

## 동물 사료화를 위한 음식물 쓰레기의 미생물 분포 변화

김판경 · 박승춘\*<sup>1</sup> · 손천배\*\* · 김명희\* · 오태광\*

(주) 대성미생물연구소

\*한국과학기술연구원 생명공학연구소 미생물효소 RU.

\*\*충남대학교 식품영양학과

### Changes of Microbiological Distribution in Food Waste for Animal Feed

Pan-Kyung Kim, Seung-Chun Park<sup>1</sup>\*, Cheon-Bae Sohn\*\*,

Myung-Hee Kim\* and Tae-Kwang Oh\*

Research Labs, Dae Sung microbiologicals Co. Ltd., Kyongi-do 437-764, Korea

\*Microbiological Enzyme RU, Korea Research Institute of Biotechnology and  
Bioscience, KIST, Taejon, 305-600, Korea

\*\*Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Taejon, 305-764, Korea

**ABSTRACT :** This study investigated the microbiological changes and distribution of bacteria producing enzyme in order to change food wastes to animal feed during 6 days at room temperature. Food wastes were divided as follows: one is untreated food wastes containing 80% water content and another wastes containing 40% water content adjusted by wheat bran. During the fermentation of food wastes, *Lactobacillus* sp. and *Streptococcus* sp. were grown the top position among investigated microorganisms in both of food wastes. Numbers of total microorganisms were much more than untreated wastes during fermentation of food wastes with 40% water content. But, *Staphylococcus* sp. and *Enterobacteriaceae* from 4 to 6 days were not detected in treated wastes with 40% water contents. This fact indicated that the adjustment of water content in food waste was effective in fermentation. However, the numbers of microorganisms producing protease were low in both treated and untreated food wastes. These results suggested that food wastes should be treated as food wastes with 40% water content to maintain a lot of fermentative microorganisms such as *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp. and yeast, together with protease to make final animal feed.

**Key words :** food waste, *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., fermentation, animal feed

## 서 론

최근, 산업화와 도시화 그리고 인구증가의 결과로 배출되는 다량의 가정 및 산업용 폐기물은 환경 오염을 가중시키고 있으며, 그 가운데 음식물 쓰레기의 배출량은 종량제 실시 이후에도 계속 증가하여 전체 쓰레기의 38%나 차지하고 있다<sup>1,2</sup>. 우리 나라의 음식물 쓰레기는 발열량이 낮고 수분함량이 높아 소각처리에 부적합하여 대부분이 매립되고 있는 실정이며 이로 인한 악취 및 침출수 등에 의한 2차 환경 오염과 쓰레

기 매립지의 사용기간 단축 등의 문제가 야기되고 있어 이에 대한 효율적인 처리가 시급한 실정이다<sup>3,4</sup>.

음식물 쓰레기의 처리방안으로는 혐기성소화<sup>4,7</sup>, 퇴비화<sup>8,9</sup>, 소각, 사료화<sup>11-13</sup> 등의 방법이 최근에 주로 이용되고 있다. 이중 가장 많이 이용되고 있는 퇴비화는 음식물 쓰레기의 염분 농도가 높아 재활용 측면에서 문제점을 안고 있다. 즉, 음식물 쓰레기에 포함되어 있는 염분이 농경지로 혼입되면 땅이 경화되어 작물이 뿌리를 뻗을 수 없어 결국은 성장 장애가 초래된다. 그러나 만일 음식물 쓰레기를 동물 사료로 전환하게 되면 전량 수입에 의존하고 있는 사료 원료를 대체할 수 있을 뿐만아니라 환경오염을 방지할 수가 있어 국

<sup>1</sup>Corresponding author.

가적으로 시급한 과제라 할 수 있다.

