

## 염분도와 수분함량이 음식폐기물의 호기성 퇴비화에 미치는 영향

박 석 환

서원대학교 자연과학대학 환경과학과

## Effects of Salinity and Moisture Content on Aerobic Composting of Food Wastes

Seok-Hwan Park

Department of Environmental Science, College of Natural Science, Seowon University

### ABSTRACT

This study was performed to define the physicochemical characteristics of food waste and food wastewater, and to find the effect of moisture content variation and salinity variation on aerobic composting for food wastes. In moisture content variation experiment, the samples of 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 were prepared by the moisture content of 83.8%, 70.9%, 64.8% and 45.1%, respectively. In salinity variation experiment, the samples of 3-1, 3-2, 3-3 and 3-4 were prepared by the salinity of 0.99%, 1.69%, 1.75% and 2.34%, respectively. In both experiments, aerobic composting reactors were operated by the mode which was composed of half an hour's stirring and 2 hour's aeration per day, for 45 days. The followings are the conclusions that were derived from this study. 1. In the study of physicochemical characteristics of food waste and food wastewater, the values of pH were 4.19 and 3.96, the values of salinity were 0.91% and 1.17%, and the values of conductivity were 7.6 mS/cm and 18.2 mS/cm, respectively. 2. In food waste, the moisture content was 60.3%, organic compound content was 96.1%, total carbon was 48.0%, total nitrogen was 1.5%(therefore, C/N ratio was 32), and the concentration of total phosphorus was 1.34 mg/kg. 3. The time of temperature ascending was delayed, the highest temperature was lowered, the duration period of high temperature was shortened by the increasing of moisture content. In the higher moisture content, anaerobic condition was formed, bad smell was released, insects were gathered and multiplied, and the reaction rate of composting was reduced. 4. In moisture content experiment, C/N ratios were changed from the range of 31.2-34.8 at the beginning phase to that of 20.4-28.4 at the last phase. 5. In salinity experiment, the reduction rate of volume was increased(40.3%) when the salinity was decreased(0.99%). Also, the reduction rate of mass was increased(51.8%) when the salinity was decreased(0.99%). This fact denotes that salinity hinders the process of composting. 6. the concentrations of total nitrogen and total phosphorus were increased from 0.74% to 1.10%, and from 0.82 mg/kg to 3.44 mg/kg, respectively when the salinity was decreased from 2.34% to 0.99%.

**Keywords** : Food waste, Aerobic composting, Salinity, Moisture content, C/N ratio

### I. 서 론

우리나라의 1994년도 생활폐기물의 발생량은 58, 118 톤/일로서, 전체 일반폐기물 발생량 143,347 톤/일의 40.5%를 차지하고 있으며, 이렇게 발생된 생활폐기물의 처리방법별 처리현황을 살펴보면 매립이 81.2%, 소각이 3.5%, 재활용이 15.3%로서 매

립이 단연 앞서고 있는 실정이다.

또한, 각 시군의 일반폐기물 매립시설의 사용기간을 살펴보면, 1994년말 이후 사용 가능한 매립지의 숫자는 총 590 개소 중 318 개소이나, 1998년 이후까지 사용 가능한 매립지의 숫자는 111 개소로서 전체의 18.8%에 불과한 것으로 나타나고 있다.

폐기물의 처리 및 처분은 매립, 소각 및 자원화(재

활용)로 대별되며 그 선택은 경제성, 효율성, 기술적 측면, 국토여건 및 국민의 지지도 등에 따라서 달라질 수가 있는데, 이에 따라 우리나라의 경우, 장래에는 매립방식보다는 소각 및 자원화 쪽으로 가는 것이 바람직한 것으로 알려지고 있다.

특히, 우리나라에서 발생하는 58,118 톤/일(1994)의 생활폐기물 중 가장 많은 31.1%인 18,055 톤/일이 음식물 및 채소류 등의 생분해성 음식폐기물로서 나타나 국민 경제적 측면에서의 낭비뿐만 아니라, 이의 수거, 운반, 매립에 의한 처리, 처분 등에 막대한 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

1995년도 음식물쓰레기 발생량은 1일 15,075 톤으로서 생활폐기물 발생량 47,774 톤/일의 31.6%를 차지함에 따라 음식물쓰레기가 차지하는 점유비율은 1991년도 28.5%에서 1995년도 31.6%로 증가되었으며, 1996년도에는 약 35.2%로 증가될 것으로 전망되어, 선진국가와 비교할 때 우리나라의 점유비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.<sup>16)</sup>

한편, 미국과 유럽, 그리고 일본에 있어서 도시고형폐기물의 관리는 모두 최근에 상당히 발전하였는데, 노천매립과 같은 값싼 기술들은 이들의 부정적인 환경영향이 인식되었기 때문에 중지되었다. 위생매립 및 소각로와 같은 고도의 기술적인 시설들이 설계되어 환경에의 영향을 감소시켰지만 폐기물의 관리비용을 증가시켜, 이러한 시설에 대한 일반대중들의 수용도는 낮았다. 그리하여 폐기물의 발생량 감소와 자원의 재회수 및 재활용이 점점 더 강조되어왔다.

이러한 관점에서 퇴비화는 일반적으로 대중의 반응이 좋으며, 폐기물 중의 유기성분을 퇴비화해야 한다는 필요성에 대해 폭넓은 이해가 이뤄졌으며, 1992년 미국 환경청이 세운 폐기물 20% 감축목표에 있어서도 퇴비화의 증진이 하나의 필수조건이 되었다.<sup>7)10)</sup>

음식폐기물을 포함한 유기성 폐기물의 퇴비화는 생물학적 공정이 추가 된다. 이러한 퇴비화공정은 자연적인 분해공정에 인위적인 조절을 추가하는 것으로 생각할 수 있는데, 적당한 환경조건하에서 적당한 시간이 경과하게 되면, 미생물은 분해 가능한 유기물질을 안정화된 제품인 퇴비로 전환시킨다. 이때 주요공정관리 인자로는 C/N ratio, 수분함량, 산소 및 온도 등을 들 수 있다.<sup>11,12)</sup>

탄소는 미생물의 에너지원이며, 그 중 일부는 미생물세포로 합성된다. 질소는 미생물의 성장에 제한인자로 작용하며, 건조 박테리아 세포의 50% 이상을 차지하는 단백질의 중요 구성성분으로 필요하나

만약 질소가 과잉 공급되면 암모니아 가스 및 비흡착성 질소화합물의 누출로 냄새 또는 다른 환경문제를 야기시킨다. 폐기물의 퇴비화를 위해 일반적으로 추천되는 C/N ratio는 25-40인데, 이의 인위적 조절을 위해 요소, 분뇨, 하수 슬러지 또는 정화조 폐액 등을 사용할 수 있다.

음식폐기물의 퇴비화에 있어서, 적절한 수분함량은 분해공정에서 필수적이나, 너무 많은 경우, 산소공급량이 감소하여 혐기성소화가 진전되어 퇴비화기간이 길어지고, 병원성 세균의 사멸정도가 떨어지고, 악취가 발생하고 바람직하지 못한 불순물이 생성되는 등 단점이 발생하게 된다. 일반적으로 권장되고 있는 수분함량은 55-65%이며, 40-50% 이하에서는 그 분해속도가 상당히 늦어지는 것으로 알려졌다.

