

## 고온 · 내산성 *Bacillus* sp. SJ-15를 이용한 음식물 쓰레기의 호기적 퇴비화

김춘희<sup>1</sup> · 남수원<sup>1,2</sup> · 최우봉<sup>1,2</sup> · 이종환<sup>1,2</sup> · 강병원<sup>3</sup> · 김희수<sup>4</sup> · 전송중<sup>1,2\*</sup>

동의대학교 <sup>1</sup>바이오물질제어학과, <sup>2</sup>생명공학과, <sup>3</sup>화학과, <sup>4</sup>(주)오클린

Received May 4, 2007 / Accepted May 10, 2007

**Aerobic Composting Process of Garbage using Thermoacidophilic *Bacillus* sp. SJ-15.** Choon Hee Kim<sup>1</sup>, Soo Wan Nam<sup>1,2</sup>, Woo Bong Choi<sup>1,2</sup>, Jong Hwan Lee<sup>1,2</sup>, Byoung Won Kang<sup>3</sup>, Hweh Su Kim<sup>4</sup> and Sung Jong Jeon<sup>1,2\*</sup>. <sup>1</sup>Department of Biomaterial Control(BK21 program), <sup>2</sup>Department of Biotechnology and Bioengineering, <sup>3</sup>Department of chemistry, Dong-Eui University, Busan 614-714, <sup>4</sup>Oklin Co., Busan 607-060, Korea – A thermoacidophilic bacterium was isolated from the compost and designated as *Bacillus* sp. SJ-15 by physiological and biochemical characteristics. The optimum temperature and pH for growth were at 55°C and pH 5.0, respectively. The strain SJ-15 was adapted in process of accelerated high-temperature composting of garbage. The highest viable cell count of composting process reached to  $9.2 \times 10^9$ /ml in 16 hours. After running times of 100 days, the composting process showed a reduction rate of approximately 88%, and the concentrations of components were sufficiently high or low to satisfied the standard of organic compost except for salinity.

**Key words** – garbage, thermoacidophilic bacteria, compost, pH, temperature

### 서 론

2004년 기준 우리나라 음식물 쓰레기 발생량은 하루 11,463톤으로 전체 생활폐기물의 23%에 이르며 처리금액은 15조원에 달한다[3]. 2005년부터는 음식물 쓰레기의 직매립 금지 법률이 발효되어, 발생 폐기물의 재활용을 향상이 시급하게 요구되고 있다. 음식물 쓰레기의 성분은 수분이 약 80%, 가연분이 17%, 회분이 3%정도이며 수분을 제외하면 생분해성이 높아 악취 및 침출수가 발생된다. 이러한 악취와 침출수는 수거, 이송, 처리과정 등의 모든 과정에서 발생이 되고, 파리나 곤충류, 병원균이 서식하면서 각종 전염병의 원인이 된다. 음식물 쓰레기는 높은 함수율과 저압축효율, 소각 시에는 저 발열량으로 연료의 과소모가 예상되고 높은 수분 함량 때문에 소각온도를 떨어뜨려 다이옥신 등 공해물질의 배출원인이 되고 있다[3].

음식물 쓰레기의 재활용 방법으로는 2002년 기준 사료화 52%, 퇴비화 43.5%, 메탄화 및 기타가 4.4%를 차지하고 있다. 사료화는 구제역 파동 이후 급격히 줄어들고 있고, 메탄화도 관련기술이 미흡한 상황이라 향후 퇴비화의 처리비율이 크게 증가될 것으로 예측된다. 음식물 쓰레기를 퇴비화에 이용할 경우 가장 큰 문제점은 첫 번째, 세균에 의한 부패 가능성이 높고 두 번째, 국내의 특수한 식생활과 관련되어 산성화된 음식물 쓰레기의 퇴비화 진행이 어렵다는 점이다. 이들 문제점의 해결책으로 고온 · 내산성 미생물을 이용한 고온 · 호기적 발효공정이 음식물 쓰레기의 빠른 처리를 위한

방법으로서 주목받고 있다[6]. 고온 · 내산성 미생물을 이용하면 50~75°C의 고온에서 퇴비화가 진행되기 때문에 중온성의 잡균 번식을 막을 수 있고, 미생물에게서 발생하는 자체 산화열에 의하여 퇴비화 속도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 우리나라와 같은 산성이 강한 음식물 쓰레기를 퇴비화하기 위해 적합하다고 할 수 있다. 고온성 세균을 이용한 음식물 쓰레기의 호기적 발효에 관해서는 *Bacillus stearothermophilus*와 몇 가지 균주를 혼합하여 퇴비화에 이용한 것[8] 외에는 보고된 적이 없다.

