)를 사용하는 방법이 대두되고 있다. 치료병실을 운영하는 일부 병원에서는 음식물건조기를 사용하여 잔반을 처리하고 있는 바, 본 연구에서는 치료병실에서 발생하는 잔반을 처리하는데 있어 음식물건조기 사용 시 음식물분쇄기와 비교하여 방사성액체폐기물 발생량의 차이가 어느 정도인지 알아보고, 음식물건조기의 유용성에 대해 평가하고자 한다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에는 표면오염감시기(contamination counter) LB 122 (Berthold Technologies, Germany)(Table 1, Fig. 1)와 음식물분쇄기 Titan T-660 (Anaheim, USA), 음식물 건조기 Cara pcs-500D (Smart Cara, Korea)를 사용한다(Table 2, Fig. 2).

**Table 1.** The information about a contamination counter

| Model | S / N      | Calibration Date | Calibration Factor |
|-------|------------|------------------|--------------------|
| LB122 | 1115846137 | 24.01.29.        | 0.03               |



**Fig. 1.** A surface contamination counter is used to measure the dose of food left behind by patients hospitalized in the therapy isolation rooms.

**Table 2.** The specifications of food waste disposer and food waste dryer

| Food waste disposer         |                     | Food waste dryer      |                   |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| Model                       | Titan T-660         | Model                 | Cara pcs-500D     |
| Company                     | Anaheim             | Company               | Smart Cara        |
| Country                     | USA                 | Country               | KOREA             |
| Purpose                     | food waste grinding | Purpose               | Food waste drying |
| Weight (kg)                 | 4.4                 | Weight (kg)           | 21                |
| Power supply (V)            | 220~240             | Power supply (V)      | 220               |
| Speed (RPM)                 | 2600                | Capacity (kg)         | 5                 |
| Processing time (Sec/Cycle) | 10~15               | Processing time (Hr)M | 4                 |



**Fig. 2.** An experiment was conducted using two types of food processing methods.

A) Food waste disposer B) Food waste dryer.

## 2. 실험 방법

### 1) 잔반 선량 측정

치료병실을 이용하는 환자가 남긴 음식물에서 실제 선량이 측정되는지 확인하기 위해 2024년 7월 5일부터 8월 7일 사이 치료병실에 입원했던 10명의 환자가 남긴 음식물의 선량을 측정한다. 선량 측정은 표면오염감시기 LB122를 사용하고, 표면오염감시기는 음식물로부터 10 cm 떨어진 위치에서 30 초 간 측정한다.

측정된 선량에서 백그라운드 선량을 빼준 후 나온 값에 보정인자( $0.03\text{Bq}/\text{cm}^2$ )를 곱해 실 측정값을 구한다(Eq. 1).

$$\text{Actual value cps} = (\text{Measured value cps} - \text{Background cps}) \times 0.03 \text{ Bq}/\text{cm}^2 \quad \text{Eq. 1}$$

### 2) 음식물분쇄기 사용 시 1회 물 사용량 측정

음식물분쇄기 Titan T-660를 사용하여 10명의 환자가 남긴 음식물을 1회 처리할 때, 사용된 물의 양을 측정하여 평균 물 사용량을 구한다. 치료병실에서는 다양한 이유로 물이 사용되기에 저장탱크의 수위변화를 통해 파악한 방사성액체폐기물 발생량 중 잔반을 처리하는데만 소비되는 물의 양을 파악할 필요가 있다.

잔반을 처리하는데 소비되는 물의 양을 평가하기 위해 눈금이 기재된 2 L 물병을 사용했으며, 음식물의 처리완료 기준은 처리자의 육안으로 보아 분쇄 후 분쇄기 주변에 음식물찌꺼기들이 남아있지 않을 때를 기준으로 한다.

갑상선암 치료를 위해 치료병실을 이용하는 환자는 2박 3일 동안 입원하게 되며, 입원 기간 동안 다섯 끼의 식사가 제공된다. 따라서 1회 물 사용량을 측정을 통해 환자가 입원해 있는 동안 잔반을 처리하는데 소비되는 물의 양의 추정 해 볼 수 있다.

### 3) 음식물건조기 및 음식물분쇄기 사용 시 환자 1인당 방사성액체폐기물 발생량 측정

음식물분쇄기를 사용한 기간(2021년 6월~12월, 2022년 6월~12월)동안 치료병실을 이용한 환자는 101명이고, 음식물건조기를 사용한 기간(2023년 6월~12월)동안 치료병실을 이용한 환자는 61명이다(Table 3).

