

## 음식물쓰레기의 세척이 호기성 퇴비화에 미치는 영향

박석환<sup>†</sup>

서원대학교 환경건설정보학과

## Effects of Washing of Food Wastes on Aerobic Composting

Seok Hwan Park<sup>†</sup>

Department of Environmental, Civil and Information Systems, Seowon University

(Received July 9, 2003; Accepted February 20, 2004)

### ABSTRACT

This study was performed to estimate the effects of washing of food wastes on temperature, pH, weight and volume reduction and salinity in aerobic composting of food wastes. Weight ratios of food wastes to water in washing were 1:0(Control), 1:1(W-1), 1:2(W-2), 1:3(W-3) and 1:4(W-4), respectively. Ratios of food wastes to wood chips in reactor of Control, W-1, W-2, W-3 and W-4 were 5 kg:5 l, respectively. Reactors were operated for 24 days with 1 hour stirring by 1 rpm and 2 hours aeration per day. The increase in the ratio of food wastes to water used in washing resulted in the decrease of the highest reaction temperature and the elongation of the high temperature reaction period. The lowering of the ratio of food wastes to water used in washing resulted in faster pH increase and the steady state in the weight reduction rate and the volume reduction rate of composts. The final salinities of Control, W-1, W-2, W-3 and W-4 were 0.95%, 0.73%, 0.65%, 0.57% and 0.41%, respectively.

**Keywords:** food wastes, aerobic composting, washing, salinity, wood chips

### I. 서 론

음식물쓰레기는 우리나라의 생활쓰레기 발생량 중 그 비중이 가장 크다. 2000년도 우리나라 생활쓰레기의 발생량은 1일 46,438톤이었는데, 이 중에서 음식물쓰레기가 25%인 11,434톤 발생하였다. 또한 음식물쓰레기는 종이, 병류, 캔류 등 재활용품을 빼면 50-60%에 이르고 있다. 배출원별로 음식물쓰레기의 발생량을 살펴보면 가정이 53% 음식점이 47%를 차지하며, 1인당 발생량은 가정에서 0.3 kg, 음식점에서 2.3 kg으로 나타났다. 음식물 조성에 따른 발생함량은 채소류가 40.7%, 곡류가 30.6%, 어육류가 13.3%, 과일류가 9.3%, 이물질이 6.1%로 나타났다.<sup>1)</sup>

일반적으로 음식물쓰레기는 80-85% 전후의 높은 수분함량을 보인다. 이로 인하여 음식물쓰레기는 부패하기가 쉽고, 부패하면서 오수와 악취를 발생시켜 재활용

품과 섞이게 되면, 재활용품의 품질을 떨어뜨리며, 또한 저장, 운반, 처리, 처분, 처분 후 과정에서도 많은 문제점들을 야기한다. 따라서 음식물쓰레기를 감량화하고 재활용한다면 생활쓰레기 문제의 가장 큰 부분을 해결하는 것으로 볼 수 있다.<sup>2-4)</sup>

또한, 좁은 국토, 침출수 발생과 지하수 오염, 주민의 반대 등으로 인하여 폐기물에 대한 매립지 확보가 어려워진 상황에서, 특별시, 광역시 또는 시 지역에서 발생하는 음식물쓰레기의 경우 2005년 1월 1일부터 직매립이 금지되었다.<sup>5)</sup>

이와 같은 상황에 대비하는데 있어서, 각 국가마다 발생하는 음식물쓰레기의 형태와 특성 등이 다르기 때문에, 우리나라 음식물쓰레기의 특성에 맞는 처리 및 처분 방안을 마련할 필요가 있다. 특히, 우리나라의 음식물쓰레기로부터 만들어진 퇴비의 경우, 높은 염분도가 직물의 성장에 영향을 미쳐 그의 보급에 중대한 걸림돌이 되어왔다. 현재 우리나라 음식물쓰레기 퇴비화 시설의 공통된 문제점은 생산단계에서의 악취문제와 시비단계에서의 염분도문제이다. 따라서 염분도 저감을 위한 연구는 음식물쓰레기의 재활용 촉진을 위해 반드시

<sup>†</sup>Corresponding author : Department of Environmental, Civil and Information Systems, Seowon University  
Tel: 82-43-261-8724, Fax: 82-43-261-8720  
E-mail : shp@seowon.ac.kr

시 필요한 분야라고 할 수 있다.

