

# 원적외선(遠赤外線)을 이용한 음식물 쓰레기 건조(乾燥)에 관한 연구

서울산업대학교 教授 김진목  
(주)삼화엔지니어링 대표 최상영

## 1. 연구의 개요

현대사회(現代社會)의 생활환경(生活環境) 변화에 따른 생활용 가전 제품들이 정보(情報)화, 슬립화, 환경의 청정(淸淨)화 되어가는 추세에 따라 주방제품들도 노출해서 빌트인화 되어가고 있는 추세이다. 따라서 주방에서 발생하는 환경오염(環境汚染)을 줄일 수 있는 주방쓰레기 다용도 처리기를 개발하는데 있어서도 전문적(專門的) 기술(技術)의 필요성이 요구되므로 이에 연구목표를 두고 최 적합한 주방쓰레기 처리기를 개발하였다. 현재 쓰레기 발생상황을 보면 1 일 발생량(發生量) 음식물 쓰레기는 1 만 1,237 톤이며, 1년 발생량(發生量)은 410 만톤 정도이다. 이것을 1인당으로 환산하면 2.3kg/일이 된다. 음식물 쓰레기 주요종류(種類)는 채소류 46 %, 곡류 22 %, 어육류 16 % 이며 과일류가 16 %로 되어있다. 음식물 쓰레기 발생 실태는 가정(家庭)이 53 %, 음식점(飲食店)에서 47 %가 발생하는 것으로 조사가 되어있다. 이러한 음식물 쓰레기로 소비(消費)되는 비용은 연간 8 조원이 되며, 처리비용은 4,000 억원에 이르고 있다. 이렇게 음식물 쓰레기로 처리되는 비용을 음식물 쓰레기를 효율적이고 환경적(環境的)으로 처리를 할 수가 있다면, 환경오염(環境汚染)을 줄이고 또한 처리비용(處理費用)으로 막대하

게 소비되는 돈을 줄일 수가 있다고 판단되어 본 제품을 개발하게 되었다.

한편 현재의 우리나라의 총 가구 수는 1천만 가구를 돌파하였고 매년 50~80만 가구(家口)가 늘어나고 있음에도 불구하고, 아직까지 주방 쓰레기 처리에 대한 대책 및 결과는 예상에 많이 미치지 못하고 있다. 그 원인으로는 가정 주부(主婦)들의 환경오염(環境汚染)에 대한 인식부족으로 인하여 분리수거를 철저히 못한 점도 있지만, 주된 이유는 현재의 물기가 있는 음식물 쓰레기 분리수거 방법을 손으로 직접 운반하여야 하는 번거로움과 악취를 발행시켜 주부의 혐오감(嫌惡感)을 주기 때문으로 생각이 된다. 특히 아파트 지역은 더욱 문제가 크다고 할 수 있다.

따라서 주방 쓰레기 발생억제 및 재활용(再活用)을 효율적(效率的)으로 실시하기 위해서는 이와같은 문제점(問題點)을 해결할 수 있는 가정용 주방 쓰레기 처리기의 개발이 절실히 요구되고 있다.

## 2. 기술개발(技術開發)방법 및 활용(活用)방안

### 2-1. 기술적(技術的) 측면

본 개발제품은 현재의 통용(通用)되는 기술과는 다른 원적외선과 음이온 조사에 의한 공기 풍량 조절에 의한 건조 기술과 주방의 편리성(便利性)과 시공성(施工性)에 적합한 빌트인화된 제품이며, 저 소음화(39 dB 이하) 절전화(58W)된 제품으로 자동화 및 매개체(효소 미생물 등)를 사용하지 않은 기술로서 쓰레기 배출량을 4인 가족 기준 (1회 200g)의 주방용 쓰레기를 1/5의 축소 건조(乾燥)됨으로서 7일~15일간 보관하여 월 2회~3회 처리를 하여 편리성과 환경 공해 방지에 극대화 할 수 있도록 개발을 하였다.

특히 음이온의 방출로 인하여 쾌적한 공간에서 주방 일을 할 수가 있도록 제품화가 되어있다.

