

음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정중 이화학적 특성의 변화

장기운, 이인복, 임재신*

충남대학교 농화학과,• 한국과학기술원

Changes of Physico-chemical Properties during the Composting of Korean Food Waste

Ki-Woon Chang, In-Bog Lee and Jae-Shin Lim*

College of Agriculture, Chungnam Nat'l University

*Dept. of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

ABSTRACT

This study was conducted to estimate the stabilization degree of compost which made from Korean food wastes. To make the compost, food wastes were mixed with dried paper sludge, sawdust and the rotten wood waste which had cultivated mushrooms, and then mixture was composted in 1.1m³ of chamber which installed with the blower for maintaining the aerobic condition. Y value, EC and pH were changed remarkably for the early stage of composting.

These changes showed that the compost of food wastes could be stabilized within 30~35 days and that the substrate, food wastes, can be easily used as energy source for microorganisms. Although these phyico-chemical properties indicated that food wastes could be composted within 30 days during the composting, the temperature of pile maintained over 50°C for 80 days, and C/N ratio decreased gradually for over 50 days.

In conclusion, more than 50 days were required to stabilize the compost of food wastes.

Keywords: Compost, Food Wastes, Composting, C/N ratio

요 약

음식물찌꺼기를 1.1m³ 규모로 퇴적하여 강제 송풍방식으로 80일 이상 호기적 퇴비화를 실시하였으며, 퇴비화기간 동안 몇가지 이화학적인 특성을 조사하였다.

음식물찌꺼기의 퇴비화 과정중 색도 및 탄질율의 변화를 분석한 결과, 음식물찌꺼기의 유기성 물질들은 신속하게 분해되어 약 30일이면 안정화에 도달하는 것으로 보인다. 그러나 pH는 40일 이후에 중성범위에서 안정화되고, 원형여지크로마토그램은 45일 이후에 특징적인 변화가 나타났으며, EC값은 50일이 경과한 후 안정화에 도달하는 것으로 평가되었다. 이러한 결과들은 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 안정화 평가를 위해서는 몇 가지 이화학적인 특성을 종합적으로 고려해야 함을 의미하는 것으로 판단된다.

핵심용어: 음식물찌꺼기, 호기적 퇴비화, 이화학적 특성, 안정화

1. 서 론

음식물찌꺼기는 93년 기준으로 국내의 전체 쓰레기 발생량중 31% 수준에 이르고 있다. 이처럼 막대한 양에 해당되는 음식물찌꺼기는 현재까지 주로 매립 또는 소각에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 처리방식은 유용한 유기성 자원의 낭비 뿐만이 아니라 토양 및 지하수에 대하여 제 2차적인 오염원으로 작용할 가능성이 높다. 따라서 음식물찌꺼기를 최대한 사료화 또는 퇴비화하여 매립 또는 소각에 따른 부차적인 문제점 발생을 줄이려는 시도가 필요하다고 본다.

이러한 노력의 일환으로 음식물찌꺼기의 퇴비화를 위한 시도는 매우 중요하고 시급한 과제라고 생각된다. 국내의 토양중 상당부분은 유기물이 절대적으로 부족한 실정이므로 다량으로 배출되는 유기성 폐자원을 퇴비화하여 토양에 활용하는 것은 환경문제와 농업문제를 동시에 해결할 수 있는 가장 적절한 방법일 것이다.

한편 퇴비화 기술에 있어서 중요한 부분중의 하나는 퇴비의 안정성을 평가하기 위하여 부숙도를 판정하는 기술이다. 그러나 퇴비에 대한 부숙도 판정법은 각 퇴비원료의 물리화학적 특성에 따라 다소 다르고, 그 기술 또한 용이치 않으므로 대개의 국내 생산업체에서는 단순히 냄새, 색깔 등의 관능적 측정법(Know-how)에 의존하고 있다. 유기질비료는 식물영양원, 토양

