

음식물 쓰레기 처리기술

이재기 / 주택기술부 대리

요 식물쓰레기는 수분함량이 높고 쉽게 부패되어 매립 및 소각처리에 어려움을 초래함에 따라 이에 대한 다각적인 처리대안이 논의되어 왔다. 특히 음식물 쓰레기는 건조중량기준 발열량이 높고, 수분이 충분하여 유기성 물질로서 영양소가 충분함에 따라 퇴비화, 사료화로서의 재활용 방안이 집중적으로 연구, 개발되고 있다.

집단지식소, 대형음식점 등 음식물쓰레기 다량 배출업소를 대상으로 94년 9월 1일부터 음식물쓰레기 감량화 처리가 의무화되면서 다양한 기술과 기기가 개발, 보급되게 되었다. 그러나 음식물쓰레기 처리기기의 급속한 수요창출에도 불구하고 국내 제조기술의 낙후성과 영세성, 무분별한 부실 제조업체의 난립 등 여러 문제점으로 인해 소비자 피해를 유발시키고 음식물쓰레기 관리정책의 실효성을 저하시키고 있다. 이에 따라 환경부에서는 국내에서 제작, 유통되고 있는 음식물쓰레기 처리시설이 적당한 발효 및 건조성능을 유지, 달성할 수 있도록 하기 위하여 표준화된 성능, 구조 규격기준을 정하고 생산기술연구원에서 이를 공인토록 하는 K마크 품질인증제도를 96년 4월부터 도입, 시행하고 있다. 음식물쓰레기를 감량화, 자원화하기 위한 처리기기(시설 포함)는 처리규모에 따라 가정용, 사업장용, 공공처리용(플랜트형)으로 대별되며 처리목적에 따라 음식물쓰레기 양을 줄이기 위한 감량화시설과 퇴비, 사료를 생산하며 직접 사용가능하도록 하는 자원

화 시설로 분류된다. 처리기기의 처리방식은 건조방식, 발효방식, 발효건조방식, 소멸방식이 주종을 이루고 있으며 탈수방식 등이 새롭게 개발, 보급되고 있는 추세이다. 따라서 본고에서는 처리기기의 방식을 알아보고 이를 검토하는데 도움을 주고자 한다.

현황 및 문제점

1. 음식물쓰레기 발생 및 처리현황

95년도 음식물쓰레기 발생량은 1일 15,075톤으로서 생활폐기물 발생량 47,774톤/일의 31.6%를 차지하였다. 생활폐기물 중에서 음식물쓰레기가 차지하는 점유비율은 91년도 28.5%에서 95년도 31.6%로 증가되었으며, 선진 OECD국가와 비교할 때 우리나라의 점유비율은 높은 것으로 나타났다.

각국의 음식물쓰레기 점유비율

우리나라(95)	미국(90)	영국(90)	독일(89)
31.6%	25.0%	19.0%	28.0%

국민 1인당 음식물쓰레기 발생량은 0.34kg/일로서 해마다 감소되고는 있으나 아직도 선진국에 비해 많이 발생되고 있는 실정이다. (독일 0.27kg/일, 영국 0.26kg/일)

우리나라 음식물쓰레기의 주요 발생원은 음식점과 가정(83%)으로서 음식점이 전체 음식물쓰레기 발생량의 42%, 가정이 41%를 차지

하고 있으며, 성상별로는 채소류가 53.1%로서 주종을 이루고 있다.

배출원별 음식물쓰레기 발생량

단위 : 톤/일

계	식품 접객업소	가정	대형 유통업소	집단 급식소
15,075 (100%)	6,331 (42%)	6,181 (41%)	1,960 (13%)	603 (4%)

성상별 음식물쓰레기 발생량

단위 : 톤/일

계	채소류	어육류	곡류	과일류
15,075 (100%)	8,005 (53.1%)	2,804 (18.6%)	2,216 (14.7%)	2,050 (13.6%)

음식물쓰레기 배출원별 평균 배출량

가정	0.182kg/인.일	일반식당	0.020kg/인.일
일반집단 급식소	1.101kg/인.일	부패	0.704kg/인.일
병원집단 급식소	1.167kg/인.일	농산물시장	3.029kg/인.일
백화점	0.029kg/인.일		

이렇게 배출되는 음식물쓰레기의 95.4%가 매립처리되고 있으며, 재활용되는 양은 316톤으로서 음식물쓰레기 발생량의 2.1%만이 소규모 가축먹이 및 퇴비이용 등의 취약한 방법에 의해 재활용 되고 있다.