본 연구에서는 고온 · 산성조건하에서 음식물 쓰레기를 퇴비화시킬 목적으로 토양 및 퇴비로부터 50°C 이상의 고온과 pH 5.0 이하의 산성조건에서 생육하는 미생물을 screening 하고 최종 선별된 균주를 대상으로 음식물 쓰레기의 분해성을 실험하였다.

### 재료 및 방법

#### 균주분리

경상남도 일대의 일반토양, 부엽토 및 퇴비 등 각종 균원 시료 1g을 0.85% NaCl 용액 10ml에 현탁하고 10배, 100배, 1000배로 희석하여 LB 평판배지(Bacto typtone 1%, yeast extract 0.5%, NaCl 0.5%, Agar 1.8%, pH 5.0)에 도말한 후 50°C에서 24시간 배양하였다.

#### 효소활성도 측정

미생물의 amylase, protease 활성은 다음과 같은 방법으로 조사하였다. Amylase 활성은 1%의 soluble starch를 첨가한 LB 평판배지에 균주를 접종하여 37°C에서 overnight 배양한

\*Corresponding author

Tel : +82-51-890-2278, Fax : +82-51-890-2632

E-mail : jeon.sj@deu.ac.kr

후 iodine을 처리하여 투명환(clear zone)의 생성유무를 관찰하였다. Protease 활성은 1% skim milk를 첨가한 LB 평판배지에 균주를 접종하여 37°C에서 overnight 배양한 후 형성된 colony에 대해서 투명환의 생성유무를 관찰하였다.

**분리균주의 동정**

분리균주의 16s rRNA 염기서열을 분석하기 위하여 PCR 방법으로 16s rRNA 유전자를 증폭하였다. 염색체는 GENEX™ Genomic kit(General Biosystem, Korea)를 사용하여 추출하였고 Taq DNA polymerase(Takara Shuzo, Japan)와 대장균의 16s rRNA 유전자를 바탕으로 설계한 2가지 primer[16S-F(5'-AGAGTTTGATCATGGC-3'), 16S-R(5'-AAGGAGGTGATCCAACC-3')]를 이용하여 16s rRNA 유전자를 증폭하였다. DNA 염기서열분석은 ABI PRISM 310 genetic analyzer(Perkin-Elmer Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)를 사용하였다. 분리균주의 생리 및 생화학적 특성은 API 50 CHB kit(Biomérieux, France)를 이용하여 분석하였고 [2], 그 결과들을 Bergy's Manual of Systematic Bacteriology[9]에 준하여 동정하였다.

**음식물 쓰레기 및 퇴비 성분분석**

본 실험에 사용한 시료로는 대학교의 학생식당에서 약 1주일 간격으로 채취한 음식물 쓰레기를 사용하였다. 음식물 쓰레기의 성상을 보면 면류가 많았고 밥류와 삶은 야채류 등으로 이루어져 있었다. 분해가 어려운 동물의 뼈와 조개류 등은 직접 분별 제거하였고, 여분의 수분은 체로 걸러낸 뒤 균일하게 섞어서 냉동고(-20°C)에서 냉동시켰다. 실험에 사용할 때는 냉장고로 옮겨 4°C에서 16시간 해동시킨 후 121°C에서 15분간 멸균하여 시료로서 사용하였다. 시료의 염도와 pH는 시료 무게와 증류수의 부피를 1 : 10로 조절하여 1시간 동안 용출한 후 염도계(Model SS-31A, Sekisui, Japan)를 이용하여 시료의 염도를 측정하였고, pH는 pH meter (pH spear, Oaklon, USA)를 이용하여 측정하였다. 음식물 쓰레기의 MC (Moisture Content), TS (Total Solids), VS (Volatile Solids) 및 FS (Fixed Solids)와 같은 항목은 Standard Methods[1]에 준하여 측정하였다. 또한 본 실험에서 생성된 퇴비의 유기물, C/N비, pH, 염분, Pb, Cu, Cd, Cr, Hg, As, Zn, Ni는 비료분석법[5]에 준하여 측정하였다.