의 물리화학성 개선, 생물적 특성개선, 기타 재해방지의 역할을 담당하지만 미부숙 퇴비의 잘못된 사용은 H_2S 나 NH_3 가스 등을 유발시켜 작물생육에 막대한 피해를 주므로 사용농가가 선의의 피해를 볼 우려가 있다. 그 때문에 음식물찌꺼기를 퇴비화 할 때에는 이에 적용이 가능한 부숙도 판정법을 수립하는 것이 중요하며, 이는 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비제조시 부숙도를 정확히 판단하여 제품의 안정성과 효용성을 보장하기 위한 기초자료로 이용할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 대전 시내에 있는 식당에서 수거한 음식물찌꺼기를 퇴비화 하였으며, 퇴비화 과정중 이화학적 특성을 조사하여 부숙도를 평가한 결과를 보고하고자 한다.

2 재료 및 방법

2. 1 재료

음식물찌꺼기 퇴비화를 위하여 사용된 원료는 대전 인근에 소재한 교도소에서 수거한 잔밥으로 밥찌꺼기와 채소류가 균일하게 혼합되어 있는 원료를 이용하였다. 수거 잔반은 2mm 대형 망으로 중력여과하여 1차 탈수후 수일간 계속적으로 자연 건조하였다. 부재료로 이용한 톱밥은 목재소에서 생산된 육송톱밥을 사용하였으며, 버섯폐목을 절단기로 분쇄한 후 2mm체를 통과한 것은 탄소원으로, 그리고 10mm체를 통과하지 않은 것은 bulking agent로 사용하였다. 제

지슬러지는 화장지 제조업체에서 생산되는 D회사 슬러지를 대형건조기로 탈수한 건조 슬러지를 사용하였다. 본 퇴비제조에 사용한 재료에 대한 이화학적 성질은 표 1과 같다.

2. 2 퇴비화 방법

건물중을 기준으로 음식물찌꺼기 489kg, 건조 제지슬러지 125kg, 톱밥 19kg, 버섯폐목 32kg을 혼합하여 최종 수분은 67%, 그리고 C/N율은 24.8로 조정한 다음, 전체부피에 대하여 40%의 wood chip을 넣고 균일하게 재혼합한 후, 1.1m³ 규모의 static pile에서 강제송풍방식으로 퇴비화를 실시하였다.

퇴비화 과정 동안 1일 20분간 1회씩 강제송풍을 실시하였으며, 퇴비화 과정 전기간 동안 6회의 뒤집기를 하였다. 뒤집기는 일정한 간격으로 실시하지 않고, 온도의 감소폭이 뚜렷한 시기에 행하는 것을 원칙으로 하였다.

2. 3 시료채취 및 조제

시료는 퇴적물더미의 여러 부위에서 채취하여 충분히 혼합한 후, wood chip은 수작업으로 선별하여 제거한 다음 음지에서 풍건한 후 0.5mm 및 2mm 체를 통과할 수 있도록 분쇄하여 분석시료로 이용하였다. 시료는 5일 간격으로 채취하였고(FW-30 처리구는 10일후, 그리고 FW-65와 FW-80은 15일후 채취), 퇴비화는 90일간 수행하였으며, 퇴비화 기간중 뒤집기는

6회(각각 4, 27, 39, 47, 63, 78일째) 실시하였다.

2. 4 이화학특성 조사

pH는 1:10법, EC는 포화용액 침출법¹⁾, 총 질소 및 수용성 질소는 Kjeldahl법, 총탄소는 Tyurin법, 총인산은 Vanadate법, 그리고 총 Na, K, Ca 및 Mg은 HClO₄ 분해후 원자흡광도계로 분석하였다. 수용성 탄소는 TOC Analyzer(Beckman Industrial, Model 915-B), 총당은 phenol-sulfuric acid법, 그리고 환원당은 DNS법으로 측정하였다.