음식폐기물의 퇴비화에 있어서, 산소와 온도는 송풍이라는 공기조절장치와 관련이 있는데, 송풍은 고갈되는 산소를 재공급하고 과잉의 발생열을 운반하는 역할을 하는데, 이러한 이중적 기능으로 보아 생물학적 공정의 가장 중요한 기능으로 간주할 수 있다. 대부분의 폐기물 퇴비화시설은 분해속도가 빠른 퇴비화 초기단계 동안 산소를 공급하기 위해 강제 송풍방식을 이용한다. 그리고 효율적인 분해를 위하여 온도의 상승과 유지가 중요한데, 40-59°C의 온도에서 가장 높은 분해율을 나타내고 59°C 이상에서는 분해율이 떨어지는 것으로 알려져있다.

한편, 우리나라에서 발생하는 음식폐기물의 경우, 음식조리상 첨가되는 소금 등으로 인한 높은 염분도(salinity)와 75-85%의 높은 수분함량은 퇴비화에 영향을 미치는 또 다른 중요인자로 고려되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 음식폐기물에 대한 호기성 퇴비화과정중 염분도 및 수분함량이 미치는 영향을 중점적으로 파악하여, 최적의 퇴비화조건을 유도해내기 위함이다.<sup>13-21)</sup>

따라서, 본 연구는 각 가정, 음식점 및 단체급식소로부터 발생하는 음식폐기물에 대한 처리 및 처분 방법의 하나로, 호기성 미생물을 이용한 퇴비화를 적용하여, 궁극적으로 음식폐기물을 퇴비로 감량화 및 자원화하여 재활용하는 방안을 개발해 내고자 함에 그 목적이 있다.

## II. 실험방법

본 연구는 발생하는 음식폐기물에 대한 처리 및 처분 방법의 하나로, 호기성 미생물을 이용한 퇴비화

방식을 적용하여, 음식폐기물을 퇴비로 감량화 및 자원화하여 재활용하는데 그 궁극적인 목적이 있다.

그 구체적인 연구내용 및 방법으로 발생된 음식폐기물의 수분함량, 염분도, 전도도, pH, 총유기탄소량(Total Organic Carbon, TOC), 회분함량(Ash Content), 영양염류(Nutrients) 등의 물리화학적 특성을 파악한 다음, 이를 근거로 송풍기, 온도조절장치, 교반기, 투입구 및 배출구가 부착된 실험장치를 고안, 설치하고, 음식폐기물 중의 서로 다른 수분함량이 퇴비화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수분함량을 각각 83.8, 70.9, 64.8 및 45.1%로 조절한 시료2-1, 2-2, 2-3 및 시료2-4와, 서로 다른 염분도가 퇴비화에 미치는 영향을 파악하기 위해 음식폐기물에 팽화재로서 목재세편을 넣고 염분도를 각각 0.99, 1.69, 1.75 및 2.34%로 조절한 시료3-1, 3-2, 3-3 및 시료3-4를 호기성 퇴비화 반응기에 넣고서, 하루 30분 교반, 2시간 송풍을 실시하여 45 일간 반응시키면서, 음식폐기물의 퇴비화 과정 중 온도, pH, 수분함량, TOC, Ash Content, C/N ratio, 염분도 및 영양염류 등을 정기적으로 분석하여 그 분해특성을 파악해내며, 이때 발생하는 문제점 등을 파악, 보완하여 음식폐기물에 대한 최적의 퇴비화 조건을 규명해낸다.

수분함량, 회분함량 등은 폐기물공정시험법에 따라서, 염분도는 Mohr법으로, TOC는 회분함량으로부터, T-N은 수질오염공정시험법, 전도도와 T-P는 Standard Methods에 따라 측정하였다.<sup>22-26)</sup>

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 음식폐기물 및 폐수의 물리화학적 특성

1회 300명 이상의 급식능력의 대학교 집단급식소로부터 음식폐기물과 그 폐수에 대한 3회분의 시료를 채취, 혼합한 다음, 측정, 분석하여 얻은 물리화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 음식폐기물보다는 음식폐수의 밀도가 큰 것으로 나타났는데 이는 음식의 조리시 수많은 수용성 물질들이 물에 녹아들었기 때문인 것으로 판단된다.

pH의 경우 음식폐기물과 음식폐수 공히 매우 낮게 나타났는데 이는 기본적으로 발효식품중에 여러 가지 유기산이 다량 함유되거나, 또는 음식의 조리시 인위적으로 첨가되는 유기산 등으로 인한 것으로 판단된다.

NaCl의 경우 음식폐기물 중에 0.91%, 폐수 속에

**Table 1.** Physico-chemical properties of food wastes and food wastewater

Items	Units	Classification	
		Food wastes	Food wastewater
Density	kg/l	0.97	1.01
pH	-	4.19	3.96
NaCl	%	0.91	1.17
Conductivity	mS/cm	7.6	18.2
Total solid	g/l	-	32.8
Suspended solid	g/l	-	8.8
Dissolved solid	g/l	-	24.8
Moisture content(W)	%	60.3	-
Total solid (TS)	%	39.7	-
(W+VS)/(W+TS)	%	98.5	-
VS/TS	%	96.1	-
Ash content(FS/TS)	%	3.9	-
Total carbon(T-C)	%	48.0	-
Total nitrogen(T-N)	%	1.5	0.6
C/N ratio	-	32	-
Total phosphorus(T-P)	mg/kg	1.34	0.64

1.17%로 폐수 속에 더 높은 농도로 존재하는데, 이런 NaCl은 원료를 퇴비화 처리한 후 그 용도를 제한하는 인자로 작용할 수 있다. 특히 우리 국민의 식습관 중 짜게 먹는 습성으로 인하여 NaCl의 소비량이 일본, 미국의 6~10 g에 비해 국내 성인의 경우 20 g 이상을 섭취하는 것으로 알려져 있다.

전도도의 경우 음식폐기물보다는 음식폐수의 경우가 2.4 배 높은 것으로 나타났는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 소금을 비롯한 각종 염 및 이온성 물질이 수용액 속에 녹아 있기 때문인 것으로 판단되며, 이는 음식폐수 중에 부유고형물(SS)보다는 용존고형물(DS)가 월등히 많은 이유를 설명해 주기도 한다.

음식폐기물의 수분함량은 약 60.3%였으며, 나머지 39.7%가 고형물이었으며, 600°C에서의 강열감량은 98.5%, 유기물 함량(VS/TS)은 96.1% 등으로 나타나 음식폐기물이 고농도의 유기성 폐기물임을 보여주었다.

한편, 총 탄소(T-C)는 48.0%, 총 질소(T-N)는 1.5%로 나타나, 이에 따른 C/N 비는 32로서 퇴비화 공정에 적합한 C/N 비의 범위 25~40에 적합한 것으로 나타났으나, 이에 비해서 음식폐기물 중의 총 인(T-P)은 1.34 mg/kg으로 매우 낮은 것으로 나타났다.

