

호기성 미생물을 이용한 음폐수의 처리 및 자원화에 관한 연구

Study on Reutilization with Aerobic Microbes of Organic Food Waste Leachates

강보미 · 황현욱 · 김지훈 · 양용운* · 김영주[†]

Bo Mi Kang · Hyeon Uk Hwang · Ji Hoon Kim · Yong Woon Yang* · Young Ju Kim[†]

경북대학교 환경공학과 · *계명문화대학교 소방환경안전과

Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University

*Department of Fire & Environmental Safety, Keimyung College University

(2010년 7월 14일 접수, 2011년 1월 21일 채택)

Abstract : This test established the bioavailability and sample input by mixing the maintaining the microbial machine parts and food waste leachates in weight of 2:1 as advanced experiment, maintaining the constant temperature, agitating and observing its weight and property change for 60 hours. And, I injected daily the established microbial machine parts and food waste leachates rate, maintained the temperature in the reactor with 55~65°C, and agitated with constant speed. I studied the recycling possibility of food waste leachates by extracting the sample after 24 hours, verifying its characteristics, and repeating the food waste leachates input and sample extraction for about 40 days. Considering all about the results of this study, I saw that 87.32% of food waste leachates was reduced, and the solid of bluebug or food included in the food waste leachates was decomposed within 24 hrs. pH for 43 days after 9 days of stabilization period was maintained from 3.7~3.9 and the ignition loss from 88.67~87.3%, and the quantity of organic matter from 77.6~80.88%. With the similar result daily maintained, it is considered to progress more the minimization by inputting the future food waste leachates. C/N rate satisfies the less than 25 that is the composting basis within 8 days, maintaining between 13~15, with 2% of salt not exceeded, it is able to recycle as the compost of food waste leachates as based on the composting with no extracted heavy metal content.

Key Words : Food Waste Leachates, Aerobic Microbes, Reutilization

요약 : 본 연구는 호기성 미생물에 의한 음폐수의 소멸화에 따른 감량화 특성을 확인하고 더 나아가 퇴비화로서의 가능성을 평가하고자 하였다. 이에 호기성 반응조에 유기성 액상음식폐기물과 호기·호열·호산으로 알려진 미생물 제재를 이용하여 음폐수의 소멸화 및 감량화 실험을 하였다. 그 결과 액상 음식 폐기물의 반복적인 투입에도 불구하고 반응조 내의 무게 감량은 점차 증가하여 43일에 87.3%의 감량 효과가 나타났다. 9일 이후에 pH 3.7~3.9, 강열감량 88.7~87.3% 및 유기물 함량 77.6~80.9%로 나타났다. C/N비는 8일째부터 비료기준인 25 이하로 13~15사이를 유지하였고, 염분 함량은 2% 미만이었다. 또한 중금속은 기준치 보다 훨씬 낮은 농도로 검출되었다.

주제어 : 음폐수, 호기성 미생물, 자원화

1. 서론

인구의 증가와 국민소득수준의 향상으로 음식소비 문화의 확산과 음식물 분리수거 확산으로 음식물류 폐기물 발생은 지속적으로 증가하고 있다. 1990년대 중반이후부터는 음식물류 폐기물의 처리가 사회문제화 됨으로써 그에 대한 관심이 높아지게 되었고, 이에 정부에서는 음식물류 폐기물 줄이기 운동전개 등을 추진하여 발생량이 매년 감소하게 되었지만, 아직도 발생비율은 생활폐기물의 약 25~30%로 큰 비중을 차지하고 있다.¹⁾ 음식물류폐기물은 미생물에 의하여 분해 가능한 유기물을 많이 포함하고 있어 유기성 폐기물로 분류된다. 음식물류 폐기물의 소각처리 시에는 많은 수분과 낮은 발열량으로 소각온도 저하에 따른 보조연료 추가가 요구되며, 매립처리 시에는 다량의 침출수 유출로 지하수 오염 등의 2차 환경오염과 부패로 인한 악취·유해가스 발생으로 매립지 관리를 어렵게 하여 매립지의 안정화