음식물 쓰레기의 퇴비화 및 가축 사료화는 음식물 쓰레기의 발효(fermentation)라는 전처리 과정이 필요하다. 음식물 쓰레기의 효과적인 발효 부산물은 많은 유산균, 가축 성장에 필요한 세균, 여러 균주에서 분리되는 효소들이 포함되어 추가적으로 동물 사료에 첨가하여 주는 유산균제 및 효소제제를 대체할 수 있는 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되어 본 실험에서는 음식물 쓰레기를 동물 사료로 전환하기 위한 저장 기간에 따른 미생물 균종의 변화, 효소 생산균주의 분포 및 내염성균들에 대한 기초 조사를 실시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 음식물 쓰레기의 수거

실험에 이용된 음식물 쓰레기는 대전광역시 유성구 어은동에 위치한 생명공학연구소 부설 식당(연일 800명 이용)에서 배출되는 음식물 쓰레기로 수거시 계절은 동절기로 이때 식당내의 평균 기온은 17°C였다. 음식물 쓰레기의 성분 조성은 식당에서 배출되는 잔식 및 주방에서 배출되는 여러 음식물들이 혼합된 것으로 밥찌꺼기와 채소류, 육류가 함께 섞여 있다. 음식물 쓰레기의 중량은 10 kg으로 국물 등의 과도한 물기를 1차 제거하기 위하여 대형 플라스틱망으로 중력 탈수하였다. 1차 탈수된 음식물 쓰레기는 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 여러 부위에서 음식물 쓰레기를 취하여 2개의 실험구로 구분하였다. 비처리구는 분쇄된 음식물 쓰레기로 수분 함량은 80%에 해당되며, 처리구는 음식물 쓰레기를 수분 조절제로써 말분을 1:1로 잘 혼합하여 수분 함량을 40%로 조정하였다. 두 실험구는 가장 내에서 방치해 두는 온도를 고려하여 실온(평균 25±4°C)에서 6일간 호기 배양하였다.

### 음식물 쓰레기의 균총변화

산업동물이 음식물 쓰레기를 이용하려면 발효가 효율적으로 이루어져야 하며 이러한 효율적인 발효는 음식물 쓰레기의 발효균에 의해 진행되므로 미생물 균총 분포는 중요하다. 음식물 쓰레기의 균총 조사를 하기 위해 비처리구와 처리구에 저장된 음식물 쓰레기를 6일 동안 매일 오전 10시 두 실험구의 3군데에서 시료 1g씩 취하여 평균 생리적 식염수로 10-fold 단계 희석하여 준비된 선택 및 비선택 고체 배지에 50 µl씩 접종한 후 도말봉으로 도말하여 균수를 측정하였다. Enterobacteriaceae의 균수 측정은 DHL (Eiken, Japan) 고체선택배지를 이용하여 48시간 동안 37°C에서 호기

배양하였으며, *Lactobacillus* sp.의 균 분포를 위하여 LBS (Becton Dickinson & Company Cockeysville)와 MRS (Difco) 선택 배지에 균을 접종한 후 호기 및 혐기 배양을 실시하였다. 총균수와 혐기성균들의 균총 분포를 확인하기 위하여 BL (Difco)을 호기 및 혐기적으로 37°C에서 48시간 각각 배양하였다. 한편, 음식물 쓰레기의 호기성 균수를 확인하기 위하여 TSA 배지에 48°C시간 동안 호기 배양하였다. 음식물 쓰레기의 호기 발효에 중요한 균주로 알려진 효모균의 선택 배지로는 PDA 효모 선택배지에 nalidixic acid을 0.5% 첨가하여 30°C에서 호기 배양하였다. 균수는 각 배지에서 배양된 집락의 수를 조사하였으며, 단위는 colony forming unit (CFU/g)로 나타내었다. 선택 및 비선택배지에서 분리된 균들은 집락형태(colony morphology) 별로 구분한 후 그람염색을 실시하여 현미경 하에서 관찰하였으며, 집락형태, 그람염색, 세균의 형태(cell morphology) 등을 비교하여 Mitsuoka방법<sup>15</sup>에 의해 균총의 동정을 실시하였다.

### 음식물 쓰레기내 호염성의 분포

우리 나라의 음식물 쓰레기의 특성은 염분 함량이 높아서 음식물 쓰레기를 사료로 전환하기 위해서는 염에 저항하는 발효균이 많이 있어야 발효기 내에서 효율적인 발효가 가능하다. 따라서 음식물 쓰레기의 호염성균들에 대한 기초 분포 조사는 중요하다. 이러한 실험을 위하여 TSA 고체 배지에 염 농도를 첨가하지 않은 배지를 비롯하여 3%, 5%, 10%의 NaCl이 함유되도록 조정하여 배지를 제조한 후 위에 기술한 방법으로 균수를 측정하였다.