환자 1인 당 방사성액체폐기물 발생량의 측정은 치료병실과 연결된 저장탱크(용량 21 t) 수위변화를 모니터링 하는 방법으로 해당 기간 동안 발생한 총 방사성액체폐기물의 양을 구하고, 같은 기간 치료병실을 이용한 환자의 수로 나누어 환자 1인 당 발생시키는 방사성액체폐기물 양을 측정, 비교한다(Eq. 2).

$$\text{Generation of radioactive waste per patient} = \frac{\text{Total amount of radioactive liquid waste}}{\text{Number of patients}} \quad \text{Eq. 2}$$

**Table 3.** The usage period and number of patients

|                    | Food Waste Disposer                                      | Food Waste Dryer           |
|--------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Usage Period       | June 2021 to December 2021<br>June 2022 to December 2022 | June 2023 to December 2023 |
| Number of Patients | 101                                                      | 61                         |

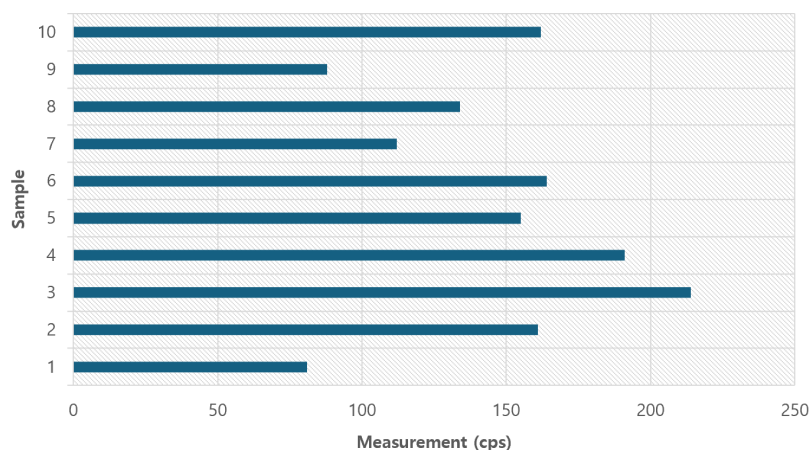
## 결과

### 1. 잔반선량 측정 결과

10명의 환자가 남긴 음식물의 선량을 측정한 결과, 평균 146.2 cps, 표준편차 42.72 cps로 환자가 남긴 음식물에서 선량이 측정되는 것을 확인했다(Table 4, Fig. 3).

**Table 4.** The results of the radioactive dose measurements for food waste

| Sample | Radioactive Dose Measurement (cps) |
|--------|------------------------------------|
| 1      | 81                                 |
| 2      | 161                                |
| 3      | 214                                |
| 4      | 191                                |
| 5      | 155                                |
| 6      | 164                                |
| 7      | 112                                |
| 8      | 134                                |
| 9      | 88                                 |
| 10     | 162                                |
| Mean   | 146.2                              |
| S D    | 42.72                              |



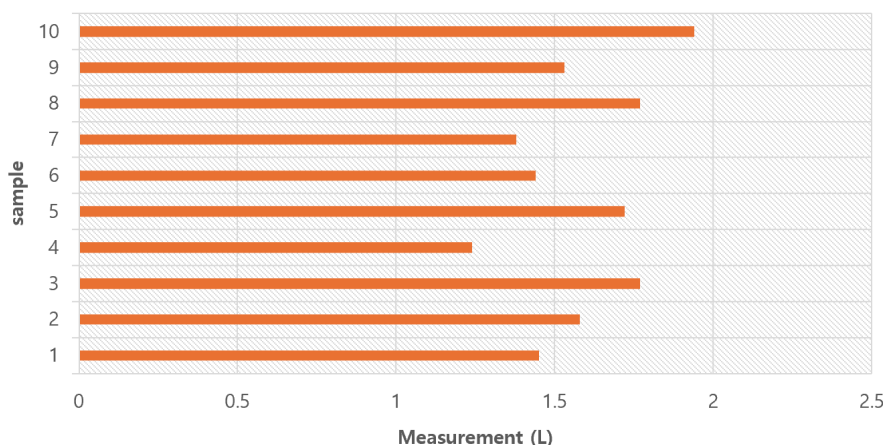
**Fig. 3.** Results from measuring the dose of residue left by 10 patients confirmed that radiation dose can be detected in the food remnants left by the patients.

