

고효율 자외선/광촉매 시스템을 이용한 고농도 유기성 폐수처리

정효기¹, 김중곤¹, 김시욱²

조선대학교 생물신소재학과¹, 조선대학교 환경공학부²

전화 (062) 230-6649, Fax (062) 225-6040

Abstract

Food wastewater derived from three-stages methane fermentation system showed high concentrations of sCOD, T-N and NH₃-N. To treat the organic wastewater, the optimal operating conditions for high efficiency UV/TiO₂ photocatalytic system have been investigated. In the first process, wastewater was pre-treated with FeCl₃. The optimum pH and concentration for coagulation were 4.0 and 2000 mg/L, respectively. Through this process, 52.6% of COD_{cr} was removed. The second process was UV-TiO₂ photocatalytic reaction. The optimum conditions for the operation of UV-TiO₂ photocatalytic system developed in this lab have been studied. In this process, COD_{cr} was removed from 2890 to 184 mg/L and T-N was removed from 2496 to 914 for 24 hours, respectively.

서 론

부피 감량이 우수하고, 유기성 폐기물로부터 바이오 가스를 생산하는 장점을 갖고 있는 혐기성 소화 공정은 처리 후 배출되는 최종 유출액의 성상이 고농도의 유기성 폐수로서 COD와 총질소(T-N)의 농도가 대단히 높고, 총질소(T-N)의 50% 이상 차지하는 암모니아성 질소(NH₃-N) 농도 또한 매우 높아 기존의 물리·화학적, 생물학적 처리방법으로는 경제적 효율과 운전상의 어려움이 있기 때문에 이에 대한 새로운 폐수 처리 기술 개발이 매우 시급하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 처리 효율이 높고 경제적 타당성이 우수한 새로운 처리 공정을 개발해야 할 필요성이 높아지고 있으며 이에 맞춰 최근에는 기존의 산화제보다 월등한 산화력을 가지는 OH· radical을 중간물질로 생성시켜 오염물질을 제거하는 공법인 고도 산화법(Advanced Oxidation Processes, AOPs)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다¹⁾.

본 연구실에서는 재생가능 폐기물을 처리하기 위하여 3단계 발효 시스템을 운전하고 있으며,²⁾ 실험에 사용된 재생가능 폐기물로는 대학 구내식당에서 수거하여 물

과 1:1의 비율로 혼합한 음식물 쓰레기를 이용하고 있고, 최종 배출되는 발효폐액은 액상으로 고농도의 질소와 인, COD를 함유한 폐수이기 때문에 이러한 발효폐액의 후속처리가 모색되어야 한다.

본 연구에서는 3단계 메탄 발효 후 최종 유출되는 고농도의 유기성 폐수를 물리·화학적 응집 및 침전을 이용하여 전처리 한 후 AOPs 중 UV/TiO₂ 광촉매 반응을 이용하여 후속 처리를 하고자 하였다. 화학적 방법을 이용한 처리시 응집·침전을 이용한 전처리의 유무에 따른 효율을 비교하고 응집제의 주입량을 결정하여 최적의 조건을 도출하고자 하였다. 또한 후속처리인 AOPs 중 UV/TiO₂ 광촉매 반응공정을 이용하여 폐수를 처리하고자 할 때 광촉매 반응공정의 운전조건을 변화시켜 광촉매 반응효율에 미치는 영향을 알아보고 최적 운전조건을 산출하고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험에서 사용한 폐수는 본 연구실에서 개발한 음식물 쓰레기 처리를 위한 3 단계 발효 공정에서 배출되는 고농도의 유기물과 총질소를 함유한 폐액을 사용하였다. 고농도의 유기성 폐수 처리시 높은 탁도를 보이는 콜로이드성 물질을 제거하기 위하여 다양한 응집제를 이용한 화학적 응집·침전에 대한 최적 조건을 조사하였다.

응집·침전실험은 200 rpm으로 약 5분간 급속 교반 한 후 40 rpm으로 줄여 약 30분 간 완속 교반하였으며 침전 시간은 약 30분으로 하였다. 응집제로는 FeCl₃ 와 alum 을 사용하였으며 이들 응집제의 주입 시 pH 및 주입량의 변화에 따른 효율을 관찰 하여 적정 응집제, pH, 응집제 주입량에 대한 최적 조건을 도출하였다.

