

## 종균 첨가에 의한 음식물 찌꺼기의 발효 사료화

서은희, 송은승, 한억  
이성택,\* 양재경,\* 이기영

호서대학교 식품영양학과, \*한국과학기술원 생물과학과

## Production of Fermented Feed from Food Wastes by Using Inoculation

Eun-Hee Suh, Eun-Seung Song, Uok Han  
Sung-Taek Lee,\* Jae-Kyung Yang,\* Ki-Young Lee

Dept. of Food and Nutrition, Hoseo University,  
\*Dept. of Biological Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology

### ABSTRACT

The fermentative conversion of food wastes into feed was investigated by seeding of mixed inoculum YM (Youngjin Environmental co.), and thermotolerant yeast *Kl. marxianus*. For 6 days' fermentation, the fermentation method of 2 days' aerobic followed by 4 days' anaerobic was better for the production of organic acids and increasing total microbial population than 6 days' continuous aerobic or anaerobic fermentation. By seeding YM, the total microbial count increased about 100 times of the control group. In addition, *Kl. marxianus* seeding together with YM increased total viable cell count, but did not increase yeast count significantly.

**Key words** : Food waste fermentation, Feed production, Inoculation

### 초 록

본 연구는 음식물 찌꺼기의 사료화를 목적으로 종균제(YM, 영진환경)와 아프리카산 고온성 효모인 *Kl. marxianus*를 이용하여 음식물 찌꺼기를 발효시켜 보존성을 연장하기 위해 실시하였다. 6일 동안

발효시, 편성 호기적 또는 혐기적 조건보다는 2일간 호기적 조건으로 발효시킨 뒤 계속하여 4일간 혐기적으로 발효시켰을 때 유기산 생성량이 높았고 생균수도 가장 높았다. 종균제(YM)의 첨가는 무첨가 시료보다 발효 후 잔여 총 생균수를 100배 이상으로 크게 증가시켰으며 여기에 *Kl. marxianus* 배양액을 추가로 첨가할 경우 총생균수는 더욱 증가시켰으나 효모수를 더 증가시키지는 않았다.

핵심용어 : 음식물 찌꺼기 발효, 사료생산, 종균제 첨가

## 1. 서 론

급속한 산업화와 도시화 및 기하급수적으로 늘어가는 세계 인구에 비례하여 자원의 소비량은 증가하고 이는 환경 오염 문제를 초래하여 인간의 생존권을 위협하고 있다. 뿐만 아니라 환경 변화에 의한 이상 기온 현상으로 전세계적인 곡물 흉작이 계속되고 있으며 환경 파괴가 가속화 될 수록 농작물 재배는 한계에 도달하게 될 것이다(김, 1994).

예로부터 음식물을 귀하게 여기고 살아온 우리 민족은 가정에서 배출되는 음식물 찌꺼기조차 가축의 사료나 퇴비로 이용하는 등 버리는 것을 최소화 했다. 그러나 오늘날 우리는 산업화와 함께 효율성이 낮은 비순환형 경제 구조로 인하여 쓰레기 처리가 커다란 사회적 문제로 부각되고 있다(윤, 1996; 이, 1991). 쓰레기 종량제 실시 이후 1일 쓰레기 발생량 26.7%인 13,139톤이 줄었고, 재활용품은 34.8%인 3,112톤이 증가했을 뿐 아니라 통계적으로는 전국의 1일 1인 평균 쓰레기 배출량이 1.05 kg으로 선진국과 비슷한 수준을 유지하고 있어, 당초 종량제 시행의 목표인 감량의 기대효과가 실현되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 쓰레기 발생의 성상별 비율 통계에 따르면 모든 쓰레기의 배출량은 감소되고 있으나 유독 음식물 쓰레기의 배출량은 감소되지 않아 그 상대적 비중은 종량제 시행 이전의 31%에서 38.3%로 오히려

7.3%나 증가되었다(우, 1993). 음식물 찌꺼기는 주로 곡물과 채소, 어육류와 가공품으로 이루어져 있으며 발열량이 낮고 수분함량이 높아 소각 처리에 부적합하여 대부분 매립처리 되고 있는 실정이고 악취 및 침출수 등에 의한 2차 오염과 쓰레기 매립지의 사용기간 단축 등의 문제로 이어지고 있으니 위생적이고 효과적인 처리법의 확립이 무엇보다도 중요하다(박, 1996).

현재까지 개발된 음식물 찌꺼기의 재활용 방안으로는 혐기성 메탄발효(신 등, 1993; 이 등, 1986; 조 등, 1994), 퇴비화(배 등, 1994; 백 등, 1994; 신 등, 1995; 송 등, 1993; 정, 1995), 사료화(김 등, 1995; 박, 1995; 윤 등, 1995) 등의 방법들이 있다. 이들 중 가장 많이 이용되고 있는 퇴비화는 음식물 찌꺼기의 염분 농도가 높아 실질적인 이용이 크게 제한되고 있다. 우리나라의 농경지 토양은 토양 입자가 엉켜 있는 폐알 구조를 하고 있어야 토양이 부드럽고 물과 공기가 잘 통하여 작물의 생육을 도울 수 있는데 소금이 농경지에 혼입되면 작물이 뿌리를 뻗을 수 없을 만큼 땅이 딱딱해져 성장 장애가 초래된다(정, 1996). 반면 사료화는 음식물 찌꺼기를 쉽게 안정화시키고 재활용 할 수 있어 부가 가치를 크게 높일 수 있으나 전조법의 경우 에너지 소모가 커서 경제성이 떨어지고, 그대로 사료로 이용할 경우엔 수집, 저장하는 동안에 발생하는 부패 때문에 효율적 이용이 거의 불가능한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 식품의 보존기간 연장과 풍미향상에 유용하게

이용되어온 전통적인 발효법을 음식물 찌꺼기 발효에 적용시켜 보존기간을 연장하고자 유산발효와 알콜발효를 촉진시키기 위해 미생물 발효 촉진제인 YM (영진환경)과 아프리카산 효모인 *Kluyveromyces marxianus*를 종균제로 이용하였다. 고체 발효시 음식물 찌꺼기 시료내에 부분적으로 고온이 형성될 수 있으므로 이에 잘 적응할 수 있는 효모로서 아프리카에서 분리한 증식속도가 빠르면서 동시에 고온성 알콜발효성 효모인 *Kluyveromyces marxianus*를 종균으로 첨가하여 음식물 찌꺼기의 최적 발효조건을 확립하고 적정 발효에 의해 저장 기간을 연장시켜 사료화 하는 방법을 모색하고자 하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 실험재료

#### 2.1.1 음식물 찌꺼기

호서대학교 학생 식당에서 발생하는 음식물 찌꺼기를 수거해 물이 흐르지 않을 정도로 충분히 압착시켜 물기를 제거한 후 고속 믹서기로 분쇄하여  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 저장 시료로서 사용하였다. 시료의 성분은 Table 1과 같다.