## 2. 음식물분쇄기 사용 시 1회 물 사용량 측정 결과

10명의 환자가 남긴 음식물을 대상으로 음식물분쇄기를 사용해 1회(한 끼분의 잔반) 처리하는데 평균 1.58 L의 물이 사용되었다 (Table 5, Fig. 4). 2박 3일 동안 환자 1인 당 다섯 끼의 식사가 제공되기에 다섯 끼의 식사 후 잔반을 처리하는데 약 7.91 L의 물이 사용될 것으로 예상된다.

**Table 5.** The amount of water used per cycle when using a food waste disposer

| Sample | Measures (L) |
|--------|--------------|
| 1      | 1.45         |
| 2      | 1.58         |
| 3      | 1.77         |
| 4      | 1.24         |
| 5      | 1.72         |
| 6      | 1.44         |
| 7      | 1.38         |
| 8      | 1.77         |
| 9      | 1.53         |
| 10     | 1.94         |
| Mean   | 1.58         |
| S D    | 0.214        |



**Fig. 4.** An average of 1.58 liters of water was used per processing cycle when using a food grinder to handle the food remnants left by 10 patients.

## 3. 음식물분쇄기, 음식물건조기 사용 시 환자 1인 당 방사성액체폐기물 발생량 측정 결과

음식물분쇄기와 음식물건조기 사용 기간 동안 발생한 총 방사성액체폐기물과 환자 1인당 발생시키는 방사성액체폐기물의 양을 측정했다(Table 6).

2021년 6월~12월, 2022년 6월~12월 음식물분쇄기를 사용한 기간 발생한 방사성액체폐기물의 양은 총 40,508 kg이고, 이 기간 동안 치료병실을 이용한 환자 수는 101 명으로, 환자 1인당 발생시키는 방사성액체폐기물의 양은 401.07 kg이다.

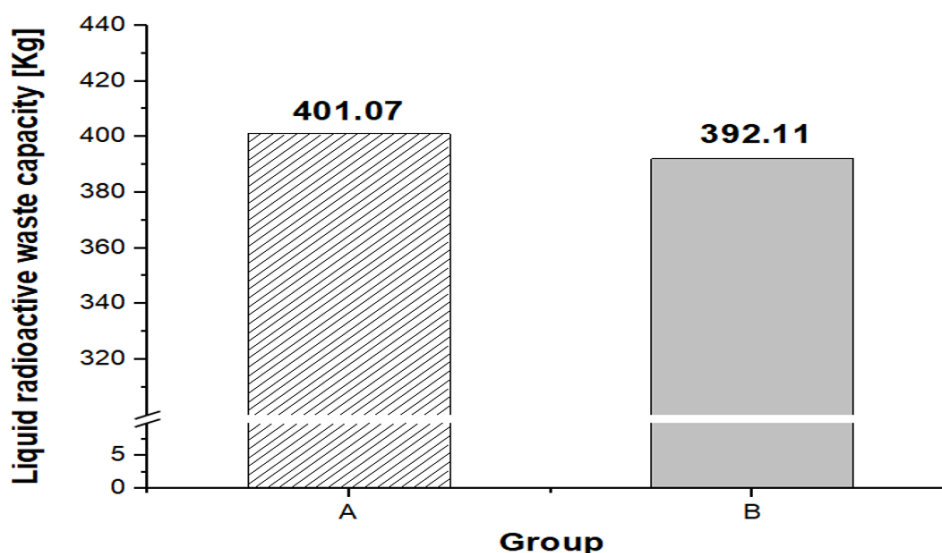
음식물건조기를 사용한 기간은 2023년 6월~12월로 총 23,919 kg의 방사성액체폐기물이 발생했고, 동 기간 치료병실을 이용한 환자는 61명이다. 환자 1인당 발생시키는 방사성액체폐기물의 양은 392.11 kg이다.

음식물건조기를 사용한 경우, 음식물을 분쇄하거나 분쇄기 주변의 정리를 위해 소비되는 물의 사용이 없기에 음식물건조기 사용

기간 동안 환자 1인당 약 8.96 kg의 방사성액체폐기물이 덜 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

**Table 6.** The amount of radioactive liquid waste generated per patient during the use of a food waste disposer and a food waste dryer

|          | Total Amount of Radioactive Liquid Waste (kg) | Number of Patients in Isolation Rooms | Amount of Radioactive Liquid Waste per Patient (kg) |
|----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Disposer | 40508                                         | 101                                   | 401.07                                              |
| Dryer    | 23919                                         | 61                                    | 392.11                                              |



**Fig. 5.** Amount of radioactive liquid waste generated per patient during the use of food waste disposer(A) and food waste dryer(B). It was found that approximately 8.96 kg less radioactive liquid waste was generated per patient during the use of the food waste dryer.