이와 관련된 연구로서, 박<sup>6)</sup>의 연구에서 최초의 음식물쓰레기의 염분도가 낮을수록 퇴비화과정 중 부피 및 무게감소율이 더 커지고, 총질소 및 총인의 농축정도가 증가하는 것으로 나타났으며, 강<sup>7)</sup>의 연구에서는 음식물쓰레기와 톱밥을 부피비로 6:4로 혼합해서 호기성 퇴비화를 진행시켰을 때, 최종염분도가 0.43-0.46%로 되었다고 주장하였다. 그러나 박<sup>8,9)</sup>의 연구에서는 일반적으로 퇴비화가 진행될수록 염분도가 농축, 증가하는 것으로 나타났다. 또한 배<sup>10)</sup>의 연구에서는 염분도가 1%까지는 식물에 대한 영향이 적었으나 2-3%에서 영향을 나타내기 시작하여 6%에서는 매우 크게 영향을 미친다고 주장하였고, 박<sup>11)</sup>의 연구에서는 염분도 1%에서 배추의 발아율이 97%이었으나, 염분도 1.5%에서는 8.0%로 급격히 감소한다고 주장한 바 있다.

이에 본 연구에서는 음식물쓰레기에 대한 호기성 퇴비화 처리에 있어서, 효율적이고 경제적인 처리를 달성하고자 음식물쓰레기를 물로 세척한 후에 퇴비화를 진전시킴으로서 염분도를 저하시키는 등 효과적인 퇴비화 방안을 강구하는데 있으며, 세척 정도에 따라 처리 효율 및 숙성도를 알아보기 위하여 온도, pH, 무게와 부피감소율, 염분도 등을 측정, 분석, 비교하였다.

## II. 연구방법

### 1. 장치 및 재료

본 실험에 사용된 퇴비화 장치는 Fig. 1과 같으며, 내부치수는 W500×H600×D350 mm로, 유효용적 40 L 크기의 스테인레스 재질의 반응기로서, 바닥 부분은 교반 시에 사각지대를 없애기 위해 교반날개의 회전반경에 맞추어 원형으로 제작되었다. 부가장치로 송풍기, 온도조절장치, 교반기, 투입구 및 배출구와 이를 제어하기 위한 제어함이 부착되어 있다.

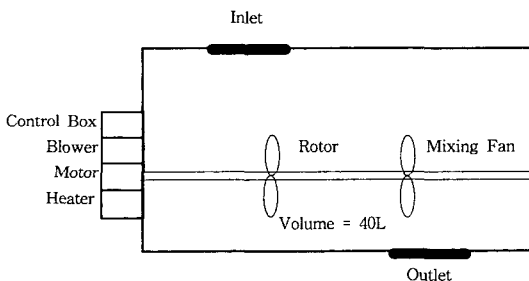


Fig. 1. Schematic diagram of laboratory-scale composting reactor system.

### 2. 실험조건

음식물쓰레기 시료는 각각 1회 300명과 200명 이상의 급식능력을 갖춘 2개의 집단급식소로부터 3회에 걸쳐 채취하여, 이물질 제거, 혼합, 절단, 균질화한 후, 초기 수분함량이 너무 많아서 3시간 동안 음지에서 건조시켰다. 음식물쓰레기 시료 10 kg씩에 대하여 증류수를 각각 0 l(Control), 10 l(W-1), 20 l(W-2), 30 l(W-3) 및 40 l(W-4)를 가하여 5분간 혼합한 후, 플라스틱 용기에 옮겨 30분간 증력에 의해 물을 빼낸 후, 음지에서 3시간 건조한 다음, 각각 5 kg씩 취한 후 이에 대해 목재세편을 각각 5 l씩 혼합하여 반응조에 투입한 후, 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍으로 24일 동안 운전하면서 온도, pH 등의 항목들의 경시적 변화를 측정, 비교, 분석, 고찰하였다.

