

음식물쓰레기의 호기성 퇴비화에 있어서 볏짚과 하수슬러지케이크가 미치는 영향에 관한 비교 연구

박석환*

서원대학교 환경과학과

Comparison of Effects of Rice Straw and Sewage Sludge Cake on Aerobic Composting of Food Wastes

Seok Hwan Park[†]

Department of Environmental Sciences, Seowon University

(Received January 3, 2003; Accepted February 24, 2003)

ABSTRACT

This study was performed to compare the effects of rice straw and sewage sludge cake as bulking materials on temperature, pH, weight and volume reduction, porosity, C/N ratio, salinity, and conductivity in aerobic composting of food wastes. Volume ratios of food wastes to rice straw in reactor control, RS-1, RS-2, RS-3 and RS-4 were 4:0, 4:1, 4:2, 4:3 and 4:4, respectively. Weight ratios of food wastes to sewage sludge cake in reactor control, SL-1, SL-2, SL-3 and SL-4 were 4:0, 4:1, 4:2, 4:3 and 4:4, respectively. Reactors were operated for 24 days with 1 hour stirring by 1 rpm and 2 hours aeration per day. The values of pH of food wastes, rice straw and sewage sludge cake were 4.39, 7.40 and 5.79, respectively. The lowering of the volume ratio of food wastes to rice straw resulted in the high reaction temperature and the fast weight and volume reduction rates. The lowering of the weight ratio of food wastes to sewage sludge cake resulted in the slow weight and volume reduction rates. C/N ratio in control was larger than that in rice straw containing reactors, and that in rice straw containing reactors was larger than that in sewage sludge cake containing reactors. Salinity and conductivity in reactors were condensed and increased by reaction days.

Keywords: Aerobic composting, Food wastes, Rice straw, Sewage sludge cake, Bulking materials

I. 서 론

음식물쓰레기라 함은 식품의 판매, 유통, 조리과정에서 버려지는 음식물 및 먹고 남아 버려지는 음식물류 폐기물(농·수·축산물류 포함)을 말하는 것으로 다양한 형태로 발생하고 있다. 1990년대에 들어와 폐기물문제가 사회문제화되고, 소각 및 매립 처리과정 중에 2차오염이 일어나면서, 쓰레기 성상 중에 가장 문제가 될 수 있는 음식물쓰레기에 대한 관심이 증가하게 되었다.^{1,3)}

음식물쓰레기는 우리 나라의 생활쓰레기 발생량 중 그 비중이 가장 크며, 2000년도 우리 나라 생활쓰레기

의 발생량은 1일 46,438톤이었는데, 이 중에서 음식물쓰레기가 25%인 11,434톤 발생하였다. 또한 음식물쓰레기는 종이, 병류, 캔류 등 재활용품을 빼면 50~60%에 이르고 있으며, 배출원별로 살펴보면 가정에서 53% 음식점에서 47%를 발생시키고 있으며, 1인당 발생량은 가정에서 0.3 kg, 음식점에서 2.3 kg으로 나타났으며, 음식물 조성에 따른 발생함량은 채소류가 40.7%, 곡류가 30.6%, 어육류가 13.3%, 과일류가 9.3%, 이물질이 6.1%로 나타났다.⁴⁾

일반적으로 음식물쓰레기는 80~85% 전후, 하수슬러지는 75~80% 전후의 수분함량을 보이는데, 이로 인하여 음식물쓰레기는 부패하기가 쉽고, 부패하면서 오수와 악취를 발생시켜 재활용품과 섞이게 되면, 재활용품의 품질을 떨어뜨리며, 또한 저장, 운반, 처리, 처분, 처분 후 과정에서도 많은 문제점들을 야기한다. 따라서 음식물쓰레기를 감량화하고 재활용한다면 생

[†]Corresponding author : Department of Environmental Sciences, Seowon University
Tel: 82-43-299-8723, Fax: 82-43-294-6307
E-mail : shp@domino.seowon.ac.kr

활쓰레기 문제의 가장 큰 부분을 해결하는 것으로 볼 수 있다.^{5,7)}

또한, 좁은 국토, 침출수 발생과 지하수 오염, 주민의 반대 등으로 인하여 폐기물에 대한 매립지 확보가 어려워진 상황 하에서, 특별시, 광역시 또는 시 지역에서 발생하는 음식물쓰레기의 경우 2005년 1월 1일부터, 그리고 1일 처리능력 1만 m³ 이상의 하수종말처리시설에서 배출되는 슬러지의 경우 2003년 7월 1일부터 직매립이 금지될 예정이다.⁸⁾

