

물리·화학적 전처리에 의한 음식물쓰레기의 가용화 효과

○김민철·송주형·임점호·라원식\*·박종웅

경산대학교 환경학부, \*대경대학 환경정보계열

I. 서론

우리나라에서 발생하고 있는 유기성 폐기물의 양은 전체 쓰레기 발생량의 절반이상을 차지하고 있으며, 이러한 유기성폐기물을 안정화, 감량화시키기 위한 효과적인 처리기술의 개발이 시급한 실정이다.

현재 운영중인 하수처리장의 유입하수는 설계기준보다 실제 운전치가 낮아 하수처리장이 효율적으로 운전되고 있지 않다. 특히, 혐기성소화조의 경우 유기물부하율이 낮고 체류시간이 길어 적정운전에 지장을 주고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 유기성폐기물의 상당부분을 차지하고 있는 음식물쓰레기와 하수슬러지의 합병처리에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 음식물쓰레기와 하수슬러지의 혐기성 소화 처리시 대상 기질은 지방, 단백질 및 Cellulose 등의 탄수화물로 구성된 고형입자 유기물로서 메탄 발효단계중 가수분해의 반응속도가 늦어 전체 혐기성 소화공정의 율속단계이다. 따라서, 기질의 물리·화학적 및 생물학적인 전처리로 율속단계를 제거하여 혐기성 미생물에 의한 유기물의 이용도를 높임으로서 전체적인 메탄전환율을 향상시킬 수 있다. 이러한 전처리에 대한 기존의 연구로 슬러지를 60~250℃의 온도영역에서 열처리를 하므로써 메탄전환율을 향상시키기 위한 연구가 Haug, Hiraoka 및 Pinnekamp등에 의해 수행되었으며, 높은 온도 및 알카리제를 동시에 사용한 열·화학적 전처리는 McCarty등에 의해서 그 효과가 입증되었다. 또한 실온에서 저농도의 알카리제를 이용한 열·화학적 전처리에 대한 연구는 Rajan등에 의하여 수행되었다.

따라서 본 연구에서는 물리·화학적 전처리방법으로 음식물쓰레기를 분쇄 및 파쇄, 회석배출 그리고 알카리 투여농도별 가용화 효과에 대해 조사분석을 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 음식물쓰레기의 성상

본 연구에서 사용된 음식물쓰레기는 경북 경산시 소재의 G음식물쓰레기 사료화시설에서 수집한 것으로 경산시 일대의 공동주택을 대상으로 분리수거된 것을 이용하였다. 수거해온 음식물쓰레기는 가정용 분쇄기를 이용하여 2mm이하의 크기로 분쇄 한 것과 파쇄기를 이용하여 15mm이하의 크기로 파쇄한 것을 실험에 이용하였고 음식물쓰레기를 분쇄 및 파쇄 할 경우 시료의 분쇄가 용이하도록 탈이온수로 회석하여 사용하였다.

Table 1은 음식물쓰레기를 4배 회석하여 분쇄한 시료의 초기 수질이다.

Table 1 Initial Characteristic of the raw food waste

Item	Average		note
	Sample	dilution(×4)	
pH	5.6	5.68	
TCOD (mg/L)	223,534	55,883	SCOD/TCOD = 0.11
SCOD (mg/L)	24,933	6,233	
TS (mg/L)	188,000	47,000	VS/TS = 0.88
VS (mg/L)	165,480	41,370	
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	4,077	1,019	

【연락처】 (우)712-715 경북 경산시 점촌동 산75번지 경산대학교 환경학부 폐수 및 유기성폐기물처리 실험실 김민철  
Tel : 053-819-1423, Fax : 053-819-1271, E-mail : muse0517@hanmail.net

## 2. 전처리 실험

본 연구에서는 물리적 전처리방법인 분쇄 및 파쇄가 음식물쓰레기의 가용화에 미치는 영향을 비교실험(P-1)하였으며, 회석배율에 따른 음식물쓰레기의 적정 회석배율을 결정하기 위한 실험(P-2)과 음식물쓰레기의 화학적 전처리에서 가수분해와 산발효에 대한 알카리제(NaOH) 적정투여 농도를 결정하기 위한 실험(P-3)을 통해 음식물쓰레기 전처리에 대한 분쇄특성을 조사하였다.

