



톱밥을 공극개량제로 사용한 음식쓰레기 퇴비화시 숙성도 지표의 적합성 평가

남궁완, 박상후*, 인병훈, 박준석, 이노섭

건국대학교 공과대학 환경공학과, *금호건설 환경사업부문 환경2팀
(2000년 5월 31일 접수, 2000년 8월 11일 채택)

Evaluation of Maturity Index for Garbage Composting Using the Sawdust as Bulking Agent

Wan Namkoong, Sang-Hoo Park*, Byung-Hoon In, Joon-Seok Park, Noh-Sup Lee

Department of Environmental Engineering, College of Engineering, Konkuk University

*Environmental Business Team 2, Kumho Industrial Corporation

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the appropriate maturity indices for garbage composting using sawdust as bulking agent. Materials used in this study were the average composition garbage(G20) and garbage conditioned by sawdust(GS30, GS50) and cereals(GSC30). Indices for evaluating maturity were VS, water soluble TOC, polysaccharide, Humification Index(HI), and E4/E6. Experiment results showed that VS reduction was the most desirable index for evaluating compost maturity except for the GS50 which were conditioned with high sawdust. Water soluble TOC decreased rapidly during the composting of first one month and then little changed. Therefore, water soluble TOC was recommended as maturity index. Polysaccharide was considered as a maturity index in case of garbage conditioned with sawdust and high cereals. Humification Index(HI) and E4/E6 were available as maturity indices in case of only some garbage composting, so additional study was needed to confirm them as maturity indices for all garbage composting. Correlation analysis indicated that indices for evaluating maturity of garbage(about 30 C/N ratio) adding sawdust as bulking agent and high cereals, were VS reduction, water soluble TOC, polysaccharide, and E4/E6.

Key Words : Maturity Index, Garbage Composing, Sawdust, VS Reduction, Water Soluble TOC, Polysaccharide, Humification Index, E4/E6 ratio

초 록

본 연구의 목적은 톱밥을 공극개량제로 사용한 음식쓰레기 퇴비화시 숙성도 지표의 적합성을 평가하는 것이었다. 실험에 사용된 재료는 평균조성의 음식쓰레기(G20)였으며 여기에 톱밥을 첨가하여 초기 C/N비를 각각 30(GS30)과 50(GS50)으로 조절하였다. 또한 톱밥과 과량의 곡류를 첨가하여 초기 C/N비를 30(GSC30)으로 조절한 실험도 병행하였다. 숙성도 평가에 이용된 항목은 유기물 감소율, 물용출액 TOC, 수용성 당함량, 부식도 지표, 부식질 흡광도비 등이었다. 실험결과 유기물 감소율은 과량의 톱밥이 첨가된 GS50을 제외한 나머지 음식쓰레기에서 적합한 퇴비숙성도 판단지표였다. 물용출액 TOC는 퇴비화기간 동안 뚜렷이 감소한 후 숙성단계에서 완만히 감소하여 적합한 퇴비숙성도 판단지표였다. 수용성 당함량은 톱밥과 과량의 곡류가 첨가된 음식쓰레기의 경우 숙성도 지표로 고려할 수 있었다. 부식도 지표와 부식질 흡광도비의 경우 일부 음식쓰레기에 적용가능한 것

으로 판단되었으나 모든 대상 음식쓰레기에 적용하기에는 추가적인 연구가 필요하였다. 상관분석 결과 과량의 곡류가 포함되고 공극개량제로 톱밥이 첨가되어 C/N비가 30정도로 제어된 음식쓰레기의 숙성도 여부를 판정하기 위한 지표로는 유기물 감소율, 물용출액 TOC, 수용성 당함량 그리고 부식질 흡광도비 등이 추천되었다.

핵심용어 : 숙성도 지표, 음식쓰레기 퇴비화, 톱밥, 유기물 감소율, 물용출액 TOC, 수용성 당함량, 부식도 지표,

1. 서론

일반적으로 음식쓰레기는 수분함량이 높으며, C/N비가 낮은 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 가지고 있는 음식쓰레기를 퇴비화할 경우, 최적조건에서 퇴비화가 일어날 수 있도록 종이, 나뭇조각, 볏짚, 톱밥 등의 첨가물을 이용하여, 공극개량을 도모하는 동시에 수분함량과 C/N비도 조절하게 된다. 하지만 이러한 첨가물에 따라 퇴비의 숙성과정은 상당한 차이를 나타낼 것으로 판단된다. 퇴비 원료물질 및 혼합물에 따른 퇴비의 숙성도 파악은 퇴비화시설의 효율적인 운영과 생산된 퇴비의 사용측면에서 대단히 중요한 부분이다. 그러나 퇴비 원료물질 및 첨가물에 따른 퇴비숙성도를 민감하게 나타낼 수 있는 지표에 대한 연구는 국내의 경우 소수의 연구자들에 의해 연구되었을 뿐 아직 미흡한 실정이다^{1)~3)}.

