

## 유기성 폐기물의 산발효 특성 및 알카리 전처리에 관한 연구

박종안 · 허준무\*

순천향대학교 환경보건학과 · (주)새로운환경 기술연구소\*

### Characteristics of Acid Fermentation and Alkali Pretreatment of Organic Wastes

Jong An Park · Joon Moo Hur\*

*Dept. of Environmental Health Science, Soonchunhyang University*

*\*Research Institute, New Environment Rearch Engineering*

#### Abstract

It is difficult to task to achieve high biological nutrient removal from municipal wastewater because of low organic content. Volatile fatty acids(VFAs) produced from acid fermentation of food wastes can be utilized as external carbon sources for the biological nutrient process. Significant reduction and stabilization of the food wastes can also be obtained from the acid fermentation. The objective of this study is to evaluate characteristics of acid fermentation of the food wastes. Results obtained from the batch experiment of various organic wastes showed that the food wastes had high potential to be used as an external carbon source because of the largest production of the VFAs with low nitrogen and phosphorus content. The fish waste was found to be the next possible organic waste, while the others such as radish cabbage and molasses waste showed high VFAs consumption potential as a results of high nitrogen and phosphorus content. Alkaline hydrolysis of the food waste was carried out using NaOH prior to the acid fermentation. As the alkali addition increased, solubilization of the organics as well as TSS reduction increased. However, fraction of soluble COD to total COD became stable after a sharp increase. Alkali addition greater than 0.5 g NaOH per g TS resulted in significant increase in pH.

#### I. Introduction

영양염류의 다량 유입으로 인한 부영양화가 가속되어 가용한 수자원량을 제한하는 현상이 많아짐에 따라 하수 중에 포함된 질소와 인을 제거하는 고도처리공법이 많이 연구개발 되고 있다. 그러나 국내의 경우 하수관거가 합류식으로 대부분 구성되어 있어 선진국에 비하여 유입 BOD농도가 낮은

실정이다. 따라서 C/N비 및 C/P의 비가 상대적으로 낮아 적절한 처리효율을 얻기가 어렵고, 처리효율을 향상시키기 위해서는 외부탄소원의 공급이 필요한 경우가 많다. 특히 유출수의 수질 기준이 점점 더 강화되어 갈 것으로 예상되는 시점에서 기존의 생물학적 질소·인 제거공정으로는 그 기준을 맞추어 나가는 것이 매우 난망한 실정이고 따라서 현재 질소·인 제거공정의 효율 향상을 위해 외부

탄소원을 주입하는 방법이 이용되고 있는데 주로 메탄올과 같은 화합물을 사용함으로써 많은 비용을 초래하고 있다. 따라서 유기물의 발효 과정에서 발생하는 휘발성 지방산(Volatile Fatty Acids; 이하 VFAs)이 그 대안으로서 많은 연구가 행해지고 있다. 국내에서 발생하는 음식물 쓰레기는 C/N비가 11~14정도로 높은 생분해성을 지님으로써 산발효를 통한 외부탄소원으로서의 이용 가능성이 매우 높다<sup>1,2)</sup>. 그러므로 생물학적 질소·인 제거공정의 외부탄소원 공급방법으로 음식물쓰레기를 이용한 혐기성 산생성 과정을 거침으로써 탈질 및 탈인에 필요한 유기탄소원(휘발성 지방산; VFAs)을 생산하여 공정의 효율 향상에 기여할 수 있다. 아울러 처리 및 처분이 곤란하여 정부와 민간의 차원에서 그 감량 또는 자원화에 매우 많은 노력을 기울이고 있는 음식물 쓰레기 문제해결에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

산발효의 전 단계로서 가수분해 반응은 여러 종류의 미생물들이 분비하는 체외효소에 의해 고분자 물질이 가용성 저분자 물질로 분해되는 과정으로 pH, 온도뿐만 아니라 고형물의 형태, 크기 및 잔류농도에 영향을 받고, 가수분해 반응의 산물인 유기산에 의해서도 저해를 받는 등의 복잡한 반응으로 전체 혐기성 소화 반응의 율속단계(rate-limiting step)라고 알려져 있다. 따라서 다양한 전처리를 통해 이 가수분해 반응 효율을 높임으로써 전체 혐기성 소화반응, 특히 산발효율을 향상시킬 수 있다. 전처리로는 열처리, 열-화학적 처리, 동결-융해 처리, 화학적 처리, 초음파 등의 방법이 이용될 수 있으며, 알칼리 전처리는 음식물 쓰레기 내의 지방, 탄수화물, 그리고 단백질을 각각 작은 단위의 분해 가능한 지방산, 다당류 및 아미노산으로 가수분해한다<sup>3)</sup>. 한편, 유기고형물농도가 높은 하수의 산생성에서는 이상산발효(two-phase acid fermentation)가 가장 적당하고 SS 제거효율을 높이며, 매탄 생성균에 영향을 주지 않으면서 산생성균의 성장을 가능케 한다는 보고도 있다<sup>4,5,6)</sup>. 한편 산발효에 미치는 주요한 영향인자에 대한 연구로는 1차슬러지의 농축조에서의 산발효 실험 결과 슬러지 체류시간(SRT)이 8일 이상이 될 경우 산생성 효율의 향상을 가져오지만, SRT 제어가 어

