



하수처리장에서의 음식물 쓰레기와 농축 슬러지의 혐기성 병합 처리 조건 선정

박종부*, 김윤석**, 최성수**, 한승호*

한화석유화학(주) 중앙연구소 환경연구센터*, 한화건설 환경사업본부**
(2000년 4월 27일 접수, 2000년 5월 22일 채택)

The Optimum Condition for the Co-digestion of Food waste and Sewage Sludge

Jong-Bu Park*, Yoon-Seok Kim**, Sung-Su Choi** and Seung-Ho Han*

Environmental Research Center, R & E Center, Hanwha Chemical Corp.,*
Waste Business team, Construction Division, Hanwha Corp.**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the possibility of co-digestion of food waste and sewage sludge mixture using anaerobic system.

The Biochemical methane Potentials of cabbage and food waste were 297 ml CH₄/g VS and 306.7 ml CH₄/g VS, respectively. The biodegradability of food waste was 60 %. The concentrations of acetate, propionate, and isobutyrate produced during the aerobic acidogenesis of food waste for 36 hours were 7,000 ~ 7,200 ppm, 260 ~ 280 ppm, 380 ~ 400 ppm, and 40 ~ 50 ppm, respectively, of which acetate was over 85 %. The concentrations of acetate, propionate, and isobutyrate produced during the anaerobic acidogenesis for 36 hours were 1,400 ~ 1,600 ppm, 30 ~ 40 ppm, 220 ~ 250 ppm, and 260 ~ 300 ppm, respectively, of which acetate was over 70 %. The biodegradabilities of aerobic and anaerobic acidogenesis were 30 % and 25 %, respectively. Methanogenesis could be activated under 1 % of NaCl and 1,000 ppm of volatile fatty acids at the range of pH 6.8 ~ 7.2. The maximum mixture ratio of food waste and sewage sludge in the present study was 2:8 by the result of VS removal rate and Methane production

Key words: food waste, sewage sludge, co-digestion, anaerobic

초 록

음식 쓰레기중 성분별 메탄 전환율을 측정한 결과, 배추의 경우 297 ml CH₄/g VS로 최대였으며 음식 쓰레기의 메탄화율은 306.7 ml CH₄/g VS였다. 또한, 산발효 조건 선정 실험을 수행한 결과, 발효 36시간 경과후 호기성 처리의 경우, acetate, propionate, isobutyrate, valerate 및 4-methyl-n-valerate의 농도는 각각 7,000 ~ 7,200 ppm, 260 ~ 280 ppm, 380 ~ 400 ppm, 40 ~ 50 ppm 및 250 ~ 280 ppm으로 유기산의 85 % 이상이 acetate였으며 유기물의 분해율은 30 %였고 혐기성 처리 경우, 유기산 농도는 각각 1,400 ~ 1,600 ppm, 30 ~ 40 ppm, 220 ~ 250 ppm, 260 ~ 300 ppm 및 75 ~ 100 ppm으로 유기산의 70 % 이상이 acetate였다. 유기

물 분해율 25 % 였으며 적정 혐기성 산발효시간은 12시간 이었다. NaCl 1.0 %이하, 유기산 1,000 ppm이하 및 pH 6.8 ~ 7.2 범위에서 혐기성 소화가 정상적으로 이루어졌으며 음식 쓰레기:농축 슬러지의 혼합비를 달리하여 소화 실험을 진행한 결과, 최대 처리 가능량은 2:8이었다. 이 때 BOD 및 TS 분해율은 40 ~ 50 % 및 30 % 이상이었으며 메탄 발생량은 107.7 ml CH₄/g VS였다. 음식 쓰레기의 혐기성 소화 잔사의 발아율은 83 ~ 95 %였으며 중금속은 구리 30.1 ppm, 크롬 23.6 ppm만 검출되었다.

Key words: 음식 쓰레기, 농축슬러지, 하수병합처리, 혐기성

1. 서론

'97년 기준 1일 47,895 톤 발생하는 생활쓰레기중 유기성 쓰레기는 전체 생활 쓰레기의 약 43.9%로 발생량은 1일 21,025 톤이다¹⁾. 이러한 유기성 쓰레기는 음식 채소류가 27.3%, 종이류 12.6%, 나무류 4.0%로 구성되어 있으며 90%이상을 매립처분에 의존하고 있다. 또한, 음식 쓰레기의 경우 퇴비나 사료등으로의 재활용율은 전체 발생량의 20%미만으로 매우 저조한 실정이다²⁾.

