

음식물 쓰레기 퇴비화 공정 개발

송오용 · 정광용* · 정준영* · 양창옥
다나엔지니어링, 농업과학기술원 환경관리과*

Process development for food waste composting

Oh-Yong Song, *Kwang-Yong Jung, *Jun-Young Jeong, Chang-Ok Yang (Dana Eng.Co.Ltd., ChungNam, Chon-An, 330-800, Korea, Korea. *National Insittute of Agriculture Science and Technology, Suwon, 441-707, Korea, Tel. : 0431-299-2582, email : kyjung@niast.go.kr)

ABSTRACT : This study was performed to evaluate the quality of produced compost and to analyse the change of a component during the reduction compost according to the input volume. The volume of pilot scale used in this study was about 300m³. The pile of 2m width, 20m length and 1.2m height was constructed. Woodchip was used as bulking agent to enhance pore volume of composting bay and to control water content of food waste in starting time. Food waste was turned using a mechanical turner twice a day.

The result are as follows :

In these cases of input volume of 2m³ and 3.5m³, temperature of composting pile was maintained over 60°C and water content was 43.6% and 47.2%, respectively. It was proved that microorganisms activity was maintained high in each input volume. After operation of step 1 and step 2, pH and organic matter in the final compost were 6.2, 6.6 and 84.3%, 79.6%, respectively. Cation concentration such as K₂O, CaO and NaCl was accumulated in the compost during the composting period. NaCl concentration in the final compost was 4.62%, 4.92%, respectively. Hence, It was recommended that this compost should be applied to others expect agricultural area or mixed with a low concentration other compost. In the steps 1, input volume of 2m³, heavy metal concentration of Pb, Cu, Cr, Ni, Cd were 37.82mg/kg, 56.87mg/kg, 9.8mg/kg, 22.21mg/kg and 3.69mg/kg, and 44.55mg/kg, 95.54mg/kg, 12.22mg/kg, 24.94mg/kg, and 3.86mg/kg in the step 2.

Key words : Reduction composting, Food waste, NaCl, Heavy metal

서 론

1990년대 들어 국민소득의 향상과 물질적인 풍요는 남은 음식물에 대한 생각을 달리하게 되어 가축의 먹이는 취급이 용이한 사료로, 퇴비는 화학비료로 대체되었다. 이에 막대한 양의 음식물 쓰레기는 당면한 사회문제로 대두되기 시작하였다. 1997년 현재 음식물 쓰레기는 전년도 발생량 14,532톤/일에서 약 10.9%가 감소된 12,949톤/일로 감소하였으나 음식물 쓰레기 재활용율은 약 9.6%, 1998년에는 음식물 쓰레기 발생량을 11,990톤/일 정도로 예상하고 있으며 재활용율을 25%(3,000톤/일)로 계획하고 있다¹⁾. 이와 같은 예상은 음식물 쓰레기 감량의무 사업장의 자원화 시설과 지방자치단체의 대형 자원화 시설 확충을 계획하고 있기 때문으로 재활용율은 앞으로도 계속 증가할 것으로 예상된다. 음식물 쓰레기의 재활용 방법은 크게 퇴비화와 사료화로 대별할 수 있다. 퇴비화는 호기성 조건하에서 미생물이 음식물 쓰레기를 분해하여 퇴비로 전환하는 공정이다. 이와 같은 퇴비화 공정은 고속건조, 감량화 및 퇴비화를 모두 포함하는 용어로 사용되고 있는데²⁾ 고

속 건조 기술은 1일 처리용량 200kg 이하의 소규모 설비를 이용하여 아파트 단지나 집단급식소에서 이용하고 있다. 감량화 설비는 고속건조 설비와 유사하나 미생물 분해기능을 이용하여 쓰레기 부피를 줄이는 점이 고속 건조 방식과 차이점이다. 일반적으로 음식물 쓰레기 감량화는 일정한 퇴비장치에 수분을 조절할 수 있는 통기 개량제를 넣어 두고 음식물 쓰레기를 매일 일정량씩 투입하여도 미생물에 의해 유기성분이 분해됨에 따라 부피의 증가가 거의 없는 소멸화로 정의된다. 연구자에 따라서는 95%이상의 감량화가 가능하다고 보고된³⁾ 바 있다. 한편 감량화에 의한 음식물 쓰레기 처리 개념으로 처리속도를 증가시키기 위한 기계식 퇴비화에 대한 연구가 수행되고 있는데 최근 난지도에는 1일 10톤 규모의 퇴비화 시범시설을 설치하여 음식물 쓰레기의 대규모 처리를 위한 연구를 수행하고 있다^{4,5,6)}. 난지도 퇴비화 시설은 매일 일정량의 음식물 쓰레기를 공극개량제와 혼합하여 투입하고 일정량의 숙성퇴비를 배출하는 공정으로, 숙성퇴비는 미생물 활성을 높이기 위하여 일부 퇴비단위로 반송하고 있다. 그러나 퇴비 반송의 경우 운전자 노동력의 투입과 추가적인 기계설비등의