렵다는 연구결과와<sup>7)</sup> 수리학적 체류시간(Hydraulic Retention Time; HRT)이 가수분해-산생성 반응에서 가장 중요한 영향인자로 HRT가 길수록 VFAs 생성량이 증가하나 최대 생성효율은 주로 짧은 HRT에서 얻을 수 있다는 보고도 있다<sup>8)</sup>. 그리고 Dinopoulou 등은 35℃의 중온으로 운전하는 경우가 50℃이상의 고온의 경우에 비해 메탄올로의 손실이 적고, 미생물의 사멸율이 낮으며, 또한 낮은 에너지 요구량에 따른 비용상의 장점 때문에 유리하다고 보고하였다<sup>4)</sup>.

그러나 현재까지 음식물쓰레기를 이용한 유기탄소원 공급방법으로써 산발효에 관하여 수행된 연구는 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 음식물 쓰레기를 기질로 혐기성 산발효 공정에서 산생성 효율의 최적화를 위한 운전인자를 도출하기 위한 전단계 연구로서 다양한 기질들에 대해 산발효 기질로서의 이용 가능성을 알아보고자 기질별 산발효를 통한 가용화 효율 및 산생성정도를 파악하고 음식물 쓰레기의 가수분해 효율 향상을 위해 NaOH를 이용한 전처리를 행하여 산생성 효율 향상에 필요한 음식물 쓰레기의 가수분해 정도를 파악하는데 있다.

## II. Materials and Methods

### 1. 실험 장치 및 재료

회분식 산발효 3L의 삼각플라스크를 사용하였으며, 부상식 원통형 가스포집기를 삼각플라스크의 상부와 연결하여 발생하는 가스를 포집하였다. 산발효조의 혼합은 magnetic stirrer를 사용하였으며 산발효 효율을 일정하게 유지하기 위하여 35℃로 유지되는 항온조에서 위치시켜 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 유기성 폐기물은 생물학적 질소·인 제거공정에서 탈질 및 탈인효율을 높이기 위한 외부탄소원으로서의 가능성을 알아보기 위하여 도시하수슬러지, 생선류쓰레기, 무쓰레기, 배추쓰레기 및 A대학 음식물쓰레기 및 이스트를 제조하는 당밀슬러지의 다양한 유기성폐기물을 사용하였다. 이중 당밀슬러지는 조미료제조공정에서 발생하는 것과 고농도 핵산흡착폐액(pH 11, COD 8000~10,000mg/L 정도)을 사용하였다. 기질별 주요 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of various organic wastes used in this study.

Waste	TCOD (mg/L)	SCOD (mg/L)	TS (mg/L)	VS (mg/L)	TKN (mg/L)	TP (mg/L)
Digested sludge 1	26,100	1,880	16,250	10,780	370	61
Beet waste	90,500	64,500	66,050	58,750	1,400	542
Fish waste	220,000	147,500	102,050	85,850	4,550	171
Molasses waste 1	330,000	238,500	76,500	68,000	8,400	1,438
Digested sludge 2	28,600	2,690	17,030	11,490	420	67
Food waste	96,500	31,400	69,505	59,700	280	437
Cabbage waste	63,500	37,570	34,310	29,120	420	783
Molasses waste 2*	36,900	23,180	29,960	15,320	2,860	603

\* Waste generated after adsorption of hexane.

## 2. 실험방법

회분식 산발효 실험에서는 각 기질별로 비슷한 유기물부하를 갖도록 하기 위하여 대상기질을 적절하게 혼합 또는 회석하여 사용하였다. 회분식 발효를 용이하기 하기 위하여 식종물질로는 A하수종말처리장에서 채취한 소화슬러지를 사용하였으며, 소화슬러지 1.5L와 기질 1.5L(COD 10,000mg/L 기준)를 혼합하여 사용하였다. 기질이 투입된 반응조는 혐기상태를 유지하기 위하여 질소가스로 약 15분간 치환시킨 후 35°C로 유지할 수 있는 항온조 내에 위치시켜 240시간 동안 회분식 실험을 수행하였다. 그리고 회분식 산발효에서의 효율을 정확히 측정하기 위하여 소화슬러지만을 이용한 대조 실험을 행하였다. 음식물 쓰레기의 산발효 과정중 가수분해효율을 높이기 위하여 NaOH를 이용한 전처리 시험은 기질 2.4L가 담긴 6개의 반응조에 각각 0g NaOH/100g TS, 1g NaOH/100g TS, 5g NaOH/100g TS, 10g NaOH/100g TS, 50g NaOH/100g TS, 그리고 100g NaOH/100g TS의 NaOH를 투입하여 시간에 따른 경시적인 변화를 측정하였다.