1일 14,532 톤 발생하는 음식 쓰레기의 경우, 높은 함수율과 낮은 발열량으로 인하여 처리에 어려움이 있으며 재래식 소화방식에 의존하고 있는 대부분의 하수 슬러지는 장시간의 체류시간, 낮은 유기물 함량 및 유기물 제거효율로 에너지 소비, 탈취, 탈수 케익의 처리 등 많은 문제점을 수반하고 있다^{3, 4)}.

따라서, 본 연구에서는 음식 쓰레기와 하수슬러지의 단독 처리에 따른 문제점을 해결하기 위하여 기존 하수처리장에서의 농축슬러지와 음식 쓰레기의 병합 처리 조건을 선정하고자 전처리 방법, 음식 쓰레기의 소화 특성 및 음식 쓰레기와 농축 슬러지의 혼합비에 따른 소화 특성에 대한 연구를 통하여 농축 슬러지와 음식 쓰레기의 적정 혼합비 선정 및 처리방법을 확립하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 사용한 실험장치는 20ℓ 원형 반응조를 사용하였다. 반응조내 미생물과 기질의 원활한 접촉을 위하여 교반기를 부착하였으며 시료 유입구 및 유출구는 반응조 상부에 설치하였다. 소화 가스량의 측정을 위하여 상부에 gas bag을 설치하였으며 반응

조 본체는 중온성 소화 조건을 유지하기 위하여 외부 수조를 연결하여 온도를 35℃로 유지하였다.

2.2 음식 쓰레기 및 슬러지 채취 및 시료 조제

음식 쓰레기는 대전광역시 금곡동 소재 음식 쓰레기 퇴비화 플랜트에 반입되는 것을 일부 채취하여 이용하였으며 슬러지는 D 하수처리장의 농축슬러지를 사용하였다.

음식 쓰레기는 수거해 온 즉시 디스포저를 이용하여 파쇄한 후 냉동보관하여 사용하였으며 주기적으로 시료를 채취하여 부패를 방지하였다.

혼합비에 따른 소화 효율을 측정하기 위하여 냉동한 시료를 일정시간 해동한 후 일정비를 혼합하여 사용하였다.

2.3 분석방법

소화 특성을 평가하기 위하여 pH, TS, 총질소, 총인, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, COD, BOD 등을 공정 시험 방법에 준하여 측정하였으며 탄소, 수소, 질소, 산소, 황의 원소분석은 원소분석기 (Fison EA 1108, Italy)를 이용하여 분석하였다⁵⁾. 유기물과 중금속 분석은 각각 고형물 측정기 (TA instrument Analyzer, U.S.A)와 Atomic Analyzer (Smith-Hieftje 8000, U.S.A)를 사용하였다. 또한, 유기산 성분별 농도는 HPLC (HP 1090M, U.S.A)로 측정하였으며 총염 농도는 전기전도계 (Orion 160, U.S.A)를 이용하였다⁶⁾. 기타 이온 농도는 이온 농도 측정기 (Hack DR-4000, U.S.A)로 측정하였다. 메탄 가스량은 가스크로마토 그래피법으로 측정하였다. G/C는 HP GCH 5890 II을 사용하여 Injection 온도, Oven 온도 및 Detector 온도등 검출조건을 각각 40 ℃, 240℃ 및 280℃로 설정하였으며 검출기는 FID를 사용하였다. 메탄 가스는 정상상태에서 3회 이상 분석

(Table 1) 원료물질 성상 분석

분 석 항 목	음 식 쓰 레 기	농 축 슬 러 지
pH	4.0 - 5.0	6.9 - 7.4
함수율 (%)	86.64	97.58
고형물 농도 (%)	13.36	2.42
유기물 농도(% , 건조중량)	64.19	56.22
전기전도도 (ms/cm)	24.4	1.87
총염농도 (% NaCl)	1.56	0.12
총탄소(% , 건조중량기준)	46.26	37.33
총질소(% , 건조중량기준)	5.85	5.43
탄질비	13.43	7.87
COD _{Cr} (ppm)	197,355	43,595
BOD ₅ (ppm)	50,000	4,000
Alkalinity Total(ppm)		420
Biocarbonate		356

하여 온도 및 수분량에 따라 보정하여 환산하였다. 음식 쓰레기의 BMP(Biological Methane Potential) 측정 및 소화 독성 실험은 Owen등과 Chynoweth등의 방법에 준하여 실시하였다^{7, 8)}. 탄소원으로 glucose와 음식 쓰레기를 사용하였다. 부산물 비료의 발아실험은 혐기성 소화 잔사를 2일간 풍건한후 토양 화학분석법에 준하여 실시하였다⁹⁾.

