

# 음식물쓰레기의 효과적인 처리방안

쓰레기 종량제의 따른 정착에 따라 쓰레기 배출량은 물론 음식물 쓰레기와 감소 추세로 나타나고 있는 가운데 음식물 쓰레기의 경우 현재 매립에 의존하고 있어 매립지 확보에 어려운 국내실정을 생각해 볼 때 이에 대한 처리방안의 모색이 필요하다고 본다.

김남천 / 서울보건전문대학 환경관리과 부교수

## 1. 서 론

우리나라에서는 오래전 부터 주방에서 버려지는 음식찌꺼기는 모아져서 가축사료로 활용해 왔다. 즉, 대형음식점에서 발생하는 음식 찌꺼기는 대단위 축산농가로 운반되어 가축의 먹거리로 활용되었으며, 나머지 음식쓰레기는 퇴비로 쓰이거나 토양에 매립처분되었다.

그러나 최근들어 생활수준의 급격한 향상에 따른 음식소비 문화패단의 변화와 음식쓰레기의 량산으로 이제까지의 재래식 방식으로는 음식물쓰레기 문제를 해결하기에 어려운 지경에 이르게 되었다. 특히 축산농가에서 가축의 먹거리로 이용하지 못하는 이유는 다음과 같다.

### 1) 교통복잡

대도시의 교통량의 증가로 인해 발생처에서 발생된 음식찌꺼기를 수거해서 양돈시설까지 운반 하는데는 많은 시간이 소요되기 때문에

운반과정에서 음식물찌꺼기가 변질되어 사료의 가치가 저하되기 때문이다.

### 2) 인력난

농촌에서는 가축시설에 종사하는 인력난이 부족한것도 한 이유가 된다. 특히, 음식물찌꺼기는 더럽고 무겁고, 운반하기에 힘이 많이 들기 때문에 이 분야에 종사하려는 사람이 없기 때문이다.

### 3) 이물질 함유

음식물찌꺼기에는 과거 어느때보다 순수하지 않고 사료로서 이용 곤란한 이썩시게, 쇠젓가락, 은박지, 비닐포장, 병뚜껑, 유리조각, 나무조각 등이 함유되어 있기 때문에 양돈업자가 기피하는 것도 사실이다.

### 4) 사료로서 질적저하

사료로서 영양가가 균형을 이루지 못해 가축의 육질에 좋지않은

영향을 주기 때문이며 또한, 질 좋고 값이 저렴한 배합사료를 선호하기 때문에 음식물찌꺼기는 소비처가 없어져서 환경오염물질로 취급 받게 되었다. 한편, 음식물쓰레기는 소각이나 매립 등 그 처분에 있어서 환경적으로나 경제적으로 큰 비용을 요구한다. 음식물찌꺼기를 도시쓰레기와 함께 매립할 경우 음식쓰레기의 높은 수분함량 때문에 수거와 운반시 악취발생, 수거차량으로부터 많은 오수의 발생 및 높은 운반비의 소요 등이 문제점으로 대두된다. 매립지내에서는 음식물쓰레기에 함유된 수분이 분해를 촉진하는 효과를 가지나 높은 유기물함량 때문에 침출수 발생과 그 수질이 악화 될 우려가 있다. 그리고 음식물쓰레기를 소각할 경우에는 위생적이며 쓰레기의 중량이나 부피를 감소할 수 있으나 높은 함수율로 발열량이 떨어지고, 대체 에너지 사용이 불가피하게 된다. 이로인해 대기오염의 원인이 되기도 한다. 따

라서 음식쓰레기는 가능한 한 재활용율을 최대한 높인 후에 최종처분 단계에 들어가야 한다. 음식쓰레기의 재활용 방법으로는 사료화, 퇴비화 및 메탄으로서 연료화 등을 들 수 있다.

## 2 음식물쓰레기의 발생현황

쓰레기의 발생량을 정확히 조사한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 쓰레기의 발생량은 용적에 의해서나 타넬 수도 있고, 무게를 기준으로 측정할 수도 있다. 용적을 기준으로 할 경우, 쓰레기의 압축 정도에 따라 쓰레기의 부피가 크게 좌우될 수 있기 때문에, 그것을 활용하기 위해서는 반드시 밀도가 명시되어야 한다. 이러한 문제점 때문에 쓰레기의 발생량은 주로 무게로 표시하는 것이 보통이다.

무게에 의해서 쓰레기의 발생량을 조사하는 방법은 최종 매립장이나 소각시설에 유입되는 1일 쓰레기 수거 차량의 대수와 쓰레기 무게를 곱하여 얻은 총 무게를 대상 지역의 총 인구수로 나누어 1인당 1일(원단위) 발생량으로 계산하는 방법이다.

이 방법이 제대로 활용되기 위해서는 매립장이나 소각 시설에 쓰레기의 무게를 정확히 측정할 수 있는 계근소가 있어야 한다.

### 1) 기존자료를 통한 음식물쓰레기의 발생량

표1은 환경부의 공식적인 집계인데, 집계에 따르면 1993년말 현재 음식물쓰레기의 발생량은 19,764톤/일이며, 이것은 전체 쓰레기 가운데 31%에 해당한다. 국민 1인당 기

표 1. 생활쓰레기 발생현황 및 음식물쓰레기 발생량

(단위 : 톤/일)

년도 구분	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93
생활쓰레기량	67,031 (-10)*	72,897 (+9)*	83,962 (+7)*	83,962 (+8)*	92,246 (+10)*	75,096 (-19)*	62,940 (-16)*
음식물쓰레기량	14,420 (22)	17,055 (23)	19,790 (25)	23,003 (27)	26,311 (29)	21,807 (29)	19,764 (31)

-발생량은 부피톤 입.

