

음식물쓰레기 어떻게 해야하나?



이 대 규
경기특장개발(주)대표이사

〈필자약력〉
경기특장개발(주) 대표이사 (현)
(주)팍스 이사 (현)
팍스연구소 소장 (현)
제3회 환경기술상 수상 (환경부장관상)
'99 환경의 날 대통령 표창 수상

I. 서 론

2001년 환경부의 발표를 보면 2000년도 음식물쓰레기의 재활용율이 당초 계획한 2002년의 목표 50%를 초과한 54.5%에 달한다고 하였다. 수치상으로 보면 참으로 훌륭한 결과이며 이는 환경부를 비롯한 모든 관련부서 및 단체나 개인의 관심과 노력의 결과로 무척 고무적인 현상이다. 그러나, 이는 현재 운영중인 모든 자원화시설들로 유입되는 총 물량을 기준으로 집계된 것으로 생각되며, 실제로 현장에서 처리효과나 부산물의 이용효율 측면에서는 좀더 검토해야할 부분이 있는 것이 현실이다.

우리나라 음식물은 고 수분에다가 산도가 높고, 계절적, 지역적으로 배출 특성이 다양하여 적절한 처리가 어렵고, 고유의 음식문화에 기인한 각종 장류, 향신료의 함유로 사료화 시 특이적 효과가 있음도 사실이다.

또, 자원화 방법에 있어서도 사료화, 퇴비화, 에너지화 등 다양한 기술들이 적용되고 있다. 사료화 기술에는 건조화, 호기성 발효사료화, 혐기성 유산균에 의한 발효사료화 등이 있으며, 퇴비화 기술 역시 호기성 및 혐기성 기술이 있고, 같은 호기성 퇴비화일지라도 밀폐통기식, 교반차식, 교반통기혼합식 등 그 방식이 열거하기 어려울 정도로 다양하다. 이들 재활용 기술들이 현재 각 자원화시설에 폭넓게 적용되어 환경오염 방지에 크게 기여하고 있음도 누구도 부정할 수 없는 사실임에 틀림없다.

그럼에도 불구하고 음식물쓰레기 자원화에 많은 우려와

지적들이 제기되어 마치 그 실효성이 의문시되는 것처럼 비치지고있어 환경인의 한사람으로서 안타까울 뿐이며, 필자가 다년간 음식물쓰레기 자원화시설을 설치·운영하면서, 동종업계의 운영시설 사례들을 보면서, 또 선진외국의 많은 기술들을 견학하면서 얻은 경험을 바탕으로 음식물쓰레기 자원화의 현황을 살펴보고 앞으로의 나아갈 방향에 대하여 감히 제언하고자 한다.

II. 자원화시설 현황

현재 각 자치단체에 설치되어 운영되고있는 자원화시설은 크게 사료화, 퇴비화, 에너지화 및 하수병합처리 등으로 대별된다. 이를 다시 적용기술별로 세분하면 여러 가지 처리방식들이 있으며, 각 기술들에 대한 현황 및 장·단점들을 살펴보면 다음과 같다.

1. 사료화 기술

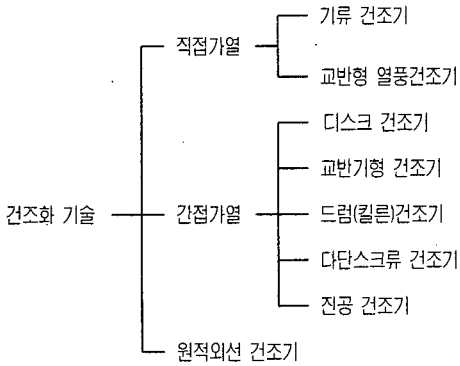
○ 건조사료화

◇ 기술개요

건조사료화 방법은 음식물쓰레기에 함유된 85%전후의 수분을 열에너지로 투입하여 15%전후로 건조시키는 기술로, 가열방법에 따라 직열건조방식, 간접가열방식, 원적외선 건조방식이 있다. 직열 건조에는 가류건조기, 교반기부착형 열풍회전건조기 방식 등이 있고, 간접가열에는 디스크건조기, 교반기형 건조기, 드럼(킬른)건조기, 다단스크류

건조기, 진공건조기를 이용한 방식들이 있으며, 이들을 혼용한 기술들도 적용되고 있다.