회분식 실험에서의 반응조내 물리-화학적 특성의 경시변화는 시간별, 기질별로 TS(total solids), VS(volatile solids), TCOD(total chemical oxygen demand), SCOD(soluble chemical oxygen demand), TKN(total kjeldahl nitrogen), Ammonia-N 변화추

이, pH, Alkalinity 등을 측정하였고, 알카리를 이용한 전처리 실험에서는 시간별로 TSS(total suspended solids), VSS(volatile suspended solids), pH, TKN등은 미국 공중보건협회의 Standard Methods<sup>9)</sup>에 의하여 측정하였다.

## III. Results and Discussions

### 1. 회분식 산발효 실험

#### 1.1 산발효 특성

Fig. 1은 회분식 산발효기간 동안의 발효조내 pH의 변화를 나타내는 것으로 무우, 생선쓰레기 및 당밀슬러지 1의 경우는 전체적으로 pH의 변화 폭이 별로 없는 것으로 나타나고 있으며 무쓰레기를 제외하면 일반적으로 산발효에 적합한 조건이라고 알려진 pH 5.5~6.5에 비하여 높게 유지되고 있다. 이는 식종물질로 사용된 슬러지가 중성부근의 pH를 유지하고 있었기 때문이다. 또한 산발효가 효과적으로 일어나고 있지 않은 것으로 판단되며 이는 가수분해가 어렵고 산발효 가능한 유기물이 적다는 것을 나타내는 것이다. 이러한 현상은 Fig 1(b)에서 보면 상대적으로 탄수화물 계통의 유기물이 많은 음식물쓰레기의 경우, 산발효가 효과적으로 일어나 pH가 상대적으로 낮은 상태에서 유지되는 것에서 알 수 있으며, 유기물폐기물을 혐

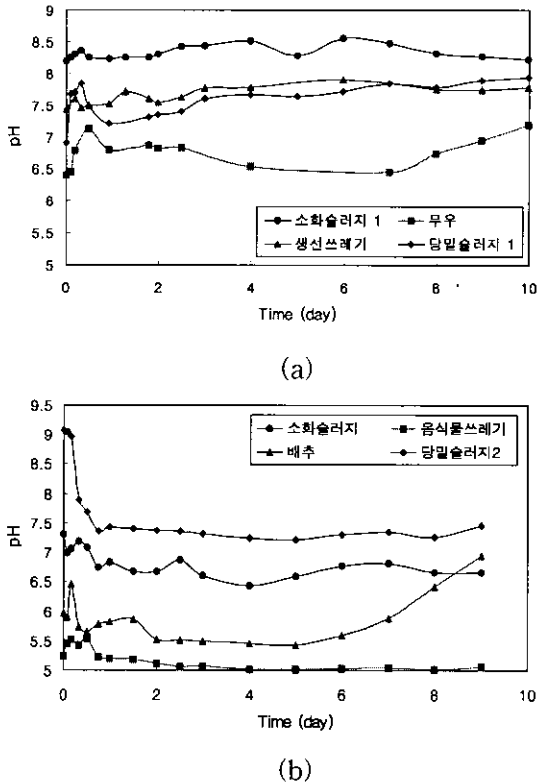


Fig. 1. Variation of pH during the batch fermentation.

기성 발효시 음식물쓰레기가 배추나 무 등에 비하여 높은 메탄생성량을 나타내고 있는 것과 일치하는 결과이다<sup>10)</sup>.

한편, 각 유기성 폐기물을 산발효 시킨 후 생성된 산발효액의 영양염류농도를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 산발효액은 탄소원으로 생물반응조에 공급되므로 산발효액내에 질소·인도 결국은 생물반응조내에서 제거되기 위해서는 생성된 유기산이 필요하기 때문에 중요한 의미를 가진다. 생성된 발효액의 TKN농도를 살펴보면 당밀슬러지 2, 무, 소화슬러지, 당밀슬러지 1, 생선쓰레기, 배추 및 음식물쓰레기 순으로 농도가 높았으며 당밀슬러지의 경우 TKN농도가 761mg/L로 매우 높았다. 한편, 당밀슬러지 2가 당밀슬러지 1에 비하여 산발효액의 인농도가 높아졌는데 이는 가수분해 및 산발효시 고형물이 용존성으로 전환되면서 당밀슬러지 2에 포함되어 있던 인성분이 용존성 인으로 전환되