3. 결과

3.1 원료물질의 분석

3.1.1 원료물질 성상 분석

(Table 2) 음식 쓰레기 성분별 메탄화율 비교

구 분	밥	배 추	굴껍질	명 태	돼지고기
함수율 (%)	65.37	94.63	81.92	83.41	61.34
고형물 (%)	34.63	5.37	18.08	16.59	38.66
유기물 (%)	33.38	4.38	13.18	11.98	33.46
총탄소 (%)	15.27	2.18	8.94	8.26	21.32
총질소 (%)	0.56	0.33	0.26	2.44	4.68
탄질비	27.1	6.7	34.5	3.4	4.6
메탄발생량(ml/g VS)	0.02	297.0	0.6	39.8	118.6

혐기성 병합 처리에 사용되는 음식 쓰레기와 농축슬러지의 분석 결과 (Table 1)과 같다. 음식 쓰레기의 pH와 함수율은 각각 pH 4.0 ~ 5.0, 86.6%였으며 유기물 농도는 64.19%였다. 또한, 농축슬러지의 pH와 TS 농도는 각각 pH 6.9 ~ 7.4, 2.42%였으며 유기물 농도는 56.22%였다.

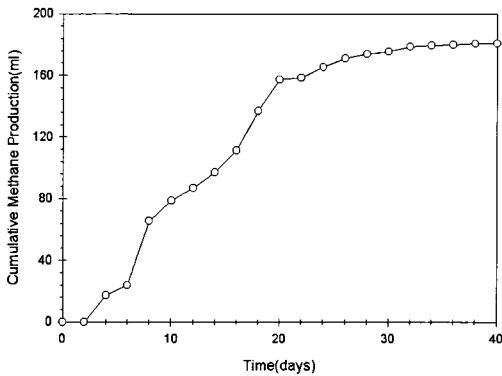
3.1.2 음식 쓰레기의 BMP 측정

음식 쓰레기의 소화 특성 및 메탄 발생량을 예측하기 위하여 음식 쓰레기 단일 성분 및 복합 성분에 대한 BMP측정 실험을 진행하였다.

음식 쓰레기의 구성성분인 육류, 어류, 채소류, 과일류 등에 대한 단독 성분에 대한 BMP 측정 실험 결

과, 배추의 경우, 297ml CH₄/g VS로 최대의 메탄화율을 보였으며 돼지고기는 118.6ml CH₄/g VS였다 [Table 2]. 위의 결과, 채소류가 60 ~ 70%이상 함유된 우리나라 음식 쓰레기의 경우, 배추 등의 채소류의 높은 메탄화율로 혐기성 소화에 의한 유기물의 분해 및 메탄 가스의 재이용이 가능할 것으로 판단되었다.

또한, 음식 쓰레기의 메탄화율을 측정한 결과, 306.7ml CH₄/g VS (저위 발열량 2630kcal/m³)였으며 이론적인 메탄화율인 500ml CH₄/g VS과 비교해 볼 때 60%의 낮은 전환율을 보였으나 Owen등에 의해 수행된 각종 유기성 폐기물의 메탄화율에 비해 높은 메탄 생성량을 나타내었다 [Fig 1]⁹⁾. 이러한 낮은 메탄화 전환율은 음식 쓰레기중의 유기물 함량이 적고 썩, 계란껍질 등의 회분의 높은 함량에 기인한 것으로 판단되었다.



[Fig. 1] 음식 쓰레기의 BMP 측정.

3.2 전처리 방법 선정

3.2.1 pH 조절 방안 선정

음식 폐기물의 경우 초기 pH가 4.0 ~ 5.0이며 산 생성균 및 메탄생성균의 최적 pH는 각각 pH5.0 ~ 6.5 및 pH6.8 ~ 7.2이므로 안정적인 유기물의 분해와 소화조 유입시 소화 효율의 장애 유발을 방지하고 고형 폐기물의 가수분해를 촉진하기 위하여 소화온도와 NaOH의 첨가에 의한 pH 조절 실험을 수행하였다.

초기 pH4.6, 전기전도도 10.01mS/cm (염농도 0.64%)인 음식 쓰레기에 pH6.8, 전기전도도 1.93 mS/cm (염농도 0.12%)의 소화온이를 첨가한 결과,

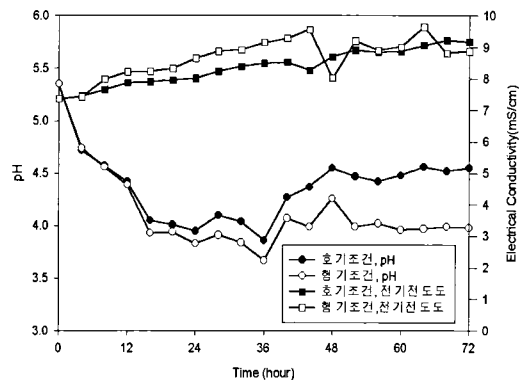
음식 쓰레기의 pH를 5.0으로 조절하기 위하여 30 ~ 40%의 소화온이를 첨가하였으며 전기전도도는 2 mS/cm (염농도 0.13%)로 초기에 비해 감소하였다. 또한, NaOH를 첨가한 결과, 음식 쓰레기를 pH5.0으로 조절하기 위하여 NaOH를 음식 쓰레기 톤당 3kg 첨가하였으며 전기전도도는 초기 10mS/cm (염농도 0.64%)에서 24mS/cm (염농도 1.54mS/cm)으로 증가하여 염농도 증가에 따른 소화 효율 저해 가능성이 있었다.

