

## 미생물제 첨가유무에 따른 음식물 쓰레기 퇴비 부숙도 평가

정준영 · 정광용 · 남성숙  
농업과학기술원 환경관리과

### Evaluation of Compost Qualities with or without Microbial Inoculation for Food Waste Composting

Jun-Young Jeong, Kwang-Yong Jung, Sung-Suk Nam (National Institute of Agriculture Science and Technology, Suwon, 441-707, Korea, Tel. : 0431-290-0209, email : jjuny@hanimail.com)

**ABSTRACT** : This studies were conducted to evaluate efficiency of microbial inoculator for active composting of food wastes. The Microbial inoculators used in this studies were purchased from different compare to evaluate their effectiveness for composting of food waste in Korea. The number of bacteria growing at 30°C in commercial inoculator collected were below  $91.0 \times 10^8$  CFU/g which were counted from well cured compost made by animal manure. The number of bacteria in commercial microbial inoculator, such as FL, VP, B9, CM and GE were higher than that of composted at 50°C or 60°C of incubation temperature. Fungi were counted in GR, VP and B9 as over  $10^4$  CFU/g at 30°C of incubation temperature, while fungi of all the commercial inoculator collected could not grown at 50°C and 60°C. Actinomycetes in most of the these had higher number ( $10^4$  CFU/g) than that of compost : however, it was not detected at 60°C incubation temperature from all the samples collected. The amount of carbon dioxide production was order to VP>HU>B9>GE>CM>Control>Compost in the lab scale composting test with or without inoculation of commercial inoculators, however, but the difference in carbon dioxide production was similar among each treatments. The effect of inoculation on composting parameter such as pH changes, temperature increasing and change of chemicals properties were a little among each treatments, with or without inoculation of commercial inoculator in active composting of food waste. Using commercial inoculator did not show any statistical difference in food waste composting process under various condition such as pH changes, temperature changes, etc.

**Key words** : Food waste, Commercial inoculator, pH, Composting, Bacteria, Fungy, CO<sub>2</sub> gas production

## 서론

음식물 쓰레기는 발생량 최소화가 우선되어야 하나 이는 우리의 음식문화와 직결되어 있어 단시간에 국민의식 전환을 통한 식생활 개선을 기대하기 어렵다. 또한 음식 쓰레기의 성상은 채소류 53.1%, 어육류 18.6%, 곡류 14.7%, 과일류 13.6%<sup>1)</sup> 등으로서 유기물질과 다량의 수분을 함유하여 부패 속도가 빠르고 심한 악취로 인해 주민생활의 불편을 초래하는 요인으로 작용하고 있다. 따라서 음식물 쓰레기 처리가 주요 현안으로 대두되어 이의 해결을 위한 여러 방안이 연구되고 있으며 이중 퇴비화 및 사료화가 가장 실용적인 기술로 제기되고 있다.

일반적으로 음식물 쓰레기는 소금성분을 제외하고는 가축분뇨, 농산부산물, 수산부산물등과 재료의 성상이 유사하다. 따라서 음식물 쓰레기만을 위한 별도의 퇴비화 조건이

필요한 것은 아니다. 퇴비화를 위한 초기조건은 원료의 C/N비가 20~40, 최적 수분함량은 45~60%, 수분계 및 안정화를 위한 적정온도는 50~65°C, 악취제거를 위한 적정온도는 40~60°C, pH는 6.5~8.0로 보고<sup>2)</sup>된 바 있다. 한편 퇴비화는 "조절된 환경내에서 유기물의 생화학적 분해 작용"<sup>3)</sup> 이므로 적절한 미생물 작용이 무엇보다 중요하다. 음식물쓰레기 퇴비화 인자중 미생물의 성상이나 종류가 퇴비화에 큰 영향을 미치는 것으로 많은 연구자들에 의해 보고되고 있는데<sup>4)</sup> Polprasert<sup>5)</sup> 등은 유기물함량이 많은 토양이나 폐기물 접종이 인공 배양한 미생물을 접종한 퇴비의 부숙도에 차이가 없음을 보고한바 있다. 한편 우리나라에서도 이와 같은 논란이 대두되어 최<sup>7)</sup> 등은 종균첨가가 음식물 쓰레기 퇴비화 미생물에 미치는 영향이라는 연구에서 고온성 세균과 효모의 첨가로 음식물쓰레기 퇴비화가 촉진됨을, 제<sup>8)</sup> 등은 발효촉진제에 따른 고속 발효장치의 퇴비