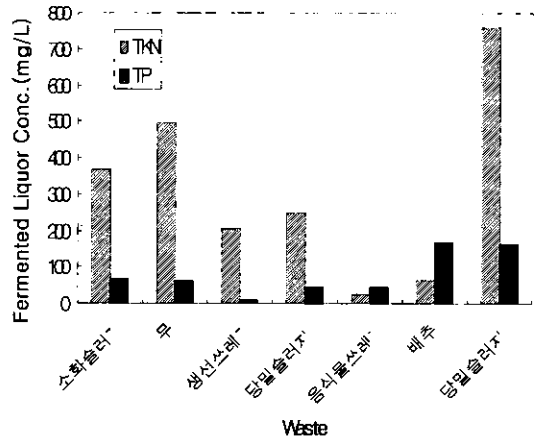


Fig. 2. Nutrient concentration of fermented liquor.

면서 발생한 결과라고 판단된다. 따라서 산발효를 통하여 생성된 산발효액을 유기탄소원으로 생물반응조에 공급하는데 있어 공급량의 조절이 필요하다고 판단된다. 산발효액중의 인농도를 살펴보면 당밀슬러지와 배추가 높은 농도를 나타내고 있고 생선쓰레기의 경우 상대적으로 낮아서 8mg/L정도를 나타내고 있다.

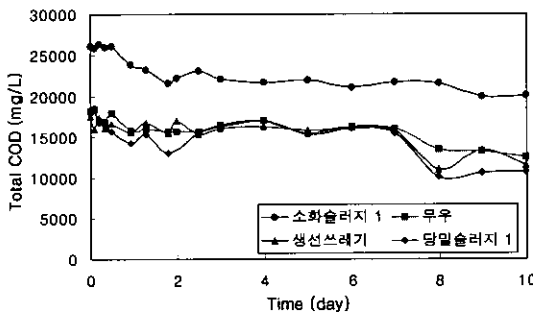
유기성 폐기물의 산발효시 회분조내 산발효내용물의 TCOD 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 각 회분조의 TCOD의 변화를 살펴보면, 유입 기질 및 그 가수분해 산물인 가스로의 전환됨에 따라 반응시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 반응 초기 12시간 내지 24시간 정도에서 가장 큰 감소율을 보였으며, 이는 배추나 슬러지를 대상으로 실험한 김의<sup>11)</sup> 결과와 일치하는 현상으로 회분식반응에서 초기 농도차이에 의해 야기되는 높은 driving force에 의한 것으로 판단된다.

각 회분조의 용존성 COD(SCOD) 농도는 전체 반응시간에 걸쳐 매우 변화가 심하였는데 이는 insoluble COD(ICOD)가 가수분해되는 반응과 SCOD가 가스로 전환되는 반응이 함께 일어나고 있기 때문이라 판단된다. 중반 이후 대부분의 회분조에서 더 이상의 ICOD의 SCOD로의 전환이 일어나지 않고 SCOD의 가스로의 전환만이 발생하였다. 배추와 무의 경우, 반응 초기에 SCOD 값의 급격한 감소가 발생하였는데, 이는 반응조 내의 미생물이 보유하고 있는 효소에 의한 가수분해보다

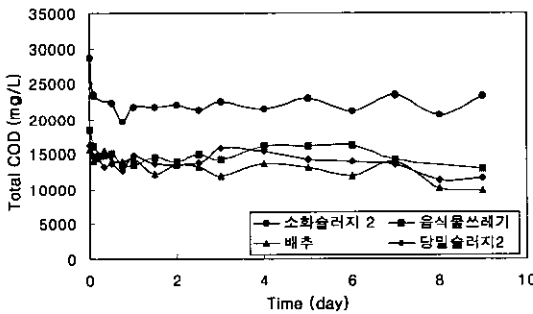
SCOD의 가스로의 전환이 더욱 급격히 일어나서 생긴 결과라고 추측된다.

한편 생선 쓰레기나 음식물 쓰레기의 경우, TCOD에 대한 SCOD의 비율이 각각 67% 및 32.5% 인데도 불구하고 SCOD의 감소량이 미미한 것은 가스발생에 의한 SCOD의 감소분이 ICOD의 SCOD로의 전환에 의해 보충되었기 때문이라고 보기보다는 이들 기질의 SCOD를 구성하고 있는 물질이 미생물에 의해 쉽게 가스로 전환될 수 있는 분해가 용이한 용존성 COD(Readily biodegradable COD) 성분이 아니기 때문이라고 보여진다. TCOD중 SCOD를 제외한 ICOD의 경우 발효 실험 전반에 걸쳐 ICOD는 감소하는 추세를 나타내었으며, 이는 상당부분이 휘발산으로 전환되었으며 용존성 COD가 회분식 산발효 후 증가하는 경향과 일치하는 결과이다.