#### 2.1.2 미생물 발효 촉진제 (YM)

미생물 발효 촉진제는 (주) 영진환경에서 개발, 시판중인 퇴비화 발효 촉진제 YM을 이용하였으며 일반적으로 식품발효에 이용되고 있는 호기성과 혐기성 미생물군으로 조합된 생균제재로서 용기 사용 퇴비화 과정시 완전한 혐기성 처리가 불가능한 음식물 찌꺼기의 통성혐기성 처리에 적절한 제품이다. 이것을 분리 동정한 결과 주로 *Bacillus*, *Saccharomyces*, *Hansenula*, *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Lactobacillus* species로 이루어졌으며, 시료

무게의 1.5%를 첨가하여 발효 starter로 이용하였다(이 등, 1996).

#### 2.1.3 *Kluyveromyces marxianus*

아프리카에서 분리된 고온성 알코올 발효 효모로서(Baerwald 등, 1989) YM 액체 배지에 48시간동  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 배양 후 배양액을 음식물 찌꺼기 부피의 1% 첨가하였다. YM 액체 배지는 peptone 5 g, yeast extract 3 g, malt extract 3 g, glucose 10 g을 수돗물 1ℓ에 녹인 후 가열살균하여 제조하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 발효 및 시료성분분석

##### 1) 발효조건

500 g의 음식물 찌꺼기를 1ℓ용 beaker에 넣고 항온기에서 하절기의 실온인  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 6 일동안 발효시켰다. 호기적 조건에서는 하루에 2회 유리막대로 저어 호기성을 높여 주었고(신 등, 1995), 호기후 혐기적 조건에서는 초기 2 일간만 하루에 2회 저어 주었고 나머지 4 일동안은 polyethylene film으로 밀폐를 하여 발효를 시켰다. 혐기적 조건에서는 발효 첫날부터 polyethylene film으로 밀폐를 하여 발효시켰다.

##### 2) pH 측정

시료 5 g에 25 ml의 증류수를 가해 1시간 동안 교반하여 충분히 혼합한 다음 여과(Whatman No. 2)하여 여액을 Jenway 3030 pH-meter를 사용하여 측정하였다.

##### 3) 유기산 함량 측정

시료 5 g에 25 ml의 증류수를 가해 여과(Whatman No. 2)시켜 이 여액을 취하여 Jenway 3030 pH meter를 이용하여 pH 8.4까지 소비된 0.1N-NaOH 소비량을 젯산으로 환산하였다.

4) 환원당 함량 측정

배양액내의 환원당은 Dinitrosalicylic acid (DNS)법으로 측정하였다. DNS 시약은 Dinitrosalicylic acid 10 g과 Phenol 2 g을 1ℓ의 volumetric flask에 넣고 1%의 Sodium hydroxide 용액으로 1ℓ로 묽히면서 stirring 시켜 충분히 용해시켜 제조하였다. 시료를 10배 (v/v)로 희석하여 여과(Whatman No. 2)시킨 여액 3 ml를 시험관에 넣고 DNS 시약 3 ml을 가하여 boiling bath에서 가열하면서 40%의 Rochell salt 1 ml를 가하였다. 5분동안 정확히 가열한 후 시험관을 흐르는 수도물에서 식힌 뒤, 이것을 575 nm에서 흡광도를 측정하여 포도당으로 미리 정해진 검량선에서 환원당 함량을 산출하였다(Miller, 1959).

5) 총 아미노산 함량 측정

총 아미노산은 Formol법에 의해 아미노태 질소로서 측정하였는데, 250 ml beaker에 시료 5 g과 증류수 25 ml를 넣어 1시간 동안 교반하여 시료를 충분히 용해시켰다. 이것을 0.1 N-NaOH 용액으로 pH 8.4까지 적정하여 적정산도를 측정하였으며 여기에 36% Formalic acid를 20 ml 가한 다음 다시 0.1 N-NaOH 용액으로 pH 8.4까지 적정하여 다음의 식에 따라 아미노태 질소를 구하였다.

$$\text{아미노태 질소 (mg \%)} = \frac{(A-B) \times 1.4 \times F \times 100}{\text{시료량 (g)}}$$

A : 0.1 N-NaOH 용액의 시료 적정량 (ml)

B : 0.1 N-NaOH 용액의 바탕시험 적정량 (ml)

F : 0.1 N-NaOH 용액의 농도계수

6) 수분함량 측정

칭량병과 뚜껑을 함께 깨끗이 세척하여 105 °C의 전기건조기에서 건조시켜 항량이 된 칭량병에 시료 2 g을 넣고 24시간동안 건조하여 합

수중량과 건조중량의 차이로 수분 함량을 계산하였다.

$$\text{수분(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100$$

W<sub>0</sub> : 칭량병의 무게

W<sub>1</sub> : 시료와 칭량병의 무게

W<sub>2</sub> : 건조 후의 시료와 칭량병의 무게

7) 조단백 함량 측정

시료의 조단백질 함량은 킬달 분해 증류 장치 (BUCHI 316)를 이용하여 측정하였다. 시료 1 g을 킬달 플라스크에 넣고 분해 촉매인 selen reaction mixture 7 g과 20 ml의 conc-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 플라스크에 넣어 킬달 분해장치로 갈색이 없어질때까지 분해 시켰다. 냉각 시킨 후 40 ml의 증류수를 가하고 이것을 증류 장치에 연결, 30%의 NaOH 70 ml를 주입하였다. 증류시키기 전에 mixed indicator No. 5 (Merck No. 6130)를 가한 3%의 Boric acid 80 ml를 250 ml의 삼각 플라스크에 넣은 뒤 응축액 주입관이 액에 잠기도록 하였다. 응축액이 200 ml 정도가 될 때 증류를 끝내고 Boric acid 용액을 0.1N-HCl 용액으로 적정한다. 다음 식에 의하여 구해진 시료내의 질소량을 단백질로 환산하기 위해서 질소계수 6.25를 사용하였다.

