

제 목	국 문	연속생물반응기를 이용한 수산가공폐수처리	
	영 문	Treatment of fish processing wastewater using the continuous bioreactor	
저 자 및 소 속	국 문	김봉섭, 서명교, 노종수, 이국의, 안대명* 동의공업대학 생명응용공학부, *iSYSTECH(주)	
	영 문	Kim, Bong-seob, Suh, Myung-gyo, Roh, Jong-su, Lee, Kook-eui, An, Dae-myung	
분 야	폐수처리	발 표 자	서 명 교
진 행 상 황	연구완료 (○), 연구중 () → 완료 예정 시기 : 년 월		
<p>1. 연구목적</p> <p>식품공업 및 화학공업의 발전에 따른 공업폐수의 유기물 농도가 높아 그 성상의 변화 폭도 커지고 있다. 폐기물중에는 무기물질, 독성물질 또는 난분해성 물질이 함유되어 있는 경우에는 물리적인 단위조작과 화학적 공정을 조합하여 처리하고 있다. 고농도 유기물질을 함유하고 있는 폐기물은 물리적인 방법과 화학적 방법으로는 한계가 있으므로 대부분 활성 슬러지를 이용하여 생물학적 처리공정을 채택하고 있다.</p> <p>생물학적 처리로서는 폐수중의 유기물 성분을 미생물로 분해시킴으로서 미생물은 세포증식의 형태로 전환되고, 동시에 미생물의 대사에너지로 이용되는 과정을 활용하는 것이다. 생물학적 처리는 폐수중의 유기물을 미생물이라는 매개체를 통해 분리 가능한 현탁 입자로 전환하는 과정이므로 중간 매개체인 미생물의 생육에 보다 양호한 환경인자를 조성하는 것이 중요하다.</p> <p>생물학적 처리중 공업폐수처리에 가장 널리 사용되는 활성오니법은 호기성 미생물 활동에 의한 유기물 제거효율이 높은 처리법으로서 최근에는 활성오니의 각종변법이 개량 또는 개발되어 그 폐수의 본질 및 공정특성에 따른 방법들이 활용되고 있다.</p>			

화학적 처리에 의한 상징수를 이용하여 생물학적 활성 슬러지 실험에서 온도, pH, 초기 MLSS, F/M(feed per microorganism, kg COD/kg MLSS · day)비와 반응설계를 위한 동력학적 계수를 산출하여 식품공장 폐수의 처리공정과 처리장 설계인자의 기초자료를 구명하여 산업응용의 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구방법

수산물 가공폐수의 처리실험은 경남 고성군 소재의 수산 식품 공장에서 배출되는 폐수를 채취하여 사용하였다. 수집된 폐수는 불순물을 제거하기 위하여 20 mesh 체를 통과시킨 후에 폴리에틸렌병에 넣어 밀봉하여 -20℃의 냉동고에 보관하면서 필요시에 흐르는 물에서 약 30분 정도 해동하여 폐수시료로 사용하였다.

폐수의 특성인 pH, 총부유성 부유물(total suspended solids, TSS), 생물학적 산소 요구량(biological oxygen demand, BOD), 화학적 산소 요구량(chemical oxygen demand, COD), 탁도는 APHA의 표준방법에 따라 측정하였으며, 분석방법과 사용 기기는 Table 1과 같다. 폐수의 pH조절에서는 5N-NaOH와 0.1N-NaOH 혹은 5N-HCl과 0.1N-HCl을 사용하였다.

Table 1. The instruments and methods used for analyzing wastewater

Item	Unit	Instrument and methods
pH		pH meter(Analab 88 ATC)
TSS	mg/ℓ	Gravimetric method(Glass fiber filter, Whatman Co.)
BOD	mg/ℓ	Azide modification of iodometric method (Frea 815)
COD	mg/ℓ	Potassium dichromate reflux method
Turbidity	NTU	Turbidimeter(HACH Model 2100A)
Amino acid	mg/g	Aminoanalyzer(Pharmacia Biochrom 20)

실험에 사용한 반응조는 두께 3~5 mm의 아크릴판으로 제작된 것으로 부피가 4 ℓ로 폭기부분이 3 ℓ, 침전부분이 1 ℓ로 폭기조와 침전조 사이에 baffle이 장치되어 슬러지 반송이 baffle 하부에서 원활히 되도록 조정하였다.

반응조는 같은 크기의 4개의 반응조로 이루어졌으며, 반응조의 온도를 22±1℃로 유지하기 위해 Fig. 5와 같이 항온조내 설치하여 순환펌프를 순환시켜 항온조내

온도를 균일하게 하였다. 폐수의 pH는 7 ± 0.5 로 유지되게 하였다. 또한 모든 반응조 내의 공기주입과 폭기조내의 혼합은 10 W 용량의 폭기를 사용하였다. 유입폐수는 미량 정량 펌프로 반응조에 유입시켰으며 실험에 사용한 슬러지는 약 2 개월간 순환된 미생물 슬러지를 사용하였다.