## 2-2. 원적외선(遠赤外線)의 특성

적외선 방사(放射)에 대한 이론은 역사적으로 1800년 초에 영국의 윌리엄 허셀(F.W. Herschel)이 가시스펙트럼의 끝에서 장파장 측에 열효과가 큰 부분이 있다는 것을 발견을 하였고, 1835년에 앙페르(A. Ampere)는 이것이 가시광선(可視光線)과 같은 종류의 광파라는 것을 가르켜 오늘날의 적외선에 관한 기초를 구축하였다. 적외선 영역을 CIE 국제 조명집에 따르면  $0.78 \mu\text{m} \sim 1.4 \mu\text{m}$  영역을 근적외선,  $1.4 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$  영역을 중적외선,  $3 \mu\text{m} \sim 1,000 \mu\text{m}$  영역을 원적외선이라고 일반적으로 분류를 하고 있다. 이적외선은 전기적 성분과 자기적 성분이 서로 직각방향의 파를 이루며 같은 속도(速度)와 파장(波長)을 갖는 전자기 복사선이다. 이 전자기 복사선의 두 성분 중 전기장(電氣場)이 더 중요한 역할을 하는데 이는 빛이 물질(物質)에 입사(入射)하여 물질속의 전자와 빛의 전기적 성분이 서로 상호 작용을 하여 분자수준에서 활성화(活性化)가 일어나기 때문이다. 이로 인하여 물질의 물리화학적(物理化學的)인 정보(情報)를 얻을 수가 있을 뿐만 아니라 산업적(產業的)인 측면에서 많이 활용을 하고 있다.

열의 전달 방법에는 잘 알려진 것처럼 전도, 복사(輻射) 또는 방사(放射)가 있는데 이는 에너지의 한 형태인 이 전자기 복사선(輻射線)으로서, 전기적인 성분(成分)과 자기적인 성분으로 이루어진 전자파(電磁波)의 집단 또는 다발의 한 흐름으로 생각할 수 있다. 가가 집단은 개개의 입자(粒子) 또는 광양자(光量子)로 행동하며 또한 광양자(光量子)는 파동(波動)으로 기술할 수 있는 양면성(兩面性)을 가지고 있다. 이러한 원적외선의 물리화학적 성질과 특성(特性)을 발휘할 수 있는 원적외선 발열체를 개발하여 음식물 쓰레기 건조기에 사용하여 건조의 효율성을 높이고자 하였다.

## 2-3. 원적외선(赤外線)과 열에너지의 이동

물체의 온도(溫度)는 이 물질(物質)이 놓여있는 주위의 환경온도(環境溫度)와 같아지는 방향으로 상승 또는 하강한다. 따라서 물체와 주위환경(周圍環境) 사이에는 항상 열에너지의 출입이 계속 진행되어 물체는 에너지를 흡수 또는 방출하

여 주위의 온도와 같아 지고자한다. 이렇게되어 물체는 열 평형에 이르게 된다. 따라서 모든 물체는 주위보다 온도가 높은 동안은 열에너지를 방출하게 되고, 반대로 낮은 상태에서는 열에너지의 흡수체(吸收體)로 작용을 하게 된다. 물체가 에너지의 방사체(放射體)로 작용을 하게 되느냐 또는 흡수체(吸收體)로 작용을 하느냐를 결정하는 것은 오로지 물체와 주위온도 상황에 달려있다.