음식물 처리실태

총계	매립	소각	재활용
15,075톤/일 (750%)	14,387톤/일 (95.3%)	372톤/일 (2.5%)	316톤/일 (2.1%)

2. 문제점

음식물쓰레기의 주요 문제점으로는 첫째, 수분함량이 80~85%로 쉽게 부패되어 수거, 운반시 악취, 오수가 발생되고, 과다한 염분(약3%)은 퇴비화하여 저해요인이 되고 있으며 둘째, 매립처리시에는 다량의 침출수가 흘러나와 지하수 오염 등 2차 환경오염을 유발시키고 침출수를 처리하는데 많은 비용이 소요되

며, 소각시에도 발열량이 낮고 물기가 많아 소각온도 저하에 따른 보조연료를 추가로 사용하여야 하는 문제점이 있다. 또한 음식물쓰레기를 줄이기 위하여는 과도한 상차림과 국물을 선호하는 전통적인 식생활문화를 개선하여야 하나, 5,000년간 이어온 음식문화를 단시일에 개선하기가 어렵다는 문제점이 있다.

그동안 음식물쓰레기 줄이기에 대한 사회적 공감대가 형성되어 있던 하나 식생활 속에 정착되기까지는 많은 시간이 필요할 것으로 예상된다. 또한 음식물쓰레기를 퇴비, 사료 등으로 최대한 재활용하여야 하나 재활용을 위한 자원화 기술개발이 미흡하고 공공처리시설이 절대 부족한 실정에 있다. 아직 표준화된 자원화 기술이 정립되어 있지 않으며, 공공처리시설도 초기 보급단계로 체계적인 재활용이 미흡한 실정에 있는 등 여러 문제점을 안고 있다.

쓰레기 처리방식

1. 발효방식

발효방식의 기본원리는 유기물질을 다양한 미생물에 의해 생물학적으로 분해, 안정화시켜 퇴비 등으로 이용될 수 있는 최종 부산물로 생성하는 과정으로 구성된다. 퇴비라는 유기물질이 분해되는 조건에 따라 크게 두가지로 대별된다.

- 호기성 퇴비화(Aerobic Composting) - 발효로, 공기공급 및 유량(공기량) 조절장치와 온도 측정장치, 가열장치, 균질 혼합을 위한 교반장치로 구성된다.
- 혐기성 장치(Anaerobic Composting) - 호기성장치와 거의 동일하나 공기공급장치가 없는 것이 상이한 점이다.

상기의 퇴비화 과정에서 혐기성 퇴비화의 경우 산소 공급 결핍으로 악취를 발생 (NH₃, 메탄가스) 하게 되어 인접 공기 오염이 될 수 있으므로 주의해야 한다.