**퇴비화 장치**

음식물 쓰레기를 퇴비화 할 목적으로 본 실험에 사용한 장치는 28cm(L) × 32cm(B) × 89cm(H)인 10ℓ 용량의 음식물 쓰레기 퇴비화 장치(BK-01H, Oklin, Korea)를 사용하였다. 반응조 내부의 온도는 밑바닥에 장착된 온도 센서에 의해 약 55~60°C를 유지하였고 내부에는 수평으로 배치한 회전축에 직각의 교반축 3개가 설치되어 있다(Fig. 1). 퇴비화

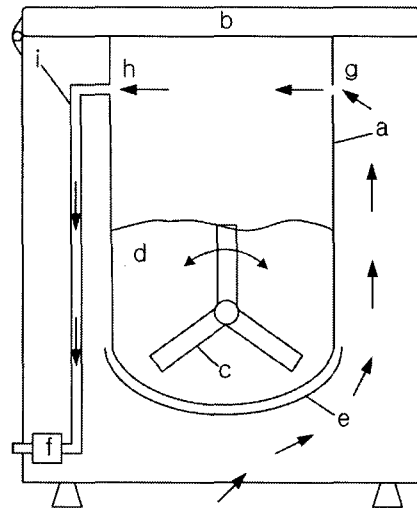


Fig. 1. A cross-sectional drawing (side view) of the composting apparatus. The apparatus had a composting vessel (a) of 28cm×32cm×89cm with a top cover (b) and three bars for agitation (c). The compost (d) was heated with a sheet-shaped heating device placed below the vessel (e), with a thermostat set at 80°C. The agitation rate was set at 2 rpm, and the direction of rotation of the agitation bars, was reversed every 2 min. An 8 min agitation was alternated with a 22 min interval, and agitation and heating devices were automatically stopped when the top cover remained closed for over 30 h. Air (arrows) was introduced by suction by using a fan (f) at a flow rate of 0.5 l/min from an air-inlet window (g) into the vessel and escaped from an air-outlet window (h) through a pipe (i) into the atmosphere.

장치에는 미생물 담체 역할을 하는 삼목 톱밥 0.5 kg에 종균 배양액 200 ml를 골고루 붓고 1시간 동안 교반한 후, 음식물 쓰레기 0.5 kg을 투입하여 최초 무게를 1kg으로 조정하였고 이후 매일 1 kg씩 음식물쓰레기를 투입하였다.

**결과 및 고찰**

**균주의 분리, 동정 및 특성**

음식물 쓰레기 퇴비화에 사용할 고온·내산성 균주를 분리하기 위하여 자연계로부터 50°C 이상의 고온과 pH 5.0 이하의 산성조건에서 생육하는 미생물을 분리하고, 생성된 colony의 형태를 관찰하여 모양이 서로 다른 colony로 구분하고 5개의 균주를 1차 screening하였다. 1차선별을 통해 선택·분리된 균주들의 기질이용도를 평가하기 위하여 amylase와 protease의 효소활성도를 측정된 결과, B-7과 D-15 균주가 2가지 효소 활성을 모두 가지고 있었고 그중 D-15 균주가 B-7 균주보다 더욱 높은 활성을 나타내었다(Table 1). 따라서 가장 높은 효소활성을 보이는 D-15 균주를 음식물 쓰레기의 호기성 고온 발효를 위한 종균으로 최종 선정하였다.

Table 1. Enzyme activities of 1st selected microorganisms

Strain	Growth at 50°C <sup>1,2</sup>	Growth at pH 5.0 <sup>1,2</sup>	Enzyme activity <sup>3</sup>	
			Amylase	Protease
A-2	+++	+++	+++	-
B-8	+++	+++	-	-
B-7	+++	+++	+	++
C-5	+++	+++	++	-
D-15	+++	+++	+++	++

<sup>1</sup>The rate of growth was evaluated after 12 hr on nutrient broth.

<sup>2</sup>+++represents excellent growth

<sup>3</sup>+++represents excellent clear zone formation on screening medium; ++good; +fair; -none.