퇴적물더미 내부의 온도와 대기의 온도는 자동온도 기록장치(Yokogawa model 4156)를 이용하여 지속적으로 측정하였고, 색도는 풍건 후 1mm체를 통과할 수 있도록 잘게 분쇄한 후 색도계(Hunter Lab model D 25 optical sensor, Hunter Associates Laboratory, INC.)로 측정하였으며, 원형여지 크로마토그래피법은 Inoko의 방법²⁾에 준하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 퇴비화 과정중 온도변화

음식물찌꺼기 혼합원료의 퇴비화 과정 동안의 뒤집기 및 온도변화는 그림 1에 나타내었다. 퇴적물의 온도는 2일째 급상승하여 52°C까지 상승하였으나, 3일째 이후 다시 하락하여 퇴비화가

Table 1. Chemical properties of raw materials used.

Materials	pH (1:10)	T-N %	T-C %	C/N ratio	P	K	Ca %	Mg	Na
Food waste	5.2	2.2	36.6	16.3	1.0	5.0	3.1	1.4	1.6
Sawdust	5.4	0.1	43.5	310.7	0.1	2.1	0.1	0.1	0.1
Wood waste	5.7	0.4	34.3	98.0	0.1	2.8	2.3	0.3	0.1
Paper sludge	7.4	0.7	17.8	25.4	0.3	0.2	3.9	2.1	0.1

진행한 지 4일째 되던 날 첫번째 뒤집기를 실시하였다. 최초의 뒤집기 이후 온도는 급상승하여 55~65°C 범위의 고온 유지가 지속되었고, 한동안 온도의 하강현상은 관찰되지 않았다. 그러나 온도의 하강이 나타나지는 않았으나, 20여일 이상 뒤집기를 실시하지 않아 퇴적물 내부에 축적된 악취물질을 제거하고, 퇴적물의 혼합 및 산소공급을 위하여 27일째 두번째 뒤집기를 실시하였다. 이후 퇴적물의 온도는 더욱 상승하여 80°C 이상을 기록한 뒤 서서히 감소하여 38일째에는 38°C 수준까지 크게 떨어졌다. 그 때문에 39일째에는 세번째 뒤집기를 실시하였고, 그 뒤집기를 실시한 직후인 40일째에는 92°C까지 급상승하는 경향을 보였으나 그 후 점차 퇴적물의 온도는 다소 감소하는 경향이었다. 47일째 네번째 뒤집기를 실시한 후 온도는 다시 상승하였으나, 이후 단계들에서는 온도의 상승폭은 점차 저하되는 현상이었으며, 이러한 경향은 분해가 용이한 유기물이 상당부분 분해소실된 때문으로 생각된다.

결론적으로 음식물찌꺼기 자체는 비교적 분해가 용이한 특성이 있어 퇴비화 초기과정의 고온 유지에 주도적으로 작용했을 것으로 추정되고,

후기과정의 고온유지는 비교적 분해가 완만한 제지슬러지, 버섯폐목 또는 톱밥 등에 의한 것으로 생각된다.

3. 2 퇴비화 단계별 색도 측정

퇴비화 과정중 퇴적물은 점차로 암색화되어 가는 특성이 있으며, 이러한 갈변현상에 대한 기구는 현재에도 명확하지는 않으나 amino-carbonyl 반응 또는 Maillard 반응 등의 복잡한 과정을 포함하고 있는 것으로 추정하고 있다⁸⁾. 이와 같은 퇴적물의 색도측정법은 일종의 비파괴 분석법으로서 신속하고 용이한 측정이 가능한 장점이 있으며, 음식물찌꺼기 혼합원료의 퇴비화 과정중 색도의 변화는 그림 2에 제시하였다.

퇴비화 과정중 최초 혼합원료의 Y값은 24.91이었는데, 이러한 Y값은 퇴비화 과정의 초기부터 급격히 감소함으로써 갈변화의 진행이 매우 신속하게 일어나는 것으로 나타났다. 20일 후인 FW-20 단계에서는 12.01의 수준까지 감소하였으며, 이후 지속적으로 감소하여 최종에는 3.47의 수준까지 크게 떨어졌다.