TCOD 중 ICOD가 SCOD로 전환되는 정도를 알



(a)



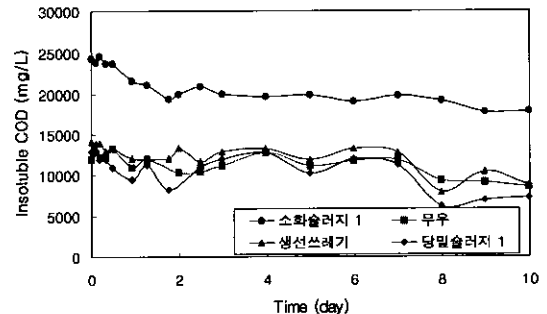
(b)

Fig. 3. Variation of total COD during the batch fermentation(same digested sludge was used in this study).

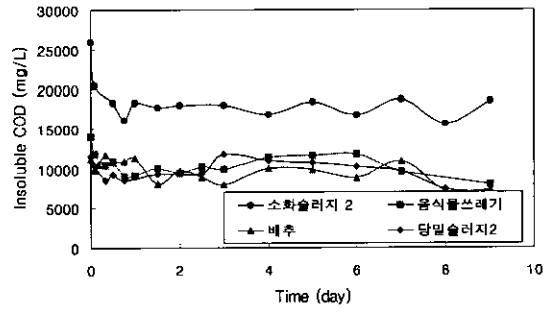
아보기 위해 용존화율(solubilization efficiency ; 이하 Es)를 산출해 볼 필요가 있다. 여기서 Es는 다음과 같이 정의되었다<sup>12)</sup>.

$$Es(\%) = \frac{ICOD_0 - ICOD_t}{ICOD_0} \times 100$$

각 회분식 산발효조에서 산발효기간동안의 ICOD의 경시변화와 산발효시 용존화율(solubilization efficiency)의 경시변화는 각각 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서와 같이 Es는 최대 50%를 넘지 못하였고 전반적으로 매우 낮은 값을 나타내었다. 특히 무나 배추와 같은 cellulose계열의 농산물은 매우 낮은 Es를 유지하였다. 결국 이상의 결과에서 볼 때 ICOD의 용존화를 위해서는 발효 과정 이전에 전처리 과정을 거침으로써 가수분해의 효율을 높이는 과정이 필요하다고 판단된다.



(a)



(b)

Fig. 4. Variation of insoluble COD during the batch fermentation according to various organic waste(same digested sludge was used in this study).

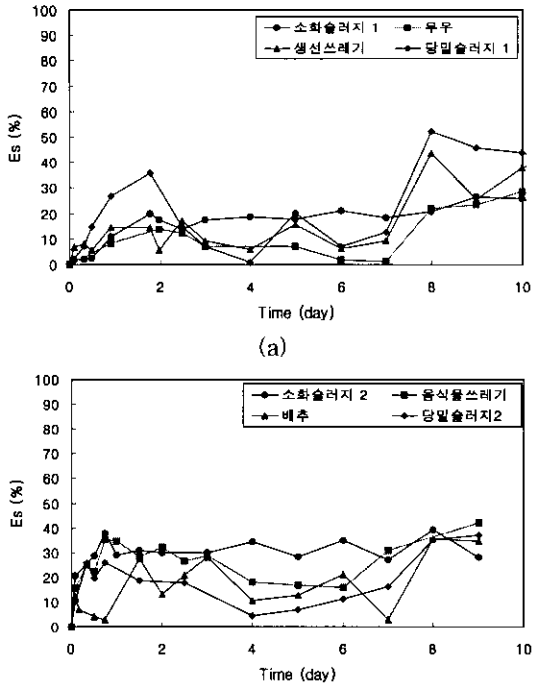


Fig. 5. Changes in solubilization efficiency during the batch fermentation.