문제점이 있어, 보다 편리하며 효율적인 설비의 개발 및 개선이 필요한 실정이다. 본 실험의 감량 퇴비화 장치는 공극제와 생산 퇴비를 배출하지 않으면서 일정량의 음식물 쓰레기를 처리할 수 있는 장치로 공극제의 투입량을 줄일 수 있는 장점이 있지만 많은 연구가 수행되지 않아 이에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 공극제의 추가적인 투입과 생산퇴비의 배출없이 음식물 쓰레기 퇴비화가 가능한 감량 퇴비화장치에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

장치

본 실험을 수행하기 위한 감량 퇴비화 장치는 폭 3m, 길이 21.36m, 높이 3.95m 의 철근 구조물로 구성되어 있으며 내부에는 음식물 쓰레기의 혼합과 교반을 위하여 에스켈레이트식 교반기를 설치하였다. 외부온도의 영향을 최소화 하기 위해 발효조 외벽에는 샌드위치 패널을 설치하였다. 퇴비화 장치의 문제점중의 하나는 공기공급관의 막힘 현상으로 이를 최소화 하기 위해 공기공급관 상부 20cm 정도를 왕겨로 덮어 수행하였다. 공기공급장치는 모터용량이 1HP로써 9m³/min 정도로 공기를 공급할 수 있는 송풍기 2대를 설치하였다. 퇴비단은 폭 2m, 길이 20m, 높이는 약 1.2m 정도로 운전할 수 있도록 설계하였으며 악취제거는 배풍기를 이용하여 생물탈취상(biofilter)으로 처리하였다.

재료

본 실험에서는 서울시 강동구와 강진구 아파트 단지에서 배출한 음식물 쓰레기를 사용하였다. 공극개량 및 수분조절제로 우드칩을 사용하였는데 수분함량은 약 8% 였고 입자는 길이 1cm, 폭 0.5cm, 두께는 약 0.1cm 로 시중에 유통되는 제품을 구입하여 사용하였다. 본실험에 사용한 음식물 쓰레기와 우드칩의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.



Fig.1. A Picture of a composting facility

Table 1. Physicochemical properties of food waste and wood chip

Components	Food waste	Wood chip
Water content(%)	80.0	88.0
pH	5.45	6.02
OM(%)	88	96.0
T-C(%)	51.04	55.68
T-N(%)	3.55	0.57
C/N ratio	14.4	97.0
P ₂ O ₄ (%)	0.98	0.6
K ₂ O(%)	0.69	0.44
CaO(%)	0.55	0.25
MgO(%)	0.34	0.28
NaCl(%)	3.36	0.03

실험 방법

적정 음식물 쓰레기 투입량을 조사하기 위해 음식물 쓰레기 투입량을 변화시키면서 다음과 같이 수행하였다. 우드칩을 장치 내에 투입한 후 1단계는 동일 시간대에 2m³ 씩, 2단계는 매일 3.5 m³ 씩 장치의 2개 투입구에 투입하여 각각 49일간 수행하였다. 투입된 음식물 쓰레기는 장치내의 교반차를 이용하여 골고루 분산시킨 다음 교반기를 이용하여 일일 2회 교반하였고 24시간 공기를 공급하여 수행하였다. 한편 실험기간 중에는 새로운 우드칩을 첨가하지 않았으며 분석을 위한 온도, 수분함량 및 분석을 위한 시료는 음식물 쓰레기를 투여한 후 안정상태에 도달한 것으로 조사된 7일을 기준으로 채취하여 조사하였다.

분석

시료는 퇴비단 상부에서 30cm 아래 지점에서 3m 간격으로 6곳의 정해진 위치에서 7일 마다 채취하였다. 온도는 1.5m 간격으로 12곳을 지정하여 동일지점에서 매일 측정하였다. 한편 뼈 및 이물질을 제거한 퇴비화 가능성분의 조사는 7m 간격으로 3곳에서 30cm³ 씩 각 단계별로 3회 채취하여 조사하였다.