FW-20 단계 이후의 급격한 환원당의 감소와 Y값의 현저한 저하 사이에는 상관성이 있을 것으로 추정된다.

한편 Sugahara와 그의 연구자들은 도시쓰레기를 대상으로 한 퇴비화 연구에서 Y값이 11~13 사이일 때 부숙이 완료된 것으로 판정한 바 있다⁹⁾. 본 음식물찌꺼기 퇴적물을 Sugahara의 색도 판정법에 적용시 약 20일 후인 FW-20 단계를 완숙시기로 판정할 수 있으나, FW-20 단계 이후에도 Y값의 감소폭이 현저한 것으로 보아 명확한 단정은 어려울 것으로 판단된다. 또한 음식물찌꺼기의 화학성분에는 탄소원인 당류와 질소성분이 많아 단기간의 고온유지에 의해서도 갈변이 쉽게 일어나는 특성이 있어 색도변화 만으

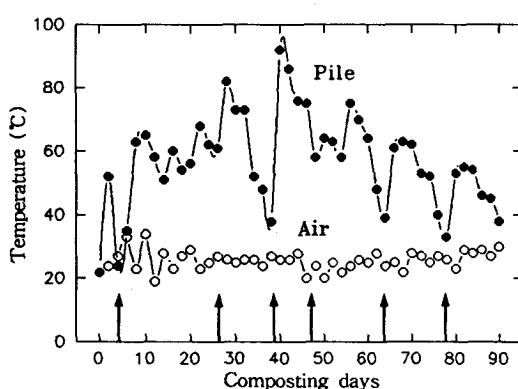


Fig. 1. Change of temperatures during composting Korean food waste. ↑; turning time.

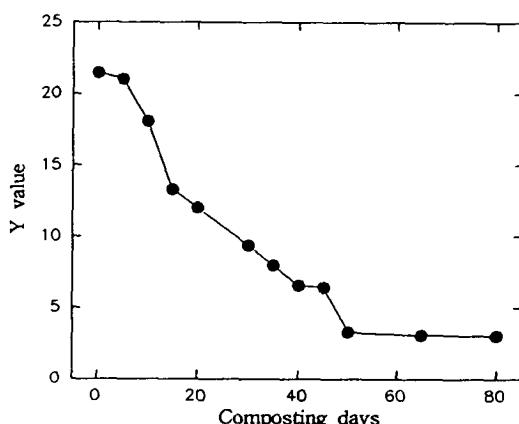


Fig. 2. Change of Y value during composting of Korean food waste.

로는 적절한 부숙도의 평가가 어려울 것으로 판단된다.

3. 3 퇴비화 과정중 화학적 특성의 변화

퇴비화 과정중 단계별로 채취한 시료들을 분석하여 얻은 화학적 특성에 대한 변화는 표 2에

제시한 바와 같다.

pH

음식물찌꺼기의 혼합원료에 대한 최초 pH는 5.05로서 산성이었다. 이는 음식물찌꺼기의 수거 및 탈수과정 동안 높은 기온으로 인해 산폐 또는 변질이 일어났음을 의미하고, 산폐과정 동안 생성된 유기산들이 혼합원료에 대한 pH 저하의 주요 원인으로 판단된다. 그러나 일반적으로 퇴비화 과정중 부숙화가 진행되면 pH는 점차로 교정되어 중성범위에서 안정화되는 경향을 보이며⁶⁾, 이러한 pH 변화는 대략적인 퇴비의 부숙도를 평가하는 자료로 이용되기도 한다.

pH의 감소는 주로 유기산의 생성에 기인하는 것으로 알려져 있으며⁶⁾, 이러한 낮은 pH는 퇴비화 초기부터 20일째인 FW-20 단계까지 지속되는 경향이었다. 그러나 뒤집기를 실시한 직후인 FW-30 단계에서는 pH가 7.02로 현저한 상승을 보였으며, 그 후 퇴비화 과정 후기까지

Table 2. Change of chemical properties during composting of Korean food waste.