를 지연시키고 있는 것으로 보고되어 있다.²⁾ 2005년부터는 폐기물관리법에 의거 시단위 이상 지역에서 발생하는 음식물류 폐기물의 직매립을 금지하도록 입법화하였기 때문에, 이에 대한 방안으로 퇴비화, 사료화 등의 처리방법 전환으로 재활용이 증가하고 있는 추세이다.^{3,4)} 그중 음폐수는 음식물류 폐기물의 사료화, 퇴비화 등 자원화 공정에서 2007년부터 매일 9,077톤이 발생하고 있으며, 이는 음식물류 폐기물 처리량의 77%에 해당한다. 이 같은 음폐수 발생량이 많은 것은 음식물류 폐기물의 함수율이 높고, 퇴비화 공정 등에서 염분제거를 위한 세척수 등이 폐수로 발생되기 때문이다. 음폐수 처리의 대부분을 매립과 소각에 의존하고 있는 실정이지만 사실상 매립 후 발생하는 악취, 침출수 발생 및 매립 공간 부족 등의 문제가 있으며, 소각의 경우 발열량 감소 및 소각의 비효율성 등의 문제점이 있다. 재활용이나 음식물류 폐기물 처리 등의 새로운 보완 대책으로 호기성 반응조를 이용한 미생물에 의한 생물학적 소멸화에

[†] Corresponding author E-mail: yjukim@knu.ac.kr Tel: 053-950-6585 Fax: 053-950-6579

따른 감량화가 있다. 이에 따른 처리 방식으로 감량화 및 자원화가 동시에 가능하며, 현재 부산물 비료에 대한 수요의 한계를 고려한다면 보다 적합한 처리 방식이라 할 수 있다.⁵⁻¹⁰⁾

따라서, 본 연구에서는 유기폐수를 고온호기성 미생물에 의하여 처리한 방법으로서, A사에서 현재 판매되고 있는 호기, 호열, 호산으로 알려진 미생물 제재와 호기성 반응조를 이용하여 음폐수의 소멸화에 따른 감량화 특성을 연구하였다. 더 나아가 퇴비화로서의 가능성을 평가하여 자원 재이용의 방법을 모색하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 실험은 영천시 Y음식물류 폐기물 처리 업체에서 채취한 유기성 액상 음식물류폐기물을 K업체에서 제작한 350 mm (L) × 250 mm (H)인 17.5 L용량의 호기성 반응조에 호기·호열·호산으로 알려진 미생물이 들어간 A업체의 제재를 이용하여 액상 음식물류폐기물의 소멸화 및 감량화 실험을 하였다. 우선 선 실험으로 미생물 제재와 액상 음식물류를 무게 2:1의 비율로 섞어 일정온도를 유지하고 교반하여 60 hr까지의 무게 및 그 특성 변화를 관찰하여 시료투입량을 결정하였다. 본 실험에서는 미생물 제재 1 kg을 붓고 액상음식 폐기물을 매일 주입하고 반응조 내 온도는 55~65°C 온도를 유지하고 일정 속도도록 교반하였다. 24 hr이 지나면 시료를 채취하여 그 특성을 확인하고 약 40일 동안 반복하며 퇴비화로서의 가능성을 연구 하였다. 실험 분석 방법으로는 용출시험, C/N비, pH, 염분, 수분, 강열감량, 유기물함량 및 TOC 분석을 실시하였다.¹¹⁾ Table 1에서 나타내었듯이, 음폐수의 성상은 함수율 88%, 강열감량 98.4%, 고형물 12%, 유기물함량 88.5%, C/N비 12.79, pH 4.2, 염분 0.4% 및 TOC 46.6%였으며, 미생물 제재의 성상은 함수율 50.7%, 강열감량 98%, 고형물 49.3%, 유기물함량 95.9%, C/N비 258.9, pH 6.7, 염분 0% 및 TOC 35.7%로 나타났다.

Fig. 1에는 호기성 반응조를 나타내었다. 호기성 반응조는 스테인레스 재질로 350 mm (L) × 250 mm (H), 17.5 L 용량의 장치를 사용하였으며, 반응조 내부의 온도는 밑바닥에 장착된 온도 판넬 및 센서에 의해 약 55~65°C를 유지하였다. 반응조 내부에는 수평으로 배치한 회전축에 날이 설치되어 출력 60 W, 감속비 120:1로 교반되어지도록 하였으며, 상단 부분에 시료를 투입할 수 있는 투입구가 설치되어 있고 투입구 좌우로 공기공급을 위한 배기구가 설치되었다.