2. 고속 건조방식

음식물 쓰레기를 물리적으로 처리하여 증기

각종 탈취방법의 비교

방 법	원 리	특 징	문제점	설비비	운영비	탈취효율	종합
냉각응축법	-냉매나 냉각수 등을 이용하여 열교환기에서 수분응축 제거	-배기 악취가스의 수증기량을 줄이고 일부 수용성 가스 제거 효과	-약간의 악취제거 효과. 고악한 악취 제거 불가능	저	저	저	△
흡착법 (활성탄등)	-활성탄이나 제올라이트 등 흡착성능을 가진 재료 등을 통과시켜 악취를 제거	-질소화합물(암모니아 등) 계통을 제외하고는 악취의 흡착능력 우수. 주로 1차 탈취처리 후 마지막 단계로 이용	-흡착성능의 한계를 넘으면 탈취능력 소실. 교체나 재생비용 높음. 차지하는 공간이 큼	중	고	고	△
약액세정법	-산이나 알칼리 용액으로 중화 처리하거나 액체 산화제로 처리	-특정의 가스성분에 유리한 방법. -액중을 통과시키는 폭기방법 및 액체를 분사시키는 스크러버 방식이 있음.	-가스가 여러종류 복합되어 있을 경우 악취제거가 어렵고 2차 폐수처리의 어려움이 있음.	중	고	중	△
생물탈취법	-액중에 탈취 미생물을 번식시키고 이에 악취가스를 통과하거나 분사하여 미생물과 악취 가스 성분이 반응	-운영비는 적게 드나 탈취 효율이 낮음	-고농도 복합가스 제거는 무리. 2차 폐수처리문제	중	중	저	△
생물탈취법 (담체충진형)	-미생물이 번식할 수 있는 담체를 충전하고 하향으로 상물을 분사하여 상향으로 악취가스를 통과시키는 방법	-장기적으로 상당히 안정적인 방법 -음식물 처리가 발생가스와 반응할 수 있는 미생물과 이에 알맞는 담체의 개발이 과제	-음식물 처리기 휴지후 재가동시문제. 다량의 고농도 악취제거는 어려움. 2차 폐수처리 문제	고	중	중	○
오존산화법	-강한 산화력을 지닌 오존과 반응시켜 악취를 산화 제거	-오존 산화와 마스킹 효과 -오존 분해 촉매를 추가하여 산화 촉진	-질소화합물계통이 어렵고 수분이 많을 경우 불가능	저	중	중	○
직접연소법	-악취물질을 기름이나 가스로 연소 제거(700~800℃)	-다량의 고농도 가스를 제거할 경우 유리	-에너지 비용이 높고 NOx나 SOx가 발생	중	고	고	○
촉매연소	-악취가스를 낮은 온도(200~400℃)에서 촉매에 의해 산화 분해	-고농도의 복합 가스에 유리 -직접연소와 동일 한 연소 효과	-촉매의 가격이 비쌈	중	중	고	○

압을 이용처리하는 방식이라 할 수 있다.

현재 음식물 쓰레기 처리업체의 방식중 30%정도의 업체에서 이 방식을 채택하고 있다. 높은 온도로 가열한 탱크에 음식물쓰레기

를 투입하고 수분은 증발시키고 음식물에 붙어 있는 부착 미생물을 이용하여 1차 감량시킨 후 높은 온도로 가열하여 건조시키는 단순처리방식이다. 건조에 의해 생성된 부산물은 짧은 시

간에 처리되므로 주로 사료화에 이용되나 토양에 직접 퇴비로 사용할 때 미분해된 물질에 의해 식물생장에 악영향을 끼칠 수 있다.

3. 발효건조방식

발효건조방식이란 발효조에 열풍 혹은 히터를 장착하여 발효온도보다 높은 온도를 설정하여 발효와 건조를 동시에 일어나게 하는 것으로 대부분의 공정이 건조과정이나 일부 미생물 등을 넣어 발효에 대한 개념을 접목시킨 처리방식이다.

4. 소멸방식

소멸방식은 일정한 퇴비화 용기 또는 시설에 부패성 유기물에 대한 분해능력이 탁월한 호기성 향균성 미생물을 넣어두고 음식물 쓰레기를 매일 일정량씩 투입하여 미생물에 의해 유기물이 분해되는 방식이다. 이때 발생하는 분해열로 음식물 쓰레기에 함유된 85%의 수분은 증발시켜 버리고 나머지 분해성 유기물은 계속 증식되는 미생물에 의해 대기중에 기체상태로 방출되어 난분해성인 소량(1.6%)의 무기물만이 남게 되나 이 또한 통기 개량제로서 투입된 분해 매체가 또다시 분해되어 전체량의 변화없이 항상 일정량의 수준을 유지하게 된다.