Stages of composting	pH (1:10)	EC (mS/cm)	T-C %	T-N %	C/N ratio	WS [*] -N %	WS-TOC %	Total sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	Ash %
FW-0	5.05	39.0	35.4	1.43	24.8	1.05	11.4	338	10.4	21.3
FW-5	4.82	39.6	33.3	1.56	21.3	1.12	12.0	320	10.8	22.3
FW-10	4.99	36.4	32.4	1.76	18.4	1.08	12.4	294	11.4	22.9
FW-15	5.04	34.7	32.3	1.89	17.1	1.09	12.9	272	12.8	21.9
FW-20	5.07	35.1	32.7	2.03	16.1	1.06	13.0	264	14.8	23.8
FW-30	7.02	31.5	31.1	2.04	15.2	0.93	8.6	170	9.0	27.6
FW-35	7.22	44.4	30.8	2.22	13.9	0.95	9.2	164	8.8	29.8
FW-40	7.50	43.6	27.5	2.17	12.7	0.91	7.4	142	5.8	31.2
FW-45	7.58	46.0	26.1	2.06	12.7	0.92	6.0	86	2.0	32.5
FW-50	7.55	47.0	25.6	2.05	12.5	0.88	5.1	75	1.5	33.1
FW-65	7.45	47.9	24.1	2.04	11.8	0.88	4.7	68	1.2	33.4
FW-80	7.40	48.2	23.8	2.00	11.9	0.89	4.4	62	0.9	33.6

* WS : water soluble.

pH는 중성범위를 나타내었다.

퇴비화 초기과정중 상당기간 동안 낮은 pH를 나타내는 것은 약 20여일 동안 뒤집기를 하지 않아 퇴적물 내부에서 생성된 유기산들이 효율적으로 제거되지 못했던 때문으로 추정된다. 이는 FW-20과 FW-30 단계의 중간인 27일째 뒤집기를 실시한 후로 크게 상승한 pH가 그러한 해석을 뒷받침해 준다.

EC

음식물찌꺼기 혼합원료의 EC값은 39.0 mS/cm로서 염류의 농도가 현저하게 높은 것으로 나타났는데, 이는 음식물중에 다량 사용되는 식염의 영향때문으로 추정된다. 퇴비화 초기동안 높은 EC값은 서서히 감소되는 경향으로서 30일째에는 31.5mS/cm 수준까지 감소하였다. 이와 같이 퇴비화 초기동안 지속적인 탄소손실에 의한 감량화에도 불구하고 EC값이 저하되는 것은 EC값에 영향을 미치는 염류들이 탄소원으로 이용된 제지슬러지 또는 버섯폐목 등에 흡수되어 EC 측정을 위한 포화용액중으로 추출되지 않은 때문으로 추정된다. 또한 퇴비화 초기과정 동안에는 미생물의 기질로서 비교적 분해가 용이한 음식물찌꺼기가 이용되었을 것이므로 분해가 다소 느린 톱밥, 제지슬러지 또는 버섯폐목과 같은 탄소원들은 덜 분해된 상태로 남아 가용성 염류들을 흡수하고 있을 것이다. 그러나 비교적 분해가 용이한 음식물찌꺼기들이 상당히 안정화되었을 것으로 추정되는 30일 이후에 퇴적물의 온도는 다시 한번 크게 상승하여 90°C 수준까지 올라 갔는데, 이때부터 고온성 미생물들은 미분해된 음식물찌꺼기외에 탄소원으로 첨가한 버섯폐목과 제지슬러지를 활발하게 분해시킨 것으로 추정된다. 그 때문에 이들 탄소원이 분해되면서 다시 용출된 가용성 염류들의 영향으로 30일 이후 EC값은 급격히 증가하여 바로

다음 단계인 35일째에는 44.4mS/cm 수준을 나타내었다. 이후 80일째까지 지속적으로 증가하는 경향이었으나, 증가폭에 두드러진 변화는 없었다. 이러한 EC값에 대한 분석결과는 음식물찌꺼기 퇴비를 장기적으로 토양에 투여시 작물에 염류장애가 나타날 수 있는 잠재적인 가능성성이 존재함을 암시하는 것으로 받아 들여진다.