## 고찰

방사선안전관리 등의 기술 기준에 관한 규칙 제 40조에서 보관, 처리 및 배출에 대해 규정하고 있지만 치료병실의 환자가 남긴 음식물의 처리 방법에 관한 명확한 지침이 마련되어 있지 않은 현실에서, 음식물분쇄기와 음식물건조기 사용 시 방사성액체폐기물의 발생 정도를 비교해 음식물건조기의 유용성에 대해 밝힌 연구로서 의미가 있다고 생각된다.

통상 일반 가정에서 물 사용량은 계절의 영향을 많이 받기에[13] 계절에 따라 물 사용량의 편차가 클 것으로 가정하고, 본 연구에서는 물 사용량의 차이를 보일 수 있는 변수를 통제하기 위해 음식물건조기와 음식물분쇄기를 사용한 계절을 동일(6월~12월)하게 설정하여 발생하는 방사성액체폐기물의 양을 측정했다. 다만, 화장실 사용빈도, 세면, 샤워의 빈도 등 병실을 이용하는 환자의 특성에 따라 물 사용량의 편차가 있었을 것으로 예상되며, 이를 통제할 수 없었던 것은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다. 나아가 음식물 분쇄기를 사용한 기간을 두 해에 걸쳐서 설정 했는데, 실험이 진행된 의료기관의 사정으로 치료병실 운영이 중단된 기간이 있어 충분한 표본의 확보가 되지 않았기에 부득이 하게 음식물분쇄기를 사용한 기간을 두 해에 걸쳐 설정하고 표본을 얻었다. 추후 연구에서는 분쇄기와 건조기 사용기간을 동일하게 설정하여 신뢰도 높은 비교가 가능하도록 하겠다.

음식물건조기를 사용하는 경우, 음식물분쇄기 사용에 따른 냄새, 벌레 등의 위생문제와 환자가 직접 분쇄기를 작동시켜야 하는 번거로움이 해결되면서 치료병실을 이용하는 환자의 만족도를 높일 수 있을 것이라 생각된다. 다만 일부 환자에서 건조기 동작 시 소음이나 열기로 인해 불편했다는 의견도 있었다.

하수도법 제 33조 제 1항 및 동 법 시행령 제 23조, 환경부 고시 제 2017-13호에서는 환경부장관이 인정한 시험기관의 시험 및 인

증절차를 거친 제품과 같이 예외적인 경우를 제외하고는 주방에서 발생하는 음식물 찌꺼기 등을 분쇄하여 오수와 함께 배출하는 주방용 오물분쇄기의 판매와 사용을 금지하고 있다.

치료병실에서 발생하는 잔여 음식물을 분쇄한 후 별다른 여과과정 없이 하수로 내보내는 것은 환경에 미치는 영향 측면에서 볼 때 바람직한 처리 방법이라 평가하기는 어렵다고 생각되며, 이와 같은 처리 방법에 대한 진지한 고민이 필요해 보인다.

## 결론

본 연구는 갑상선암 치료병실에 입원한 환자가 남긴 음식물을 처리하는데 있어 음식물분쇄기와 음식물건조기를 사용했을 때 방사성액체폐기물의 발생량의 차이를 비교한 것이다.

선행연구들[14-17]과 같이 치료에 사용된 방사성요오드의 일부가 침으로 분비되어, 환자가 남긴 음식물에서 방사선이 검출된다는 사실을 본 연구를 통해 다시 확인했으며, 음식물분쇄기를 사용한 기간 대비 음식물건조기를 사용한 기간에 환자 1인 당 약 8.96 kg의 방사성액체폐기물을 덜 발생시키는 것을 확인할 수 있었다.

치료병실에서는 다양한 이유로 물이 사용되지만 음식물건조기를 사용하는 경우, 적어도 잔반을 처리하는 과정에서 발생할 수 있는 방사성액체폐기물을 줄이는데 효과적임을 알 수 있다.

갑상선암 환자 수 증가로 인해 치료병실의 수요증대가 요구되는 상황에서 음식물건조기 사용을 통한 방사성액체폐기물의 감소는 의료기관의 저장탱크 증설에 대한 부담을 일부 줄여줄 수 있다. 또한 분쇄한 음식물을 하수처리 하지 않기에 수질오염에 대한 우려와 하수도법 저촉 우려로부터 자유롭고, 하수로 처리하는 비용을 아낄 수 있다는 것이 장점이다. 나아가 음식물을 건조시켜 손쉽게 고체폐기물로 처리할 수 있다는 점, 분쇄기 주변 남은 음식물 찌꺼기 때문에 발생할 수 있는 냄새, 벌레 등을 방지할 수 있다는 점 등을 종합해볼 때, 갑상선암 치료를 위해 치료병실을 이용하는 환자가 남긴 음식물을 처리하는데 있어 음식물건조기를 사용하는 것이 다른 음식물처리 방법 보다 효과적이라 사료되며, 음식물건조기를 사용할 것을 제안한다.