본 연구에 이용된 숙성도 파악을 위한 연구항목은 기존에 널리 이용되어 왔던 퇴비단 온도변화, VS감소율 이외에 물용출성분 분석을 통한 물용출액 TOC(Water Soluble TOC), 수용성 당함량 (Polysaccharide)분석과 휴믹성분 분석을 통한 부식도 지표(Humification Index, HI), 부식질 흡광도비(E4/E6) 등이다.

수용성성분은 미생물이 대사활동에 이용하기 용이한 형태이다. 불용성성분은 미생물효소에 의하여 수용성성분으로 분해되고 이는 미생물세포에 의하여 흡수된다⁴⁾. Garcia 등(1991)은 가수분해성 퇴비의 숙성도 지표로 수용성 당함량을 연구하였다⁵⁾. 이 방법은 95% 황산용액에 anthrone을 용해시킨 것과 당분을 함유한 용액이 반응할 때 발생하는 열에 의하여 청록색의 anthrone-sugar complex을 형성시킨 뒤에 625nm에서 흡광도를 측정하여 당함량을 정량하는 방법이다.

유기물들은 퇴비화기간 동안 humic물질로 변화되

기 때문에 유기성물질의 부식화를 연구하여 퇴비숙성도를 평가할 수 있으며, 그 지표중의 하나로 부식도 지표(HI)가 제시되고 있다. 퇴비화과정 중 부식도 지표값은 지속적으로 감소하여 일정한 수치에 도달한다. Baca 등(1992)에 의하면 분뇨와 도시폐기물을 퇴비화한 결과 최종숙성퇴비의 부식도 지표는 각각 0.4, 1.4이하라고 보고하였다⁶⁾. 일반적으로 퇴비화가 진행됨에 따라 휴믹용출액은 노란색에서 검은색으로 변화하며, 그 변화를 수치적으로 나타내기 위해 부식질 흡광도비(E4/E6)가 제시되었다. 부식질 흡광도비는 퇴비화과정을 거치면서 증가한다. 이것은 퇴비가 숙성됨에 따라서 낮은 파장(E4)에서의 흡광도 증가폭이 높은 파장(E6)에서의 흡광도 증가폭 보다 크기 때문이라고 알려져 왔다⁷⁾.

이상과 같은 숙성도 지표들은 퇴비의 숙성도를 결정하는데 유용하게 널리 이용되고 있는 방법이나 각각의 숙성도 판단지표들은 서로 독립되어 있기 때문에 단지 숙성도에 관하여 부분적인 정보만 제공할 뿐이다. 또한 퇴비 원료물질의 초기 물리화학적 성분에 따라서 완성된 퇴비에 제시되는 숙성도 값들은 다양하며 현재로서는 모든 퇴비 원료물질과 첨가물질에 적용될 수 있는 공통된 지표는 없다. 그러므로 본 실험에서는 톱밥을 공극개량제로 하여 음식쓰레기 퇴비화시 초기 조건에 차이를 두었을 때 나타날 수 있는 숙성도의 차이를 전제로 하여 숙성과정의 변화를 민감하게 나타낼 수 있는 바람직한 퇴비숙성도 지표를 찾아내고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 퇴비 원료물질은 음식쓰레기이었고, 공극개량제는 톱밥을 이용하였다. 음식쓰레기의 조성은 우리나라에서 발생되고 있는 평균조성의

[Table 1] Physical Composition of Garbage used in this Study

Components		G20	GS30	GS50	GSC30*
Garbage	Fruits	15	13	9	12
	Vegetable	50	44	31	42
	Meats	20	17	12	17
	Cereals	15	13	9	23
Bulking Agent	Sawdust	-	13	39	6