이와 같은 상황에 대비하는데 있어서, 각 국가마다 발생하는 음식물쓰레기의 형태와 특성 등이 다르기 때문에, 우리 나라 음식물쓰레기의 특성에 맞는 처리 및 처분 방안을 마련할 필요가 있다. 이러한 음식물쓰레기를 효율적이고 체계적으로 자원화시키기 위해서는 주 발생원인 도시와 농가부산물의 발생지인 농촌의 유기적인 연계가 필요하다 할 수 있으며, 그렇게 되어야만 최종생성물로서의 퇴비의 수요와 공급이 지속적이고도 원활하게 유지될 수 있을 것이다.^{9,11)}

본 연구의 목표는 음식물쓰레기에 대한 호기성 퇴비화 처리에 있어서, 효율적이고 경제적인 처리를 달성하고자 농촌지역에서 대량으로 발생하고, 구하기 쉬운 볏짚과 도시하수처리장에서 대규모로 발생하는 하수슬러지 케이크를 사용하여 퇴비화를 진행시켜, 그 결과를 비교함으로써, 보다 효과적인 퇴비화 방안을 강구하는데 있으며, 구체적으로는 음식물쓰레기에 볏짚을 부피비를 상이하게 혼합하고, 또한 하수슬러지 케이크를 무게비를 달리하여 투입한 후, 호기성 퇴비화를 진행시키면서, 그 처리효율 및 숙성도를 알아보기 위하여 온도, pH, 무게와 부피감소율, 공극율, 탄질비, 염분도 및 전도도 등을 측정, 분석, 비교하였다.

II. 실험방법

1. 장치 및 재료

본 실험에 사용된 퇴비화 장치는 Fig. 1과 같으며, 내부치수는 W500×H600×D350 mm로, 유효용적 40 L 크기의 스테인레스 재질의 반응기로서, 바닥 부분은 교반 시에 사각지대를 없애기 위해 교반날개의 회전반경에 맞추어 원형으로 제작하였고, 부가장치로 송풍기, 온도조절장치, 교반기, 투입구 및 배출구와 이를 제어하기 위한 제어함이 부착되어 있다.

2. 실험조건

본 실험에서 사용된 음식물쓰레기는 각각 1회 300명 과 200명 이상의 급식능력을 갖춘 2개의 집단급식소로부터 3회에 걸쳐 시료를 채취하여, 이물질 제거, 혼합, 절단, 균질화, 건조시켰다. 그리고 실험에 사용된 볏짚

Table 1. Physicochemical properties of food wastes, rice straw and sewage sludge cake

Items	Units	Food wastes	Rice straw	Sewage sludge cake
pH	-	4.39	7.40	5.79
Density	kg/l	0.58	0.31	0.73
Porosity	%	32.0	60.0	49.0
Moisture content	%	47.3	79.6	47.2
Total solid	%	52.7	20.4	52.8
Ash content	%	9.1	7.4	45.3
TOC	%	48.1	49.1	28.9
TKN	%	1.43	0.84	1.50
C/N ratio	-	33.6	58.3	19.3
Salinity	%	1.95	0.07	0.11
Conductivity	mS/m	54.5	3.4	6.6

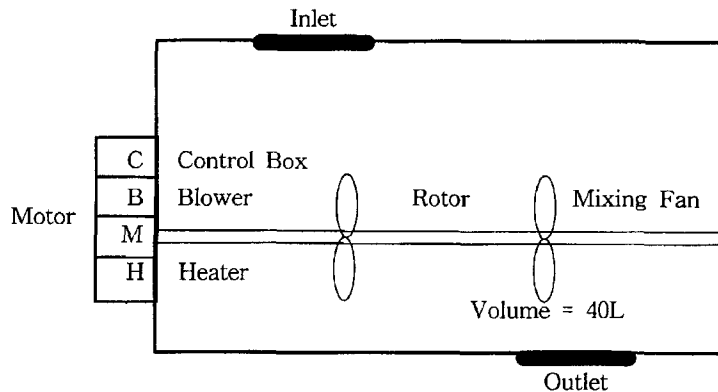


Fig. 1. Schematic diagram of laboratory-scale composting reactor system.

과 도시하수처리장에서 수집한 하수슬러지케이이크 물리 화학적 특성은 Table 1과 같다. 퇴비화하기 위해서 음식물쓰레기 6.0 L(3.50 kg)에 대하여 볏짚을 각각 0/4 (Control), 1/4(1.5 L, RS-1), 2/4(3.0 L, RS-2), 3/4 (4.5 L, RS-3) 및 4/4(6 L, RS-4)의 부피비로 혼합하였고, 음식물쓰레기 3.50 kg(6.0 L)에 대하여 하수슬러지 케이이크를 각각 0/4(Control), 1/4(0.88 kg, SL-1), 2/4 (1.75 kg, SL-2), 3/4(2.63 kg, SL-3) 및 4/4(3.50 kg, SL-4)의 무게비로 혼합하여 반응조에 투입한 후, 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍으로, 24일동안 운전하면서 온도, pH 등의 항목들의 경시적 변화를 측정, 비교, 분석, 고찰하였다.