시료의 질소 (mg %)

$$= \frac{(V_1 - V_2) \times 0.14 \times F \times D}{S \times 100} \times 100$$

V<sub>1</sub> : 0.1 N HCl 적정치 (ml)

V<sub>2</sub> : Blank에 의해 소비된 0.1 N HCl량 (ml)

S : Sample (g)

0.14 : 0.1 N HCl 1 ml에 해당하는 질소의 mg수

F : 0.1 N HCl 용액의 factor수

D : 회석배수

8) 조지방 함량 측정

시료의 조지방 함량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다. 시료 2g을 여지에 싸서 원통 여지 속에 넣은 뒤 100~105°C의 건조기에서 1시간 30분간 건조시킨 다음 soxhlet 추출관에 넣었다. 수기 flask용적의 2/3가량까지 ether를 가하고 냉각관을 연결한 후 지방정량용 전기가열기로 65°C에서 8~16시간동안 지방을 추출하였다. 추출이 끝나면 추출관을 분리시켜 원통여과지를 꺼내고 다시 원상태로 가열하여 수기중의 ether를 모두 휘발시킨 후, 100~105°C의 전기 건조기에서 약 1시간동안 건조시킨 후 방냉하고 다시 칭량하여 함량을 구하였다.

$$\text{시료의 지질(\%)} = \frac{W_1 - W}{S} \times 100$$

W : 수기 flask의 함량

W<sub>1</sub> : 추출건조물의 전체무게

S : sample 중량(g)

9) 조회분 함량 측정

시료의 무기질 총량은 Crude ash정량 방법을 이용해 측정하였다. 도가니를 500~600°C의 회화로에서 항량이 될 때까지 건조 시킨 후, 시료 2g을 취해 회화로에서 2시간 작열시키고 30분 방냉시켜 칭량한 후 다시 1시간동안 회화로에 작열시키고 30분 방냉시켜 항량이 구해질 때까지 반복하였다.

$$\text{회분(\%)} = \frac{W_1 - W}{S} \times 100$$

W : 회화 용기 함량(g)

W<sub>1</sub> : 시료를 용기에 담아 회화시킨 후 함량(g)

S : sample의 중량(g)

2.2.2 미생물 생균수 분석

1) 일반세균

일반세균수의 측정은 1g의 시료를 단계별로 회석한 후, 회석액 0.3 ml을 영양한천배지에 도말하여 2일간 배양후 생성된 colony수를 세는 평판도말법을 사용하였다. 사용한 배지의 조성 과 배양온도는 Table 2와 같다.

2) 효 모

1g의 시료를 단계별로 회석한 후, 회석액 0.3 ml을 Sabouraud dextrose agar medium에 도말하는 평판도말법을 사용하였다. 사용한 배지의 조성 과 배양온도는 Table 2와 같다. 이때 일반세균의 번식을 억제하기 위하여 100 mg/l의 Kanamycin을 첨가하였다.

3) 곰팡이

1g의 시료를 단계별로 회석한 후, 회석액 0.3 ml을 Peptone-dextrose agar (박 등, 1995; Martin, 1950)에 도말하는 평판도말법을 사용하였다. 사용한 배지의 조성 과 배양온도는 Table 2와 같다. 이때 일반세균의 번식을 억제하기 위하여 0.03 mg/l의 Streptomycin (Miller, 1959)을 첨가하였다.

4) 유산균

시료 1g을 단계별로 회석한 후, 회석액 0.3 ml을 Modified MRS (신 등, 1996; 한 등, 1991)에 도말하는 평판도말법을 사용하였다. 사용한 배지의 조성 과 배양온도는 Table 2와

Table 1. The composition of food waste used for feed production by fermentation.

Characteristics & component	pH	Crude protein, dry base (%)	Crude fat, dry base (%)	Crude ash, dry base (%)	Carbohydrate, dry base (%)	Water (%)
Sample						
Food waste	4.5	21.8	11.4	5.5	41.1	85.3

Table 2. Composition of media and incubation temperature.

Media	Composition	growth temperature
Nutrient agar	3 g beef extract, 5 g peptone, 15 g agar per liter	30°C
Sabouraud dextrose agar	20 g dextrose, 10 g neopeptone, 15 g agar per liter	30°C
Peptone-dextrose agar	10 g dextrose, 5 g peptone, 1 g KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 0.5 g MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, 0.035 g rose bengal, 0.03 mg streptomycin, 20 g agar per liter	30°C
Modified MRS agar	10 g peptone, 10 g beef extract, 5 g yeast extract, 20 g lactose, 1 g tween 80, 2 g ammonium citrate, 5 g sodium acetate, 0.1 g magnesium sulfate, 0.05 g manganese sulfate, 2 g dipotassium phosphate, 0.25 g sodium azide, 0.04 g bromocresol purple, 15 g agar per liter	30°C

같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 호기적 발효시 주요 성분과 미생물의 농도 변화

Fig. 1은 호기적 조건에서 발효시 주요 자원으로서 저장성에 영향을 미치는 음식물 찌꺼기 시료내의 주요 성분 및 특성들의 발효과정 중의 변화를 나타낸 것이다. 시료의 pH는 초기 4.6에서 발효종료시 3.8로 감소하였고, 이에 따라 Total acidity는 증가하였다. pH 변화는 초기에는 중균제가 첨가되지 않은 대조군에서 빨리 일어나 pH가 상대적으로 빨리 하락하였으나 발효 3일 경과 후부터는 역전되어 YM+*Kl. marxianus* 첨가 시료가 더 낮게 나타났고, 4일 경과 후에는 YM 첨가시료도 같은 수준으로 하락한 뒤 일정한 값을 보여 주었다. pH 변화에 대응하여 유기산 생성도 비슷한 경향을 보여 주어 발효 말기에는 대조군, YM 첨가군, YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 각각 1.2, 1.5, 1.6 (g/l)를 나타냈다. 총환원당과 총아미노산은 발효 기간이 지날 수록 서서히 감소하였다. 이는 미생물들이 증식하면서 탄소 및 질소원으로 환원당과 아미노산들을 소비하지만 감소율이