실험에 사용한 반응조의 용량은 700mL인 새구병을 사용하였으며, Shaking incubator내의 온도와 평형을 유지하기 위해 시료(음식물쓰레기)를 넣기 전에  $35\pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지된 상태에서 사용하였다. 시료를 주입한 후 기상과 액상을 질소가스로 치환하고 부틸 고무마개로 밀전하여 혐기성상태에서 실험을 행하였다. 반응조의 시료를 균등하게 혼합하기 위해 교반강도를 150rpm으로 고정시켰으며, 실험시작후 일정기간 경과시 시료를 채취하여 분석하였다. Shaking incubator의 온도는 중온인  $35\pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

## 3. 분석방법

각 전처리방법별 유기물변화의 특성을 평가하기 위한 분석항목은 pH, TS, VS, CODcr, VFAs, Alkalinity, Cl<sup>-</sup>를 측정하였으며, 모든 분석항목은 수질오염공정시험법과 Standard Method에 준하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 분쇄 및 파쇄(P-1)

분쇄 및 파쇄처리된 음식물쓰레기 시료에 각각 NaOH 0, 50, 75, 100, 125 및 150meq/L에서 반응시간에 따른 가용화(SCOD/inf-TCOD)와 VFAs(휘발성유기산)생성량에 대해 조사하였다.

Fig. 1은 분쇄 및 파쇄처리가 유기물질의 가용화(SCOD/infTCOD)에 미치는 영향을 알아본 것으로 온도  $35\pm 1^\circ\text{C}$ , 반응시간 12hr에서의 NaOH투여량에 따른 가용화율을 나타내었다.

분쇄 및 파쇄의 경우 NaOH 투여량 50meq/L에 대한 가용화율은 각각 62%, 57%로 분쇄처리가 약 8%정도 높게 나타났다.

Fig. 2는 반응시간 18hr에 대한 분쇄 및 파쇄처리시 pH의 변화 및 VFAs생성량을 나타내었다. 분쇄의 경우 NaOH 50meq/L에서 pH는 산발효 적정범위인 6.2였으며, VFAs생성량은 3,514mg/L로 나타났다. 또한, 파쇄의 경우 동일한 NaOH 투여량에서 pH는 5.1, VFAs생성량은 4,107mg/L이었다.

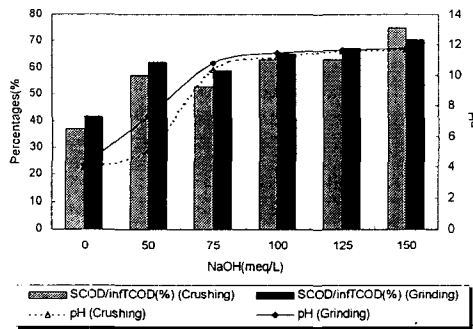


Fig. 1. Influence of SCOD/ inf-TCOD and pH on NaOH addition according to physical pretreatment at  $35^\circ\text{C}$  for 12hr.

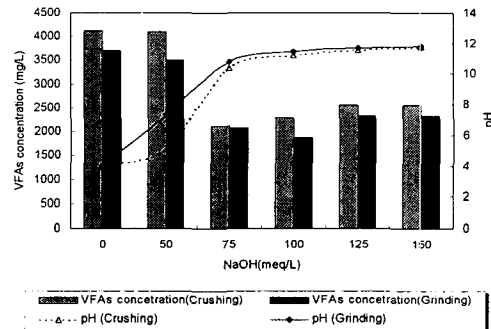


Fig. 2. Influence of VFAs concentration and pH on NaOH addition according to physical pretreatment at  $35^\circ\text{C}$  for 18hr.

동일한 투여량에서 VFAs생성량은 파쇄에서 다소 높게 나타났으나, 이는 Kisaalita & Pinder에 의하면 유기물의 최적 발효 pH 범위가 6.0~6.5임을 감안할 때 산발효가 아닌 높은 유기물부하에 따른 산축적이 일어난 것으로 사료된다.

2. 회석배율에 따른 유기물의 변화(P-2)

Fig. 3은 NaOH 투여량 50meq/L와 반응시간 12hr에서 회석배율을 달리하였을 때 가용화율 및 pH변화를 나타내었다.

