



## 삼중염을 이용한 음식물 쓰레기 퇴비 중 염분제거 및 공정효율화 실험

김남천<sup>†</sup>, 장병만\*

서울보건대학 환경관리과<sup>†</sup>, 장우경화학\*

(2006년 5월 8일 접수, 2006년 6월 14일 채택)

### The experiment of process efficiency and salt elimination in food waste compost using triple salt

Nam-Cheon Kim<sup>†</sup>, Byung-Man Jang\*

Department of environment science and technology Seoul Health College<sup>†</sup>, Chang Woo Kyung Chemical Co.\*

#### ABSTRACT

The NaCl contents of food waste composts made by various techniques known up to now were under the level of 1% by fresh weight basis. But these techniques has some problem that is environment pollution from treated water and high equipment cost.

The application to agricultural land of food waste compost that is not sufficiently removed NaCl was considered to be improper due to salt accumulation in soils and plant growth inhibition by salt stress. The purpose of this study is to decompose NaCl in food waste compost using triple salt and this method is differ from existing chemical method. Also, reaction of NaCl with triple salt produced KCl that is basic material of potassium fertilizer.

Moreover Also, there was temperature rise of average 5°C as result that apply triple salt in food waste 600 ton in food wast composting productive capacity.

Obvious odious smell reduction effect appeared pretreatment process and fermentation process with temperature rise and this is because triple salt activation of aerobe and removes odious smell cause material by salt content decrease effectively.

Keywords : Food waste compost, NaCl, KCl, Triple salt, Temperature rise

#### 초 록

음식물 쓰레기로 만든 퇴비 중의 염분함량을 1% 이하로 조절하기 위해 지금까지 여러 가지 방법이 개발

<sup>†</sup>Corresponding author (ppm@shjc.ac.kr)

되었다. 그러나 이런 방법들은 침출수 과다로 인한 환경오염 또는 높은 설치비 등의 문제를 가지고 있어 실용화에 어려움이 있다. 염분이 충분히 제거되지 않은 음식물 쓰레기로 만든 퇴비를 농지에 사용할 경우 염해로 인한 식물의 성장 장애 및 염류축적이 일어날 수 있다.

본 연구는 음식물 쓰레기 퇴비에 함유된 염분을  $\text{KHSO}_5$ ,  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 로 구성된 삼중염을 이용하여 분해하는 방법이며 기존 화학적 처리방법과 달리 염분을 분해하여 칼륨비료의 원료인  $\text{KCl}$ 로 전환시켰다. 또한 음식물 쓰레기 퇴비화 발효설비에서 음식물 쓰레기 600톤에 삼중염을 적용해본 결과 발효시의 온도가 평균  $5^\circ\text{C}$ 가 상승되었다. 온도상승과 함께 전처리 공정 및 발효공정에서 현저한 악취저감 효과가 나타났으며 이는 삼중염으로 인한 염분함량 감소로 호기성균의 활성화 및 악취원인물질을 효과적으로 제거하기 때문이다.

핵심용어 : 음식물쓰레기퇴비,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ , 삼중염, 온도상승

## 1. 서론

2004년 기준 우리나라 음식물 쓰레기 발생량은 11,463톤/일로 전체 생활폐기물의 23%에 이르며 처리금액은 15조원에 이른다<sup>1)</sup>. 처리방법은 현재 매립이 14.0%, 소각 4.7%, 재활용이 81.3%를 차지하고 있다<sup>1)</sup>.

음식물 쓰레기의 재활용 방법으로는 2002년 기준 사료화 52%, 퇴비화 43.5%, 메탄화 및 기타가 4.4%를 차지하고 있다. 사료화는 구제역 과동 이후 급격히 줄어들고 있고, 메탄화도 관련기술이 미흡한 상황이라 향후 퇴비화의 처리비율이 크게 증가할 것으로 예측된다<sup>2)</sup>.

퇴비화는 “유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이며 그 최종물질은 환경에 영향을 주지 않아야하고, 토양에 사용할 수 있어야하며, 저장하기에 충분한 부식도 상태의 물질로 변화시키는 생화학적 공정 또는 고체 폐기물의 유기성분을 인위적으로 만든 조건하에서 연속적으로 생물학적 처리를 하는 것” 이라고 정의한다. 따라서 퇴비화의 정의에는 농업적 이용을 위한 퇴비뿐만 아니라 폐기물 처리차원의 퇴비화도 포함하고 있다. 이와 같이 퇴비화는 쓰레기 처리와 양질의 농자재 확보 두 가지 목적을 포함하고 있다<sup>3)</sup>.

