

Container Type으로 유기성폐기물 퇴비화의 안정화

허준용 · 권순상 · 김성중

인천대학교 안전공학과

1. 서론

우리나라의 음식물쓰레기 처리에 관한 관심은 오래 전부터 지속되어왔고, 현재도 연구·개발 중이다. 유기성폐기물의 대표적인 음식물쓰레기는 소비하고 남은 잔재인 이상은 자연으로 돌려져야 하며 그렇지 못할 때에는 자연의 평형이 깨어지고 환경이 오염되는 것이다. 유기성폐기물은 다양한 영양물질을 함유하여 다종의 미생물을 증식할 수 있는 잠재력이 마련되어있는 자원이라 할 수 있다. 따라서 유기성물질의 분해라 하는 것은 미생물의 활발한 작용의 결과라고 볼 수 있으며, 미생물을 증식하는 과정이기도 하다.

유기성 퇴비화 공정의 1차 발효 단계는 유기성 물질이 미생물에 의해 활발히 분해되면서 높은 온도를 유지하면서 서서히 안정화되는 후숙 단계로 구분할 수 있다. 2차 후숙 단계는 1차 발효단계에서 분해된 유기성폐기물을 실온에서 부숙 시켜 염분 및 질소와 같은 퇴비의 중요한 인자들을 알맞게 잡아주는 단계이다.

현재까지 1차 발효에 대해서는 많은 연구가 진행되었으나 발효과정을 이해하고 최적화하기 위한 연구는 많지 않아 퇴비의 발효 특성이 잘 알려져 있지는 않은 상태이다.

따라서 본 연구에서는 최적의 퇴비화 조건을 도출하기 위하여 발효조건에 따른 퇴비의 발효 특성을 조사하였다. 발효과정 중 퇴비의 발효에 가장 영향을 미치는 수분함량, 염분 및 질소의 변화량을 인자로 설정하였다.

2. 실험과정 및 방법

2-1. 컨테이너 컴포스트 구조

유기성 폐기물의 퇴비화 기술 중 컨테이너 구조를 채택하였다. 이는 온도 조건에 따라 유기물의 분해에 큰 영향을 미친다. 따라서 발효 공정 중 온도조건을 유지하기 위하여 컨테이너 안을 단열 시킨다. 또한 내부의 발효상태를 측정할 수 있는 분위기를 만들고, 호기성 조건일 경우 산소가 소비되고 이산화탄소가 배출되는 것은 당연한 것이므로

배출되는 산소를 검사하여 발효상태를 확인하고 투입하는 공기의 양을 결정한다. 원활한 산소공급을 위해 컨테이너에 압력을 가하여 산소를 침투시킨 후 다른 쪽으로 다량의 이산화탄소를 함유한 공기를 빼내면 분사기처럼 공기가 순환된다. 발효과정 중 발생하는 수분은 일부는 증발하고 일부는 침출수로 흘러내리게 되는데, 증발된 수분은 이산화탄소와 함께 밖으로 배출하게 되고 침출수는 바닥으로 흘러내려 포집하는 시스템이다. 온도 조절은 상하에 온도계를 두어 일정온도 이상 올라가지 않도록 제어를 한다.

2-2. 수거·운반 및 전처리과정

우리가 채택한 전처리이므로 과정은 수집-선별-파쇄-탈수-혼합-교반-발효의 공정으로 진행하고, 여기서 파쇄와 탈수는 회전식 스크류에 의해 병행하였다.

음식물쓰레기의 퇴비화 과정은 국내 E군에서 공동주택 및 주거 밀집 지역을 대상으로 분리수거 하여 하루에 2ton씩 3대의 운반 차량에 의해 6ton의 음식물쓰레기를 무작위로 수거하였다. 그 중 탈수과정을 거쳐 1차적으로 수분을 제거하고, 파쇄 과정을 거쳤을 때 첫번째 실험·분석을 한 후 첨가제 및 반송재를 일정 비율로 섞었다. 그 다음 발효 컨테이너에 투입한 후 공기량, 온도조절 등으로 발효조를 가동시켰다. 매번 침출수는 컨테이너 하단부로 배출하였고 저장된 침출수는 다시 하수처리장으로 이송 후 처리하였다. 하수 슬러지도 같은 방법으로 진행하였다.

2-3. 투입 및 발효과정

첨가제 및 반송재와 함께 음식물쓰레기 또는 슬러지를 일정한 비율로 투입한 후 7일~10일 간격으로 샘플 채취와 실험을 실행하였다. 순서는 발효(14일~20일) → 바이오필터 → 후숙 과정을 거쳐 퇴비로 출하하는 사이클이다. 이때 함수율과 염분은 침출수와 가스교환으로 조정하고, 질소는 온도를 조정하여 호기성 미생물 분해에 의해 높이는 과정으로 진행하였다.