3. 분석방법

본 실험에서 발효물의 온도를 측정하였고, 이미 무게와 부피를 알고 있는 용기에 시료를 옮긴 후, 내용물의 무게와 부피를 측정하였고, 이 중 일부 시료를 200 ml 비커에 채운 후 증류수를 첨가하여 공극률을 측정하였고, 이어서 pH를 측정하였다. 수분함량 및 고형물 함량은 폐기물공정시험방법에 따라 105°C에서 4시간 건조하여 측정하였고, 회분함량은 600°C에서 30분간 강열한 후 측정하였다. NaCl함량은 Mohr 법에 따라 시료에 지시약으로서 7.5% K₂CrO₄를 넣은 다음 0.02 N AgNO₃용액으로 적정하여 측정하였고, TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)은 H₂SO₄와 H₂O₂를 사용하여 전처

리한 시료를 Semimicro-Kjeldahl Method에 따라 측정하였고,¹²⁻¹⁴⁾ TOC(Total Organic Carbon)함량은 회분함량으로부터 TOC=(100-%Ash)/1.8.(%)로 구하였다.¹⁵⁾

III. 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 음식물쓰레기와 볏짚 및 하수슬러지케이이크의 물리화학적 특성이 Table 1에 제시되어 있다. 음식물쓰레기의 pH 4.39는 볏짚의 pH 7.4 하수슬러지케이이크의 5.79에 비해 낮게 나타났는데, 이는 음식물쓰레기 속에 존재하는 젖산, 초산 등 각종 유기산 때문인 것으로 판단되며, 볏짚의 공극률은 음식물쓰레기에 비해서 약 2배 가까이 높게 나타났는데 이로써 볏짚의 팽화재로서의 역할을 기대할 수 있으며 또한, 염분도와 전도도에 있어서는 음식물쓰레기가 볏짚에 비해 월등히 높은 것으로 나타났는데, 이는 세계보건기구(WHO)의 소금에 대한 섭취 권장량 6g인·일 보다 훨씬 많은 우리나라의 소금 섭취량 20g인·일 때문인 것으로 판단되며, 결국, 볏짚의 첨가가 음식물쓰레기의 퇴비화에 있어서 공극률을 확대해주고, 염분도를 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.¹⁶⁻¹⁸⁾

한편, 총고형물함량은 음식물쓰레기와 하수슬러지케이이크가 거의 유사하게 나타났으며, 회분함량은 음식물쓰레기와 볏짚에 비해 하수슬러지케이이크가 월등히 크게 나타나 팽화재로서의 기능은 낮으나, C/N비에 있어

Table 2. Comparison of temperature changes by reaction days (Unit: °C)

Reaction days	Room temperature	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
			RS-1 (4:1*)	RS-2 (4:2)	RS-3 (4:3)	RS-4 (4:4)	SL-1 (4:1**)	SL-2 (4:2)	SL-3 (4:3)	SL-4 (4:4)
0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
1	31.0	45.0	45.0	46.0	46.0	46.0	44.0	42.5	42.5	44.0
2	30.0	45.2	45.5	45.0	45.8	47.5	43.5	42.5	43.5	44.0
3	32.0	44.5	48.2	49.0	50.0	52.0	44.5	43.0	44.0	45.0
4	32.0	46.0	48.5	50.0	54.5	58.0	45.0	45.0	45.5	44.0
5	32.0	46.0	50.0	50.5	57.0	61.0	45.0	44.5	47.0	45.0
6	33.0	47.0	51.0	53.5	59.0	59.0	45.0	45.5	47.5	44.0
7	33.0	47.5	52.0	51.5	48.5	53.5	49.0	48.5	49.5	46.0
8	33.0	46.0	44.0	46.0	45.5	47.0	44.5	44.0	47.0	44.0
9	33.0	45.5	42.5	46.0	45.0	44.0	44.0	43.0	46.0	43.0
10	32.0	39.5	40.5	41.0	40.0	42.0	45.0	44.0	47.5	48.0
11	32.5	37.0	38.5	40.0	40.0	38.0	46.0	49.5	53.0	56.5
12	33.0	38.0	38.5	39.0	38.0	38.0	46.5	51.0	50.5	56.0
16	32.0	33.0	33.5	35.0	35.0	34.5	35.0	37.5	40.0	40.5
20	30.5	32.0	32.0	32.5	32.0	32.0	33.5	34.0	34.0	35.0
24	29.0	30.0	30.5	31.0	30.0	30.0	30.5	31.0	31.0	31.0

*: the volume ratio of food wastes to rice straw.

** : the weight ratio of food wastes to sewage sludge cake.

서는 하수슬러지케이이크가 제일 낮게 나타났다.