## REFERENCES

1. Gang SM, Kim BI, Kim IJ, Seung BH, Lee GH, Lee JT, et al. Radiation safety in the treatment of patients with thyroid disease by <sup>131</sup>I. *Int J Thyroidol*. 2012;5(1):6-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.11106/jkta.2012.5.1.6>
2. Jung JG, Lee MC. *Koh Chang Soon nuclear medicine*. 3rd ed. Seoul: KOMB; 2008. p. 710.
3. Jung JG, Lee MC. *Koh Chang Soon nuclear medicine*. 3rd ed. Seoul: KOMB; 2008. p. 711-8.
4. Lee WH, Ahn SM. A study on reduction of radiation exposure by nuclear medicine radiation workers. *J Korean Soc Radiol*. 2019;13(2):271-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2019.13.2.271>
5. Korea Radioisotope Association. Final report on the 2020 survey on the use of radiation and radioisotopes. Status of RI use licenses in 2020. 2022. p. 25.
6. Kim JY, Kwon TE, Ha WH, Lee SK, Kim BG, Jung KH. Management of patient feces and urine administered with therapeutic <sup>131</sup>I. *J Radiat Ind*. 2019;13(2):75-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.23042/radin.2019.13.2.75>
7. Lim CS, Kim SH. A study on the radiation dose managements in the nuclear medicine department. *J Korea Acad Ind Coop Soc*. 2009;10(7):1760-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.7.1760>
8. Kim GS, Jung HJ, Park MS, Jeon JS. Determination of self-disposal date by the analysis of radioactive waste contamination for <sup>131</sup>I therapy ward. *Korean J Nucl Med Technol*. 2013;17(1):3-6. Retrieved from <https://www.kjnm.org/view/17-1-1.pdf>
9. Jeong S, Oh KB, Park HH, Kim JS, Lee CH. Radioactive waste management procedure of thyroid cancer patients in isolation room. *J Nucl Med Technol*. 2008;12(1):119-22. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO200826749752998.page>
10. Kim CH, Kim GS. 동위원소 치료병실의 I-131 배출에 대한 소고(小考). *Korean J Nucl Med Technol* 2008;12(1):123-5. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO200826749752999.pdf>

11. Park MJ, Kim JH, Jang JC, Kim CH, Jeong JM, Lee DS. Optimization of inpatient management of radioiodine treatment in Korea. *Nucl Med Mol Imaging*. 2008;42(4):261-6. Retrieved from <https://ksnm.or.kr/journal/view.php?year=2008&vol=42&no=4&startpage=261>
12. Ryu JK, Jung WY, Shin SK, Cho SM. On decrease program of radioactive wastewater and sewages in high dose radioiodine therapy ward. *Korean J Nucl Med Technol*. 2008;12(1):19-26. Retrieved from <https://www.kjnm.org/view/12-1-3.pdf>
13. Kim HS, Lee DJ, Park NS, Jung KS. Analysis on statistical characteristics of household water end-uses. *J Korean Soc Civ Eng B*. 2008;28(5B):603-14. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO200830265652196&dbt=JAKO215611&oCn=JAKO201328635215611&dbt=JAKO&journal=NJOU00291726>
14. Chung JH. Radioactive iodine therapy in differentiated thyroid carcinoma. *Endocrinol Metab*. 1999;14(4):627-35. Retrieved from <https://e-enm.org/journal/view.php?number=925>
15. Im KS, Choi HG, Gi H. The significance of I-131 treatment in relation to patient discharge dose and treatment ward impact on kidney function. *Korean J Nucl Med Technol*. 2013;17(1):62-6. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO201328635215611&oCn=JAKO201328635215611&dbt=JAKO&journal=NJOU00291726>
16. Kang KW. RAI treatment of distant metastasis of thyroid cancer. *J Korean Thyroid Assoc*. 2013;6(1):49-55. Retrieved from <https://www.ijthyroid.org/journal/view.html?volume=6&number=1&spage=49>
17. Sunavala-Dossabhoy G. Radioactive iodine: an unappreciated threat to salivary gland function. *Oral Dis*. 2018;24(1-2):198-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/odi.12774>