적외선(赤外線)은 전자파(電磁波) 중에서 일정한 진동수(振動數)를 가진 부분이며 원자(原子)의 진동(振動) 및 분자(分子)의 회전에너지가 이 영역에 속한다. 적외선(赤外線)은 자외선(紫外線) 및 가시광선(可視光線)과 마찬가지로 광선(光線) 진로에서, 그 파장 영역에 해당하는 흡수 물질이 있을 때는 그 물체에 흡수되면서 물체의 온도가 주위와 같아질 때까지 계속 상승 된다. 이때 방사체(放射體)는 방사에 의해서 뿐만 아니라 전도, 대류 등을 통해서 그 일부의 에너지를 잃게 되며, 피사체는 방사체가 잃은 방사에너지를 흡수하여 온도가 상승(上昇)을 하게 된다. 물체에 있어서 에너지의 방출 또는 흡수는 앞에서도 설명을 하였듯이 즉 전도(傳導), 대류(對流) 및 방사(放射) 중의 한가지 이상의 과정을 통해서 일어난다. 전도와 대류는 접촉되는 매체를 통해서 일어나는 에너지의 이동인데 반해서, 방사는 매체(媒體)와 관계없이 방사원(放射原)으로부터 방사되는 에너지를 피사체가 받을 때 피사체를 구성하고 있는 물질의 성질(性質)에 따라서 에너지가 선택적(選擇的)으로 흡수되는 상태이다. 그러므로 피사체의 종류와 특성 표면상태에 따라서 방사에너지를 흡수하는 상태가 다르며, 그로 인하여 서로 상호 작용하는 상태가 다르게 된다. 적외선은 다른 광선과 마찬가지로 전파(電波) 방향(方向), 파장(波長), 편위(編位)에 의해서 그 특성을 나타나게 된다.

본 개발제품의 음식물 쓰레기 건조기의 건조과정은 원적외선 방사에너지의 특성을 이용하여 건조가 되도록 설계제작을 하였다.

#### 2-4. 원적외선(遠赤外線) 가열작용(加熱作用)의 특성

원적외선 가열작용을 이용한 분야(分野)는 기계(機械), 식품공업(食品工業), 전자(電子), 화학(化學) 등의 산업에 확산(擴散)되기 시작하여 현재에는, 의

료, 건강증진을 위한 분야에서 뿐만 아니라 산업 전반에 응용 연구되고 있다. 원적외 복사선을 이용한 가열 작용의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

첫째: 모든 물질들은 그 물질의 고유의 흡수 파장을 갖고 있다. 이 파장에 해당하는 원적외선을 조사시키면 원적외선의 파장에 해당하는 에너지를 흡수하여 물질과의 상호작용(相互作用)이 일어나게 된다. 즉 가열작용이 일어나게 된다.

둘째: 원적외선을 물체에 조사(照射)시키면 흡수(吸收)되기도 하고 반사, 또는 투과(透過)되기도 한다. 표면에 흡수된 에너지는 열전도(熱傳導)에 의해서 내부(內部)로 전달되면서 가열된다. 즉 열전달(熱傳達) 형태는 복사(輻射)에 의한 전도(傳導)라고 할 수 있다.

셋째: 열매체(熱媒体)가 필요없이 직접 물체를 가열시키므로 건조(乾燥), 가열(加熱) 시간을 단축할 수 있다.

넷째: 침투(浸透)력이 약하기 때문에 두께가 두꺼운 것은 열전도가 느리므로 가능한 얇게 슬라이스해서 가열, 건조하는 것이 바람직하다.

원적외선 가열에 의해서 물질이 가열되는 경우, 에너지는 표면에서 내부로 이동(移動)하고, 내부의 온도가 시간이 경과함에 따라서 변화하기 때문에 비정상 열전달(熱傳達)로 해석을 할 수가 있다.

물질의 가열 상태를 살펴보면, 초기에 물질의 표면온도가 유지되고 있을 때, 그 표면에 방사에너지를 조사시켜서 표면을 일정온도로 가열하는 경우(열풍에 의한 가열)과 표면(表面)에 일정 열량(熱量)을 공급해서 가열하는 경우(원적외선 가열)를 생각할 수가 있는데, 본 연구에서 개발한 음식물 쓰레기 건조기는 상기 두 가지의 건조방법을 다 이용하여 건조의 효율성을 극대화한 제품이라고 볼 수 있다.