화 기능평가에 대한 연구에서 자체개발 균주 첨가시 부숙이 촉진되었다고 보고하였다. 한편 방<sup>9)</sup> 등은 미생물체의 첨가가 퇴비화에 큰 영향인자로 작용하지 않았음을 보고하여 퇴비 부숙촉진을 위한 미생물체의 효용성에 대해 연구자간에 상이한 견해를 보이고 있다. 일반적으로 퇴비화에 있어서 미생물체의 첨가는 퇴비화 대상 폐기물에 존재하고 있는 미생물의 종류와 상이할 때, 퇴비화 대상 폐기물중에 소량의 미생물이 존재할 때, 그리고 퇴비재료중의 미생물보다 강력한 분해능이 있을 때 효과가 있다. 그러나 현재 국내에서 음식물 쓰레기를 대상으로 한 퇴비화는 생산된 퇴비의 활용보다는 음식물 쓰레기 처리가 주 목적이기 때문에 특정 미생물체를 첨가하여 퇴비화를 촉진시키기 위한 시도를 하고 있으며 그 대안으로서 여러종류의 미생물체가 상품화 되어 있다. 그러나 이들 미생물체를 사용하기 위해서는 경제적인 부담이 증가될 뿐 만 아니라 대부분 균종과 첨가량이 불분명하고, 특히 거의 외국에서 그대로 수입하여 사용함에 따라 그 처리 대상물의 성상이 상이한 우리나라의 음식물 퇴비화에 그 효용성이 의문시 되고 있어 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 실험에서는 현재 음식물 쓰레기 부숙제로 시판되고 있는 미생물체를 수거하여 제품중의 미생물 활성과 음식물 쓰레기 퇴비화에 점중효과를 규명하기 위해 몇가지 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 미생물체 구입

실험에 사용한 미생물체는 시판되고 제품으로 표기된 용도 및 조성 미생물이 각기 상이한 14종을 구입하여 사용하였으며 대조구으로는 농촌진흥청 농업과학기술원 환경관리과에서 제조하여 보관중인 퇴비를 이용하였다.

### 미생물 계수

#### 배지 및 방법

미생물체 중의 미생물 계수를 위한 세균 배양은 Plate count agar(tryptone 5g, yeast extract 2.5g, dextrose 1g/l, pH 7.0, Agar 2.0%)를, 사상균 배양은 PDA( potato 200, dextrose 20g/l, pH 5.1), 방선균 배양은 Albumin agar(egg albumin 0.25, glucose 1.0, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.5, MgSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O 0.2g/l, pH 6.8-7.0)를 사용하여 토양미생물시험법<sup>10)</sup>에 준하여 분리, 계수하였다.

### 생균수 측정

시판 미생물체중의 온도에 따른 미생물 생균수는 30℃, 50℃, 60℃의 온도조건에서 1일 간격으로 7일 동안 배양하면서 계수(CFU/g, Colony Forming Unit)하였다.

### CO<sub>2</sub> gas발생율 측정

각 미생물체 중에 함유되어 있는 미생물의 유기물 분해 활성을 간접적으로 평가하기 위해, 농업과학기술원에서 제조한 퇴비를 대조구로 土壤養分分析法<sup>11)</sup>을 보정하여 조사하였으며 계산은 다음과 같다.

$$\text{CO}_2 \text{ gas 발생량}(\text{mg}/100\text{g}) = (\text{공시험값} - \text{적정값}) \times F \times (\text{CO}_2 \text{ 당량값})$$

### 퇴비화 실험

#### 실험재료

실험에 사용한 음식쓰레기는 한식 음식물 쓰레기(90%)와 중식 음식물 쓰레기(10%)를 사용하였으며 수분 조절제로는 팽화왕겨를 이용하였다. 본실험에 사용한 음식물 쓰레기와 팽화왕겨의 특성은 Table 1과 같다.

한편 퇴비화 실험에 사용한 미생물체는 CO<sub>2</sub> gas 발생량이 많았던 미생물체를 선정하였으며 첨가 농도는 0.2%(W/W) 이었다. 대조구는 미생물체를 첨가하지 않은 무처리구와 농업과학기술원 환경관리과에서 제조하여 보관중인 퇴비를 사용하였으며 이때 첨가 농도는 상기와 동일한 농도로 수행하였다.

#### 실험 장치 및 방법

본 실험에 사용한 반응조는 180 l 용량의 플라스틱 통을 사용하였으며 외부온도의 영향을 최소화하기 위해 두께 5mm의 부직포로 보온하였다. 반응조 하단에는 통기성을 부여하기 위해 10cm 높이로 자갈을 채운 다음 직경 2 mm의 망사를 깔고 팽화왕겨와 음식쓰레기 혼합물 50kg를 넣은 다음, 자연 수분증발에 의한 손실을 줄이기 위해 뚜껑을 덮어 수행하였다.

한편 통기는 Air pump(SPP-15GA, HIBLOW, JAPAN)를 사용하여 16L/min의 유속으로 24시간 연속 통기하였으며, 온도측정은 micro-thomometer(HI9063, Hanna, Inc., Singapore)를 사용하여 24시간 간격으로 조사하였다.