또한 응집·침전의 전처리 공정 후 광촉매 산화공정에 의한 폐수처리를 위해 Fig. 1과 같이 본 연구실에서 개발한 UV/TiO₂ 광촉매 반응 시스템을 사용하였다.

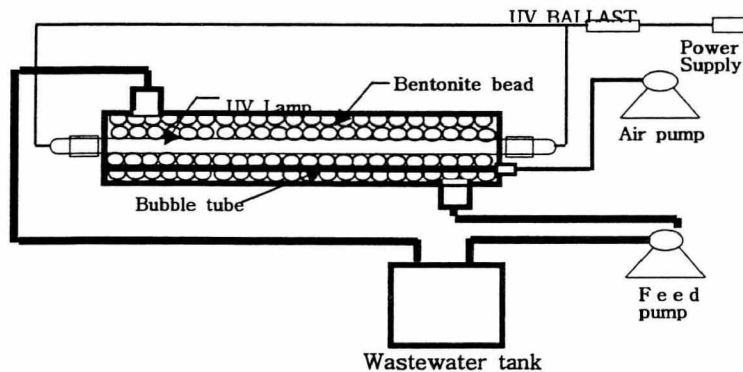


Fig. 1 Schematic diagram of UV/TiO₂ photocatalytic reactor.

UV/TiO₂ 광촉매 반응기는 직경이 11 cm, 길이가 70 cm인 pyrex 재질의 유리관으로 제작되었으며, 중앙에는 파장이 253 nm, 40 W의 자외선 세기를 나타내는 자외선 램프(TUV 36, Philips) 2개가 설치되어 있다. 이 램프는 pyrex관의 양 끝을 막고 있는 직경 13 cm의 실리콘 마개에 구멍을 뚫어 반응기 외부로 돌출하도록 구성 되어 있다. 반응기 내부에는 TiO₂(Jupiter F4-APS, Showa Denko Co.)가 코팅된 직경 0.6 ~ 1 cm크기의 구형 bentonite bead를 충전시켰다. 정량 펌프를 이용하여 폐수를 반응기 하단부에서 상층부로 순환하는 방식으로 일정한 유속으로 주입할 수 있게 하였으며, 기포 주입은 광촉매 반응기 내부의 바닥에 기포 발생기를 설치하여 공기펌프를 이용하여 공기를 주입하였다. 시료의 분석은 pH는 pH meter로 측정하였으며, T-N, NH₃-N, COD는 standard method에 준하여 각각 자외선 흡광도법, 이온전극법, 그리고 COD_{Cr}으로 분석하였다.

결과 및 고찰

Fig. 2는 응집제에 대한 pH 의 영향을 나타낸 것으로 유기성 폐수의 초기 pH를 달리 하였을 때의 COD_{Cr} 제거 효율을 나타낸 것이다. 3단계 메탄 발효 후 최종 유출되는 고농도의 유기성 폐수에 각각 2000 mg/L의 FeCl₃와 alum을 주입하고 10N 황산과 1N NaOH를 이용하여 각각의 pH를 4, 6, 8, 10으로 조절 하였을 때 FeCl₃와 alum을 주입한 경우 모두 pH 8과 10에서 3.9와 14.9%, 26.7과 5.8%로 가장 낮은 제거 효율을 보였다. 반면 pH 6일 때 32.8과 29.9%의 제거 효율을 보였으며 pH 4에서 52.6과 31.5%로 가장 좋은 효율을 보였다. 따라서 낮은 pH에서 응집 및 침전효율이 더 좋아지는 것을 알 수 있었으며, 따라서 본 연구실의 3단계 메탄발효시스템에서 배출되는 폐수의 성상이 pH 8정도임을 고려할 때 전처리를 위한 pH 조절이 필요할 것으로 사료된다.

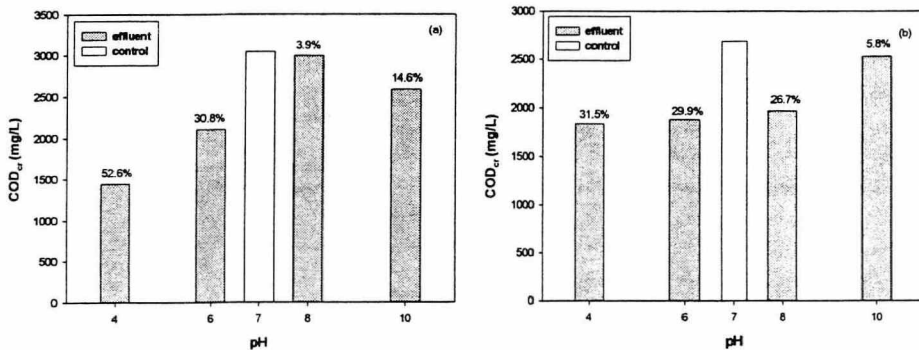


Fig. 2. pH-dependent changes of COD_{Cr} of wastewater treated with (a)FeCl₃ and (b)Alum.