총탄소, 총질소 및 탄질율

퇴비화 과정 동안 탄소함량은 지속적으로 감소하는 경향이었으며, 이는 미생물에 의한 활발한 분해과정에서 생성되는 CO₂와 수분의 손실이 주요인으로 알려져 있다³⁾. 반면에 질소함량은 최초의 혼합원료 단계에 비해 다소 증가하는 경향을 보였는데, 이는 실제적인 질소함량의 증가이기 보다는 퇴비화 과정중 퇴적물의 감량화에 의한 상대적인 질소증가로 해석된다. 퇴비화 과정중 이러한 질소원은 NH₃ 가스를 통한 손실 또는 강우에 의한 용탈이 없는 한 거의 그의 손실이 나타나지 않는 것으로 보고되고 있다⁴⁾.

한편 탄소의 꾸준한 감소와 질소의 상대적인 증가현상으로 인해 최초 혼합원료의 C/N율이 24.8에서 최종퇴비인 FW-45 단계에서는 12.7 까지 감소하여 최종/최초의 C/N율은 51.2 수준으로서 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 이 결과를 Jimenez 및 Garcia²⁾에 의해 보고된 최종/최초의 C/N율 판정법을 기초로 할 때 본 음식물찌꺼기의 최종퇴비는 충분히 안정화된 것으로 평가할 수 있으나, 분해가 용이한 음식물 원료 특성에 비해 상대적으로 난분해성인 제지 및 톱밥 부재료가 함유되어 있고, 퇴비화기간이 충분하지 않은 것을 고려해 볼 때 완전히 안정화된 퇴비로 평가하기에는 무리가 있을 것으로 생각된다.

수용성 탄소 및 수용성 질소

최초의 혼합원료중 수용성 탄소는 11.4%로서 전체탄소의 약 32% 이상이었다. 이러한 결과는 음식물 원료의 탄소원중 상당부분이 미생물의 에너지원으로 쉽게 가용화될 수 있는 형태로 존재함을 의미하며, 이는 본 실험에 이용된 음식물 원료에 밥알 찌꺼기가 많이 포함되어 있고, 채소류 역시 분해가 용이한 유연한 조직들로 구성되어 있었던 때문으로 생각된다.

총탄소 함량에 대해 비교적 높은 비율을 차지하고 있는 수용성 탄소는 퇴비화 초기동안에 점차적으로 증가하여 최초의 11.4%에서 20일째인 FW-20 단계에서는 13.0% 수준까지 상승하였으며, 그 이후 단계에서는 급격히 감소하여 최종단계에서는 6% 수준으로 현저히 감소하였다. 또한 수용성 질소는 최초의 1.05%에서 다소 감소하여 최종에는 0.89% 수준이었으나, 퇴비화 과정중 규칙적인 변화 경향은 없었다.

한편 수용성 추출물에는 많은 분해산물들이 포함되어 있어 퇴비의 부숙도 판정시 화학적으로 명확한 설명은 어려우나 Chanyasak과 Kubota는 충분히 부숙된 다양한 유기물질의 물추출물중 탄질율은 거의 5~6 사이에서 일정함을 보고한 바 있다²⁾. 퇴비화 과정 동안 물추출물중 탄질율의 변화를 자료로 제시하지는 않았으나, 최초단계의 10.8로부터 점차 증가하여 20일째인 FW-20 단계에서는 12.3까지 상승하였다. 그 이후 급격한 수용성 탄소의 감소와 더불어 수용성 탄질율 역시 크게 감소하여 최종 단계에서는 5.2로 떨어졌으며, 이는 수용성 탄소에 크게 의존하는 경향이었다.