1.2 휘발산 생성량

투입유기물질당 생성되는 유기산의 양을 통하여 산발효의 효율성을 판단할 수 있는 있으며 이는 기질의 비휘발산생성가능성(Specific Volatile Fatty Acids Production Potentials ; 이하SVPP)로 나타낼 수 있다. 산발효시 기질의 SVPP는 산발효 반응기간 중 최대값의 VFAs와 초기 TCOD농도로써 (VFA g COD/g TCOD)산출하였고 VFAs를 COD로 나타낸 것은 각 VFAs의 이론적 산소 요구량을 모두 더한 것이다. 산발효시 생성된 총VFAs의 양을 살펴보면, Fig. 6은 회분식 산발효시 투입기질별 비휘발산생성가능성이다. Fig 6에서 보듯이 SVPP는 음식물쓰레기가 가장 높았으며 다음이 생선쓰레기, 무 등의 순으로 나타나고 있다. 이러한 현상은 산발효시 기질별로 가수분해 및 산발효 효율의 차이를 나타내는 것으로 각 투입기질별로 유기물구성특성이 다르기 때문이며 탄수화물 및 단백질이 음식물 쓰레기에 많이 포함되어 있기 때문으로 판단된다. 한편, 산발효후 최종 VFAs의 농도는 음식물쓰레기가 4,500mgHAc/L로 가장 높았고

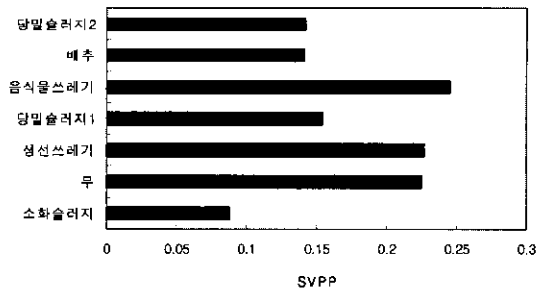
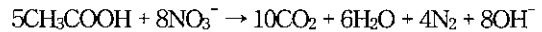


Fig. 6. Specific VFAs production potentials according to various organic wastes(average value of digested sludge used in this section).

무가 4,110mgHAc/L, 생선쓰레기가 4,020mgHAc/L이었으며 소화슬러지, 배추 및 당밀슬러지의 경우는 2,000mgHAc/L를 상회하였다.

산발효 후 발효액내에는 외부 탄소원으로 사용될 VFAs뿐 만 아니라 산발효기질로 사용된 유기물질 자체내에 포함된 질소·인을 함유하고 있다. 이들 질소·인 또한 생물학적 질소·인 제거공정에서 탈질 및 탈인 과정을 거쳐 제거되어야 하며 이 과정에서 반드시 VFAs를 필요로 하므로 각 기질의 VFAs production potential은 질소와 인에 의한 소모분, 즉 VFAs consumption potential을 고려해야 할 필요가 있다. 기질 내에 포함된 질소에 의한 VFAs consumption potential은 미생물 성장에 필요한 양을 무시한다고 가정할 때 다음과 같은 탈질반응식으로 구할 수 있다.



위의 반응식에 따르면 1g 질산성질소를 탈질하는데 필요한 acetic acid의 양은 2.87g COD이다. 기질내에 포함되어 있는 인에 의한 VFAs consumption potential은 아직 인제거의 명확한 메커니즘이 규명되지 않아 질소의 경우와 같이 화학양론학적으로 계산할 수는 없다. 최근의 연구 결과에 따르면 탈인에 사용되는 VFAs의 종류에 따라 미생물에 의한 인 섭취량이 달라지는데, 실제 적용에 있어서는 1mg의 인을 제거하기 위해서는 약 20mg COD의 VFAs가 필요하다고 보고되고 있으며<sup>13, 14)</sup>, 본 연구에서도 이 값을 사용하였다. 산발효 기간

중 발생한 최대 VFAs 생성량에서 기질 내 질소·인에 의한 consumption potential을 제하여 NSVP (Net specific VFAs production)로 나타낼 수 있다. 질소에 의한 consumption potential은 헥산으로 흡착한 당밀슬러지 2가 2,186으로 가장 큰 값을 나타내었고 무가 1,421, 소화슬러지가 1,062, 당밀슬러지 1이 723, 생선쓰레기 588, 배추가 185 그리고 음식물쓰레기가 80으로 가장 낮았으며 질소·인에 의한 consumption potential을 동시에 고려할 경우의 NSVP는 음식물 쓰레기가 0.245로 가장 높은 수치를 나타냈으며, 음식물 쓰레기는 consumption potential을 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때 모두 가장 효과적인 외부탄소원으로 사용될 수 있는 것으로 나타났다.

한편, 산발효시 일반적으로 생물학적 분해 가능한 유기물들의 VFAs로의 전환은 매우 쉽게 이루어진다. 본 연구에서 산발효시 생성된 발효액의 VFAs의 성분을 분석한 결과, 대부분은 acetic acid와 propionic acid였으나 그의 butyric acid, iso-butyric acid, valeric acid 그리고 iso-valeric acid가 측정되었다. 이러한 결과로 볼 때 유기성 폐기물의 산발효액이 생물학적 질소·인 제거공정의 외부탄소원으로 이용가능성과 효율성을 증명하는 것으로 판단된다.