Table 1. Chemical characteristics of food waste, extruded rice hull and the mixture for composting

(dry basis)

Items	Components				
	W.C(%) <sup>1)</sup>	pH	OM(%) <sup>2)</sup>	T-N(%) <sup>3)</sup>	C/N ratio <sup>4)</sup>
Food waste	84.0	5.48	87.8	3.45	14.8
Extruded ricehull	8.7	6.15	76.9	0.89	56.6
Mixture	64.2	6.08	87.3	1.07	47.3

<sup>1)</sup> Water content, <sup>2)</sup> Organic matter, <sup>3)</sup> Total nitrogen, <sup>4)</sup> Carbon nitrogen ratio

**분석**

음식물 쓰레기 부숙과정중 성분분석은 농촌진흥청 토양 화학분석법<sup>12)</sup>에 준하여 수행하였으며 양이온 및 중금속 분석은 ICP(Inductivity Coupled Plasma, GBC Integra XMP, Australia)로 분석하였다. 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)은 동일한 분해액을 비색법(Molybden yellow)으로 정량하였다.

**결과 및 고찰**

**미생물제의 특성**

시판 미생물제 중 시중에서 손쉽게 구입할 수 있는 14종의 미생물제를 구입하여 그 표기된 용도 및 조성 미생물의 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

14개의 시판 미생물제에 표기된 사용 목적을 검토한 결과 거의 대부분 음식물 및 유기물 퇴비 부숙제로 표기되어 있었으나 그 사용 용도 및 목적이 너무 광범위하여 불분명 하였으며 그 첨가량에 있어서도 명확히 기재되어 있지 않았고 BE와 DE 두 제품의 경우 효소제품으로 표시가 되어 있었다. 또한 표시 미생물에 있어서는 GR, VP, LK, AG, KE 등 다섯 제품을 제외한 대부분이 기재가 되어 있지 않았을 뿐만 아니라 함유되어 있는 미생물수도 VP, AG, KE 등 3 제품에만 표시되어 있었다.

Nakasaki<sup>13)</sup> 등에 의하면 퇴비화는 크게 초기단계, 고온단계, 숙성단계 등 3 과정으로 나뉘어지며 초기단계에 있어서 증온성 세균(bacteria)과 진균(fungi)들이 주로 유기물을 분해하고, 이들의 작용에 의해 퇴비더미의 온도가 40℃이상으로 상승됨에 따라 고온균과 방선균으로 대체되기 시작하여 보통 50~60℃가 계속적으로 유지되지만 때에 따라서는 더 온도가 상승하여 60℃이상 오르기도 하는 것으로 보고한 바 있다. 한편 본 실험에 조사된 거의 대부분의 부숙제들에 표시된 미생물은 증온균인 것으로 나타나 이에 효용이

의문시 되고 있어 이들의 퇴비화 효능을 검토하기 위해 생균수 및 온도에 따른 성장능을 검토하였다.

**미생물제중의 미생물 계수**

실험에 사용한 시판 미생물제 대부분이 고온균과 증온균이 함유되어 있다고 표시되어 있으므로 본 실험에서는 이를 검정하고자 30℃, 50℃, 60℃에서 배양하면서 세균, 사상균, 방선균의 수(CFU/g, Colony Forming Unit)를 측정할 결과는 Table 3, 4, 5와 같다.

시판 미생물제의 온도에 따른 세균수를 측정한 결과 Table 3에서와 같이 30℃에서 DE와 KE를 제외한 전 시험구에서 0.03×10<sup>8</sup>-91.0×10<sup>8</sup>(CFU/g) 정도 검출되었으며 특히 음식물을 이용하여 제조한 퇴비구에서 가장 많이 검출되었다. 50℃로 배양시에는 LT, GR, LK, DE, KE, HG, HU 등 7개의 시료에서는 검출되지 않았고, BE, FL, VP, AG, B9, CM, GE, 퇴비등 8개 시료에서 0.2×10<sup>8</sup>-37.0×10<sup>8</sup>(CFU/g) 정도로 검출되었다. 또한 60C 배양시에는 BE, LT, GR, DE, AG, KE, HG 7개의 시료에서 검출되지 않았고 FL, VP, B9, CM, GE, HU, 퇴비 등에서 7개의 시료에서 0.2 10<sup>8</sup>-37.0×10<sup>8</sup>(CFU/g) 정도로 검출되었다. 한편 DE와 KE는 전 온도에서 검출되지 않았는데 DE의 경우 효소제로 표시되어 있어 미생물이 존재 하지 않기 때문인 것으로 생각되며 KE의 경우에는 증온균과 광합성세균이 함유되어 있다고 표시되어 있음에도 불구하고 검출되지 않았다. 또한 실험 미생물제들은 배양온도가 높아짐에 따라 미생물 검출이 점차 감소되는 경향을 나타내었는데 특히 LT, GR, LK, HG 등 4개의 실험구는 시료는 30℃에서는 검출되었으나 50℃ 이상의 온도에서, BE와 AG의 경우에는 60℃에서 검출되지 않은 것으로 조사되었다.