총당 및 환원당

최초 혼합원료의 총당은 33.8% 수준에서 퇴비화 과정과 더불어 점차 감소하여 최종에는 8.6% 수준까지 떨어졌다. 이는 쉽게 가용화된 당들이 미생물의 급격한 증식에 따른 에너지원

으로 이용된 때문으로 생각된다. 반면에 환원당 함량의 변화는 최초 1.04% 수준으로부터 점진적으로 증가하여 FW-20 단계에서는 14.8% 수준까지 상승하였는데, 이는 음식물 혼합원료에 대한 미생물의 지속적인 분해작용에 기인하는 것으로 판단된다. 한편 FW-20 단계 이후에서는 환원당의 급격한 감소현상이 나타났으며, 이러한 경향은 FW-20 단계 이후의 뒤집기 실시와 유관한 것으로 생각된다. 일반적으로 뒤집기를 실시한 이후 미생물들은 급격히 활성화되고, 이 때 다량의 에너지원이 요구될 것이다.

3. 4 원형여지 크로마토그래피

음식물찌꺼기 혼합원료의 퇴비화 과정중 원형여지 크로마토그램은 그림 3에 나타내었다. 모든 크로마토그램에서 담자색의 중앙(안쪽)부분, 담갈색의 바깥부분 그리고 전개선단에 담갈색 또는 갈색의 고형으로 구성된 세가지의 특징적인 크로마토그램이 나타났다. 그중 전개선단에 갈색의 불규칙적인 톱니형 고리가 출현하였고, 이 톱니의 굴곡정도와 선의 선명도가 음식물찌꺼기의 퇴비화 과정과 밀접한 관계가 있을 것으로 추정되었다. 즉 퇴비화 초기인 FW-0 단계에서는 전술한 세부분의 전개형태만 확인되고, 톱니형 고리는 발현되지 않은 반면, 퇴비화 과정이 진행됨에 따라 전개선단에 위치한 톱니형의 굴곡은 심하게 나타났고, 톱니형의 선명도도 역시 뚜렷해지는 경향이었다. FW-15 단계에서 비로소 다소 등근모양이긴 하나 톱니형 고리모양의 징후가 나타나기 시작하였으며, FW-30 단계부터는 규칙적이고 다소 선명한 톱니형이 발현되기 시작하였다. 원형여지 크로마토그램상 가장 두드러진 차이는 FW-35와 FW-40 단계 사이로서 FW-40 단계에서는 FW-35 단계에 비해 굴곡의 정도가 현저히 다른 고리형을 나타내었다. 이후에는 부숙이 진행됨에 따라 톱니형

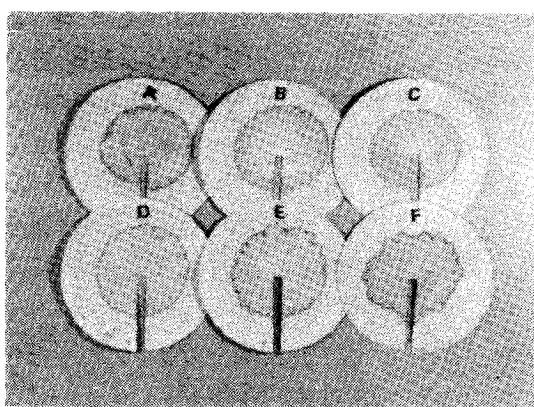


Fig. 3. Change of circular paper chromatograms by the composting process of Korean food waste.

A; FW-0, B; FW-10, C; FW-20, D; FW-35, E; FW-40 and F; FW-50.

의 굴곡보다는 톱니선의 갈색도가 짙어지고, 그 선명도가 깨끗해지는 경향이었다. 이와 같이 굴곡이 심한 톱니형 고리가 출현된 FW-40 단계 이후의 음식물찌꺼기 퇴비는 C/N비와 환원당 비율은 낮고, 전질소 함량은 높았는데, 이는 도시쓰레기를 연구한 Inoko 등의 연구자와 유사한 결과이다⁸⁾. 그러나 음식물찌꺼기 혼합원료의 퇴비화 과정에 대한 원형여지 크로마토그램의 특징적인 변화가 음식물찌꺼기에 의한 것인지 또는 수분조절 및 탄질을 조정을 위해 첨가한 탄소 원들에 의한 것인지는 아직 불분명하다. 그럼에도 불구하고 본 연구결과는 원형여지 크로마토그래피법이 음식물찌꺼기 퇴비의 부숙도 판정에 유망한 간이검정법으로서 그 적용 가능성이 높음을 보여주는 것으로 판단된다.