-( ) \* 전년대비 증가율(%)

-( ) 생활 쓰레기 중 음식물쓰레기가 차지하는 비율(%)

표2. 도시 규모별 음식물쓰레기 발생량 (1992)

도시규모 (명)	도시수 (개)	발생량(톤/일)	인구 (만명)	1인1일 발생량 (kg)
I군(100만 이상)	4	7,317	1,723	0.425
II군(20만~99만)	9	1,372	302	0.454
III군(10만~19만)	7	453	94	0.482
IV군(10만 미만)	14	423	90	0.470
합 계	34	9,565	2,209	0.433

표3. 도시 규모별 음식물쓰레기의 상대적 구성비 (1992)

도시규모 (명)	도시수 (개)	음식물쓰레기 발생량(톤/일)	생활쓰레기 발생량(톤/일)	음식물쓰레기 의 비중 (%)
I군(100만 이상)	4	7,317	27,543	26.6
II군(20만~99만)	9	1,372	5,526	24.8
III군(10만~19만)	7	453	1,497	30.3
IV군(10만 미만)	14	423	1,505	28.1
합 계	34	9,565	36,071	26.5

표4. 배출원별 음식물 쓰레기 배출량 (1994년)

(단위 : 톤/일)

전 체	19,764 (100%)
가 정	8,102 (41%)
대형유통업소 (시장, 백화점)	2,598 (13%)
식품점·재업	8,326 (42%)
집 단 급 식 소	720 (4%)

준으로 보면 하루에 0.52kg의 음식물쓰레기를 버리고 있는 셈이다.

음식물쓰레기의 발생추이를 살펴보면, 전체 일반생활쓰레기에서 차지하는 비중은 '87년 이후('87년 22%) 연 평균 1.6%를 증가하고 있는데 소득과 생활수준의 향상으로 인해 음식물류를 포함한 쓰레기는 계속 늘어날 전망으로 예상된다.

## 2) 실시 조사를 통한 음식물쓰레기 발생량

실지발생량 조사는 한국소비자보호원에서 93년 10월 전국 34개 도시를 대상으로 음식물쓰레기 처리 관련 설문조사에서 나타난 결과이다.

이 조사 결과에 따르면, 주민 1인당 1일 음식물 쓰레기 발생량은 0.433kg인 것으로 나타났다(표2 참조). 물론 여기에는 가정에서 나오는 음식물쓰레기 뿐만 아니라, 음식점, 집단급식소, 시장 등에서 발생하는 야채류까지 다 포함된 것이다.

음식물쓰레기가 전체 생활쓰레기 가운데 얼마를 차지하고 있는가를 계산해 보면, 26.5%인 것으로 나타났다(표3 참조)

이상의 정부의 자료 및 실시조사 결과를 종합하면, 음식물쓰레기의 1인당 1일 배출량은 0.45kg이고, 생활쓰레기 가운데 차지하는 비중은 27%정도인 것으로 추계된다.

한편, 1993년에 대전직할시에서 실시한 조사에 따르면 대전 시민 한 사람이 하루에 버리는 음식물쓰레기의 양은 0.55kg인 것으로 나타났다.

## 3) 음식물쓰레기 발생량 예측

우리나라의 생활 쓰레기 발생 추

이는 '87년 이후 '92년(발생량을 부피톤기준으로 측정)까지 5년간 연평균 약 8.8%의 증가율을 보이고 있다. 이러한 증가율을 중량톤으로 환산하면 약 2.3%로 이와 같은 추세로 계속 증가한다면 2001년에는 '93년말 발생량 대비 22% 증가한 76,786톤/일이 발생하리라 여겨진다. 국내의 생활 쓰레기 밀도는 발생장소, 발생시기에 따라 다르나 평균적으로 여름철에는 0.25톤/㎡, 겨울철에는 0.28톤/㎡로 추정된다. 따라서 부피 증가를 무게 증가로 환산하면  $8.8(\text{m}^3\%) \times 0.25 \sim 0.28 \text{톤}/\text{m}^3$ 으로 약 2.3(톤)%가 된다.

음식물쓰레기의 경우 전체 생활쓰레기 중 차지하는 비율이 '87년의 22%에서 '93년의 31로 연평균 1.6% 내외의 증가율을 보여 역시 같은 추세로 증가한다면 2001년에는 전체 생활폐기물 발생량의 44%를 차지하는 33,940톤/일이 예측된다.

## 4) 배출원별 음식물쓰레기 발생량

음식물쓰레기가 발생하는 유형은 크게 비영리와 영리목적으로 대별된다. 비영리에 의한 형태는 주거지역에서 발생하며 주로 가정이 발생원이다. 영리목적의 상업형태로는 시장, 백화점 등 음식유통업소, 음식물을 조리, 판매하는 식품접객업소와 병원, 관공서, 일반 기업체 등에서 음식을 공급하는 집단급식소 등이 있다. 이들 배출원별로 음식물쓰레기의 배출량을 살펴보면 식품접객업소에서 8,326톤/일이 발생하여 전체의 42%로 가장 높고 가정에서 8,102톤/일이 발생하여 41%를 차지하며 시장, 백화점 등 대형유통업소에서 전체의 13%에

해당하는 2,598톤/일이 발생하며 집단급식소에서는 720톤/일이 발생하여 전체의 4%로 나타나, 대부분이 가정과 음식점인 식품접객업소에서 발생함을 알수 있다(표4).

## 4.1) 가정에서 음식물쓰레기 발생량

정부에서 발표하는 각종 자료들은 배출원에 따른 쓰레기 발생량을 집계하지 않고있기 때문에 기존자료에서 그것을 추계하기가 어렵다. 따라서 여기에서는 행정기관의 공식적인 통계보다는 연구기관의 자료에 의존하여 가정 음식물쓰레기의 배출량이나 비중을 추계해 보기로 한다. 검토자료는 한국 종합기술개발공사의 연구와 대전직할시 개발위원회의 연구 두가지이다.

표5는 한국종합기술개발공사가 환경부의 용역을 받아 1991년 가을부터 1992년 봄 사이에 서울시 및 대전시의 가정을 대상으로 이루어 졌는데 동 연구에 따르면, 가정 음식물쓰레기의 1인당 1일 배출량은 0.19kg인 것으로 나타났다.