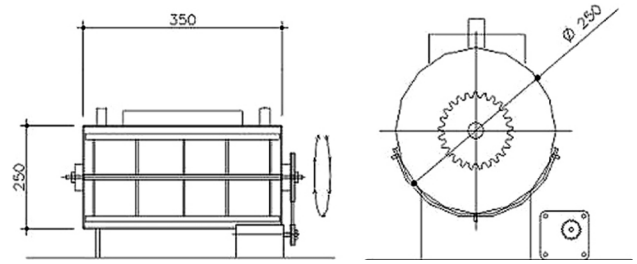


Fig. 1. Schematic diagram reactor of liquefied food waste.

호기성 반응 후 퇴비화로서의 가능성 판단을 위해 중금속 용출시험을 수행하였으며, 폐기물공정시험법에 따라 KLT (Korea Leaching Test)법으로 분석하였다.¹¹⁾

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 온도에 따른 미생물 제재 활성화 특성 분석

실험에 사용된 미생물 제재의 온도에 따른 활성화 특성을 알아보기 위하여 음식물류 폐기물과 미생물 제재를 2:1의 비율로 혼합한 후, 각각 상온(20~25°C), 중온(33~37°C), 고온(50~60°C)에서 48시간 반응시켜 감량률 및 휘발성 고형물의 변화를 비교하였다. 감량률은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 각각 58.4%, 12.7% 및 4.7%로 상온과 중온에서는 거의 감량이 일어나지 않는 것으로 나타났다. 상온, 중온 및 고온에서 미생물의 활성화 정도를 간접적으로 파악하기 위하여 휘발성 고형물의 양을 kg으로 산정한 값을 Fig. 3에 나타내었다. 고온의 경우는 미생물 증식에 의하여 VS의 양이 초기에 비해 증가하였다가 반응이 지속됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 상온과 중온은 휘발성 유기물의 양이 거의 변화가 없었다. 따라서 실험에 사용된 미생물 제재는 고온

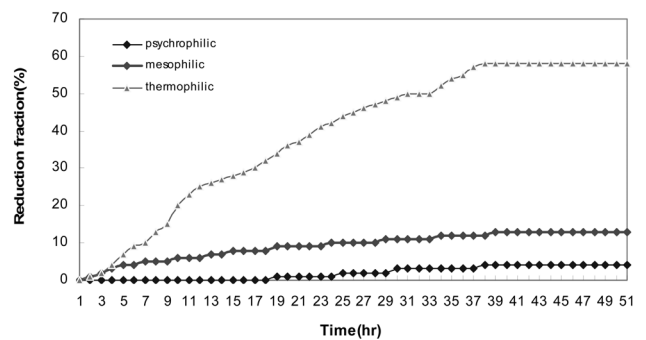


Fig. 2. Change of the weight reduction rates by temperature.

Table 1. Characteristics of samples

| | Water ratio (%) | Organic ratio (%) | Solid (%) | Ignition loss (%) | Specific gravity | C/N | pH | Salinity (%) | TOC (%) |
|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------|-------------------|------------------|-------|-----|--------------|---------|
| Food waste leachates | 88.0 | 88.5 | 12 | 98.4 | 1.1 | 12 | 4.2 | 0.4 | 46.6 |
| micro-organism (sawdust) | 50.7 | 95.9 | 49.3 | 98 | 1 | 258.9 | 6.7 | 0 | 35.7 |

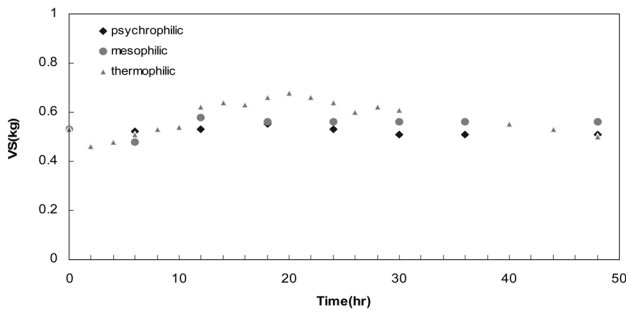


Fig. 3. Change of Volatile Solid by temperature.

에서의 반응이 요구되는 특성을 가지고 있는 것으로 판단되었다.