◆ 건조방식



◆ 건조화 기술의 현황

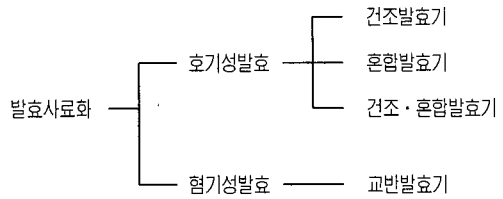
음식물쓰레기를 건조시키면 많은 부분 감량이 되고 보관이나 운반도 편리해져 다루기 쉬운 물질이 되므로 축산이 현실적으로 불가한 일부 대도시에서 선호하고 있다. 그러나 여기에는 막대한 에너지비용이 소요되고 건조화 과정에서 발생할 수밖에 없는 폐수(응축수)의 처리비용이 따르게 되며, 심한 악취가 발생하게 되어 탈취시설이 부가적으로 필요하게 된다. 에너지비용을 줄이기 위하여 건조 공정 앞에 탈수공정을 추가하기도 하나 이 또한 폐수의 농도를 증가시켜 처리시설설치비와 처리비용의 증가를 동반하게 된다. 또 건조된 음식물은 원래의 음식물이 가지고 있는 사료적 가치가 상당히 감소되어 사료 이용에 제한적인 요소가 되기도 한다. 일부 사료제조 업체에서 혼합원료의 일부로 건조음식물을 적용하기도 하였으나 광우병 파동 등을 이유로 사용을 기피하고 있는 실정이다.

○ 발효사료화

◆ 기술개요

발효사료화 기술은 음식물의 수분을 45%전후로 제어한 후 호기성 미생물에 의하여 발효안정화 되게 하는 방법과, 수분이 85%전후인 원래 음식물상태에서 유산균을 이용하여 혐기적으로 발효시키는 기술로 대별된다. 호기성 발효 방식에는 건조기의 형태로 수분을 증발시켜 발효조건을 조성하는 건조발효기식과, 발효조건을 부원료의 투입에 의하여 조성하는 혼합발효기의 형태 및 이들을 혼용한 건조·혼합발효방식 등이 있다.

◆ 발효방식



◆ 발효사료화 기술의 현황

발효사료화 역시 원래의 음식물보다 상당히 안정적이고 다루기 편리한 상태로 되며, 건조·발효사료의 경우 감량화 효과 역시 매우 높다. 그러나 이 역시 건조에 투입하는 에너지 비용이 부담스럽고 영양학 적으로도 미완의 상태이기 때문에 그 상태로는 이용이 어렵다. 그뿐 아니라 비교적 고수분(40%전후)이기 때문에 포장 및 자동 급이라인의 적용에도 어려움이 있다. 혼합발효사료의 경우 영양적인 밸런스 유지는 가능하나 일령별로 요구량이 다른 다양한 사료를 제조하기는 현실적으로 어렵다. 그래서 요즘은 혼합 및 건조발효의 병합형태로 운영되고 있으나, 영양적인 밸런스유지 보다는 보조사료에 비하여 상대적으로 가격이 저렴하고 수분조절 효과가 큰 탈지강 등을 사용하는 형편이어서 아직은 미완의 사료형태로 남으며, 투입되는 에너지 비용에 수분조절제 비용까지 포함하면 그리 크게 환영받지 못하고 있다.

