

종균 첨가가 음식물 쓰레기 퇴비화 미생물에 미치는 영향

최 민 호, 정 윤 진*, 박 연 희

아주대학교 생물공학과, *환경공학과

Effects of Seeding on the Microbial Changes During Thermophilic Composting of Food Waste

Min-Ho Choi, Yoon-Jin Chung*, Yun-Hee Park

Dept. of Biotechnology, Dept. of Environmental Eng*, Ajou University.

ABSTRACT

The effect of seeding on the thermophilic composting of food waste was investigated with selected strains of yeast, thermophilic bacteria and the mixed strains of yeast and bacteria in the lab-scale composter at 50°C. The results demonstrated that in all case the growth of yeasts preceded the growth of thermophilic bacteria by one or two days. The seeding of bacteria alone was ineffective for thermophilic bacterial development and the rapid increase of total thermophilic bacterial count was obtained by mixed seeding of yeasts and bacteria. Moreover, the bacterial growth was accelerated by the addition of yeasts alone. It was revealed that the yeasts removed organic acids from the food waste at the initial period and consequently induced the growth of thermophilic bacteria. The results presented in this paper indicate the indispensable role of yeasts for thermophilic process of food waste composting.

Key words : Seeding, Thermophilic composting, Food waste, Yeasts, Thermophilic bacteria, Organic acids

초 목

음식물 쓰레기의 고온 퇴비화 과정에서 종균 첨가가 미생물의 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 실험실 용 소형 퇴비화 장치에 선발한 고온성 세균, 효모 및 고온성 세균, 효모 복합종균을 첨가하여 50°C에서 분해시키면서 고온성 세균과 효모의 생육 및 pH의 변화를 측정된 결과, 모든 실험구에서 효모가 우선적으로 생육하였으며 고온성 세균은 그보다 1일 또는 2일 후에 생육하였다. 종균으로 고온성 세균만 사용한 경우는

효과가 거의 없었으나 고온성 세균과 효모의 복합 종균을 첨가한 경우에는 고온성 세균의 생육이 현저히 촉진되었다. 특히 효모 종균을 단독으로 첨가한 경우에도 고온성 세균의 수가 반응 시작부터 급속히 증가하였다. 이러한 결과는 음식물 쓰레기의 분해시 고온성 세균의 증식에는 효모의 역할이 필수적인 것으로 나타났으며 그 이유는 효모가 세균의 생육을 저해하는 유기산을 제거하기 때문으로 밝혀졌다.

핵심발달 : 종균첨가, 고온퇴비화, 음식물쓰레기, 효모, 고온성 세균, 유기산

1. 서 론

우리 나라는 외국에 비해 더 많은 음식물 쓰레기가 발생하여 전체 쓰레기의 약 30% 가량 차지하고 있으며, 음식물 쓰레기는 수분 함량이 많고 부패하기 쉬워서 그 처리 방법에 어려움이 많다는 것은 이미 주지의 사실이다(환경처, 1994).

최근 이를 해결하기 위한 방안으로 음식물 쓰레기를 고온에서 단기간에 분해시켜 퇴비화하는 기술이 개발되기 시작하여 큰 관심을 끌고 있으며, 특히, 환경처에서는 대규모 식당 등에는 음식물 쓰레기 처리기의 설치를 의무화하고 있고 점차 적용 대상이 확대될 전망이어서 여러 업체에서 음식물 쓰레기 처리 장치의 개발에 참여하게 되었다. 그 결과 현재 약 20개 이상의 회사에서 다양한 음식물 쓰레기 처리장치가 개발되어 시판되고 있으며 그 처리 방법에는 차이가 있으나 대다수는 발효제 등의 명칭으로 종균을 첨가하여 분해 효과를 높이는 것으로 알려져 있다. 미생물 첨가 효과는 하수슬러지(Nakasaki *et al.*, 1985), 가정쓰레기(Nakasaki and Akiyama, 1988) 및 톱밥(Finstein and Morris, 1975)의 composting에서 연구된 바 있으며, 미생물의 첨가는 고온 분해를 촉진시키거나 최종 산물의 품질 향상에 도움을 주는 것으로 알려져 있다.

음식물 쓰레기의 분해시 첨가한 미생물 제제의 효과를 측정하기 위해서는 미생물 제제를 첨가하지 않은 상태로 음식물이 분해될 때의 미생물 변화와

미생물 제제를 첨가하였을 경우에 미생물의 변화를 측정하여 비교해야만 평가할 수 있을 것이다. 그러므로 미생물 제제의 활성, 즉 음식물 쓰레기 처리 장치의 조건에서 미생물이 어느 정도 증식이 가능한가를 조사해야 될 것이며, 또한 첨가한 미생물이 음식물 쓰레기에 존재하는 미생물의 생육에 미치는 영향과, 반대로 음식물 쓰레기의 기존 미생물이 첨가한 미생물의 생육에 미치는 영향에 대한 연구, 검토가 필요할 것이다. 그러나, 음식물 쓰레기의 경우는 그 성분의 불균질성과 이에 관련된 미생물의 복잡한 구성으로 인하여 체계적인 조사, 분석에 매우 큰 어려움이 있으며, 현재까지 음식물 쓰레기의 분해 과정 중 관련 미생물의 변화와 균주 첨가 시의 효과에 대한 미생물학적 연구는 매우 적은 실정이다(Choi *et al.*, 1995a; Choi *et al.*, 1995b; Choi *et al.*, 1995c).