### 음식물 쓰레기의 효소 분비균의 분포

음식물 쓰레기의 효소 분비균의 분포를 조사하기 위하여 다음과 같은 배지를 조성하여 균주를 선별하였다. Protease의 생산 미생물의 선별은 beef extract 1%, polypeptide 0.5%, milk casein 0.5%, NaCl 0.5%, agar 1.5 % (pH 8.0)로 구성되는 고체 배지에 48시간 동안 호기 배양한 후 투명한이 형성된 집락의 수를 측정하였다. Cellulase의 선별 배지는 polypeptone 0.5%, beef extract 0.5%, yeast extract 0.2%, NaCl 0.2%, carboxy methylcellulose 0.2%, agar 1.5%로 구성된 고체 배지에 균을 도말한 후 48시간 호기 배양 후 형성된 집락을 긁어내고 0.2% congorod 시약으로 30분간 염색한 후, 1 M NaCl용액으로 1시간 동안 탈색시켜 저지환이 형성된 집락의 수를 측정하였다. 한편, 곡류의 주성분인 녹말을 가수 분해시키는 α-amylase 생산 미

생물의 분포를 알아보기 위해 polypeptone 0.5%, beef extract 0.5%, yeast extract 0.2%, NaCl 0.2%, corn starch 2%, agar 1.5%로 조성된 고체 배지에 균을 도말하여 48시간 동안 호기 배양한 후, 집락 주변에 투명 환이 생긴 집락의 수를 측정하였다. 음식물 쓰레기내 lipase 분비균의 분포는 tryptone 0.1%, yeast extract 0.5%, NaCl 0.05%, tricapylin 0.1%, agar 1.5%로 조성되는 고체 배지에 균을 도말하고 48 시간 동안 호기 배양 후 저지환이 생긴 집락의 수를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

우리 나라의 가정 및 식당에서 배출되는 음식물 쓰레기는 즉시 수거되어 처리되는 것이 현실적으로 어려운 실정이며 길게는 6일까지 가정에서 방치된 후에 수거되어 2차 고속 발효기에 이용된다. 이러한 이유로 발효기에서 음식물이 효과적으로 발효되지 못하고 부패되어 버려지는 경우가 많이 나타나곤 한다. 따라서 음식물 쓰레기의 저장 기간 동안에 미생물의 균총 변화와 효소 생산 균주의 분포 변화를 구명하는 것은 중요하다.

최근 국내 사료 공급의 불안으로 많은 축산 농가에서 음식물 쓰레기를 동물이 섭취할 수 있도록 만들기 위하여 노력하고 있으며, 이러한 경향은 전국적으로 확산되고 있는 추세이다. 음식물 쓰레기를 가축 사료로 전환하기 위해서는 고속 건조 발효기 혹은 습식 발효기를 이용하고 있다. 그러나 대부분의 음식물 쓰레기의 연구는 퇴비화 시설의 설계변수 및 운전조건에 관하여 연구<sup>11)</sup>가 이루어지고 있으나, 발효에 있어서 중요한 발효 미생물의 분포에 관련된 보고는 극히 제한적이므로 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

### 음식물쓰레기의 균총변화

음식물 쓰레기의 수분 함량은 나라마다 음식문화에 의해 좌우되는데, 우리 나라에서 배출되는 음식물 쓰레기의 수분 함량은 75~85%로 알려져 있다<sup>11)</sup>. 본 실험에서 비처리구는 80%의 초기 수분 함량을 포함하는 음식물 쓰레기로 6일간 실온에서 저장할 때 시간에 따른 미생물 균총 변화를 조사하여 Fig 1에 나타내었다.