### 3. 분석방법

본 실험에서 실내온도와 시료의 온도를 측정하였고, 이미 무게와 부피를 알고 있는 용기에 시료를 옮긴 후, 내용물의 무게와 부피를 측정하였다. 이 중 일부 시료를 200 ml 비이커에 채우고 10여회 다진 후 증류수를 첨가하여 그 첨가량으로 개략적인 공극률을 측정하였고, 이어서 pH와 전도도를 측정하였다. 수분함량 및 고형물 함량은 폐기물공정시험방법에 따라 105°C에서 4시간 건조하여 측정하였고, 회분함량은 600°C에서 30분간 강열한 후 측정하였다. NaCl 함량은 Mohr 법에 따라 시료에 지시약으로서 7.5% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>를 넣은 다음 0.02 N AgNO<sub>3</sub> 용액으로 적정하여 측정하였고, TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 사용하여 전처리한 시료를 Semi-micro-Kjeldahl Method에 따라 측정하였고,<sup>12-14)</sup> TOC(Total Organic Carbon) 함량은 TOC = (100 - %Ash)/1.8(%)로부터 구하였다.<sup>15)</sup>

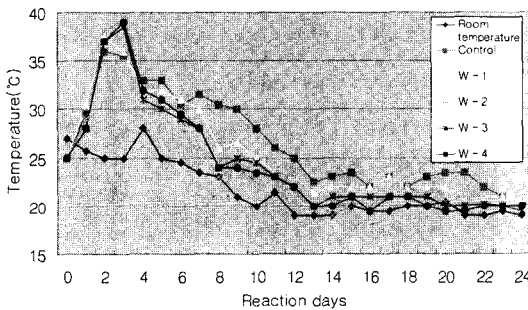
## III. 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 음식물쓰레기와 목재세편의 물리화학적 특성이 Table 1에 제시되어 있다.

음식물쓰레기의 pH 4.49는 목재세편의 pH 5.27보다는 낮게 나타났다. 목재세편의 겉보기 밀도와 습도는 음식물쓰레기에 비해 월등히 낮고, 또한 공극률은 음식물쓰레기에 비해 매우 높아서, 목재세편의 팽화제로서의 역할을 기대할 수 있었다. C/N비는 음식물쓰레기가 22.1, 목재세편이 29.8을 나타내었다. 염분도와 전도도에 있어서는 음식물쓰레기가 목재세편에 비해 매우 높은 것으로 나타났는데, 이는 세계보건기구(WHO)의 소금에 대한 섭취 권장량 6 g인·일 보다 훨씬 많은 우

**Table 1.** Physico-chemical properties of food wastes and wood chips

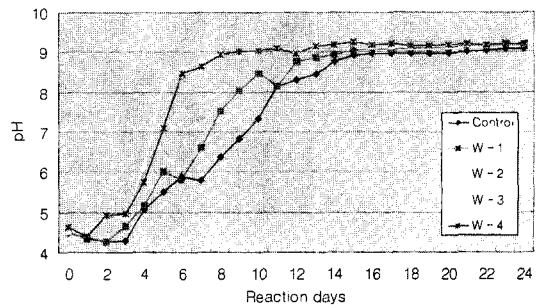
Items	Units	Food wastes	Wood chips
pH	-	4.49	5.27
Apparent density	kg/l	0.98	0.32
Porosity	%	52.0	84.0
Moisture content	%	61.6	8.2
Total solid	%	38.4	91.8
Ash content	%	4.12	1.80
TOC	%	53.3	54.6
TKN	%	2.41	1.83
C/N ratio	-	22.1	29.8
Salinity	%	0.35	0.09
Conductivity	mS/m	49.7	8.3