5. 건조·파쇄방식

Boil 건조 또는 와류건조라고 하는 건조방식은 건조조 내에 음식물쓰레기를 투입한 후 회전시키면서 건조조 외곽에 스팀을 공급하여, 간접열에 의해 음식물쓰레기를 건조, 파쇄시키는 원리이다. 100°C 이상의 온도에서 순간 건조되는 방식으로 건조 및 파쇄가 동시에 이루어지고 건조속도가 빠른 것이 특징이며, 건조된 쓰레기는 사료원료로 이용될 수 있다.

6. 탈수방식

탈수방식은 최근에 다양하게 개발되고 있는 음식물쓰레기 탈수방식으로 녹즙기원리를 이용한 파쇄, 압축에 의한 탈수방식, 분쇄기(디

스포자)원리를 이용한 질단에 의한 탈수방식 등이 있다.

녹즙기 원리를 이용한 탈수방식은 음식물 쓰레기를 파쇄, 압축하는 것으로 고성능 수분 추출장치에 의해 음식물쓰레기에 함유된 수분을 압출시킴으로써 수분과 염분을 제거하는 기능이 높아 사료 또는 유기질비료로 재활용이 가능하다. 분쇄기원리를 이용한 탈수방식은 수분 및 염분제거 효율이 낮으며, 기본 분쇄기(디스포자)원리와 유사하여 사용에 주의가 기울일 필요가 있다. 탈수방식은 음식물쓰레기의 수분제거에는 효율적이지만 수질오염을 초래한다는 단점을 가지고 있다.

처리기술의 분석

1. 음식물쓰레기 감량화 시설

고속발효기 등 음식물쓰레기 감량화시설은 악취발생문제와 부산물의 발효정도, 재활용에 따른 여러 문제점을 안고 있다.

감량화시설 선정시에는 설치장소, 재활용문제 등을 종합적으로 고려해야 하며 시설의 성능에 대한 면밀한 검토가 요구된다. 감량화 시설의 성능은 수분제거효율, 염분농도, 부산물의 발효정도, 비료공정규격 적합 여부, 감량률, 운전비용 등을 종합적으로 검토, 고려해야만 한다.

부산물의 염분농도는 대체적으로 1% 수준의 비교적 높은 함유량을 나타내고 있으며 발효방식의 염분농도가 가장 낮았고, 소멸방식의 경우 계속적인 음식물쓰레기 투입에 따라 염분이 축적되어 약 3% 이상의 높은 염분농도를 나타냈다. 부산물의 발효정도는 pH수치로 평가하는데 보통 음식물쓰레기는 산성을 나타내고 발효가 잘된 경우 알칼리성을 나타낸다. 부산물의 pH는 소멸방식이 pH8.0 정도를 나타내 발효가 잘된 것으로 나타났으며 기타방식은 처리시간이 짧아 효율적인 발효과정을 거치지 못하고 있는 것으로 나타났다. 비료공정규격에의 적합여부는 C/N비, 유해물질 함량기준 등 모든 항목이 기준에 적합한 것으로 나타났다.

국내 음식쓰레기에 대한 시책이 감량화 보다는 재활용 방향으로 나아가는 것을 볼 때 고속발효 및 소멸쪽으로 지속적인 검토가 필요하다.

음식물쓰레기의 감량률은 소멸방식과 건조방식이 75%이상으로 높게 나타났으며, 발효방식의 감량률이 50% 정도로 가장 낮게 나타났다. 감량화기기의 운전비용은 내부동력 및 열원의 종류에 따라 달라지며 간헐적으로 교반기가 작동되는 소멸방식의 운전비용이 가장 낮게 나타난 반면, 시간당 처리효율이 높으나 반응조 내부온도를 높게 유지하고 교반속도가 빠르게 운전되는 건조방식이 운전비용이 많이 소요되는 것으로 조사되었다.

2. 음식물쓰레기 자원화 시설

음식물쓰레기 자원화 기술은 현재 자치단체 등에서 도입하고 있는 사례가 많지 않아 실제 운영에 따른 시설별, 기술별 비교 평가는 어려운 실정에 있다. 자원화 기술 선정시에는 시설 설치장소 및 주변환경여건, 생산된 제품(퇴비, 사료 등)의 활용방안, 타 처리방식과 경제성 비교 등 종합적인 검토가 필요하다.