크지 않은 것은 미생물들이 증식되면서 탄수화물, 단백질 등의 고분자 기질들을 계속 분해시켜 한편으로 환원당과 아미노산이 계속 생성되기 때문인 것으로 생각된다. 이때 초기 농도에서 발효 말기 농도를 뺀 감소량은 *Kl. marxianus*+YM 첨가군이 비교적 적게 나타났다. 이외에 시료내의 수분함량은 6일간의 발효 기간에 1%정도 하락하였으나 *Kl. marxianus*+YM 첨가군은 2%까지 하락하였다. Fig. 2는 미생물 수의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 발효 초기부터 3일까지는 급격한 증가 현상을 보이다가 발효 4일째부터는 감소하는 현상을 볼 수 있었다. 모든 미생물들이 발효 초기부터 3일까지 크게 증가하였고 그후 다시 서서히 감소하여 발효 초기보다는 훨씬 높은 생균농도를 보여 주었으나 효모는 초기 수준으로 다시 감소하였다. 대조군보다는 YM과 YM+*Kl. marxianus* 첨가 시료가 발효 전반에 걸쳐 10~100배 높은 생균수를 유지하였고, *Kl. marxianus* 첨가에 의해서 생균수는 YM만 첨가한 시료보다는 약간 증가하였으나 효모수가 크게 증가하지는 않았다.

#### 3.2 호기후 혐기적 발효시 주요 성분과 미생물의 농도 변화

Fig. 3은 호기후 혐기적 발효조건에서의 변화

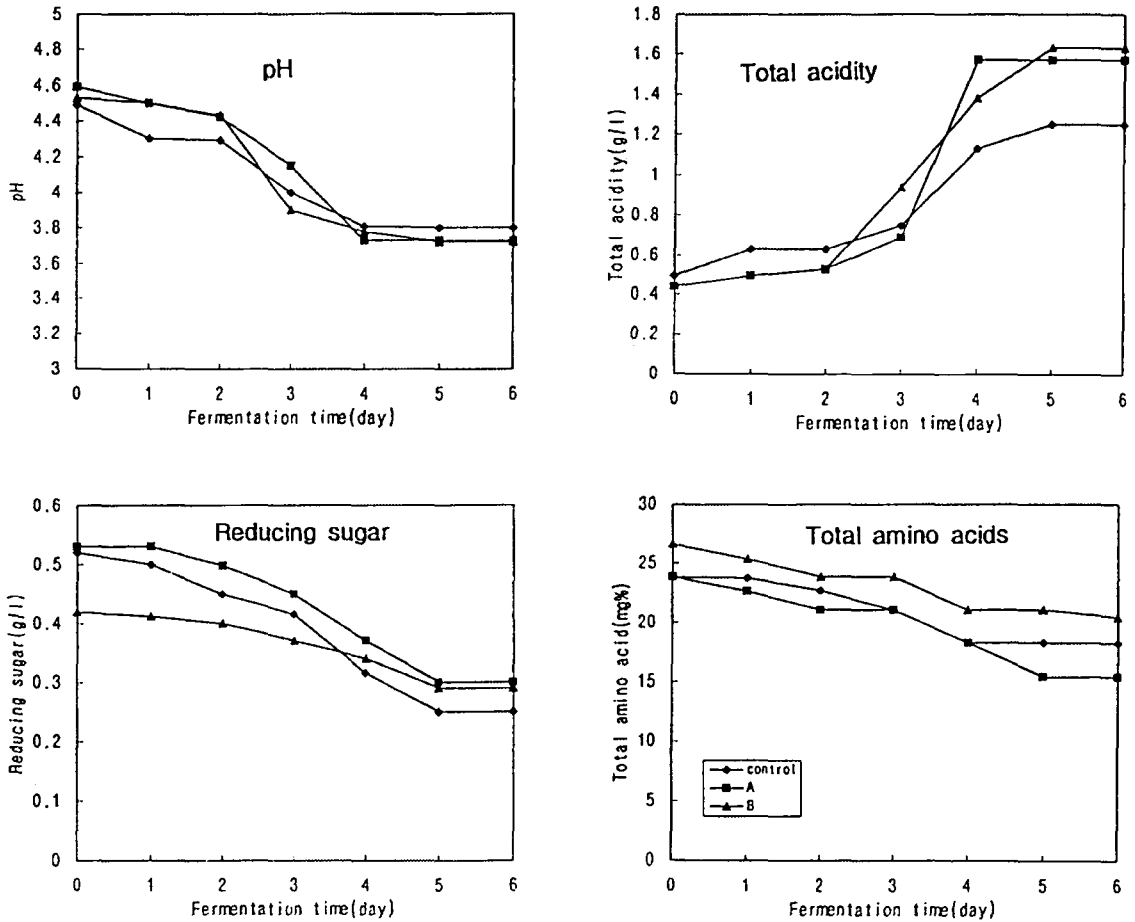


Fig. 1. Changes in pH, total acidity, reducing sugar and total amino acids contents of food wastes during aerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

를 측정된 것으로 pH는 발효초기 4.5에서 종기에 3.7로 낮아졌고 Total acidity는 이에 따라 증가하였다. 초기에는 호기적 조건에서와 같이 대조군이 발효 2일까지는 pH값이 더 낮았으나 발효 3일째부터는 YM 첨가군과 YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 대조군보다 더 빨리 감소하여 낮게 나타났다. 유기산도 발효 3일까지는 서로 비슷한 경향을 보이다가 4일부터 대조군보다는 YM 첨가군과 YM+*Kl. marxianus* 첨

가군이 크게 증가하는 모양을 볼 수 있었다. 발효 말기에는 대조군, YM 첨가군, YM+*Kl. marxianus* 첨가군의 유기산 함량이 단일 호기적 조건에서보다 훨씬 큰 증가를 보여 각각 1.8, 2.3, 2.2 (g/l)로 나타났다. 한편, 환원당과 총아미노산 함량도 호기적 조건과 마찬가지로 발효경과와 함께 감소하였으며 초기 농도에서 발효 말기 농도를 뺀 감소량은 YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 가장 적었다. 이외에 수