**Fig. 2.** Comparison of temperature changes by reaction days.

리나라의 소금 섭취량 20 g/인·일 때문인 것으로 판단된다. 결국, 목재세편의 첨가가 음식물쓰레기의 퇴비화에 있어서 공극률을 확대해주고, 염분도를 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.<sup>16-18)</sup>

반응일수의 경과에 따른 실내온도와 각 반응물의 온도의 변화는 Fig. 2에 제시되어 있다. 대조군의 경우 반응일수 2일 후 36.0°C를 보인 후, 반응일수 9일 후 까지 즉, 8일 동안 30.0°C 이상의 온도를 나타내었고, 이때 최고온도는 36.0°C이었다. W-1, W-2, W-3 및 W-4의 경우 각각 7일, 5일, 4일 및 4일 동안 30.0°C 이상의 온도를 나타내었고, 이때 최고온도는 각각 37.5°C, 39.5°C, 38.5°C 및 39.0°C를 나타내었는데, 이는 결국, 음식물쓰레기에 대한 세척의 정도가 클수록 30°C 이상 지속되는 기간이 짧아짐을 의미하며, 이는 또한 호기성 퇴비화가 그만큼 빨리 진행된다는 것을 의미하는데, 그 이유로는 세척에 의한 염분도의 저감에 의해 미생물에 의한 퇴비화 속도가 증가할 뿐만 아니라, 세척에 의해 미생물이 분해해야 할 유기물이 다량으로 빠져나갔기 때문인 것으로 판단된다. 또한 최고온



**Fig. 3.** Comparison of pH changes by reaction days.

도는 대조군과 W-1의 경우처럼 세척의 정도가 약한 경우가 세척의 정도가 강한 W-2, W-3 및 W-4의 경우에 비하여 낮게 나타났고, 30°C 이상 지속되는 기간이 길은 것으로 보아 퇴비화 속도가 느리고 오랫동안 지속됨을 알 수 있었다. 이러한 사실로 판단하건대, 음식물쓰레기의 퇴비화에 있어서, 퇴비화 효율 제고 및 염분도 제거를 위한 세척효과를 보기 위해서는 세척시 음식물쓰레기에 대한 물의 투입비를 무게비로 2:1(물:음식물쓰레기) 이상으로 해야 할 것으로 판단된다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 pH의 변화가 Fig. 3에 제시되어 있다. 대조군, W-1, W-2, W-3 및 W-4의 최초 pH는 각각 pH 4.49, pH 4.52, pH 4.54, pH 4.59 및 pH 4.64를 나타내었는데, 이는 음식물쓰레기에 대한 세척의 정도가 클수록 유기물 중의 유기산 등이 많이 씻겨나가 결국 pH가 점점 증가한 것으로 판단된다. 대조군의 경우, pH 9.00에 도달되는 시점이 반응일수 21일 후이었으며, W-1, W-2, W-3 및 W-4의 경우 이에 도달되는 시점이 각각 반응일수 15일, 10일, 9일 및 9일 후이었다. 앞에서의 온도의 경우와 연관지어 생각해볼 때, 세척의 정도가 클수록 음식물에 대한 호기성 분해가 빨라지고, 이에 따라 pH 9.00에 도달되는 시점이 빨라지는 것으로 판단된다. 또한, 20일 이후로는 전체적으로 pH 9.00 부근으로 수렴되는 경향을 나타내어 퇴비화가 거의 완료되었음을 나타내주고 있으며, 따라서 이렇게 수렴되는 pH 수치로서 퇴비화의 완성단계를 결정할 수 있을 것으로 판단된다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 대조군과 W-1에 비하여 W-2, W-3 및 W-4의 기울기 즉, pH 증가속도가 빠르고 또한 pH 9.00에 도달되는 시점이 빠른 것으로 판단하건대, 온도의 경우에서와 마찬가지로 음식물쓰레기의 퇴비화에 있어서, 퇴비화 효율 제고 및 염분도 제거를 위한 세척효과를 보기 위해서는 세척시 음식물쓰레기에 대한 물의 투입비를 무게비로 2:1 이상으로 해야 할 것으로 판단된다.

**Table 2.** Comparison of weight changes by reaction days

(Unit : kg)

Reaction days	Control	W-1	W-2	W-3	W-4
0	6.60(0.0 <sup>*</sup> )	6.60(0.0)	6.60(0.0)	6.60(0.0)	6.60(0.0)
4	5.87(11.1)	5.62(14.9)	5.27(20.2)	5.10(22.7)	5.08(23.0)
8	5.26(20.3)	5.19(21.4)	4.65(29.6)	4.17(36.8)	4.14(37.3)
12	4.74(28.2)	4.69(28.9)	3.98(39.7)	3.99(39.6)	4.03(38.9)
16	4.46(32.4)	3.91((40.8)	3.78(42.7)	3.80(42.4)	3.88(41.2)
20	4.18(36.7)	3.78(42.7)	3.64(44.9)	3.71(43.8)	3.72(43.6)
24	4.10(37.9)	3.76(43.0)	3.54(46.4)	3.51(46.8)	3.60(45.5)

\*Values in parenthesis are rates in weight reduction(%).

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 무게감소율의 변화가 Table 2에 제시되어 있다. 대조군의 경우 무게가 서서히 그리고 완만하게 감소함을 나타내고 있는데, 그 만큼 미생물에 의한 유기물의 분해속도가 느리고 오랫동안 지속되고 있음을 보여주었고, 반응일수 24일 경과 후의 무게감소율은 37.9%로 다른 시료에 비하여 월등히 낮았으며, 대조군을 제외한 나머지 시료들의 최종 무게감소율은 대조군보다 높은 43.0-46.8%를 나타내었다. 또한 W-1의 경우 반응일수 16일 경과 후부터 무게감소율의 일정성을 보여주었고, W-2의 경우 12일 경과 후부터, W-3과 W-4는 각각 8일 후부터 일정성을 보여주어, 세척의 정도가 클수록 무게감소율의 일정성을 빨리 나타내어, 음식물쓰레기의 호기성 분해가 빨리 종결되고 있음을 알 수 있었다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 부피감소율의 변화가 Table 3에 제시되어 있다. 대조군의 경우 반응기간 내내 지속적으로 그리고 완만하게 부피감소율이 증가하고 있음을 나타내어 더딘 퇴비화 속도를 보여주었고, 반응일수 24일 경과 후의 대조군의 부피감소율은 31.1%로 다른 시료에 비해 매우 낮았으며, 대조군을 제외한 나머지 시료들의 부피감소율은 40.0%-

43.3%를 나타내었다. 이 수치는 이들의 무게감소율 43.0%-43.3% 보다는 낮게 나타났는데, 그 이유는 퇴비화가 진행되면서 팽화제로 사용된, 리그닌이 주성분인 목재세편의 특성상 겉보기 밀도가 낮아서 부피를 많이 차지하고, 그 부피가 거의 감소하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 무게감소율에서와 마찬가지로 부피감소율에 있어서도 W-1, W-2, W-3 및 W-4의 경우, 각각 반응일수 16일, 12일, 8일 및 8일 후부터 일정성을 나타내었다. 즉, 세척의 정도가 클수록 부피감소율의 일정성을 빨리 나타내어 퇴비화가 빠르게 종결됨을 알 수 있었다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조 내 시료의 염분도의 변화가 Fig. 4에 제시되어 있다. 대조군의 경우 앞에서의 각종 지표에서와 마찬가지로 반응기간 내내 지속적으로 염분도가 농축되고 있음을 확인하였는데, 최초 염분도 0.35%에서 최종 염분도 0.95%로 약 2.7배 증가하였고, 따라서 이의 재활용에는 또다른 후처리 공정이 필요한 것으로 판단된다. 즉, '유기성 오니 등을 토지개량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 고시(환경부고시 제 2000-78호)'<sup>19)</sup>에 따르면, 부숙토의 제품기준으로서 염분(NaCl)은 1% 이하이어야 하

**Table 3.** Comparison of volume changes by reaction days

(Unit : l)

Reaction days	Control	W-1	W-2	W-3	W-4
0	9.0(0.0 <sup>*</sup> )	9.0(0.0)	9.0(0.0)	9.0(0.0)	9.0(0.0)
4	8.2(8.9)	7.2(20.0)	7.0(22.2)	6.7(25.6)	6.4(28.9)
8	7.6(15.6)	6.4(28.9)	6.2(31.1)	5.9(34.4)	5.8(35.6)
12	7.0(22.2)	6.0(33.3)	5.7(36.7)	5.7(36.7)	5.6(37.8)
16	6.8(24.4)	5.6(37.8)	5.5(38.9)	5.6(37.8)	5.5(38.9)
20	6.4(28.9)	5.5(38.9)	5.4(40.0)	5.5(38.9)	5.3(41.1)
24	6.2(31.1)	5.4(40.0)	5.2(42.2)	5.3(41.1)	5.1(43.3)

\*Values in parenthesis are rates in volume reduction(%).

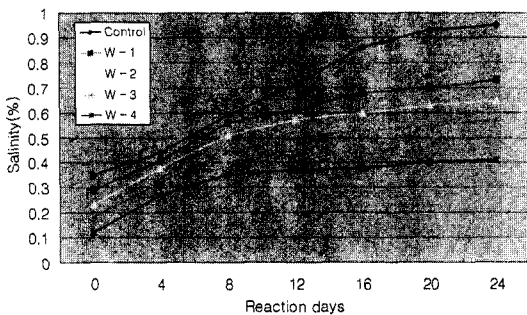


Fig. 4. Comparison of salinity changes by reaction days.

므로, 원료로서 음식물쓰레기의 원래의 염분도가 조금만 높다면 결국 대조군의 최종산물의 염분도는 1%를 넘을 수 있기 때문에, 이를 퇴비로서 사용하기 위해서는 염분도가 낮은 다른 원료와의 혼합 등의 추가적 공정이 요구된다고 할 수 있다.<sup>20,21</sup> 또한, 시료 W-1, W-2, W-3 및 W-4의 경우 최초 염분도는 각각 0.29%, 0.23%, 0.18% 및 0.12%이었고 최종 염분도는 각각 0.73%, 0.65%, 0.57% 및 0.41%로, 농축배수는 각각 2.5배, 2.8배, 3.2배 및 3.4배이었다. 최종염분도를 비교했을 때, 이는 음식물쓰레기에 대한 세척을 시행하지 않고 팽화재로 볏짚을 사용한 경우의 2.44-3.04%나 하수슬러지를 사용한 경우의 1.61-2.28% 보다는<sup>8)</sup> 월등히 낮았다. 무게 및 부피감소율에서 관찰된 바와 마찬가지로 염분농축정도 또한 세척의 정도가 클수록 빨리 일정성에 도달함을 보여 주었다. 이상을 종합해 보건대, 효율적인 퇴비화와 염분도의 저감을 위한 세척은 음식물쓰레기에 대한 물의 투입비를 무게비로 2:1 이상으로 유지하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

음식물쓰레기를 물로 세척한 후에 호기성 퇴비화를 진전시킴으로서 염분도를 저하시키는 등 효과적인 퇴비화 방안을 강구하고자, 음식물쓰레기 10 kg씩에 대하여 증류수를 각각 0 l(Control), 10 l(W-1), 20 l(W-2), 30 l(W-3) 및 40 l(W-4)를 가하여 세척하여 음식에서 3 시간 건조 후, 각각 5 kg씩 취한 후 이에 대해 목재세편을 각각 5% 혼합하여 반응조에 투입한 후, 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍으로, 24일 동안 운전하면서 온도, pH 등의 항목들의 경시적 변화를 측정, 비교, 분석, 고찰한 결과는 다음과 같다.

1) 대조군과 W-1의 경우처럼 세척의 정도가 약한 경우가 세척의 정도가 강한 W-2, W-3 및 W-4의 경우에

비하여 최고온도는 낮게 나타났고, 30°C 이상 지속되는 기간은 길어지는 것으로 나타났다.

2) 세척의 정도가 클수록 음식물에 대한 호기성 분해가 빨라지고, 이에 따라 pH 9.00에 도달되는 시점이 빨라지는 것으로 나타났다.

3) 세척의 정도가 클수록 무게감소율과 부피감소율의 일정성을 빨리 나타내어, 음식물쓰레기의 호기성 분해가 빨리 종결됨을 나타내었다.

4) 대조군의 최종 염분도는 0.95%이었으며, W-1, W-2, W-3 및 W-4의 최종 염분도는 각각 0.73%, 0.65%, 0.57% 및 0.41%이었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2003년도 서원대학교 학술연구비 지원에 의한 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 환경부 : 환경통계연감, 14, 121-124, 2001.
2. 김남천 : 발효된 음식폐기물의 사료화 잠재력에 관한 연구. 유기성폐기물자원화협의회지, 3(1), 13-20, 1995.
3. 장기운, 이인복, 임재신 : 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정 중 이화학적 특성의 변화. 한국유기성폐기물자원화협의회지, 3(1), 3-11, 1995.
4. 신항식, 황용주, 김구용 : 소멸식 퇴비화 장치의 운전 성능 평가. 한국유기성폐기물자원화학회 가을 학술대회 발표논문집, 11-19, 1997.
5. 환경부 : 폐기물관리법 시행규칙 별표-4. 6-12, 2000.
6. 박석환 : 염분도와 수분함량이 음식폐기물의 호기성 퇴비화에 미치는 영향. 한국환경위생학회지, 24(1), 120-131, 1998.
7. 강창민, 김병만, 정일현 : 음식쓰레기의 퇴비화공정의 적정운전조건 검토. 폐기물자원화, 11(2), 117-124, 2003.
8. 박석환 : 음식물쓰레기의 호기성퇴비화에 있어서 볏짚과 하수슬러지케이크가 미치는 영향에 관한 비교 연구. 한국환경위생학회지, 29(1), 43-50, 2003.
10. 배재근, 주요섭, 박정수 : 음식물쓰레기 염분(NaCl)농도가 퇴비화 및 식물성장에 미치는 영향. 폐기물자원화, 10(4), 103-111, 2002.
11. 박석환 : 음식폐기물로부터 유도된 퇴비가 채소류의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한국환경위생학회지, 27(3), 21-26, 2001.
12. 환경부 고시 제 91-73호 : 수질오염공정시험방법. 122-124, 1996.
13. 환경부 고시 제 96-32호 : 폐기물공정시험방법. 83-87, 1996.
14. APHA, AWWA and WEF : Standard Methods. 19th ed., 4 · 90-4 · 95, 1995.
15. 노재성 : 무기계 고휘폐기물을 수분조절제와 탄소공급원으로 한 축분의 퇴비화에 관한 연구. 한국폐기물학회지, 11(3), 389-397, 1994.
16. 이기열 : 식이요법. 수화사, 서울, 205-215, 2001.

17. 홍순명, 최석영, 송재철, 유리나 : 건강과 영향. 울산대학교 출판부, 125-127, 2000.
18. 이상은 : 염류가 집적된 시설재배 토양에서 질소와 가리의 시비 효과 및 양분수지. 한국토양비료학회지, **27**(2), 78-84, 1994.
19. 환경부 고시 제 2000-78호 : 유기성오니 등을 토지개량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 고시. 46-49, 2000.
20. 장기운, 이인복, 임재신, 임현택 : 부숙과정 중 음식물 찌꺼기의 식물독성평가. 한국토양비료학회지, **29**(3), 312-320, 1996.
21. 유영석, 장기운, 이지환 : 남은 음식물 퇴비에 따른 토양의 이화학성 변화와 고추생육에 미치는 영향. 폐기물자원화, **9**(4), 81-88, 2001.