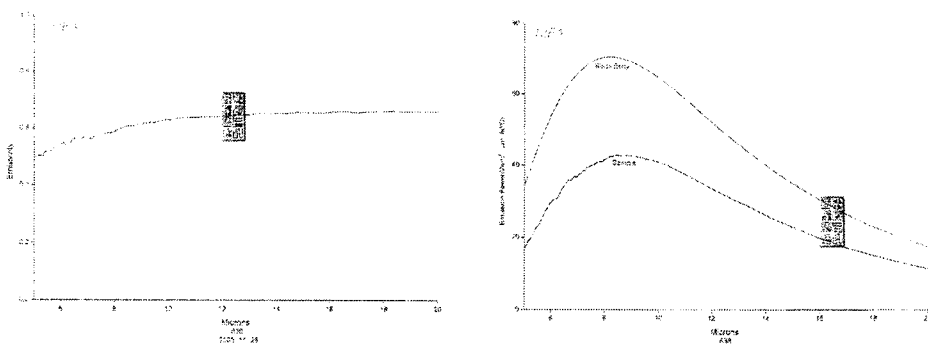
## 2-5. 원적외선(遠赤外線) 및 음(陰)이온 방출 코팅 발열체 개발

일반적으로 사용되는 발열체와는 달리 본 개발에 사용한 발열체는 PTC 발열체에 원적외선 방사물질(放射物質), 음이온 방출물질, 액상 무기물 결합(結合)제를 가하여 일정하게 2 시간정도 혼합을 한 다음

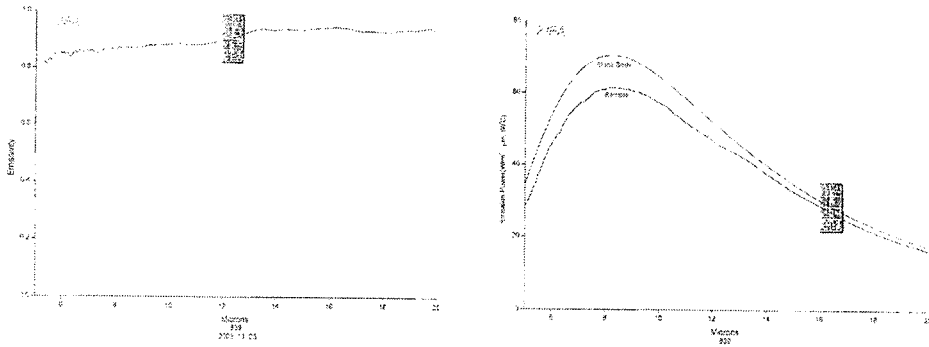
1 m/m 두께로 코팅을 하여 건조기(乾燥機)에 넣고 100°C이하에서 1시간정도 건조를 시킨 다음에 사용을 하였다. 원적외선 방사물질을 코팅시킨 발열체에서 방사되는 에너지는 일반 발열체보다 방사에너지 값이 45%가 증가를 하였다. 또한 쓰레기 건조 용기에 발생하는 악취는 모두 플러스 이온으로 대전이 되어 있는데 이곳에 음이온 1,066개/cc를 방출 시키므로써 악취와 음이온이 중화되어 제거되는 현상이 일어나게 되어 악취 발생이 일어나지 않게 된다고 본다. 본 개발 제품에 사용되는 원적외선 발열체의 방사율, 방사에너지 및 음이온 방출 개수를 표 1과, 그림 1에 각각 나타내었다.

표 1. 일반히터와 원적외선 방사물질 코팅 히터의 방사율, 방사에너지, 음이온 방출 비교표

구분 \ 시험항목	방사율(5~20 μm)	방사 에너지 (W/m <sup>2</sup> ·μm, 80°C)	음이온(수/cc)
일반히터	0.618	4.21×10 <sup>2</sup>	17
코팅히터	0.895	6.10×10 <sup>2</sup>	1,066



(A)



(B)

그림 1. 일반 발열체(A)와, 원적외선 방사물질 및 음이온 방출물질을 코팅한 발열체(B)의 방사율 및 방사에너지 특성곡선(80℃)

## 2-6. 개발제품 주 방쓰레기 건조기의 모형도

주방쓰레기 다용도 자동처리기 가장 중요한 점은 건조시스템에 열 침투력과 공기의 투입으로 쓰레기의 외부와 내부를 효율적으로 건조를 시킬 수 있는 원적외선 방사와 음이온 방출을 시킬 수 있는 물질을 코팅한 발열체를 사용하여 주방의 쓰레기를 월 2~3회의 가열 건조 처리를 할 수 있는 편리성과 환경오염방지를 극대화 할 수 있는 BUILT-IN TYPE으로 모형도는 그림 2와 같다.