본 연구에서는 실험실 규모의 처리장치를 사용하여 음식물 쓰레기를 호기성, 고온 조건에서 분해시킬 때 종균으로 고온성 세균 및 효모를 첨가하여 미생물의 변화에 미치는 영향을 조사한 결과 고온성 세균의 증식에 필수적인 효모의 역할을 밝혀 이를 보고하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 퇴비화 반응

실험실 규모의 composting은 아주대학교 구내 식당에서 방출된 음식물 쓰레기를 습량기준으로 8 : 2의 비율로 톱밥과 혼합하여 초기 수분 함량이

약 65~68%가 되도록 한 후 항온장치내에 설치된 lab-scale composting 반응조 (Fig. 1)에서 진행하였다. 반응조는 지름이 24 cm, 길이가 27 cm인 원통형으로 체적이 약 12 L인 것을 사용하였다. Composting시 반응물의 초기 중량은 3 kg으로 하였으며, 항온 장치는 50°C±2°C로 유지하였다. 통기는 항온장치내에 설치된 공기펌프를 사용하여 1분당 2.5 L의 공기를 주입하였고, 교반은 감속기어가 장착된 모터를 사용하여 교반축을 1분당 5회전하도록 하였다.

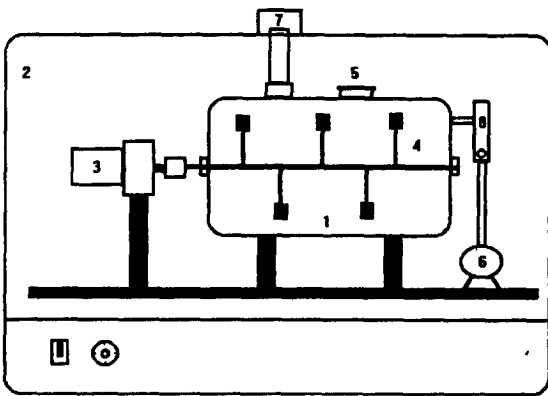


Fig. 1. Schematic diagram of laboratory-scale composting reactor system.

- 1. Reactor 2. Incubator 3. Motor 4. Mixing impeller
- 5. Sampling port 6. Air pump 7. Exhaust fan
- 8. Air flow controller

2.2 미생물 수 변화 측정

Composting 과정 중 미생물 변화는 1 g의 퇴비화 시료를 50 ml의 멸균 식염수에 현탁하여 0.1% peptone water로 희석한 뒤, 고온성 세균은 trypticase soy (TS) agar (tryptone 17 g, soytone 3 g, sodium chloride 5 g, dextrose 2.5 g, potassium phosphate, dibasic 2.5 g, D.W 1L, pH 7.3)를, 효모는 malt agar (malt extract 30 g, D.W 1L, pH 5.5)를

사용하여 평판배양법에 의해 계수하였다. 이때, 고온성 세균은 50°C에서, 효모는 30°C에서 1~3일간 배양한 후 계수하였다.

2.3 PH 및 acidity 측정

PH의 변화는 1 g의 시료를 9 ml의 증류수에서 30분간 현탁한 뒤 그 현탁액을 pH meter (Orion 520A)로 측정하였다.

Acidity는 A.O.A.C의 방법 (A.O.A.C., 1990)에 준하여 시료를 증류수에 현탁 후 원심 분리하여 그 상등액을 0.05N NaOH로 pH가 7.2가 될 때까지 적정하여 소모된 NaOH 용액의 양을 환산하여 측정하였다.

2.4 사용 균주

음식물 쓰레기의 composting 과정 중 우점종으로 생육하며, 전분 및 단백질 분해력이 우수한 균주로 선발된 고온성 세균 *Bacillus* sp. B77-1, *Bacillus* sp. B77-2와 효모 Y60-1, Y60-2를 사용하였다. Composting 중 균주 접종의 효과를 조사하기 위해서는 고온성 세균과 효모를 각각 TS broth와 yeast extract-malt extract (YM) broth (yeast extract 3 g, malt extract 3.0 g, peptone 5.0 g, dextrose 10 g, D.W 1L, pH 6.2)에서 배양한 뒤 배양액을 원심분리 (4000×g, 20분)하여 균체를 모으고 멸균 생리식염수로 1회 세척하여 사용하였다.

유기산을 첨가한 배지에서 순수배양시에는 acetic acid를 첨가하여 pH를 4.7로 낮춘 nutrient broth (beef extract 3 g, peptone 5 g, D.W 1L)에 *Bacillus* sp. B77-1과 효모 Y60-1을 약 10⁵ cfu/ml 되도록 접종하여 48°C에서 단독 또는 혼합 배양하면서 각 균주의 생균수와 pH 및 acidity를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 음식물 쓰레기의 composting시 미생물 변화

아주대학교 구내식당에서 방출된 음식물 쓰레기를 톱밥과 혼합하여 Fig. 1과 같은 lab-scale composting 반응조에서 퇴비화를 진행하면서 미생물 및 pH의 경시적 변화를 조사하였다.