3.2.2 산 발효 조건 선정

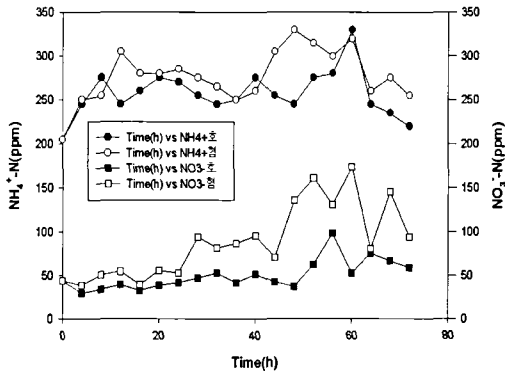
음식 쓰레기의 산발효 조건을 선정하기 위하여 혐기성 조건과 호기성 조건에서 발효시간에 따른 산발효 양상을 검토하였다.

pH 변화는 초기 pH5.3에서 발효 36시간까지 pH3.8 ~ 3.9로 급격히 감소하였으며 발효 72시간 경과후 혐기성 조건에서는 pH3.2, 호기성 조건에서는 pH5.2를 유지하였다 [Fig 2]. 암모늄 이온과 질산 이온의 변화 양상은 혐기성 조건 및 호기성 조건하에서 유사한 변화 양상을 보였다 [Fig 3].

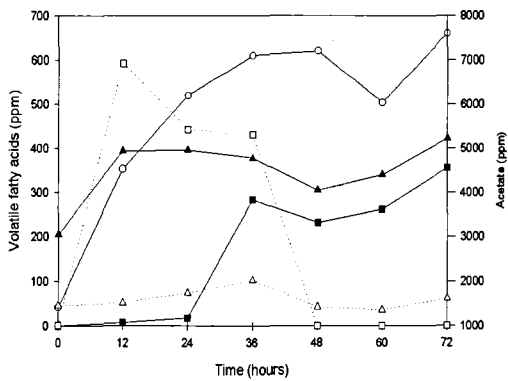
호기성 조건의 경우, acetate의 생성량은 발효 초기에서 발효시간 36시간 경과때까지 급격하게 증가하여 7,000 ~ 7,200ppm을 유지하였으며 이 때의 propionate, isobutyrate, valerate 및 4-methyl-n-valerate의 농도는 각각 260 ~ 280ppm, 380 ~ 400ppm, 40 ~ 50ppm 및 250 ~ 280ppm으로 유기산의 85% 이상이 acetate였다 [Fig 4]. Butyrate, isovalerate 등은 거의 발생하지 않았다. 유기물의 분해율은 발효 시간 12시간 경과후 30%였다.



[Fig. 2] 산발효 조건에 따른 pH와 전기전도도 변화 곡선.



(Fig. 3) 산발효 조건에 따른 암모늄 이온 및 질산 이온 농도 변화 곡선.



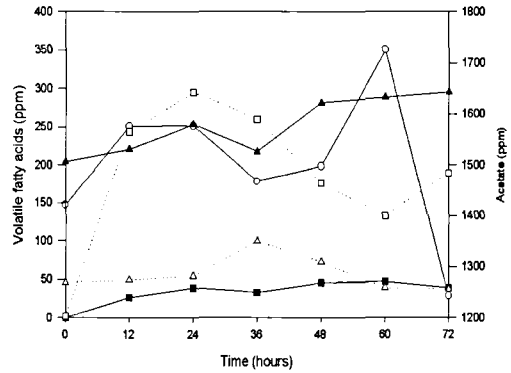
(Fig. 4) 혐기성 조건하에서의 발효시간별 유기산 조성 변화
(○: Acetate, ■: Propionate, ▲: Isobutyrate, □: Valerate, △: 4-Methyl-n-Valerate).

혐기성 조건의 경우, 발효 시간 경과에 따른 acetate 생성량 변화는 거의 없었으며 acetate 농도는 1,400 ~ 1,600ppm을 유지하였다 (Fig 5). 발효 시간 36시간 경과후의 propionate, isobutyrate, valerate 및 4-methyl-n-valerate의 농도는 각각 30 ~ 40ppm, 220 ~ 250ppm, 260 ~ 300ppm 및 75 ~ 100ppm으로 유기산의 70% 이상이 acetate였다.