3.2. 선 실험 결과

본 연구에서는 본 실험에 들어가기 앞서 음폐수와 미생물 제재의 적정 혼합비율을 도출하기 위하여 미생물 제재와 음폐수를 무게 비율로 혼합하여 60시간 동안 고온에서(55~60°C) 변화 특성을 분석하였다. 미생물 제재와 음폐수 2:1, 1:1, 1:2 및 1:4의 실험을 하였으며, 네가지 실험을 실시한 결과 2:1의 비율로 실험하였을 때 가장 효율적인 결과를 나타내었다. 따라서, 미생물과 음폐수의 혼합 비율을 2:1로 정하여 본 실험에 적용하였다.

Table 2에는 미생물과 음폐수의 혼합 비율을 2:1로 실험하였을 때 반응조 운전 시 시간대별 변화 특성에 대하여 나타내었다. 표에 나타내었듯이, 시간이 경과함에 따라 미생물과 음폐수의 무게는 24.7 kg에서 점차적으로 줄어드는 것으로 나타났으며, 33시간이 경과하였을 때는 24.2 kg으로 나타났다. 33시간에서 60시간까지 중량은 서서히 감소하였다.

Table 2. Change in characteristics in reactor (60 hr)

| Item | Time | Weight (kg) | pH | Reduction fraction (%) | Salinity (%) |
|-------------------------|-------|-------------|-----|------------------------|--------------|
| device | - | 23.2 | - | - | - |
| micro organism | 0 hr | 1 | 6.3 | - | 0 |
| | 0 hr | 24.7 | 3.9 | - | 0.03 |
| | 1 hr | 24.7 | 4.0 | 0 | 0.03 |
| | 3 hr | 24.6 | 4.0 | 10 | 0.03 |
| | 5 hr | 24.6 | 4.0 | 10 | 0.03 |
| | 8 hr | 24.6 | 4.0 | 20 | 0.03 |
| device + micro organism | 11 hr | 24.6 | 4.3 | 20 | 0.04 |
| | 14 hr | 24.5 | 4.2 | 40 | 0.04 |
| | 17 hr | 24.4 | 4.1 | 50 | 0.04 |
| | 20 hr | 24.4 | 4.1 | 50 | 0.04 |
| liquefied food waste | 24 hr | 24.3 | 4.1 | 80 | 0.05 |
| | 27 hr | 24.2 | 4.3 | 90 | 0.05 |
| | 30 hr | 24.2 | 4.4 | 90 | 0.06 |
| | 33 hr | 24.3 | 4.3 | 100 | 0.06 |
| | 48 hr | 24.1 | 4.3 | 120 | 0.08 |
| | 60 hr | 23.8 | 4.3 | 160 | 0.12 |

pH변화는 음폐수 투입초기 6.3에서 3.9로 낮아졌지만 시간이 경과하면서 서서히 높아져 60시간이 경과하였을 때는 4.3으로 나타났다. 염분함량의 변화는 초기 0.03%로 나타났으나 60시간 후 0.12%로 나타났다. 이는 시간이 경과함에 따라 수분 증발 등의 영향으로 서서히 염분이 축적 되는 것으로 판단된다. 감량률 변화는 시간이 경과할수록 서서히 감소하였으며, 33시간에 도달하였을 때 미생물 제재를 첨가한 중량과 동일하게 나타났다. 60시간 경과 후 감량률은 160%로 나타났으며 무게 감량률만으로 보았을 때 미생물제재와 액상 폐기물의 혼합비율은 2:1 비율로 24시간 운전하는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 액상 폐기물을 연속적으로 주입할 경우 반응조 내부의 변화를 고려하여 2:1±0.2 비율로 매일 주입하기로 결정하였다.