음식물 쓰레기의 분해 과정 중 미생물 변화를 조사한 결과 (Fig. 2), 분해 초기에는 우선적으로 고온성 효모가 증식한 후 감소하였고, 그 뒤를 이어 고온성 세균이 활발히 증식하는 양상이 재현성 있게 관찰되었다. 즉, 효모는 반응 시작부터 증가하여 2일 후에는 건조 시료 1g당 약 $10^8 \sim 10^9$ 마리로 증식하여 최고조에 이르렀다가 그 후 감소하였다. 고온성 세균의 경우는 반응 초기에는 생육이 지체되었으나 효모의 증식 후 분해 시작 1~2일부터 빠른 속도로 증식하여 3~4일 후에는 1g당 약 10^9 마리에 달한 후 그 수가 유지되었다. 이때 증식한 고온성 세균은 대부분 *Bacillus* 속인 것으로 부분 동정되었으며, 이것은 기타 다른 유기성 폐기물의 경우에도 주로 *Bacillus* 속에 속하는 고온성 세균이 주요 분해 작용을 한다는 다른 연구자들의 결과와 일치하는 것이었다 (Fugio and Kume, 1991; Strom, 1985a; Strom, 1985b).

한편, 중온성 세균의 경우는 반응 시작시 약 10^9 cfu/g이나 존재하였으나 1일 후 약 10^3 cfu/g 이하로 감소하여 고온 분해 과정에서 급격히 사멸하였음을 알 수 있었다. 방선균이나 곰팡이는 간혹 발견되었으나 그 수가 적었다.

본 실험에서는 음식물 쓰레기의 분해 시에 고온성 효모가 가장 먼저 빠른 증가를 나타내는 독특한 현상이 관찰되었는데, 음식물 쓰레기를 비롯한 기타 유기성 폐기물의 분해 과정 중 효모의 뚜렷한 증식 현상은 보고된 바 없었다.

그러나, 본 실험 결과 항상 고온성 세균의 증식

에 우선하여 효모가 증식하였으며 그 변화 양상도 일정하였고, 고온성 세균이 효모의 증식 후에 급속히 증식하는 현상으로 보아 효모가 음식물 쓰레기의 초기 분해과정에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

음식물 쓰레기는 반응 시작 시에 약 pH 5.0 정도였으며, 초기에는 pH 4.0까지 하락하였다 (Fig. 2). 그 후 반응 2일 경부터는 pH가 상승하기 시작하였으며, 3~5일 후에는 pH 9 부근까지 상승하여 composting 반응이 후숙기에 들어섰음을 알 수 있었다. 본 연구에서 음식물 쓰레기의 pH는 pH 5.0 정도로 상당히 낮은 것으로 나타났는데, 이것은 장 등 (Chang, 1995)이 pH 5.05, 김 (Kim, 1994)이 5.3~5.9인 것으로 보고한 것과 거의 유사하였다. 이와 같은 결과는 제지슬러지 (Han *et al.*, 1994)의 경우는 pH 7.5, 하수슬러지 (Chang *et al.*, 1995)의 경우는 pH 6.7, 돈분 (Hwang *et al.*, 1995)의 경우는 pH 8.0~8.5인 것과 비교해 훨씬 낮은 것으로 우리나라 음식의 조성에 기인한 중요한 특성으로 볼 수 있다.

또한, 음식물 쓰레기의 composting 과정 중 pH의 경시적 변화는 유기성 폐기물의 composting과정에서 나타나는 전형적인 것이었으며 (Gray *et al.*, 1971) 분해 초기에 산 생성에 의한 pH 저하 현상이 뚜렷이 나타났다. 일반적으로 composting 과정에서 주요 분해 작용을 하는 고온성 세균은 중성 pH 범위가 최적 생육 pH이므로 분해 초기 발생하는 acetic acid를 비롯한 유기산에 의해 생육이 억제된 반면 (Doores, 1993; Eklund, 1989), 효모는 최적 pH가 세균에 비해 훨씬 낮은 pH 4 내지 pH 6 정도이므로 우선적으로 효모가 빠르게 증식한 결과를 보였다.

3.2 고온성 세균 종균의 효과

일반적으로 유기성 폐기물의 composting시 유

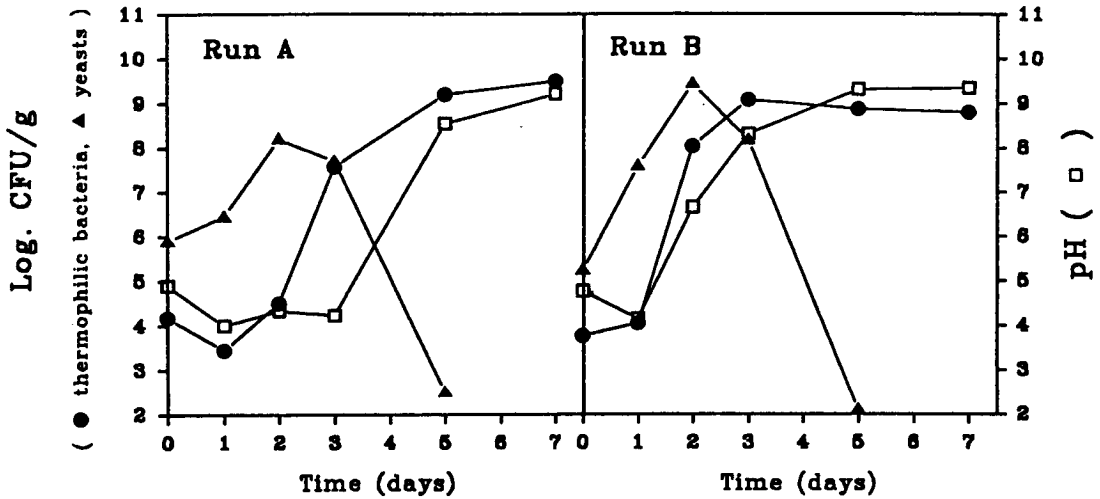


Fig. 2. Changes of thermophilic yeasts, bacteria and pH during composting of food waste.

기물 분해의 주 역할을 하는 것으로 알려진 고온성 세균을 종균으로 첨가하여 음식물 쓰레기의 분해에 미치는 영향을 알아보기 위해 음식물 쓰레기의 composting 과정 중 분리한 고온성 세균인 *Bacillus* sp. B77-1과 *Bacillus* sp. B77-2를 약 10^7 cfu/g이 되도록 접종한 후 composting 반응을 진행하면서 미생물과 pH 변화를 조사하였다. 종균으로 사용한 균주들은 composting 과정 중 우점종으로 생육하며 전분 또는 단백질 등의 유기물 분해 능력이 우수한 고온성 균주를 선발한 것이다.

그 결과 (Fig. 3), 고온성 세균은 run A의 경우 반응 1일 후에는 오히려 감소하였고 2일 후부터 서서히 증식하여 5일 경에야 약 4×10^8 cfu/g에 달하였으며, run B의 경우도 접종한 고온성 세균은 서서히 증식한 후 3일 후에야 최고에 달해 균주를 접종하지 않은 경우와 큰 차이가 없었다. Run B의 경우에서 고온성 세균이 감소하지 않은 것은 run A의 경우에 비해 효모의 증식이 빨리 일어났기 때문인 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 음식물 쓰레기의 분해 과정 중 활발한 증식을 하는 고온성

세균을 접종하였음에도 별다른 효과를 나타내지 못한 것은 반응 초기의 강한 산 생성에 의해 접종한 고온성 세균이 저해 받았기 때문으로 추측할 수 있다.

한편, 효모는 반응 시작부터 빠르게 생육하여 2~3일 경에 약 10^8 cfu/g까지 증식하여 종균을 첨가하지 않은 경우와 마찬가지로 분해 초기에 상당수 존재하였으며, 반응 초기에 감소 추이를 보이던 고온성 세균이 효모의 증식 후에 활발한 증식을 하는 것으로 관찰되어 효모의 생육이 고온성 세균의 증식 촉진에 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 특히, run C의 경우에는 반응 초기에 효모의 생육이 일어나지 않은 경우에는 세균도 증식하지 못하였으며, 4일 후 효모가 증식한 후에 활발히 증식하여 효모가 세균 증식을 촉진시킨 것으로 추측할 수 있었다.

3.3 효모 종균의 효과

음식물 쓰레기의 composting 과정 초기 효모의 증식이 고온성 세균의 증식에 결정적 영향을 주는 것으로 나타났으므로 음식물 쓰레기의 com-

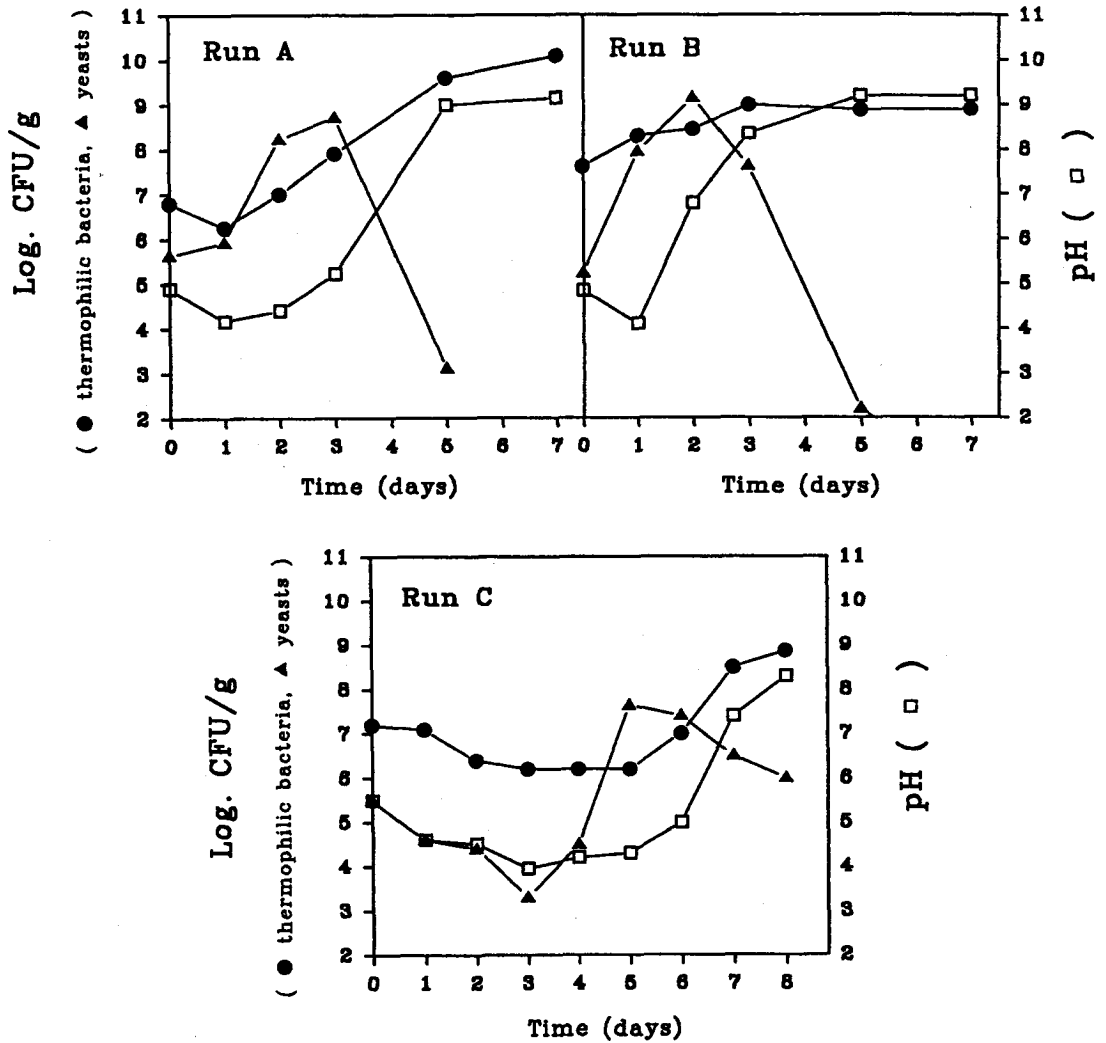


Fig. 3. Effect of seeding with thermophilic bacterial strains.

posting 과정 중 효모를 분리하였다. 일반적으로 효모는 40°C 이상에서는 생육이 저해되나 본 실험에서 분리한 효모는 48°C에서도 생육하는 내열성인 특징을 가지고 있었다.

이 효모를 종균으로 첨가했을 때 분해반응에 미치는 영향을 조사한 결과 (Fig. 4), 효모는 빠른 생육을 보여 1~2일 후에 약 10⁸ cfu/g에 달하였으며 효모를 접종하지 않은 경우에 비해 효모가 최

고 균수에 도달하는 시기가 1~2일 가량 빨라졌다. 이에 따라 음식물 쓰레기에 존재하던 고온성 세균은 반응 초기에 지체기를 거치지 않고 증식하였으며, 효모를 접종하지 않은 경우는 반응 3~4일 후에 최고 균수에 달한 것에 반해, 효모를 접종한 경우는 2일 경 고온성 세균이 최고에 달해 결과적으로 1~2일 가량 가속화시키는 효과를 나타내었다. 이때, 고온성 세균의 생육 정도는 고온성

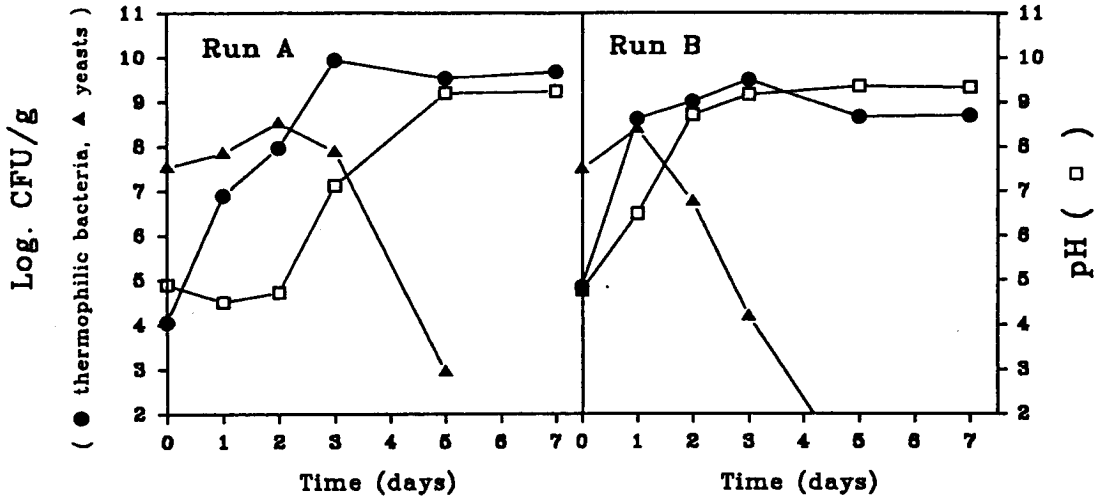


Fig. 4. Effect of seeding with thermophilic yeast strains.

세균을 접종한 경우 (Fig. 2)와 같은 수준인 약 10^9 cfu/g까지 증식한 것으로 나타났다. pH의 변화에 있어서도 효모를 접종한 경우 산 생성단계가 1일 가량 단축되었고 pH 상승 속도 역시 빨라졌다.

이와 같은 결과로, 음식물 쓰레기의 composting 과정 중 효모 종균의 첨가는 기존에 존재하던 고온성 세균의 증식을 유도하여 분해 초기에 지체기를 거치지 않고 빠르게 생육하도록 하는 효과를 나타냈으며, 효모 종균에 의해 음식물 쓰레기의 분해를 가속화 할 수 있음을 알 수 있었다.

3.4 고온성 세균과 효모 복합 종균의 효과

음식물 쓰레기의 composting 과정 중 효모의 생육이 고온성 세균의 생육을 촉진하고 분해를 가속화 할 수 있음을 관찰하였으므로 유기물 분해력이 우수한 고온성 세균과 효모를 혼합한 종균을 첨가하여 그 효과를 조사하였다.

고온성 세균과 효모의 복합 종균을 첨가하여 composting 반응을 진행한 결과 (Fig. 5), 반응 초기에 효모의 빠른 생육이 이루어지면서 이에 따

라 고온성 세균은 분해 초기에 나타나던 생육지체기를 거치지 않고 빠르게 증식하였다. 또한, 분해 속도에 있어서도 pH로 볼 때 고온성 세균만을 접종했을 때에 비해 2일 가량, 효모만을 접종했을 때에 비해서는 1일 가량 빨라지는 효과를 보였다.

따라서, 음식물 쓰레기의 composting에 고온성 세균만 접종할 경우에는 분해 초기에 생육이 지체되는 현상으로 뚜렷한 분해 촉진 효과를 나타내지 못했으나, 고온성 세균과 함께 효모를 접종할 경우에는 효모의 빠른 생육에 따라 고온성 세균이 생육지체기를 거치지 않고 활발한 증식을 나타냄으로써 음식물 쓰레기의 분해를 효과적으로 가속화 할 수 있었다.

3.5 고온성 세균의 증식에 미치는 효모의 작용

음식물 쓰레기의 composting시 종균을 사용하지 않은 경우나 종균으로서 세균 또는 효모 및 두 혼합균주를 사용한 경우에 항상 고온성 세균의 생육을 유도하기 위하여는 먼저 효모의 생육이 필수적인 것으로 밝혀져 효모의 생육이 고온성 세균의 증식을 촉진하는 것으로 나타났다.

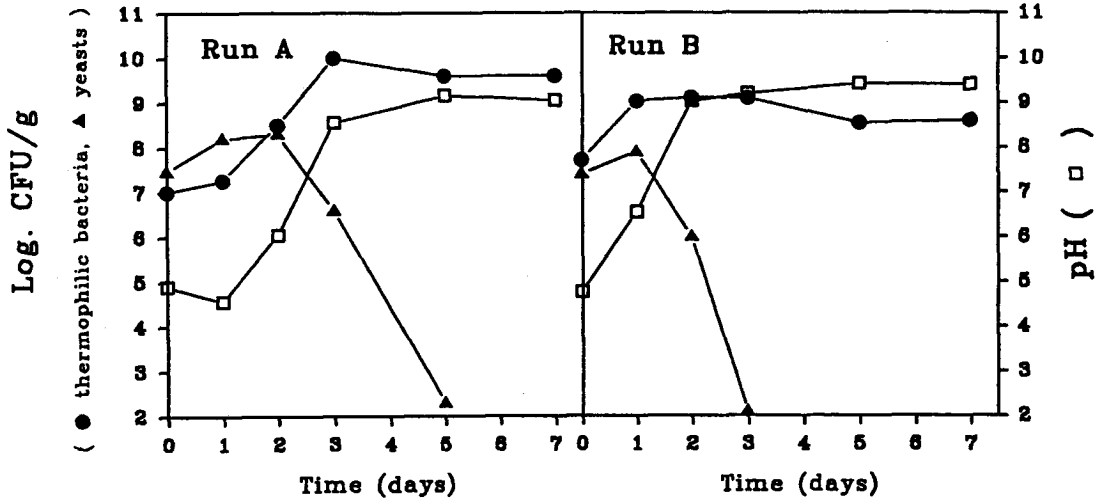


Fig. 5. Effect of seeding with mixed strains of thermophilic bacteria and yeasts.