*G : garbage, S : Sawdust, C : Cereals, Number : approximate C/N ratio

음식쓰레기(G20)를 이용하였다⁸⁾. 첨가물질에 따른 숙성도 지표의 적합성을 평가하고자 평균조성 음식쓰레기에 톱밥을 첨가하여 C/N비를 각각 약 30과 50으로 조절(GS30과 GS50)하였다. 또한 동일한 C/N비를 갖는 음식쓰레기이지만 물리적 조성의 차이에 따른 숙성도 차이를 살펴보기 위하여 톱밥과 과량의 곡류를 첨가해서 C/N비를 약 30으로 조절(GSC30)한 실험도 병행하였다. 본 실험에 사용된 평균조성의 음식쓰레기와 톱밥이 포함되어 있는 음식쓰레기의 조성을 [Table 1]에 나타내었다.

[Table 2]는 실험에 사용된 재료들의 화학적 성상을 나타낸 것이다. 수용성 당함량은 과량의 곡류를 첨가한 GSC30이 약 36%로 높게 나타났으며, 음식쓰레기와 톱밥만이 첨가된 시료의 경우 10%를 다소 상회하는 수치를 보였다. 부식도 지표의 경우도 곡류가 첨가된 GSC30이 다소 높은 수치를 보였다. 부식질 흡광도비의 경우는 GS30만이 3.7정도였고, 나머지는 3이하였다.

반응기는 유효용적이 6.4L인 원통형 아르킬 반응조를 사용하였다. 퇴비화시 온도변화를 모니터링하기

위하여 퇴비단 중앙에 온도계를 위치시켜 온도변화를 체크하였다. 모든 실험에는 미생물의 식종을 위하여 습윤질량 기준으로 5%의 숙성퇴비를 첨가하였다. 수분함량은 50~60%범위를 유지하였으며, 수분함량 부족시 분무기를 이용하여 수분을 첨가함으로써 퇴비화기간 동안 최적의 수분함량을 유지하였다. 퇴비화시 외부온도의 영향을 최소화하기 위하여 항온조를 사용하였으며 여름철의 온도 상승을 고려하여 항온조 온도를 35±2℃로 유지시켰다. 퇴비화현장에서는 초기의 급속한 분해단계 동안은 공기를 강제주입하며 이후 숙성단계동안은 뒤집기에 의하여 호기성 조건을 유지시켜 준다. 본 실험에서도 퇴비화초기 50일간은 충분한 호기성조건을 유지되도록 400L/min를 주입하였으며 이후 30일 간의 숙성과정에서는 비이커로 옮겨서 매일 1회이상 교반하여 호기성조건을 최대한 유지하였다.

2.2 분석방법

본 실험은 크게 나누어서 고형물, 물용출액, 부식물질을 대상으로 한 분석으로 분류할 수 있다.

[Table 2] Chemical Properties of Garbage used in this Study

	G20	GS30	GS50	GSC30
pH	6.9	5.7	5.2	5.3
VS(%)	75.6	84.5	89.1	86.8
TOC(%)	48.4	53.3	55.6	53.7
TKN(%)	2.3	2.0	1.2	2.0
C/Nratio	21	27	46	27
WS*-TOC(mg/L)	7,434	4,485	3,096	8,092
WS-TKN(mg/L)	824	547	286	520
WS-C/N ratio	9.0	8.2	10.8	15.6
Polysaccharide(%)	15.8	12.3	10.6	35.9
HI**	1.2	1.7	2.1	2.6
E4/E6	2.7	3.7	2.3	2.4

* Water Soluble

**Humification Index

휘발성고형물(VS : Volatile Solids)은 폐기물공정 시험법에 의하여 측정하였다⁹⁾. 총유기탄소(TOC : Total Organic Carbon)와 총질소(TKN : Total Kjeldahl Nitrogen)는 토양화학분석법의 Walkly Black법과 환원증류법을 이용하였다¹⁰⁾. 물용출액은 고형물:증류수를 1:10(W:V)으로 하여 300rpm에서 2 시간 동안 진탕시켜 용출하였다. 이 용출액을 3000rpm으로 원심분리시키고 상정액을 Wattman No.1 여지로 여과하여 여과액을 분석하였다.