또 수분함량이 85%전후로 제조되는 액상발효사료는 제조비용이 여타 방법보다 많이 저렴하다는 이점이 있음에도 불구하고 유통의 어려움, 축사의 준비 및 혼합될 보조사료의 개발 등 여러 과제를 안고 있다.

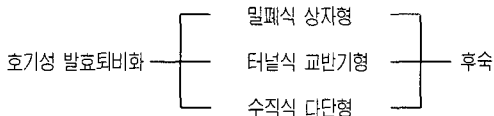
2. 퇴비화 기술

○ 호기성 퇴비화

◆ 기술개요

유기물 및 수분, 공기량을 인위적으로 적절히 조절하면 미생물이 대사활동을 통하여 미생물자신과 CO₂, H₂O, 저분자의 중간 생성물과 에너지 등을 만들며 반응하게 되고, 반응이 종료된 잘 숙성된 퇴비는 안정되어 악취발생이나 급격한 분해가 일어나지 않는 물질로 된다. 그 처리기술로는 밀폐식 상자형, 터널식 교반기형, 수직식 다단형 등이 주로 적용되고 있다.

◆ 발효방식



◆ 호기성 퇴비화기술 현황

호기성 퇴비화 기술을 이용하면 발효 후에 수분이 40% 전후의 비교적 안정된 형태로 상당히 감량 되며, 보관 및 유통 등 취급이 간편한 형태로 여러 시설에서 적용중이다. 호기성 퇴비화기술의 과정은 발효조건의 조성 및 염분의 제어에 있으며, 음식물쓰레기는 85%전후의 고 수분으로 발효초기 조건인 65%정도로 조성하기 위해서 탈수, 건조 및 수분조절제 혼합 등의 방법을 이용하고 있다. 탈수의 경우 탈리액의 처리시설 및 비용추가가 요구되고, 건조의 경우 에너지 비용이 많이 들며, 그동안 수분조절제로 주르 사용되어오던 톱밥의 경우 수입하고있는 목재가 규격화되면서 그 수급이 점점 어려워지고 있다.

또 생산된 제품이 염분의 축적 등을 이유로 판매가 잘 이루어지지 않아 부가가치가 있는 퇴비로서의 판매보다는 일부 유기질비료 공장 등에 혼합원료로 저가에 판매되고 있는 실정이다.

○ 혐기성 퇴비화

◆ 기술개요

소화법 또는 메탄발효법이라고도 한다. 밀폐된 소화조에서 유기성 폐기물을 분해, 가스화 및 액비화하여 안정화시키는 기술로, 혐기 상태에서 산생성균에 의해 용해성 유기물질을 중간 생성물(유기산, 알콜과 탄산가스, 물)로 분해시키고, 생성된 중간 생성물은 메탄균에 의해 혐기 조건 하에서 메탄가스와 탄산가스로 분해시킨다.

혐기성 반응은 유기산을 메탄으로 분해시키는 반응단계에 따라 좌우되는데 메탄균은 증식속도가 낮고, 온도, pH 등 외부조건에 매우 민감하여 전체적인 반응속도는 메탄형성 반응 단계에 좌우되므로 메탄생성균을 안정시키는 것이 중요하다.

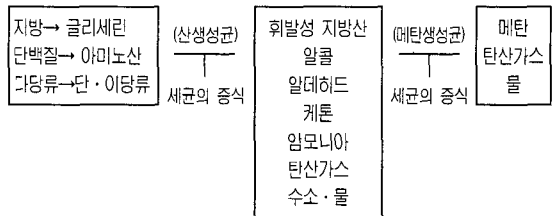
◆ 혐기성 퇴비화기술 현황

혐기발효에너지화는 일반적으로 고농도의 유기물을 이용하여 에너지를 생산하고 동시에 오염부하량을 줄이는데

유용하게 사용되어져 왔다. 그러나, 낮은 pH의 유기물은 산도를 조절하여야 하는 어려움이 있으며, 또한 운전의 안정화에 고도의 기술을 필요로 한다. 음식물쓰레기는 낮은 pH 조건으로 혐기발효 에너지화가 매우 어려운 것으로 인식되어져 처리비용 및 설비운용 비용이 매우 높아서 경제성에도 문제성이 있는 것으로 여겨져 왔다.

