

음식물류 폐기물의 염분 저감을 통한 퇴비화 연구

한두희* · 박세준**

A Study on Compost of Food Waste by salt minimization

Doo Hee Han* and Se-Jun Park**

요 약 2005년부터 도시 지역에서는 음식물 쓰레기 재활용 시설을 완료하여야 한다. 기존에 시설된 음식물 재활용 설비는 염분을 적절히 제거하지 못하여 퇴비로 사용할 경우 농작물에 해가 되는 경우가 많았다. 호기성 발효에서 물세척 방식에 의하여 음식물 쓰레기에 포함된 염분을 0.02% 이하로 처리할 수 있었고, 혐기성 밀폐순환식에서도 물분무에 의하여 법정 기준치 이하를 얻을 수 있었다.

Abstract The food wastes recycling system should be constructed before 2005. In order to manufacture the good compost, salt remaining rate should be minimized. We studied the effective method of minimizing salt ratio by diluting with water.

Key Words : environment, recycling, food waste, salt, compost

1. 서 론

1.1 음식물 쓰레기 발생 현황과 문제점

음식물 쓰레기는 수분이 많고 악취를 발생시키는 등의 위생상의 문제뿐만 아니라 매립을 할 경우 발생하는 침출수에 의해 지하수는 물론 지표수와 토양 오염의 원인이 되고 있고, 악취 및 H₂S, NH₃ 등의 유해가스를 발생시켜 2차 오염 문제를 유발하고 있다. 정부는 이러한 문제를 해결하고 자원을 처리하기 위한 처리방안으로 **2005년 까지 모든 지방자치단체가 음식물류 폐기물 재활용 시설을 완료하도록 법제화**하였다[1]. 1999년 11월 환경부가 발표한 음식물류 폐기물, 유기성 오니의 재활용 용도 및 방법에 관한 고시 개정안을 보면 2001년부터 토양 매립을 금지하고 있으며, 음식물 쓰레기 수집 운반 및 재활용 촉진을 위한 조례 준칙 13조에서 시장·군수·구청장은 관할구역 안에서 발생하는 음식물 쓰레기를 사료 및 퇴비로의 자원화시설을 적극 설치 운영하여야 한다고 고시하였다. 정부는 음식물쓰레기 문제가 심각해지자 여러 가지 아이디어를 짜서 정책적으로 해결하려 했으나 모두 실패하고 말았다. 그 예로 아파트 단지와 대형식당에 고속발효퇴비화장치 및 소멸장치 등

의 장비를 정부의 지원으로 설치 운영해 보았으나 현재 거의 가동 중단된 상태에 있다. 그 원인을 살펴보면 정책입안자가 염분을 고려하지 않은 졸속행정에서 비롯된 시행착오로 생각된다. 음식물쓰레기의 원천인 한국의 식생활문화를 살펴보면 김치와 된장, 조림과 저림, 찌개와 국물 등 소금문화라 해도 과언이 아니다. 음식물쓰레기의 염분농도를 농업진흥청 산하 농업과학기술원이 조사 발표한 자료에 의하면 서울 도심의 음식물쓰레기 50여 곳을 무작위로 수거하여 염도를 확인해본 결과 90% 수분이 함유된 음식물 쓰레기에서 평균 염도가 4.84%로 확인되어 발표한바 있다. 음식물쓰레기 퇴비화시설은 음식물쓰레기의 공해를 방지하고자 하는 공해방지시설이다. 그러나 염분 또는 중금속에 의한 토양오염 및 시설 현장에서 발생하는 소음, 악취, 진동 등 제3의 공해가 유발될 수 있으며, 실제 상기한 다수의 지방자치단체 기존 시설물을 조사한 결과 악취와 같은 공해가 유발되어 심각한 문제가 많았다. 특히 대기업에서 건설한 혐기성 처리시스템에서는 메탄가스가 설계목적과 같이 활용되지 못하고 대기로 방출되어 주변 주민들로부터 민원이 많이 발생하는 문제가 있었다. 또한 톱밥에 의한 퇴비화시설에서도 시설면적이 방대함으로 악취제거에 많은 문제가 있다. 지방자치단체에서도 이와 같이 염분을 고려하지 않은 기술을 시설하여 가동 중단되거나 문제가 된 곳이 많았다[2]. 음식물류 폐기물을 사료로 사용하는 경우 이물질이나 변질 등에 의한 독성

*청운대학교 건축공학과 교수

** (주)보우엔테크 사장

E-mail : dhhan@chol.net

으로 가축들이 폐사하는 경우가 발생하여 오리 사육이 나 지렁이 사육 등 일부에만 사용하고 있다. 퇴비로 사용하는 경우 음식물 쓰레기를 원료로 부산물 비료를 생산하여 무상으로 유통 공급하는 경우도 비료생산업 등록 및 비료관리법상 공정규격에 맞는 부산물 비료를 공급하도록 관리법이 개정 공포되었다[3].