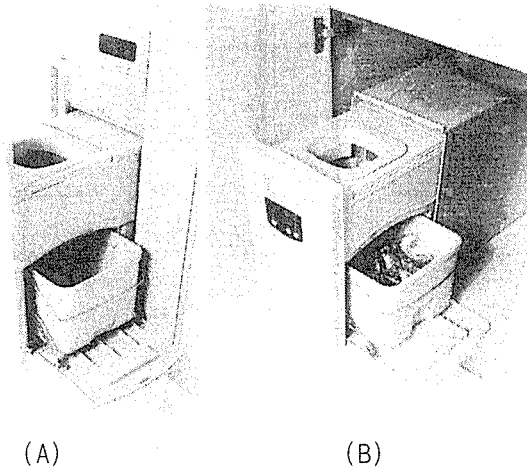


그림 2. 도어 부착형(A), 싱크대 내장형(B)의 모형도

### 3. 실험 방법 및 결과

#### 3-1. 무게 감량을 실험

- ① 본 개발제품의 음식물 쓰레기 처리기의 실제 사용의 적용성을 높이기 위해서 서울 한 음식점에서 배출되는 음식물 쓰레기를 실험에 사용을 하였다.
- ② 쓰레기 건조 실험은 6 일간 진행을 하였으며, 시료는 아침(10:00)에 300g, 점심(13:00)에 300g 그리고 저녁(18:00)에 300g으로 동일한 중량으로 측정을 하여 투입하였다.
- ③ 측정방법은 익일 아침 시료를 투입 하기 전에 쓰레기통 내부의 건조 쓰레기 무게를 측정하여 감량을 계산하였다.
- ④ 계산방법은 다음과 같은 식을 이용하여 계산을 하였다.

$$\text{무게 감량율(\%)} = \frac{\text{투입량} - \text{건조후중량}}{\text{투입량}} \times 100$$

- ⑤ 계산한 실험 결과는 다음 표 2와 같다.



표 2. 무게 감량을 실험 결과표

항목 일	투입양(g)	건조 후 무게(g)	건조 후 수분 감량(g)	무게 감량율(%)	비 고
1 일 후	600	138	462	77	
2 일 후	1,500	352	1,148	77	
3 일 후	2,400	585	1,815	76	
4 일 후	3,300	897	2,403	73	
5 일 후	4,200	1,182	3,018	72	
6 일 후	4,500	1,146	3,154	75	