Table 3에는 미생물과 음폐수의 혼합 비율을 2:1로 실험하였을 때 반응조 운전 시 시간대별 변화 특성에 대하여 나타내었다. 표에서 나타내었듯이, 반응조 내의 초기 함수율은 66.9%였고, 고온의 유지와 함께 더 이상의 시료 투입이 없으므로 함수율은 점차 낮아져 60시간이 경과 했을 때 7.9%로 나타났으며, 33시간이 경과하였을 때는 미생물만 투입했을 때와 같은 무게가 되었다. 그 후에도 60 hr까지도 무게는 점차 줄어들고 있었고 건조된 시료를 소성하였을 때 나타는 강열감량을 보면, 초기 미생물 제재 단독의 강열감량은 99.3%였고 음폐수를 투입하였을 때는 97.4~97.8%대로 시간이 지나도 큰 변화를 보이지 않았다. 미생물 제재만의 유기물량은 98.3%로 나타났고, 음폐수를 투입하였을 때 수분의 영향으로 92.2%로 낮아졌으나 시간이 경과하면서 유기물함량이 증가하는 것으로 나타나 60시간이 경과했을 때 97.5%로 나타났다. TOC측정 변화는 초기 29.2%로 감소하였으나 시간이 경과하면서 수분 증발의 영향으로 측정값이 높아졌으며 유기물함량과 유사한 변화를 나타내었다. 전체적인 결과를 바

Table 3. Change in characteristics in reactor (60 hr)

| Time (hr) | Water ratio (%) | Ignition loss (%) | Organic ratio (%) | TOC (%) |
|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------|
| microorganism | 56.2 | 99.3 | 98.3 | 34.8 |
| 0 hr | 66.9 | 97.4 | 92.2 | 33.3 |
| 1 hr | 66.8 | 97.8 | 93.5 | 29.2 |
| 3 hr | 66.4 | 97.8 | 93.3 | 30.9 |
| 5 hr | 66.3 | 97.8 | 93.4 | 29.5 |
| 8 hr | 65.3 | 97.7 | 93.4 | 29.4 |
| 11 hr | 63.1 | 97.5 | 93.2 | 30.5 |
| 14 hr | 62.8 | 97.6 | 93.4 | 28.7 |
| 17 hr | 59.6 | 97.4 | 93.7 | 29.6 |
| 20 hr | 58.2 | 97.6 | 94.4 | 28.5 |
| 24 hr | 55.2 | 97.4 | 94.3 | 27.9 |
| 27 hr | 53.8 | 97.5 | 96 | 32.6 |
| 30 hr | 49.4 | 97.5 | 95.1 | 30.1 |
| 33 hr | 38.5 | 97.6 | 96.1 | 29.8 |
| 48 hr | 37 | 97.4 | 95.8 | 29.8 |
| 60 hr | 7.9 | 97.7 | 97.5 | 32.4 |

Table 4. Change in C/N ratio of micro organism and liquefied food waste (48 hr)

| Item | micro-organism | 1 hr | 24 hr | 33 hr | 48 hr |
|------|----------------|------|-------|-------|-------|
| C/N | 258 | 95 | 68 | 71 | 70 |

탕으로 음폐수 함수율이 중량에 큰 영향을 미치지 않지만 미생물로 인하여 음폐수가 처리 분해되는 것으로 나타났다.

반응조 운전 시 호기성 처리로 인한 음폐수의 퇴비화 가능성을 알아보기 위하여 시간대별 C/N비를 분석하였으며, Table 4에는 반응조 운전 시 시간대별 C/N비 변화를 나타내었다. 그 결과 시간이 경과하면서 C/N비가 258에서 70으로 급격히 감소하는 것으로 나타나 음폐수를 호기성 미생물을 이용하여 처리할 경우 퇴비로서의 사용 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

3.3. 본 실험 결과

본 실험에서는 43일간 음폐수를 매일 투입하여 그 특성 변화를 관찰하였고, 그 변화를 Table 5에 나타내었다. 감량률 변화를 보면 음폐수의 반복적인 투입에도 불구하고 반응조 내의 무게 감량률은 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 초기 60%의 감량률을 보였으나, 시료를 투입한 40일까지 82.4%의 감량률을 보였고 시료 투입을 중단한 후 43일에는 87.3%의 감량 효과가 나타났다. pH변화에서는 초기 약 9일까지는 4.2에서 3.8로 떨어지는 경향을 나타냈으나, 10일 후 부터는 3.7에서 3.9사이를 유지하는 것으로 나타났다.