채취 시료는 건조(70~80℃) 후 12 mesh 로 분쇄하여 냉장 보관하면서 성분 분석하였다. 수분, 유기물함량, pH, EC 등은 농촌진흥청 토양화학분석법⁷⁾에 준하여 분석하였으며 양이온과 중금속은 농촌진흥청 토양화학분석법⁷⁾에 따라 시료를 조제한 후 ICP(Inductively Coupled Plasma, GBC Integra XMP, Australia)로, 인산 분석(P₂O₅)은 spectrophotometer를 이용한 비색법(Molybden yellow)으로 파장 470nm에서 정량하였다. 한편 투입된 음식물 쓰레기는 각 단계별로 투입하기전 3회 수거하여 분석하였다.

결과 및 고찰

감량퇴비화 기간중 이화학적성분 변화

적정 음식물 쓰레기 투입량을 조사하기 위해 장치내에 1단계로 매일 2m³, 2단계로 3.5m³ 씩 음식물 쓰레기 투입량을 변화시키

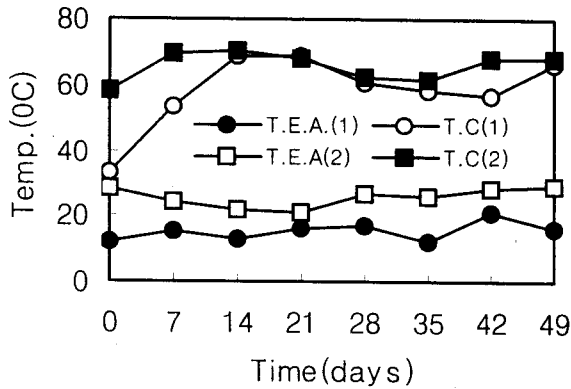


Fig.2. Changes of Temperature during the composting according to the Input Food waste volume

T.E.A.(1) : Temp. of Exterior Air during the Step 1(2m³/day)
 T.C.(1) : Temp. of Composting pile during the Step 1(2m³/day)
 T.E.A.(2) : Temp. of Exterior Air during the Step 2(3.5m³/day)
 T.C.(2) : Temp. of Composting during the Step 2(3.5m³/day)

면서 장치 외부와 장치내의 12 곳의 퇴비단 평균온도를 조사한 결과는 Fig. 2와 같으며 이때의 수분변화는 Fig. 3과 같다.

음식물 쓰레기 투입량에 따른 장치 외부 및 퇴비단의 온도 변화는 Fig. 2에서와 같이 2m³ 투입 7일에 53°C로 상승하여 60-70°C의 온도를 유지하였다. 3.5m³ 씩 투입한 2단계에서는 초기 온도 56°C, 평균 온도 약 62°C로 2m³ 씩 투입한 1단계에 비해 다소 높게 조사되었다. 또한 장치외부의 온도는 평균 15°C, 2단계 25°C로 퇴비단의 온도 상승이 외부 온도의 영향없이 미생물에 의한 발열반응에 의한 것임을 알 수 있었다. 퇴비화 과정의 발열반응은 미생물에 의한 분해작용이 일어나는지를 판단할 수 있는 지표로 활용된다. 퇴비화 과정에 있어서 온도는 40°C 이하의 중온대와 40°C 이상의 고온대로 구분되며 유기물 분해가 가장 효율적인 온도 범위는 45-65°C로⁸⁾, 퇴비더미의 온도는 퇴비화 초기단계에서 중온성 미생물의 활동으로 유기물이 분해되면서 상승하며 온도가 45°C 이상으로 상승하면 중온성 미생물의 활동은 약화되며 고온성 미생물의 활성이 증가하기 시작하는 것으로 보고⁹⁾된 바 있는데 1단계에서 7일간의 중온균 활성 이후 2단계 실험을 완료한 98일간 지속적으로 고온이 유지된 결과로 미루어 볼 때 고온균이 활발히 증식하고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 3은 장치내 퇴비단 6지점에서 시료를 7일 간격으로 채취하여 분석한 결과이다. 본 실험에서는 수분함량이 8%인 우드칩을 장치에 채우고 수분함량이 80%인 음식물 쓰레기를 투입하였고 실험이 종료될 때까지 새로운 우드칩을 첨가하지 않았다. 따라서 2m³를 투입한 1단계에서의 퇴비단의 수분 함량은 조사 초기에 약 31%로 다소 낮았고, 음식물 쓰레기의 투입량이 증가함에 따라 수분 함량도 증가하기 시작하여 투입 14일에 약 38%, 49일간 평균 42%를 유지하였다.