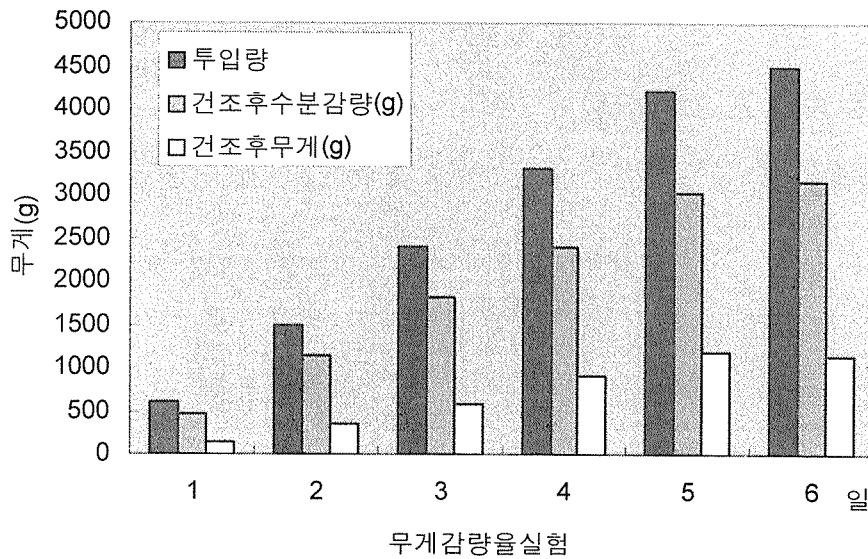


그림 3. 건조 전·후의 무게 감량

⑥ 본 연구에서 개발한 발열체를 이용하여 실험한 결과를 상기 표 2에서 살펴 보면 1, 2일 후까지는 77 %의 무게 감량율을 보이다가 3일 후부터 5일까지는 무게 감량율이 감소하는 현상을 보이는데 이는 적층되는 쓰레기로 인하여 속까지 침투되는 수분이 미처 증발되지 못한 것에서 오는 현상이며, 다시 6일 후부터 증가를 보이는데 이는 다시 투입되는 쓰레기의 수분이 속까지 침투되기 전에 증발현상이 일어나기 때문이다. 상기 실험의 결과에서 오는 무게 감량율의 평균 75 %는 대단히 양호한 것으로 생각한다.

### 3-2. 함수율 실험

- ① 상기 3-1의 무게 감량을 실험을 완료한 후 최종 무게를 측정한다.
- ② ①에서 측정한 쓰레기를 건조기(Max. Temp. 300 ℃)에 넣고, 100 ~ 110 ℃에서 18시간 동안 완전건조하여 무게를 측정하였다.
- ③ ①에서 측정한 무게와 ②에서 측정한 무게의 차를 이용하여 함수율을 계산하였다.
- ④ 함수율을 다음식을 이용하여 계산을 하였다.

$$\text{함수율(\%)} = \frac{\text{무게 감량을 실험후 쓰레기의 무게} - \text{완전 건조후 쓰레기 무게}}{\text{무게 감량을 실험후 쓰레기의 무게}} \times 100$$

- ⑤ 실험결과는 다음 표 3과 같다.

표 3. 함수율 실험의 결과표

구 분	무게 감량을 실험한 후 쓰레기 무게(g)	완전 건조를 한후 쓰레기 무게(g)
측 정 값	1,146	1,011

$$\text{함수율(\%)} = 11.8 \%$$

- ⑥ 상기실험의 결과인 함수율 11.8 %는 건조된 쌀과 종이의 함수율이 약 12 %인 것을 생각하면 상당히 양호한 것으로 판단된다.

### 3-3. 수분 제거율 실험

- ① 수분제거율 실험을 하기 위해서 각기 다른 4 개의 1ℓ 정도 되는 실험 용기를 깨끗이 세척을 한 다음 건조를 하여 무게를 측정하였다.
- ② ①에서 준비한 실험 용기에 물 흡수력이 우수한 스폰지를 건조한 상태로 넣고 무게를 측정하였다.

- ③ ②의 실험용기에 스폰지를 넣은 상태로 하여 물 300g을 부어 스폰지를 충분히 적신다.
- ④ 상기 실험용기를 음식물 쓰레기 처리기에 넣고 4시간 동안 건조를 시킨 후 무게를 측정하였다.
- ⑤ 수분제거율은 다음 식을 이용하여 계산을 하였다.

$$\text{수분제거율(\%)} = \frac{\text{4 시간후 증발된 물의 양}}{\text{투입된 물의 양}} \times 100$$

- ⑥ 실험 결과는 다음 표 4와 그림 4와 같다.