pH만의 변화로만 보았을 때 약 10일 전후로 하여 미생물의 안정화가 나타나는 것으로 판단된다. 음폐수의 투입으로 인한 염분함량의 변화는 초기 0.02%를 나타내었으나 20일째 0.35%를 나타내는 것으로 보아 분해되지 않고 축적되는 것으로 판단된다. 하지만 28일이 경과하였을 때 0.22%로 감소하고 그 이후 0.55%까지 높아졌으나 40일 이후 음폐수 투입을 중단한 후 3.2% 낮아지는 경향을 나타내었다. 이것으로 보아 활발하진 않지만 소량의 염분함량의 처리가 가능할 것으로 판단되고, 퇴비화 기준인 25%를 넘지 않아 퇴비화로서 이용이 가능할 것으로 사료된다. 미생물 제재와 음폐수를 혼합한 초기 함수율은 69.3%를 나타냈고 24시간 후 54.4%로 나타났다. 10~20일이 경과하면서 42.9~60.9% 사이를 유지하였고, 40일까지는 35.2%로 점점 낮아지는 경향을 나타냈다. 이는 퇴비로서의 이용이 가능한 것으로 판단된다. 강열감량의 변화에서는 초기 97.8% 9일 경과 후 91.6%까지 감소하였으며, 시간이 경과할수록 88.7~87.3%까지 서서히 감소하는 것으로 나타났다. 유기물의 함량은 초기 94.1% 9일 경과 후 78.5%까지 감소하였으며, 시간이 경과할수록 서서히 감소하여 77.6~80.9%사이를 유지하는 것으로 나타났다. 미생물의 활성화 여부를 분석하기 위해 TOC 측정을 한 결과 유기물함량과 마찬가지로 며칠간은 초기 값인 35.5%보다 낮아지는 경향을 보였다. 이후 음폐수를 반복적인 투입을 하는 40일까지 35~40% 사이를 유지하는 것으로 나타났고, 투입을 중단한 후 43일까지 TOC값이 44.9%로 높아지는 것으로 보아 미생물의 활성이 일어나고 있는 것으로 판

Table 5. Change of characteristics of samples for 43 days in aerotropic reactor

| Day | Input (kg) | Decrement (%) | pH | Salinity (%) | Water ratio (%) | Ignition loss (%) | Organic ratio (%) | TOC (%) | C/N |
|-----|------------|---------------|-----|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------|------|
| 1 | 0.5 | | 4.2 | 0.02 | 62.3 | 97.8 | 94.1 | 35.5 | 163 |
| 3 | 0.4 | 52.4 | 4.2 | 0.1 | 51.5 | 96.5 | 92.7 | 31 | 45.2 |
| 5 | 0.45 | 68.4 | 4.1 | 0.22 | 45.2 | 94.1 | 89.3 | 30.2 | 32.5 |
| 7 | 0.45 | 68.3 | 4.1 | 0.29 | 44.8 | 92.3 | 86.1 | 35.5 | 25.3 |
| 9 | 0.2 | 58.8 | 3.8 | 0.24 | 60.9 | 91.6 | 78.5 | 38.1 | 23.4 |
| 11 | 0.15 | 66.3 | 3.9 | 0.26 | 56.1 | 91.3 | 80.1 | 39.4 | 16.7 |
| 13 | 0.40 | 66.3 | 3.9 | 0.25 | 54 | 90.6 | 79.7 | 32.6 | 20.2 |
| 15 | 0.35 | 68.6 | 3.9 | 0.29 | 51.8 | 90.2 | 79.7 | 33.7 | 19.1 |
| 17 | 0.5 | 71.9 | 3.9 | 0.33 | 48.6 | 89.4 | 79.4 | 38.5 | 17.1 |
| 19 | 0.55 | 72.3 | 3.8 | 0.33 | 51.1 | 88.9 | 77.2 | 40.7 | 18.1 |
| 21 | 0.4 | 73.3 | 4 | 0.35 | 49.4 | 88.7 | 77.6 | 35.9 | 15.7 |
| 23 | 0.5 | 76.8 | 3.9 | 0.37 | 46.1 | 88.5 | 78.7 | 41.1 | 16.5 |
| 25 | 0 | 77.1 | 3.8 | 0.25 | 45 | 88.3 | 78.7 | 39.5 | 15.4 |
| 27 | 0.5 | 78.6 | 3.9 | 0.38 | 43.6 | 88.2 | 79 | 41.9 | 15.5 |
| 29 | 0.6 | 78.8 | 3.9 | 0.25 | 42 | 87.6 | 78.6 | 40.6 | 14.3 |
| 31 | 0.5 | 79.4 | 3.9 | 0.49 | 42.3 | 87.5 | 78.4 | 37.6 | 14.2 |
| 33 | 0.55 | 80.4 | 3.9 | 0.42 | 41 | 87.3 | 78.5 | 42.1 | 13.4 |
| 35 | 0.5 | 81.7 | 3.9 | 0.52 | 37.4 | 87 | 79.2 | 28.3 | 13.1 |
| 37 | 0 | 81 | 3.9 | 0.5 | 36.1 | 87.5 | 80.5 | 41.4 | 14.6 |
| 39 | 0.5 | 82.8 | 3.9 | 0.55 | 36.2 | 87.8 | 80.9 | 42.1 | 13.7 |
| 41 | 0 | 84.4 | 3.9 | 0.31 | 28.9 | 87.7 | 82.7 | 39.6 | 14.1 |
| 43 | 0 | 87.3 | 3.7 | 0.32 | 17.9 | 87.1 | 84.3 | 44.9 | 14 |