자원화 기술은 감량화 시설과 달리 충분한 처리공정을 거침에 따라 기술적인 측면에서의 문제점은 적으나, 시설운영 및 퇴비, 사료 이용시 일부 문제점이 제기되고 있다. 사료화시설 운영시 이물질 혼입에 따른 시설고장 및 품질저하가 초래되며, 계절별 쓰레기 성상 변화로 균질한 품질유지가 곤란하다. 또한 곡물사료에 비해 영양물질이 부족하고 살균처리 미비시 가축질병 발생이 우려되어 사료판매 가격이 낮으며, 불안정한 공급체계로 안정적인 생산, 공급이 곤란한 문제점이 있다.

퇴비화시설의 경우에는 장기숙성과정을 거침에 따라 시설부지가 많이 소요되고, 악취제거가 곤란하여 시설부지 확보에 어려움이 초래될 뿐만 아니라 수분 및 염분제거를 위한 부형제(톱밥, 미강 등)가 많이 소요되어 퇴비제조비용을 상승시키는 원인이 되고 있다. 또한 계절별 쓰레기 성상변화로 균질한 품질유지가 곤란하고, 수요처가 한정되어 있어 안정적인 공급, 판매가 곤란할 뿐만 아니라, 농작물 생장저해를 우려하여 농가에서 사용을 기피하는 경향

도 있다. 이러한 제반요인에 따라 자원화시설 설치, 운영에 따른 경제적 타당성에 문제가 초래되고 있다. 일부 시설의 경우 사료, 퇴비 문제가 초래되고 있으며, 사료, 퇴비 판매비용으로 운영비를 충당하지 못하고 있다. 그러나 자원화시설 운영에 따른 경제성은 단순히 음식물쓰레기의 처리, 판매에 따른 경제성보다는 자치단체에서 매립에 소요되는 수거, 운반 및 매립지 건설, 유지비용, 사료 및 퇴비가격의 상승요인, 주민에 대한 양질의 행정서비스 제공 등 복합적인 측면을 고려하여 검토되어야 할 것이다.

처리방식별 수요 예측

1. 선호하는 처리방식별 구성비율

- 처리방식별 비율은 발효방식 22.3%, 건조방식 33.2%, 소멸방식 44.6%로 나타났다.

구분	빈도수	구성비 (%)	누적빈도수	누적구성비 (%)
발효	41	22.3	41	22.3
발효건조	61	33.2	102	55.4
소멸화	82	44.6	184	100.0

2. 처리방식별 수요 예측

발효방식 수요 예측 (누적합)

(단위:대수)

시·도	97.6	97.12	98.6	98.12	99.6	99.12
서울	1,832	2,690	3,515	4,000	4,426	4,699
부산	338	453	589	667	733	776
대구	340	500	651	740	817	866
인천	279	413	545	624	695	743
광주	207	307	404	462	516	550
대전	250	374	498	576	649	698
경기	1,066	1,550	2,006	2,264	2,485	2,616
강원	502	741	973	1,110	1,233	1,315
충북	320	472	620	710	789	842
충남	307	453	593	676	750	797
전북	349	516	679	776	864	922
전남	290	421	210	611	668	701
경북	398	586	744	874	967	1,029
경남	635	933	1,200	1,388	1,535	1,631
제주	164	242	318	365	405	432
합계	7,278	10,652	13,564	15,842	17,532	18,617
증감율				48.7%		17.5%

건조방식 수요 예측 (누적합)

(단위:대수)

시·도	97.6	97.12	98.6	98.12	99.6	99.12
서울	3,212	3,981	4,481	4,800	49,278	4,996
부산	544	671	751	800	817	824
대구	598	739	830	888	910	921
인천	488	611	865	749	775	791
광주	363	453	325	555	573	585
대전	438	554	635	692	721	743
경기	1,869	2,294	2,559	2,716	2,765	2,782
강원	881	1,097	1,239	1,333	1,374	1,387
충북	560	699	791	852	879	895
충남	539	670	756	81	835	849
전북	613	764	865	932	961	979
전남	509	623	692	733	743	745
경북	699	867	977	1,048	1,077	1,093
경남	1,115	1,382	1,555	1,665	1,709	1,733
제주	308	358	406	437	451	460
합계	12,737	15,763	17,729	19,010	19,517	19,794
증감율				20.6%		4.1%