Table 2. Characteristics of commercial Microbial Inoculators used in experiments

No.	Products	Using Purpose	Labeled Microorgams
1	BE	퇴비부숙제	미기제
2	LT	퇴비부숙제	미기제
3	GR	퇴비부숙제	젖산균 및 효모류
4	FL	퇴비부숙제	미기제
5	VP	퇴비부숙제	미기제
6	LK	퇴비부숙제	유산균, 효모류
7	DE	퇴비부숙제	효소활성제
8	AG	퇴비부숙제	Bacillus sp, 효소
9	KE	퇴비부숙제	광합성균, 유산균, 효모
10	HG	퇴비부숙제	미기제
11	B9	퇴비부숙제	미기제
12	CM	퇴비부숙제	미기제
13	GE	퇴비부숙제	미기제
14	HU	퇴비부숙제	미기제
15	Compost	-	-

Table 3. Determination of Bacteria in commercial microbial inoculators (CFU/g)

Commercial Incubation	Inoculators Temperature		
	30℃	50℃	60℃
BE	1.1 × 10 <sup>8</sup>	1.1 × 10 <sup>8</sup>	N.D
LT	2.5 × 10 <sup>8</sup>	N.D	N.D
GR	2.0 × 10 <sup>8</sup>	N.D	N.D
FL	9.0 × 10 <sup>8</sup>	1.3 × 10 <sup>8</sup>	1.0 × 10 <sup>8</sup>
VP	0.03 × 10 <sup>8</sup>	8.0 × 10 <sup>8</sup>	1.0 × 10 <sup>8</sup>
LK	1.4 × 10 <sup>8</sup>	N.D	N.D
DE	N.D	N.D	N.D
AG	0.5 × 10 <sup>8</sup>	0.2 × 10 <sup>8</sup>	N.D
KE	N.D	N.D	N.D
HG	0.9 × 10 <sup>8</sup>	N.D	N.D
B9	4.4 × 10 <sup>8</sup>	3.0 × 10 <sup>8</sup>	0.3 × 10 <sup>8</sup>
CM	38.0 × 10 <sup>8</sup>	25.0 × 10 <sup>8</sup>	0.44 × 10 <sup>8</sup>
GE	49.0 × 10 <sup>8</sup>	37.0 × 10 <sup>8</sup>	4.1 × 10 <sup>8</sup>
HU	2.8 × 10 <sup>8</sup>	N.D	0.77 × 10 <sup>8</sup>
Compost	91.0 × 10 <sup>8</sup>	1.2 × 10 <sup>8</sup>	0.26 × 10 <sup>8</sup>

\* N.D. : Not Detected over 10<sup>8</sup>

Table 4. Determination of mold in commercial microbial inoculators (CFU/g)

Commercial Incubation	Inoculators Temperature		
	30°C	50°C	60°C
BE	N.D.	N.D.	N.D.
LT	N.D.	N.D.	N.D.
GR	1.4 × 10 <sup>5</sup>	N.D.	N.D.
FL	N.D.	N.D.	N.D.
VP	3.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.	N.D.
LK	N.D.	N.D.	N.D.
DE	N.D.	N.D.	N.D.
AG	N.D.	N.D.	N.D.
KE	N.D.	N.D.	N.D.
HG	N.D.	N.D.	N.D.
B9	2.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.	N.D.
CM	N.D.	N.D.	N.D.
GE	N.D.	N.D.	N.D.
HU	2.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.	N.D.
Compost	N.D.	N.D.	N.D.

\* N.D. : Not Detected over 10<sup>5</sup>

사상균의 경우 Fig. 4에서와 같이 30°C에서 GR, B9, HU를 제외한 시험구에서 검출되지 않았으며 50°C 이상의 고온에서는 전 시험구에서 검출되지 않은 것으로 조사되었다. 한편 방선균의 경우 30°C에서는 BE, LK, DE, KE, HG, HU를 제외한 시험구에서 2.1 × 10<sup>5</sup>~42.5 × 10<sup>5</sup>(CFU/g) 정도로 검출되었다. 50°C에서는 DE를 제외한 실험구에서 0.2 × 10<sup>5</sup>~35.0 × 10<sup>5</sup>(CFU/g)로 검출되었으나 60°C에서는 전 시험구에서 검출되지 않았다. 일반적으로 퇴비화에 있어서 퇴비더미의 온도는 퇴비화 초기 단계에서 중온성 미생물의 활동으로 유기물이 분해되면서 상승되고 온도가 상승하면 중온성 미생물은 활동은 정지되고 고온성 미생물들의 활동이 시작된다. 고온성 퇴비화 전반기에는 *Bacillus* 계통이 후반기에는 *Thermoactinomyces*와 같은 방선균이 주된 역할을

Table 5. Determination of Actinomycetes in commercial microbial inoculators (CFU/g)