국내 생활 폐기물 발생 현황을 살펴보면 자연환경에 대한 국민의식의 고양으로 감소하고 있으며 음식물류 폐기물도 같은 추이를 보이고 있다(그림1)[4]. 그러나 1998년 이후로는 둔하지만 약간의 증가 기미를 보이고 있어 분리수거 등을 통한 폐기물 감축운동을 계속 실현하여야 할 것이다(그림2).

한편 자원 재활용에 관한 관심은 서서히 증가되어 통계청이 측정을 시작한 1996년 이후부터 점차 증가하고 있다(그림 3).

충남지역 사업장 생활 폐기물 발생량 및 처리 현황을 보면 총 발생량 283.0톤/일 중 매립이 89.9톤/일, 소각 61.5톤/일, 재활용 131.6톤/일로 재활용율이 비교적 높으나 음식물류 폐기물은 일일 발생량 15.4톤 중 매립 6.8톤/일, 소각 3.6톤/일, 재활용 5.0톤/일로 재활용율이 상당히 낮게 나타나 있다(그림6)[5]. 국내에서 남은 음식물이 많이 배출되는 계절은 여름철(90.6%)이고 겨울철의 경우 6.8%, 봄과 가을철에는 각각 1.3%씩 배출된다(그림5)[6]. 남은 음식물 중 가장 많이 배출되고 있는