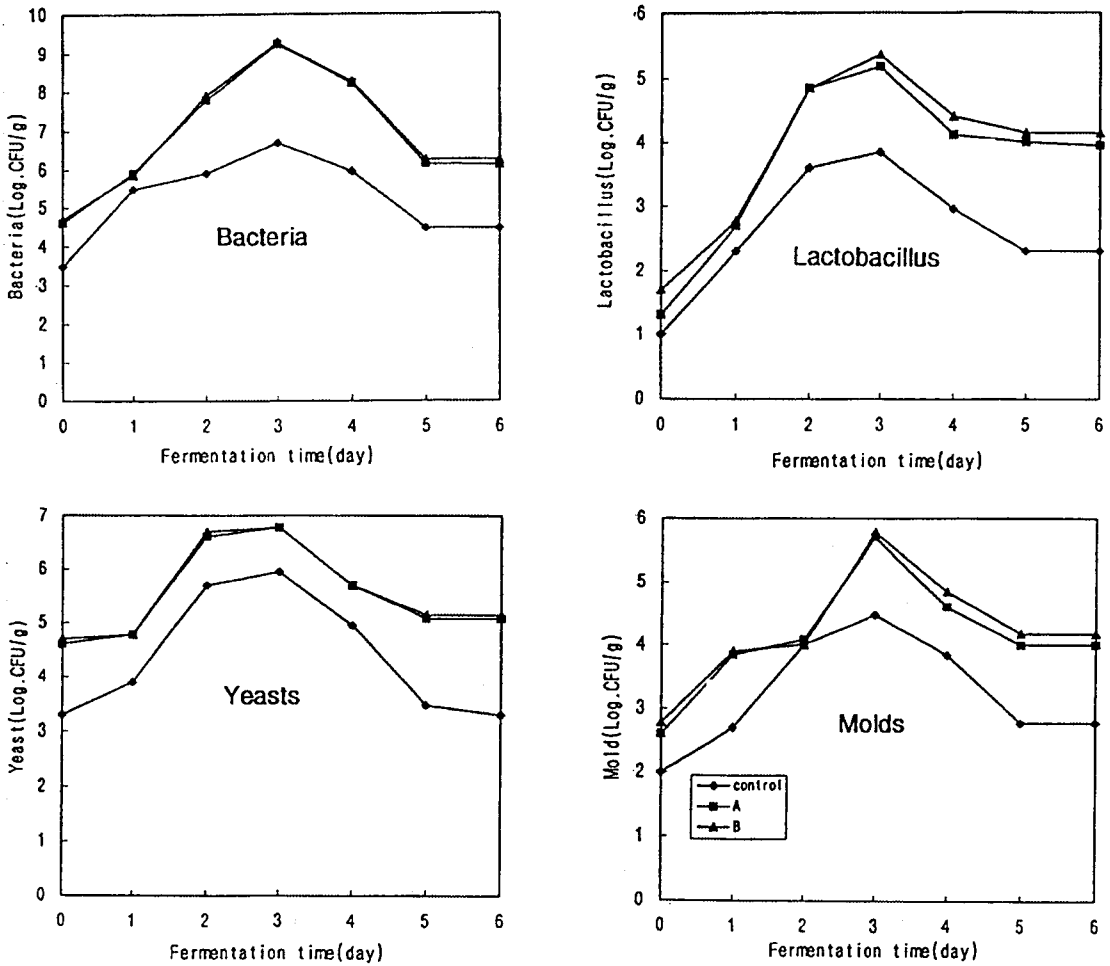


Fig. 2. Changes in the counts of bacteria, Lactobacillus, yeasts and molds of food wastes during aerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

분함량은 대조군, YM 첨가군, YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 발효 초기보다 약 2% 정도 감소하였다. Fig. 4는 미생물 수의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 발효 3일 동안은 급격한 증가 현상을 보이다가 발효 4일째부터 감소하였지만 발효 초기보다는 훨씬 높은 수치를 보여주었고 단일 호기적 발효나 혐기적 발효시보다도 더 높은 잔여 생균농도를 보여 주었다. 발효전반에 걸쳐 YM을 첨가하지 않은 대조군에 비해 YM

이나, YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 10~100 배 정도 높은 생균수를 유지하였으며, *Kl. marxianus* 첨가로 총세균과 효모의 수가 10배 정도 높게 나타나 호기적 조건보다는 다소 큰 영향을 주었다.