비처리구에서 *Lactobacillus* sp.와 *Streptococcus* sp.는  $1.2\sim 3.8 \times 10^9$  CFU/g 및  $1.2\sim 8.0 \times 10^9$  CFU/g으로 음식물 쓰레기의 저장 기간 동안 우세한 미생물 균총을 형성하였다. 효모는 저장 1일째  $1.2 \times 10^7$  CFU/g을 보여주었으나 시간이 경과함에 따라 균수가 점차로 높아지면서 5일째  $3.0 \times 10^{10}$  CFU/g, 6일째는  $8.0 \times 10^9$  CFU/g의 높은 균총을 유지하였다. *Staphylococcus*는

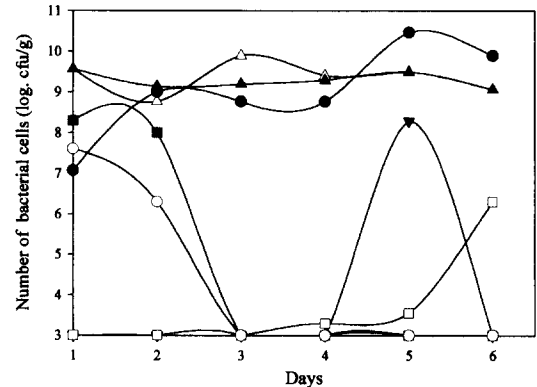
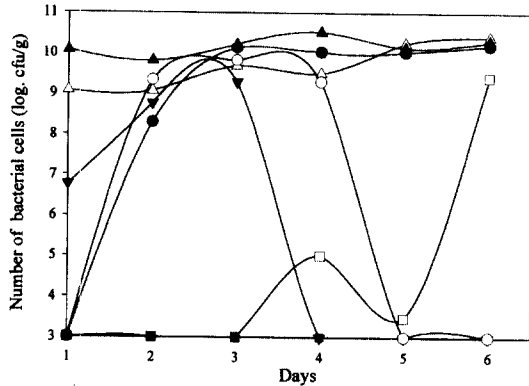


Fig 1. Changes of bacterial distribution in food waste from 1 to 6 days under 80% water content condition at room temperature. ▼—▼: *Staphylococcus*, △—△: *Streptococcus*, ▲—▲: *Lactobacillus*, □—□: *Bacillus*, ■—■: *Enterobacteriaceae*, ○—○: G(-) rod, ●—●

저장 기간 동안에 검출되지 않았으며, *Bacillus* sp.는 4일째부터 검출되기 시작했다. 반면, *Enterobacteriaceae*와 그람음성 간균은 1일째와 2일째에 존재하다가 3일째부터 검출되지 않았다. 이러한 이유는 비처리구에서 음식물 쓰레기의 저장 기간 동안 유산균들의 성장으로 많은 유기산들이 생성되어 다른 균들의 성장을 억제하였기 때문에 일어난 것으로 사료되었다. 또한 이러한 균총의 분포는 저장 기간 3일 동안은 혐기 발효가 일어났으며, 4일째부터는 호기발효가 이루어진 것으로 생각된다. 그 이유는 4일째부터 *Bacillus* sp.가 검출되기 시작했으며, 이 균은 호기성균으로 잘 알려져 있기 때문이다. 발효기에서 음식물 쓰레기의 사료화 혹은 퇴비화를 위한 발효 조건으로 초기 수분 함량이 매우 중요한데, 윤 등<sup>1)</sup>은 음식물 쓰레기의 발효를 유도하기 위해서는 초기수분함량이 70% 이하일 때 가능하다고 보고하였으며, 백과 정<sup>8)</sup>은 60~70%일 때 가장 좋은 발효상을 보여준다고 하였다. 그러나 미생물을 기준으로 할 때에는 30~70% 혹은 30~40%의 수분함량이 적절하다고 알려져 있어 본 실험의 처리구에서는 수분조절제로 말분을 이용하여 초기 수분 함량을 40%로 조절한 후 6일 동안 음식물쓰레기의 균총 변화를 조사하였다(Fig 2).