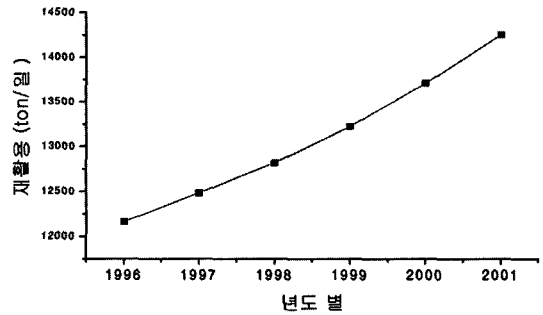


그림 3. 재활용 추이

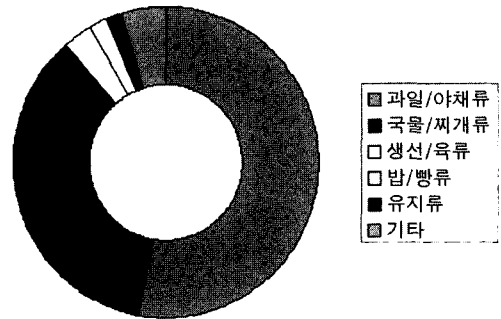


그림 4. 음식물 쓰레기의 성분별 비율

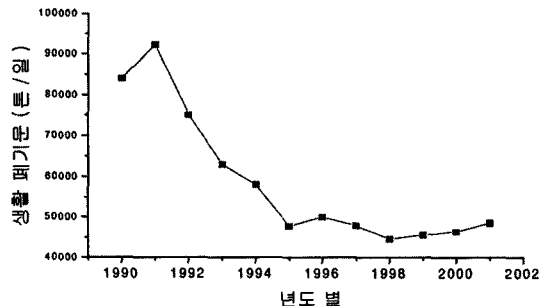


그림 1. 전국적인 생활폐기물 발생 추이

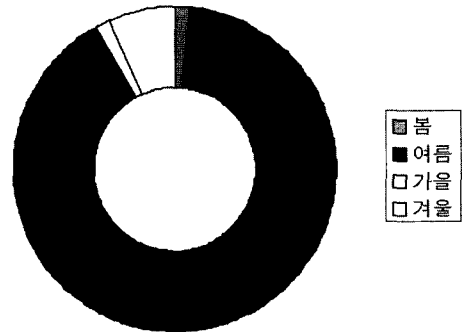


그림 5. 음식물 쓰레기의 계절별 비율

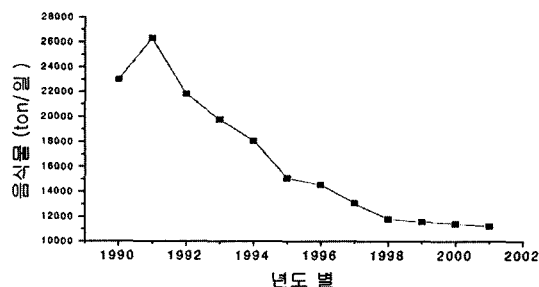


그림 2. 음식물류 폐기물 발생추이

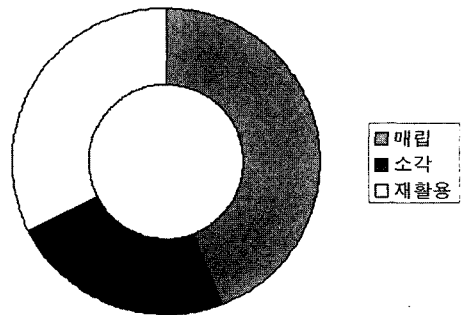


그림 6. 음식물 쓰레기의 처리종별 비율

성분은 야채/과일류로서 53.3%, 다음으로 국물/찌개류로서 36.0%, 생선/육류 3.1%, 밥/빵류 2.0%, 유지류 1.6% 및 기타 4.8%로 배출된다(그림4)[6].

1.2 염분농도 과다에 따른 농작물 피해 및 농토 황폐화

토양에는 많은 미생물이 존재하는데 박토 1g에는 3천 마리, 옥토에는 수천 만 마리가 존재한다. 퇴비를 농토에 주면 퇴비 중 질소와 인, 유기물을 미생물이 섭취하고 효소를 분비하게 된다. 식물은 그 효소를 섭취하여 잎으로 이송되고 효소는 태양광에 의해 탄소동화작용 등의 화학적 작용으로 뿌리나 가지에서 큰 열매를 형성하게 된다. 따라서 염분이 과다하게 들어가면 미생물이 죽으므로 옥토를 박토로 만드는 결과를 초래하기 때문이다. 모든 농작물 50% 이상이 염농도 0.3%에서 수확이 50%가 감소되고 벼와 같은 일부농작물만이 0.5%에서 수확이 50%이상 감소된다는 사실을 확인할 수 있다[표 1]. 현재 음식물 쓰레기 퇴비화 조건에 염분농도 1.0% 미만은 곧 0.5% 미만으로 고쳐 질것으로 기대된다.

표 1. 농작물 생육과 염분 농도[7]

농작물	수량 감소 정도			
	0%	10%	25%	50%
딸기	0.06%	0.08%	0.12%	0.16%
당근	0.06%	0.11%	0.18%	0.29%
무	0.08%	0.13%	0.20%	0.32%
상추	0.08%	0.13%	0.20%	0.33%
고추	0.09%	0.14%	0.21%	0.32%
감자	0.10%	0.16%	0.24%	0.37%
고구마	0.09%	0.15%	0.24%	0.38%
배추	0.11%	0.17%	0.28%	0.44%
오이	0.16%	0.21%	0.28%	0.40%
토마토	0.16%	0.22%	0.32%	0.48%
시금치	0.12%	0.21%	0.33%	0.55%
벼	0.19%	0.23%	0.32%	0.46%

표 2. 시험 전 재료의 일반 성분

재료	주요 성분								
	Ph 1:5	EC ds/m	OM(%)	T-C(%)	T-N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O(%)	Na(%)	NaCl(5)
음식쓰레기 퇴비	6.5	35.1	80.6	44.8	1.95	1.07	0.69	0.52	1.32
돈분 퇴비	7.6	53.4	80.0	44.4	1.78	3.94	0.63	0.35	0.90

2. 음식물 쓰레기의 염분 저감 방안

2.1 호기성 발효 시스템에서의 염분저감방안

호기성 처리는 혐기성 처리에 비하여 상대적으로 영양분이 풍부하기 때문에 선호하나 악취제거엔 취약하다. 이 경우 통상 염분을 저감하는 방법은 톱밥과 같은 수분 조절제를 넣어 발효시 발생하는 수분을 흡수시키며 동시에 염분의 농도 저감효과를 얻는다. 음식쓰레기 50% 톱밥 50%를 혼합하는 이 방법은 많이 채택하여 사용하는 방법인데 이러한 퇴비를 사용한 토양의 환경 변화 평가에서 잔류한 염분의 염류농도는 1.32%로 조사되었다[8].