Commercial Incubation	Inoculators Temperature		
	30°C	50°C	60°C
BE	N.D.	3.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
LT	7.5 × 10 <sup>5</sup>	0.25 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
GR	2.1 × 10 <sup>5</sup>	7.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
FL	51.0 × 10 <sup>5</sup>	10.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
VP	33.0 × 10 <sup>5</sup>	35.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
LK	N.D.	0.75 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
DE	N.D.	N.D.	N.D.
AG	14.5 × 10 <sup>5</sup>	1.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
KE	N.D.	0.2 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
HG	N.D.	3.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
B9	4.5 × 10 <sup>5</sup>	11.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
CM	42.5 × 10 <sup>5</sup>	25.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
GE	14.5 × 10 <sup>5</sup>	30.5 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
HU	N.D.	0.45 × 10 <sup>5</sup>	N.D.
Compost	28.0 × 10 <sup>5</sup>	24.0 × 10 <sup>5</sup>	N.D.

\* N.D. : Not Detected over 10<sup>5</sup>

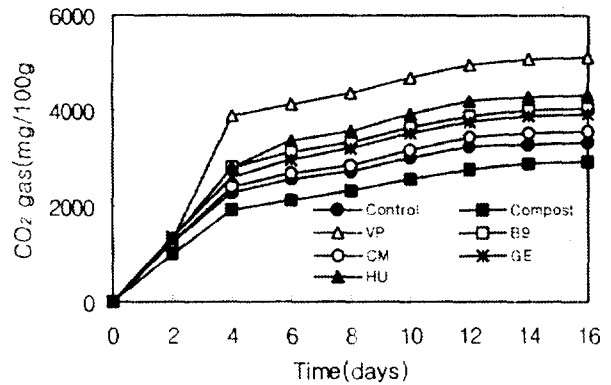


Fig. 1. Rate of CO<sub>2</sub> gas production during the composting with Microbial Inoculators

하는 것으로 알려져 있는데<sup>13)</sup> 본 실험결과 퇴비화의 고온대에 주로 관여하는 방선균들이 60°C 이상의 온도에서 거의 검출되지 않아 이들 미생물체를 이용하여 퇴비화시 큰 효과를 기대할 수 없을 것으로 생각된다.

CO<sub>2</sub> gas 발생량 측정

퇴비화 과정중 미생물에 의한 유기물의 분해과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>는 미생물이 분해하는 효소의 영향을 받으며, 효소의 활성은 미생물 수 또는 활성 조건과 관련이 있는 것으로 알려져 있다<sup>14,15)</sup>. 따라서 시판 미생물체의 음식물 쓰레기 퇴비화 효율을 간접적으로 평가하기 위해 14종의 미생물체 중 생균수가 완숙퇴비의 생균수보다 많았던 VP, B9, CM, GE 및 HU 5종을 대상으로 CO<sub>2</sub> gas 발생율을 조사한 결과는 Fig.1과 같다.

Fig. 1에서와 같이 퇴비화과정 중 CO<sub>2</sub> gas 발생율은 초기에서 4일차까지 급격한 증가 경향을 보이고 있다. 4일차 이후 15일차까지는 CO<sub>2</sub> gas 발생속도가 초기보다 낮아지는 경향이였다. 또한 15일 이후에는 CO<sub>2</sub> gas 발생량이 거의 정지되었는데 이와 같은 결과는 장<sup>16)</sup> 등이 보고한 퇴비화 과정 중 부숙온도 증가속도와 거의 일치되는 경향이였다. 한편 완숙퇴비 접종구는 대조구와 시판 미생물체 접종구 보

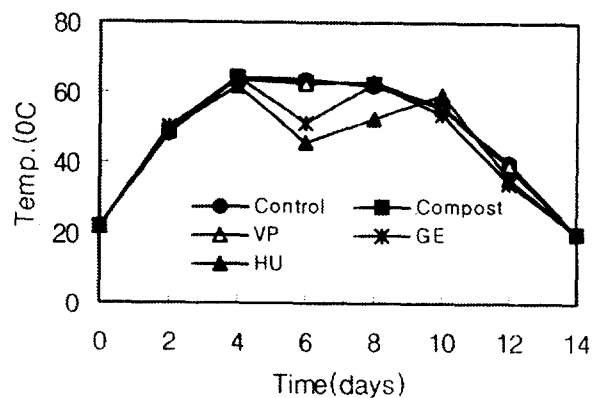


Fig. 2. Changes on temperature during composting periode of food waste with or without Microbial inoculation

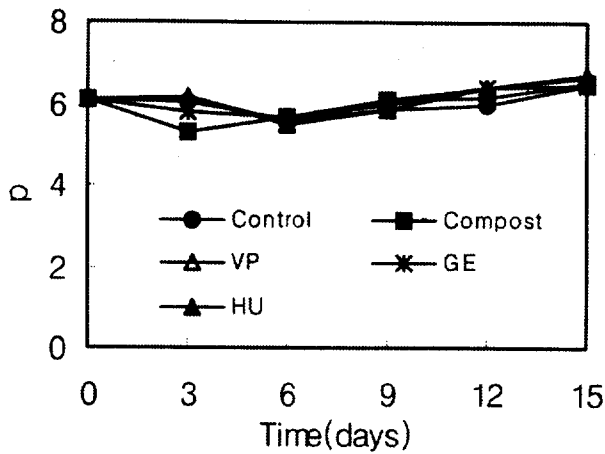


Fig. 3. Changes on pH during composting period of food waste with or without microbial inoculation