폐수의 유기물을 제거하기 위한 주 응집제는 키토산을 사용하였으며, 그에 따른 보조응집제로는 황산철(III)[$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$]을 사용하였다.

키토산은 1% 초산용액에 용해시켜 1% 키토산-초산용액을 제조하여 10 mg/l ~ 100 mg/l 까지 농도를 달리하면서 폐수에 첨가하였으며, 화학 응집제는 각각 100 mg/l ~ 600 mg/l 를 첨가하여 급속교반속도 300 rpm에서 3분, 완속교반속도 50 rpm에서 30분 반응시킨 다음, 30분간 정지한 후 상정액을 회수하여 분석용 시료액으로 하였다. 또한 활성 슬러지를 이용한 생물학적 처리실험은 화학 응집제 처리에 의한 상정액을 사용하였다.

3. 연구결과

폐수의 화학적 처리의 응집제로 사용하기 위해 제조된 가시발 새우 키토산의 용해도는 96.21~97.26%, 점도는 30.73~31.8 cps, 탈아세틸화도는 65.50~68.00%, 분자량은 $8.7 \times 10^5 \sim 9.7 \times 10^5$ Daltons이었으며, 수산가공폐수의 성상은 평균 BOD 2,676 mg/l, COD 2,230 mg/l, SS 3,350 mg/l 및 pH 6.2~6.3으로 분석되었다.

화학적처리에 있어서 키토산의 응집효과는 최적 pH 5.0이었으며, 최적 투입량은 키토산 30 mg/l 와 ferric sulfate 500 mg/l 에서 COD 제거효율이 44%였다.

생물학적 처리에서는 pH 6.0 에서 COD가 2,230 mg/l 인 폐수가 유입될 때, 20~30°C의 온도범위에서는 COD 제거 효율이 80%이상, 15°C에서는 55%이하로 낮아졌으며, 25°C범위에서 가장 높은 유기물 제거효율을 나타내었다.

20°C에서 COD 2,230 mg/l 의 폐수가 유입될 때 pH 6.0~9.0 범위에서의 유기물 제거효율은 75%이상, pH 5.0에서 35%이하로 낮아졌으며, pH 7.0에서 가장 높은 유기물 제거효율을 나타내었다.

생물학적 활성 슬러지 처리에서 MLSS는 4,000 mg/l 이었고 F/M비 0.3 kg COD/kg MLSS·day이하에서 COD제거효율은 85%이상이었다. 연속 생물반응기를 이용한 수산 가공폐수 처리시 수학적 해석법에 따른 동력학적 계수 $Y = 0.5028$, $k_d = 0.0509\text{day}^{-1}$ 의 값이 산출되었다.

4. 고찰

키토산의 첨가농도에 따른 COD제거율은 30 mg/l 에서 최고 41 %의 COD 제

거울을 나타내었는데, 이는 Johnson과 Gallanger가 식품 가공폐수에서 사용한 최적 키토산 처리농도와 유사하였으며, 무기용집제인 황산철 500 mg/l의 COD제거율이 42 %이었는데, 이는 Johnson과 Gallanger가 frozen tanner crab, shrimp, salmon 폐수처리에서 사용한 황산철의 최적 농도 500 mg/l와 일치하였다.

그리고 원폐수와 1차 전처리수 간의 생물학적처리에서는 원폐수보다 1차 전처리수의 COD 제거효율이 좋음을 알 수 있었는데, 이것은 원폐수중의 미생물 저해물질 (biological inhibittance material)이 전처리를 할 때 일부가 제거되었기 때문이라고 해석되었다.

또한 유기물 부하속도에 대하여 COD제거효율이 감소하는 것은 미생물이 폐수중의 유기물을 분해할 수 있는 처리시간이 상대적으로 짧아짐으로써, 유입 미생물의 농도를 증가시켜도 폐수처리효율은 감소하는 것으로 생각되었다.

본 연구에 있어서 식품가공 폐수에 함유되어 있는 유기물의 생물학적 분해 능력을 판단하기 위한 관계식은 Monod에 의해 개발된 후 여러 형태의 수식이 정립되고 있다. 한편 폐수 처리시 문제된 것으로 알려진 CI의 영향은 Donald와 Stephen에 의해 해결됨으로써 슬러지 반송을 고려한 반응기에 대한 물질수지에서 유도되는 식을 이용하여 동력학적 계수를 산출하였다. Y, k_d 처리 값은 각각 0.5028, 0.0509 day⁻¹로 나타났다. 이 값들은 전형적인 활성 슬러지 공정에서의 Y값인 0.4~0.8, k_d 값인 0.04~0.0075의 범위내에 속하고 있음을 알 수 있다. 또한 이론식과 실험의 일치 정도를 나타내는 상관계수 r 이 0.99 이므로 이론식과 실험이 비교적 잘 일치함을 알 수 있었다.