Butyrate, isovalerate 등은 거의 발생하지 않았다. 유기물 분해율은 발효 12시간 경과후 25% 였다. 또한, 혐기성 조건하에서 발효시간에 따른 산화환원 전위의 변화를 측정된 결과, 발효시간 6시간 경과후 환원분위기로 변화하였다.

위의 결과, 혐기성 조건이 혐기성 조건에 비해 아세트산 생성량 및 유기물 분해율이 높았으나 하수처리장에서의 적용 가능성 및 유지 관리 용이성등을 고려

할 때 산발효 조건은 혐기성 조건이 유리하였으며 유기산 생성 및 환원 분위기 유지를 위한 산발효 시간은 12시간이 적절한 것으로 판단되었다.



(Fig. 5) 혐기성 조건하에서의 발효시간별 유기산 조성 변화
(○: Acetate, ■: Propionate, ▲: Isobutyrate, □: Valerate, △: 4-Methyl-n-Valerate).

3.3 메탄소화 저해 인자 검토

음식 쓰레기와 농축오니의 혐기성 병합 처리시 소화 효율을 저하 시킬 가능성이 있는 pH, 염분 및 유기산에 대한 소화 영향을 검토하였다.

염분 농도에 따른 농축오니의 소화 효율을 비교하기 위하여 농축오니에 NaCl을 각각 0 ~ 2.0%까지 첨가한 후 혐기성 소화 실험을 15일간 진행한 결과, NaCl을 첨가하지 않은 농축오니의 경우 BOD 제거율 및 유기산 분해율은 각각 84.1% 및 92.0%였으며 NaCl을 0.5% 첨가한 경우 67% 및 68%, NaCl 1.0% 첨가한 경우 65% 및 64%였다. 반면 1% 이상의 NaCl을 첨가하여 소화 시킨 경우 BOD 제거율과 유기산 분해율이 각각 50%미만과 14%미만으로 급격하게 감소하여 혐기성 소화 저해 현상이 나타났다.

유기산 농도에 따른 농축오니의 소화 효율을 비교하기 위하여 농축오니에 acetate를 각각 0 ~ 10,000ppm까지 첨가한후 혐기성 소화 실험을 15일간 진행한 결과, BOD 제거율 및 유기산 분해율은 acetate를 500ppm 첨가한 경우 각각 80% 및 89%였으며 acetate 1,000ppm 첨가한 경우는 각각 73% 및 72%였다. 반면 1,000 ppm이상의 acetate를 첨가하여 소화 시킨 경우, BOD 제거율과 유기산 분해율이 각각 20%미만과 25%미만으로 급격하게 감소하여 혐기성 소화 저해 현상을 보였다.

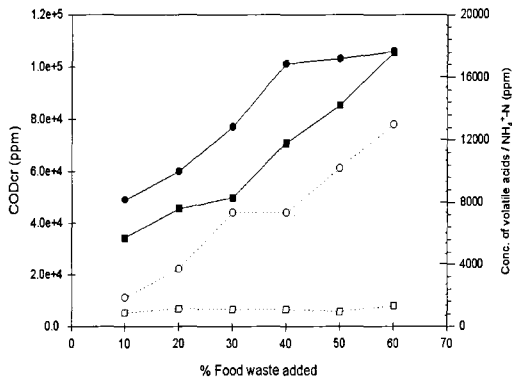
또한, pH에 따른 소화 효율을 비교하기 위하여 탄소원으로 glucose를 사용하여 독성 실험을 수행한 결과, pH6.8 ~ 7.2로 pH를 조절한 경우 메탄 발생량은 4 ml의 메탄이 발생하였으나 기타 pH 영역에서는 메탄 발생량이 0.02ml 미만으로 발생하여 메탄 생성균이 매우 좁은 pH 영역에서 활성화 되는 것으로 나타났다.

위의 결과, NaCl 1.0%이하, 유기산 1,000ppm이하 및 pH6.8 ~ 7.2 범위에서 메탄 생성균의 활성화가 가능한 것으로 판단되었다.