다 낮은 것으로 나타났는데 이는 완숙퇴비가 가축분 부숙 퇴비로서 음식물 쓰레기의 재료 특성과 상이하게 존재하는 균종의 성장의 차이 때문인 것으로 판단된다. 시판 미생물제를 이용한 퇴비화 과정 중 CO<sub>2</sub> gas 발생율은 일정한 관련이 없는 것으로 조사되었는데 이는 제품중의 생균수보다는 제품중의 미생물 종류가 중요함을 의미하며, 실제 세균의 경우 최적조건에서 세대기(generation time)가 1시간 이내인 점을 고려할 때<sup>17)</sup> 생균수와 접종효과의 차이는 나타날 수 있다고 판단된다.

**퇴비화 실험**

미생물제중 CO<sub>2</sub> gas 발생량이 다소 우수한 것으로 조사된 GE, HU 및 VP를 이용하여 퇴비화 시험을 수행하였다.

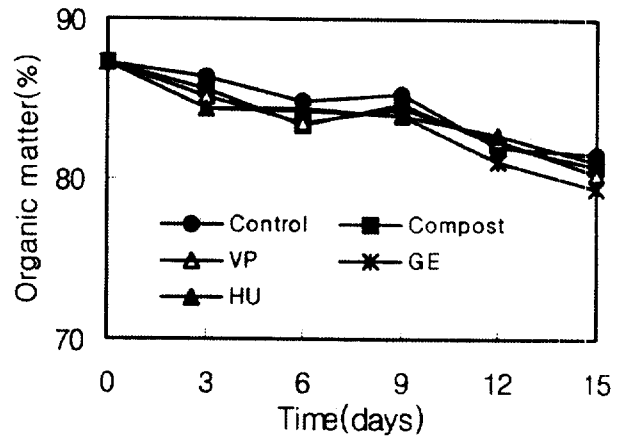


Fig. 4. Changes on organic matter during composting period of food waste with or without microbial inoculation

퇴비화 기간중 온도변화는 Fig. 2과 같다.

Fig. 2에서와 같이 퇴비화 과정 중 온도변화는 정<sup>18)</sup> 등이 보고한 음식물 쓰레기 퇴비화 연구 공정중의 온도변화와 유사한 경향을 보였다. 퇴비부숙 온도변화는 유기물 재료의 퇴비화 과정과 부숙도를 간편하게 평가할 수 있는 척도로서 이용되고 있다<sup>19)</sup>. 퇴비화 개시후 부숙온도가 50℃이상 증가하는 것은 미생물이 증식함을 의미하며 부숙온도 증가속도는 퇴비더미속의 미생물 활성화와 관계가 있다. 따라서 시험에 사용한 미생물제가 음식물 쓰레기 퇴비화에 효과가 있음이 입증되기 위해서는 부숙온도 변화에서 대조구와의 차가 인정되어야 한다. 그러나 Fig. 2와 같이 퇴비화 과정중 온도변화는 시험에 사용한 시판 미생물 3종과 무처리 및 완숙퇴비 접종구간에 일정한 경향이 인정되지 않고 있다.

Fig. 3은 퇴비과정중 pH의 변화를 조사한 결과이다. 퇴

Table 6. Food waste compost with or without Microbial Inoculation after composting

Items	Treatments						Standars
	B.E*	Control	Compost	VP	GE	HU	
W.C(%)	64.2	64.5	64.8	68	63.7	58.4	-
Max.Temp (°C)	22.0	68.3	70.1	64.9	67.6	61.7	-
pH	6.08	6.44	6.53	6.67	6.49	6.72	-
O.M(%)	87.3	81.5	80.8	78.9	79.4	81.1	over 25
T-N(%)	1.07	1.16	1.20	1.15	1.14	1.09	-
OM/N	81.6	70.3	67.3	68.6	69.6	74.4	below 50
C/N ratio	47.3	40.8	39.1	37.2	40.4	43.2	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.24	0.43	0.22	0.24	0.23	0.24	-
K <sub>2</sub> O(%)	0.45	0.61	0.56	0.65	0.56	0.65	-
CaO(%)	0.14	0.60	0.27	0.44	0.41	0.25	-
MgO(%)	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.12	-
NaCl(%)	1.43	1.28	1.44	1.51	1.68	1.56	-
Fe(mg/kg)	162.67	215.88	314.12	254.25	366.50	214.16	-
Zn(mg/kg)	24.0	38.34	31.39	27.20	25.69	30.92	-
Pb(mg/kg)	1.35	0.91	0.57	0.74	0.95	0.55	below 150
Cu(mg/kg)	5.49	9.78	6.04	5.99	4.50	3.94	below 500
Cr(mg/kg)	5.66	6.35	3.51	6.62	6.8	11.76	below 300
Cd(mg/kg)	1.21	1.79	0.37	0.39	0.27	0.12	below 5
Ni(mg/kg)	2.92	3.68	1.97	3.17	3.54	3.44	-

\* B.E : Before Experiment

비화 실험 전 음식물 쓰레기와 팽화왕겨 혼합물의 pH는 6.0 내외이었다. 부숙 후 3일차의 pH는 완숙퇴비 접종구 5.3, GE 접종구 5.9로 감소되었고, 다른 처리구는 퇴비화 6 일차에서 4.4 내외로 감소되는 경향이였다. 일반적으로 퇴비화 과정 중 pH 변화는 초기 이분해성 유기물의 급격한 분해 작용으로 산 생성이 촉진되어 다소 낮아지는 것으로 보고되고 있다. 그러나 퇴비화가 진행됨에 따라 퇴비더미의 pH는 중성부근으로 회복되고 이후 발생하는 NH<sub>3</sub>의 영향으로 pH는 8.0이상까지 상승해 퇴비화가 완료되면 다시 중성부근으로 낮아지는 것으로 보고 되고 있다<sup>20)</sup>. 본 실험에서는 퇴비화 활성이 높은 1차 부숙기간 만을 시험조건으로 선정하였기 때문에 허<sup>21)</sup> 등이 보고한 바와 같은 pH 변화는 알 수 없었다. 그러나 퇴비화 초기의 pH 변화 이외에는 처리간의 일정한 경향이 인정되지 않아 시판 미생물제 접종이 음식물 쓰레기 퇴비화 과정 중 pH 변화를 일으키는 것은 확인되지 않았다.

음식물 쓰레기 퇴비화 과정 중 유기물 함량 변화는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서와 같이 처리간에 일정한 경향이 없이 감소되고 있다. 이는 퇴비부숙 온도 또는 부숙기간중 pH 및 유기물 함량의 변화에서와 같이 음식물 쓰레기에 미생물의 접종이 현장에서 퇴비화 속도에 영향을 줄수 없음을 의미하는 자료로서 Polpraset<sup>®</sup> 등의 주장과 일치되는 결과였다.

Table 6은 30일간의 퇴비화 시험 결과로 미생물제를 첨가한 시험구와 대조구로 사용한 무처리구, 음식물 쓰레기 퇴비 접종구간에 중금속 및 양이온함량에서 큰 차이가 확인되지 않았다.

최근에 음식물 쓰레기에 대한 심각성이 날로 더함에 따라 환경분야에서 유기성 폐기물 처리수단으로 퇴비화에 대한 연구가 수행되고 있다. 퇴비화는 주로 호기성 방식을 채택함으로써 호기성 미생물제 대한 관심이 고조되고 있으며 현재 많은 종류의 퇴비부숙용 미생물제가 유통되고 있다. 본 연구에서 사용한 미생물제는 현재 시중에 유통되는 제품으로서 음식물 쓰레기 퇴비화에 매우 효과적인 것으로 홍보되고 있는 제품들이다. 제품의 생균수중 세균의 경우 일부 제품은 완숙퇴비보다 높은 균수를 보이는 경우도 있다. 그러나 대부분의 제품은 50℃ 이상의 배양온도에서 10<sup>4</sup> 이상의 회석농도에 검출이 되지 않았다. 또한 일부 미생물제는 제한된 조건에서 부분적으로 접종효과가 나타난 것으로 조사되었으나 이와같은 결과는 실험실 조건으로서 매우 잘 관리된 조건, 즉 미생물 생육에 최적의 조건이 주어지기 때문에 접종효과가 나타나는 것으로 판단된다. 그러나 미생물제를 활용하는 현장은 여러 가지 종류의 이물질이 흡입되고, 재료자체가 신선한 경우도 있으나 부패가 진전된 재료도 퇴비원료로 활용이 될 수 있다. 외부에서 투입되는 미생물은 퇴비원료 자체에서 서식중인 미생물과 경합을 하게 되어 아무리 활성이 높은 미생물제라도 서식환경

이 단순화 되지 않는 퇴비화 조건에서 우점종으로 남기 어렵다. 또한 퇴비재료중에 함유된 미생물종들도 퇴비화에 적합한 C/N율, 수분, 산소등 조건만 알맞으면 퇴비화 과정에 관계하게 된다. 따라서 본 실험 결과를 종합하여 볼 때 특정 미생물의 접종보다는 음식물 쓰레기등 폐기물중의 미생물 활성을 최적조건으로 유지할 수 있는 환경조건이 더 중요한 요인이라고 생각된다.

## 요 약

음식물 쓰레기 퇴비화를 의한 미생물제 첨가 효과를 검토하기 위해 시판 미생물제 중의 미생물 활성과 퇴비화시의 접종효과를 조사하였다. 14종의 시판 미생물제의 배양 온도에 따른 세균수 측정된 결과 30℃에서는 대조구로 사용한 완숙퇴비의 91.1×10<sup>6</sup>CFU/g 보다 모두 적게 나타났으며 50℃와 60℃에서는 각각 5종과 6종의 미생물제가 완숙퇴비 보다 적게 조사되었다. 사상균의 경우 30℃에서는 4종의 미생물제가 10<sup>6</sup>CFU/g 이상 존재하는 것으로 나타났으나 50℃와 60℃에서는 10<sup>3</sup>CFU/g에서 검출되지 않았다. 방선균의 경우 30℃와 50℃에서 DE를 제외한 13종의 미생물제에서 10<sup>6</sup>CFU/g 이상으로 검출되었으나 60℃에서는 전 시료구에서 검출되지 않았다. 음식물 쓰레기에 미생물제를 접종하여 퇴비화 과정중의 CO<sub>2</sub> 가스 발생량을 실험실 조건에서 조사한 결과 VP>HU>B9>GE>CM>Control> Compost 순으로 조사되었으나 발생량의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 한편 간이 음식물 쓰레기 퇴비화 장치에 선발한 미생물제를 접종한 후 퇴비화 실험을 수행한 결과 부숙온도 유기물 및, pH 변화에 영향이 거의 없었으며 중금속 양이온함량에서도 차이가 인정되지 않았다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 산학관 대형공동연구사업 연구결과와 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부(1996), 전국폐기물 발생 및 처리현황('95)
2. Tchobanoglous, G., H.Theisen, and S.A.Vigil(1993). Integrated solid waste management, McGraw-Hill Book Co., p.687-691
3. Golueke, C.G.(1972). Composting studies of the process and its principle. Rodale Press, Emmaus, Penn. U.S.A
4. 최민호, 정윤진, 박연희(1996). 종균첨가가 음식물 쓰레기 퇴비화미생물에 미치는 영향, 한국 유기성폐기물 자원화학 회지, 4(1):1-11
5. 이지영(1995). 미생물 제제를 이용한 음식물 쓰레기 발효

- 처리, 한국유기성 폐기물 자원화에 관한 대토론회, p.44-54
6. Polprasert, C. (1989). Organic waste recycling, John Wiley and Sons Press, U.S.A
  7. 최민호, 정윤진, 박연희 (1996). 중금속첨가가 음식물 쓰레기 퇴비화미생물에 미치는 영향, 한국 유기성폐기물 자원화학회지, 4(1):1-11
  8. 제세홍, 공선형, 김병구, 김창완 (1996). 발효촉진제에 따른 고속발효장치의 퇴비화 기능평가에 대한 연구, 한국유기성 폐기물자원화협의회, p.14-19
  9. 방건용 (1995). 미생물 제제를 이용한 음식 찌꺼기 퇴비화 기술의 문제점 및 해결방안, 한국유기성 폐기물 자원화에 관한 대토론회, p.122-126
  10. 토양미생물시험법 (1992). 양현당, 동경, 일본
  11. 토양양분 분석법 (1976). 양현당, 동경, 일본
  12. 농촌진흥청 (1988). 토양화학분석법
  13. Nakasaki, K.M. Sasaki, M., H. Kubota (1985). Change in microbial numbers during thermophilic of sewage sludge with reference to CO<sub>2</sub> evaluation rate, Appl. Microbiol. 49(1):37-41
  14. Regulski, F.J. (1984). Changes in physigical characteristics of bark-based container media over timee and by sample depth, Hortsci., 19(4):494-496
  15. Alexxander, M. (1977). Introduction to soil microbiology, John Willy and Sons, Press, U.S.A
  16. 장기운, 이상석, 유영석, 황경숙, 김정환 (1997). 음식물쓰레기 종류별 퇴비화에 따른 화학성 및 미생물상연구, 한국 유기성 폐기물자원화 학회지, 2(1):212-218
  17. Volk, W.A., M.F. Wheeler (1988) Basic Microbiology, Harper and Row, Publishers, Inc., p.82-88
  18. 정영륜 (1995). 대단위 퇴비화 기술의 원리, 한국유기성 폐기물 자원화에 관한 대토론회, p.73-81
  19. 신항식, 황웅주, 정연구 (1994). 음식쓰레기 bulking agent의 적정 첨가량 결정에 관한 연구, 한국유기성 폐기물 자원화 학회지, 2(1):57-86
  20. De Nobill. M., F. Petrussi. (1988), Humification Index (HI) as evaluation of the stabilization degree during composting, J. ferment. Technol., 66(5):577-583
  21. 허당, 전병관 (1996). 음식쓰레기의 퇴비화에 관한 기초적 연구, 한국 유기성 폐기물 학회지, 1(1):1-11