한편 볏짚의 수분함량이 79.6%로 높은 이유는 반응조에 음식물과 볏짚의 혼합물을 투입하기 직전에, 미생물의 활성을 유지하기 위한 혼합물의 적절한 수분함량을 유지시키기 위해서, 건조된 볏짚에 수분을 첨가한 후에 수분함량을 측정하였기 때문이다.

반응일수의 경과에 따른 실내온도와 각 반응물의 온도의 변화는 Table 2에 제시되어 있다.

볏짚의 첨가비가 클수록, 즉, 대조군에서 RS-4로 갈수록 50°C에 도달하는 시각이 빨랐으며, 또한 더 빨리 각각의 최고온도에 도달하였고, 최고온도 또한 더 높게 나타났으며, 50°C 이상 지속되는 기간도 더욱 길 것으로 나타났는데, 이는 볏짚의 공극률이 커서 내부에 공기의 함량이 높기 때문에, 볏짚의 첨가비가 높을수록 음식물쓰레기의 호기성 퇴비화에 있어서 유기물의 분해가 왕성하게 일어났기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 반응일수 8일 경과 후의 반응조내 온도는 큰 변동 없이 서서히 감소하였으며, 반응조들간에 서로 유사한 경향을 나타내었다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 7일 경과 후 첫 번째 고온부를 형성하다가 다시 11-12일 경과 후 두 번째 고온부를 형성하였으며, 첫 번째 고온부에서는 46~49.5°C의 분포를 나타내었으며, 두 번째 고온부에서는 대조군 38.0°C보다 월등히 높은 46.5~56.5°C의 온도분포를 나타내었으며, 슬러지의 함량이 높을수록 더 높은 최고온도를 기록하였다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 pH의 변화가

Table 3에 제시되어 있다.

온도의 경향과 유사하게, 볏짚의 투입비가 클수록 최고 pH에 도달하는 기간도 짧았으며, 최고 pH의 크기도 더욱 큰 것으로 나타났으며, 최고 pH에 도달한 이후에는 시간이 경과하여도 큰 변동이 없는 것으로 나타났다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, pH는 서서히 증가하여 약 12일 경과 후 최고의 pH값을 나타내었는데, 이때 대조군의 pH 7.7보다 훨씬 높은 pH 8.37-8.46의 분포를 보였으며, 하수슬러지케이이크의 함량이 높을수록 최고 pH값은 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 최초 하수슬러지케이이크의 pH가 최초 음식물쓰레기의 pH보다 높았기 때문이며, 반응이 경과할수록 하수슬러지케이이크의 첨가량에 비례해서 pH도 증가했기 때문인 것으로 판단된다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 무게감소율의 변화가 Table 4에 제시되어 있다.

전반적으로 볏짚첨가군이 대조군에 비하여 빠른 비율로 무게의 감소가 일어났으며, 무게감소율이 4-12일 사이에 급격히 증가하였는데, 이는 그이전의 1-8일 사이의 급격한 온도 증가와 그로 인한 pH의 증가와 밀접한 관계가 있다. 즉, 퇴비화 관련 미생물의 활성과 증식이 증대함에 따라 유기물의 분해가 왕성해지면서 온도, pH와 같은 지표들과 무게감소율이 서로 연관성을 나타내는 것으로 판단된다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 무게감소율이 볏짚의 경우에서 보다는 늦은 8-16일 사이에 급격히 증가

Table 3. Comparison of pH changes by reaction days

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	4.50	4.45	4.66	4.62	4.56	4.55	4.78	4.80	4.84
1	5.46	5.12	4.86	4.81	4.72	4.43	4.49	4.54	4.57
2	5.03	4.84	4.69	4.64	4.71	4.44	4.48	4.43	4.39
3	4.99	4.93	4.98	5.00	5.45	4.53	4.46	4.51	4.50
4	5.17	4.72	4.81	5.52	5.61	4.60	4.40	4.49	4.43
5	5.35	5.49	5.35	6.51	7.42	4.98	4.86	4.94	4.65
6	5.36	5.74	5.54	8.30	8.42	4.88	4.88	4.72	4.80
7	5.63	6.65	7.30	8.33	8.56	5.23	5.04	5.01	5.02
8	6.13	7.74	8.26	8.29	8.44	5.10	5.44	5.40	5.38
9	6.87	8.03	8.11	8.16	8.33	5.91	5.89	6.13	6.06
10	7.36	8.07	8.15	8.00	8.27	7.26	7.48	7.73	7.31
11	7.56	8.13	8.07	7.97	8.25	8.18	8.26	8.38	8.18
12	7.70	8.00	8.03	7.89	8.28	8.37	8.38	8.44	8.46
16	7.53	7.83	7.86	8.01	8.24	8.12	8.15	8.20	8.20
20	7.57	7.88	7.89	7.88	8.25	8.10	8.13	8.15	8.16
24	7.61	7.92	8.00	8.07	8.21	8.10	8.16	8.18	8.14

Table 4. Comparison of weight changes by reaction days (Unit: kg)