분리균 D-15를 동정하기 위해 일반적인 균의 특성을 조사한 결과 본 균주는 Gram 양성균의 간균이고 호기성의 포자형성균으로 그 외 생리학적 특성은 Table 2와 같다. 특히 식염에 대한 내성이 강하여 7% NaCl을 첨가한 배지에서도 증식이 가능하였다. API 50 CHB 균 동정 kit를 사용하여 50가지 당에 대한 생화학적 특성을 조사한 결과 *Bacillus*속 균주로 판명되었다(Table 3). 또한 16s rRNA 염기서열을 분석하여 다른 균주와의 상동성을 검색한 결과, *Bacillus smithii*와 99.8%, *Bacillus alveayuensis* strain TM 1와 97.3%, *Bacillus eolicus*와 96.4%, *Bacillus acidicola* strain 105-2와 95.6%의 상동성을 나타내었다. 따라서 본 최종 선발 균주는 *Bacillus* sp.로 동정하고 *Bacillus* sp. SJ-15로 명명하였다.

**균주의 최적 생육 온도 및 pH**

*Bacillus* sp. SJ-15 균주의 배양 온도에 따른 생육조건을 조사한 결과 본 균주는 25~65°C까지의 범위에서 생육이 가능하였으며 그 외의 온도범위에서는 균의 증식이 나타나지 않았다. 또한 55°C에서 균주의 생육이 가장 높은 것으로 나타

Table 2. Morphological and Physiological properties of *Bacillus* sp. SJ-15

Characteristics	Strain SJ-15
Shape	rod
Gram stain	+
Spore formation	+
Mortality	+
Voges-Proskauer test	-
Starch and casein hydrolysis	+
Nitrate reduction	+
Catalase test	+
Oxidase test	+
NaCl 3%	+
NaCl 5%	+
NaCl 7%	+
NaCl 10%	-

Table 3. Biochemical properties of *Bacillus* sp. SJ-15

characteristics	characteristics
Glycerol	- Esculin +
Erythritol	+ Salicin +
D-arabinose	- Cellobiose +
L-arabinose	+ Maltose -
D-ribose	+ Lactose -
D-xylose	- Melibiose -
L-xylose	- Saccharose +
Adonitol	- Trehalose +
β-xylopytanoside	- Melezitose -
Galactose	- D-Raffinose -
D-glucose	+ Amidon +
D-fructose	+ Glycogen -
D-mannose	+ Gentiobiose +
L-sorbose	- D-turanose +
Rhamnose	- D-lyxose -
Dulcitol	- D-tagatose -
Inositol	+ D-fucose -
Mannitol	+ L-fucose -
Sorbitol	+ D-arabitol -
Methy-α-D-mannopyranoside	- L-arabitol -
Methyl-α-D-glucopyranoside	- Gluconate -
N-acetylglucosamine	- 2-ketogluconate -
Amygdaline	- 5-ketogluconate +
Arbutine	+

+, Positive; -, Negative

나서 최적생육온도를 55°C로 결정하였다(Fig. 2). *Bacillus* sp. SJ-15 균주의 배양 pH별 생육조건을 비교한 결과, 본 균주는 pH 4.0~9.0의 넓은 범위에서 생육이 가능하였고 약산성인 pH 5.0에서 가장 생육이 높은 것으로 나타나 최적생육 pH는 5.0으로 결정하였다(Fig. 3).

**음식을 쓰레기 퇴비화 과정의 미생물 성장 변화**

고온(50°C 이상)과 약산성(pH 5.0이하) 조건하에서 잘 성

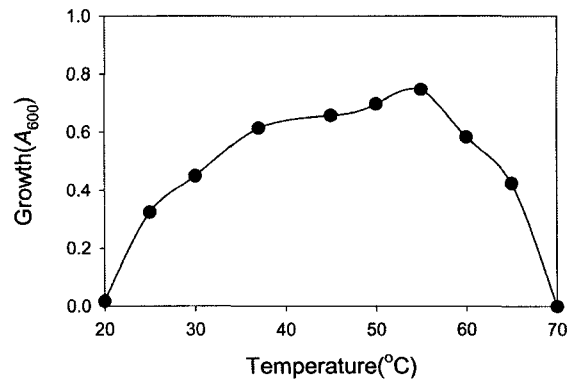


Fig. 2. Effect of temperature on the growth of *Bacillus* sp. SJ-15. Absorbance at 600 nm was determined at the indicated temperatures.

