

우분에 의한 질소함량의 변화가 음식폐기물의 호기성 퇴비화에 미치는 영향

박석환[†] · 김종오*

서원대학교 환경과학과
*동남보건대학 환경위생과

Effect of Variation of Nitrogen Content by Cattle Feces on Aerobic Composting of Food Wastes

Seok Hwan Park[†] and Jong Oh Kim*

Department of Environmental Sciences, Seowon University
*Department of Environmental Sanitation, Dongnam Health College
(Received 18 July 2000 ; Accepted 15 September 2000)

ABSTRACT

This study was performed to define the effects of the cattle feces on aerobic composting of food wastes in vessel system. Weights of cattle feces added to food wastes of 3 kg were 0.25, 0.50, 1.00 and 1.50 kg, respectively. Reactors were operated with stirring for 1 hour per day by 1 rpm and aeration for 2 hours per day. When the weight of cattle feces was increased, the highest temperature of sample was increased, the duration period of higher temperature was elongated, and the fluctuation of pH was severe. When the weight of cattle feces was decreased, the final density was increased. The more cattle feces were added, the more porosity was increased, C/N ratio, salinity and conductivity were decreased. These facts denotes that the addition of cattle feces increases the efficiency of composting process and the final product of composting, namely compost.

Keywords : Aerobic composting, Food wastes, Cattle feces, Temperature, pH, Porosity, C/N, Salinity, conductivity

I. 서 론

1996년도부터 음식물쓰레기 자원화가 확대되면서 사료화·퇴비화 방법 등이 보급되고 있으나, 자원화방법별·시설별로 기술적 차이뿐만 아니라 설치비용과 운영비용 등의 차이가 커서 효율적인 자원화 방법을 선정하는 데 어려움이 있다. 사료화시설은 습식사료·혼합건조사료·발효사료·건조사료시설 등이 있으며, 퇴비화시설로는 호기성과 혐기성시설 등 다양한 시설이 보급되어 있다.^{1,3)}

음식물쓰레기 자원화 사업이 일반 가정의 생활쓰레기를 대상으로 하고 있기 때문에 자원화 사업 체계가 공공부문을 중심으로 이루어지고 있다. 앞으로는 음식물쓰레기의 직매립이 금지되기 때문에 자원화사업은 공

공부문을 중심으로 더욱 확대될 것이다.

1998년도 전국 음식물 쓰레기 발생량은 11,798톤/일이며 생활쓰레기 발생량의 26%를 차지한다. 음식물 쓰레기 발생량은 1990년 23천여톤/일에서 1994년에 18천톤/일, 1998년에 12천톤/일로 해마다 감소하고 있으며, 생활쓰레기 발생량중에서 차지하는 비중도 1993~1995년 동안 31%수준에서 1996년 29%, 1997년 27%, 1998년 26%로 줄었다.^{4,10)}

음식물쓰레기 발생량 변동율을 생활쓰레기 발생량 증감율과 비교하면 1991년~1995년 동안은 유사한 감소율을 보였으나 1996년에는 생활쓰레기가 4.5% 증가했음에도 음식물쓰레기는 3.6% 감소했고, 1998년에도 생활쓰레기는 6.9% 감소하였으나 음식물쓰레기는 이보다 훨씬 많은 9.7% 감소하였다. 음식물쓰레기 자원화가 확대되면서 발생량에 변화가 있음을 알 수 있다.¹¹⁻¹⁴⁾

음식물 쓰레기 처리 현황을 보면 1998년도 전국 평균 70%(8,309톤/일)가 매립되고 8%(923톤/일)가 소각되며 22%(2566톤/일)가 자원화 되고 있으며, 음식물쓰

[†]Corresponding author : Department of Environmental Sciences, Seowon University
Tel: 043-261-8724, Fax: 043-261-8720
E-mail: sph@seowon.ac.kr

레기 자원화 비율은 1995년에 2.1%에서 1996년 3.3%, 1997년 9.8%, 1998년 22%로 짧은 기간내에 급속히 증가하고 있다.¹⁵⁻¹⁸⁾

협소한 국토로 말미암아 음식폐기물의 매립처분방식은 한계에 도달했으며, 각 국가마다 발생하는 음식폐기물의 형태와 특성 등이 다르기 때문에, 우리나라 음식폐기물의 특성에 맞는 퇴비화방안을 마련할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 전국적으로 날로 문제가 되고 있는 음식폐기물에 대한 호기성 퇴비화 처리에 있어서, 최적의 질소에 대한 탄소의 함량비를 규명함으로써, 효율적이고 경제적인 처리를 달성하기 위한 연구이다.