#### 2. 수분함량의 변화에 따른 퇴비화의 영향

**Table 2.** Variations of pH and temperature in ambient air and samples by reaction days in moisture content experiment

Reaction Days	Temperature(°C) in ambient air	Temperature(°C) in samples				pH			
		SA2-1 (83.8) <sup>a</sup>	SA2-2 (70.9)	SA2-3 (64.8)	SA2-4 (45.1)	SA2-1	SA2-2	SA2-3	SA2-4
0	26.0	24.5	26.0	26.0	26.0	3.83	3.90	3.89	3.97
2	26.5	25.0	28.0	26.5	27.0	3.88	3.95	3.92	3.95
4	27.0	27.0	33.0	32.0	28.0	3.56	3.98	3.87	4.07
6	26.0	27.0	28.2	31.5	33.0	3.48	3.86	3.92	6.71
8	27.5	29.5	29.0	31.0	36.5	3.75	3.77	3.92	5.98
10	27.0	26.0	30.0	31.0	35.0	3.81	3.97	3.97	6.83
12	30.0	26.5	30.0	30.0	33.5	4.00	4.05	4.13	6.54
14	31.0	29.0	31.0	32.6	34.5	4.61	4.20	5.77	7.76
16	31.5	28.0	30.5	33.0	34.5	4.31	5.04	6.53	7.99
18	32.5	29.2	31.0	34.0	34.5	4.23	5.44	6.46	8.05
20	32.0	30.5	32.3	35.0	34.3	6.53	6.17	6.84	8.11
22	32.0	29.5	33.5	34.6	33.8	6.95	6.42	7.11	8.14
24	31.5	32.6	34.5	34.8	33.3	7.10	6.67	7.44	8.21
26	30.5	33.0	34.0	35.0	33.0	7.74	6.80	7.90	8.23
28	31.0	34.0	33.5	32.5	31.5	8.09	7.01	7.90	8.12
30	32.0	33.0	32.0	31.0	30.3	8.09	7.23	7.94	8.16
32	32.0	33.0	32.3	31.2	30.6	8.17	7.32	8.11	8.31
34	29.5	31.5	32.3	31.4	30.0	8.14	7.79	8.17	8.24
36	29.5	31.0	32.0	30.5	29.5	8.23	7.73	8.22	8.17
38	30.0	31.5	31.5	30.0	29.3	8.23	7.92	8.27	8.39
40	30.0	30.5	31.3	30.5	30.5	8.26	8.00	8.24	8.27
42	30.0	31.0	31.0	31.0	30.5	8.12	8.31	8.31	8.31
45	30.4	30.0	31.6	30.5	30.0	8.16	8.46	8.49	8.34

<sup>a</sup>( ): initial moisture content (%)

음식폐기물에 팽화재를 첨가하지 않은 상태에서, 수분함량을 각각 83.8%(시료 2-1), 70.9% (시료 2-2), 64.8%(시료 2-3) 및 45.1%(시료 2-4)로 조절한 시료를 퇴비화 반응기 속에서 하루 30 분 교반, 2 시간 송풍을 시키면서 호기성 퇴비화를 진행시켰다.

먼저, 퇴비화 반응일수에 따른 외기온도, 시료별 온도 및 pH의 변화는 Table 2에 제시되어 있다.

Table 2 에서 보는 바와 같이 수분함량이 많은 시료 2-1(83.8%)의 경우 현저한 온도상승은 약 22 일 경과 후에 나타나 최고온도 34°C를 보였으며 33°C 이상 지속기간은 8 일에 불과하였으나, 시료 2-2(70.9%)의 경우 현저한 온도상승은 약 18 일이 경과 후에 시작되었으며, 최고온도는 34.5°C를 보여 주었고, 33°C 이상 지속기간은 8 일에 불과하였다. 그러나 수분함량이 64.8%인 시료 2-3의 경우 약 12 일 경과 후에 현저한 온도상승이 시작되었고 최고온도는 35.0°C를 나타내었고 33°C 이상 지속기간은 16 일이었으며, 수분함량이 45.1%로 가장 적었던 시료 2-4의 경우, 현저한 온도상승은 반응 후 5일째부터 시작되

었으며 최고온도는 36.5°C를 나타내었고 33°C 이상 지속기간은 20 일이나 되었다.

따라서 시료의 수분함량이 45.1%에서 83.8%로 증가할수록 온도상승 시점은 현저히 늦어지며, 최고온도 또한 낮아지며, 높은 온도의 지속기간 또한 짧아지는 것으로 나타나, 음식폐기물의 퇴비화를 시행하는데 있어서 투입되는 음식폐기물에 대한 수분함량의 감소를 위한 조치가 필수적인 것으로 판단된다.

한편, pH의 경우, 최초의 음식폐기물의 pH 3.8~3.9에서 시작하여 급격한 pH 증가를 보이기 시작하는 시점이 수분함량이 가장 많았던 시료 2-1의 경우 20 일째, 시료 2-2의 경우 16 일째, 시료 2-3의 경우 14 일째, 수분함량이 가장 적었던 시료 2-4의 경우 6 일째 부터였는데, 이러한 시점은 각각 최고온도를 보이는 시점으로부터 각각 8 일, 8 일, 6 일 및 4 일 전으로 나타나, pH의 급격한 상승은 수일 후 급격한 온도상승과 최고온도 도달을 예고하는 지표로서 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 전반적으로 시간의 경과에 따라 pH도 완만

한 증가현상을 나타내었으나, 수분함량이 가장 적었던 시료2-4의 경우 측정치의 굴곡이 비교적 심한 것으로 나타났으며, pH 7.0에 도달하는데 소요되는 기간은 수분함량이 가장 많았던 시료2-1을 제외하고는 수분함량이 적을수록 짧은 것으로 나타났다.

한편, 팽화재의 투입없이 음식폐기물만으로 본 실험이 진행되는 동안의 관능적 특성으로는, 먼저 수분함량이 83.8%로 가장 많았던 시료2-1의 경우, 반응 4 일째부터 음식폐기물 표면에는 직경 0.5 cm 크기의 흰색 곰팡이로 뒤덮였으며, 악취가 아주 심하게 분출되어 해충이 유입되는 것을 관찰할 수 있었다. 곰팡이의 관찰은 약 18 일까지도 계속되었으며 20 일이 경과되어서는 육안상 검은털 곰팡이로 대체되었으며, 수분함량의 과다로 인한 혐기적 조건의 형성과 곰팡

이의 번창으로 인한 악취는 그 이후로도 계속되어 비록 감소되기는 했지만 40 일까지 지속되었다.

또한 음식물의 형태는 약 25 일이 경과되어서야 완벽하게 없어졌으나, 음식물과 음식물 사이의 공극이 없어짐으로서 혐기성 상태로 인한 느린 분해속도와 산소전달율의 저하를 가져오는 것으로 판단된다. 이러한 판단은 앞에서 살펴본 바와 같이 느린 온도 상승과 낮은 최고온도 및 짧은 고온기간 등이 뒷받침한다. 최종적으로 형성된 퇴비는 검은 회색을 나타내었으며 곰팡이는 관찰되지 않았으나 소량의 악취는 계속됨을 알 수 있었다.