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	3.50(0.0 [*])	4.00(0.0)	4.43(0.0)	4.90(0.0)	5.36(0.0)	4.38(0.0)	5.25(0.0)	6.13(0.0)	7.00(0.0)
4	2.78(20.5)	3.11(22.2)	3.48(21.4)	3.79(22.6)	4.19(21.8)	3.86(11.9)	4.64(11.6)	5.54(9.6)	6.48(7.4)
8	1.97(43.6)	2.15(46.2)	2.34(47.1)	2.50(48.9)	2.72(49.2)	3.26(25.6)	3.92(25.3)	4.84(21.0)	5.89(15.9)
12	1.70(51.4)	1.74(56.5)	1.83(58.6)	1.94(60.5)	2.09(61.0)	2.63(40.0)	3.27(37.7)	3.89(36.5)	4.84(30.9)
16	1.48(57.7)	1.50(62.4)	1.58(64.3)	1.75(64.2)	1.83(65.8)	2.16(50.7)	2.68(49.0)	3.29(46.3)	3.94(43.7)
20	1.40(60.1)	1.38(65.5)	1.43(67.8)	1.60(67.4)	1.80(66.5)	2.06(53.0)	2.65(49.5)	3.22(47.5)	3.80(45.7)
24	1.35(61.5)	1.33(66.8)	1.44(67.4)	1.56(68.2)	1.73(67.7)	1.97(55.0)	2.56(51.2)	3.13(48.9)	3.68(47.4)

*: weight reduction rate(%).

Table 5. Comparison of volume changes by reaction days (Unit : l)

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	6.00(0.0 [*])	7.50(0.0)	9.00(0.0)	10.50(0.0)	12.00(0.0)	6.50(0.0)	8.00(0.0)	9.00(0.0)	10.00(0.0)
4	6.00(0.0)	6.50(13.3)	7.50(16.7)	8.63(17.8)	9.66(19.5)	6.01(7.5)	7.48(6.50)	8.51(5.4)	9.48(5.2)
8	4.36(27.3)	4.78(36.3)	5.68(36.9)	6.69(36.3)	7.39(38.4)	5.14(20.9)	6.49(18.9)	8.03(10.8)	8.97(10.3)
12	3.82(36.4)	4.50(40.0)	5.50(38.9)	6.17(41.2)	6.96(42.0)	4.52(30.5)	6.12(23.5)	7.11(21.0)	8.12(18.8)
16	3.64(39.4)	4.15(44.7)	5.11(43.2)	5.86(44.2)	6.52(45.7)	3.57(45.1)	5.04(37.0)	5.98(33.6)	7.24(27.6)
20	3.39(43.5)	3.77(49.7)	4.47(50.3)	5.15(51.0)	6.10(49.2)	3.12(52.0)	4.13(48.4)	5.10(43.3)	6.13(38.7)
24	3.27(45.5)	3.50(53.3)	4.09(54.6)	4.67(55.5)	5.51(54.1)	3.01(53.7)	3.92(51.0)	4.89(45.7)	6.04(39.6)

*: volume reduction rate(%).

하였으며, 24일 경과 후 전반적으로 대조군의 무게감소율 61.5% 보다는 낮게 나타났으며, 하수슬러지케이크의 함량이 높을수록 무게감소율이 낮은 것으로 나타났다. 이는 앞에서 살펴본 바와 같이 하수슬러지케이크의 회분함량이 45.3%로 음식물쓰레기나 볏짚보다도 월등히 높았기 때문인 것으로 판단된다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 부피감소율의 변화가 Table 5에 제시되어 있다.

볏짚을 첨가한 경우, 부피감소율의 변화는 전반적으로, Table 4에서의 무게감소율의 경우와 매우 유사한 경향을 나타내고 있다. 즉, 부피감소율 40%에 도달하는 시간이 대조군의 경우 16일로 가장 길었으며, 볏짚 첨가군의 경우 약 12일이 소요되어, 볏짚의 첨가가 빠른 무게감소율 뿐만 아니라 빠른 부피감소율을 가져올 수 있었다.

또한, 반응일수 24일 경과 후의 최종 부피감소율은, 대조군의 45.5%보다는 볏짚을 첨가한 시료들의 경우에 53.3~55.5%로 훨씬 높았으나, 후자들 사이에는 큰 차이가 없었다.

한편, 반응일수 4일 경과후의 부피감소율을 살펴보면, 볏짚이 많이 첨가될수록 부피감소율이 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 밀도가 낮은 볏짚이 염분도가 높은 음식물쓰레기와 수분에 의해 습이 죽으면서 나타나

는 효과이며, 이 시기에 무게감소율은 Table 4에서 보는 바와 같이 시료들간에 큰 차이가 없었다.

하수슬러지케이크를 첨가한 경우, 하수슬러지케이크의 첨가량이 증가할수록 부피감소율이 급격히 감소함을 보여주었으며, 이는 무게감소율의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 24일 경과 후 무게감소율은 SL-1과 SL-2는 각 53.7%와 51.0%로 대조군의 45.5%보다는 높게 나타났으나, SL-3와 SL-4는 각각 45.7%와 39.6%로 대조군과 비슷하거나 오히려 낮게 나타났다. 따라서 하수슬러지케이크의 과도한 투입은 최종생산물의 무게와 부피의 감소에 오히려 불리한 것으로 나타났다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 공극률의 변화가 Table 6에 제시되어 있다.

볏짚을 첨가한 경우, 반응조 운전후, 시간이 경과함에 따라 공극률은 감소하여 8일 후 즉, 최고온도에 도달한 직후, 각각 최소의 공극률을 나타냈는데, 이는 유기물의 분해로 음식물이 조밀하게 되고, 볏짚이 습이 죽어서로 밀착됨으로서 일어나는 현상으로 보인다.

또한 8일 이후 반응일수가 경과함에 따라 공극률이 다시 조금씩 증가하는 것은 반응조내 시료들이 서로 엉겨붙어 덩어리를 형성하기 때문인 것으로 판단된다. 이때 덩어리의 크기는 대조군이 가장 컸으며, 볏짚의 첨가가 적을수록 더 컸다.

Table 6. Comparison of porosity changes by reaction days (Unit : %)

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	40.0	38.0	40.0	39.0	39.5	38.0	38.0	40.5	40.0
4	32.0	32.5	34.0	36.0	38.0	33.0	34.0	35.0	35.5
8	30.0	30.0	31.0	33.0	34.0	22.0	24.0	25.0	26.0
12	30.0	30.5	32.0	34.0	34.5	19.0	22.0	23.5	24.0
16	30.5	31.0	32.5	34.5	35.0	22.0	24.0	24.5	27.0
20	31.0	32.5	32.5	35.0	35.5	23.5	25.0	26.0	27.5
24	31.5	33.0	34.0	36.0	36.0	24.0	26.0	27.5	28.0

Table 7. Comparison of C/N ratio changes by reaction days

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	33.6	34.8	35.6	37.2	39.4	32.0	30.8	29.7	28.3
4	33.1	33.0	34.2	34.8	36.7	31.7	30.4	28.9	27.7
8	32.8	31.1	29.8	30.4	31.8	29.3	28.4	27.1	26.5
12	31.9	29.9	28.5	28.8	29.4	26.8	25.3	25.0	24.4
16	30.3	27.4	27.3	28.2	29.0	25.9	25.0	24.3	23.9
20	30.0	26.2	27.0	27.9	28.5	25.1	24.8	24.0	23.6
24	29.5	25.7	26.4	26.8	28.1	24.6	24.1	23.5	22.8

한편, 벧짚이 가지고 있는 팽화재로서의 특성 때문에 최종 공극률은 벧짚의 첨가가 클수록 더 크게 나타났다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 시간이 경과함에 따라 공극률은 감소하여, 12일 경과 후 즉, 최고온도에 도달한 직후에 각각 최소의 공극률을 나타냈으며, 12일 이후에는 점점 공극률이 증가하였고, 24일 경과 후에는 대조군이나 벧짚을 첨가한 경우 보다도 매우 낮게 나타났다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 탄질비의 변화가 Table 7에 제시되어 있다.

대조군과 RS-1의 경우 반응일수 4-16일까지 지속적으로 천천히 감소하는 것으로 나타났으며, RS-2, RS-3 및 RS-4의 경우 4-8일 사이에 급격히 감소하고, 그 이

후에는 거의 일정한 수준을 나타내었다.

전체적으로 벧짚의 첨가가 많을수록 탄질비가 높은 것으로 나타났는데, 이는 탄질비가 높은 벧짚의 투입량이 많았기 때문인 것으로 판단된다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 반응일수 8-12일 사이에 탄질비가 급격히 감소하고, 그 이후에는 거의 일정한 수준을 나타내었으며, 전체적으로 하수슬러지케이이크의 첨가가 많을수록 탄질비가 낮은 것으로 나타났는데, 이는 하수슬러지케이이크의 탄질비가 음식물쓰레기의 탄질비보다 월등히 낮았기 때문인 것으로 판단된다.

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 염분도의 변화가 Table 8에 제시되어 있다.

전반적으로 반응일수가 경과함에 따라 염분도가 농축

Table 8. Comparison of salinity changes by reaction days (Unit : %)

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	1.95	1.91	1.86	1.74	1.51	1.54	1.36	1.21	1.04
4	2.24	2.20	2.07	1.98	1.83	1.55	1.38	1.24	1.09
8	2.48	2.33	2.29	2.26	2.04	1.67	1.42	1.37	1.22
12	2.81	2.52	2.41	2.38	2.26	1.91	1.63	1.60	1.35
16	3.18	2.73	2.64	2.46	2.32	2.10	1.87	1.78	1.49
20	3.32	2.87	2.79	2.55	2.38	2.16	1.93	1.80	1.54
24	3.47	3.04	2.88	2.63	2.44	2.28	2.02	1.88	1.61

Table 9. Comparison of conductivity changes by reaction days (Unit : mS/m)

Reaction days	Control	Rice straw				Sewage sludge cake			
		RS-1	RS-2	RS-3	RS-4	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4
0	54.5	53.4	52.4	48.1	42.0	43.1	37.5	34.5	30.7
4	63.1	61.4	60.0	58.4	48.6	41.6	39.1	35.3	31.7
8	70.4	66.2	63.5	63.8	56.1	45.8	40.4	38.1	34.4
12	78.1	70.6	66.5	66.7	63.8	52.9	44.8	45.1	38.7
16	88.9	75.4	72.9	69.0	65.6	59.2	56.3	49.4	40.7
20	93.9	81.3	77.0	71.9	65.4	61.4	56.0	51.7	45.1
24	97.1	84.8	80.9	72.6	67.2	62.4	55.6	51.7	44.0

되는 경향을 나타내는데, 그 농축 정도는 대조군이나 RS-1의 경우 서서히 그리고 4-16일 사이에 지속적으로 이뤄지고 있으나, RS-3와 RS-4의 경우에는 4-12일 사이에 농축이 이루어지고 그 이후에는 거의 일정성을 보인다.

이러한 경향은 앞에서의 무게감소율에서의 경향과 매우 유사하다. 즉, 유기물의 분해로 인한 무게 감소와 이에 따른 염분도의 농축의 결과로 이러한 경향이 나타나는 것으로 판단된다.

하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 시간이 경과할수록, 무게감소율과 비례해서 염분도가 증가하는 것으로 나타났으며, 24일 경과 후에는 대조군의 3.47%나 볏짚을 첨가한 경우의 3.04~2.44% 보다는 낮은 2.28-1.61%의 분포를 나타내었으며, 하수슬러지케이이크의 첨가량이 많을수록 염분도는 낮은 것으로 나타났다.

한편, '유기성오니 등을 토지개량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 고시(환경부고시 제 2000-78호)'¹⁹⁾에 따르면, 부숙토의 제품기준으로서 염분(NaCl)은 1% 이하이어야 하므로, 본 실험의 최종산물은 부숙토의 원료로서, 염분도가 낮은 다른 원료와의 혼합이 요구되며, 또는 처음부터 원료로서 음식물쓰레기의 세척 등의 전처리 과정이 필요한 것으로 판단된다.^{20,21)}

반응일수의 경과에 따른 각 반응조내 시료의 전도도의 변화가 Table 9에 제시되어 있다.

반응일수가 경과함에 따라 전도도가 증가하는 경향을 나타내며, 전반적으로 Table 8에서의 염분도 변화의 경향과 아주 유사하였다(볏짚을 첨가한 경우 $r=0.9967$, 하수슬러지케이이크를 첨가한 경우 $r=0.9911$).

IV. 결 론

음식물쓰레기에 대한 호기성 퇴비화 처리에 있어서, 효율적이고 경제적인 처리를 달성하고자 농촌지역에서

대량으로 발생하고, 구하기 쉬운 볏짚을 폐화재 및 미생물 집종재로 사용하여 효과적인 퇴비화 방안을 강구하고자, 음식물쓰레기 6.0 L(3.5 kg)에 대하여 볏짚을 각각 0/4(Control), 1/4(1.5 L, RS-1), 2/4(3.0 L, RS-2), 3/4(4.5 L, RS-3) 및 4/4(6 L, RS-4)의 부피비로 첨가한 반응조를 준비하고, 음식물쓰레기 3.50 kg(6.0 L)에 대하여 하수슬러지케이이크를 각각 0/4(Control), 1/4(0.88 kg, SL-1), 2/4(1.75 kg, SL-2), 3/4(2.63 kg, SL-3) 및 4/4(3.50 kg, SL-4)의 무게비로 첨가한 반응조를 준비한 다음, 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍으로, 24일 동안 운전하면서 온도, pH 등 여러 가지 항목들의 경시적 변화를 측정, 비교, 분석, 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 볏짚의 투입비가 클수록, 최고 온도와 최고 pH에 도달하는 기간이 짧았으며, 최고 온도와 최고 pH도 더 높게 나타났으며, 반응일수 12일 경과 후에는 각 반응조 모두 큰 변동이 없는 것으로 나타났다. 하수슬러지케이이크를 첨가한 경우, 7일 경과 후 46.0~49.5°C의 첫 번째 고온부와 11-12일 경과 후 46.5~56.5°C의 두 번째 고온부를 형성하여, 볏짚의 경우보다는 유기물의 분해가 더 늦게 시작되어 더 오랫동안 지속되는 것으로 나타났다.

2. 볏짚의 첨가가 빠른 무게감소를 뿐만 아니라 빠른 부피감소율을 가져와, 음식물쓰레기의 빠른 퇴비화를 위해서는 볏짚의 보다 많은 첨가가 요구되는 것으로 나타났으며, 하수슬러지케이이크의 첨가량이 많을수록 무게 및 부피감소율이 낮은 것으로 나타났으나, 하수슬러지케이이크의 첨가량이 음식물쓰레기의 1/2 이하일 경우에는 대조군보다 부피감소율이 더욱 큰 것으로 나타났다.

3. 볏짚의 첨가가 많을수록 탄질비가 높은 것으로 나타났고, 최종산물로 볼 때 대조군의 탄질비보다는 볏짚을 첨가한 시료의 탄질비가 더 작은 것으로 나타났으며, 하수슬러지케이이크의 첨가가 많을수록 탄질비가 낮은 것으로 나타났다. 즉, 볏짚의 첨가가 많을수록 비효

성은 떨어지며, 하수슬러지케이크의 침가가 많을수록 비효성이 증가되는 것으로 나타났다.

4. 전반적으로 반응일수가 경과함에 따라 염분도가 농축되는 경향을 나타냈고, 최종산물에 있어서의 염분도는 대조군에서 제일 높게 나타났다. 즉 단순히 음식물 쓰레기만으로 퇴비화를 진행시키기보다는 볏짚이나 하수슬러지케이크가 첨가될 때, 최종산물로서의 가치가 증대되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 서원대학교 응용과학연구소 연구비 지원에 의한 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 장기운, 배재근, 최훈근 : 음식물쓰레기의 자원화 관련 법규 및 자원화 표준공정. 폐기물자원화, **10**(1), 7-16, 2002.
2. 정재춘, 손영복 : 지자체의 음식물쓰레기 순환자원화 시스템의 구축방안. 폐기물자원화, **10**(1), 17-24, 2002.
3. 배재근 : 음식물쓰레기 퇴비화시설의 운영상의 문제 및 해결방안. 폐기물자원화, **10**(1), 25-37, 2002.
4. 환경부 : 환경통계연감(제14호), 121-124, 2001.
5. 김남천 : 발효된 음식폐기물의 사료화 잠재력에 관한 연구. 유기성폐기물자원화협의회지, **3**(1), 13-20, 1995.
6. 장기운, 이인복, 임재신 : 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정 중 이화학적 특성의 변화. 한국유기성폐기물자원화협의회지, **3**(1), 3-11, 1995.
7. 신항식, 황응주, 김구용 : 소멸식 퇴비화 장치의 운전 성능 평가. 한국유기성폐기물학회 가을 학술대회 발표논문집, 11-19, 1997.
8. 환경부 : 폐기물관리법 시행규칙 별표-4. 6-12, 2000.
9. 배재근 : 음식물쓰레기의 자원순환체제 구축 방안에 대한 검토. 폐기물자원화, **9**(4), 28-29, 2001.
10. 신항식, 김상현 : 유기성폐기물의 혐기성 자원화 기술. 한국폐기물학회지, **18**(8), 14-21, 2001.
11. 정재춘 : 음식물쓰레기의 재활용 활성화 전략. 한국폐기물학회지, **18**(8), 22-29, 2001.
12. 환경부 고시 제 91-73호 : 수질오염공정시험방법. 122-124, 1996.
13. 환경부 고시 제 96-32호 : 폐기물공정시험방법. 83-87, 1996.
14. APHA, AWWA and WEF : Standard Methods. 19th Ed., 4 · 90-4 · 95, 1995.
15. 노재성 : 무기계 고품폐기물을 수분조절제와 탄소공급원으로 한 축분의 퇴비화에 관한 연구. 한국폐기물학회지, **11**(3), 389-397, 1994.
16. 이기열 : 식이요법. 수확사, 서울, 205-215, 2001.
17. 홍순명, 최석영, 송재철, 유리나 : 건강과 영양. 울산대학교 출판부, 125-127, 2000.
18. 이상은 : 염류가 집적된 시설재배 토양에서 질소와 가리의 시비 효과 및 양분수지. 한국토양비료학회지, **27**(2), 78-84, 1994.
19. 환경부 고시 제 2000-78호 : 유기성오니 등을 토지계량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 고시. 46-49, 2000.
20. 장기운, 이인복, 임재신, 임현택 : 부숙과정 중 음식물 찌꺼기의 식물독성평가. 한국토양비료학회지, **29**(3), 312-320, 1996.
21. 유영석, 장기운, 이지환 : 남은 음식물 퇴비에 따른 토양의 이화학적 변화와 고추생육에 미치는 영향. 폐기물자원화, **9**(4), 81-88, 2001.