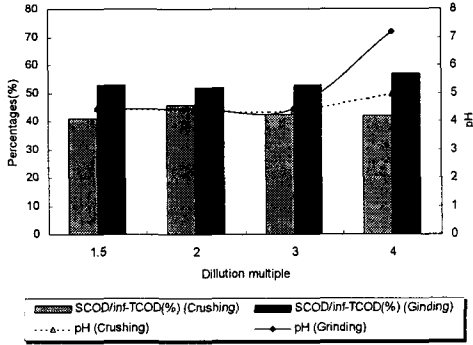


Fig. 3. Influence of SCOD/inf-TCOD and pH on NaOH addition according to physical pretreatment(Grinding and Crushing)at 35° C for 12hr.

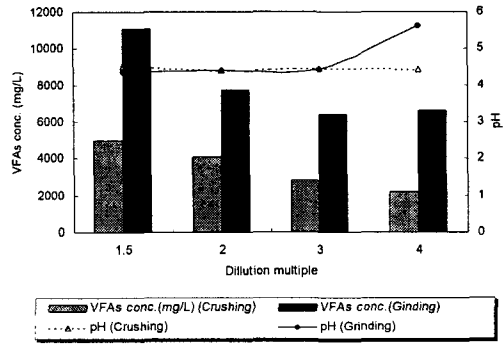


Fig. 4. Influence of VFAs concentration and pH on NaOH addition according to physical pretreatment(Grinding and Crushing) at 35° C for 18hr.

분쇄의 경우 회석배율 1.5, 2, 3, 4배에서 가용화율 및 pH변화는 각각 53, 52, 53, 57% 및 4.2, 4.4, 4.3, 7.2로 나타났으며, 파쇄의 경우 각각 41, 46, 42, 42% 및 4.4, 4.0, 4.1, 4.4로 나타났다. 이 실험결과 4배 회석한 분쇄에서 가용화율이 57%로 가장 높았고 이때 pH는 7.2였다.

Fig. 4는 반응시간 18hr에서 회석배율을 달리하였을 때 VFAs생성량을 나타내었다.

분쇄의 경우 회석배율 1.5, 2, 3, 4배에서 생성량은 각각 11,064, 7,729, 6,412, 6,620mg/L였고, 파쇄의 경우 각각 4,987, 4,075, 2,805, 2,196mg/L로 회석배율이 낮을수록 높게 나타났는데, 이는 고농도 유기물부하에 의한 산축적이 일어난 것으로 사료된다.

3. NaOH 투여량 (P-3)

본 실험은 음식물쓰레기의 화학적 전처리에서 가용화와 산발효에 대한 알카리제(NaOH)의 적정 투여농도를 결정하기 위한 실험이다. 4배 회석하여 분쇄한 음식물쓰레기 시료에 각각 NaOH 25, 50, 75, 100 및 125meq/L에서 반응시간에 따른 가용화율(SCOD/inf-TCOD)과 VFAs생성량에 대해 조사하였다.

Fig. 5는 알카리제를 이용한 음식물쓰레기의 전처리 실험에서 온도 35°C, 반응시간 12hr에서 NaOH투여량에 따른 pH 변화와 가용화율을 나타내었다.

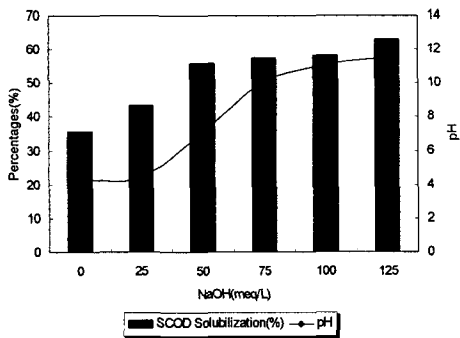


Fig. 5. Influence of SCOD/ inf-TCOD and pH on NaOH addition at 35°C for 12hr.

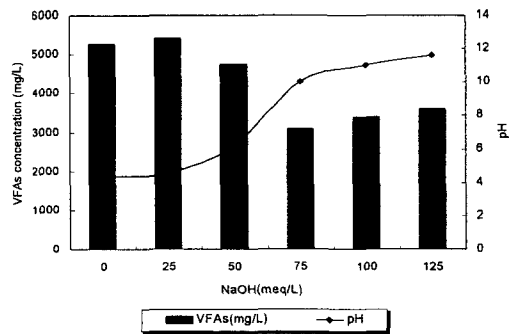


Fig. 6. Influence of VFAs concentration and pH on NaOH addition at 35°C for 18hr.