II. 실험 방법

1. 장치 및 재료

본 실험에 사용된 퇴비화 장치는 Fig. 1과 같으며, 외형치수는 W600×H700×D400 mm로, 유효용적 40 l 크기의 스테인레스 재질의 반응기로서, 내부 밑 부분은 교반시 사각지대를 없애기 위하여 교반날개의 회전반경에 맞추어 원형으로 제작하였고, 부가장치로 송풍기, 온도조절장치, 교반기, 투입구 및 배출구와 이를 제어하기 위한 제어함이 부착되어 있다.

2. 실험조건

본 실험에서 사용된 음식폐기물 및 음식폐수는 각각 1회 300명과 200명 이상의 급식능력을 갖춘 2개의 집단급식소로부터 3회에 걸쳐 시료를 채취, 혼합, 절단, 균질화한 다음, 물리화학적 특성을 파악하였다. 음식폐기물 3 kg에 대하여 우분을 각각 0.25 kg(SA-1), 0.5 kg(SA-2), 1.0 kg(SA-3) 및 1.5 kg(SA-4)을 넣은 시

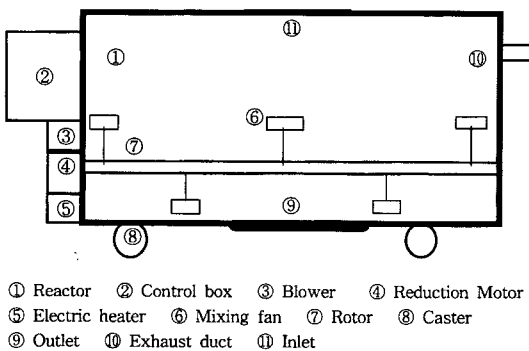


Fig. 1. Schematic diagram of laboratory-scale composting reactor system.

료에 증류수를 첨가하여 수분함량을 약 65%로 하였다. 반응기 속에서 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍시키면서 온도, pH 등 아래의 항목들의 경시적 변화를 비교하였다.

3. 분석방법

본 실험에서 수분함량 및 고형물 함량은 폐기물공정 시험방법에 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 측정하였다. TOC(Total Organic Carbon)함량은 회분함량으로부터 TOC = (100%Ash)/1.8(%)로 구하였다. TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)은 H₂SO₄와 H₂O₂를 사용하여 전처리한 시료를 Semi-micro-Kjeldahl Method에 따라 측정하였으며, T-P(Total Phosphorus)는 H₂SO₄, H₂O₂ 및 HNO₃를 이용하여 전처리한 시료를 Ascorbic acid Method에 의하여 비색 정량하였다.¹⁹⁻²³⁾

III. 결과 및 고찰

음식폐기물 3 kg에 대하여 우분을 각각 0.25 kg(SA-1), 0.5 kg(SA-2), 1.0 kg(SA-3) 및 1.5 kg(SA-4)을 넣은 시료의 반응일수의 경과에 따른 온도와 pH의 변화가 Fig. 2에 제시되어 있다.

그림에서 보는 바와 같이 우분함량이 많은 SA-1, SA-2, SA-3, SA-4의 오름차순으로 도달하는 최고온도가 높은 것으로 보아, 음식폐기물에 대한 호기성 퇴비화의 효율이 우분함량이 0.25 kg에서 1.5 kg으로 증가할

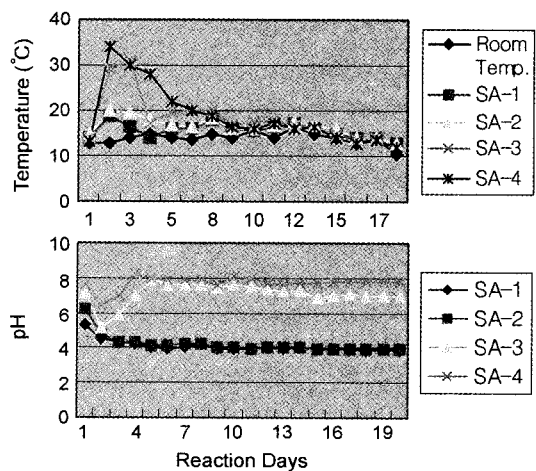


Fig. 2. Temperature and pH variation by reaction days.