반대로 수분함량이 적을수록, 초기에 직경 0.5 cm 크기의 흰색곰팡이가 적게 관찰되었으며 수분함량이 가장 적었던 시료2-4의 경우는 곰팡이도 거의

**Table 3.** Variations of volume, mass and density by reaction days in moisture content experiment

Items	Reaction Days	Samples			
		SA 2-1	SA 2-2	SA 2-3	SA 2-4
Volume(l)	0	4.10	6.00	5.00	5.25
	5	3.62	4.40	3.00	4.20
	10	2.30	4.20	2.90	3.30
	15	1.31(68.1) <sup>1)</sup>	3.49(41.8)	2.41(51.8)	2.75(47.6)
	20	1.20	3.00	1.80	2.10
	25	1.03	2.44	1.44	1.63
	30	0.81(80.2)	1.60(73.7)	1.00(80.0)	1.20(77.1)
	35	0.64	1.37	0.93	1.13
	40	0.50	1.05	0.71	1.07
	45	0.43(89.5)	0.84(86.0)	0.58(88.4)	0.90(82.8)
Mass(kg)	0	4.30	4.54	2.96	2.67
	5	3.52	4.12	2.62	2.58
	10	2.74	3.88	2.34	2.10
	15	1.30(69.8)	3.26(28.2)	2.02(31.8)	1.88(29.6)
	20	1.06	2.74	1.58	1.56
	25	0.82	2.13	1.24	1.34
	30	0.54(88.0)	1.43(68.5)	0.87(70.6)	1.07(59.9)
	35	0.45	1.27	0.81	1.02
	40	0.40	1.01	0.63	0.94
	45	0.35(92.7)	0.80(82.4)	0.53(82.1)	0.84(69.7)
Density(kg/l)	0	1.05	0.76	0.59	0.51
	5	0.97	0.94	0.87	0.61
	10	1.19	0.92	0.81	0.64
	15	0.99	0.93	0.84	0.68
	20	0.88	0.91	0.88	0.74
	25	0.80	0.87	0.86	0.82
	30	0.67	0.89	0.87	0.89
	35	0.70	0.93	0.87	0.90
	40	0.80	0.96	0.89	0.88
	45	0.81	0.95	0.91	0.90

<sup>1)</sup> ( ) : reduction rate(%)

관찰되지 않았으며, 크게 역접지 않은 냄새를 소량 방출하였으며 해충의 유입정도가 거의 없거나 퇴비 특유의 향을 방출하였다. 이와 같은 관능적 특성으로 판단해 볼 때, 적절한 수분함량은, 음식폐기물의 퇴비화에 관여하는 곰팡이 혹은 혐기성 세균보다는 호기성 세균을 정상세균총(normal flora)으로 정착시키는 것으로 보인다. 또한, 퇴비화가 진전되면서 분해된 입자들이 서로 엉겨붙어 덩어리를 형성하여 혐기성 상태로 변화되는 것을 막고, 적절한 수분함량의 유지 및 공기의 공급을 위해서 충진재의 사용이 필요한 것으로 판단되었다.

한편, 시간의 경과에 따른 시료들의 부피, 무게 및 밀도 등의 변화 양상은 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 시간의 경과에 따라서 수분함량에 따른 시료들의 부피와 질량이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 먼저 부피 감소율의 경우 수분함량이 제일 높은 시료2-1의 경우가 제일 크게 나타났는데, 이는 시료의 분해보다는 시료 속의 많은 수분이 증발했기 때문인 것으로 판단되며, 시료2-1을 제외하고는 수분함량 64.8%인 시료2-3의 경우가 제일 빨리(15 일후, 51.8%) 그리고 제일 높게(45 일후, 88.4%) 나타났다.

질량 감소율의 경우도 수분함량이 제일 높았던 시료2-1의 경우가 최고 높게 나타났으나, 이는 시료의 분해속도보다는 시료 중의 많은 수분량이 증발에 의해 감소되었기 때문인 것으로 판단되며, 이를 제외하고는 수분함량이 64.8%인 시료2-3의 경우가 질량 감소율이 초기(15 일후, 31.8%) 및 중기(30 일후, 70.6%)에 제일 높은 것으로 나타났는데, 이러한 사실은 시료의 적정 수분함량이 어느 정도가 적절한지를 잘 나타내 주고 있다.

한편, 밀도의 경우 수분함량이 제일 높은 시료2-1의 경우 최초 1.05에서 시간이 경과할수록 감소되었다가 다시 증가하는 경향을 보이고 있는데 특히, 30 일 후 밀도가 제일 낮은 0.67을 보이는 것은 높은 수분함량으로 인하여 혐기성 조건이 형성되어 가스 및 악취가 발생되어 이로 인해 상대적으로 밀도가 낮게 측정된 것으로 판단되며, 반대로 최초 수분함량이 감소할수록 즉, 시료2-2, 2-3, 2-4로 갈수록 밀도는 0.5~0.7로부터 0.9 이상으로 증가하는 것으로 나타났는데 이는 충진재 없이 진행된 본 실험에서 음식물 분해과정중 입자들 사이의 공극이 없어져 서로 뭉쳐지면서 상대적으로 밀도가 증가하는 것으로 판단되며 향 후 생산된 퇴비의 활용측면에서 (토양입자사이

**Table 4.** Content variations of moisture, total solid, organic compound and ash by reaction days in moisture content experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA2-1	SA2-2	SA2-3	SA2-4
Moisture content (W/(W+TS), %)	0	83.8	70.9	64.8	45.1
	10	79.5	80.5	73.1	63.3
	20	76.9	77.4	74.5	62.6
	30	75.4	76.4	66.4	58.7
	40	74.8	73.2	66.3	59.4
	50	73.8	71.4	66.3	60.5
Total solid content (TS/(W+TS), %)	0	16.2	29.1	35.2	54.9
	10	20.5	19.5	26.9	36.7
	20	23.1	22.6	25.5	37.4
	30	24.6	23.6	33.6	41.3
	40	25.2	26.8	33.7	40.6
Organic compound content (VS/TS, %)	45	26.2	28.7	33.7	39.5
	0	91.4	91.5	93.3	91.8
	10	90.0	87.7	88.6	86.8
	20	83.6	86.3	82.9	85.0
	30	79.1	81.7	81.8	82.1
Ash content (FS/TS, %)	40	77.7	78.1	76.4	78.9
	45	76.2	75.6	73.2	77.4
	0	8.65	8.56	6.79	8.20
	10	10.0	12.3	11.4	13.2
	20	16.4	13.7	17.1	15.0
Ash content (FS/TS, %)	30	20.9	18.3	18.2	18.0
	40	22.3	21.9	23.6	21.1
	45	23.8	24.4	26.8	22.6

의 공극을 증대시켜야 한다는 점에서) 이의 시정, 끈 충진재의 투입이 필요한 것으로 생각된다.

수분함량의 변화에 따른 퇴비화 반응 실험에서, 반응일수의 경과에 따른 수분함량, 고형물함량, 유기물함량 및 회분함량의 변화는 Table 4에 제시되어 있다.

Table 4에서 보는 바와 같이 수분함량의 경우에, 최초 수분함량이 높은 시료2-1의 경우, 반응일수가 경과할수록 완만하게 감소하는 것을 보이는 반면에, 시료2-2, 2-3, 2-4의 경우는 반응후 10 일째까지 수분함량이 상승한 다음 다시 서서히 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 시료 2-1, 2-2의 경우 반응 30일 이후에도 지속적인 수분함량의 감소가 이뤄지는데 반하여 시료 2-3, 2-4의 경우에는 30일 이후에는 수분함량이 각각 66% 및 60% 부근에서 일정성을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 수분함량이 어느 농도 이하에서는 더 이상 자연적인 수분감량을 기대하기가 어렵다는 것을 보여주며, 시료2-4의 경우 오히려 최초 45.1%가 45 일 경과 후에는 60.5%로 증가되었

음을 보여주고 있다.