### 3.3 혐기적 발효시 주요 성분과 미생물의 농도 변화

Fig. 5는 혐기적 발효조건에서의 변화를 나타



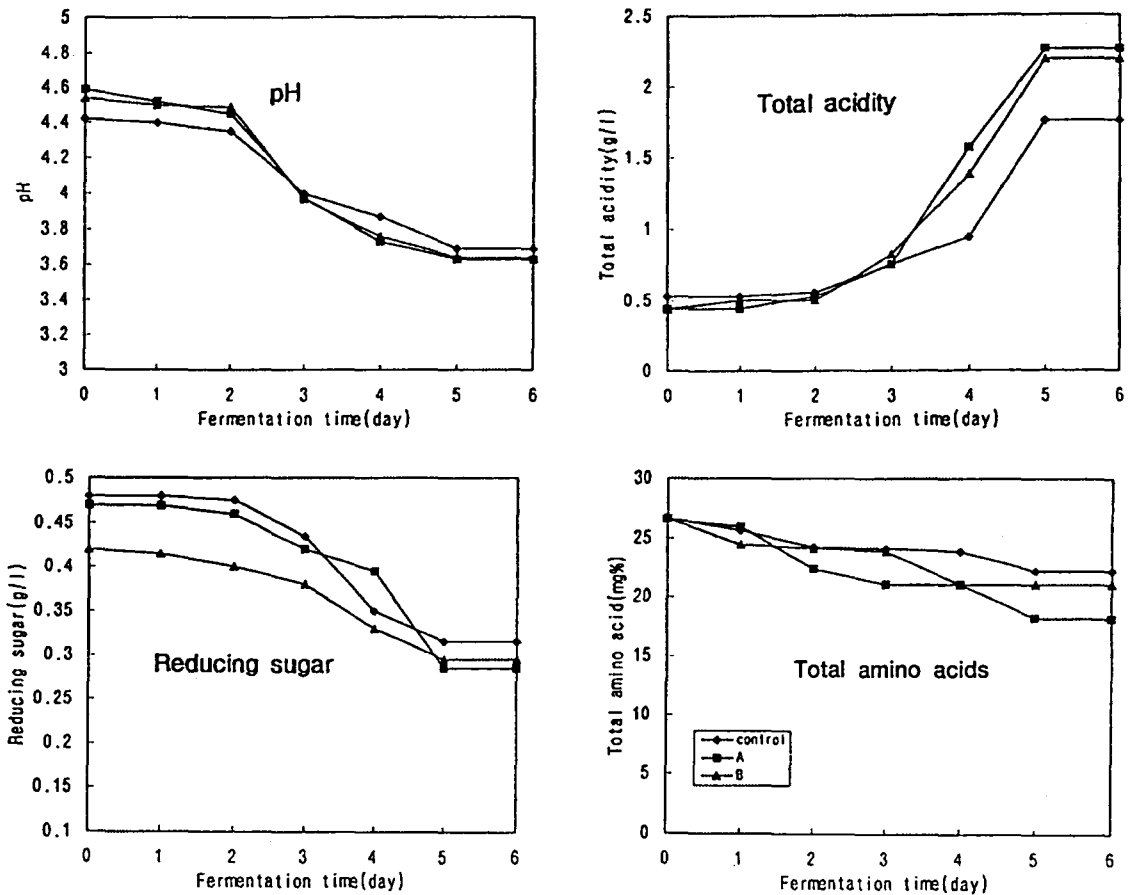


Fig. 3. Changes in pH, total acidity, reducing sugar and total amino acids contents of food wastes during anaerobic after aerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

낸 것인데 pH는 발효초기 4.5에서 말기에 3.7로 감소해 다른 발효 조건들과 비슷한 변화를 나타내고 있으며, 발효 3일째부터 YM 첨가군과 YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 대조군에 비해 pH값이 크게 떨어졌지만 발효 말기에 가서는 서로 같은 수준으로 하락하여 일정한 값을 보여 주었다. pH변화에 상응하여 유기산은 발효 2일까지는 대조군, YM 첨가군, YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 비슷한 경향을 보이고 있다가 3일째부터 YM 첨가군, YM+*Kl. mar-*

*xianus* 첨가군이 증가하여 발효 말기에는 대조군의 1.5 (g/l)보다 약간 더 높은 1.7, 1.65 (g/l)를 나타냈고, YM 첨가군이 YM+*Kl. marxianus* 첨가군보다 약간 높았다. 환원당과 총아미노산은 다른 발효 조건에서와 같이 감소 현상을 나타내고 있는데, 혐기적 조건에서 호기 후 혐기적 조건에서보다 감소율이 적은 것으로 보아 미생물들에 의한 고분자물질 분해가 더 폭넓게 진행되는 것으로 생각되었다. 수분함량은 1% 정도 감소하였는데 이는 통기에 의한 수분

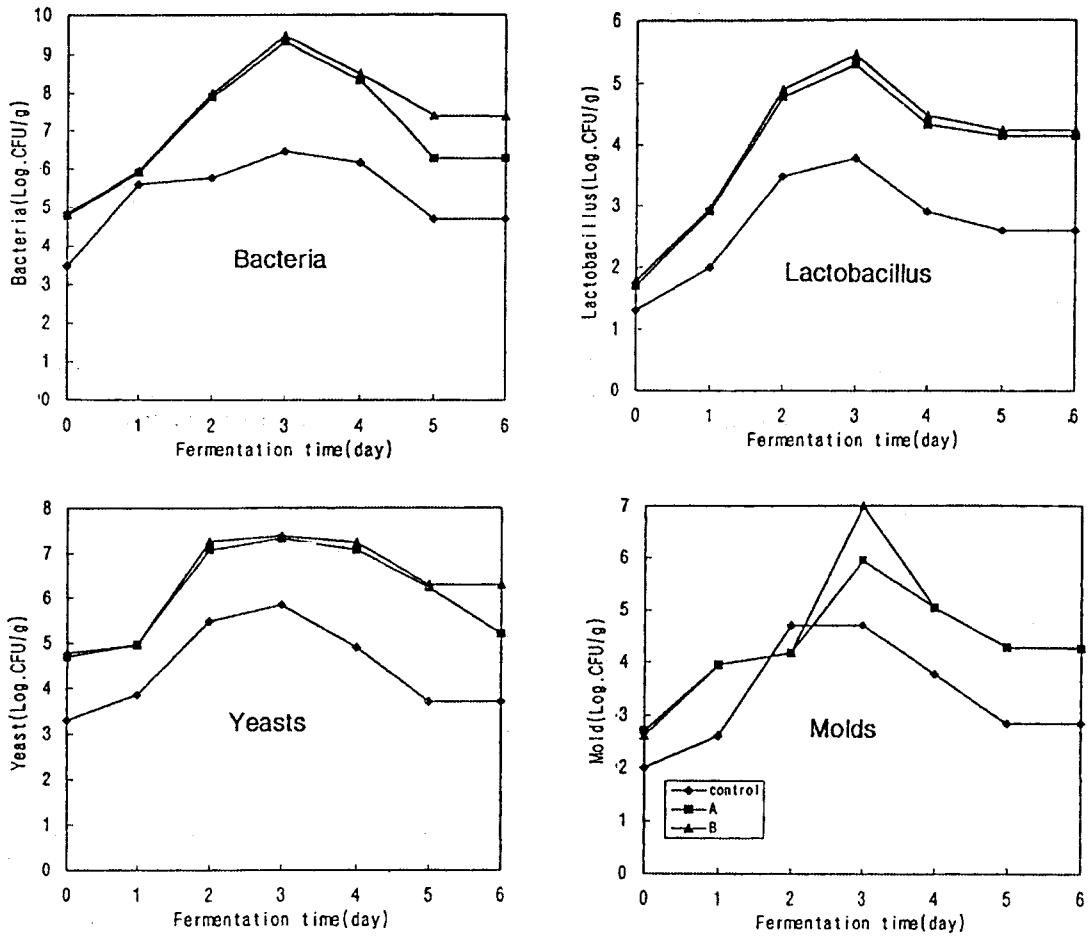


Fig. 4. Changes in the counts of bacteria, Lactobacillus, yeasts and molds of food wastes during anaerobic after aerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

의 감소가 적음에 기인된 것으로 생각된다. Fig. 6은 미생물 수의 변화를 나타낸 것으로 발효 3일까지는 모두 증가하다가 4일부터 감소현상을 보였는데 역시 YM 첨가군과 YM+*Kl. marxianus* 첨가군이 대조군보다 10~100배 정도 높은 경향을 보였다. *Kl. marxianus* 첨가는 효모의 총균수에는 크게 영향을 주지 않았지만 세균수에는 영향을 주어 YM 첨가군보다 10배 정도 높은 수준을 보였고 관능검사 결과 알

콜함량도 높은 것으로 나타나 보존성을 증가시킬 것으로 사료되었다.

#### 4. 결 론

6일간 발효 시킨 뒤 음식물 찌꺼기 시료의 pH는 호기후 혐기적 조건에서 가장 낮았고 그 다음이 혐기적 조건, 호기적 조건순이었으며 이에 따라 호기후 혐기적 조건에서 가장 높은 total

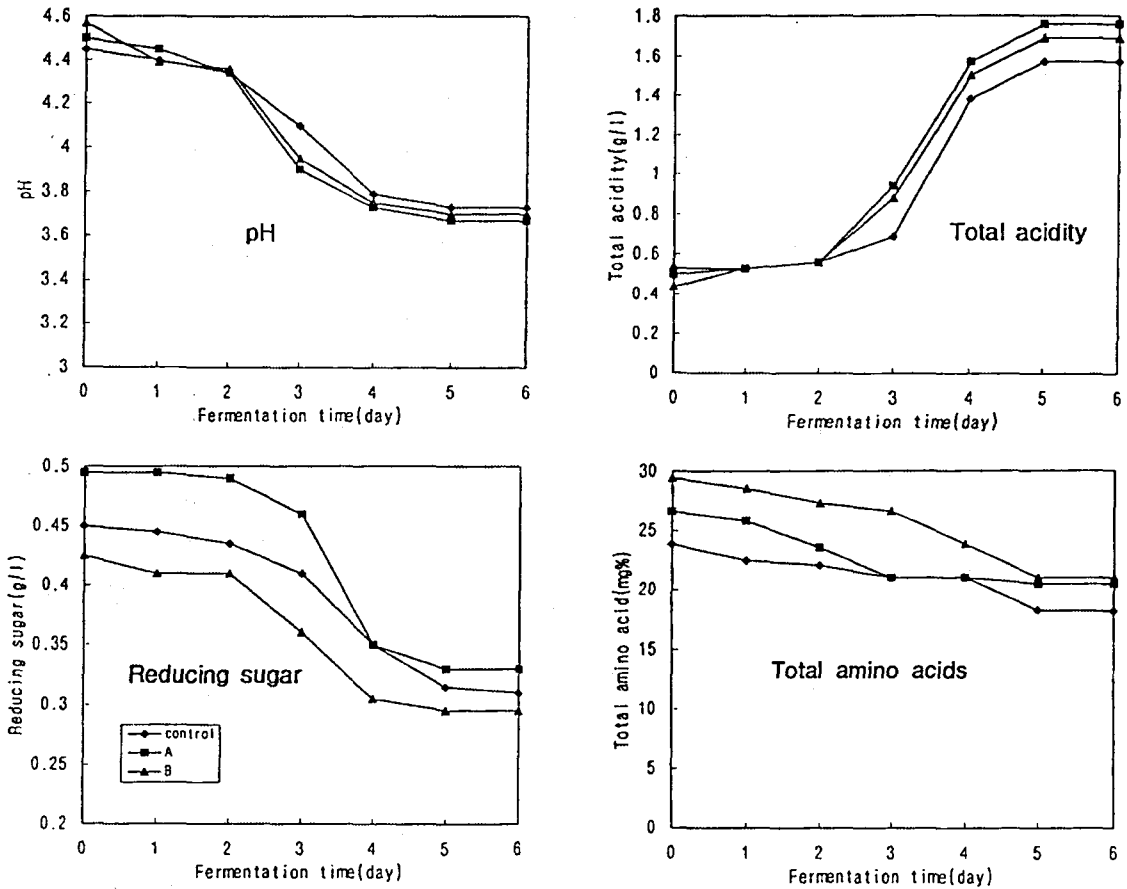


Fig. 5. Changes in pH, total acidity, reducing sugar and total amino acids contents of food wastes during anaerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

acidity를 나타냈다. Reducing sugar와 total amino acid 함량은 발효과정을 통해 서서히 감소하는 서로 비슷한 경향을 보였고 수분함량은 호기적 조건과 혐기적 조건에서보다 호기후 혐기적 조건에서 감소율이 더 높은 경향을 보였다. 생균수는 2일간 호기후 4일간 혐기적 조건에서 다른 발효조건에 비해 10배 정도 높게 나타났다.

이상의 실험결과로 음식물 찌꺼기 발효시 2일

간 호기 후 4일간 혐기적 발효 조건이 최적 발효 조건으로 생각되었고 이는 호기적으로 충분히 증식된 생균들이 이어진 혐기조건에서 발효를 효과적으로 수행할 수 있었기 때문인 것으로 생각되었으며 무첨가 시료보다는 중균제인 YM과 *Kl. marxianus* 배양액을 첨가한 시료가 더욱 발효가 촉진되어 유기산 및 알콜 농도 뿐 아니라 총생균 농도도 크게 증가되었음을 알 수 있었다.