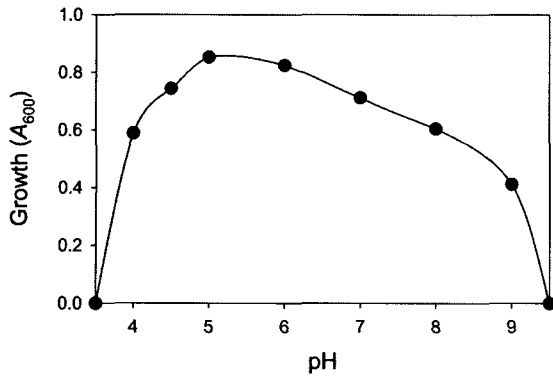


Fig. 3. Effect of pH on the growth of *Bacillus* sp. SJ-15. Absorbance at 600 nm was determined at the indicated pH values.

장하고 starch와 protein을 높은 효율로 분해하는 *Bacillus* sp. SJ-15를 이용하여, 음식물 쓰레기의 고온·산성 퇴비화를 실험하였다. *Bacillus* sp. SJ-15를 55°C에서 24시간 배양하고 퇴비화 장치에 투여한 후, 음식물 쓰레기를 투입하고 24시간 동안 반응조 내의 생균수를 측정하였다. 그 결과 음식물을 투여한 직후의 생균수가  $3 \times 10^8$  CFU/ml에서 발효개시 8시간 만에  $6.1 \times 10^9$  CFU/ml로 늘어나 빠른 증식 속도를 나타내었고 16시간 만에 생균수가  $9.2 \times 10^9$  CFU/ml로 늘어나 24시간 까지 유지 되었다(Fig. 4). 이상의 결과로 *Bacillus* sp. SJ-15는 고온·산성 조건에서 음식물 쓰레기를 단시간에 퇴비화하기 위한 균주로서 이용 가능성이 높다고 사료 되었다.

**음식물 쓰레기의 고온·산성퇴비화**

일반적인 음식물 쓰레기 처리장치의 내용물은 처음에는 산성이지만 나중에는 pH 7.0~9.0의 약 알칼리성으로 변하는 것이 일반적으로 되어 있고[7] 산성조건 하에서 퇴비화는 효과적으로 진행한 예가 없다. *Bacillus* sp. SJ-15를 이용하여 음식물의 산성 퇴비화가 가능한지 실험하기 위하여, 퇴비화 장치에 수분을 포함한 음식물 쓰레기를 하루 1kg씩 100일 동안 투입하고 산성퇴비화를 진행시켜 장치중의 퇴비 중량, 온도,

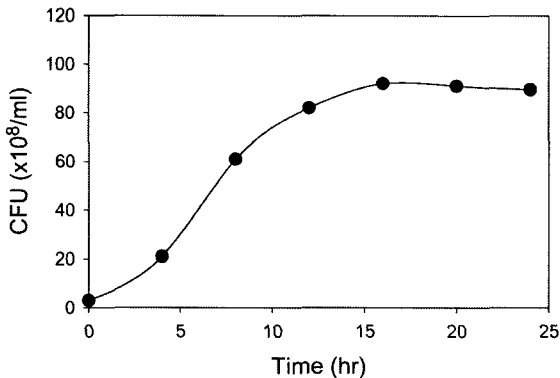


Fig. 4. Change of viable cell count of *Bacillus* sp. SJ-15 during the composting of garbage.

Table 4. Compositions of garbage

Sample	pH	salinity (%)	MC (%)	TS (%)	VS (%)	FS (%)
Garbage	4.2-5.7	0.7~1.5	74.5-82.5	17.5-25.5	92.4-94.5	5.5-7.6

pH를 측정하였다. 실험에 사용한 음식물 쓰레기 중의 염분 함량은 0.7~1.5%, 함수율(MC)은 74.5~82.5%, pH는 4.2~5.7로 약산성이었고 총 고형물질(TS)의 함량은 17.5~25.5%이었다 (Table 4). 실험기간 중 퇴비화의 온도는 42~66°C 이었고, pH가 4.5~5.5 부근에서 유지되는 점이 특징이었다(Fig. 5C, D). 퇴비화 기능은 저하되지 않고 지속적으로 음식물 쓰레기를 감량하였으며, 실험 시작 100일후에 음식물 쓰레기의 누적 투입량인 약 100kg에서 약 12kg의 퇴비가 얻어져서 약 88%의 음식물 쓰레기 감량율을 나타내었다(Fig. 5A, B). 이와 같은 88%의 감량율 중에서 음식물 쓰레기의 평균 함수율(MC)