Table 6. Results of heavy metal leaching test (Unit : mg/kg)

| Item | Hg | Cu | Cd | Cr | Pb | As | Ni |
|----------|-------|-------|----|-------|-----|-------|-------|
| Standard | 2 | 364 | 46 | 272 | 136 | 46 | 46 |
| Result | 0,025 | 0,232 | ND | 19,40 | ND | 0,052 | 3,273 |

(N,D : Not Detected)

단된다. 퇴비화로서의 판단 기준인 C/N비는 초기 163에서 53으로 24시간 사이 급격히 떨어졌고 시간이 경과할수록 점차적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 그리고 8일째부터는 비료기준인 25 이하를 만족하였고, 최종 시료를 분석한 결과 13으로 퇴비화의 기준을 만족하여 퇴비로서의 사용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 6에서는 43일간 운전한 최종시료를 채취하여 용출 시험한 결과를 나타내었다. 측정결과 Hg는 0.025 mg/kg, Cu는 0.232 mg/kg, Cr은 19.40 mg/kg, As는 0.052 mg/kg으로 소량의 농도가 검출되었으나, 퇴비화 기준에는 모두 적합한 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 음식물 자원화시설에서 발생하는 음폐수를 호기 호열성 미생물 제재를 이용하여 연속 운전을 통한 특성 변화 및 퇴비로서의 자원화 가능성을 분석하였다. 음폐수와 미생물 제재의 최적 혼합비율을 결정하기 위하여 실험한 결과 2:1 비율로 24시간 동안 운전하였을 경우 가장 효율적으로 나타나 일일 음폐수량을 2:1±0.2 비율로 주입하기로 결정하였다. 40일간 음폐수를 매일 1 kg±0.2씩 주입하여 그 특성 변화를 관찰하였고 40일부터는 주입을 중단하고 3일간 특성 변화 상태를 관찰하였다.

본 연구의 모든 결과를 종합하여 볼 때, 음폐수를 반복적인 투입에도 불구하고 반응조 내의 무게 감량률은 점차적으로 증가하였으며, 초기 60%의 감량률을 보였으나, 시료를 투입하는 40일까지 82.42%의 감량률을 보였고 시료 투입을 중단한 후 43일에는 87.32%의 감량 효과를 나타내었다. Y업체의 음식물 자원화 시설에서 발생하는 음폐수는 20 ton/day로 본 연구의 감량 효과로 살펴볼 때 80% 이상인 16 ton/day가 처리 가능할 것으로 판단된다.

pH의 변화는 초기 약 9일까지 4.2에서 3.8로 떨어졌으나, 10일 후 부터는 3.7에서 3.9사이를 유지하는 것으로 나타났다. pH의 변화로만 보았을 때 약 10일 전후로 하여 미생물의 안정화가 나타나는 것으로 판단된다.

43일간의 반복적인 음폐수의 투입으로 인한 염분함량의 변화를 살펴보면 초기 0.02%를 나타내었으나 20일이 0.35%를 나타내는 것으로 보아 분해되지 않고 축적되는 것으로 보인다. 하지만 28일이 경과하였을 때 0.22%로 떨어지고 이후 0.55%까지 높아졌으나 40일 이후 음폐수 투입을 중단한 후 3.2% 낮아지는 성향을 보였다. 이것으로 보아 활발하진 않지만 소량의 염분함량의 처리가 가능할 것으로 판단되고, 퇴비화 기준인 25%를 넘지 않아 퇴비화로서 이용이

가능할 것으로 판단된다.