이를 개선한 방법이 부상분리 형식의 회석교반조에 회석수를 첨가하여 음식물쓰레기 중 이물질을 선별하고 염분을 감소시킨 후 2단계의 파쇄기와 스크류탈수기를 통하여 함수율을 70% 이내로 탈수하고 수분조절제와 혼합한 후 호기성 조건으로 유기물을 분해함으로써 퇴비화 하는 기술이 새로 적용되고 있다[9]. 염분 제거방법은 음식물 처리량 1톤당 2.55톤의 회석수를 사용하여 염분을 세척하여 제거하며, 이때 제거율은 투입대비 86.1%의 염분을 제거하여 최종퇴비의 염분농도 0.21% 유지할 수 있다. 우수한 탈수효율 유지로 수분조절제로 사용하고 있는 톱밥사용량이 투입쓰레기 대비 약 4%(타공법은 약 20%)로써 운영비용을 대폭 절감 할 수 있으며 음식물보다 유기물 분해속도가 상대적으로 느린 톱밥이 소량투입 되므로 유기물 분해속도가 상대적으로 빠르다. 상대적으로 처리 후 물의 양이 많은 단점이 있으나[그림7]과 같은 과정을 통하여 하수종말처리장과

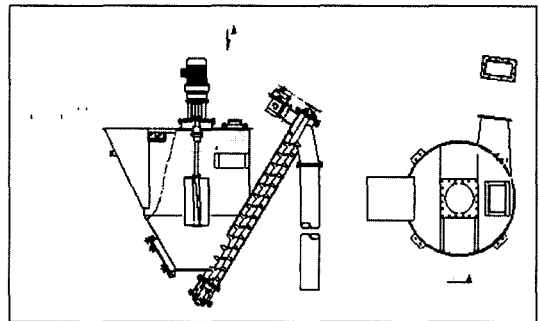


그림 7. 회석교반조의 구조

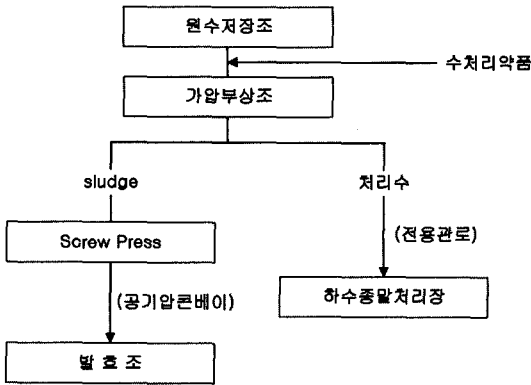


그림 8. 수처리 공정도

도로 장치하여 탈취한다.

2.2 혐기성 발효시스템에서의 염분 저감 방안

혐기성 유기물 분해는 혐기성 미생물을 통하여 환원 반응을 실현하는 것으로 충남에 위치한 S기업에서 공동으로 기계 장치 및 공정에 관한 연구를 수행하였다. S기업의 처리 시스템을 요약하면 다음과 같다[10].

1) 처리 방식

가. 통상 혐기성 고속 발효 건조방식에 의한 연동식 고속발효건조장치를 사용한다.

나. 기류 내부 순환식에 의한 완전 밀폐식 처리 방법을 사용한다.

다. 외부 첨가물 없이 음식물류 폐기물만으로 처리하여 고농축 발효 건조시켜 최대한 감량할 수 있다.

2) 처리 기술의 특징

가. 단시간에 발효 건조에 의해 감량시킬 수 있는 기술 집약적 설비 장치이다.

- 외부 첨가물을 사용하지 않고 음식물류 폐기물만 처리하여 단시간에 감량시킬 수 있다.

- 탈수 세척 처리과정 없이 처리하여 침출수 문제를 원천적으로 해결한다.

- 내부 기류 순환 구조로 악취발생을 근본적으로 차단한다.

- 배출된 폐열을 재순환시켜 연료를 최대한 절약할 수 있다.

나. 음식물류 폐기물은 단백질, 지방, 탄수화물로 구성되어 있고, 발효시키면 단백질은 아미노산으로 분해되고, 지방과 탄수화물은 유기산으로 분해되어 저분자 유기물로 변화하며 이를 농축시키면 가열원으로 활용할 수 있다는 원리에 입각하였다.