표 4. 수분제거율 실험의 결과표

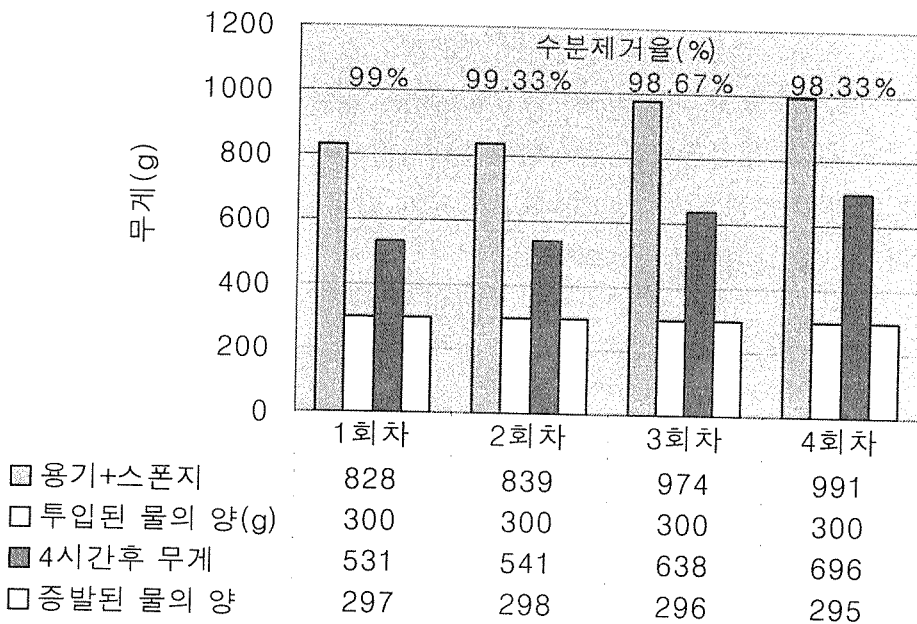


그림 4. 수분 제거율 실험

- ⑦ 실험의 편의상 쓰레기 건조기에相当하는 일반적인 용기를 깨끗이 세척을 하여 건조를 시킨 다음, 물을 잘 흡수하는 스폰지를 용기에 넣고 매 회차마다 물 300 g을 넣어서 수분제거율 실험을 하였다. 실험을 한 결과 평균 98.83 %의 수분 제거율을 보였는데, 이는 물 300 g이 4 시간 정도 지나면 전량의 수분이 제거되는 현상을 보이고 있다.

### 3-4. 냄새 누설 실험

- ① 음식물 쓰레기 처리기 내부에 암모니아 가스 주입이 가능하도록 가스주입 호스를 연결한다.
- ② 음식물 쓰레기 처리기를 비닐 백으로 완전하게 밀봉하고 암모니아 가스 센서를 비닐 백 내부에 설치한다.
- ④ 음식물 쓰레기 처리기에서 나오는 냄새를 배출하기 위한 호수는 비닐 백 외부로 인출시킨다.
- ⑤ 가스 주입호수를 통하여 암모니아 0.9 ml/5l 농도로 하여 투입을 한다.
- ⑥ 상기와 같이 실험장치를 설치하여 24 시간 동안 작동을 시켰다.
- ⑦ 실험결과 가스센서에서 암모니아 가스가 검출되지 않았다.
- ⑧ 실험 장치는 다음 그림 5와 같다.

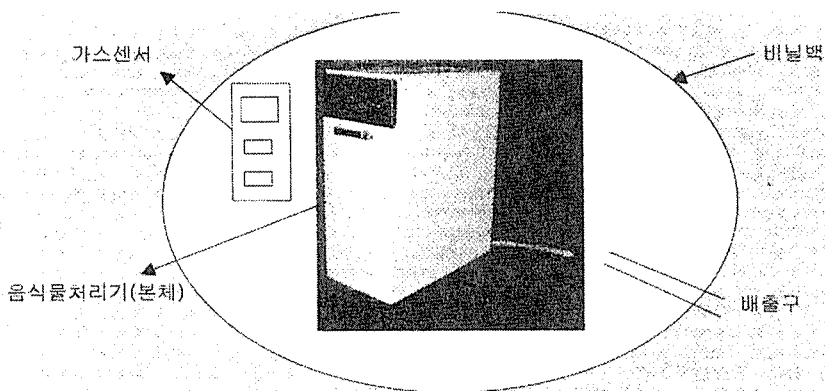


그림 5. 냄새누설 실험장치 모형도

### 3-5. 소음 성능 시험

- ① 소음성능 시험을 하기 위해서 완전 무음 성능이 갖추어진 시험실안에 음식물 쓰레기 처리기를 측정센서의 기계로부터 1m, 높이 50cm가 되도록 설치를 하였다.
- ② 측정방법은 음식물 쓰레기 처리기의 쓰레기 투입구의 문을 열었을 때와, 닫았을 때의 소음을 각각 측정하였다.
- ③ 무음 성능이 갖추어진 시험실의 모형과 실험 측정기의 설치 모형도 는 다음 그림 6과 같으며, 실험결과는 표 5와 같다.