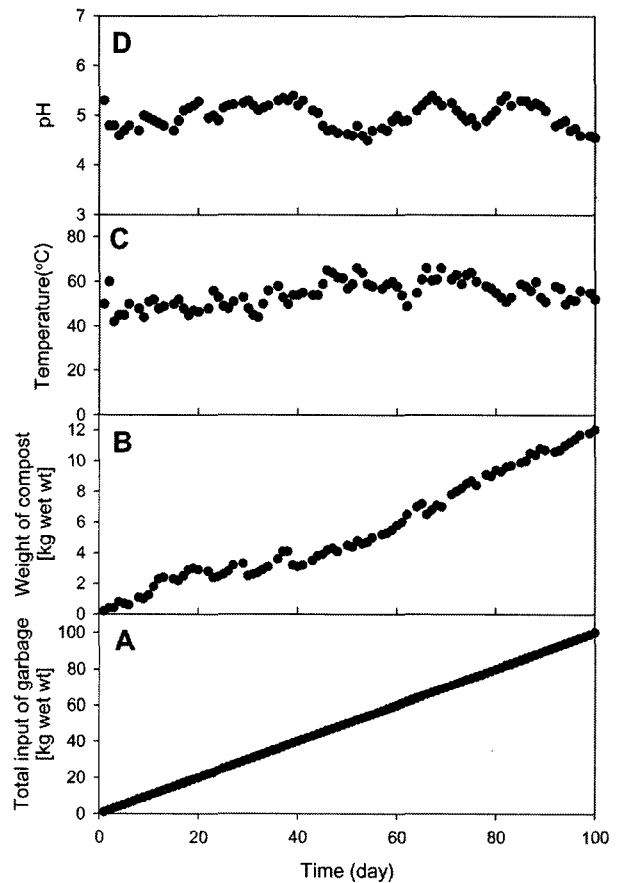


Fig. 5. Monitoring of the composting of garbage generated from a university restaurant. The garbage (1 kg wet wt/day) was added everyday to the system and was treated as described in the text; the excess compost was removed. The cumulative input of garbage and weight of the compost are plotted in panels (a) and (b), respectively. The temperature and pH of the compost are shown in panels (c) and (d), respectively.

에 해당하는 78.5%는 수분증발에 의한 것이고 나머지 9.5%는 미생물의 유기물 분해에 따른 가스 생성에 의한 것으로 사료된다. 한편 100일이 경과한 퇴비중의 생균수를 측정된 결과,  $1.3 \times 10^3$  CFU/ml로 나타나서 100일이 경과한 후에도 미생물에 의한 퇴비화가 지속되고 있음을 확인하였다.

**퇴비의 성분분석**

본 실험에서 생성된 퇴비를 농업진흥청에서 공시한 비료 분석법에 준하여 성분을 분석한 결과, 유기물과 C/N비는 각각 85.7%와 25.4로 나타나 모두 기준치를 만족하였다(Table 5). C/N비가 퇴비화에 미치는 영향은 반응속도의 측면과 퇴비의 질적인 측면으로 구분할 수 있는데 C/N비가 높으면(일반적으로 80 이상) 질소 결핍현상으로 퇴비화 반응기간이 길어지고 온도상승이 잘 되지 않으며, C/N비가 너무 낮으면(일반적으로 10 이하) 악취 발생 가능성이 높고 퇴비화 반응이 느려지게 된다. 일반적으로 퇴비화가 진행되면 C/N비는 점차 감소하여 안정된 범위는 10~20인 것으로 알려져 있다. 따라서 본 퇴비화 공정에서 생성된 퇴비는 적절한 C/N비를 가지는 것으로 사료된다. 또한 유해성분인 비소, 카드뮴, 수은, 납은 검출되지 않았고 크롬, 구리는 전부 기준치를 만족시키고 있었다(Table 5). 퇴비중의 염 농도는 7.6%를 나타내어 기준치(1%)를 초과하였으나 염분이 높은 퇴비는 석회로 중화하고 흡과 혼합하여 2차 발효를 시키거나 삼중염(KHSO<sub>5</sub>, KHSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 이용하여 퇴비중의 NaCl을 칼륨비료의 원료인 KCl로 전환하여 염 농도를 낮출 수 있다[4]. 이와 관련된 퇴비 숙성에 관한 연구는 현재, 연구 진행 중에 있다.