Fig. 3은 응집제를 이용한 화학적 응집 후 UV/TiO₂ 광촉매 산화 공정을 이용한 폐수처리 하였을 때의 결과이다. FeCl₃를 사용한 경우 폐수의 pH를 10N의 H₂SO₄를 이용하여 5로 유지 하고 FeCl₃의 농도를 1000 mg/L로 하여 응집 시킨 후 상등액을 취하고 H₂O₂ 920 mg/L 주입한 후 24시간 동안 UV/TiO₂ 광촉매 산화 공정에 따른 폐수 처리실험을 수행한 결과 COD_{cr}의 제거 효율은 2890 mg/L에서 184 mg/L으로 감소하여 96.6%의 제거율을 보였고 T-N의 경우 2496 mg/L에서 914 mg/L으로 63%의 제거율을 보였다. 한편 alum을 사용한 경우 폐수내의 pH를 1N의 NaOH를 이용하여 8로 유지하고 alum의 농도를 4000 mg/L를 주입하여 응집 침전시킨 후 상등액을 취한 다음 위와 동일하게 폐수 처리한 결과 COD_{cr}의 제거 효율은 2950 mg/L에서 1697 mg/L으로 감소하여 42.4%의 제거율을 보였고 T-N의 경우 2592 mg/L에서 1416 mg/L으로 45%의 제거율을 보였다.

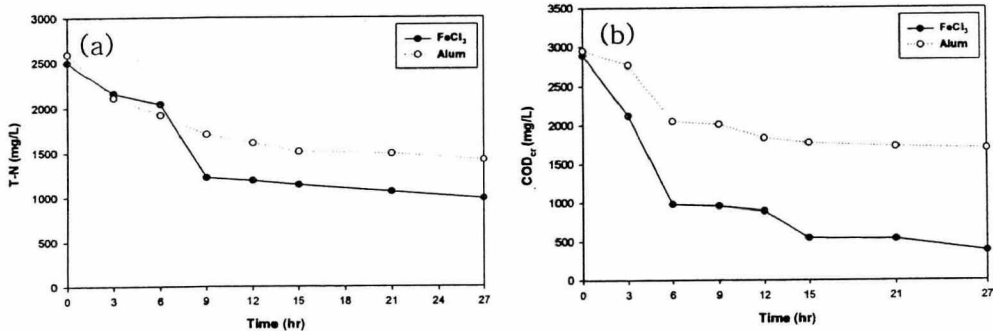


Fig. 3. Comparison of removal efficiencies of (a)T-N and (b)COD_{cr} of wastewater after coagulation with FeCl₃ and alum.

요 약

음식물 폐기물을 3단계 메탄발효 공정을 이용하여 처리하였을 때 배출되는 발효 폐액은 거의 액상으로 고농도의 sCOD, T-N and NH₃-N를 함유하고 있다. 본 연구에서는 3단계 메탄 발효 후 최종 유출되는 고농도의 유기성 폐수를 물리·화학적 응집 및 침전을 이용하여 전처리 한 후 고효율 자외선/광촉매 시스템을 이용하여 후속 처리를 하고자 하였다. FeCl₃를 이용하여 전처리하였을 때 최적 pH 및 농도는 4와 2000 mg/L로 52.6%의 COD제거율을 보였다. 고효율 자외선/광촉매 시스템의 경우 24시간 동안 COD는 2890 mg/L에서 184 mg/L로 감소하였으며, T-N은 2496 mg/L에서 914 mg/L로 감소하였다.

참고문헌

1. Nader M., Al-Bastakii, Performance of advanced methods for treatment of organic wastewater: UV/TiO₂, RO and UF. 2004. *Chemical Engineering and processing*, 43, 935-940.
2. Kim, J. K., Cho, J. H., Lee, J. S., Hahm, K. S., Park, D. H. and Kim, S. W., Mass production of methane from food wastes with concomitant wastewater treatment. 2002. *Appl. Biochem. Biotech.*, 98-100, 753-764.