3.4 음식 쓰레기와 농축 슬러지의 혼합비 선정 실험

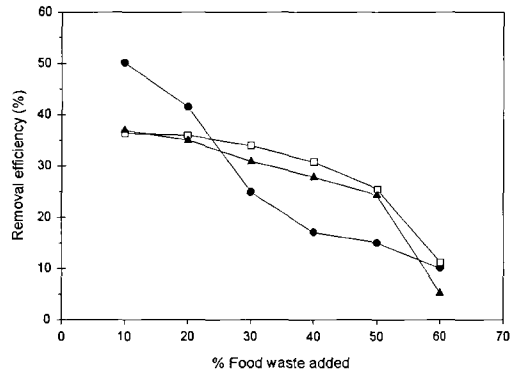
음식 쓰레기와 농축 슬러지의 적정 혼합비를 선정하기 위하여 음식 쓰레기와 농축 슬러지를 1:9 ~ 6:4의 비율로 각각 혼합한후 혐기성 조건하에서 소화 실험을 30일간 진행하였다.

총 COD_{cr} 및 수용성 COD_{cr}은 2:8 혼합 소화액의 경우 각각 50,000 ~ 60,000ppm 및 10,000 ~ 20,000ppm이었으나 3:7 이상 혼합 소화액의 경우 각각 80,000 ~ 110,000ppm 및 45,000 ~ 80,000ppm으로 유기물 제거 효과가 미미하였다 (Fig 6). 유기산 농도는 2:8 혼합 소화액의 경우 5,500 ~ 7,500ppm이었으나 3:7 이상 혼합 소화액의 경우 10,000 ~ 18,000ppm으로 유기산 분해 효과 또한 미미하였다 (Fig 6). 암모늄 이온 농도는 800 ~ 1,300ppm을 유지하였다.



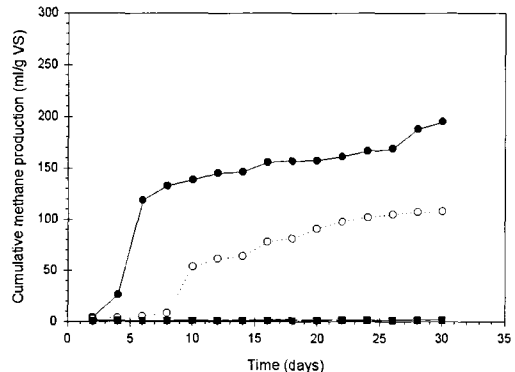
(Fig. 6) 음식 쓰레기와 농축 슬러지 혼합비에 따른 소화액 성상 변화 측정 (●: total COD_{cr}, ○: soluble COD_{cr}, ■: Volatile fatty acids, □: NH₄⁺-N).

BOD 분해율은 2:8 혼합 소화액의 경우 40 ~ 50% 수준이었으나 3:7 혼합 소화액의 경우 25% 미만으로 급격하게 감소하였으며 TS 분해율 및 VS 분해율은 3:7 혼합 소화액까지 30%이상의 제거율을, 5:5 혼합 소화액까지 20%이상의 제거율을 보였다 (Fig 7). 반면 6:4 혼합 소화액의 경우 10% 미만의 제거율을 보여 급격한 감소 현상을 나타내었다.



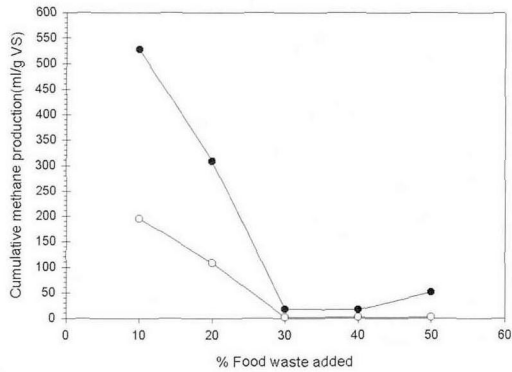
(Fig. 7) 음식 쓰레기와 농축 슬러지 혼합비에 따른 BOD, TS 및 VS 분해율 측정 (●: BOD 제거율, □: TS 분해율, ▲: VS 분해율).

음식 쓰레기 혼합비에 따른 메탄 발생량을 측정 한 결과, 1:9 혼합액 및 2:8 혼합액의 경우 각각 첨가한 VS 1 g당 194.53ml과 107.7ml의 메탄이 발생하였으나 3:7 이상 혼합액의 경우 1 ~ 2ml의 메탄이 발생하여 급격한 소화 효율 저해 현상을 보였다 (Fig 8). 또한, 혐기성 소화 과정에서 제거된 유기물 1 g에 대한 메탄 발생량을 환산한 결과, 1:9 혼합액과 2:8 혼합액의



(Fig. 8) 음식 쓰레기와 농축 슬러지 혼합비에 따른 발효시간별 메탄발생량 변화 측정 (음식 쓰레기 혼합비 ●: 10%, ○: 20%, ▼: 30%, ▽: 40%, ■: 50%).

경우 각각 527.0ml과 308.3ml의 메탄이 발생하였으나 3:7이상 혼합액의 경우 20 ~ 50ml의 메탄이 발생하여 메탄 전환율이 매우 낮았다 (Fig 9).