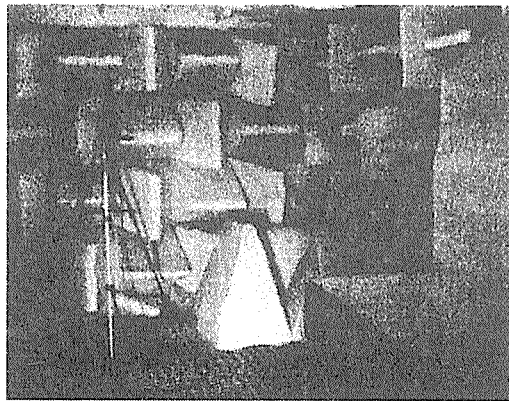


그림 6. 소음 성능시험의 장치모형도

표 5. 소음 성능 시험의 결과표

실험 조건	측정치(dBA)
투입구 문 열었을 때	51.3
투입구 문 닫았을 때	39.8

- ⑤ 상기의 실험에서 측정된 소음도는 주거지역의 한밤의(22시에서 05시까지) 소음도가 45 dB 이하인 점을 생각하면 상당히 저소음이라고 생각된다.

#### 4. 결 론

원적외선(遠赤外線)을 이용하여 가열특성(加熱特性)을 산업(産業)에 적용한 분야는 대단히 많으며 이러한 연구는 계속적으로 진행이 되고 있다.

본 연구에서도 원적외선 방사(放射)와 음이온 방출(放出)을 할 수 있는 방사체(放射體)를 제작하여 음식물 쓰레기 건조기(乾燥機)에 장착하여 실제적인 적용성을 고려하여 실험을 하였다.

1. 실험을 한 결과 음식물 쓰레기 무게 감량율은 약 75 % (6일후)수준으로 확인이 되었고, 함수율은 11.8%, 수분 제거율 98.8 %의 측정 결과를 얻었다. 이는 음식물 쓰레기의 수분건조효과가 높아 함수율이 낮아지고 수분 건조(乾燥)에 따른 무게 감량이 급격하게 진행됨을 알 수가 있었다.
2. 본 음식물 쓰레기 건조기(乾燥機)에 사용한 원적외선 방사체는 일반 발열체(發熱體)보다 방사 에너지 값이 45 %(80 ℃) 증가를 하였으며, 이로 인하여 건조속도는 일반 발열체를 사용했을 때보다 현저하게 증가되는 것을 확인 할 수가 있었다. 또한 음이온 다량의 방출로 인하여 냄새를 지극히 줄일 수가 있고 또한 쾌적한 상태에서 주방 일을 할 수 있을 것이라 사료가 된다.
3. 본 연구에서 개발(開發)한 제품은 음식물 쓰레기를 효율적(效率的)이고 환경적(環境的)으로 처리를 하여 환경오염(環境汚染)을 줄이고 또한 처리비용(處理費用)으로 막대하게 소비(消費)되는 돈을 줄임으로써 가정의 이익과 기업(企業)의 이윤을 추구하여 서로 상호(相好) 증진(增進)하는데 일조를 할 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 池哲根, “遠赤外線의 특성과 응용”, 韓國遠赤外線協會 出版 (2000)
2. 정해성 역, “기초 원적외선 공학”, 겸지사(1977)
3. 이원복 역, “마이너스 이온의 비밀”, 한국원적외선 응용연구소(2002)
4. 한국조명전기설비학회, “조명 전기설비학회지”, p. 4(2001)
5. 한국원적외선협회, “한국원적외선협회보”, p. 31(2003)
6. 日本遠赤外線應用研究會, 韓國遠赤外線協會, 日·韓遠赤外線ソポゾム  
P. 67(2002)
7. 한국원적외선협회, “원적외선 자료집”, p. 205(2000)
8. 菅原明子 著, “快適 マイナスイオン生活のすすめ”, PHP 研究所(2002)