총고형물 함량의 경우, 시료2-1의 경우 수분함량이 감소되는 것에 대해서 증가하고 있음을 보여주고 있으며, 나머지 시료의 경우 수분함량이 초기에 증가했다가 다시 감소하는 것에 반비례해서 총고형물 함량이 초기에 크게 감소한 후, 서서히 일정성을 보여서 45 일 경과 후에는 약 30~40%의 총고형물 함량을 보여주었다.

유기물 함량은 시료의 구분없이 전체적으로 최초 91~92%에서 30 일 경과후 80% 정도로 감소되어 45 일 경과 후에는 약 75%로 감소되는 경향을 뚜렷이 보여주고 있으며, 회분함량은 이와 반비례해서 최초 7~8%에서 30일 경과 후 18% 정도로 증가되었고, 45 일 경과 후에는 약 25% 정도로 크게 증가되었음을 알 수 있었다. 이러한 사실은 충진재를 사용하지 않고 음식폐기물을 퇴비화했을 경우 많은 양의 무기물이 농축되고 있음을 보여주고 있으며, 특히 염분도가 높은 퇴비의 경우 농작물 및 임산물에 투

입되었을 때 막대한 지장을 줄 수 있음을 간접적으로 알 수 있다.

회분함량으로부터 얻어진 총탄소량 (T-C, (100-ash)/1.89,%) 총질소량 (T-N,%), C/N비 및 총인량 (T-P, mg/kg)은 Table 5에 제시되어 있다.

Table 5에서 보는 바와 같이 총탄소의 경우, 전체적으로 초기에 48~49%였던 것이 40~41%로 감소되고 있는데, 특히 수분함량이 64.8%인 시료2-3의 경우 초기의 총탄소량 49.4%가 최후 총탄소량 38.7%로 감소하여 최고 21.7%의 총탄소량 감소율을 나타내었다. 총질소의 경우 시료의 종류에 관계없이 그리고 시간의 경과에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나, 초기 1.4~1.5%의 총질소가 반응의 종료 후에도 1.5~2.0%로 약간 증가함을 나타내었고, 위의 총탄소량을 총질소량으로 나누어 얻어진 C/N ratio는 초기 31~34에서 반응종료 후 28~20으로 감소되어 N함량이 상대적으로 크게 증가하여, 이렇게 형성된 산물의 비효성이 크게 증가되었다고 볼 수 있다. 총인의 경우, 반응 초기에 0.7~0.8 mg/kg에서 반응 종료후 1~2 mg/kg으로 거의 변화하지 않고 있음을 나타내었으며, 절대량에 있어서 호기성 미생물에 의한 퇴비화 과정에 필요한 총인량으로서, 총질소량에 비하면 크게 부족한 것으로 나타났다.

**Table 5.** Content variations of total carbon, total nitrogen, C/N ratio and total phosphorus by reaction days in moisture content experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA2-1	SA2-2	SA2-3	SA2-4
Total carbon (%)	0	48.4	48.4	49.4	48.6
	10	47.6	46.4	46.9	45.9
	20	44.2	45.7	43.9	45.0
	30	41.9	43.2	43.3	43.4
	40	41.0	41.1	39.5	41.6
	45	40.8	40.0	38.7	41.0
Total nitrogen (%)	0	1.44	1.39	1.51	1.56
	10	1.62	1.37	1.45	1.63
	20	1.54	1.42	1.43	1.75
	30	1.63	1.47	1.53	1.85
	40	1.47	1.38	1.40	1.98
	45	1.69	1.41	1.42	2.01
C/N ratio	0	33.6	34.8	32.7	31.2
	10	29.4	33.9	32.3	28.3
	20	28.7	32.2	30.7	25.7
	30	25.7	29.4	28.3	23.8
	40	27.9	29.8	28.2	21.0
	45	24.1	28.4	27.3	20.4
Total phosphorus (mg/kg)	0	0.82	0.74	0.80	0.78
	10	1.73	1.25	0.74	0.77
	20	2.04	1.81	0.87	0.81
	30	2.12	1.84	1.03	0.87
	40	2.18	1.83	1.21	8.65
	45	2.20	1.93	1.42	1.03

### 3. 염분도의 변화에 따른 퇴비화의 영향

앞에서의 수분함량의 변화에 따른 퇴비화의 영향 실험에서의 결과에서 본 바와 같이 퇴비화 과정 중 과도한 수분함량을 배제하고, 호기성 미생물에 대한 충분한 공기 공급량을 공급하기 위하여, 부피비로 음식폐기물량의 1.5 배에 해당하는 팽화재로서 목재 세편 (0.3×0.5 cm) 을 첨가하고, NaCl로 각각의 염분도를 달리한 4 개의 시료3-1(NaCl 0.99%), 시료3-2(1.69%), 시료3-3(1.75%) 및 시료3-4(2.34%)를 하루 30 분 교반, 2 시간 송풍을 시키면서 호기성 퇴비화를 45일 동안 진행시켰다.

먼저 퇴비화 반응일수의 경과에 따른 외기온도, 시료별 온도 및 pH의 변화는 Table 6에 제시되어 있다.

Table 6에서 보는 바와 같이 반응일수가 경과함에 따라서, 시료의 온도는 26~28°C에서 시작하여 4일 후 51~54°C로 최고의 온도를 나타내어 서서히 감소하다가 약 20 일이 경과한 후에는 외기의 온도와 유사하게 평형을 이룸을 알 수 있었으며, 시료의 염분도가 증가함에 따른 온도상승 및 하강의 경향은 시료간에 큰 차이를 찾아 볼 수 없었다.

**Table 6.** Variations of pH and temperature in ambient air and samples by reaction days in salinity content experiment

Reaction Days	Temperature(°C) in ambient air	Temperature(°C) in samples				pH			
		SA3-1 (0.99) <sup>*</sup>	SA3-2 (1.69)	SA3-3 (1.75)	SA3-4 (2.34)	SA3-1	SA3-2	SA3-3	SA3-4
0	29.3	26.2	27.8	28.8	28.4	4.14	4.09	4.10	4.10
2	29.1	38.5	36.5	34.9	32.8	4.62	4.24	4.19	4.14
4	30.0	51.3	52.5	54.0	54.0	7.26	7.06	7.16	6.35
6	30.8	43.5	44.8	41.8	43.0	8.34	8.38	8.34	8.00
8	30.8	37.2	38.2	35.0	36.5	8.64	8.52	8.53	8.45
10	29.3	35.2	35.9	33.4	34.7	8.72	8.61	8.55	8.52
12	28.7	33.6	33.8	32.1	33.2	8.79	8.68	8.54	8.57
14	28.0	31.0	30.1	30.4	31.7	8.86	8.78	8.68	8.61
16	28.0	30.1	29.4	29.8	31.0	8.64	8.63	8.59	8.44
18	27.2	29.9	29.9	27.0	28.7	8.58	8.58	8.48	8.47
20	26.2	28.6	27.9	28.5	26.3	8.65	8.62	8.49	8.53
22	25.9	26.5	26.4	26.5	25.7	8.67	8.61	8.55	8.52
24	24.3	24.3	25.7	24.7	24.8	8.81	8.65	8.47	8.60
26	23.0	22.0	24.0	23.8	23.0	8.83	8.71	8.26	8.60
28	22.5	23.0	21.5	23.5	23.0	8.72	8.51	7.95	8.31
30	21.8	21.0	22.2	21.1	22.0	8.45	8.27	8.00	8.27
32	20.2	20.8	22.2	21.1	22.0	7.92	8.27	8.00	8.27
34	21.0	20.5	22.1	21.2	22.0	7.33	8.22	7.94	8.19
36	20.6	21.2	21.4	21.0	21.6	7.24	8.23	7.95	8.15
38	20.2	21.8	20.0	21.4	21.0	7.06	8.22	7.94	8.10
40	22.2	23.0	21.0	23.0	22.5	6.86	8.20	7.95	7.98
42	20.2	21.6	19.5	21.3	20.9	6.72	8.21	7.94	7.83
45	19.0	20.4	18.0	19.0	19.3	6.66	8.21	7.95	7.74