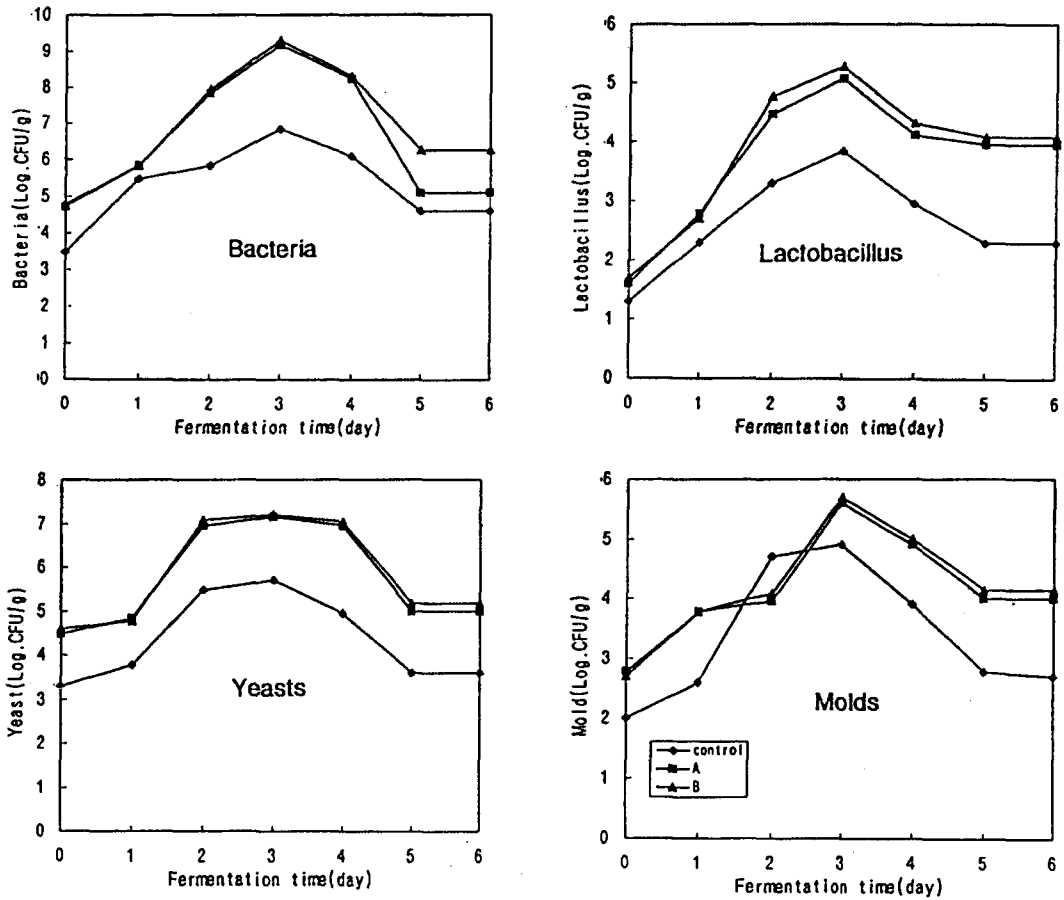


Fig. 6. Changes in the counts of bacteria, Lactobacillus, yeasts and molds of food wastes during anaerobic fermentation at 26°C. (control: food wastes, A: food wastes+YM, B: food wastes+YM+*Kl. marxianus*.)

### 감사의 글

본 논문은 한국산학협동재단과 (주) 영진환경의 연구비 지원하에 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

곽완섭 (1994) 축산폐기물의 사료화 기술, 유기성폐기물자원화, 2, 177-183.  
 김남천 (1994) 음식물 찌꺼기의 재활용에 관한

연구, 유기성폐기물자원화, 2, 51-664.  
 김남천, 최덕길 (1995) 스팀 고속건조기에 의한 음식물 쓰레기의 사료화에 관한 연구, 월간폐기물, 10, 54-62.  
 배재근, 백광욱, 최종오, 김해경 (1994) 주방 폐기물의 고속 퇴비화 소멸용장치의 특성에 관한 연구, 서울산업대학논문집, 477-491.  
 박명술 (1996) 음식물 쓰레기 관리 대책, 월간 폐기물 5, 134-141.  
 박봉선 (1993) 도시 미이용 자원(식품 부산물)의 사료화 기술, 한국기성폐기물 자원화학회

- 지, 1, 49-58.
- 박종연, 오훈일(1995) 재래식 고추장 메주 숙성중 미생물과 효소력의 변화, 한국식품과학회지, 28, 56-62.
- 백영민, 정재춘(1994) 집단급식소의 음식 쓰레기 퇴비화에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 11, 29-40.
- 송준상, 최훈근, 김규연(1993) 소형 퇴비화 용기를 이용한 유기성 주방 폐기물의 퇴비화에 관한 기초연구, 유기성폐기물자원화, 1, 227-235.
- 신동화, 김문숙, 한지숙, 임대관, 박완수(1996) 시판 김치의 발효 온도별 성분과 미생물 변화, 한국식품과학회지, 28, 137-145.
- 신항식, 송영채, 손성섭, 배병욱(1993) 생분해도 실험에 의한 주방 폐기물의 혐기성소화타당성연구, 유기성폐기물자원화, 10, 35-42.
- 신항식, 정운진, 정연구, 황응주, 강석태(1993) Rumen 미생물을 이용한 주방 폐기물 혐기성소화의 효율증진방안, 유기성폐기물자원화, 1, 103-113.
- 신항식, 정운진, 정연구, 황응주, 강석태(1995) 음식물 찌꺼기 간이 퇴비화의 적정 운전조건에 관한 연구, 한국유기성 폐기물자원화학회 가을학술대회 proceeding, 33-44.
- 우세홍, 김남천(1993) 음식물 쓰레기의 사료화에 관한 연구(I)-가축사료로서, 서울보건전문대논문집, 13, 71-82.
- 윤유미(1996) 음식물 쓰레기 줄이기 운동, 월간폐기물, 6, 118-123.
- 이상은(1991) 쓰레기 재활용 확대방안, 환경보존, 11, 8-17.
- 이승무, 박주량, 안준수(1986) 유기성 폐기물로부터 혐기성 발효에 의한 알코올 생성에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 3, 49-64.
- 이기영, 윤기옥(1996) 음식물 찌꺼기 발효 촉진제 및 그 제조 방법. 대한민국특허출원. 23505호.
- 윤범내, 김승재(1995) 유기성 부산물의 유동건조에 의한 사료화 공정에 관한 연구, 유기성 폐기물자원화학회 가을학술대회 proceeding, 92-99.
- 조재경, 이준표, 이진석, 박순철, 장호남(1994) 주방 폐기물의 고상 혐기성 소화에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 11, 556-568.
- 정영륜, 유기성(1995) 폐기물의 퇴비화 기술, 월간폐기물, 82-90.
- 정광용(1996) 음식물 쓰레기 퇴비화의 문제점과 대책, 월간폐기물 5, 128-133.
- 정재춘, 홍지형(1994) 퇴비화의 이화학적 지표 및 공정관리, 유기성 폐기물자원화, 2, 99-127.
- 한홍의, 박현근(1991) Bromophenol blue 배지에서 유산균들의 분별측정, 인하대학교 기초 과학 연구소 논문집, 12, p.89.
- Baerwald, G. and K.-Y. Lee(1989) Ueber die Zusammensetzung von Ruebenmelasseschlempe hinsichtlich ihrer Verhefung, Die Branntweinwirtschaft, VLSF in Berlin, Vol. 146, 146-152.
- Miller G.L. (1959) Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, Anal. Chem. 31, 426-428.
- Martin, J.P. (1995) Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Sci., 69, 215.