총균수는 6일 동안  $1.0\sim 6.4 \times 10^{10}$  CFU/g을 유지하면서 시간에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내었으며, *Lactobacillus* sp.와 *Streptococcus* sp.는  $6.6\sim 34 \times 10^9$  CFU/g 및  $1.2\sim 26 \times 10^9$  CFU/g으로 음식물 쓰레기의 저장 기간 동안 우세 균총의 분포를 형성하였다. 효모는 1일째 검출되지 않다가 2일째부터 나타나기 시작



**Fig 2.** Changes of bacterial distribution in food waste from 1 to 6 days under 40% water content condition at room temperature. ▼: *Staphylococcus*, △: *Streptococcus*, ▲: *Lactobacillus*, □: *Bacillus*, ■: *Enterobacteriaceae*, ○: *G(-) rod*, ●: ●

하여 3일째부터는  $10^{10}$  CFU/g으로 존재하면서 *Lactobacillus* sp.와 함께 우세균종을 형성하였다. *Staphylococcus*는 3일째까지 존재하다가 검출되지 않았다. *Bacillus* sp.는 3일째까지 나타나지 않다가 4일째부터 검출되었으나 *Enterobacteriaceae*는 검출되지 않았다. 그람음성 간균은 2일째부터 4일째까지  $10^9$  CFU/g의 분포를 보였다가 5일째 이후에는 검출되지 않았다. 이러한 현상은 말분에 의한 수분의 함량이 적어지고 음식물 쓰레기의 공극률이 증가하여 호기발효의 조건이 적절하게 이루어졌다는 사실을 암시한다.

**음식물쓰레기의 내염성균 분포**

신 등<sup>5</sup>은 주방 폐기물에서 염의 농도를 0.2%에서 1%까지 증가시켜 혐기발효를 실시하였을 때 0.2%까지만 효과가 있다고 하였다. 그러나 이들은 균총의 조

사를 하지 않았으며 발효물의 이화학적 분석만 실시하여 미생물 균총 변화에 대한 정보를 제공하지 못하였다. 본 실험에서는 음식물 쓰레기의 내염성균의 분포를 알아보기 위하여 NaCl 농도를 달리한 TSA 배지를 사용하여 검출된 총균수를 Table 1에 나타내었다.

전체적으로 비처리구와 처리구를 비교해 볼 때 0%, 3%, 5%, 10%의 모든 농도에서 비처리구보다 처리구에서의 균이 높게 검출되었다. 특히 염농도가 10% 함유된 배지에서 비처리구는 1일째( $1.6 \times 10^8$  CFU/g)를 제외한 나머지 기간 동안 균이 검출되지 않았다. 그러나 초기 수분 함량을 40%로 조절한 처리구에서 내염성균들의 증식이 활발하게 이루어져 5일째와 6일째에 내염성균들이 검출되었는데 이러한 이유는 음식물 쓰레기의 염농도가 말분에 희석되어 비처리구의 염 농도보다 낮아진 것으로 생각된다. 그러므로 발효기내에서 효과적인 발효를 위해서는 음식물 쓰레기에 내염성균을 부가적으로 첨가하여 발효를 하게 되면 좋은 결과가 얻어질 것으로 생각된다.

**음식물 쓰레기의 효소 생산균주의 분포**

음식물 쓰레기의 효소 생산 균주의 분포는 발효 조건을 최적화하는데 매우 중요한데, 그 이유는 우리나라의 음식물 쓰레기의 구성비율은 채소류가 63.3%, 곡물류가 16.8% 인 것으로 알려져 있다. 효과적인 발효를 위해서는 초기 수분 농도 뿐만아니라 발효 초기에 효소의 작용이 있어야 음식물 쓰레기가 분해되어 미생물이 성장하게 된다. 본 실험에서 나타난 비처리구와 처리구에 존재하는 효소 생산균의 변화를 Table 2에 나타낸 것 처럼 수분을 40%로 조절한 처리구에서 protease,  $\alpha$ -amylase, cellulase, lipase 등의 효소를 생산하는 균수가 비처리구와 비교시 상대적으로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 처리구에서 protease,  $\alpha$ -amylase,