\* ( ) : salinity by NaCl (%)

한편, pH의 경우는 4개의 시료 공히 반응일수 14일이 경과한 후 최고의 온도를 나타내었는데, 염분도가 가장 낮은 시료3-1(0.99%)의 경우 8.86으로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 염분도가 1.69%인 시료3-2의 경우 8.78로서 두 번째로 높았으며, 염분도가 1.75%인 시료3-3의 경우 8.68로서 세 번째를 나타내었고, 염분도가 2.34%로 가장 높은 시료3-4의 경우 pH는 8.61로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 또한 45일 경과한 후 염분도가 제일 낮은 시료3-1의 pH가 가장 낮은 6.66을 나타내었다. 이로써 NaCl을 전혀 첨가하지 않은 상태의 시료3-1의 경우가 퇴비화가 빨리 그리고 높은 효율로 진행되고 있음을 간접적으로 알 수 있었다. 한편, 수분함량 변화에 따른 실험에서는 최고온도에 도달하기에 앞서 최고의 pH가 나타났으나, 팽화재를 첨가한 염분도 변화에 따른 본 실험에서는 오히려 최고의 pH가 최고온도에 도달한 후에 나타났는데 이는 팽화재 첨가의 영향인 것으로 판단된다.

염분도의 변화에 따른 실험에 있어서 반응일수의

경과에 따른 시료들의 부피, 무게 및 밀도 등의 변화 양상은 Table 7에 제시되어 있다.

Table 7에서 살펴보는 바와 같이 반응일수의 경과에 따라 염분도에 따른 시료들의 부피와 질량이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 먼저 부피 감소율의 경우, 염분도가 제일 낮은 시료3-1의 경우, 초기 6.71에서 종료후 4.01로 약 40.3%의 감소율을 보인 것으로 나타났으며 이는 다른 염분도가 큰 시료들보다 가장 높은 수치였다.

시료의 질량은 염분도가 가장 낮은 시료3-1의 경우가 약 51.8%의 감소율을 나타내어 염분도가 높은 다른 시료들보다 월등히 높았으며, 따라서 음식폐기물의 퇴비화를 위해서는 염분도가 낮을수록 유리함을 알 수 있으며, 밀도의 경우 초기의 0.75-0.69에서 0.55-0.62로 약간 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 앞에서 살펴본 바와 같이 부피의 감소율보다는 질량의 감소율이 약간 더 컸기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 사실은 앞의 수분함량에 따른 실험의 결과에서 최종밀도가 증가하는 현상과는 전혀 반대



**Table 7.** Variations of volume, mass and density by reaction days in salinity experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA 3-1	SA 3-2	SA 3-3	SA 3-4
Volume( <i>l</i> )	0	6.7	7.1	6.7	7.1
	5	6.0	6.0	5.8	6.0
	10	5.5	5.9	5.4	5.7
	15	4.8(28.4) <sup>+</sup>	5.7(19.7)	5.3(20.9)	5.0(29.6)
	20	4.7	4.9	4.9	4.9
	25	4.3	4.6	4.6	4.7
	30	4.0(40.3)	4.4(38.0)	4.3(35.8)	4.5(36.6)
	35	4.0	4.4	4.3	4.4
	40	4.0	4.3	4.2	4.3
	45	4.0(40.3)	4.3(39.4)	4.2(37.3)	4.3(39.4)
Mass(kg)	0	4.56	4.92	4.38	4.82
	5	4.13	4.48	4.05	4.53
	10	3.96	4.29	3.92	4.36
	15	3.77(17.3)	4.15(15.7)	3.75(10.3)	4.20(12.7)
	20	3.18	3.58	3.32	3.63
	25	3.03	3.37	3.25	3.49
	30	2.90(36.4)	3.29(33.1)	3.07(29.9)	3.34(30.7)
	35	2.65	3.08	2.80	3.06
	40	2.41	2.84	2.52	2.85
	45	2.20(51.8)	2.67(45.7)	2.33(46.8)	2.61(45.9)
Density(kg/ <i>l</i> )	0	0.68	0.69	0.65	0.67
	5	0.69	0.75	0.70	0.76
	10	0.72	0.73	0.73	0.77
	15	0.79	0.73	0.71	0.84
	20	0.68	0.73	0.68	0.74
	25	0.71	0.73	0.67	0.74
	30	0.73	0.75	0.71	0.74
	35	0.66	0.70	0.65	0.70
	40	0.60	0.66	0.60	0.66
	45	0.55	0.62	0.55	0.61

\* ( ) : reduction rate(%)

되는 결과가 나왔는데 이는 바로 염분도 실험에서 사용된 팽화재의 역할 때문인 것으로 판단된다.

한편, 염분도의 변화에 따른 퇴비화 반응 실험에서 반응일수의 경과에 따른 염분도와 전도도의 변화 경향은 Table 8에 제시되어 있다.

Table 8에서 보는 바와 같이 염분도의 경우 전반적으로 반응일수가 경과함에 따라 초기의 농도 0.99-2.34%가 종료 후 1.87-3.94%로 증가하여 평균적으로 약 1.66 배 농축되는 것으로 나타났으며, 전도도의 경우도 전반적으로 반응일수가 경과함에 따라 초기의 농도 4.1-12.2 mS/cm가 7.6-22.1 mS/cm로 증가하여 평균적으로 약 1.72 배 농축되는 것으로 나타나, 최초의 염분농도가 적더라도 퇴비화가 진전되는 과정에서 크게 증가될 수 있음을 보여주고 있다.

따라서 음식폐기물을 퇴비화해서 사용하고자 할 때 이 점을 간과해서는 안될 것으로 판단된다.

또한, 위의 염분도와 전도도 사이에는 상관관계수  $r$ 값이 0.9682를 나타내어 매우 큰 상관성을 갖고 있어서 ( $p < 0.005$ ) 염분도, 특히 소금의 함량이 전도도에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

한편, 염분도의 변화에 따른 실험에서, 반응일수의 경과에 따른 수분함량, 고형물함량, 유기물함량 및 회분함량의 변화는 Table 9에 제시되어 있다.