한국종합기술개발공사의 자료는 조사시점에서 여름철을 제외하였기 때문에 전체 발생량을 정확히 나타낸다고 보기에는 한계가 있다. 가정 음식물쓰레기의 발생량에 관해서는 표6에 나타난 대전직할시 개발위원회에서 수행한 조사, 연구가 유용한 정보를 제시하고 있다. 위의 한국종합기술개발공사의 조사와는 달리 대전시에서는 10개월에 걸쳐 매월 조사가 이루어졌는데, 동 조사 결과에 따르면, 가정음식물쓰레기의 1인당 1일 발생량은 0.2kg인 것으로 나타났다.

## 4.2) 대형유통업소에서의 발생량 영리목적의 음식물 취급으로 인

해 쓰레기가 발생하는 대형유통업소는 전국적으로 시장 1,258개소, 백화점 86개소로 총 1,344개소에 이르고 있다. 이들 시장 등 대형유통업소의 전체 건축면적은 6.35km<sup>2</sup>로 추정되고 있다.

대형유통업소의 개략적인 발생원단위(발생량/대상수 또는 면적)는 시장규모의 증감에 따라 변동이 예상되나 대형유통업소는 업소당 1,933kg/일이 발생하는 것으로 나타나 대형 유통업소의 경우 매우 높은 발생량을 보이고 있다.

#### 4.3) 식품점객업소에서의 발생량

식품위생법 시행령(개정 1993. 2. 24., 대통령령 제13864호) 제7조 8항에 의하면 식품점객업은 휴게음식점영업, 일반음식점영업, 단란주점영업, 유흥주점영업 등을 포함하여 영리를 목적으로 하는 모든 음식류의 조리, 판매 업소가 이에 해당한다. 이와 같은 식품점객업소는 한국음식업중앙회의 통계에 의하면 1994년 2월말 총 284,653개의 업소가 등록된 것으로 나타났다.

점객업소의 바닥면적 별로는 50평 이하의 음식점이 272,943개소로 전체의 95.9%를 차지하며 51평이상 100미만이 9,997개로 3.5%를 보여 대부분의 업소가 매우 영세한 것으로 나타났다.

한편, 환경부가 '93년 9월 3일 각시·도에 의뢰하여 조사한 대상업체 현황에 의하면 대상업체의 단위업체당 발생량은 지역에 따라 큰 차이를 보이고 있어 전체 평균값으로 발생량을 추정하면 식품점객업소의 바닥면적 100m<sup>2</sup>(300평)이상 업체수 41개, 발생량 10.3톤/일, 평균발생량은 251kg/일이며, 660~1000m<sup>2</sup>(200평~300평)미만은 업체

표 5. 계절별 가정 음식물 쓰레기의 배출량

(단위 : kg/인·일)

구 분	가 울	겨 울	봄	평 균	주거지역 및 생활수준	
평 균	0.180	0.185	0.195	0.187		
단 독 주 택	평 균	0.182	0.185	0.192	0.190	
	서울시 서대문구	0.224	0.168	0.190	0.194	대도시·상 대도시·하 소도시 소도시 어 촌
	서울시 마포구	0.217	0.235	0.152	0.201	
	대전시 대덕구	0.182	0.159	0.247	0.196	
	대전시 유성구	0.108	0.219	0.190	0.172	
강화도 강화읍	0.148	0.086	0.110	0.115		
공 동 주 택	평 균	0.151	0.185	0.201	0.179	대도시·상 대도시·하 소도시
서울시 영등포구	0.186	0.173	0.181	0.180		
서울시 마포구	0.105	0.217	0.200	0.174		
	대전시 대덕구	0.160	0.166	0.220	0.182	

자료 : 환경부, 「부패성쓰레기 분리수거 및 적정처리방안 조사연구보고서」(한국종합기술개발공사, 1992. 5), p2~13에서 발췌

표 6. 대전직할시의 가정음식물쓰레기의 월평균 발생량

월별	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
발생량	156.2	179.7	169.0	185.3	236.6	246.5	193.7	209.2	207.0	28.41	201.0

자료 : 대전직할시, 「대전직할시 일반폐기물의 질적특성 및 처리방안에 관한 연구 보고서」(1992. 12) p21.

표 7. 의무화 규제대상업소 및 발생량

대 상 업 체		계	집 단 급식소	식품점객 업 소
'94. 9. 1 대상 3,000인/일 1,000 m <sup>2</sup>	업소수	160	85	75
	발생량(톤/일)	84.21	65.38	18.83
	평균발생량(kg/일)	526	769	251
'94. 9. 1 대상 2,000~2,999인/일이상 660~999 m <sup>2</sup>	업소수	313	93	220
	발생량(톤/일)	57.0	27.6	29.74
	평균발생량(kg/일)	182	293	135

표 8. 감량화시설 의무화규제 실시에 따른 음식물쓰레기 감소 효과

(단위 : 톤/일)

	식품점객업소	집단급식소	전 체*
전 체 량	8,326	720	19,764
1차('94. 9. 1)	18.83 (0.23%)	65.38 (9.1%)	84.21 (0.43%)
2차('95. 9. 1)	29.74 (0.36%)	27.26 (3.8%)	57.00 (0.27%)
계	48.57 (0.58%)	92.64 (12.9%)	141.21 (0.71%)

\* 식품점객업소와 집단급식소 및 가정, 대형유통업소에서 발생하는 총량

수 101개, 발생량 13.6톤/일, 평균발생량은 135kg/일로 조사되었다.

#### 4.4 집단급식소에서의 발생량

집단급식소는 영리를 목적으로 하지 않고 계속적으로 특정 다수인에게 음식물을 공급하는 기숙사, 학교 병원 기타 후생기관 등의 급식 시설로 정의하고 있다(식품위생법 제2조9항). 이러한 급식소 중 상시 1회 50인 이상에게 식사를 제공하는 급식소를 집단급식소의 범위에 두고 있는데 우리나라에서는 95년 현재 군부대를 제외하고 총 8,744개소에 이른다.

하루에 3000인을 급식하는 업체 수는 70개, 음식물쓰레기 발생량은 53.8톤/일, 평균발생량 769kg/일이며, 2000~3000인/일 미만의 업체 수는 74개, 발생량은 21.7톤/일 평균발생량 293kg/일로 산출되었다.

### 3 음식물쓰레기 처리현황

#### 1) 정부의 음식물쓰레기 처리대책과 감량화 정책

'92년도에 우리나라가 음식물 쓰레기 처리에 소요된 청소 사업비는 약 1,787억 7천 5백만원으로 추정되며, 이것은 1987년 442억 4천 6백만원에 비해 5년 사이에 무려 4배 이상 증가한 것이다. 95년 현재는 처리비용을 찾아볼 수는 없었으나 92년도 보다는 상당히 많은 액수가 처리비용으로 지출될 것으로 생각되어진다. 음식물쓰레기 처리에 소요되는 예산은 날로 증가하여 가정 음식물쓰레기 처리방법은 아직도 혼합수거-매립이라는 가장 전통적 방식에 의존하고 있지만 국가 폐기물 처리종합계획에 따르면 음식물쓰레기의 적정처리 대책으로

감량화와 함께 음식물쓰레기의 재활용 기본방향을 퇴비화하는 것으로 하여 2001년까지 '92년 기준 발생량 대비 14% 정도의 분리수거 및 퇴비화를 추진하고 있다.

1단계로 음식물쓰레기 퇴비화 시범사업의 추진으로 음식물쓰레기의 퇴비화시설 의무화(폐기물 관리법 시행규칙 개정 '93. 9. 9)를 실시하여 94년 9월 1일부터 1일 급식인원 3000인 이상의 집단급식소와 객석 바닥면적 1000㎡ 이상의 식품접객업소 또는 조리판매업소에 대해 '95년 9월 1일부터는 1일 급식인원 2000인 이상의 집단급식소와 객석 바닥면적 660㎡ 이상의 식품접객업소 또는 조리판매업소에 대해 감량화 시설 설치를 의무화하며 음식물 쓰레기 퇴비화 용기의 보급 및 지원 방안을 지속적으로 강구하여 소형 퇴비화 용기 설치를 유도할 계획이다.

2단계로 '97년 이후 퇴비화 및 기타 감량화를 전면 실시할 예정으로 퇴비화 공장 시설범 설치 및 운영 결과를 토대로 1997년부터 2001년까지 총 4000톤/일 규모의 퇴비화 및 감량화 시설을 지역별로 210개소에 설치할 계획이며 '97년 9월 1일부터는 1일 1000인 이상의 집단급식소와 객석 바닥면적 330㎡ 이상의 식품접객업소에 대해서도 퇴비화 및 감량화 설치의무화를 확대할 계획이다.

#### 2) 규제 대상업체의 음식물쓰레기 발생 및 처리현황

'94. 9. 1.부터 감량화 시설 의무화 규제 대상인 업소에서의 음식물쓰레기 발생총량은 84.2톤/일로 집단급식소에서 65.4톤/일(78%), 식품접

객업소에서 18.8톤/일(22%)이 발생하는 것으로 추정된다. 업소당 평균발생량은 집단급식소가 769kg/일로 식품접객업소의 251kg/일에 비해 약 3배 이상 많이 배출하고 있는 것으로 나타났다.(표7참조)

'95. 9. 1. 부터 추가로 규제되는 대상업소에서 발생하는 음식물쓰레기 발생 총량은 57톤/일로 추정되며 집단급식소에서 27.3톤/일(48%), 식품접객업소에서 29.7톤/일(52%)이 발생하여 1차 규제때와는 달리 식품접객업소에서의 발생량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 업소당 평균 발생량은 집단급식소가 293kg/일, 식품접객업소는 135kg/일로 집단급식소에서 약 2배의 발생추세를 보인다. 규모가 작아짐에 따라 평균 발생량도 감소하여 집단급식소의 경우 2차 대상업소는 1차 대상에 비해 2/3가 감소하였으며 식품접객업소는 약 1/2정도 낮은 발생을 보이고 있다.

이와 같은 음식물 쓰레기 감량화 시설 의무화 규제 실시에 따라 매립 및 소각 처리되지 않는 음식물쓰레기 감소량은 전체 음식물쓰레기 발생량의 0.71%에 해당하는 141.21톤/일로 나타났다('94. 9. 1. 1차 규제에 따라 0.43%, '95. 9. 1. 규제 확대에 따라 0.29%). 식품접객업소에서 발생하는 음식물쓰레기는 1차 실시에 따라 0.23%, 2차 확대 실시로 0.356% 증가하여 48.57톤/일(0.58%)이 감소할 예정이다. 또한 집단급식소에서 발생하는 음식물쓰레기는 1차 실시에 따라 9.1%, 2차 확대 실시로 3.8% 증가하여 92.67톤/일(12.9%)이 감소할 것으로 나타났다(표8참조). 그러나 음식물쓰레기 감량화 시설 의무화 대상

다량배출자로 규정하고 있어 많은 수의 집단급식소와 식품접객업소가 다량배출자 요건인 1일 300kg 이하의 음식물 쓰레기를 배출할 경우 의무화 규제 대상에서 제외되어 실제 감량화 대상 음식물쓰레기는 상당량 감소될 수도 있다.

#### 4. 음식물쓰레기의 효과적인 처리방안

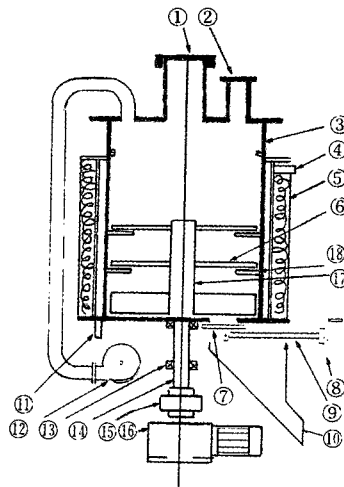
음식물쓰레기는 가능한 한 재활용을 극대화하도 높인후에 최종처분 단계로 들어가야 한다. 음식물쓰레기의 재활용 방법으로는 크게 가축의 사료화, 퇴비화, 메탄으로서의 연료화 등을 들수가 있다. 그 어떤 처리방법이라도 발생처에서 사료원료 및 퇴비원료로 전환하고자 할 때에는 기계적인 시설이 필요하게 되는데 이 경우 기계적인 설계요인은 다음과 같다.

- 운전방법이 단순하고 안전운전이 될 수 있으면서 유지관리가 편리해야 한다.
- 사료화 및 퇴비화로 되는 시간이 짧아야 되며 사료의 질 또는 퇴비의 질이 성능면에서 신뢰성이 있어야 된다.
- 오수 및 소음, 악취 등의 2차적인 환경오염이 없어야 된다.
- 내구, 내식, 내부식성이어야 한다.
- 설치비용과 운영비용이 저렴해야 한다.

##### 1) 사료화

주방쓰레기는 식물성 및 동물성에 유지류가 혼합되어 있기때문에 일종의 배합사료라고 할 수 있다. 따라서 최근 들어 급증하고 있는

그림 1. 고속건조분쇄기의 구조



- ① 투입구
- ② 배기구
- ③ 건조용기
- ④ 스팀입구
- ⑤ 보온단열재
- ⑥ 교반날개
- ⑦ 배출구
- ⑧ 개·폐 핸들
- ⑨ 이송 스크류
- ⑩ 배출 슈트
- ⑪ 응축수 배출구
- ⑫ 볼로아
- ⑬ 베어링
- ⑭ 회전축
- ⑮ 커플링
- ⑯ 감속모터
- ⑰ 교반샤프트
- ⑱ 용기돌출턱

처리 공정도

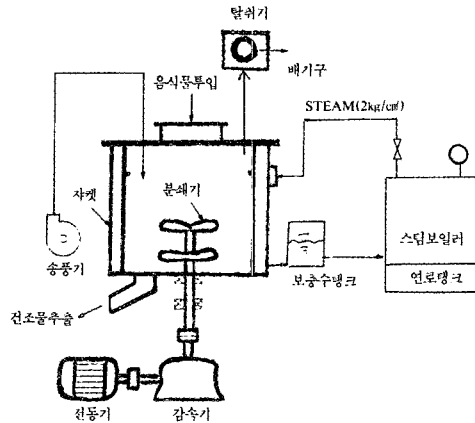
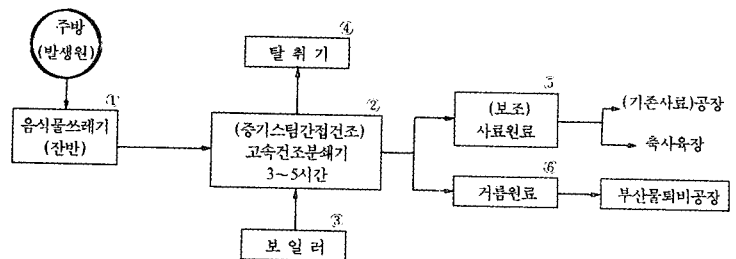


그림 2. 고속건조분쇄기에 의한 재활용 공정



음식물쓰레기 문제를 해결하기 위해서는 사료화를 적극 추진해야 할 필요성이 높아지고 있다. 음식쓰레기를 사료화 할 경우의 주 수요처는 축산농가(특히 양계농가, 양돈농가)가 되겠는데 현재 우리나라의 축산규모에 비추어 볼 때 고품질의 제품이 개발될 경우 그 시장성은 충분하다고 하겠다.

그러나 음식물쓰레기를 사료화할 경우 부패를 방지해야 하고 이쑤시개 등 이물질 제거해야 하는데 이를 위해서는 분리수거와 보관이 완벽해야 한다. 따라서 현재의 고속건조 분쇄의 공법은 기술적인 측면에서 시설의 성능성과 경제적인 타당성이 있는 것으로 판단된다.

## 2) 퇴비화

퇴비화는 생물학적 분해과정을 이용하여 음식물쓰레기를 안정화시켜서 토지 개량제 등의 물질로 사용될 수 있도록 하는 방법이다. 그 목적은,

① 생물학적으로 분해 가능한 음식물쓰레기를 생물학적으로 안정된 물질로 변환

② 이 과정에서 쓰레기의 체적을 감소시키고

③ 영양소(질소, 인산, 칼륨)의 유실을 최대한으로 방지

④ 식물성장에 필요한 영양소의 공급 및 토지개량제를 생산하는데 있다.

음식물쓰레기의 퇴비화 과정은 크게 전처리, 유기물질의 분해 및 최종퇴비원료로서의 생산으로 구분된다. 생산된 퇴비원료는 작물에 유효한 영양소를 이용한다는 의미보다는 토지개량제로서 이용되는 것이 바람직하다.

## 3) 메탄으로서의 연료화

음식물쓰레기를 혐기성균에 의해 연료가 가능한 메탄가스로 유도하는 방법인데 우리나라 실정으로 기상조건, 설치에 따른 부지문제, 경제성 및 유지관리 측면에서 실용성이 없어 생략하기로 한다.

### 4) 고속건조분쇄기에 의한 사료화 및 퇴비원료화

#### 1) 고속건조분쇄기의 원리

Sus 304(스테인레스) 재질로 만들어진 건조용기에 함수율에 관계없이 일정량의 음식물찌꺼기를 넣은 상태에서 보일러에 의해 만들어진 110~120℃의 고온과 1.8~2.0kg/cm<sup>2</sup>의 간접적인 증기스팀에 의해 용기가 가열되어 음식물찌꺼기 내의 수분만을 증발 건조시키게 된다.

이때 음식물찌꺼기는 분쇄 및 교반 장치에 의해 분쇄화 된다.

건조과정에서 발생하는 수분과 악취는 백금촉매 연소방식에 의한 탈취기에 의해 완전하게 제거가 된다.

#### 2) 고속건조 분쇄기의 구조

3) 고속건조 분쇄기에 의한 음식물쓰레기의 재활용 공정  
주방

#### 〈건조과정설명〉

① 음식물쓰레기 : 발생원에서 발생한 음식물쓰레기는 소쿠리에 담아서 약 1시간 정도 자연 탈수시킨다. 이때, 쇠젓가락, 식품포장지 등의 이물질이 들어있으면 수작업에 의해 제거시킨다.

② 고속건조분쇄기 : 스테인레스로 만들어진 건조용기인데 탈수된 음식물쓰레기를 일정량 넣는다. 더욱 빠른 시간내에 사료 또는 거름원료

를 만들고자 할 경우에는 음식물쓰레기 대 분쇄왕겨를 30 : 1의 비율로 혼합시켜 넣는다. 건조용기는 8~2.0kg/cm<sup>2</sup>의 저압의 간접적인 증기스팀에, 온도는 110~120℃로서 유지되며 날개가 달린 교반기에 의해 음식물쓰레기는 분쇄된다. 건조기의 운전은 전자동이며 한 싸이클 당 건조시간은 3~5시간 이내에 완료된다.

③ 보일러 : 고속건조분쇄기 외벽 자켓트 내에 110~120℃의 온도에, 1.8~2.0kg/cm<sup>2</sup>의 증기 스팀을 제공하게 된다. 만약, 시설업체에 1.8~2.0kg/cm<sup>2</sup>의 저압의 증기스팀을 얻을 수 있는 기존 보일러가 설치되어 있는 업체에서는 본 보일러가 필요 없게 되며 연료는 경유 또는 석유류 등을 사용하게 된다.

④ 탈취기 : 고속건조분쇄기에 의해 음식물쓰레기가 건조 될때에 발생하는 냄새 및 악취를 제거시키는 설비가 된다. 본 설비는 특수 개발된 물리화학적 공법인 백금촉매 연소에 의해 100% 탈취되므로 옥내에 설치가 가능하다.

⑤ (보조)사료원료 : 3~5시간만에 함수율이 10%미만의 분쇄화 상태의 건조된 생산물인데 이물질이 함유하지 않을 경우는 기존의 사료공장에 운반되거나 아니면 직접 가축 사육장에 운반되어 사료로서 활용된다. 만약 커다란 이물질이 함유된 경우는 간단한 스크린 설비에 의해 여과시켜 사료분석법에 따라 분석된후 닭, 돼지, 오리등의 가축에 보조사료 및 기초사료로 이용 가능하다. 본 사료원료는 110~120℃에서 고온에서 3~5시간 체류했기 때문에 음식물쓰레기 내의 모든 병원균은 모두 사멸된다.

⑥ 거름원료: 분쇄화 상태의 건조된 생산물에 상당량의 이물질이 함유되어 도저히 사료 원료로 사용하기 곤란하거나 영양가 측면에서 사료화 하기 부족한 경우는 부산물 퇴비공장으로 운반되어 기존의 퇴비에 섞어 후숙발효 시킨 다음 거름 또는 토양개량제로 활용하게 된다.

본 고속건조분쇄기에 의한 음식물쓰레기 처리의 장점은 발효공법에 의한 퇴비화에서는 필수적으로 사용되는 발효미생물(중균제라고 하는것)과 수분조정제의 bulking agent 및 발효보조제가 필요하지 않고 3~5시간 이내에 고온-저압의 간접적인 증기스팀을 이용하기 때문에 영양가의 손실없이 감량화는 물론 무공해성의 부가가치가 높은 가치의 보조사료로 전환되는 것이 장점이 된다.

#### 4.2) 고속건조분쇄기에 의한 음식물쓰레기 처리(예)

표 9는 종합병원의 음식물쓰레기와 부폐음식점과 닭도리만 전문적으로 취급하는 음식점에서 쓰레기를 수집하여 고속건조분쇄기에 넣고 건조시켰을 때의 결과이다. 이 경우 실험에 사용된 음식물쓰레기의 수분함량은 70~80% 정도이다.

표 9에서 함수율이 70~80% 정도 되는 음식물쓰레기 20kg을 건조용기에 넣고 4시간 운전했을 때 건조물의 취출량은 4.0kg으로서, 감량은 80%을 보였다. 이때 소비된 전력에 너지는 2.35kw였다.

또 표 9에 의하면 (A)음식물쓰레기 30kg에 분쇄왕겨 1.0kg을 혼합해서 운전했을 경우 운전시간은 3시간으로 단축시켰고 취출량은 7.

표 9. 고속건조분쇄기에 의해 처리되었을때 운전조건과 운전결과

운전조건	항목	음식물 쓰레기량(kg)	취출량 (kg)	감량 (%)	운전시간 (hr)	소비전력 (kw)
· 음식물쓰레기 · 음식물쓰레기 · 분쇄왕겨 (A)* 음식물쓰레기 · 분쇄왕겨 (B)음식물쓰레기 · A의 건조물(연속2차) (C)음식물쓰레기 · B의 건조물(연속 3차) · 참치쓰레기 · 닭도리쓰레기 · 음식물쓰레기(부폐음식점)	음식물쓰레기	20	4.0	80	4	2.35
	음식물쓰레기	20				
	+		5.0	76	3	1.4
	분쇄왕겨	1.0				
	(A)* 음식물쓰레기	30				
	+		7.0	77.5	3	1.6
	분쇄왕겨	1.0				
	(B)음식물쓰레기	30				
	+		10.0	69.7	3	1.45
	A의 건조물(연속2차)	3.0				
	(C)음식물쓰레기	30				
	+		10.0	69.7	3	1.5
	B의 건조물(연속 3차)	3				
	참치쓰레기	20	5.5	72.5	2	1.0
닭도리쓰레기	14	3.4	75.7	4	2.0	
음식물쓰레기(부폐음식점)	30	7.4	75.4	3	1.45	

표 10. 고속건조분쇄 후의 사료화의 성분

(단위 : %)

항 목	함수율	조단백질	조지방	조섬유	조회분	칼슘	인	PH	
· 음식물쓰레기 · 음식물쓰레기 · 분쇄왕겨 (A)* 음식물쓰레기 · 분쇄왕겨 (B)음식물쓰레기 · A의 건조물(연속1차) (C)음식물쓰레기 · B의 건조물(연속 2차) · 참치쓰레기 · 닭도리쓰레기 · 음식물쓰레기(부폐음식점)	음식물쓰레기	1.3	27.77	13.52	3.19	6.51	1.89	0.51	2.94
	음식물쓰레기								
	+	1.2	24.93	14.03	8.76	12.35	4.91	1.16	2.70
	분쇄왕겨								
	(A)* 음식물쓰레기								
	+	5.46	19.78	5.53	8.05	9.39	0.58	0.39	3.48
	분쇄왕겨								
	(B)음식물쓰레기								
	+	5.81	24.30	11.23	4.55	9.90	1.23	0.81	3.24
	A의 건조물(연속1차)								
	(C)음식물쓰레기								
	+	10.2	21.38	8.18	3.38	7.43	0.65	0.54	2.94
	B의 건조물(연속 2차)								
	참치쓰레기	5.5	70.90	8.66	0.36	7.82	1.05	0.91	0.55
닭도리쓰레기	2.3	40.71	20.72	2.20	14.36	3.54	2.18	2.40	
음식물쓰레기(부폐음식점)	4.2	20.41	11.69	1.62	36.40	13.40	0.66	1.95	

표 11. 시중에서 판매되는 양돈용 배합사료의 성분

(단위 : %)

항 목	기 준 치	항 목	기 준 치
조단백질	15 이상	조회분	8.0 이상
조지방	25 이상	칼슘	0.6 이상
조섬유	5.5 이하	인	0.4 이상



kg으로서 감량은 77.5%을 보였다. 이때 소비된 전력에너지는 1.6kw로 줄었다. 그리고 연속적으로 상기취출물 3.0kg에 새로운 (B)음식쓰레기 30kg을 넣고 3시간 운전했을때 10kg의 취출량에 소비전력은 1.45kw로 나타났다.

상기의 실험결과로 볼때, 건조된 생산물 소량을 남겨두고 연속적으로 새로운 음식물쓰레기를 넣고 고속건조분쇄기를 운전할때도 건조시간이 짧아지고 소비전력도 적어짐을 실험을 통해 알 수 있다.

한편, 음식물쓰레기 외에 (주)동원참치 공장에서 발생하는 참치 쓰레기라든가 닭도리만 전문으로 조리하는 닭뼈가 포함된 닭도리 쓰레기도 적은 에너지소비로 4시간 이내에 분쇄화시켜 양질의 사료원료로 전환되는 것을 알 수 있었다.

또한, 다량의 동물성과 식물성 그리고 유지류 및 난분해성인 조개 및 굴 껍데기, 석화 등이 많이 섞인 부패식 음식점의 주방쓰레기까지도 3시간 만에 1.45kw의 전력 소비로 완전하게 사료원료로 전환시켰다.

음식물쓰레기(대학병원 음식물쓰레기)를 아침, 점심, 저녁 시간대별 각각 3회 취취하여 혼합해서 고속분쇄기에 넣기전 사료화의 평균분석을 보면 함수율 84.16%, 조단백질 27.34%, 조섬유 2.83%, 조지방 7.74%, 조회분 9.56%, 칼슘(Ca) 1.42%, 인(P) 0.23%, PH 6.8로 조사분석 되었다.

취출물에 대한 함수율은 장기보존에 변질을 주지 않는 10%미만으로 건조되었으며 음식물쓰레기만 고속건조 시켰을 때 (표10에서 첫 번째 실험 케이스) 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 등의 성분은 건

조전의 성분과 비교해 볼때 큰 차이가 없었으나 왕겨와 혼합해서 건조시켰을 경우는 운전(건조) 시간과 소비에너지 량은 단축과 절약은 되었으나 조섬유와 조회분 칼슘과 인의 성분량은 약간씩 증가시켰다. 이는 왕겨의 고유성분에 기인된 것으로 사료된다. 그러나 2차, 3차 연속건조 실험에서 사료로서 제일 문제되는 조섬유 성분은 연속일수록 감소됨을 알 수 있었다. 한편, 부패식당의 음식물쓰레기는 일반적인 음식물찌꺼기보다 섬유질은 적고 조회분과 칼슘성분이 상당히 높는데 이는 부패식 음식물찌꺼기에는 조개껍데기, 굴껍데기, 석화 등에 의한 것으로 보여진다.

사료나 거름원료에서 제일 문제되는 것이 염분(NaCl) 농도인데 염분농도는 1.85~3.48%로 분석되었다. 연속건조가 이루어 질때 염분농도가 일시적으로 많아지다가 점점 감소됨을 볼 수 있는데 이는 음식물내의 수분이 증발될때 염분도 함께 증발되었기 때문이라 사료된다.

표11는 시중에서 판매되는 양돈용 배합사료의 성분인데 표10과 비교해 볼때 배합사료의 조단백질은 15.0% 이상이라 했는데, 건조된 음식물쓰레기의 조단백질은 19.78~27.77%로서 가치가 있고 조지방은 25% 이상이 기준인데 건조된 음식물쓰레기에는 기준치 미만이였다.

표10과 표11를 전체적으로 비교해 보면 종합병원 음식물쓰레기와 부패식당의 음식물쓰레기를 고속건조분쇄 시켜 그 생산물은 가축의 주사료보다 보조사료로 사용해도 충분하다고 생각된다.

#### 4.3) 고속발효기에 의한 퇴비화

##### 1) 고속발효기의 원리

음식물쓰레기를 일정규모의 발효조에 넣고 여기에 호기성 발효미생물을 소량넣어 50~60℃의 조건에서 24~48시간 동안 짧은 시간에 음식물쓰레기 내의 유기물을 발효시켜 양질의 퇴비원료로 전환시키는 공법이라 할 수 있다.

매주콩균을 이용하여 맛과 영양가가 높고 소화를 촉진시키는 발효식품을 만들거나, 유산균을 이용하여 발효식품을 만들거나 토양미생물을 이용하여 목초나 가축분뇨를 퇴비화하는 것처럼, 고정화시킨 수십종의 미생물, 효소균을 극히 소량 첨가함으로써 놀랄만한 증식력에 의해 단시간에 유기물을 분해하여 유기물에 함유된 유해물질, 가스, 수분을 제거하여 40~70%로 감량 분쇄화 한다. 발효조의 기계적 원리는 다음과 같다.

발효 미생물이 제일 활발하게 활동하는 최적의 환경조건을 표준 기계사양으로 하여 Sus 304 재질의 드럼형 발효조로서 외측에 전기히타를 부착하여 최저온도로 조절한다. 또한 발효에 필요한 공기량을 확보하는 흡기구, 배기구, 음식물쓰레기의 투입구, 취출구가 있고 중심에 발효를 촉진하고 균일하게 해주는 페달식 교반날개를 모타로서 정·역회전하여 연속 교반이 이루어지도록하여 제작되었다.

##### 2) 구속발효조의 구조 (그림 3)

##### 3) 고속발효기에 의한 음식물쓰레기의 발효과정

#### (발효과정 설명)

① 음식물쓰레기: 발생원에서 발생한 음식물쓰레기는 소쿠리에 담아서 약 1시간 정도 자연 탈수시킨다. 이때, 이물질의 쇠젓가락, 식품

포장류, 소형의 병과 뚜껑 등을 수작업으로 제거시킨다.

② 탈수시설: ①에서 자연탈수가 어려우면 기계적인 탈수도 좋다.

③ 고속발효기: 발효미생물에 의해 발효가 잘 이루어질 수 있도록 일정규모로 제작된 Sus 304 재질의 드럼형 발효조이다. 이 발효조는 온도와 수분조정 및 산소 공급을 적당하게 하여 호기성 발효미생물이 잘 증식되도록 제작 되었으며 발효기의 운전은 전자동이며 한 사이클당 발효시간은 24~48시간에 종료된다.

④ 수분조정제: 함수율은 40~60%로 조정하기 위한 것으로 bulking agent라고 한다.

주로 톱밥, 양겨 등으로 경우에 따라서는 1차 발효물을 대용할 수도 있다.

⑤ 발효미생물(종균제): 발효에 관여하는 수십종의 호기성이면서 고온성의 박테리아군이다. 발효미생물이 음식물중의 유기물을 분해시켜 거름 및 사료원료를 만들고 나머지 성분은 물과 탄산가스, 암모니아 등으로 분해시킨다. 액체 및 분말성으로 만들 수 있다.

⑥ 탈취기: 발효중에 발생하는 냄새 및 악취 탄산가스, 암모니아, 물 등을 발효조 외로 배기시키는 배기팬이 있고 발효가 원만하게 이루어지지 않을 경우 발생하는 냄새 및 악취는 탈취기의 부착으로 약간의 탈취가 가능하게 된다.

⑦ 발효물: 고속발효기에 의해 생산된 발효물은 완전한 퇴비는 될 수 없다. 반드시 제2의 장소로 운반되어 2차적으로 후숙 발효시킨다음 사용해야 된다. 즉, 거름(퇴비) 원료일 뿐이다.

그림 3. 고속발효조의 단면도

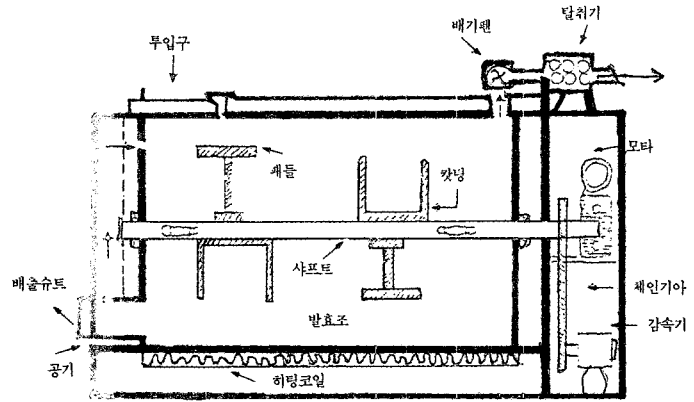
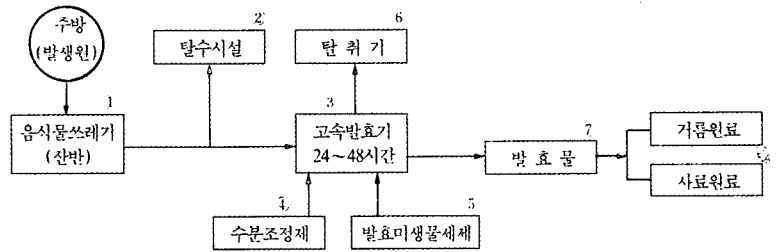


그림 4. 고속발효기에 의한 발효과정



<표 12> 고속건조분쇄기와 고속발효기의 운영상의 장·단점 비교

항 목	고속건조분쇄기	고속 발 효 기
처리가능 폐기물	음식물쓰레기 유기성쓰레기 무기성쓰레기 특정폐기물 슬러지케익	음식물쓰레기 유기성쓰레기 유기성슬러지케익
공법	(스팀)건조	(미생물)발효
시간당처리량	많다	적다
운전조건	함수율 관계없다	함수율은 60%이하 가능
-이물질	곤란하다	곤란하다
-온도	110~120℃	30~60℃
-소요시간	3~5시간	24~48시간
-수분조정제	사용하지않음(경우에따라사용함)	반드시 사용해야 함
악취제거	완전탈취 가능함	부분적 탈취 가능함
사용에너지원 (한 사이클당 소비량)	전기, 경유, 석유 · 전기: 0.5~1.3kw · 경유: 0.5~1C	전기, 경유, 석유 · 전기: 10~68kw · 경유: ?
감량율(%)	60~85%	30~50%
운전난이도	약간 복잡	간편함
병원균 사멸	100% 사멸	사료화시에 2차 살균필요함
월운영비(100ℓ/일 기준)	41,000원/월	124,800원/월
본체가격(같은 용량)		- 비 슷 함 -