미생물 제재와 음폐수를 혼합한 초기 함수율은 69.29%, 24 hr이 지난 후 시료의 측정 결과 54.42%로 나타났다. 20일이 경과하면서 42.9~60.9% 사이를 유지 하였고, 40일까지는 35.19%로 점점 낮아지는 경향을 나타냈다. 이는 폐기물의 퇴비화지표에 따라 퇴비화가 이루어지고 있는 가능성으로 판단된다.

폐기물관리법에 따라 측정된 강열감량의 변화에서는 초기 97.77%를 나타내었으나 점차 감소하여 9일째 91.58%까지 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 그 후에도 점차 낮아지는 것을 볼 수 있지만 그 폭이 좁고 88.67%에서 87.3%사이를 유지하는 것을 볼 수 있었다. 초기 강열감량이 낮아지는 것은 미생물의 안정화로 인한 것으로 판단된다.

미생물 제재와 음폐수의 혼합 시 초기 유기물의 함량은 94.1%로 나타났고 9일까지 78.48%로 낮아지는 경향을 나타냈다. 이후 유기물의 함량은 77.6에서 80.88%사이를 유지하는 것으로 나타나 약 9일까지는 미생물의 안정화 기간으로 판단된다.

미생물의 활성되고 있는지를 파악하기 위해 TOC측정을 한 결과 유기물함량과 마찬가지로 몇 일간은 초기값인 35.52%보다 낮아지는 경향을 보였다. 이후 음폐수를 반복적인 투입을 하는 40일까지 35~40% 사이를 유지하는 것으로 나타났고, 투입을 중단한 후 43일까지 TOC값이 44.93%로 높아지는 것으로 보아 미생물의 활성이 일어나고 있는 것으로 판단된다.

퇴비화로서의 판단 기준인 C/N비는 초기 163에서 53으로 24 hr 사이 급격히 떨어졌고 이후부터는 점차적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 그리고 8일째부터는 비료기준인 25이하를 만족하였고, 최종 시료를 분석한 결과 13으로 퇴비화의 기준을 역시 만족하여 퇴비화로서의 사용이 가능할 것으로 사료된다. 비료기준법에 의한 중금속 함량은 퇴비화 기준을 모두 만족하였다.

이번 연구에서 포함되지 않은 공기공급 장치를 사용하여 통기성을 더 향상 시킨다면 더 빠른 시간 단축과 많은 양의 음폐수를 처리 할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 환경부의 환경기술 인력양성 지원 사업으로 지원된 것으로 이에 감사를 드립니다.

KSEE

참고문헌

1. 기문봉 외 5인, “유해폐기물처리,” 신광문화사(2008).
2. 황지훈, “음식물쓰레기 자원화시설에서 발생하는 폐수처리에 관한 연구,” 석사학위논문, 상지대학교(2006).

3. 김기주, 공성호, 강혜련, “호기성퇴비화 공정을 중심으로 음식물쓰레기에 대한 숙성퇴비의 적정성연구,” 환경과학 논문집, **23**, 39~46(2001).
4. 조주현, “고온호기성 미생물에 의한 슬러지처리 시스템 최적화에 관한 연구,” 석사학위논문, 영남대학교(2006).
5. 환경부, “음식물류 폐기물 처리시설 발생폐수 육상처리 및 에너지화 종합대책,” (2007).
6. 윤용수, 강광남, 정순형, “SMBR을 이용한 음식폐수의 고도처리,” 대한위생학회지, **16**(1), 34~39(2001).
7. 김춘희 외 6인, “고온·내산성 *Bacillus* sp. SJ-15를 이용한 음식물 쓰레기의 호기적 퇴비화,” 한국생명과학회, **17**(5), 735~739(2007).
8. 김정근 외 6인, “음식물쓰레기의 퇴비화시 하수슬러지의 최적 혼합비율에 관한 연구,” 한국환경보건학회, **30**(5), 366~373(2004).
9. 권순각, “음식물류 폐기물 자원화에 따른 경제성 검토,” 석사학위논문, 서울산업대(2006).
10. 채희경, “음식물쓰레기의 자원화 및 발생량 최소화에 관한 연구,” 석사학위논문, 청운대학교(2007).
11. 김삼권, “폐기물 공정시험방법주해,” 신광문화사(2004).