Table 9에서 보는 바와 같이 시료에 따라 수분함량은 초기의 54.2-56.0%에서 퇴비화 반응 10일 경과 후 61.0-63.1%로 크게 증가했다가 서서히 감소하기 시작하여 반응종료 후에는 50.1-52.4%로 감소하였음을 알 수 있었고, 이에 반해서 총 고형물 함량은

**Table 8.** Variations of salinity and conductivity by reaction days in salinity experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA 3-1	SA 3-2	SA 3-3	SA 3-4
Salinity (by NaCl, %)	0	0.99	1.69	1.75	2.34
	10	1.58	2.05	2.34	2.54
	20	1.61	2.09	2.48	2.91
	30	1.72	2.17	2.61	3.23
	40	1.83	2.24	2.77	3.67
	45	1.87(1.89) <sup>*</sup>	2.33(1.38)	2.92(1.67)	3.94(1.68)
Conductivity (mS/cm)	0	4.1	6.3	10.5	12.2
	10	5.3	7.2	11.6	14.8
	20	5.8	8.3	12.1	16.2
	30	6.9	9.7	13.7	19.8
	40	7.2	10.9	14.3	20.1
	45	7.6(1.85)	11.4(1.81)	14.8(1.41)	22.1(1.81)

<sup>\*</sup>( ): concentration ratio

**Table 9.** Content variations of moisture, total solid, organic compound and ash by reaction days in salinity experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA3-1	SA3-2	SA3-3	SA3-4
Moisture content (W/(W+TS), %)	0	56.0	54.6	55.3	54.2
	10	63.1	61.3	61.0	60.7
	20	59.5	59.8	58.5	58.8
	30	58.5	57.5	57.1	56.4
	40	54.3	54.8	54.2	53.6
	45	50.7	52.4	50.3	50.1
Total solid content (TS/(W+TS), %)	0	44.0	45.4	44.7	45.8
	10	36.9	38.7	39.0	39.3
	20	40.5	40.2	41.5	41.2
	30	41.5	42.5	42.9	43.6
	40	45.7	45.2	45.8	46.4
	45	49.3	47.6	49.7	49.9
Organic compound content (VS/TS, %)	0	94.5	92.7	92.3	91.5
	10	94.1	92.4	90.7	90.1
	20	93.8	92.0	90.2	89.2
	30	93.6	91.8	89.9	88.8
	40	93.5	91.6	89.8	88.7
	45	93.3	91.5	89.6	88.5
Ash content (FS/TS, %)	0	5.5	7.3	7.7	8.5
	10	5.9	7.6	9.3	9.9
	20	6.2	8.0	9.8	10.8
	30	6.4	8.2	10.1	11.2
	40	6.5	8.4	10.2	11.3
	45	6.7	8.5	10.4	11.5

반응 초기의 44.0-45.8%에서 퇴비화 반응 10 일 후에 가장 낮은 36.9-39.3%를 보이다가 점점 증가되어 반

응종료 후에는 47.6-49.9%로 증가함을 알 수 있었다.

또한, 유기물 함량은 전체적으로 시료에 따라 초기의 91.5-94.5%에서 반응종료 후 88.5-93.3%로 감소하는 것으로 나타났는데, 특히 최종 생산된 퇴비의 유기물 함량은 염분도가 제일 낮은 시료3-1의 경우 93.3%로 제일 높았으며 그 다음 염분도를 갖고 있는 시료3-2가 91.5%, 시료3-3이 89.6%, 염분도가 제일 높은 시료3-4의 경우의 유기물 함량은 제일 낮은 88.5%를 보였다.

이와는 반대로 회분함량의 경우, 염분도가 제일 낮은 시료3-1의 경우 5.5~6.7%로 소량 증가한 반면에 염분도가 증가된 순서인 시료3-2, 3-3, 3-4의 순서대로 각각 7.3~8.5%로, 7.7~10.4%로, 8.5~11.5%로 증가하였는데, 이는 퇴비화 과정 중 미생물에 의해서 유기물 성분이 그 만큼 크게 분해 감소되었기 때문이며, 이 때 회분함량이 많다는 것은 결국 염분함량이 높다는 것을 의미하기 때문에 최종산물을 퇴비로 사용할 때에는 신중을 기해야 할 것으로 판단된다.

한편, 앞에서의 수분함량 조절실험에서의 반응종료 후 시료의 유기물 함량 73.2-77.4%에 비해, 본 염분도 실험에서의 반응종료 후 유기물 함량이 88.5-93.3%로 높은 이유는 팽화재로 쓰인 목재세편이 유기물이긴 하지만 lignin 등을 주성분으로 하기 때문에 미생물에 의해 쉽게 분해되지 않기 때문에 그대로 남아서 최종 유기물함량의 큰 부분을 차지하기 때문인 것으로 판단된다.

본 염분도 실험에서 반응일수의 경과에 따라 측정된 총 탄소량, 총 질소량, C/N비 및 총 인량은 Table

**Table 10.** Content variations of total carbon, total nitrogen, C/N ratio and total phosphorus by reaction days in salinity experiment

Items	Reaction	Samples			
	Days	SA3-1	SA3-2	SA3-3	SA3-4
Total carbon (%)	0	50.0	49.1	48.8	48.4
	10	49.8	48.9	48.0	47.7
	20	49.6	48.7	47.7	47.2
	30	49.5	48.5	47.6	47.0
	40	49.4	48.5	47.5	46.9
	45	49.4	48.4	47.4	46.8
Total nitrogen (%)	0	0.72	0.68	0.83	0.71
	10	0.82	0.75	0.82	0.72
	20	0.83	0.84	0.87	0.77
	30	0.94	0.98	0.83	0.75
	40	1.07	0.97	0.85	0.72
	45	1.10	1.04	0.89	0.74
C/N ratio	0	69.4	72.2	58.8	68.2
	10	60.7	65.2	58.5	66.3
	20	59.8	58.0	54.8	61.3
	30	52.7	49.5	57.3	62.7
	40	46.2	50.0	55.9	65.1
	45	44.9	46.5	53.3	63.2
Total phosphorus (mg/kg)	0	1.11	0.97	0.95	0.81
	10	0.98	1.24	1.24	0.79
	20	1.32	1.72	1.07	0.84
	30	2.77	2.20	0.93	0.72
	40	3.20	2.10	1.03	0.78
	45	3.44	2.12	1.11	0.82

10에 제시되어 있다.

Table 10에서 보는 바와 같이 총탄소의 경우, 전체적으로 약간씩 감소하고 있는데, 특히 염분도가 증가됨에 따라 반응종료 후 시료의 총 탄소가 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 앞에서 살펴본 바와 같이 회분함량이 그만큼 증가되었기 때문인 것으로 판단되며, 최종 시료의 유기물 함량 46.8-49.4%는 앞에서의 수분함량 변화실험에서의 38.7-41.0%가 높게 나온 이유는 팽화재로 사용된 목재세편은 유기물이지만 미생물에 의해 분해가 더딘 물질이어서 반응이 종료된 후에도 그대로 남아 있기 때문인 것으로 판단된다.

총질소의 경우, 반응일수가 경과함에 따라 굴곡이 있긴 하지만 대체적으로 점점 증가되는 경향을 나타내었으며 특히, 염분도가 적은 시료3-1의 경우 0.72~1.10%로 가장 크게 증가했으며, 염분도가 가장 큰 시료3-4의 경우 0.71~0.74%로 가장 적게 증가하여

미생물의 활성이 염분도가 적은 시료3-1에서 가장 뛰어났음을 알 수 있었다.