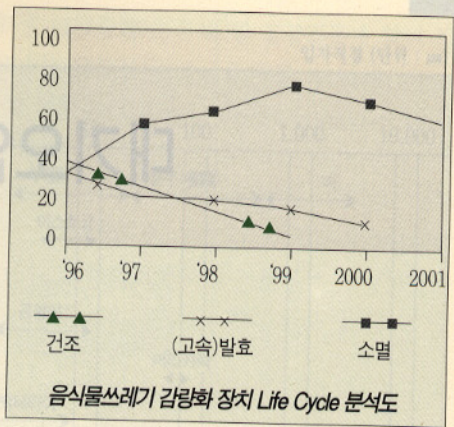
소멸방식 수요 예측 (누적합)

(단위:대수)

시·도	97.6	97.12	98.6	98.12	99.6	99.12
서울	4,136	5,393	6,310	6,878	7,349	7,850
부산	701	909	1,057	1,146	1,218	1,295
대구	770	1,001	1,170	1,272	1,357	1,447
인천	630	828	977	1,074	1,155	1,242
광주	467	614	725	795	855	618
대전	564	751	895	992	1,076	1,167
경기	2,407	3,107	3,603	3,892	4,125	4,372
강원	1,135	1,485	1,746	1,940	2,048	2,195
충북	722	946	1,114	1,220	1,310	1,407
충남	694	907	1,064	1,163	1,245	1,333
전북	789	1,034	1,218	1,335	1,433	1,539
전남	656	844	975	1,049	1,108	1,171
경북	900	1,175	1,376	1,502	1,607	1,718
경남	1,435	1,871	2,189	2,386	2,550	2,723
제주	369	485	571	626	672	722
합계	16,376	21,352	24,990	27,273	29,110	30,798
증감율				27.7%		12.9%

맺음말

1) 음식물쓰레기 감량화장치의 Life Cycle은 97년을 기점으로 소멸화 장치를 선호하는 소비자 성향이 높아져 기술개발의 성숙기 단계로 전망되는 98~99년을 거쳐 행복점에 도달할 것으로 전망된다. 건조화방식은 운영비의 과



다, 자원화의 어려움 등으로 인해 2000년 이내에 사양될 것으로 사료되며 고속발효 처리방식도 Life Cycle이 길지 않을 것으로 전망된다.

2) 향후 쓰레기 처리방식은 소멸화 방식이 시장을 주도하게 될 것으로 전망되며, 기술개발 방향은 처리시간 단축, 악취발생 최소화, 국산 미생물 개발, 대체 수분조정제 개발 등의 기술개발이 요구될 것으로 전망된다.

3) 국내 음식물쓰레기에 대한 시책이 감량화보다는 재활용 방향으로 나아가는 것을 볼 때 고속발효 및 소멸쪽으로 지속적인 검토가 필요하다.

4) 음식물 쓰레기 처리기기는 설계단계에서부터 환경적인 제반사항을 검토하지 않는다면 건설시장 개방에 따른 경쟁에 있어 경쟁력을 상실할 수 있다. **SS**

참 고 문 헌

1. 건축설비와 배관공사 1997, 2월호
2. 설비기술 1996, 9월호
3. 권윤혁 한국연구소 "음식물 쓰레기 감량화장치 시장조사 및 주요 예측 보고서"
4. 창원대학교 환경문제 연구소 논문집 "가정 음식물쓰레기 발생량 및 중금속 함량"
5. 환경부 자료 1997, 1 "음식물 쓰레기 줄이기 종합대책 세부실천계획"
6. 한국 환경기술 개발원 1994, 8 신명교, 김홍균 "음식물 쓰레기 감량화 규제에 대한 연구"