3. 실험 및 분석

3-1. 실험

발효 컨테이너 안은 60~75℃ 사이로 온도를 유지시키고, 실외의 실온에서 후숙을 진행하였다. 발효 컨테이너에서의 체류시간은 음식물쓰레기는 21일로 하고, 슬러지는 14일로 하는 것이 가장 이상적인 퇴비화 상태라 추정되어 기준을 잡았다. 또한 퇴비의 후숙 과정은 음식물쓰레기는 28일, 슬러지는 7일을 기준으로 채취 및 분석을 하였다.

발효중인 유기성 쓰레기는 컨테이너를 열어서 측정하였고, 후숙장의 유기성 쓰레기는 잘 섞어서 샘플을 채취하였다. 모든 실험은 7일 간격으로, 원추4분법에 의해 시료를 채취하였다.

3-2. 분석

퇴비에 가장 중요한 인자인 염분의 분석은 질산은 적정법을 채택하여 분석하였다. 우선 0.1N의 $AgNO_3$ 액을 만든 다음 고온에서 염분을 증류수에 용해시킨다. K_2CrO_4 용액을 2.5ml를 지시약으로 투입한 후 $AgNO_3$ 액을 반응시켜 흰색의 $AgCl$ 액 침전이 끝나고 홍갈색의 Ag_2CrO_4 침전이 나타나는 점을 종말점으로 하여 염분의 농도를 적정하였다.

질소는 가장 오차가 적은 환원증류법을 채택하여 분석하였다. 시료를 알칼리성에서 증류하여 시료중의 무기질소를 암모니아로 환원·유출시키고, 다시 잔류시료 중의 유기질소를 킬달분해 한 다음 증류하여 암모니아로 유출시켜 각각의 암모니아성질소의 양을 구하고 이들을 합산하여 총 질소를 정량하는 방법으로 진행하였다.

4. 결과 및 고찰

4-1. 전반적인 특성

실험·분석을 해본 결과 퇴비화 과정이 진행되는 동안 유기성폐기물의 특성을 살펴보면 비중, 함수율, 염분은 점점 감소하고, 유기질양과 TKN은 점점 증가하는 현상을 볼 수 있었다. 후숙 과정도 처음 후숙을 시작했을 때는 평균보다 높은 변화량을 보였으나, 점점 시간이 흐르면서 낮은 변화량을 보였다.

줄어든 비중으로 보아 감량화에도 탁월한 효과가 있다는 것을 알 수가 있었다.

Table 1, Table 2에서는 전체적인 실험·분석 결과를 비교·분석한 것이며, Fig.1 ~ Fig.6은 각 인자별로 분석한 결과이다.

Table 1. 음식물쓰레기 분석결과

	1일	7일	14일	21일	28일	35일	42일	49일
비중(kg/l)	0.78	0.72	0.68	0.65	0.6	0.58	0.57	0.57
수 분(%)	75	72	70.1	67.5	63.5	62.2	60.5	60
유기물(%)	19	21	22.7	25	30	33.2	36	39
염 분(%)	0.81	0.74	0.69	0.64	0.62	0.61	0.58	0.57
질 소(%)	0.89	0.94	1.01	1.08	1.15	1.2	1.23	1.23

Table 2. 슬러지 분석결과

	1일	14일	21일	28일	35일
비중(kg/ℓ)	0.86	0.7	0.58	0.51	0.47
수분(%)	69.8	54.5	48.4	44.4	43.75
유기물(%)	24.05	30.2	34.66	37.08	38.25
염분(%)	0.0012	0	0	0	0
질소(%)	0.812	0.86	0.867	0.874	0.878

4-2. 인자별 분석

비중 변화는 음식물쓰레기와 반송재를 4:1의 비율로 투입하고, 수분의 배출로 인해서 줄어들고 있다. 슬러지도 마찬가지로 수분을 많이 포함하고 있으므로 밀도는 점점 줄어드는 것을 볼 수 있다.

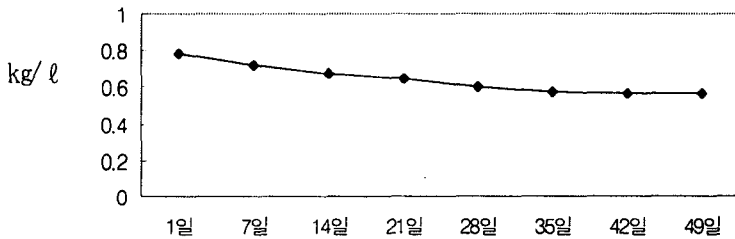


Fig.1 food waste specific gravity

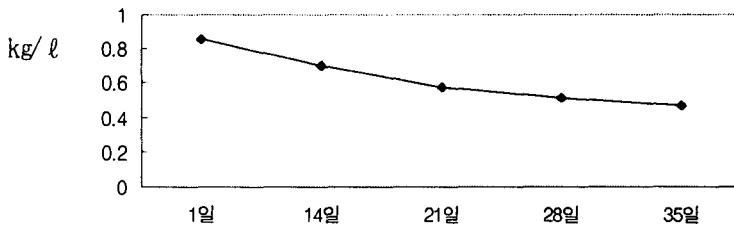


Fig.2 sludge specific gravity

수분이 유기물질 보다 밀도가 높다. 아래 결과에서는 수분이 줄어들고 있으므로 단위 무게를 기준으로 유기물은 수분이 줄어드는 비슷한 비율로 늘어나고 있다.

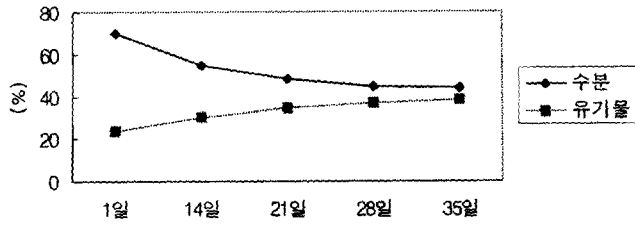


Fig.4 sludge water and organic matter

염분은 침출수 등으로 인해 밖으로 배출되므로 아래와 같은 그래프 형태의 감소를 보인다. 하지만 슬러지는 미량의 염분을 포함하고 있으므로 발효과정을 거치면 측정되지 않는다. 질소는 호기성 분해가 일어남으로서 계속 증가를 보이다 일정해지는 현상을 볼 수가 있었다.

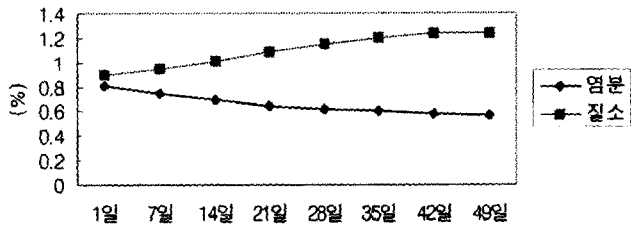


Fig.5 food waste NaCl and N

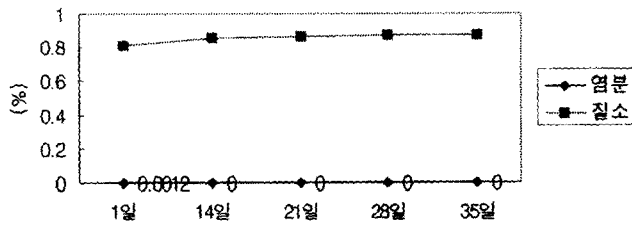


Fig.6 sludge NaCl and N

V. 결론

본 연구에서 채택한 유기성폐기물(음식물쓰레기, 슬러지)을 처리하는 컨테이너 구조의 퇴비화 방법은 실험·분석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 비중과 수분의 분석 결과 약 40% 정도의 감량화가 보였다.
2. 퇴비의 염분 기준치는 1인데, 염분의 측정 결과 슬러지는 거의 나오지가 않았고, 음식물쓰레기는 기준치에 상당히 못 미치므로 퇴비로써의 적절한 농도가 산출되었다.
3. 질소의 분석에서는 점점 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러므로 유기성폐기물을 퇴비화 시키는 적정성을 검토한 결과 퇴비로 적정함을 알 수가 있었다.
4. 전처리, 컨테이너, 후숙장 등 전 공정의 설치부분과 유지부분에서 타 시스템에 비해 큰 경제성을 얻었다.

참고문헌

1. APHA, AWWA, WEF. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th edition. (1995).
2. Atkinson. C.F, Jones. D.D., & Gauther, J.J., "Putative Anaerobic Activity in Aerated Composts", J. of Industrial Microbiol., Vol.16, pp.182~188 (1996)
3. Liao, P.H., "Composting of Fish Wastes in a Full-scale In-vessel System Using Different Amendments", J. Environ. Sci. Health, A32(7), pp.2011~2025 (1997)
4. Bernal, M.P., Paredes, C., Sahchez-Montero, M.A. & Cegaara, J., "Maturity and Stability Parameters of Composts Prepared with a Wide Range of Organic Wastes", Biores. technol., Vol.63, pp.91~99 (1988)