## 2. 알칼리를 이용한 가수분해 전처리 효과

### 2.1 입상 COD의 가수분해

Fig. 7은 NaOH 투입에 따른 각 반응조의 SCOD 변화 추이를 나타낸 것이다. SCOD는 알칼리 전처리가 진행됨에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 반응 초기 10g NaOH/100g TS이상의 알칼리를 투입한 반응조에 있어서 SCOD는 매우 급격하게 증가한다. 그러나 6시간의 반응시간 이후에는 그 증가가 매우 둔화되거나 오히려 감소하는 경향을 보인다. 이는 알칼리를 이용한 화학적 가수분해에 한계가 있음을 보여준다. 즉 음식물 쓰레기를 구성하는 각 고분자 유기물들이 화학적 가수분해를 통해 특정한 단계까지만의 용존화가 이루어지고 있기 때문이라 판단된다. 또한 50g NaOH/100g TS 미만

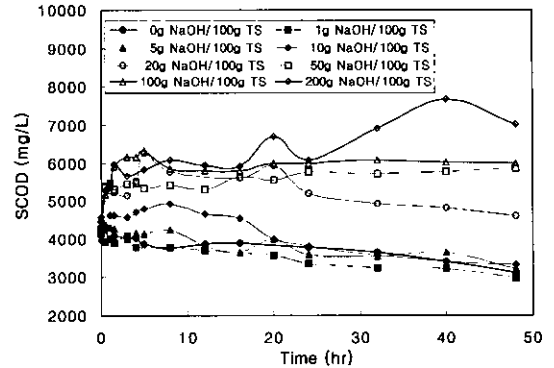


Fig. 7. SCOD variation during alkaline pretreatment of various organic wastes

의 알칼리를 투입한 반응조의 경우 pH의 감소와 함께 SCOD감소가 일어남을 보여주고 있는데 이는 가수분해가 진행됨에 따라 반응조 내의 NaOH가 소모되어 더 이상 알칼리 가수분해가 일어나지 않음을 나타낸다. 기질의 다양한 구성성분들이 가수분해되면서 NaOH가 소모되어 낮은 농도의 알칼리가 투입된 반응조부터 차례로 pH가 감소되는 경향을 보여주고 있는데, 이는 발생하는 VFA 및 기타 산에 대한 중화의 영향과 free carboxylic group과의 반응에 의한 NaOH의 소모에 따른 것이다.

한편, 전체 COD 성분 중 SCOD의 함량의 변화를 살펴보면, SCOD는 반응초기에 증가하여 그 이후부터는 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있으며 첨가한 NaOH의 양이 많을수록 SCOD의 함량은 높게 나타나서 100g NaOH/100g TS의 경우, 6시간 후 최대 63%의 SCOD 함량 값을 나타내었다. NaOH 첨가량이 10g NaOH/100g TS의 경우, 반응 12시간까지 증가하다가 그 이후에는 감소하고 있는데, 이는 음식물 쓰레기 자체에 포함되어 있는 미생물들에 의해 SCOD성분이 소모되었기 때문이라고 추측된다.

### 2.2 TSS의 감소특성

NaOH에 의한 알칼리 전처리시 유입기질 중 입상 유기물의 가수분해 정도는 다음의 식으로 정의되는 TSS 감소율로 나타내었다.

$$TSS \text{ reduction} = 100 \left( TSS_f / TSS_i \right) (\%)$$

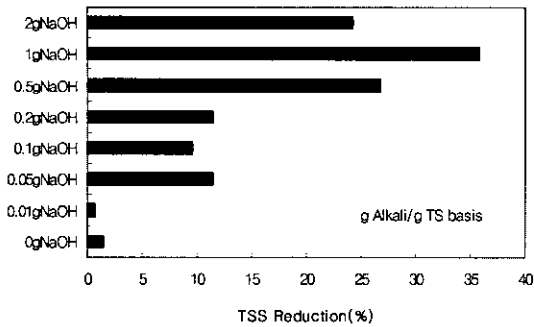


Fig. 8. TSS reduction according to alkaline addition.

여기서,

TSS<sub>i</sub> : 초기 TSS,

TSS<sub>f</sub> : 전처리 종료 후 TSS이다.

Fig. 8은 48시간의 반응시간 후 TSS 감소율을 나타낸 것으로 NaOH 주입량이 100g NaOH/100g TS일때 35.9%의 가장 큰 값을 보였다. NaOH 주입량이 10g NaOH/100g TS까지는 TSS의 감소율이 그다지 크지 않게 나타났는데, 이는 음식물 쓰레기 중의 TS 농도에 비해 주입된 NaOH 양이 부족하여 TS 성분의 가수분해가 제대로 이루어지지 않았기 때문이라고 판단된다. 전처리 실험 결과 유입 TCOD농도 11,500~12,500mg/L, 유입 TS 농도 114,000mg/L의 음식물쓰레기의 경우 50g NaOH/100g TS를 투입하였을 때 48시간 동안 반응이 지속되기에 충분하였으며 높은 COD용존화 및 TSS 감소율을 나타내었다.