음식물쓰레기는 농산물을 가공하여 이용한 후에 발생되는 폐기물이기 때문에 주성분과 함량은 일반 퇴비원료와 차이가 없다<sup>4)</sup>. 그럼에도 음식물 쓰

레기를 퇴비화 하여 양질의 비료를 생산하는데 있어서 가장 큰 문제가 되는 것은 염분으로서, 이는 한국인의 음식문화 특성상 소금, 간장, 된장, 고추장 등과 같은 각종 장류 및 젓갈류의 사용이 빈번하기 때문이며 음식물 쓰레기의 발생원 및 식염은 계절에 따라 차이가 있을 수 있으나 염분의 함량은 평균 3.45%의 함량을 보였다<sup>5)</sup>.

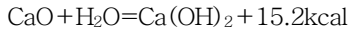
음식물 쓰레기로 만든 퇴비의 경우 염분이 작물의 성장에 영향을 미쳐 보급에 중요한 걸림돌이 되어왔다. 현재 우리나라 음식물 쓰레기 퇴비화시설의 공통된 문제점은 생산단계의 악취문제와 시비 단계에서 염분 문제이다. 음식물 쓰레기를 이용하여 퇴비를 만드는 과정에서 염분을 제거하기 위한 기존 기술은 물을 이용한 세척법, 기계장치를 이용한 압착법, 화학적 처리법, 전기분해법등이 있다<sup>6)</sup>.

물을 이용한 세척법의 경우, 많은 양의 물을 사용하게 되므로 세척수로 인한 2차 오염 및 하수처리장과 연계하여 건설해야하는 문제가 있으며, 특히 몬트리올 protocol에 의해 우리나라도 2006년부터 음식물 침출수에 대한 해양 투기에 엄격한 규제가 가해지고 있는 실정이다.

기계장치를 이용한 압착법은 음식물 중에 함유된 수분을 기계적 방법으로 제거함으로써 탈리액과 함께 염분을 제거하는 방법으로 일정부분 음식물 쓰레기에 함유된 염분을 제거할 수 있으나 최종 퇴비제품에서 건조 등에 의한 농축효과로 인해서 만족할만한 제거효과를 기대할 수 없다.

전기분해법은 음식물 쓰레기를 전기분해하여 염분을 제거하는 방법이지만 유해한 염소가스가 발생하고 처리비용 및 시설비가 많이 드는 단점을 가지고 있다.

화학적인 방법의 경우 생석회(CaO)를 이용하여 염분을 제거하는 방법이 알려져 있는데 생석회의 경우 물과 높은 열을 내며 반응하여 수산화칼슘으로 된다. 이것을 소화(slaking)라고 한다.



소석회는 염소를 흡수해서 차아염소산칼슘을 만들 수 있으며 소금과 반응하여 염화칼슘과 수산화나트륨으로 분해 될 수 있는 문제점을 가지고 있다. 이와 같이 음식물 쓰레기로 만든 퇴비 중에 염분 제거 방법은 여러 가지 방법이 제안 되었지만 실제 적용에는 많은 문제점을 가지고 있었다. 본 연구에서는  $\text{KHSO}_5$ 를 주성분으로 하는 삼중염(Triple salt)을 이용하여 실험실적 규모를 벗어나 실제 생산 현장에 적용하여 염분분해 효율 및 온도 변화 거동과 생산 효율의 증가 정도를 측정하고 음식물 쓰레기 퇴비 중에 염분을 효율적으로 제거할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 실험재료

본 실험에 사용된 삼중염(Triple salt)은 Shangyu Jiehua Chemical Co., Ltd.(중국)의 제

품을 사용하였으며 삼중염은 각 성분의 함량은  $\text{KHSO}_5$  43%,  $\text{KHSO}_4$  23%,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  32%였다. 음식물퇴비 중 염분제거 및 생산성 실험은 경기도 소재 B사에서 실시하였으며 실험에 사용된 음식물 쓰레기는 총 600톤이었다. XRD 검량선 작성을 위해 사용된 NaCl, KCl은 Junsei(일본)의 1급 시약을 사용하였다.

### 2.2 삼중염의 적용실험

음식물 쓰레기에 대해 삼중염을 0.5wt%비율로 적용하였으며 실험에 사용된 삼중염은 용해 장치에서 25% 용액으로 제조한 후 사용하였다. 제조된 용액은 고압분사기를 사용하여 음식물 쓰레기에 도포하였다. 작업장은 [Fig. 1], [Fig. 2]와 같다.