[Fig. 9] 음식 쓰레기와 농축 슬러지 혼합비에 따른 메탄 생성물 비교 (○: VS 첨가량에 대한 메탄발생량, ●: VS 제거량에 대한 메탄 발생량).

3.5 부산물 비료의 위해성 측정 실험

음식 쓰레기의 혐기성 소화 잔사의 위해성을 검토하기 위하여 농축슬러지와 음식 쓰레기의 혼합비를 8:2로 하여 30일간 혐기성 소화시킨후 남은 소화 잔사를 대상으로 발아율 실험을 수행한 결과, 호박씨의 경우

발아율이 83%로 물만 공급한 대조군의 50%에 비하여 우수하였으며 오이, 열무, 배추씨 등은 95%이상의 발아율을 보여 대조군과 유사하였다 (Fig 10). 그러나 성장도는 혐기성 소화 잔사의 추출액을 사용한 경우가 대조군에 비해 우수한 것으로 나타났다. 중금속 분석 결과, 구리 30.1ppm, 크롬 23.6ppm으로 소량 검출되었으며 납, 카드뮴, 비소, 수은등은 검출되지 않았다.

4. 결론

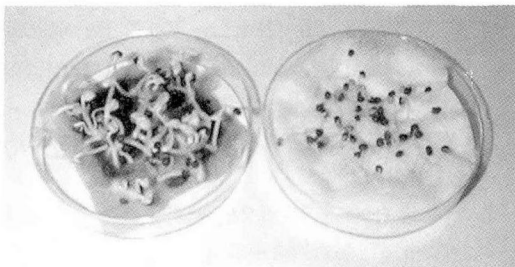
(1) 음식 쓰레기의 소화 특성을 규명하기 위하여 음식 쓰레기중 단일 성분 및 혼합 성분에 대한 메탄 전환율 측정 실험을 수행하였다. 음식 쓰레기의 구성성분인 육류, 어류, 채소류, 과일류 등에 대한 단일 성분에 대한 BMP 측정 실험 결과, 배추의 경우, 297ml CH₄/g VS로 최대의 메탄화율을 보여 채소류가 60~70%이상 함유된 우리나라 음식 쓰레기의 혐기성 소화에 의한 유기물의 분해 및 메탄 가스의 재이용이 가능할 것으로 판단되었다. 또한, 음식 쓰레기의 메탄화율을 측정한 결과, 306.7ml CH₄/g VS로 메탄 전환율은 이론적인 메탄화율의 60% 수준이었으나 각종 유기



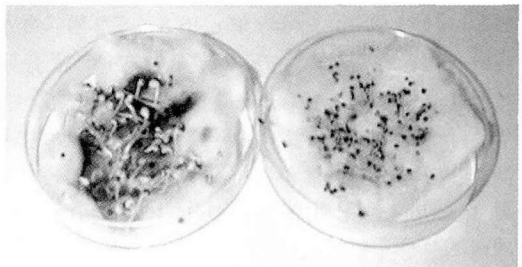
(1) 호박씨



(2) 오이씨



(3) 열무씨



(4) 배추씨

[Fig. 10] 음식 쓰레기 혐기성 잔사의 발아율 실험 결과 (좌측: 혐기성 소화 잔사 추출액, 우측: 대조군).

성 폐기물의 메탄화율에 비해 높은 메탄 생성량을 나타내었다.

(2) 안정적인 유기물의 분해와 소화조 유입시 소화 효율의 장애 유발을 방지하고 고형 폐기물의 가수분해를 촉진하기 위하여 pH 조절 방안 및 산발효 조건 선정 실험을 수행하였다. 음식 쓰레기의 pH 조절 방안은 식중 효과, 염분 희석 효과 및 Buffer 효과가 있는 소화액을 사용한 것이 pH 조절제를 사용한 것에 비해 유리하였으며 이 때 소화 슬러지 투입량은 음식 쓰레기의 30 ~ 40%였다.

또한, 음식 쓰레기의 산발효 조건을 선정하기 위하여 혐기성 조건과 호기성 조건에서 발효시간에 따른 산발효 양상을 검토하였다. 호기성 조건의 경우, acetate의 생성량은 발효 초기에서 발효시간 36시간 경과후 7,000 ~ 7,200ppm로 전체 유기산의 85% 이상을 차지하였으며 유기물의 분해율은 발효 시간 12시간 경과후 30 %였다. 혐기성 조건의 경우, acetate 농도는 1,400 ~ 1,600ppm을 유지으로 전체 유기산의 70 % 이상을 차지 하였다. 유기물 분해율은 발효 12시간 경과후 25% 였다.