4. 결 론

음식물찌꺼기 퇴비의 부숙도를 평가하기 위하여 1.1m^3 규모로 퇴비화 연구를 수행하였으며, 퇴비화 과정중 이화학적 특성을 조사하였다.

퇴비화 과정 동안 이화학적 특성을 살펴본 결과, 온도는 초기부터 급격히 증가하여 약 80일 이상 50°C 를 넘는 고온이 유지되었으며, Y값은 약 20일 전후로 11~13 수준까지 크게 감소하여 갈색화가 신속하게 진행하는 특성을 보였다. pH는 최초의 5.05 수준에서 30일 이후에는 7.02로 상승하여 중성범위를 나타내었고, EC값은 초기부터 점차 감소하는 경향이었으나, 35일 이후부터 급격히 증가하여 이때가 음식물찌꺼기 혼합원료의 분해에 있어 큰 변화가 있었던 시기로 추정된다. 총탄소의 지속적인 감소 결과로 30일째의 최종/최초의 탄질율은 약 60의 수준으로 크게 감소하여 음식물찌꺼기의 분해는 매우 신속하게 진행되는 것으로 나타났고, 수용성 추출물의 탄질율은 45일째에 약 6.5의 수준을 보였다. 총당은 퇴비화 전기간 동안 꾸준히 감소하는 반면, 환원당은 20일째까지 점차로 증가한 다음, 30일째에 급격히 저하되어 이후에는 큰 변화가 없었다. 원형여지 크로마토그램의 전개 결과, 40일째에서 현저히 다른 전개양상이 나타났는데, 이것은 40일 이전에는 전혀 관찰되지 않았던 심한 굴곡의 톱니형과 뚜렷한 갈색선이었다. 35일과 40일 사이에서 관찰된 이러한 현저한 차이는 목질자재와 혼합된 음식물찌꺼기의 퇴비화에서 원형여지 크로마토그래피가 유망한 간이검정법으로 사용할 수 있음을 보여주는 자료로 판단된다.

결론적으로 80일 이상의 지속적인 고온유지에도 불구하고, pH, EC, Y값, 탄질율, 원형여지 크로마토그램 및 휘발성 지방산 등의 이화학적 특성은 약 30~40일 전후로 현저히 다른 변화를 보이므로 45일 이후에는 음식물찌꺼기 퇴비가 대략적으로 안정화되었다고 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Black, C.A., 1976. Method of soil analysis. Part 2 Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, pp. 933-951.
- 2) Jimenez, E.I. and Garcia, V.P. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity : A Review. Biological Wastes. 27:115-142.
- 3) Levi-Minzi, R., and Riffaldi, R. 1988. Chemical differences between fresh and composted municipal wastes. *Agricoltura Mediterranea*, 118:273-279.
- 4) Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., Saviozzi, A. and Capurro, M. 1992. Evaluating garbage composting. Part I. Solid phase analysis. *Biocycle*, January, pp. 66-69.
- 5) Sugahara, K., Harada, Y., and Inoko, A. 1979. Color change of city refuse during composting process. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 25:197-208.
- 6) The Composting Council. 1993. Composting facility operating guide. The Composting Council, Alexandria, Virginia, pp. 160-165.
- 7) 井ノ子 昭夫. 1979. 圓形濾紙クロマトグラフィによる都市ごみコンポストの腐熟度の簡易検定法. 日本土壤肥料學雜誌, 50:127-132.
- 8) 井ノ子 昭夫, 原田靖生, 管原和夫. 1982. 都市廢棄物コンポスト化製品の農業利用. 日本農技研報, 33B:165-213.