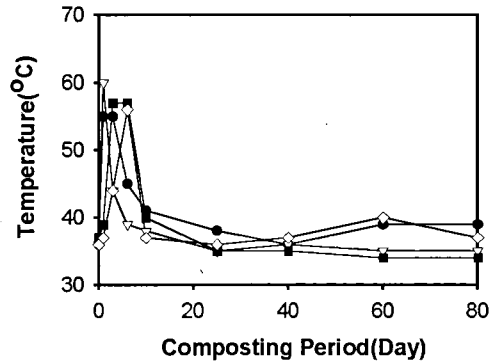
수용성 당함량은 Garcia 등(1991)이 제시한 방법에 따라 황산에 anthrone을 용해시켜 당분을 함유한 용액과 반응시킬 때 발생하는 열에 의하여 청록색의 anthrone-sugar complex를 형성시킨 뒤에 625nm에서 흡광도를 측정하였다.

부식도 지표(Humification Index)는 Saviozzi 등(1992)이 이용한 방법을 사용하였다. 부식질 흡광도 비(E4/E6)는 Chen 등(1977)이 제시한 방법에 따라 구하였다¹¹⁾. 간략한 실험방법은 다음과 같다. 먼저 고형물:알칼리성 용출액(0.1M Na₄P₂O₇ : 0.1M NaOH)을 1:50(W/V)으로 하여 N₂가스를 충전한 후에 24시간 진탕시킨다. 이 때 N₂가스는 용출되는 휴믹물질의 산화방지용으로 충전하게 된다. 용출액을 3,000rpm으로 원심분리시킨 후에 상정액을 0.45µm membrane filter로 여과하여 여과액을 취한다. 이 여과액에 8N H₂SO₄용액을 첨가하여 pH를 1.5~2로 조절한 후에 침전되는 휴믹물질을 동결건조기에서 건조한다. 건조된 휴믹물질을 250~500ppm범위가 되도록 NaHCO₃(pH 8.3)용액에 용해시킨다. 다음에 465nm와 665nm에서 흡광도를 측정하여 그 비를 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 고형물 분석에 의한 숙성도 변화 연구

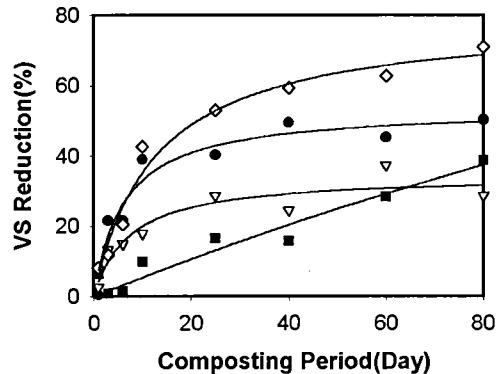
퇴비화 현장에서 퇴비화 진행정도를 가장 용이하게 파악할 수 있는 지표는 퇴비단의 온도변화이다. 퇴비화 초기 급격한 온도의 상승은 유기물의 분해와 병원균 사멸 측면에서 그 중요성이 있다. (Fig. 1)은 평균 조성인 음식쓰레기와 톱밥 및 과량의 곡류를 첨가하여 C/N비를 각각 조절한 음식쓰레기들의 퇴비화시 온도변화를 나타낸 것이다. 모두 반응 초기 약 10일이



(Fig. 1) Variation of temperature during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)

내에 급격한 온도상승을 나타낸 이후 계속적으로 감소한 후 일정온도를 유지하였으나 과량의 곡류를 첨가하였던 GSC30과 공극개량을 위한 톱밥첨가가 없었던 G20의 경우 비이커로 옮겨 안정화시키는 동안에 온도가 다시 상승하여 80일까지도 높은 온도가 나타났다. 이는 초기 퇴비 원료물질에 분해가능한 유기물이 상대적으로 많이 있었거나 퇴비단내 공극형성이 부족하여 산소공급이 원활하지 못했던 것으로 판단된다. 반면, 톱밥을 첨가하였던 GS30, GS50은 모두 퇴비화 후반기에 특별한 온도상승이 없었다. 이는 톱밥의 첨가로 인한 공극개량의 효과로 판단되며, 분해 용이한 유기물의 분해가 어느 정도 완료되었다는 것을 의미한다.