또 혐기성시설의 설계시 혐기시설로의 인입 조건을 맞추기 위하여 소화 완료된 액비를 다량 반송하는 공정으로 설계되기 때문에 계획 처리용량에 비해 시설의 규모가 필요 이상으로 방대해지고 그에 따라 시설 설치비가 높아지게 된다.

◆ 혐기성 소화공정



3. 하수병합처리 기술

○ 하수병합처리 현황

하수병합처리 역시 혐기성퇴비화 시설과 같이 하수처리 시설 전단에 혐기성 소화시설을 두어 하수처리시설에 유입되는 부하의 경감에 그 목적을 두고 설치·운영되고 있다. 하지만 음식물쓰레기를 갈아서 공정수에 희석하여도 그 농도가 수만 ppm(BOD기준)을 상회하여 일반 하수처리장의 유입농도인 수백ppm보다 과도한 상태이므로 하수처리장 내의 부담으로 작용하며, 음식물을 갈아서 투입하기 때문에 어패류 및 토사등이 관로의 내벽에 퇴적되어 관로 막힘 등 상당한 트러블을 일으키고 있다.

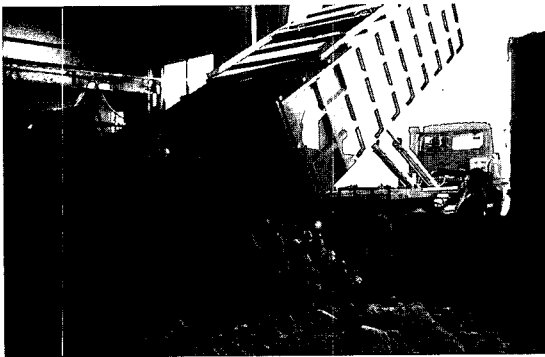
III. 자원화시설 방향에 대한 제언

1. 음식물쓰레기 수집·운반

음식물쓰레기의 자원화에서 가장 중요한 부분중의 하나가 수거·운반의 소요시간 및 방법으로, 당일발생한 음식물쓰레기는 당일 수거하며, 전용수거 차량이나 밀폐된 용기를 사용하여 해충, 오염물질 등의 혼입을 방지하

고, 운반과정에 수질오염 물질(폐수)이 유출되지 않도록 하여야 하며, 주기적으로 용기를 세척하여 악취 및 주변 환경오염을 예방하여야 한다

음식물쓰레기의 시간경과에 따른 변질시험결과 대부분의 조건에서 48시간 이내에 급속히 부패되는 것으로 나타났으며, 일단 부패된 음식물은 멸균 및 적정처리 하여도 가축의 기호도가 떨어져 사료로서의 이용이 불가한 것으로 나타났다.



▲ 음식물쓰레기수집

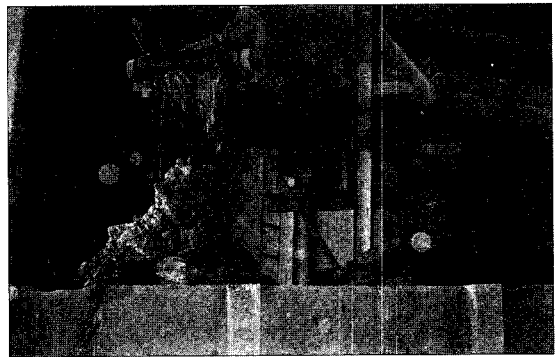
또 수거·운반 과정에서 수거용기 및 수거차량의 세척 역시 매우 중요하며 수거 차량의 경우 배출 후 차량의 적재용기 내에 잔존 음식물이 부패하여 아플라톡신 등의 독소가 검출되는 등 오염을 유발시키는 사례가 있으므로, 수거차량에 세척장치 탑재를 의무화하고 일반 혼합쓰레기 운반을 병행하지 않도록 하여야 하며, 차량의 적재함 구조 역시 배출 후 음식물이 잔존하지 않는 구조이어야 한다. 또 차량에 장착된 기구들의 작동부는 외부에 장착하여 유압유, 윤활유로부터 오염을 방지하는 구조이어야 한다. 이러한 요건들의 충족 여부가 음식물쓰레기 자원화의 성패를 결정 짓는 절대적인 요인이 되고 있다.

2. 음식물쓰레기 사료화

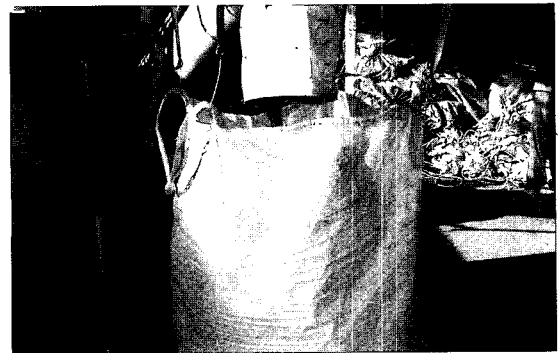
○ 건조 사료화

음식물쓰레기의 건조 사료화는 축산농가가 인접해있지 않고 시설부지의 선정이 어려운 대도시에서 선택할 수밖에 없는 방법으로, 어차피 선택해야 한다면 지자체 내의 소각장 및 타 시설의 유희에너지를 이용할 수 있는 방법을 선택함이 타당하다. 필자가 일부 지자체의 소각시설에 연계하여 건조화시설을 설치 운영해본 결과 건조에 소요되

는 에너지 비용이 전혀 들지 않아 타 시설에서 소요되는 처리비용 보다 매우 저렴하게 운영이 가능하였으며, 젓은 쓰레기의 분리로 인하여 소각장의 소각효율이 현저히 상승하여 소각시 필요한 보조연료비용이 월 수천만원 가량 절감을 가져오는 일석이조의 효과를 경험한바 있다.



▲ 음식물쓰레기분별



▲ 사료화

○ 발효 사료화

발효사료화 기술은 상대적으로 에너지비용이 적게 들고 이용의 효율성이 높지만 가축에의 단독급여는 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 음식물사료는 그 원재료의 특성상 에너지 밀도가 낮으며, 염분함량이 높고 소화율이 낮으며 수분함량이 높다. 이러한 음식물사료는 배합사료에 비하여 가축성장속도가 늦으며, 영양 대사적인 불균형을 초래할 위험성이 크다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 음식물사료에 추가로 급여할 보조사료의 개발이 요구된다.

현재 상용배합사료로 보조사료의 이용은 몇가지 문제점을 안고 있다. 즉, 영양소 요구량에 대한 충족량의 불균형으로 인한 성장지연, 고가의 상용배합사료 사용으로 음식

물사료의 급여에 의한 비용절감효과와 감소와 가축의 분뇨 배설량의 증가로 인한 처리비용의 상승이 그것이다. 그러나, 음식물사료에 맞게 영양소 요구량을 갖춘 보조사료는 사료의 가격이 상용배합사료에 비하여 저렴하고, 가축의 분뇨 발생량을 줄일 수 있어 경제적 이익의 극대화를 꾀할 수 있다. 이 역시 자사 연구소를 통하여 시험 사육한 결과 가축의 성장 및 분뇨량이 상용배합사료 급여시와 대등한 결과로 나타나서 과학적이고 전문적인 연구개발이 병행된다면 가장 추천할만한 방법이라 하겠다.

결국 음식물쓰레기 사료화에 대한 성공여부는 처리기술보다 그 사료의 이용기 술에 있다고 사료된다.

3. 음식물쓰레기 퇴비화

○ 퇴비화

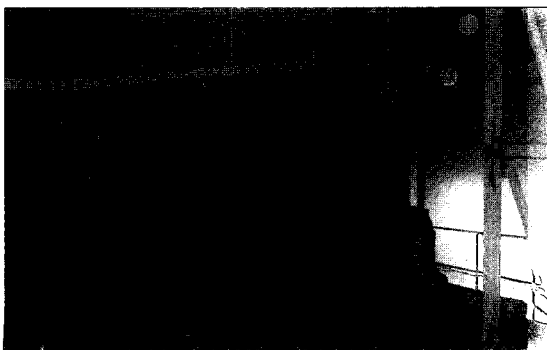
음식물쓰레기 퇴비화는 처리 부산물이 상당히 감량되고 다루기 쉬우며 저장의 편의성 때문에 서서히 그 시도가 늘어가는 추세이다. 그러나 호기성 퇴비화 시 발효조건

성에 필요한 수분조절제의 수급이 관건이다. 따라서 수분조절제의 사용을 줄이기 위해서는 탈수공정이 필요하게 되고 탈리액 및 침출수의 처리가 과제로 남게된다. 이 문제를 해결하기 위해서는 음식물쓰레기를 탈수하여 슬러지는 호기성 퇴비화로, 탈리액은 혐기성 시설로 처리함이 바람직하다 하겠다. 이렇게 하면 호기성 퇴비화에 필요한 수분조절제의 양을 현저히 줄일 수 있고 시설규모 역시 3분의1로 줄일 수 있으며, 혐기성 시설에서도 탈리액 중의 고형분 함량이 적어 혐기조건의 조성이 유리해 질 수 있다.

또 호기성퇴비화 후의 이용도 축분 퇴비시설 및 인근 유기성 퇴비화 시설로 연계하여 양질의 퇴비로 재가공하면 염분문제 해결 등 완전한 퇴비의 생산이 가능하다. 나머지 탈리액의 처리를 위해서는 혐기성 소화방식을 택하되, pH4 전후의 탈리액만을 혐기소화 하기는 경제적 비용의 손실이 크므로 축분처리 및 하수병합처리 시설과 병행하여 처리한다면 처리비용을 크게 줄일 수 있을 것이다. 또, 축분을 함께 처리한다는 편익과 하수병합처리 시설에서의 부담 및 고장원인을 줄이는 부수 효과도 있겠다.



▲ 선별과정



▲ 퇴비생산

IV. 맺음말

음식물쓰레기를 환경적으로 안전하고 경제적으로도 저렴하게 처리하기 위해서는 지역적 특성, 이용할 수 있는 기반시설의 유무 등 여러 가지를 고려하여야 하며, 기본적으로 단일 시설만을 설치하는 것보다 서로의 단점을 보완 가능한 복합시설의 적용이 바람직하다. 그래서, 처리과정에서 발생하는 침출수 등 2차 오염물질의 처리비용 및 부가적 시설비가 주 자원화 설비의 건설비용에 육박하거나 상회하는 우를 범하지 말아야 한다.

물론 복합시설의 건설이 시설부지 사정과 예산 등의 이유로 곤란한 경우도 있겠지만 그럴 경우는 여러 지자체간의 빅딜을 제안하고 싶다. 각 지자체의 기반 시설 및 환경에 알맞은 시설을 가장 경제적으로 선택하고 상호간의 연계적인 처리를 도모할 수 있다면 경제적인 부담도 줄이고 2차 오염물질 및 제조 부산물 등의 후처리도 좀더 환경친화적으로 안정되게 할 수 있게 될 것이다.

또 그래야만 음식물쓰레기의 수거·운반, 효율적인 처리, 경제적인 재활용 등 일련의 과정이 목표에 가장 부합되게 효과적으로 진행될 수 있을 것이다. **環境保全**

음식물쓰레기 자원화 시스템 공정도