NaOH 투여량 25, 50, 75, 100, 125meq/L에 대한 가용화율 및 pH의 변화는 각각 44, 56, 58, 58 63% 및 4.5, 7.1, 10.1, 11.1, 11.6로서 농도가 증가됨에 따라 높아짐을 알 수 있었으며, NaOH 투여량 50meq/L에서는 Henry 등의 연구결과인 적정 가용화의 pH범위와 효율이 거의 유사하였다.

Fig. 6은 반응시간 18hr에서 NaOH투여량에 따른 pH 및 VFAs생성량의 변화를 나타내었다. NaOH 50meq/L에서 pH는 6.1, VFAs농도는 4,736mg/L로 나타났다. 이는 Kisaalita & Pinder의 연구결과인 산발효의 적정 pH범위와 동일하였다.

#### 4. 각 전처리방법별 비교분석

다음의 Table 2는 각 전처리 방법별 실험에서 얻어진 가용화율 및 VFAs 생성량을 비교하였다.

분쇄 및 파쇄의 비교실험(P-1)에서 분쇄(Grinding)의 경우 가용화율은 62%이었고, VFAs농도는 3,514mg/L이었으며, 파쇄(Crushing)의 경우에는 57%, 4,170mg/L였다. 적정 회석배율을 결정하기 위한 실험(P-2)에서 가용화율은 분쇄의 경우 57%, 파쇄의 경우 54%로 나타났으며, VFAs농도의 경우 분쇄에서 6,620mg/L, 파쇄에서 2,196mg/L로 나타났다. 또한, NaOH 투여농도를 결정하기 위한 실험(P-3)에서 SCOD/infTCOD기준 가용화율 및 VFAs농도는 각각 56% 및 4,736mg/L로 나타났다.

따라서, 가용화 및 산발효의 적정 NaOH 투여농도는 50meq/L였으며, 이때 반응시간은 각각 12hr와 18hr이었다.

Table 2 Summary of Solubilization and VFAs concentration on each pretreatment test.

Pretreatment	Optimum reaction time (hr)	Physical condition	P-1	P-2	P-3
Solubilization (SCOD/infTCOD, %)	12hr	G · R*	62	57	56
		C · R**	57	54	-
VFAs concentration (mg/L)	18hr	G · R	3,514	6,620	4,736
		C · R	4,107	2,196	-

\* G · R ; Grinding, \*\* C · R ; Crushing

#### IV. 결론

음식물쓰레기의 물리·화학적 전처리방법에 따른 가용화효과에 대해 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 음식물쓰레기의 물리적인 전처리에 있어 분쇄 및 파쇄 처리시 가용화율은 각각 62%, 57%로 분쇄가 파쇄 처리 보다 다소 높은 효율을 보였다. 산발효의 경우도 거의 동일한 경향을 보였다.
2. 회석배율(1.5~4배)에 따른 가용화율은 4배에서 가장 높게 나타났으며, VFAs생성량은 회석배율이 낮을수록 산축적으로 높게 나타났다.
3. 각 전처리방법에 따른 가용화에 대한 적정 농도와 반응시간 범위는 각각 50meq/L 및 12hr이었고, 산발효의 경우 50meq/L 및 18hr이었으며, 물리적 전처리 조건은 분쇄 및 회석배수 4배 이었다.

#### V. 참고문헌

- 1) Kisaalita, W.S. et al., "Acidogenic fermentation of lactose", *Biotec. & Bioeng.*, 30, 88~95(1987).
- 2) Rajan, R. V., et al., "Low-level alkaline solubilization for enhanced anaerobic digestion", *J. Water Pollut. Control Fed.*, 61, 1678(1989).
- 3) Haug, R. T., et al., "Effect of thermal pretreatment on digestibility and dewaterability fo organic sludges", *J. Water Pollut. Control Fed.*, 50, 73(1978).
- 4) V. Penaud, J.P. Delgenes, R. Moletta, "Thermo-chemical pretreatment of a microbial bionass : influence of sodium hydroxide addition on solubilization and anaerobic biodegradability" *Enzyme and Microbial Technology*, 25, 258-263 (1999).
- 5) Hiraoka, M., et al., "Highly efficient anaerobic digestion with thermal pretreatment", *Water Sic. Technol.*, 17, 529(1984).
- 6) 대구광역시, "대구광역시 음식물쓰레기 하수병합처리 타당성 조사연구 보고서"(1999).