위의 결과, 아세트산 생성량과 유기물 분해율이 높은 호기성 산 발효는 높은 유기산 농도에 의한 혐기성 소화 저해 유발 가능성이 있으므로 하수처리장에서의 유기산 공급원으로 적용 가능할 것으로 판단 되었으며 혐기성 산 발효의 경우 하수 병합 처리 등 대규모 음식 쓰레기 처리를 위한 전처리 단계로 적용 가능할 것으로 판단되었다. 또한, 혐기성 처리 조건하에서의 유기산 생성 및 환원 분위기 유지를 위한 산발효 시간은 12시간이 적절한 것으로 판단되었다.

(3) 음식 쓰레기와 농축오니의 혐기성 병합 처리시 소화효율을 저하 시킬 가능성이 있는 pH, 염분 및 유기산에 대한 소화 영향을 검토한 결과, NaCl 1.0%이하, 유기산 1,000ppm이하 및 pH6.8 ~ 7.2 범위에서 메탄 생성균의 활성화가 가능하였으며 평균적인 음식 쓰레기의 염분 함량이 0.5 ~ 0.6%인 것을 고려할 때 염분에 의한 소화 저해는 발생하지 않을 것으로 판단 되었다. 그러나 음식 쓰레기의 pH5 이하의 낮은 pH와 1,000ppm이상의 높은 유기산 농도에 의한 소화 저해 가능성이 있었다.

(4) 음식 쓰레기와 농축 슬러지의 적정 혼합비를 선정하기 위하여 음식 쓰레기와 농축 슬러지를 1:9 ~ 6:4의 비율로 각각 혼합한후 혐기성 조건하에서 소화

실험을 30일간 진행하였다.

BOD 분해율은 2:8 혼합 소화액의 경우 40 ~ 50% 수준이었으나 3:7 혼합 소화액의 경우 25% 미만으로 급격하게 감소하였으며 TS 분해율 및 VS 분해율은 3:7 혼합 소화액까지 30%이상의 제거율을, 5:5 혼합 소화액까지 20%미만의 제거율을 보였다. 또한, 메탄 발생량을 측정된 결과, 1:9 혼합액 및 2:8 혼합액의 경우 각각 첨가한 VS 1 g당 194.53ml과 107.7ml의 메탄이 발생하였으나 3:7 이상 혼합액의 경우 1 ~ 2 ml의 메탄이 발생하여 급격한 소화 효율 저해 현상을 보였다.

위의 결과, 음식 쓰레기와 농축 슬러지의 최대 처리 가능량은 2:8 수준인 것으로 판단되었으나 음식 쓰레기와 농축 슬러지의 경우 지역별, 계절별 성상 차이가 크게 변하므로 상용화 플랜트 설치시 타당성 조사등 예비 실험이 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

(5) 음식 쓰레기의 혐기성 소화 잔사의 위해성을 검토하기 위하여 소화 잔사를 대상으로 발아율 실험을 수행한 결과, 발아율이 83 ~ 95%로 물만 공급한 대조군에 비해 우수한 것으로 나타났으며 부산물 비료에 함유된 중금속은 구리 30.1ppm, 크롬 23.6ppm만 검출되었다.

5. 참고문헌

1. 환경부 (1999), "폐기물 발생량".
2. 환경부 (1999), "음식물 쓰레기 감량 및 자원화 추진 실행 계획".
3. Y. Y. Li and T. Noike (1992), "Upgrading of Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge by Thermal Pretreatment, Wat. Sci. Tech., Vol. 26, No. 3-4, pp.857~866.
4. R. V. Rajan, Jih-Gaw Lin, Bill T. Ray (1989), "Low-Level Chemical Pretreatment for Enhanced Sludge Solubilization, Res. J. Water Pollut. Control Fed., Vol 61, pp.1678~1683.
5. 정우용 (1996), "수질오염.폐기물.토양오염 공정 시험방법", 동화기술출판사.
6. 농촌진흥청 농업기술연구소 (1988), "토양화학분석법".

7. W. F. Owen, D. C. Stuckey, J. B. Healy, Jr., L. Y. Young and P. L. McCarty (1978), "Bioassay for Monitoring Biochemical methane potential and Anaerobic Toxicity, Water Research, Vol. 13, pp.485~492.
8. D. P. Chynoweth, C. E. Turick, J. M. Owens, D. E. Jerger and M. W. Peck (1993), "Biochemical Methane Potential of Biomass and Waste Feedstocks, Vol. 5, No. 1, pp.95~111.
9. Owen, J. M. and Chynoweth, D. P. (1992), "Biochemical Methane Potential of MSW Components", Proc. Symp. on Anaerobic Digestion of Solid Waste, Venice, Italy, pp.29~42. ☎