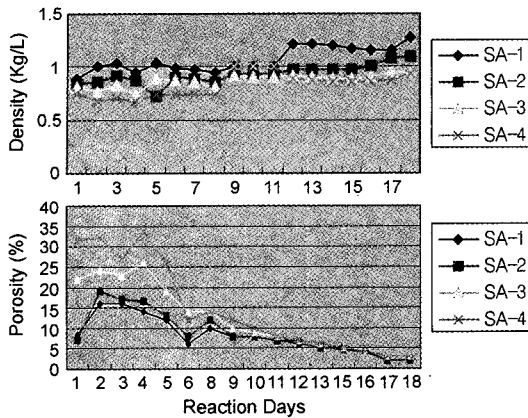


Fig. 3. Density and Porosity variation by reaction days.

수록 더욱 향상되는 것으로 나타났으며, 고온의 지속기간 또한 우분함량이 많을수록 긴 것으로 나타났으며 우분함량이 0.25~0.5 kg인 경우에 호기성 퇴비화를 향상시키는 효율은 매우 미미한 것으로 나타났다.

pH의 경우, 우분함량이 각각 0.25, 0.5 kg인 SA-1, SA-2의 pH와 우분함량이 각각 1.0, 1.5 kg인 SA-3, SA-4의 pH는 그 경시적 변화가 매우 판이한 것으로 나타났다. 즉, 우분함량이 적은 전자의 경우, pH가 초기 5.6에서 점점 하강하여 5일 이후 pH 4로 거의 일정성을 보여주었으나, 우분함량이 많은 후자의 경우 초기 pH 7.8에서 2일 경과 후 pH 5.6으로 감소했다가 다시 증가하여 6일 후 pH 8의 일정성을 보여주었다. 이러한 경향은 앞서 온도에서 SA-1, SA-2와 SA-3, SA-4의 온도 경향이 서로 판이한 사실 즉, 우분함량이 각각 0.25, 0.5 kg인 SA-1, SA-2의 최고온도가 각각 19.0, 19.5°C인 데 비하여 우분함량이 각각 1.0, 1.5 kg인 SA-3, SA-4의 최고온도는 각각 30.5, 33.0°C로 현저하게 차이가 났던 사실과도 연관성이 매우 큰 것으로 나타났다. 즉, 최고온도달온도가 높을수록 pH가 하강한 후, 급상승하는 경향이 있는 것으로 나타났다.

우분의 증가에 따른 각각의 시료의 밀도와 공극률의 경시적 경향이 Fig. 3에 제시되어 있다.

그림에서 보는 바와 같이, 전체적으로 시간이 흐를수록 밀도는 증가하는 것으로 나타났으며, 우분함량이 적을수록, 즉 음식폐기물 함량이 상대적으로 많을수록 최종밀도가 더욱 큰 것으로 나타났는데, 이는 질 등 부피를 차지하는 물질이 많은 경우가 시간이 지날수록, 음식폐기물에 비해 농축되는 정도가 작기 때문인 것으로 나타났다. 이러한 사실은 최종산물인 퇴비의 용도를 넓히고, 그 효율가치를 증가시키기 위해서도 상당량의 우

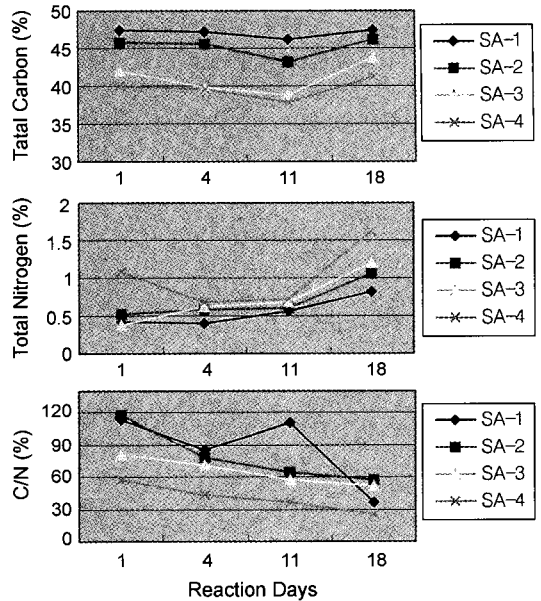


Fig. 4. Total Carbon, Total Nitrogen and C/N variation by reaction days.