C/N 비의 경우 초기 58.8-72.2에서 반응종료 후 44.9-53.3으로 크게 감소하였으나, 퇴비화에 적합한 초기 C/N 비 25-40 보다는 높는데 이는 팽화재 투입으로 말미암아 탄소함량은 크게 증가했으나 역으로 질소함량은 상대적으로 줄어들었기 때문이나, 이때 투입된 팽화재는 미생물에 의해 쉽게 분해될 수 없는 물질이기에, 음식폐기물 자체의 C/N 비 32로서 호기성 퇴비화의 진행에는 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

총인의 경우도 총질소의 경우와 마찬가지로 반응일수가 경과함에 따라 굴곡이 있으나 전체적으로 볼 때 소량씩 증가하는 것으로 나타났는데 특히, 염분도가 낮은 순서대로 총인의 농축정도가 큰 것으로 보아서, 미생물의 퇴비화에 대한 활성은 염분도가 가장 적은 시료3-1에서 가장 큰 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

원시료로서 집단급식소로부터 발생된 음식폐기물에 대한 물리화학적 성질을 규명해내고, 음식폐기물 중의 서로 다른 수분함량이 퇴비화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수분함량을 각각 83.8, 70.9, 64.8 및 45.1%로 조절한 시료2-1, 2-2, 2-3 및 시료2-4와, 서로 다른 염분도가 퇴비화에 미치는 영향을 파악하기 위해 음식폐기물에 팽화재로 목재세편을 넣고 염분도를 각각 0.99, 1.69, 1.75 및 2.34%로 조절한 시료3-1, 3-2, 3-3 및 시료3-4를 호기성 퇴비화 반응기에 넣고서, 하루 30 분 교반, 2 시간 송풍을 실시하여 45 일간 반응시키면서 각종 항목을 측정, 분석, 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 음식폐기물 및 음식폐수의 물리화학적 특성의 조사에서, pH는 각각 4.19와 3.96으로 낮게 나왔으며, NaCl로 분 염분도는 음식폐기물의 0.91%보다 음식폐수 중에서 1.17%로 높게 나왔으며, 이에 따라 전도도의 경우도 7.6 mS/cm : 18.2 mS/cm로 폐수 쪽에서 훨씬 높게 나왔다.

2. 음식폐기물의 수분함량은 60.3%였으며, 유기물 함량은 96.1%를 나타내었고 총 탄소가 48.0%, 총 질소는 1.5%로 나타나 C/N 비는 32로서 퇴비화에 적절한 범위였으나, 총인은 1.34 mg/kg으로 매우 낮은 것으로 나타났다.

3. 수분함량이 증가할수록 온도상승시점은 더 늦

어지며, 최고온도 또한 낮아지며, 높은 온도의 지속 시간은 더욱 짧아지며, 반응과정 중 혐기성 조건으로 인한 악취의 발생, 해충의 유입, 반응속도의 둔화 현상이 나타났다.

4. 충진재를 사용하지 않고서 진행된 퇴비화에 의해서 형성된 퇴비의 C/N 비는 처음의 31.2-34.8에서 20.4-28.4로 감소하여 비효성이 증가한 것으로 나타났다.

5. 염분도가 낮을수록(0.99%) 음식폐기물의 부피감소율은 더 큰 것으로(40.3%) 나타났으며, 질량감소율 또한 염분도가 낮을수록(0.99%) 더 큰 것으로(51.8%) 나타나, 염분도가 퇴비화에 저해인자로 작용함을 확인하였다.

6. 염분도가 낮을수록(2.34% → 0.99%) 총질소(0.74% → 1.10%) 및 총인(0.82 → 3.44 mg/kg)의 농축정도가 증가하는 것으로 나타났다.

### 감사의 글

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

- 1) 환경부 : '95 한국환경연감, 1995.
- 2) 환경부 : '97 환경백서, 1997.
- 3) 환경관리연구소 : '95 환경산업총람, 1995
- 4) 신항식 외 4인 : 음식물찌꺼기 원단위 발생량의 산정, 유기성폐기물자원화협의회지, 3(2), 25-35, 1995.
- 5) 김수생 외 1인 : 도시폐기물 매립장에서의 환경오염문제 분석, 대한환경공학회지, 5(2), 64-78, 1983.
- 6) 구자공 외 8인 : 쓰레기의 질적 특성 및 처리방법에 관한 연구, 한국환경과학협의회, 1990.
- 7) Rosseaux, P., et al. : Heavy metal distribution in household waste. In The BioCycle Guide to the Art and Science of Composting (BioCycle Staff, Eds), pp. 261-264, J. G. Press, Emmaus, PA, 1991.
- 8) Gillett, J.W. : Issues in risk assessment of compost from municipal solid waste: Occupational health and safety, public health, and environmental concerns. Biomass and Bioenergy 3, 145-162, 1992.
- 9) Kissel, J.C., et al. : Potential emissions of volatile and odorous organic compounds from municipal

- solid waste composting facilities. Biomass and Bioenergy 3, 181-194, 1992.
- 10) Page, A.L. : W-170 Peer Review Committee Analysis of the Proposed 503 Rule on Sewage Sludge. CSRS Technical Committee W-170, Univ. California, Riverside, 1989.
- 11) 정재춘 외 2인 : 음식물쓰레기의 재활용에 관한 시민의식조사, 유기성폐기물자원화협의회지, 3(2), 91-96, 1995.
- 12) 김남천 외 1인 : 발효된 음식폐기물의 사료화 잠재력에 관한 연구, 유기성폐기물 자원화협의회지, 3(1), 13-20, 1995.
- 13) 장기운, 이인복, 임재신 : 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정중 이화학적 특성의 변화. 한국유기성폐기물자원화협의회지, 3(1):3-11, 1995.
- 14) 장기운, 이인복, 임재신, 임현택 : 부숙과정중 음식물찌꺼기의 식물독성평가, 한국토양비료 학회지, 29(3), 312-320, 1996b.
- 15) 이상은 외 1인 : 염류가 집적된 시설재배 토양에서 질소와 가리의 시비 효과 및 양분수지, 한국토양비료학회지, 27(2), 78-84, 1994.
- 16) 김필주, 장기운, 민경훈 : 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토, 한국유기성폐기물자원화협의회지, 3(1), 35-42, 1995.
- 17) Gill, K. S. : Effect of saline irrigation at various growth stages on growth, yield attributes and ionic accumulation pattern in greengram (*Phaseolus radiatus*). Indian J. Agric. Sci, 60(4), 280-284, 1990.
- 18) Gill, K. S. : Ionic mechanism of salt resistance in wild and cultivated rice, *Oryza*, 27, 177-182, 1990.
- 19) Gill, K. S. : Some Physiological parameters of salt tolerance in husked and huskless barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties, Indian J, Plant Physiol, 35(1), 7-15, 1992.
- 20) Cramer, G. R., Strategies for improving salt tolerance in higher plants, pp.55-86, 1997.
- 21) Gill, K. S. and Sharma, P.C. : Mechanism of salt injury at seeding and vegetative growth stages in *Cajanus cajan*(L.) Millsp, Plant Physiol. and Biochem., 20(1), 49-52, 1993.
- 22) APHA, AWWA and WEF : Standard Methods, 19th ed., 1995.
- 23) 환경부 고시 제 91-73호, 수질오염공정시험방법, 1991.
- 24) 환경부 고시 제 96-32호, 폐기물공정시험방법, 1996.
- 25) 박봉규, 이인숙, 김옥경 : 생태학 실험, 동성출판사, 1993.
- 26) 이기열 : 식이요법, 수확사 1996.