#### IV. Conclusions

다양한 유기성 폐기물을 대상으로 기질별 산발효를 통한 가용화 효율 및 산생성정도를 파악하고 음식물 쓰레기의 가수분해 효율 향상을 위해 NaOH를 이용한 전처리가 가수분해효율에 미치는 영향을 파악한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

생물학적 공정에 외부탄소원으로 이용 가능한 최적의 기질을 선정하기 위한 실험 결과 음식물쓰레기가 총비휘발산생성가능성(Specific VFA Production Potential ; SVPP) 및 순비휘발산생성가능

성(Net Specific VFA Potential\_이 가장 높은 값을 나타내었다. 생선쓰레기 또한 매우 높은 Potential 값을 나타냈다. 그러나 무, 배추, 당밀슬러지 1,2는 높은 VFA consumption potential로 인해 낮은 NSVP값을 보였다. 따라서 음식물쓰레기가 질소·인 제거공정의 외부탄소원으로서 가장 효과적인 대안이 될 수 있음을 알 수 있었다. 또한 회분식 산발효를 통해 생성된 휘발산 주성분은 acetic acid와 propionic acid였다.

산발효 효율을 높이기 위한 알칼리 가수분해 전처리 실험 결과, 투입 NaOH 양의 증가에 따라 TCOD 중 SCOD 함량이 증가하였으며, TSS의 감소율도 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 일정 시간 후부터는 더 이상의 증가 없이 일정하게 유지되거나 NaOH가 전부 소모된 경우 투입 TCOD의 용존화는 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. 100g NaOH/g TS를 투입한 음식물쓰레기의 경우 63% COD 용존화 및 35.9%의 TSS 감소를 나타내었다.

#### References

1. Shin H. S., Moon M. J., Lee J. J., Chung Y. J., Song Y. C. and Bae B. U., : Anaerobic treatability of food waste with high salt concentration, *Proceedings of 7th international symposium on anaerobic digestion*, held in Capetown, 120-129, 1994
2. 나범규, 박완철, 신용배, 김태형, 하준수 : 음식폐기물의 고농도 혐기성소화. 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문초록집. 471-474, 1998
3. Ying-Chih Chiu, Cheng-Nan Chang, Jih-Gaw Lin and Shwu-Juan Huang : Alkaline and ultrasonic pretreatment of sludge before anaerobic digestion, *Wat. Sci. Tech.* 36(11), 155-162, 1997
4. Dinopoulou G., Rudd T. and Lester J. N. : Anaerobic acidogenesis of a complex wastewater, I. The influence of operation parameters on reactor performance, *Biotechnol. Bioeng.* 31(9), 958-968. 1988



5. Alexiou I. E., Anderson G. K. and Evison L. M.: Design of pre-acidification reactors for the anaerobic treatment of industrial wastewaters, *Water Sci. Technol.* 29(9), 199-204, 1994
6. Speece R. E.: *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*. Archae Press, Nashville, TN, 1996
7. Elefsiniotis P. and Oldham W. K.: Effect of HRT on acidogenic digestion of primary sludge. *J. of Env. Eng.* 120(3), 645-660, 1994
8. Guerrero L., Omil F., Mendez R. and Lema J. M.: Treatment of saline wastewaters from fish meal factories in an anaerobic filter under extreme ammonia concentrations, *Bioresource Technol.* 61, 69-78, 1997
9. American Public Health Association, American Water Works Association: Water Environment Federation., Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th Edition, APHA, 1996
10. 조재경, 이준표, 이진석, 박순철, 장호남, 주방 폐기물의 고상 혐기성소화에 관한 연구, 한국 폐기물학회지, 11, 4, 556-568, 1994
11. 김경아: 저 C/N비 하수의 고도처리를 위한 산발효의 적용 가능성 평가. 석사학위논문, 건국대학교, 2000
12. 이재우: 음식물쓰레기를 외부탄소원으로 활용한 생물학적 질소, 인 제거 공정 개발, 공학박사학위논문, 서울대학교, 2000
13. Lie E., Christensson M., Jonsson K., Ostgaard K., Johansson P. and Welander T.: Carbon and phosphorus transformations in a full-scale enhanced biological phosphorus removal process, *Wat. Res.*, 31, 11, 2693-2698, 1997
14. Randall A. A., Benefield L. D. and Hill W. E.: Induction of phosphorus removal in an enhanced biological phosphorus removal bacterial population, *Wat. Res.*, 31(11), 2869-2877, 1997