분 투입이 필요하다는 사실을 간접적으로 나타내주고 있다.

공극률의 경우, 우분함량이 높을수록 초기 공극률도 높은 것으로 나타났는데 이는 결국 우분함량이 높을수록 미생물에 공급되는 공기량이 증가하여 음식폐기물에 대한 호기성 퇴비화의 효율을 증진시켜 결국 시료의 온도를 상승시키는 것으로 판단된다. 즉, 우분 속에 함유된 질 등의 섬유소 성분이 공극률을 향상시켜 미생물의 활성을 증가시키는 것으로 판단된다. 최종적으로는 공극률이 매우 낮은 2~3%로 보여줘, 최종산물로서의 퇴비의 효용가치를 높이기 위해서는 또 다른 충전재, 예를 들어 목재새편 등의 첨가가 필요한 것으로 판단된다.

우분함량의 증가에 따른 각 시료의 총탄소(T-C), 총질소(T-N) 및 탄질비(C/N)의 경시적 변화가 Fig. 4에 제시되어 있다.

그림에서 보는 바와 같이 총탄소의 경우 거의 일정성을 보이거나 우분함량이 많은 SA-3, SA-4의 경우 최종농도가 약간 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 질 성분 등으로 인해 공극이 많이 존재하고 이로 인하여, 수분이 많이 증발하여 상대적으로 유기물 함량이 높게 계산되었기 때문인 것으로 판단된다.

총질소의 경우 점차적으로 증가하는 것으로 나타나, 최종산물로서의 퇴비의 비효성이 증가되고 있음을 보

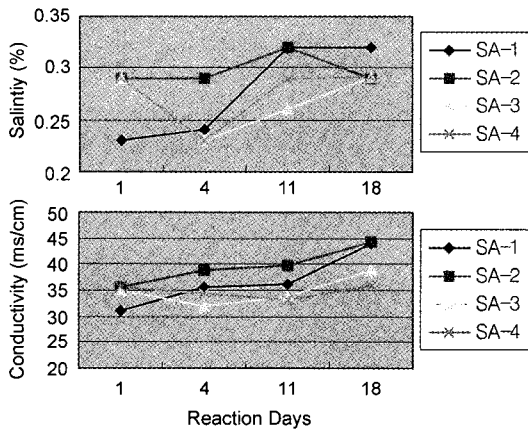


Fig. 5. Salinity and Conductivity variation by reaction days.

여주고 있는데, 이러한 사실은 C/N비의 그림에서도 잘 나타나고 있다. 또한 C/N비의 감소속도 즉 유기물 분해속도는 우분함량이 클수록 더욱 큰 것으로 나타나, 우분의 퇴비화 촉진 효과가 매우 큰 것으로 판단된다.

우분함량의 증가에 따른 각각의 시료의 염분도와 전도도의 경시적 변화가 Fig. 5에 제시되어 있다.

시간이 흐를수록 염분도와 전도도가 증가하는 것으로 보아 염분이 더욱 농축되는 것으로 나타났는데, 이는 음식폐기물이나 우분 속의 각종 염분이 외부로 빠져나가지 못하고 그대로 잔존하기 때문인 것으로 파악되며, 그러한 경향은 우분함량이 적을수록 더욱 크게 농축되는 것으로 보아서, 우분의 첨가는 염분도를 떨어뜨리는 것으로 나타났다.

또한, 전도도의 증가 양상은 염분도의 증가 양상과 매우 유사하여 염분도에 대한 대체 지표로서의 전도도의 유용성이 확인되었다.

전체적으로 고찰해볼 때, 퇴비화의 진행척도로서의 온도 변화 및 pH 변화 양상을 보면 우분함량이 증가할수록 그 진행정도와 효과가 뛰어난 것으로 나타났으며, 또한 우분의 투입은 퇴비의 밀도를 떨어뜨리고, 공극률을 향상시키며, 염분도를 희석시키는 것으로 나타나 궁극적으로 최종산물로서의 퇴비의 효용가치를 증진시키는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

집단급식소로부터 3회에 걸쳐 채취, 혼합, 절단, 균질화한 음식폐기물 3kg에 대하여 우분을 각각 0.25 kg(SA-1), 0.5 kg(SA-2), 1.0 kg(SA-3) 및 1.5 kg(SA-4)을 넣은 시료에 증류수를 첨가하여 수분함량을 약 65

%로 한 후, 반응기 속에서 하루 1 rpm의 속도로 1시간 교반, 2시간 송풍시키면서 온도, pH 등을 경시적으로 파악한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 우분함량이 증가할수록 더욱 높은 최고온도에 도달하였으며, 고온의 지속기간도 더욱 긴 것으로 나타났다.