### 2.3 기기분석을 위한 음식물퇴비 처리

음식물 퇴비에 함유된 염분의 양을 측정하기 위해 음식물 퇴비를 회화한 후 염분 양을 측정하였다. 먼저 200g의 음식물 퇴비를 계량한 후 105℃ 오븐에서 5시간 동안 건조하여 시료 중 함유된 수분의 양을 측정하였고 시료를 도가니에 옮겨서 전기로에 넣은 후 600℃에서 2시간 동안 회화하였다. 얻어진 잔유물중 물에 대한 가용성 성분을 200 ml 물을 이용하여 추출하였으며, 추출된 용액을 감압증발하여 무기물만을 얻을 수 있었다. 얻어진 무기물은 105℃로 조절된 오븐에서 2시간 동안 건조한 후 XRD로 분석하였다.



[Fig.1] The front side of fermentation zone.



[Fig.2] The back side of fermentation zone.

2.4 XRD를 이용한 분석

XRD를 사용하여 음식물 퇴비에 함유된 NaCl 및 KCl의 함량을 분석하기 위해 검량선을 작성하였다. 검량선을 작성하기 위해 표준품 NaCl 및 KCl을 각각 ball mill을 이용하여 분쇄한 후 200mesh 표준체로 균일한 입도를 얻었다. 얻어진 표준품 NaCl, KCl의 농도를 달리하면서 XRD를 측정, 검량선을 작성하였다.

2.5 악취 제거 실험

음식물 쓰레기에 대해 삼중염을 0.5wt%비율로 적용한 후 전처리 및 발효공정 설비에서 발생하는 악취 변화를 측정하고자 하였다. 음식물 쓰레기 처리 공정 중 발생하는 악취의 원인물질 및 이 원인물질이 삼중염에 의해 분해 되는 메커니즘을 [Table 1]에 나타내었다.

악취의 실험은 기기를 이용한 분석이 아닌 10명

의 작업자 및 관리자가 관능실험을 실시하였으며 삼중염 적용 전, 후의 악취정도를 0부터 5까지 표시된 것 중 하나를 선택하게 하였다. 각각의 악취 측정 장소에서 작업자 별로 3회 관능측정을 하였으며 측정된 결과를 평균하여 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 삼중염으로 처리한 음식물 퇴비 중 KCl 전환율 측정

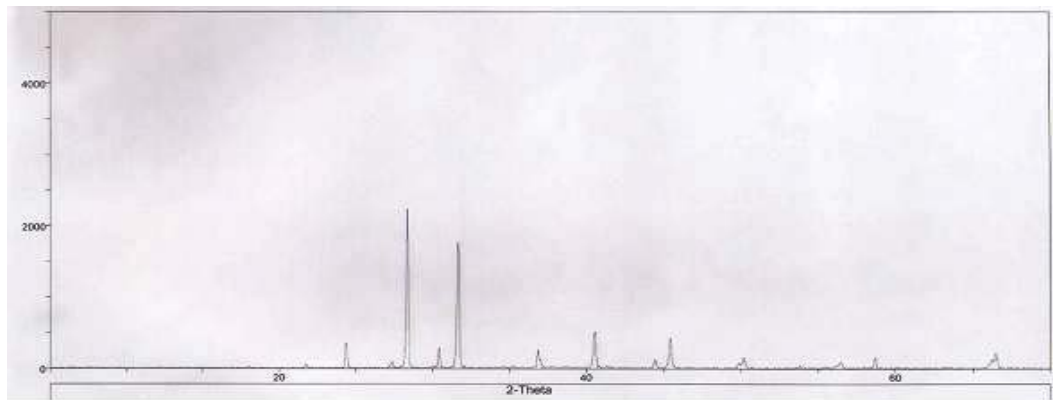
표준품 NaCl, KCl의 농도를 달리하면서 XRD를 측정하였으며 NaCl, KCl이 측정된 XRD spectrum은 [Fig. 3]과 같다.

XRD 분석 결과 음식물 퇴비에 함유된 NaCl과 KCl 양 및 NaCl의 KCl로의 전환율은 [Table 2]와 같다.

위의 [Table 2]에서와 같이 음식물 퇴비에 대하

[Table 1] Degradation Mechanism of an Foodwaste Odious Smell by Triple Salt

	Odious small	Chemical reaction
1	Ammonia (NH <sub>3</sub> )	2NH <sub>3</sub> + 3KHSO <sub>5</sub> → N <sub>2</sub> +3KHSO <sub>4</sub> +3H <sub>2</sub> O
2	Trimethylamine ((CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N + KHSO <sub>5</sub> → (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> NO + KHSO <sub>4</sub>
3	Hydrogensulfide (H <sub>2</sub> S)	H <sub>2</sub> S+KHSO <sub>5</sub> → S+KHSO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O
4	Methylmercaptan (CH <sub>3</sub> SH)	2CH <sub>3</sub> SH + 6KHSO <sub>5</sub> → 2CH <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> +6KHSO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub>
5	Dimethylsulfide ((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S + 3KHSO <sub>5</sub> → (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> +3KHSO <sub>4</sub>
6	Dimethyldisulfide ((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> )	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> + 2KHSO <sub>5</sub> → (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>2</sub> +2KHSO <sub>4</sub>



[Fig.3] XRD spectrum of extracted inorganic compound from food waste compost.

[Table2] Conversion rate and Amount of KCl from NaCl

Division	NaCl Content(wt%)	KCl Content(wt%)	Conversion rate(%)
Sample 1	46.4	30.1	39.35
Sample 2	38.5	29.2	43.13

여 무게비로 0.5wt%의 삼중염을 사용한 경우 41.24%의 NaCl이 KCl로 전환 되었다.

### 3.2 발효장 온도변화 측정

삼중염 적용 전, 후의 온도변화를 측정하기 위해

발효장 전단부터 후단까지 2m 간격으로 동일한 지점에서 삼중염 적용 전, 후의 온도변화를 측정하였다. 삼중염 적용 전, 후의 온도변화에 따른 발효조 상황을 발효장 전단은 [Fig. 4], [Fig. 5]에 나타 내었고, 발효장 후단은 [Fig. 6], [Fig. 7]에 나타



[Fig. 4] Front side state of fermentation zone before using triple salt(after 1day)



[Fig. 5] Front side state of fermentation zone after using triple salt(after 1day)



[Fig. 6] Back side state of fermentation zone before using triple salt(after 10days)



[Fig. 7] Back side state of fermentation zone after using triple salt(after 10days)

내었다.

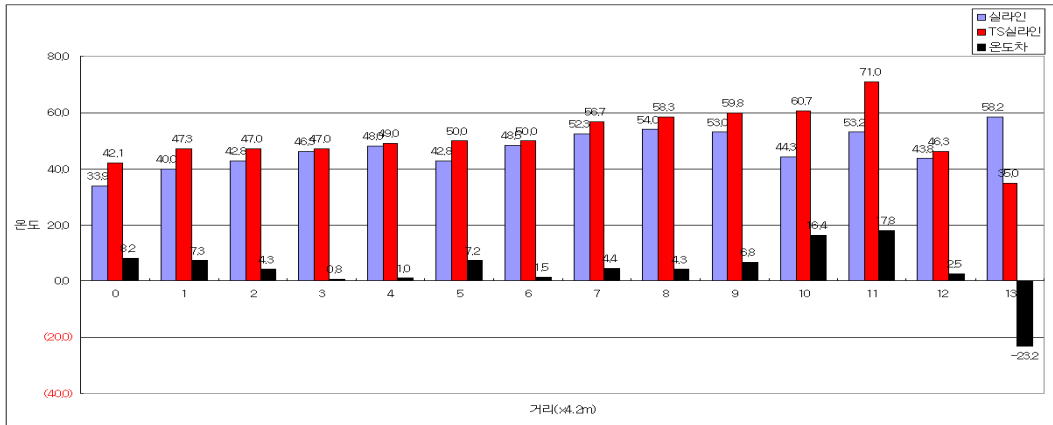
측정결과 삼중염 적용전과 비교하여 삼중염을 적용한 후 평균 5℃의 온도 상승이 관찰되었으며 온도 측정 결과는 [Fig. 8]과 같다.

또한 실제 라인에 삼중염 0.5%를 투여한 후 생산성 효율화 시험 결과, 기존 14~13일 공정에서 10~11일 만에 발효가 완료되었으며 생산 효율이 약 22~24% 정도 향상되어 생산성이 증대되었다.

### 3.3 삼중염 적용 전, 후의 악취 측정

음식물 쓰레기에 대해 삼중염을 0.5wt%비율로

적용한 후 전처리 및 발효공정 설비에서 발생하는 악취 변화를 관능검사를 통하여 측정하였다. 악취를 판단하기 위한 악취 정도를 [Table 3]에 나타내었으며 10명의 작업자 및 관리자가 수행한 관능 실험 결과는 [Table 4]에 나타내었다. [Table 4]와 같이 삼중염 투입전과 비교하였을 때 전처리 공정과 발효 공정에서 악취저감 효과가 있는 것을 알 수 있었으며 이는 삼중염의 유효성분인  $KHSO_5$ 가 악취 원인 물질을 분해하였기 때문에 나타난 결과로 판단 할 수 있다.



[Fig. 8] Comparison of temperature at the fermentation zone before and after using triple salt.

[Table3] The Sensory Test Level of Odor

Odor intensity	Odor sensor	설명
0	무취 (none)	상대적인 무취로 아무 냄새도 감지하지 못하는 상태
1	감지 취기 (threshold)	무슨 냄새인지는 알 수 없으나 냄새를 느낄 수 있는 정도의 상태
2	보통 취기 (moderate)	무슨 냄새인지 알 수 있는 정도의 상태
3	강한 취기 (strong)	쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새 (병원 특유의 크레졸 냄새 정도의 상태)
4	극심한 취기 (very strong)	아주 강한 냄새 (여름철에 재래식 화장실에서 나는 심한 정도의 상태)
5	참기 어려운 취기 (over strong)	견디기 어려운 강렬한 냄새로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도의 상태

[Table4] Results of Sensory Test

Odor intensity	Odor sensor	Pretreatment process		Fermentation process	
		add-before	add-after	add-before	add-after
0	무취 (none)				
1	감지 취기 (threshold)				
2	보통 취기 (moderate)				
3	강한 취기 (strong)	3	8		6
4	극심한 취기 (very strong)	5	2	3	4
5	참기 어려운 취기 (over strong)	2		7	

\* Triple salt

#### 4. 결론

본 연구는 음식물쓰레기 퇴비 중 함유된 염분을 효과적으로 제거하기 위한 방법을 현장적용실험을 통하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

KHSO<sub>5</sub> 43%, KHSO<sub>4</sub> 23%, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 32%로 구성된 삼중염을 물에 용해하여 음식물 퇴비와 반응시킨 결과 NaCl이 칼륨비료의 원료인 KCl로 전환됨을 XRD 분석을 통해 확인할 수 있었고, NaCl이 삼중염과 반응하여 KCl 전환율은 삼중염을 음식물 퇴비 대비 중량비로 41.24% 전환되었다.

실제 생산 현장에서 음식물 쓰레기에 삼중염을 0.5wt% 투입한 결과 발효장의 온도 변화는 삼중염을 투입하기 전과 비교하여 평균 5°C의 온도 상승이 관찰되었으며, 이러한 온도 상승은 염분 제거로 인해 호기성균이 활성화 되어 나타난 것으로 판단되며 실제 퇴비 생산 속도도 기존 14~13일 공정에서 10~11일 만에 발효가 완료되었으며 생산 효율이 약 22~24% 정도 향상되어 생산성이 증대되었다. 또한 음식물 쓰레기 악취의 원인 물질인 mercaptane류는 삼중염의 유효성분인 KHSO<sub>5</sub>가 효과적으로 분해하였기 때문에 삼중염 적용 전, 후를 비교해 보았을 때 전처리 공정과 발효 공정에서 악취저감 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과를 바탕으로 삼중염을 사용하여 음식

물 퇴비 중에 함유된 염분을 제거할 경우 기존 화학적 처리법에서 나타나는 유해한 물질이 발생하지 않을 뿐 아니라 식물 생장에 도움이 되는 KCl이 생성되므로 음식물 퇴비에 함유된 염분을 효과적으로 제거할 수 있는 방법이라고 판단된다.

또한 염분제거와 함께 염분제거로 인한 호기성균의 활성화와 음식물 쓰레기 처리공정에 있어 많은 민원을 야기하는 악취를 효율적으로 제거할 수 있어 생산성 향상 및 퇴비화 생산 공정의 악취저감에 대한 하나의 대안이 될 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. 한국폐기물학회, 폐기물처리 및 관리기술 개발 전략 수립에 관한 연구, p. 22 (2006).
2. 국립환경연구원, 유기성폐기물 종합관리기술 구축, p. 359 (2004. 5)
3. 정광용, "유기성 폐자원 비료화 방안", 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄, 한국토양비료 학회, pp. 48~90 (1995)
4. 농촌진흥청, "음식물 쓰레기 퇴비화 기술개발", p. 5 (1999).
5. 정국례, "서울시내 대중식사 중 식염함량에 대한 조사 연구" 한국식품과학회지. 19(6), pp. 475~479 (1987).

6. Flowers, T. J. and Lauchi, A. "Sodium versus Potassium : Substitution and compartmentation" , In 'Encyclopedia of Plant Physiology, New Series', Springer-Verlag, Berlin., Vol. 15B, pp. 651~681 (1983). 