본 연구에서는 고온·내산성 미생물을 분리·동정하고 이를 이용한 음식물쓰레기의 고온·산성 퇴비화를 연구하였다. 고온·내산성 *Bacillus* sp. SJ-15를 이용하여 음식물 쓰레기를 퇴비화 할 경우, 미생물의 추가적인 교환 없이 퇴비화 작용이 100일만에 걸쳐 지속됨을 알 수 있었고, 이와 같은 고온·산성 퇴비화는 유지 관리가 편리한 음식물 쓰레기의 자원화 process에 이용할 수 있다. 본 연구에서 분리된 미생물은 음식물 쓰레기 퇴비화의 걸림돌이 되는 문제점을 해결하고 음식물 쓰레기의 자원화 효율 향상에 이바지 할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 5. The analysis results of compost components

Item(Unit)	Standards	Values
Organics(Wt%)	25 up	85.7
C/N Ratio	50 below	25.4
As(mg/kg)	50 below	0
Cd(mg/kg)	5 below	0
Hg(mg/kg)	2 below	0
Pb(mg/kg)	150 below	0
Cr(mg/kg)	300 below	19.1
Cu(mg/kg)	300 below	6.0
Salt(Wt%)	1 below	7.6
pH	-	4.8

**요 약**

고온·내산성 미생물을 퇴비에서 분리하고, 생리 및 생화학적 특성을 조사하여 *Bacillus* sp. SJ-15로 명명하였다. 생장을 위한 최적 온도와 pH는 각각 55℃와 5.0 이었다. 분리된 SJ-15 균주는 음식물쓰레기의 고온·고속 퇴비화 공정에 적용하였다. 퇴비화 과정에서 16시간 만에 최대 생균수인  $9.2 \times 10^9$ /ml를 나타내었다. 본 퇴비화 공정은 개시 100일 후에 약 88%의 감량율을 나타내었고, 퇴비성분의 농도를 분석한 결과 본 공정을 통해 생산된 퇴비는 염분을 제외하면 유기질 비료의 기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

**감사의 글**

본 연구는 동의대학교 2006년 일반연구과제(2006AA178)의 지원으로 수행되었으며, 이 연구에 참여한 김춘희는 2단계 BK21 사업의 지원을 받았습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

**참 고 문 헌**

1. APHA 1995. Standard methods for the examination of wastewater, 19th Ed., Washington, DC, USA: American Public Health Association.
2. Gu, N. Y., B. W. Kim, S. W. Nam, H. J. Kwon, D. E. Kim, Y. M. Kim and S. J. Jeon. 2006. Study on production of poly-gamma-glutamic acid by *Bacillus subtilis* CH-10. *Journal of Life Science* **16**, 175-179.
3. Kim, H. J., J. H. Kim, D. I. Oh, S. C. Kim, N. H. Lee and N. J. Kim. 2005. Effect of Moisture on Stabilization of Municipal Solid Wastes in Anaerobic Landfill. *J. Kor. Org. Res. Rec. Ass.* **13**, 124-131.
4. Kim, N. C. and B. M. Jang. 2006. The experiment of process efficiency and salt elimination in food waste compost using triple salt. *J. Kor. Org. Res. Rec. Ass.* **14**, 83-90
5. Ministry of environment. 2002. Methods for soil pollution process test, pp.118-194.
6. Nakasaki, K., M. Shoda and H. 1985. Kubota. Change in microbial numbers during thermophilic composing of sewage sludge with reference to CO<sub>2</sub> evolution rate. *Appl. Environ. Microbiol.* **49**, 37-41.
7. Phae, C. G., H. K. Kim and H. S. Sim. 1999. Treatment of Human Manure by Thermophilic Aerobic Digestion System Using Thermophilic Bacteria. *J. Kor. Org. Res. Rec. Ass.* **16**, 526-535.
8. Ryu, S. Y., M. J. Park, S. Y. Kim and K. Y. Lee. 2002. Aerobic Liquid Fermentation of Residual Food Waste by Thermophilic Bacteria. *J. Kor. Org. Res. Rec. Ass.* **10**, 126-131.
9. Sveath, P. H. A., N. S. Mair, M. E. Sharpe and J. G. Holt. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore.