

음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토

김필주, 장기운, 민경훈

충남대학교 농과대학 농화학과

Evaluation of the Stability of Compost Made from Food Wastes by the Fermenting Tank

Pil Joo Kim, Ki Woon Chang and Kyoung Hoon Min

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Chungnam National Univ.

ABSTRACT

To evaluate the stability of the compost made from food wastes, which were treated in the fermenting tank for 96 hours and then composted additionally in the static pile, physico-chemical properties and phytotoxicities were investigated.

When food wastes were treated in the fermenting tank for 96 hours at 55~60°C, there is the effect of decreasing about 60% of total weight and improving the storage and the handling. However, it is impossible to make the matured compost in the fermenting tank within 2~3 days, which is the operating condition recommended by manufacturers. To use compost in the agricultural field, after treating food wastes in the fermenting tank for 2~3 days, it needs to compost additionally in the static pile under the suitable fermenting condition over 6 weeks.

Keywords: Compost, Food Wastes, Fermenting tank, Static pile

초 록

고속발효기에 의해 처리된 음식물찌꺼기 퇴비의 부숙정도를 알아 보기 위해, 고속발효기 두대를 이용하여 추천 운영조건으로 96시간동안 음식물 찌꺼기의 퇴비제조 실험을 실시한 후, 2차적으로 고속발효기를 통해 처리된 처리품을 약 1루베 규모의 정체식 퇴비화 장치를 이용하여 퇴비화 적정조건으로 재차 퇴비화를 실시하면서 각 단계별로 처리품의 이화학적 특성 및 식물독성을 측정하여 퇴비의 부숙정도를 분석하였다. 고속발효기를 이용한 음식물찌꺼기의 퇴비화시 약 60%정도의 감량효과를 가져와 취급성이 좋은 처리품을 얻을 수 있었다. 이에 반해 음식물찌꺼기 혼합물의 초기분해만을 도모

할 뿐 2~3일만에 완숙퇴비 제조는 불가능하였고, 식물에 시용시 발아억제와 뿌리생장 장애를 유발시켰다. 고속발효기에서 얻어진 처리품을 재차 정체식 퇴비시설을 이용하여 부숙시 최소한 6주 이상 부숙을 시켜야만 완숙된 퇴비로서 이용할 수 있을 것으로 판단되었다.

핵심용어: 고속발효기, 퇴비화, 완숙퇴비, 정체식 퇴비시설, 식물독성, 조지방, 탄질율

1. 서 론

급속한 산업화와 문화수준의 향상으로 가정과 산업체에서 배출되는 폐기물의 양은 급격히 증가되고 있으며, 이에 대한 처리 문제가 하나의 심각한 사회 문제로 대두되고 있는 실정이다. 최근 쓰레기 종량제의 실시로 쓰레기의 감량화에 대한 관심이 대단히 높아지면서 가정에서 발생하는 폐기물중 대부분을 차지하는 음식물찌꺼기의 처리에 대하여 많은 관심을 갖게 되었다. 우리나라의 경우 1994년 9월부터 중대형 급식소 및 음식점에 대해서는 고속발효기 설치가 의무사항으로 규정되어 있다. 그러나 현재 설치 운영되고 있는 고속발효기로 제조된 퇴비의 품질에 대하여 많은 의문점이 제기되고 있는 실정이다.

각종 유기성 폐자원을 이용하여 농업적 재료인 퇴비를 생산하는 데는 감량화에 의한 처리처분을 위한 퇴비화(Waste Disposal Composting)와 농업재료로서 자원재활용을 위한 퇴비화(Resource Recovery Composting)로 크게 나누어 생각할 수 있다. 그러나, 퇴비화에 있어서 세계적인 추세는 농업재료로서 자원 재활용을 위한 퇴비화에 역점을 두고 있으며 퇴비화의 중요한 요소인 부숙도의 판정은 결국 토양에 시비되었을 때, 본연의 역할인 토양물리화학성의 개량효과를 극대화시키는 것이다. 식물의 발아와 생육에 장애를 주지 않는 완숙퇴비 생산을 위하여, 부숙단계에서 물리화학적, 생화학적 또는

식물독성 실험 등을 통하여 안정성을 찾는 것이다. 유기질 비료는 식물영양원, 토양의 물리화학성 개선과 식물의 생리적 특성 개선에 유용한 자원이다. 그러나 미부숙 퇴비의 잘못된 시용은 미부숙 유기물이 토양내에서 미생물에 의해 재분해되는 과정에서 발생하는 각종산과 가스에 의해 피해가 발생할 수 있으며, 실제 비닐하우스와 같은 시설재배단지에서 미부숙 퇴비에 의한 여러 피해사례가 보고되고 있다. 따라서 퇴비화를 통해 유기물을 농업용으로 사용하기 위해서는 완숙퇴비의 시용이 대단히 중요한 하나의 필수 조건이라 할 수 있다.

본 논문은 현재 의문점이 제기되고 있는, 고속발효기에 의해 처리된 음식물찌꺼기 퇴비의 부숙정도를 알아 보기 위해 시중에 시판 운영되고 있는 고속발효기 두대를 입수하여 제작사가 추천하는 운영 조건으로 96시간동안 음식물찌꺼기의 퇴비제조 실험을 실시한 후, 2차적으로 고속발효기를 통해 처리된 처리품을 약 1루베 규모의 정체식 퇴비화 장치를 이용하여 재차 퇴비화를 실시하면서 각 단계별로 처리품의 이화학적 특성 및 식물독성을 측정하여 퇴비의 부숙정도를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1 실험재료

음식물찌꺼기는 대전광역시 유성구의 유성온천 상가지역에서 여러종류의 중대형 대중음식점과 예식장에서 수거하였다. 이때 음식물찌꺼기

는 한식, 양식, 일식당에서 배출되는 잔밥 및 주방에서 배출되는 각종 유기성 쓰레기들로 구성되었다. 수거된 음식물 찌꺼기는 수작업으로 이물질을 분리 제거한 후 2mm의 대형 철사망 아래로 중력수를 약 1일동안 제거하였다. 중력수가 제거된 음식물찌꺼기는 수일간 비닐하우스 안에서 자연건조한 후 퇴비화에 이용하였다. 이때 부재료는 2mm~10mm사이의 수피를 선별하여 이용하였다. 각 원료의 이화학적 성질은 Table 1과 같다.

2. 2 실험방법

2. 2. 1 고속발효기를 이용한 퇴비화

시중에서 시판하고 있는 A사와 B사의 고속발효기 두대를 입수하여 96시간동안 총 6회 발효실험을 실시하였으며, 이때 고속발효기의 운영은 제작사의 추천조건인 온도 50~60°C로 조정하였으며, 통기는 감압형으로 실시하였다. 1회 발효실험시 음식물찌꺼기는 약 125kg 수피는 약 20kg을 사용하였다. 이때 중균제는 제작사의 추천품을 전체 음식물과 수피 무게의 0.2%를 사용하였다. 반응기의 온도를 높이기 전에 음식물, 수피 그리고 중균제의 완전한 혼합을 위해 약 8시간 동안 혼합후 1차 시료를 채취(R-0)후 승온하였다. 부속과정을 점검하기 위해 12시간(R-12), 24시간(R-24), 48시간(R-48), 72시간(R-72), 96시간(R-96)째 시료를 채취하여 자연건조후 35Mesh로 사분 후 분석을 실시하였다.

2. 2. 2 정체식 퇴비화 실시

고속발효기를 이용하여 총 6회에 걸쳐 처리된 발효품의 완숙여부를 확인하기 위해 1루베 규모의 정체식 퇴비화 시설을 이용하여 재차 부속실험을 1995년 2월 24일부터 4월 7일까지 6주동안 실시하였다. 10% 이하까지 건조된 발효품의 퇴비화 적정 수분함량 약 60%를 조정하여 완전 혼합후 야적을 실시하였다. 이때 시설은 비닐하우스 안에 설치하였으며, 이때 정체식 퇴비더미에서 뒤집기는 매 1주 간격으로 총 5회 실시하였으며, 시료채취는 최초혼합 투입후(PF-0), 1주일(PF-1), 2주일(PF-2), 3주일(PF-3), 4주일(PF-4), 5주일(PF-5) 그리고 6주일(PF-6)째 각각 시료를 채취하여 자연건조 후 35 Mesh로 사분 후 분석을 실시하였다.

2. 3 이화학적 조사

pH는 1:5처리법으로 처리가 곤란하여 1:10 방법으로 처리하였다. 총질소는 Kjeldahl법, 총탄소는 Tyurin법, 총인산은 Vanadate법, 그리고 총 K, Na, Ca, Mg는 HClO₄로 분해한 후 ICP/AES로 분석하였다. 조지방(Ether extract) 함량은 시료 약 20g을 원통여지(Whatman, No. 2800266)에 넣고 Soxhlet장치를 이용하여 6시간동안 Ethyl ether로 추출하였다. 추출이 끝난 Ether는 감압농축장치를 이용하여 증발시키고 105°C에서 건조하여 분석하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of composting materials.

Materials	pH (1:5)	T-N %	T-C %	C/N	P K Ca Na Mg				
					%				
Food wastes	5.4	2.3	32.7	14.2	0.8	1.5	5.2	1.6	0.4
Wood bark	5.6	0.1	35.2	35.2	0.1	2.3	1.9	0.2	0.1

2. 4 식물독성 조사

음식물 찌꺼기 퇴비시료의 물추출물 조제를 위해 퇴비시료 1g에 대해 증류수를 가한 다음 60°C에서 3시간동안 환류냉각하에서 추출하였다. 살균을 위해 추출물은 45m 막으로 여과하였다. 여액 6ml를 petri dish에 가한 후, 상추 및 배추 종자 20개씩을 3반복으로 파종하고 생육상내에서 온도 28°C, 습도 80%로 조절하면서 발아율과 뿌리생장율을 조사하였다. 이때 발아율 조사는 48시간후, 뿌리 생장율은 144시간후 각각 측정하여 대조구에 대한 백분율로 계산하였으며, Germination Index는 48시간 때의 발아율과 144시간 때의 뿌리생장율을 곱하여 계산하였다⁶⁾.

3. 결과 및 고찰

3. 1 퇴비화 과정중 온도 및 수분함량

온도조절기가 부착된 고속발효기내의 퇴비화 온도는 50~60°C를 유지하였으며, 그 이후 정체식 퇴비더미에서 퇴비화 과정중 뒤집기 시기 및 온도 변화, 그리고 두가지 퇴비화시설에서의 수분함량 변화는 그림 1에 나타내었다.

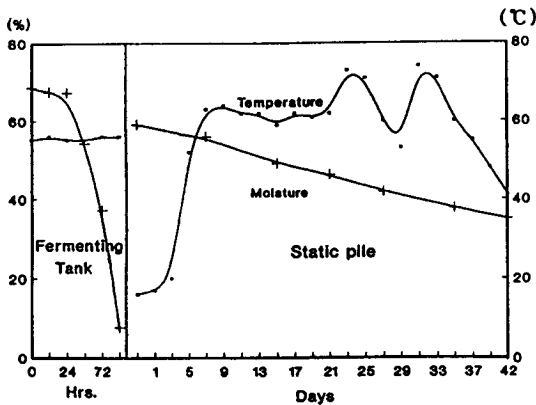


Fig. 1. Changes of temperature and moisture content during the composting process of the food wastes.

고속발효기에서 수분함량의 변화는 최초 68.5%에서 4일후 10% 이하까지 감소 하였으며, 이로 인한 약 60%정도의 감량효과를 얻을 수 있었다.

정체식 퇴비더미에서 부숙실험을 1995년 2월 24일부터 시작하였기 때문에 초기온도는 외부온도의 영향으로 인해 온도상승이 비교적 느리게 진행되었다. 5일째 온도가 급상승하여 51°C까지 올라가 그 이후 지속적인 온도상승이 유지되었다. 7일째 1차 뒤집기후 약 하루만 온도가 60°C까지 크게 상승하였으며, 이때 미생물의 활동이 활발하게 진행됨을 알 수 있었다. 겨울철의 대기온도가 풀리기 시작한 3월초, 즉 퇴비화 23일째, 퇴비더미의 온도가 73°C까지 올라가 그 수준이 약 1주일간 유지되었다. 그리고 50°C 이상의 고온유지는 33일째까지 계속 유지되었으며, 그 이후 서서히 하강하기 시작하여 제 5차 뒤집기를 실시한후에는 더이상의 온도상승은 볼수 없었다.

이와 같이 온도가 크게 상승하는 것을 보아 고속발효기에서 감량처리된 음식찌꺼기는 사실상 퇴비화가 되지 않았음이 입증되었다. 농업용으로 사용할 완숙퇴비 제조를 위해서는 퇴비화 조건을 다시 맞추어 상당기간 퇴비화 과정이 필요함을 알 수 있었다.

3. 2 퇴비화 과정중 이화학적특성 변화

퇴비화 과정중 이화학적 변화는 다음의 Table 2와 같다.

3. 2. 1 pH 변화

음식물찌꺼기의 혼합원료에 대한 최초의 pH는 5.9로 산성을 보였다. 이는 음식물찌꺼기의 수거, 탈수 및 자연건조과정에서 발생하는 산패로 인한 영향으로 판단된다.

일반적으로 퇴비화과정중 부숙화가 진행되면

pH는 점차변화되어 중성범위에서 안정화되는 경향을 보이며,⁵⁾ 이러한 pH변화는 대략적인 퇴비의 부숙도를 평가하는 자료로 이용되기도 한다.

고속발효기내에서 처리된 발효품의 pH는 5.5~5.6 수준의 산성범위였으며, 이는 분해과정중 생성되는 유기산의 영향으로 판단되며, 효과적인 부숙이 되지않았음을 나타내는 하나의 지표가 될 수 있다. 그러나 정체식 퇴비더미의 pH변화는 최초의 5.8에서 서서히 증가하여 퇴적식 퇴비화 6주째(PF-5)에서 pH가 7.5까지 지속적인 상승을 볼 수 있었다. 이상의 결과를 종합해 볼때 음식물찌꺼기의 부숙은 간이 퇴비화시설로 2~3일만에 완료되기는 사실상 곤란하며, 정체식퇴비화 시설에서도 최소 3주 이상의 시간이 필요함을 알수 있었다.

3. 2. 2 총탄소, 총질소 및 탄질율

퇴비화 과정중 탄소함량은 지속적으로 감소하

는 경향이 있으며, 이는 미생물에 의한 활발한 분해과정중 생성되는 CO₂가 대기중으로 휘산하기 때문이다²⁾. 고속발효기에서 음식찌꺼기 혼합물의 총탄소 함량은 40.7%에서 약 35%까지 지속적인 감소를 보였으며, 이는 미생물의 활동에 의한 유기물의 분해가 진행되었음을 나타낸다. 정체식 퇴비더미에서 총탄소의 함량은 약 30%까지 꾸준히 감소하였다.

반면에 질소함량은 최초단계의 혼합 원료에 비해 고속발효기와 정체식 퇴비더미에서 모두 서서히 감소되었다. 이는 실제적인 질소함량의 증가이기 보다는 퇴비화 과정중 퇴적물의 감량화에 의한 상대적인 질소 증가로 해석된다. 퇴비화 과정중 이러한 질소원은 암모니아 가스를 통한 손실 또는 강우에 의한 용탈이 없는 한 거의 손실이 없는 것으로 보고되어 있다³⁾. 한편 탄소의 꾸준한 감소와 질소의 상대적 증가 현상으로 최초 혼합원료의 C/N을 19.4가 간이퇴비화 시설에서 15.6까지 감소 하였다. 이 결과로

Table 2. The changes of physico-chemical properties during the composting process of the food wastes.

Samples	pH (1:10)	T-C %	T-N %	C/N ratio	Ether extract	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	
						%						
Fermenting tank (Hours)	R- 0	5.9	40.7	2.1	19.4	13.7	0.33	0.49	1.54	0.18	0.86	0.31
	12	5.5	38.1	2.1	18.1	13.5	0.41	0.57	2.15	0.20	0.85	0.30
	24	5.6	37.2	2.2	16.9	13.4	0.43	0.60	2.24	0.20	0.91	0.31
	48	5.6	35.6	2.2	16.2	13.1	0.44	0.62	2.44	0.22	1.07	0.33
	72	5.5	35.0	2.2	15.9	12.1	0.49	0.61	2.57	0.22	1.06	0.36
	96	5.6	38.9	2.5	15.6	11.7	0.51	0.64	2.77	0.23	1.08	0.36
Static Pile (Weeks)	PF- 0	5.8	36.2	2.4	14.9	9.3	0.51	0.67	2.80	0.22	1.19	0.35
	1	6.2	35.7	2.6	13.8	8.9	0.52	0.68	2.88	0.25	1.21	0.41
	2	6.7	35.1	2.6	13.5	7.2	0.53	0.68	3.12	0.25	1.37	0.43
	3	7.2	35.4	2.7	12.9	6.7	0.51	0.71	3.15	0.25	1.36	0.44
	4	7.3	33.3	2.7	12.3	5.2	0.58	0.69	3.30	0.28	1.40	0.43
	5	7.3	30.1	2.8	10.8	5.1	0.64	0.71	3.76	0.27	1.45	0.49
	6	7.5	30.2	2.8	10.8	5.1	0.65	0.70	3.80	0.29	1.47	0.47

볼 때, 고속발효기내에서도 약간의 부숙이 진행되고 있음을 알 수 있었다. 정체식 퇴비더미에서도 비슷한 경향으로 감소하여 10.8까지 감소하였다.

최초 혼합원료의 C/N율이 19.4에서 최종단계인 PF-5에서 10.8 수준까지 감소하여 최종/최초 C/N율이 55.6% 수준으로 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 이결과는 Jimenez 및 Garcia¹⁾에 의해 보고된 최종/최초 C/N을 판정법을 기준으로 볼 때, 음식물찌꺼기의 최종퇴비는 어느 정도 안정화가 된 것으로 판단된다.

3. 2. 3 조지방(Ether extract) 함량

조지방(Ether extract)함량은 고속발효기 처리품에서 최초 13.7%에서 11.7%까지 서서히 감소하였으며, 정체식퇴비화 과정에서 급격히 감소되어 약 5% 수준까지 감소하였다. 음식물찌꺼기는 각종 유지류와 생선, 육류 등이 혼합되어 있어 많은 조지방을 함유하고 있는 특징을 갖고 있다. 따라서 분해되지 않은 음식물찌꺼기가 토양중에 사용되었을 때 지방류는 토양의 입단파괴, 토양표면의 피복 등으로 인한 토양내 공기의 유통을 방해하고, 이로 인한 작물근권 환경을 혐기상태로 유지하여 작물생장을 억제할 가능성을 안고 있다. 이외에도 우기에 유실수에 의한 하천의 오염, 침출수에 의한 지하수계 오염 유발 가능성을 배제할 수 없다. 지방성분의 분해과정과 토양 및 작물에 미치는 영향에 대해서는 좀더 구체적인 연구와 세밀한 조사가 요구된다.

3. 2. 4 Na함량 변화

음식물찌꺼기의 퇴비화를 통한 농업적 이용에 있어 가장 어려운 점은 원료 중 과다염류이며, 이러한 문제점은 음식물찌꺼기가 갖는 특수성이라 할 수 있다. 최초 음식물찌꺼기 혼합원료중

Na 함량은 0.89% 이었으며, 퇴비화가 진행되면서 계속적으로 증가되어 1.45%까지 증가되었다.

퇴비의 부숙이 더욱 더 진행됨에 따라 Na의 함량은 더 증가될 것으로 보인다. 결과적으로 높은 함량의 Na는 농업적으로 장기 연용시 염의 집적을 일으킬 수 있을 정도의 충분한 양이며, 음식물찌꺼기의 농업적 이용을 위해서는 염의 농도를 희석할 수 있는 적절한 부재료와 혼합하여 제2차 퇴비화를 기하거나, 염해의 우려가 없는 토양이나 식물에 사용해야 할 것이다.

3. 3 식물독성평가

식물독성 시험은 음식물찌꺼기 퇴비의 부숙도와 식물에 대한 안정성을 동시에 평가할 수 있는 적절한 부숙도 평가방법으로 인정되어 왔다. 부숙과정중 음식물찌꺼기 퇴비의 식물독성을 조사하기 위해, 비교적 외부의 불리한 환경에 대해 저항성이 강한 배추와 저항성이 약한 상추를 선발하여 발아율과 뿌리생장을, Germination Index를 조사하였으며, 결과는 Table 3과 같다.

시료 1g에 대해서 25ml의 증류수를 가하여 환류냉각하에서 얻은 물추출물을 이용하여 배추와 상추에 대하여 발아율을 조사한 결과, 배추는 모든 처리구에서 90% 이상의 발아율을 보였으나, 저항성이 약한 상추는 고속발효기에서 96시간 처리한 모든 시료와, 정체식 퇴비시설에서 1주까지 부숙시킨 퇴비 시료에서 발아가 되지 않았다. 정체식에서 2주째 부숙된 퇴비시료에서 약 6% 그리고 시간이 경과함에 따라 점점 증가하여 6주째 약 41%의 발아율을 보였다. 이는 발아율에 영향을 미치는 인자는 염의 농도보다는 미부숙으로 인해 발생하는 유해성의 분해중간물질로 인한 독성유발로 해석된다.

뿌리의 생장율은 배추가 고속퇴비화기에서 최초의 혼합물과 12시간 경과한 처리품에서는 대

Table 3. Effect of the water extract of compost made from food wastes and on seed germination(48 hrs.) and root elongation(144 hrs.) of *Brassica campestris* and *Lactuca scariola*. (% of Control)

Samples	Germination ratio		Root elongation		Germination index		
	<i>Brassica</i>	<i>Lactuca</i>	<i>Brassica</i>	<i>Lactuca</i>	<i>Brassica</i>	<i>Lactuca</i>	
Fermenting tank (Hours)	R- 0	100	0	38.5	0	38.5	0
	12	90	0	39.5	0	33.6	0
	24	90	0	31.5	0	28.4	0
	48	80	0	26.6	0	21.3	0
	72	90	0	11.0	0	9.9	0
	96	95	0	1.2	0	1.1	0
Static Pile (Weeks)	PF- 0	95	1.7	8.3	4.6	7.9	0.1
	1	95	3.3	30.0	6.8	28.5	0.2
	2	95	5.9	32.8	21.0	31.2	1.2
	3	95	11.8	37.4	27.3	35.5	3.2
	4	95	23.5	49.0	46.4	46.6	10.9
	5	95	35.3	76.7	48.3	72.9	17.0
	6	95	40.9	85.3	51.4	81.0	21.0

조구에 비해 약 38.5~39.5% 정도의 성장을 보였으며, 시간이 경과함에 따라 성장율이 감소하여 96시간 처리품에서는 대조구에 비해 거의 성장이 없음을 관찰하였다. 이는 최초 음식물찌꺼기는 사람이나 동물이 섭취할 수 있을 정도로 신선하였기 때문에 배추의 성장에 해가 적었으며, 부숙이 진행됨에 따라 부숙 중간물질에 의해 후기에는 독성이 유발되어 생육저해를 유발시킨 것으로 판단된다. 정체식에서의 처리품의 경우 초기 즉, 1주까지는 거의 뿌리의 성장이 없었으며, 부숙이 점점 진행됨에 따라 뿌리의 성장율이 증가하여, 6주째는 대조구의 약 81% 수준까지의 생육을 보였다. 상추의 경우에는 고속발효기 처리품 전체와 정체식에서의 1주까지에서는 거의 뿌리생육이 없었다. 2주째 부터 뿌리의 성장율은 서서히 증가하기 시작하여 6주째는 대조구에 비해 거의 51% 수준까지의 뿌리성장율을 보였다.

발아율과 뿌리의 성장율을 곱하여 대조구 기

준으로 하여 계산한 G.I. 값의 변화를 보면, 퇴비화 과정중 초기 고속발효기 처리품에서 배추의 경우 약 38 수준으로 높은 수준을 보이다가 시간이 지나면서 서서히 감소하여 96시간 경과 후에는 거의 0의 수준을 보였다. 정체식에서는 4주 경과후 약 50을 보였다. 그리고 6주째에는 81수준을 보였다. 일반적으로 G.I. 값이 50이상이면 퇴비로서 사용이 가능하며¹⁾, 80이상일 때는 완숙퇴비로 평가되는⁴⁾ 것으로 보아 약 4주 이후에는 퇴비로서 사용이 가능할 것으로 판단되며, 6주 이후에는 완숙퇴비 제조가 된것으로 판단된다.

4. 결 론

결론적으로 이상의 결과를 종합해 볼 때, 고속발효기를 이용한 음식물찌꺼기의 퇴비화시 약 60%정도의 감량효과를 가져와 취급성이 좋은 처리품을 얻을 수 있었다. 이에 반해 음식물찌꺼

기 혼합물의 초기분해만을 도모할 뿐 2~3일만에 완숙퇴비 제조는 불가능하였고, 식물에 사용시 발아억제와 뿌리생장 장애를 유발시키는 결과가 나타났다. 정체식 퇴비시설을 이용하여 고속발효기에서 얻어진 처리품을 재차 부숙시 최소한 4주 이상은 부숙을 시켜야 퇴비로서 이용할 수 있으며, 6주 이상을 부숙시켜야 완숙퇴비 제조가 가능할 것으로 판단되었다. 따라서 고속발효기에서 2~3일간 처리된 제품은 감량화 수단으로 이용하고, 이들 생산품은 다시 사용목적에 따른 대형화 퇴비를 생산할 때 퇴비원료로 사용되어야 한다.

참 고 문 헌

- 1) Jimenez, E.I. and V.P. Garcia. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: A Review. *Biological Wastes*. 27:115-142.
- 2) Levi-Minzi, R. and R. Riffaldi. 1988. Chemical differences between fresh and composted municipal wastes. *Agricultura Mediterranea*. 118:273-279.
- 3) Riffaldi, R., R. Levi-Minzi, et al. 1992. Evaluating garbage composting. Part I. Solid phase analysis. *Biocycle*, January. pp. 66-69.
- 4) Saviozzi, A., R. Levi-Minzi, et al. 1992. Evaluating garbage composting. Part II. Biochemical transformation. *Biocycle*, February, pp. 72-74.
- 5) The Composting Council. 1993. Composting facility operating guide. The Composting Council, Alexandria, Virginia. pp. 160-165.
- 6) Zucconi, F., A. Pera, et al. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, March/April, pp. 54-57.