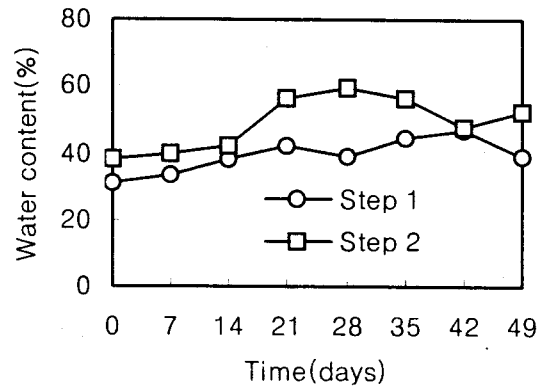


Fig.3. Changes of Water content during the composting according to the Input Food waste volume

한편 3.5m³를 투입한 2단계에서는 음식물의 투입량이 증가함에 따라 수분함량도 1단계에 비해 다소 증가되어 49일간 평균 51%로 조사되었다. 신¹⁰⁾ 등은 소분식 퇴비화 장치의 운전성평가에서 고속발효 퇴비화의 경우 수분이 46% 이상에서 운전하는 것이 적당하다고 보고한 바 있는데, 1 단계 실험과는 다소 차이가 있으나 2단계와는 거의 일치한 결과였다. 그러나 Fig. 2의 발효기간중의 온도 변화에서 나타난 것처럼 1단계와 2단계 모두 평균 발효온도가 60-70°C로 유지되는 것으로 나타나 퇴비화가 진행됨을 알 수 있었다.

Fig. 4는 퇴비화기간중의 pH 변화이다. 퇴비화 공정에서 pH는 유기물 분해에 관여하는 미생물의 밀도와 영양물질의 이용성에 영향을 미친다¹¹⁾. 대부분 세균의 최적 pH는 6.0-7.0이고, 균류와 방선균의 최적 생육 pH는 5.5-8.0으로 알려져 있다. De Nobili¹²⁾ 등이 도시폐기물 및 유기성 폐기물의 퇴비화연구에서 초기에 탄수화물의 분해로 유기산 생성에 의해 pH가 낮아지며 유기산의 분해에 의해 중성부근으로 pH가 상승한다고 보고한 바 있다. 본 실험결과 조사 7일에 pH는 4.8에서 14일 pH 6으로 상승하였으며 2m³를 투입한 전 기간 동안에 평균 pH 6.2로 조사되었다. 한편 3.5m³를 투입한 2단계에서는 21일까지 pH 6.0 이하로

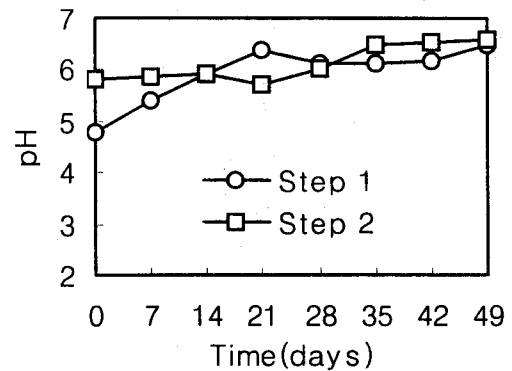


Fig.4. Changes of pH during the composting according to the Input Food waste volume

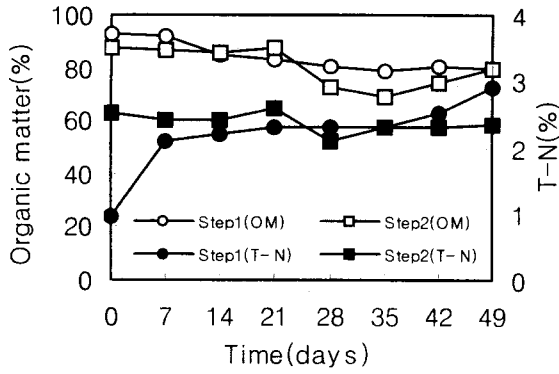


Fig.5. Changes of Organic matter and T-N content during the composting according to the Input Food waste volume

유지되어 1단계에 비해 pH 상승이 다소 낮게 나타났으나 21일 이후에는 평균 pH 6.4로 다소 높았다.

Fig 5는 퇴비화 기간중 유기물 함량과 T-N의 변화를 나타낸 결과이다. 조사 개시점의 유기물 함량은 Table 1에서 조사된 바와 같이 투입된 우드칩의 유기물 함량에 의한 영향으로 인해 약 93%, 7일 후 92.3%로 다소 높게 나타났으며, 14일째 약 85%로 감소한 후 49일째까지 경시적으로 감소하는 경향이였다. 3.5m³를 투입한 2단계에서는 매일 2m³를 투입한 1단계에 비해 오히려 낮게 유지되어 전 기간 동안 평균 약 78% 였으며 특히 28일에서 49일째까지의 평균 유기물 함량은 약 73% 였다. 신¹⁰⁾ 등은 소멸식 퇴비화 장치의 운전성평가에서 음식물 쓰레기의 유기물중 생분해 가능한 부분은 약 76% 정도이며 음식물 쓰레기의 생분해 불가능한 유기물이 계속 축적되기 때문에 유기물 함량이 계속 증가할 것으로 예측하였으나 본 실험 결과 유기물 분해가 지속적으로 이루어져 전체 퇴비단의 유기물 함량이 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

한편 발효기간 중 총 질소의 변화는 1단계에서는 발효가 안정 상태에 도달한 14일 이후 일정 수준으로 유지되다가 49일 이후 경시적으로 증가하였다. 2단계에서는 발효 28일까지 평균 약 2.5%, 28일 이후에는 평균 약 2.2%로 일정하게 유지되었다. 본 실험에서 퇴비화 과정중의 총 질소 함량은 최초의 혼합원료 단계에 비해 다소 증가하며 이는 실제적인 질소함량의 증가이기 보다는 퇴비화 과정중 퇴적물의 감량화에 의한 상대적인 질소 증가로 해석된다. 퇴비화 과정 중 이러한 질소원은 NH₃ 가스를 통한 손실 또는 과다한 수분 생성에 의한 용탈이 없는 한 거의 손실이 없는 것으로 보고되고 있다¹³⁾. 유기물 함량의 지속적인 감소와 질소의 상대적인 증가는 퇴비화 과정의 C/N 비에 영향을 미친다. 따라서 본 실험 과정 중의 유기물과 총질소의 변화에 따른 C/N 비를 조사하였다.

C/N 비는 미생물의 분해 대상인 유기물의 특성을 나타내는 것으로 미생물 단위 개체당 분해가능한 유기물의 공급 정도를 평가하는 척도가 된다. 퇴비화 적정 C/N 비는 학자에 따라 다소 차

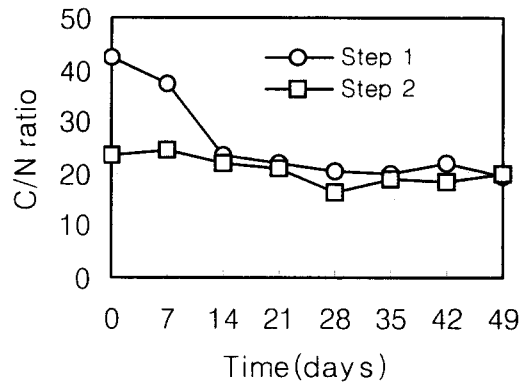


Fig.6. Changes of C/N ratio during the composting according to the Input food waste volume

이가 있으나 일반적으로 20-35 정도로 알려져 있다¹⁴⁾. 만일 C/N 비가 적정치 보다 높게 되면 유기물의 분해속도가 지연되며 질소 소실의 우려가 있으며, 반대의 경우 탄소원이 제한요인이 되어 퇴비화가 지연되고 질소 소실의 요인이 된다. 본 실험과정 중 C/N 비의 변화는 Fig 6에서와 같이 2m³를 투입한 1단계에서 전 기간 평균 약 21로 적정퇴비화 범위 수준이었으며, 3.5m³를 투입한 2단계의 경우는 19.4로 적정 퇴비화 C/N 비 보다 다소 낮은 결과로, Fig. 5에서 나타나 있듯이 상대적으로 2단계의 유기물 분해 감소가 총질소의 양보다 많았기 때문인 것으로 추측된다.

중금속 및 양이온의 변화

Table 2 는 투입량을 달리하여 실험한 음식물 쓰레기 퇴비화 공정 중의 양이온 변화를 조사한 결과이다. Ca 는 미생물 생육에 큰 영향을 미치지 않으나 식물의 영양물질이나 pH의 완충역활을 하는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾. 본 실험결과 CaO 함량은 14일 2.51%에서 1단계가 종료된 49일에 2.34%로 큰 변화가 없었으나, 3.5m³의 음식물 쓰레기를 투입한 2단계 종료일인 98일에 6.57%로

Table 2. Changes of Cations contents during the composting according to the Input food waste volume (Dry basis)

		CaO(%)	K ₂ O(%)	MgO(%)	NaCl(%)
Food waste		0.55	0.69	0.34	3.36
Wood chips		0.25	0.44	0.28	0.03
Step 1 (2m ³)	14th	2.51	1.15	0.37	2.56
	28th	1.86	1.26	0.41	3.29
	49th	2.34	1.89	0.44	4.62
Step 2 (3.5m ³)	14th	4.01	2.09	0.54	4.64
	28th	6.01	2.1	0.48	4.72
	49th	6.57	2.1	0.55	4.92
Korea standard		-	-	-	below 1% as compost

14일째에 비해 약 2.6배 증가하였다. MgO의 함량은 전 기간동안 뚜렷한 변화없이 0.4-0.6% 정도로 유지되었다. 고농도의 MgO는 식물에 독성 작용을 하는 것으로 알려져 있는데, 본 실험 결과 98일에 0.55%를 나타낸 것으로 조사되어 MgO에 의한 식물 독성은 없을 것으로 생각된다¹⁴⁾. K₂O의 경우 14일의 1.15%에서 서서히 증가하였으나 2단계 종료일인 98일에 2.1%로 큰 변화가 없었다.

NaCl은 음식물 쓰레기 호기성 퇴비화시 염분농도가 1.3%이하에서는 미생물의 활성에 전혀 영향을 미치지 않으며 1.3-4.2%에서 미생물 활성에 제한적인 요소로, 4.2% 이상에서는 미생물활성에 영향을 미치므로 유기물 분해율이 떨어져 온도 상승이 어려워 미부숙 퇴비의 한 요인이 되는 것으로 알려져 있다¹¹⁾. 본실험에서 NaCl은 2m³를 투입한 2단계 종료일인 49일에 4.62%, 3m³를 투입한 2단계 종료일 98일까지 점차 증가하기 시작하여 4.92%로 매우 높은 농도를 나타내었다. 이와 같은 결과는 음식물 쓰레기 투입 후 배출과정 없이 실험을 수행한 본 공정의 특성에 기인한 결과로, NaCl이 퇴비단에 농축되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편 부산물 퇴비의 공정규격에서 음식물 쓰레기 최종퇴비중 NaCl의 함량은 1% 이하로 규제하고 있기 때문에 본 공정에서 생산된 퇴비를 그대로 작물이나 토양에 사용하기에는 어려울 것으로 판단되므로 적절한 부재료와 혼합하여 사용해야 할 것으로 판단된다.

Table 3은 퇴비화 공정중 중금속의 변화를 검토한 결과이다. Cd의 경우 종료 98째 3.86mg/kg로 조사되어 부산물공정규격의 규제치인 5mg/kg이하로 조사되었다. Cr의 경우 14일째 3.0mg/kg에 비해 종료 시기인 98일째 12.22mg/kg로 약 4배정도 축적이 되었으나 규제치인 300mg/kg에는 미치지 않은 것으로 조사되었다. Ni은 식물에 필수 영양소이나 대부분 잎속의 농도가 50µg/mg 이 되면 해를 나타내는 것으로 알려져 있다. 남궁¹¹⁾ 등은 도시 고형 폐기물 퇴비에서는 농도가 낮기 때문에 Ni에 의한 피해를 입는 경우는 거의 없을 것이라 보고한 바 있다. 우리 나라에서는 Ni에

대한 규제치는 없지만 미국이나 네델란드의 경우 50-200mg/kg로 기준을 설정하고 있다. 본 실험에서도 98일간의 발효 결과 약 24.9mg/kg로 우려할만한 수준은 아닌 것으로 생각된다. 일반적으로 Cu는 농도가 높을 경우 식물의 뿌리와 잎에 축적되어 생장을 억제하기 때문에 퇴비중 함유농도를 200mg/kg 이하로 규제하고 있다. 본 실험에서 Cu는 14일째 약 43.3mg/kg에서 음식물 쓰레기의 투입량이 증가할수록 점차 증가하여 종료시기인 98일째 약 94.54mg/kg로 약 2배정도 증가하였으나, 규제치에는 미치지 않은 것으로 나타나 Cu에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다. Pb는 토양중에 일부 존재하지만 소량으로도 식물이나 동물, 사람에게 피해를 줄 수 있고, 또한 동물이나 사람에게 흡수되면 생체 축적이 되기 때문에 엄격히 규제하고 있는 물질중 하나이다. 본 실험 결과 Pb는 음식물 쓰레기의 투입량이 증가할수록 경시적으로 증가하여 최종 98일째 약 44.6mg/kg를 나타내었으나 규제치인 150mg/kg에는 미치지 못하였다.

이와 같은 결과를 고려하여 볼 때 본 실험결과 중금속의 경우 음식물 쓰레기 투입량이 증가함에 따라 거의 대부분의 중금속함량이 증가하는 경향을 보였는데 이는 발효된 퇴비를 장치내에서 배출하지 않아 이들 물질이 퇴비더미에 축적되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 축적된 중금속들의 양은 부산물 비료공정 규격에 훨씬 미치지 못하는 것으로 조사되었고 1996년 농업과학기술원¹⁶⁾에서 조사한 전국 33개소의 가축분 퇴비의 중금속 평균농도 Pb 4.33mg/kg, Cr 169.9mg/kg, Cu 134.7mg/kg, Cd 0.28mg/kg에 비해 전체적으로 유사한 것으로 나타나 중금속에 의한 피해는 거의 없을 것으로 생각된다.

음식물 쓰레기 감량을

Table 4에서와 같이 실험한 각 단계에서 투입된 총 음식물 쓰레기량은 68m³, 67m³로 98일간 총 135m³가 투입되었고 최종 퇴비산물은 2m³ 투입시 25m³, 3.5m³ 투입시 32m³ 였다. 이때의 감량율은 각각 87%와 84%로 조사되었다. 이때의 감량율은 초기에 투입된 우드칩의 분해가 일어나지 않는다는 것을 전제로한 수치이나 지¹⁶⁾ 등에 의하면 일반적으로 우드칩의 감량율은 중량당 최대 34% 이하라 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서 이용한 우드칩의 분해율을 34%로 가정할 경우, 감량율에서 우드칩의 분해율을 고려한 경

Table 3. Changes of heavy metal contents during the composting according to the Input food waste volume (Dry basis)

		Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Fe (mg/kg)
Food waste		5.63	5.49	1.07	5.63	0.27	154.4
Wood chips		0.23	2.71	14.9	51.64	6.96	4672.9
Step 1	14th	2.81	3.0	14.0	43.29	19.36	6039.5
	28th	2.79	4.84	16.93	51.13	27.28	7612.2
	2m ³ 49th	3.69	9.8	22.21	56.87	37.82	9509.7
Step 2	14th	3.42	9.0	18.91	84.42	37.84	8618.2
	3.5m ³ 28th	3.44	9.28	22.62	89.08	36.89	1,0212.2
	49th	3.86	12.22	24.94	94.54	44.55	1,0295.1
Korea Standard	below 5	below 300	-	below 200	below 150	-	-

Table 4. Reduction rate during the composting according to the Input food waste volume

	Step 1 (2m ³)	Step 2 (3.5m ³)	Total	Average
Input vol.of Wood chips(m ³)	16	23	39	-
Input vol. of Food waste(m ³)	68	67	135	-
Composting vol.(m ³)	25	32	57	-
Reduction rate(%)	87	84	-	85.5
Real reduction rate(%)	78.8	75	-	77
Available rate for composting(%)	92.2	91.8	-	92

우의 실제적인 음식물 쓰레기 부피기준 감량율은 각각 78.8%와 77%로 98일간의 평균 실제 감량율은 77%로 조사되었다. 이와 같은 결과는 지¹⁵⁾ 등의 음식물 쓰레기 퇴비화 시설의 설계, 운영지침 및 모델개발의 연구에서 보고한 75%와 유사한 결과였다.

한편 98일간의 실험중 퇴비단에 존재하는 뼈 및 이물질의 양은 약 10% 내외인 것으로 조사되어 음식물 쓰레기 투입이나 수거시 이들의 분리가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

도시형 음식물 쓰레기 처리를 위한 감량 퇴비화 장치개발에 대한 연구의 일환으로 폭 3m, 길이 21.36m, 높이 3.95m의 300m³ 규모의 음식물 쓰레기 감량 퇴비화 장치를 이용하여 1단계로 매일 각각 2m³, 3.5m³ 씩 49일간 음식물 쓰레기를 투입하여 투입량에 따른 공정의 효율성과 공정중의 성분 변화 및 투입 음식물 쓰레기에 대한 감량율을 조사하였다. 장치내 퇴비단의 온도는 투입량에 관계 없이 모두 평균 60℃ 이상 유지되었으며, 최종 생산 퇴비의 수분함량은 각각 43.6%와 47.2%였다. 최종 생산 퇴비의 pH는 각각 6.2, 6.6이었고 유기물 함량은 각각 84.3%와 79.6%였다. K₂O, CaO과 NaCl등의 양이온은 투입 기간이 증가할수록 퇴비에 농축되었는데, 특히 최종 생산퇴비중 NaCl은 1단계 4.62%, 2단계 4.92%로 매우 높게 조사되었다. 1단계와 2단계의 최종 생산 퇴비의 Pb, Cu, Cr, Ni, Cd는 각각 37.82mg/kg, 56.87mg/kg, 9.8mg/kg, 22.21mg/kg, 3.69mg/kg과 44.55mg/kg, 95.54mg/kg, 12.22mg/kg, 24.94mg/kg, 3.86mg/kg로 조사되었다. 한편 음식물 쓰레기 투입량에 따른 본 장치의 음식물 쓰레기 감량율은 초기에 투입한 Wood chip의 분해율을 고려할 경우 실제적인 음식물 쓰레기 부피기준 감량율은 1단계 78.8%, 2단계 77%로 98일간의 평균 77%의 우수한 감량효율을 나타내어 본 처리장치가 도시형 음식물 쓰레기 퇴비 장치로 이용이 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

본연구는 농촌진흥청 산학관 대형공동연구사업 연구결과의 일부로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 환경부 (1998) 음식물 쓰레기 줄이기 실무자료집
2. 배재근 (1995) 음식물 쓰레기 간이 퇴비화기술의 원리와 필요성, 한국유기성폐기물자원화 협의회, pp. 55-72.
3. 배재근, 심혁성, 최종오 (1996) 소멸화 퇴비화의 응용화 및 최적반응 조건의 검토, 한국유기성폐기물자원화 협의회, 1996 가을 학술대회 및 임시총회, pp. 33-36.

4. 남궁완 (1997) 난지도 음식물 쓰레기 퇴비화 공장의 현황, 음식물 및 유기성 폐기물 퇴비화 심포지움, 국립환경연구원, pp. 179-187.
5. 남궁완, 김정대, 박준석 (1997) 난지도 퇴비화시범 시설에서의 퇴비화과정 검토, 한국유기성폐기물학회지, 5(2) : 7-16
6. 남궁완, 김정대 (1997) 난지도 퇴비화 시범시성에서 생산되는 퇴비의 품질특성, 한국유기성폐기물학회지, 5(2) : 57-64
7. 농촌진흥청 (1988) 토양화학분석법
8. 신항식, 황응주, 정연구 (1994) 음식물 쓰레기 bulking agent의 적정첨가량 결정에 관한 연구, 한국유기성폐기물학회지, 2(1):57-86
9. Paul. E.A., and F.E. Clark (1989) *Soil microbiology and biochemistry*, Academic Press, New York
10. 신항식, 황응주, 김구용 (1997) 소멸식퇴비화 장치의 운전성능 평가, 한국유기성폐기물학회 가을학술대회지, pp. 11-19.
11. 남궁완, 항규대, 정윤진, 황의영 (1995) 퇴비화관련 법제 및 제품의 표준화연구, 한국 유기성 폐기물 자원화협의회, pp. 60-91.
12. De Nobili M. and Petrussi F. (1988) Humification Index(HI) as evaluation of the stabilization degree during composting, *J.Ferment.Technol*, 66(5) : 345-350
13. Riffaaldi, R., Levi-Minzi, R., Saviozzi A. and Caourro M.(1992) Evaluating garbage composting, Part 1, Solid phase analysis, *Biocycle, January*, pp. 66-69.
14. Frank Kreith (1994) *Handbook of solid waste management*, McGraw-Hill, 10.1-10.58
15. 지재성, 유영석 (1995) 쓰레기 퇴비화 시설의 설계, 운영지침 및 모델개발, 한국자원재생공사, pp. 3-19.
16. 정광용, 박백균, 조남준, 권순익 (1996) 유기질 비료 생산공정 및 품질개선연구, 농업과학기술원 시험연구사업보고서(농업환경부편), 농업과학기술원