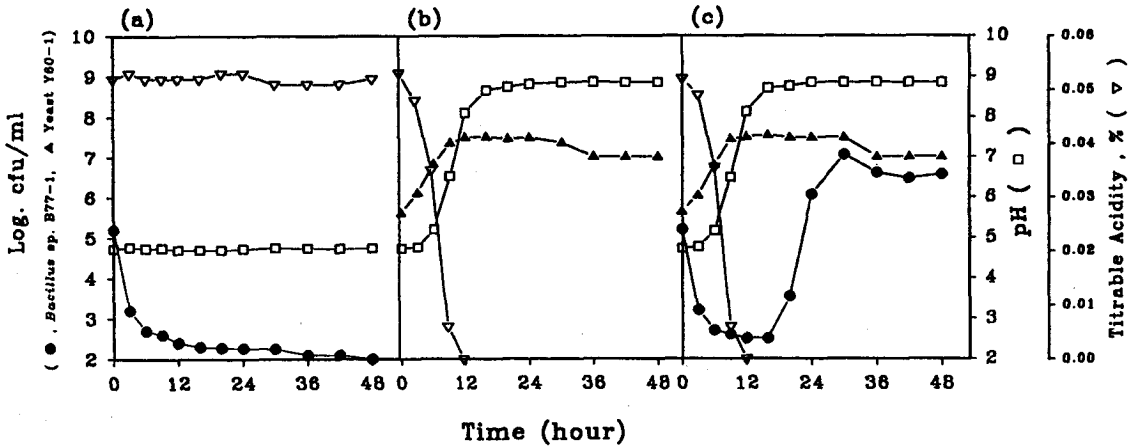


Fig. 6. The change of acidity and pH during growth of *Bacillus* sp. B77-1(a), yeast Y60-1(b) and mixed culture of *Bacillus* sp. B77-1 and yeast Y60-1(c) in nutrient broth (pH 4.7) at 48°C. The pH of nutrient broth was adjusted to pH 4.7 with acetic acid.

따라서, composting 과정 초기 효모의 증식에 의한 고온성 세균의 생육 촉진 기작을 조사하고자 유기성 폐기물의 composting에서 발생하는 주요 유기산으로 알려진 (Kissel *et al.*, 1992) acetic acid를 첨가하여 pH를 4.7로 낮춘 nutrient 배지에서 각 균주를 단독 또는 혼합 배양하면서 생균수와 acidity 및 pH 변화를 조사하였다.

그 결과, *Bacillus* sp. B77-1만을 단독 배양한 경우는 (Fig. 6-a) 접종시 균수가 약 10^5 cfu/ml이었던 것이 배양 3시간 내에 약 10^3 cfu/ml로 감소하였으며 48시간 후에는 약 10^2 cfu/ml로 감소하여, 유기산에 의한 생육 억제 현상이 뚜렷이 나타났다. 효모 Y60-1의 경우는 (Fig. 6-b) 배지에 첨가된 acetic acid의 영향을

받지 않고 증식하였고 효모의 생육에 따라 acidity가 빠르게 감소하여 효모에 의해 유기산이 감소되었음을 알 수 있었다. 효모 Y60-1과 세균을 혼합 배양한 경우는 (Fig. 6-c) 고온성 세균은 배양 16 시간까지는 단독배양시와 마찬가지로 큰 감소를 나타내었으나 효모의 생육과 함께 acidity가 감소한 후부터는 생육을 시작하였다. 따라서, 유기산을 첨가한 배지에서도 효모와의 혼합배양 시는 효모의 유기산 이용에 따라 유기산에 의해 억제되었던 고온성 세균의 생육이 가능하게 됨을 알 수 있었다.

음식물 쓰레기를 비롯한 유기성 폐기물의 분해 과정 중 효모의 유기산 이용에 의한 세균의 증식 효과에 대한 보고는 없었으나, 식품의 경우에는 pickled cheese brine에서 효모와 병원성 *Staphylococci*의 상호작용을 연구한 결과 brine에서 젖산발효에 의해 생성된 유기산이 유기산 소모성 효모 (acid-consuming yeast)에 의해 pH가 증가하게 됨에 따라 *Staphylococcus aureus*의 생육이 가능하게 되었다고 보고된 바 있다 (Nussinovitch *et al.*, 1987). 이는 본 연구 결과에서 나타난 것과 같이 한 균주에 대해 억제 작용을 갖는 물질을 다른 종류의 균주가 제거함에 의해서 억제되었던 균주의 생육이 가능해지는 형태의 균주간 상호작용의 또 다른 예라고 할 수 있다.

이러한 결과로 음식물 쓰레기의 분해 초기의 유기산은 음식물 쓰레기 분해시 고온성 세균의 증식을 강력히 억제하며, 효모가 고온성 세균의 증식을 촉진하는 것은 유기산을 제거시키기 때문인 것으로 밝혀졌다. 또한, 초기에 pH가 증가하지 않고 낮은 경우에도 (Fig. 2) 효모가 증식한 경우 고온성 세균이 생육할 수 있는 것은 이와 같은 유기산의 제거 효과로 볼 수 있다.

4. 결 론

음식물 쓰레기의 고온, 호기성 분해 과정 중 미

생물 및 pH의 경시적 변화를 조사한 결과, 분해 초기에 효모가 우선적으로 증식하는 새로운 현상을 관찰할 수 있었으며, 고온성 세균은 효모의 증식에 이어 증식하는 것이 밝혀졌다.

이 음식물 쓰레기 분해 중에 분리한 대표적인 효모와 세균을 종균으로 첨가하여 조사한 결과, 세균을 종균으로 사용한 경우는 종균을 사용하지 않은 경우에 비해 효과를 나타내지 못하였다. 그러나, 효모를 종균으로 사용한 경우는 분해 초기 효모의 빠른 생육과 함께 음식물 쓰레기에 존재하던 고온성 세균이 산 생성기에서의 지체기 없이 활발히 생육하여 분해 과정이 효과적으로 진행되는 것으로 나타났다. 또한, 고온성 세균과 함께 효모를 종균으로 사용한 결과, 효모의 빠른 생육과 함께 고온성 세균이 분해 초기의 지체기 없이 활발하게 증식하여 음식물 쓰레기의 분해를 가속화하는 효과를 나타내었다.

이와 같은 고온성 세균에 대한 효모의 생육 촉진 효과를 규명하기 위하여 유기산을 첨가한 배지에서 각 균주를 배양한 결과, 세균만을 배양할 경우는 유기산에 의한 억제 작용으로 세균이 증식할 수 없었으나, 효모는 내산성을 가지고 있어서 억제되지 않고 활발히 생육하여 유기산을 감소시켰다. 또한, 세균을 효모와 함께 배양한 결과 효모의 생육에 뒤따라 세균이 증식하였으므로, 억제되었던 고온성 세균이 효모에 의해 유기산이 제거됨에 따라 생육이 가능하게 되는 것이 증명되었다.

본 연구를 통하여 음식물 쓰레기의 퇴비화를 촉진하기 위한 종균으로는 고온성 세균만으로는 효과를 얻을 수 없고 낮은 pH에서 왕성히 생육하여 유기산을 소비하는 효모를 동시에 혼합 사용해야 촉진 효과를 얻을 수 있었으므로, 이 결과는 실제 음식물 쓰레기 퇴비화 종균의 경우에도 적용 될 수 있을 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

1. 환경처(1994) 1993년 환경 백서
2. A.O.A.C.,(1990) Official Methods of Analysis, 16th. ed. by Association of official analytical chemists, Washington, D.C.
3. Chang K.W., I.B. Lee., and J.S. Lim, (1995a) Changes of physico-chemical properties during the composting of Korean food waste. J. KOWEC. 3(1), 3-11.
4. Chang, K.W., J.S. Lim, I.B. Lee., and Y.H. Kim, (1995b) Composting of sewage sludge and alum sludge. J. KOWREC. 3(1), 61-71.
5. Choi. M.H., S.E. Cho, J.M. Yoo, Y. J. Chung, and Y.H. Park. (1995a) Isolation and characterization of thermophilic bacteria for aerobic decomposition of food waste. J. KOWEC. 3(1), 21-34.
6. Choi. M.H., Y.J. Chung, and Y.H. Park. (1995b) Some observations on the counting method of thermophiles and mesophiles during food waste composting. pp.204, Proceedings of '95 Symposium on Improvement of Agricultural Environment. ed. by the Korean Society of Agricultural Chemistry and biotechnology, Korean Society of Agricultural Environment.
7. Choi. M.H., Y.J. Chung, and Y.H. Park. (1995c) Interaction between thermophilic yeasts and bacteria during food waste composting. Bioindustry. 8(3), 97
8. Doores, S.(1993) Organic acids, pp. 95-136, in Antimicrobials in foods, ed. by P.M. Davidson and A.L. Branen, Marcel Dekker Inc., New York.
9. Eklund, T.(1989) Organic acids and esters, pp.161-200, in Mechnisms of action of food preservation procedures, ed. by G.W. Gould, Elsevier applied science, London.
10. Finstein, M.S., and M.C. Morris, (1975) Microbiology of municipal solid waste composting. Adv. Appl. Microbiol. 19, 113-151.
11. Fujio, Y., and S. Kume, (1991) Isolation and identification of thermophilic bacteria from sewage sludge compost. J. Ferment. Bioeng. 72(5), 334-337.
12. Gray, K.R., K. Sherman, and A.J. Biddlestone, (1971) Review of composting-Part I. Process Biochem. 6, 32-36.
13. Han. S.S., Y.R. Chung, C.H. Cho, M.H. Kang, and S.K. Oh, (1994) Studies on reaction for composting of paper mill sludge in a small-scale reactor and static piles. J. KOWEC. 2(2), 19-29.
14. Hwang, S.S., E.Y. Hwang, and W. Namkoong, (1995) Effect of mechanical mixing intensity on composting. J. KOWEC. 3(2), 47-57.
15. Kim. N.C. (1994) A study on recycling of food garbage. J. KOWEC. 2(1), 51-64.
16. Kissel, J.C., C.L. Henry, and A.J.

- Biddleston, (1992) Potential emission of volatile and odorous organic compounds from municipal solid waste composting facilities. *Biomass. Bioenergy.* 3(3), 181-194.
17. Nakasaki, K., M. Sasaki, M. Shoda, and H. Kubota (1985) Effect of seeding during thermophilic composting of sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 49(3), 724-726
18. Nakasaki, K., and T. Akiyama, (1988) Effect of seeding on thermophilic composting of household organic waste. *J. Ferment. Technol.* 66(1), 37-42.
19. Nussinovitch. A., B. Rosen, and R. (1988) Firstenberg-Eden, (1987) Effect of yeasts on survival of *Staphylococcus aureus* in pickled cheese brine. *J. Food Protect.* 50(12), 1023-124.
20. Strom. P.F., (1985a) Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.* 50(4), 899-905.
21. Strom. P.F., (1985b) Identification of thermophilic bacteria in solid-waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.* 50(4), 906-913.