2. 우분함량이 많은 시료의 pH는 초기의 pH 7-8에서 2일 경과 후 pH 5-6으로 감소하였다가 다시 증가하여 6일 후 pH 8의 일정성을 보여 주었다.

3. 우분함량이 적을수록 최종밀도가 더욱 큰 것으로 나타나, 우분의 투입이 최종산물인 퇴비의 효용가치를 증대시키는 것으로 나타났다.

4. 우분함량이 많을수록 공극률을 증가시키고, C/N비를 감소시켜 퇴비화 효율을 증가시키는 것으로 나타났다.

5. 우분함량이 적을수록 염분도와 전도도가 더욱 크게 농축되는 것으로 나타나, 우분의 투입이 염분도와 전도도를 희석시켜 퇴비화 효율 및 최종산물인 퇴비의 효용가치를 증대시키는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) Robert A. Greene.: Solid waste management in the U.S. establishing a new infrastructure, The 5th International Symposium on Solid Waste Management Technology, 17-32, 1991.
- 2) Jeris, J. S.: Treatment of organic wastes by biological decomposition, composting possibilities and experience, 1995.
- 3) Inbar, Y., et al.: Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity, *J. Environ. Qual.*, **22**, 857-863, 1993.
- 4) 환경부 : '98 전국 폐기물 발생 및 처리 현황, 1999.
- 5) 환경부 : 음식물쓰레기 줄이기 실무자료집, 1998.
- 6) 환경부 : '99 환경백서, 1999.
- 7) 서은희 외 5인 : 종균첨가에 의한 음식물 찌꺼기의 발효 사료화, 한국유기성폐자원학회지, **5**(1), 1-14, 1997.
- 8) 황응주 : 소규모 음식물찌꺼기 퇴비화기의 성능평가 및 효율개선, 한국과학기술원박사학위논문, 1998
- 9) 신항식 : 축산폐기물 퇴비화의 현황 활성화방안, 월간 폐기물, 1월호, 74-80, 1996.
- 10) 신항식, 황응주, 김구용 : 소멸식 퇴비화 장치의 운전 성능 평가, 한국유기성폐자원학회 가을 학술대회 발표논문집, 11-19, 1997.
- 11) 정재춘 외 2인 : 음식물쓰레기의 재활용에 관한 시민의식조사, 유기성폐기물자원화협의회회지, **3**(2), 91-96, 1995.
- 12) 전병관 : 음식물쓰레기의 퇴비화에 관한 연구, 한국유기성폐자원학회지, **4**(2), 19-26, 1996.
- 13) 장기운, 이인복, 임재신, 임현택 : 부속과정중 음식물찌꺼기의 식물독성평가, 한국토양비료학회지, **29**(3), 312-

- 320, 1996.
- 14) 남궁완 외 2인 : 식중물질이 음식물쓰레기 퇴비화 정도 및 미생물 활성에 미치는 영향, 한국 유기성폐자원 학회지, 5(1), 15-24, 1997.
 - 15) 김필주, 장기운, 민경훈 : 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토, 한국유기성폐기물자원 화협의회지, 3(1), 35-42, 1995.
 - 16) Inbar, Y., Chen, Y., Hada, Y.: New approaches to compost maturity, Biocycle, 12, 1990.
 - 17) 홍순명 외 3인 : 건강과 영양, 울산대학교 출판부, 1997.
 - 18) 허 관, 신대윤 : 온도변화에 따른 음식쓰레기의 반응특성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 24(1), 104-111, 1998.
 - 19) 환경부 : 고시 제 96-32호, 폐기물공정시험방법, 1996.
 - 20) 맹원재 외 3인 : 사료분석실험, 선진문화사, 1996.
 - 21) 노재성 외 4인 : 무기계 고형폐기물을 수분조절재와 탄소공급원으로 한 축분의 퇴비화에 관한 연구, 한국 폐기물학회지, 11(3), 389-397, 1994.
 - 22) APHA.: AWWA and WEF, Standard Methods, 19th ed., 1995.
 - 23) 이기열 : 식이요법, 수학사, 1996.