다. 부패하기 쉬운 유기물을 활용하여 강제로 발효건조과정을 거쳐 유기산이 농축된 고체연료를 만들고 이를 탄화시켜 가연성 가스를 얻고 탄화물은 착화시켜 연소되는 연소가스를 얻고 가연성 가스와 연소가스를 2차로 연소시킨다.

라. 부패하기 쉬운 유기물의 발효건조시나 연소할 때 유해물질이 발생하는 것을 근본적으로 차단하여 환경공해를 획기적으로 저감시킨다.

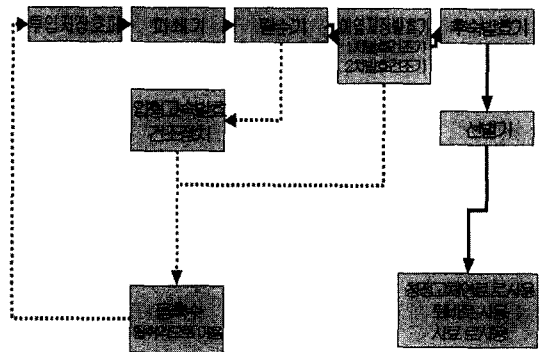


그림 9. 음식물류 폐기물 처리 공정도

이 경우 투입저장조퍼 투입시와 파쇄후 탈수시 물을 분무하여 0.8%이하로 저감시킬 수 있었다. 표3은 음식물 쓰레기를 혐기성 발효처리한 후의 고형 성분의 함량 비율을 나타내 준다.

3. 결론 및 토의

음식물 쓰레기의 퇴비화는 재활용 측면에서 바람직하지만, 완숙되지 않거나 염분이 과다하게 함유된 퇴비는 농작물을 망치고 농토를 황폐화하는 원인이 된다. 퇴비의 염분 농도는 제조사가 아닌 농토에 시비할 당시의 염분을 기준으로 제조되어야 하며, 그러기 위해서는 현재의 염분 농도 1.0% 미만의 제약 조건은 훨씬 낮은

표 3. 음식물 쓰레기 처리 후 고형 성분의 성분

H ₂ O(%)	Ash(%)	Organics(%)						Heating Low Value(kcal/kg)	Specific(ton/m ³)
		C	H	N	O	S	Cl		
17.8	10	41.1	7.0	2.51	18.9	0.45	2.24	4,432	0.35

수치로 재조정 되어야 할 것이다.

음식물 쓰레기의 염분처리방안은 톱밥과 같은 이물질의 침가에 의한 수분 조절 효과와 염분 저감 효과를 동시에 볼 수 있지만, 궁극적인 염분제거는 못하므로 완숙 후 염분이 농도가 상대적으로 증가하여 염분의 피해가 우려된다. 염분이 물에 쉽게 녹으므로 물에 희석 후 탈수 처리하여 고형성분은 퇴비화 과정을 거쳐 퇴비로 만들고, 액상 성분은 하수종말처리장과 연계하여 처리하는 것이 가장 합리적인 과정으로 여겨지며, 이러한 과정을 거쳐 만들어지는 완숙된 퇴비의 염분농도는 0.2% 수준으로 만들 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 충남환경기술개발센터의 지원에 의해 연구되어졌습니다.

참고문헌

- [1] 유기영, “서울시 음식물 쓰레기 감량 및 자원화 방안”, 서울시정포럼, pp.50-54, 1998.
- [2] 한두희, “음식물 쓰레기 처리실태 조사 및 음식물 쓰레기의 염분제거를 통한 퇴비-사료화 연구”, 충남환경기술개발센터 연구제안서, 2003.
- [3] 농림부 보도자료, “비료관리법 개정안”, 3월, 2003.
- [4] 환경부 통계연감, 2001.
- [5] 환경부 통계연감, 2002.
- [6] 경기개발연구원, “음식물 쓰레기 재활용 방안에 관한 연구”, 1998.
- [7] 농촌진흥청, “농토배양기술”, 1998.
- [8] 농업과학기술원 홈페이지→연구분야→농업환경분야→참고자료
- [9] 안재민, “부상분리형의 희석교반조와 파쇄기 및 스크류 탈수기를 이용한 음식물쓰레기 퇴비화 기술”, 제4회 환경신기술발표회 발표집, 환경관리공단, 2003.
- [10] 삼원바이오(주), “음식물류 폐기물 자원화 시설설치 사업수행계획서”, 2003.