(Fig. 2)는 VS감소율을 나타낸 것이다. VS감소율은 Maurice 등(1987)이 제시한 식을 사용하였다¹²⁾. 이 식은 퇴비화반응에서 재함량은 거의 변화가 없고 VS



(Fig. 2) VS reduction during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)

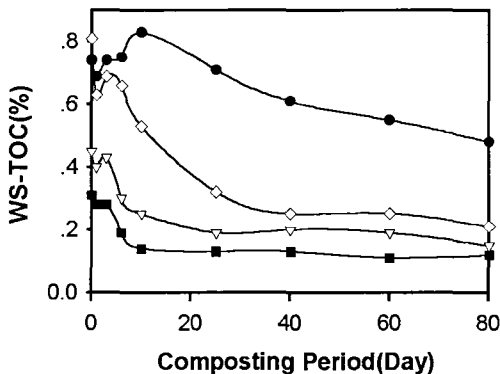
만이 감소한다는 개념에 기초하여 VS질량의 감소율을 표시한 것이다. VS감소율은 과량의 곡류가 포함되어 있는 GSC30에서 가장 크게 나타나 최종적으로 약 70%를 상회하였다. 이는 분해용이한 탄수화물함량이 곡류의 주성분이었기 때문에 가장 감소율이 컸을 것으로 판단된다. 다음은 평균조성의 음식쓰레기 G20이 약 50%정도로 나타났으며, 톱밥을 첨가한 GS30은 약 30%를 나타내었다. 과량의 톱밥이 첨가된 GS50은 퇴비화기간 동안 지속적으로 증가하였다. 이는 퇴비화과정에서 분해가 용이하지 못한 톱밥이 장기간 서서히 분해되었기 때문에 판단되며 이러한 경우 숙성도 판정을 위한 지표로는 다소 부적합한 것으로 판단된다.

3.2 물용출성분 분석에 의한 숙성도 변화 연구

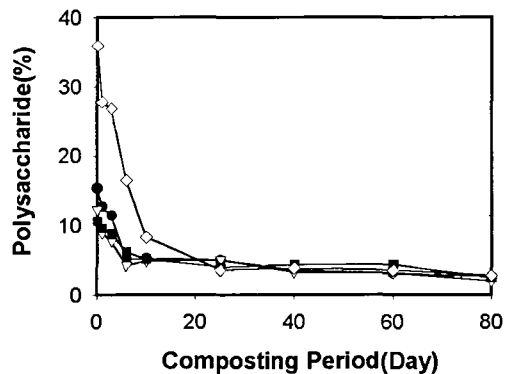
미생물은 수용성성분을 이용하여 대사활동을 한다. 수용성성분은 분비된 미생물효소에 의하여 분해되고 이는 곧 미생물세포로 흡수된다. 따라서 수용성성분의 분석을 통하여 퇴비화반응을 보다 명확히 평가할 수 있다. [Fig. 3]은 음식쓰레기들의 물용출액 TOC변화를 나타낸 것이다. 평균조성인 음식쓰레기인 G20는 초기 10일까지 물용출액 TOC가 약간 증가하였다가 10일 이후부터는 급격한 감소를 나타내며 40일 이후에는 서서히 감소하는 경향을 보였다. Saviozzi 등(1987)은 퇴비화 초기단계에서의 물용출액 TOC의 증가는 미생물에 의한 가수분해와 용해성의 증가속도가 미생물에 의한 수용성성분 이용속도 보다 앞서기 때문으로 해석하였으며¹⁹⁾, 이에 부합되는 결과라 판단

된다. 톱밥과 과량의 곡류가 함유된 GSC30은 초기 물용출액 TOC가 다소 증가한 후 25일 까지 급격하게 감소하였다. 이것은 분해용이한 탄수성분인 곡류가 많이 함유되어 있었기 때문으로 판단된다. 톱밥을 첨가하였던 GS30과 GS50의 경우 초기 10일까지 급격한 감소를 나타내었으나 그 후에는 거의 변화없이 일정범위로 수렴되었다. 음식쓰레기만을 단독으로 퇴비화한 경우보다 톱밥을 첨가한 경우가 숙성도판정에 적합하였다. 이는 공극개량제인 톱밥을 첨가함으로써 물리적특성이 개량되어 퇴비화반응에 좋은 조건을 형성하였기 때문으로 판단된다. 전반적으로 물용출액 TOC는 초기 1달 동안에는 현저하게 감소하였으며 이후에는 커다란 변화없이 완만한 경향을 보여 퇴비숙성도 지표로서 사용가능하다고 판단된다.

Garcia 등(1991)은 하수슬러지 퇴비의 물용출성분 연구에서 퇴비중의 수용성 당함량을 측정하였다⁹⁾. 이 연구에 따르면 수용성 당함량은 퇴비화가 진행됨에 따라서 급격하게 감소하였으며 숙성도 판단의 좋은 지표라고 보고하였다. [Fig. 4]에는 퇴비화기간 동안의 수용성 당함량의 변화가 제시되어 있다. GSC30을 제외한 나머지 반응기에서 퇴비화초기 6일 동안 수용성 당함량이 급격하게 감소하는 경향을 나타내었으며 그 이후에는 큰 변화를 나타내지 않았다. 따라서 장기적인 숙성도 지표 보다는 퇴비화반응 초기의 운영지표로 바람직하였다. 반면 과량의 곡류가 첨가되었던 GSC30의 경우에는 초기 수용성 당함량도 높았으며, 감소경향도 상대적으로 완만하였다. 따라서 과량의 곡류가 첨가된 음식쓰레기의 경우 수용성 당함량은



[Fig. 3] Variation of WS-TOC during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)



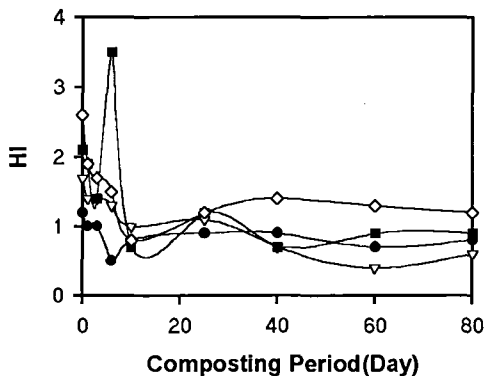
[Fig. 4] Variation of polysaccharide during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)

숙성도 지표로 고려할 수 있다. 모든 반응기에서의 최종적인 수용성 당함량은 약 2.5내외로 측정되어 Garcia 등(1991)이 하수슬러지를 대상으로 측정한 숙성퇴비의 수용성 당함량 0.1%이하 보다는 다소 높게 나타났다⁹⁾.

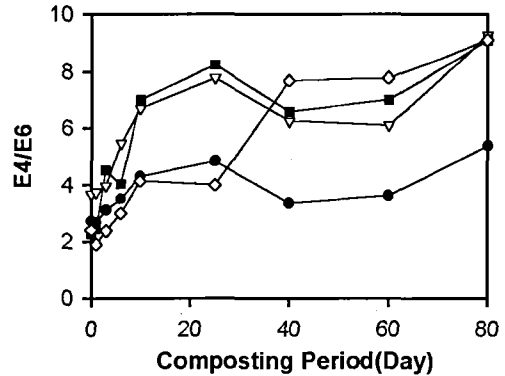
3.3 부식물질 분석에 의한 숙성도 변화 연구

[Fig. 5]는 퇴비화과정 동안의 부식도 지표(Humification Index)의 변화를 나타낸 것이다. G20, GSC30의 경우에는 퇴비화 10일 경까지 급격한 감소를 보였으나 이후 다소 증가하였다. 반면 GS30은 60일 경까지 계속하여 꾸준히 HI값이 감소하였으며 이후 거의 변화가 없었기 때문에 퇴비화기간 동안의 변화를 잘 나타내었다. GS50의 경우 HI값이 초기에 상승하는 현상이 발생하였는데 De Nobile 등(1988)은 HI값의 초기 상승에 대하여 퇴비화 초기의 고온이 일시적인 미생물 사멸을 초래하여 fulvic성분이 증가하였기 때문으로 설명하였다¹⁰⁾. 본 실험에서 GS50의 경우 반응초기에 고온기간이 다른 반응기에서 보다 오래 지속되었으며 De Nobile의 설명에 부합하는 결과였다. 전반적으로 HI값의 변화경향은 GS30에서 가장 숙성도 지표로서 바람직하였으나 다른 반응기에서는 명확한 변화경향을 보이지 않았다. 따라서 숙성도 지표로 이용하기에는 보다 많은 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

[Fig. 6]은 음식쓰레기의 부식질 흡광도비(E_4/E_6)의 변화를 나타내고 있다. 톱밥과 과량의 곡류가 첨가된 GSC30의 경우 40일 경까지 지속적으로 증가한 후



[Fig. 5] Variation of HI during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)



[Fig. 6] Variation of E_4/E_6 during garbage composting with different C/N ratio
 (●:G20, ▽:GS30, ■:GS50, ◇:GSC30)

큰 변화없이 일정한 경향을 보였다. 따라서 GSC30의 경우에는 E_4/E_6 로서 퇴비숙성도를 판단하는 것이 가능하다고 보여진다. 반면 톱밥을 첨가하여 C/N비를 약 30과 50으로 조절한 GS30, GS50의 경우 E_4/E_6 는 초기에는 빠르게 증가하는 뚜렷한 경향을 보였으나 10일 경에는 6.7을 나타낸 후에 이후 6~9범위에서 불규칙한 변화를 나타내었다. 음식만 퇴비화시킨 G20의 경우 멍침현상이 있어 80일째에도 덩어리가 되고, 좋지 못한 냄새가 나는 등 숙성된 퇴비로 보기 어려웠다. 따라서 E_4/E_6 는 GSC30의 경우 숙성도 지표로 이용가능하였으나 나머지 음식쓰레기는 E_4/E_6 를 퇴비숙성도 지표로 이용하기에는 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

3.4 각 숙성도 지표간의 상관성 분석

[Table 3]은 퇴비화진행 기간과 각 숙성도 지표간의 상관관계를 나타낸 것이다. VS감소율, 물용출액 TOC, 수용성 당함량 그리고 E_4/E_6 는 본 실험에 이용된 음식쓰레기들에서 대체적으로 높은 상관계수를 보였다. 반면 HI의 경우 평균조성의 음식쓰레기인 G20에서 다소 높게 나타났을 뿐 대체적으로 낮은 상관계수를 나타내었다.

[Table 4]는 가장 숙성정도가 높은 것으로 판단되는 GSC30에서의 숙성도 지표들간의 상관계수를 나타낸 것이다. GSC30은 앞의 숙성도 지표 연구에 따른 숙성정도 뿐만 아니라 최종퇴비의 냄새 및 색깔 등의 측면에서 가장 숙성정도가 양호하다고 판단되었다. 숙성도 지표간의 상관분석 결과 VS감소율, 물용출액

[Table 3] Correlation Coefficients(r) between Maturity Indices and Composting Period

	G20	GS30	GS50	GSC30
VS Reduction	-0.774*	-0.807*	-0.970**	0.888**
WS-TOC	-0.908**	-0.816**	-0.751*	-0.891**
Polysaccharide	-0.742*	-0.752*	-0.804**	-0.757*
HI	-0.892**	-0.334	-0.542	-0.467
E ₄ /E ₆	0.647	0.773*	0.780*	0.961**

Significant at *p≤0.05, **p≤0.01, respectively. Number of observations, n = 9

[Table 4] Matrix of Correlation Coefficients(r) for the Parameters in Experiment GSC30

	VS Reduction	WS-TOC	Polysaccharide	HI	E ₄ /E ₆ ratio
VR Reduction		-0.962**	-0.962**	-0.671	0.920**
WS-TOC			0.921**	0.667	-0.898**
Polysaccharide				0.863**	-0.796*
HI					-0.506
E ₄ /E ₆ ratio					

Significant at *p≤0.05, **p≤0.01, respectively. Number of observations, n = 9

TOC, 수용성 당함량 그리고 E₄/E₆는 서로 높은 상관관계를 보였다. 따라서 과량의 곡류가 포함되고, 공극개량제로 톱밥이 첨가되어 C/N비가 30정도로 제어된 음식쓰레기의 숙성도 여부를 판정하기 위한 지표로 추천 가능하였다.

4. 결론

본 연구에서는 톱밥을 공극개량제로 하여 음식쓰레기 퇴비화시의 초기 조건에 차이를 두었을 때 나타날 수 있는 숙성도의 차이를 전제로 하여 숙성과정의 변화를 민감하게 나타낼 수 있는 바람직한 퇴비숙성도 지표를 찾아내는 것을 목적으로 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 과량 톱밥을 첨가하여 C/N비를 50으로 조절한 음식쓰레기 이외의 나머지 음식쓰레기들은 VS 감소율이 톱밥, 곡류 등의 비율에 큰 영향을 받지 않고, 80일 간의 퇴비화기간 동안의 변화를 잘 나타내어 퇴비숙성도 지표로 사용가능하다고 판단되었다.
2. 물용출액 TOC는 대부분의 경우 초기 1달 동안 뚜렷하게 감소하였으나 숙성단계에서는 완만하게 감소하는 경향을 나타내었으므로 적합한 퇴비숙성도 판단지표이었다.
3. 과량의 곡류가 첨가되었던 음식쓰레기 경우에는 초기 수용성 당함량도 높았으며, 감소경향도 상

대적으로 완만하였다. 따라서 과량의 곡류가 첨가된 음식쓰레기의 경우 수용성 당함량은 숙성도 지표로 고려할 수 있었다.

4. 부식도 지표는 대부분의 경우 변화가 심하여 좋은 지표라고 할 수는 없으나 톱밥을 첨가하여 C/N비를 30으로 조절한 음식쓰레기의 경우에 적합한 숙성도 지표로 고려할 수 있었다.
5. E₄/E₆(부식질 흡광도비)는 톱밥과 과량의 곡류를 첨가하여 C/N비를 30으로 조절한 음식쓰레기의 퇴비화시 숙성도 판정에 적합한 지표로 판단되나, 다른 음식쓰레기에서 적용하기에는 보다 많은 연구가 필요한 항목이었다.
6. 상관분석 결과 과량의 곡류가 포함되고, 공극개량제로 톱밥이 첨가되어 C/N비가 30정도로 제어된 음식쓰레기의 숙성도 여부를 판정하기 위한 지표로 VS감소율, 물용출액 TOC, 수용성 당함량 그리고 E₄/E₆ 등이 적합하였다. 따라서 추후 유사한 원료물질의 퇴비화시 선택가능한 숙성도 지표항목으로 추천 가능하였다.

참고 문헌

1. 정준교, 황의영, 최정영, 남궁완 "물용출성분 분석에 의한 음식쓰레기 퇴비의 숙성도 평가", 유기성폐기물자원화학회지 4(1), pp43~51(1996).
2. 남궁완, 정준교, 황의영 "음식쓰레기 퇴비의 숙성도 평가를 위한 물리화학적 지표의 적합성 연구",

- 한국폐기물학회지 13(6), pp793~799(1996).
3. Namkoong, W., Hwang, E.Y., Cheong, J.G., and Choi, J.Y. "Comparative Evaluation of Maturity Parameters for Food Wastes Composting", *Compost Science & Utilization*, 7(2), pp55~62(1999).
 4. Chanyasak, V. and Kubota, H. "Carbon/Organic Nitrogen Ratio in Water Extract as Measure of Composting Degradation", *Jr. Ferment. Technol.*, 59(3), pp215~219(1981).
 5. Garcia, C., Hernandez, T., and Costa, F. "Study on Water Extract of Sewage Sludge Composts", *Soil Science and Plant Nutrition*, 37(3), pp399~408(1991).
 6. Baca, M.T., Fornasier, F., and de Nobili, M. "Mineralization and Humification Pathways in Two Composting Processes Applied to Cotton Wastes", *Jr. Fermentation and Bioengineering*, 74(3), pp179~184(1992).
 7. More, J.C. and Sana, J. "Criteria of Quality of City Refuse Compost Based on the Stability of Its Organic Fraction, Compost: Production, Quality and Use", Elsevier Applied Science Publishers, pp321~327(1987).
 8. 구자공 "유기성폐기물 처리기술의 기술적, 경제적 비교 분석", 유기성폐기물 자원화기술, 한국과학기술원 산학협동강좌, IV3~IV32(1992).
 9. 환경처, 폐기물공정시험법(1998).
 10. 농업기술연구소, 토양화학분석법(1988).
 11. Chen, Y., Senexi, N., and Schnitzer, M. "Information Provided on Humic Substances by E4/E6 Ratios", *Soil Sci. Soc. AM. J.*, 41, pp352~358(1997).
 12. Maurice, V., Daniel, S., and Louis, A. "Optimization of Agricultural Industrial Waste Management through In-Vessel Composting, Compost: Production, Quality and Use", Elsevier Applied Science Publishers, pp230~237(1987).
 13. Saviozzi, A., Levi-Minzi, R. and Riffaldi, R. "Maturity Evaluation of Organic Waste", *J. BioCycle*, 29, pp54~56(1998).
 14. De Nobili, M. and Petrusi, F. "Humification Index(HI) as Evaluation of the Stabilization Degree during Composting", *Jr. Ferment. Technol.*, 66(5), pp577~583(1988). ☐