**Table 1.** Changes of NaCl-tolerance bacteria during 6 days of the fermentation with food waste at room temperature

NaCl	0%		3%		5%		10%	
Days	Control <sup>1)</sup>	Treatment <sup>2)</sup>	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
1	$3.8 \times 10^8$	$1.8 \times 10^{10}$	$1.6 \times 10^9$	$1.1 \times 10^{10}$	$2.8 \times 10^8$	$7.0 \times 10^7$	$1.6 \times 10^8$	$8.4 \times 10^8$
2	$1.1 \times 10^9$	$7.2 \times 10^9$	$4.0 \times 10^7$	$1.0 \times 10^8$	ND <sup>3)</sup>	$7.0 \times 10^7$	ND	$8.4 \times 10^8$
3	$4.4 \times 10^9$	$8.4 \times 10^9$	$2.2 \times 10^8$	$1.5 \times 10^{10}$	$1.0 \times 10^7$	$1.4 \times 10^9$	ND	ND
4	$3.2 \times 10^9$	$2.2 \times 10^{10}$	$1.4 \times 10^9$	$3.4 \times 10^{10}$	$2.0 \times 10^6$	$2.0 \times 10^9$	ND	ND
5	$6.4 \times 10^9$	$2.3 \times 10^{10}$	$3.7 \times 10^9$	$2.7 \times 10^{10}$	$2.6 \times 10^7$	$8.5 \times 10^8$	ND	$1.8 \times 10^6$
6	$2.8 \times 10^9$	$3.2 \times 10^{10}$	$4.2 \times 10^9$	$3.4 \times 10^{10}$	$4.8 \times 10^9$	$1.9 \times 10^{10}$	ND	$3.6 \times 10^5$

<sup>1)</sup> contained 80% water content

<sup>2)</sup> contained 40% water content

<sup>3)</sup> not detected below  $10^3$  CFU/g in food waste.

**Table 2.** Changes of microorganism producing enzymes during 6 days of the fermentation with food wastes at room temperature

Days	Control <sup>1)</sup>				Treatment <sup>2)</sup>			
	Protease	Amylase	Cellulase	Lipase	Protease	Amylase	Cellulase	Lipase
1	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	$2.0 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	ND	$1.2 \times 10^8$
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	$4.0 \times 10^8$
4	$2.0 \times 10^6$	ND	ND	$2.0 \times 10^4$	$4.0 \times 10^6$	ND	$2.0 \times 10^6$	$1.6 \times 10^3$
5	$4.0 \times 10^6$	ND	ND	$6.0 \times 10^4$	ND	ND	$2.0 \times 10^8$	$2.0 \times 10^7$
6	ND	ND	ND	$2.0 \times 10^6$	ND	ND	$2.0 \times 10^6$	$4.0 \times 10^6$

<sup>1)</sup>contained 80% water content

<sup>2)</sup>contained 40% water content

<sup>3)</sup>not detected below  $10^3$  CFU/g in food waste.

cellulase을 분비하는 균수는 많지 않았으나 lipase 생산 균수는 저장 전 기간에서 나타났다.

이상의 결과에서 말분을 이용하여 음식물 쓰레기의 수분을 40%로 조절한 처리구에서 미생물의 균총은 호기적인 발효 조건으로 이행되는 것을 알 수 있었으며, 특히 음식물 쓰레기의 내염성균은 염농도가 5%까지는 효과적으로 증식하므로 말분을 비롯하여 가격이 낮은 수분 조절제를 가정 및 식당의 음식물 쓰레기에 첨가하여 저장한다면 2차로 고속 발효기를 이용할 때 양질의 가축 사료를 제조할 수 있을 것으로 생각된다. 특히, 효율적인 발효가 이루어지기 위해서는 음식물 쓰레기내의 효소 생산 균주가 포함되어야 한다. Protease는 생선 및 육류에 다량으로 함유되어 있는 단백질 가수 분해하는 효소이므로 음식물 쓰레기내에서 protease 분비균이 적을 경우 초기 발효가 어려울 수가 있다. 그러나 본 실험에서 protease의 생산균주가 음식물 쓰레기에 적으므로 2차 발효시 protease를 음식물 쓰레기에 첨가한다면 좋은 결과를 얻을 것으로 생각된다. 이렇게 발효로 얻어진 가축의 사료는 많은 유산균과 여러 효소를 함유하고 있어 가축의 사료 효율성을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다. 앞으로 진행할 연구는 본 실험의 결과를 토대로 저장된 음식물 쓰레기를 고속 발효기에서 발효시킬 때 미생물 및 효소들이 어떠한 역할을 하는지에 관한 총체적인 연구와 고품질의 사료를 생산하기 위하여 첨가되어야 하는 미생물과 효소의 첨가량 등에 관한 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

음식물 쓰레기를 수분 조절제인 말분을 이용하여

초기 수분의 함량을 40%로 조절한 처리구와 조절하지 않은 비처리구(80%)로 구분하여 6일간 실온에 저장하면서 음식물 쓰레기의 미생물 균총 분포의 변화와 효소 생산 균수 등을 조사하였다. 음식물 쓰레기가 발효되는 동안 총 균수는 처리구가 비처리구의 균총의 분포는 *Lactobacillus* sp.와 *Streptococcus* sp.가 주된 균총으로 나타났으며 총균수는 처리구가 비처리구보다 우세한 수를 보였다. *Staphylococcus* sp.와 *Enterobacteriaceae*는 발효 4일에서 6일동안 처리구에서 성장하지 못하였다. 이러한 사실은 음식물 쓰레기의 수분을 조절할 경우 동물사료의 전환을 위한 발효에 효과적인 것을 나타낸다. 그러나 처리구와 비처리구 모두 protease을 생산하는 균주의 수가 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 요약하면, 음식물 쓰레기를 가축 사료로 이용하기 위해서는 발효균주인 *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp. 및 효모균이 유지될 수 있는 초기 수분의 함량을 40%로 조절하고 2차 고속 발효기에서 protease를 첨가하여 발효한다면 고품질의 가축 사료를 얻을 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 윤하연, 유기영, 박후원, 김갑수, 유명진. 음식물 쓰레기 호기성 퇴비화 시설의 설계변수 및 운전조건 도출에 관한 연구. 한국폐기물학회지 1994; 11:377-387.
- 윤서성. 폐기물의 자원화 정책 방향. 유기성폐기물학회지 1993; 1: 143-150.
- 이은경, 정재춘. 첨가제를 달리한 음식물 쓰레기의 퇴비화에 관한 연구. 대한환경공학회지 1994; 16: 953-962.
- 신항식, 문민주, 송영채, 배병욱. 생분해도 실험에 의한 주방 폐기물의 혐기성 소화 타당성 연구. 한국

- 폐기물학회지 1993; 10: 35-42.
5. 신항식, 문민주, 송영채, 배병욱. Rumen 미생물을 이용한 주방 폐기물 혐기성 소화의 효율 증진 방안. 유기성폐기물자원화 1993; 1: 103-113.
  6. 이승무, 박주량, 안준수. 유기성 폐기물로부터 혐기성 발효에 의한 알코올 생성에 관한 연구. 한국폐기물학회지 1986, 3: 49-64.
  7. 조재경, 이준표, 이진석, 박순철, 장호남. 주방 폐기물의 고상 혐기성 소화에 관한 연구. 한국폐기물학회지 1994; 11: 556-568.
  8. 백영민, 정재춘. 집단급식소의 음식물 쓰레기의 퇴비화에 관한 연구. 한국폐기물학회지 1994, 11: 29-40.
  9. 송준상, 최훈근, 김규연. 소형 퇴비화 용기를 이용한 유기성 주방 폐기물의 퇴비화에 관한 연구. 유기성 폐기물자원화 1993; 1: 227-235.
  10. 정재춘, 홍지형. 퇴비화의 이화학적 지표 및 공정관리. 유기성폐기물자원화 1994; 2: 99-127.
  11. 유세홍, 김남천. 음식물 쓰레기의 사료화에 관한 연구. 서울보건전문대논문집 1993; 13: 71-82.
  12. 박봉선, 龜岡後則, 崎元道男: 도시 미 이용 자원(식품부산물)의 사료화 기술. 유기성폐기물자원화 1993; 1: 49-58.
  13. 광완섭. 축산폐기물의 사료화 기술. 유기성폐기물자원화 1994; 2: 177-183.
  14. 최민호, 정윤진, 박연희. 종균 첨가시 음식물 쓰레기 퇴비화 미생물에 미치는 영향. 유기성폐기물자원화 1996; 4: 1-11.
  15. Mitsuoka T. A color atlas of intestinal bacteria. 2nd ed. Sobunsha, Tokyo. 1980: 13-65