

생물반응기와 광촉매반응기 시스템을 이용한 염료의 색도 제거

윤종태, 신민석, 임동준

영남대학교 응용화학공학과

전화 (053) 810-2527, FAX (053) 814-8790

Abstract

Fundamental experiments were carried out about color removal efficiency of dyeing wastewater using a bioreactor-TiO₂/UV reactor system. Color removal efficiencies of the Reactive Black 5 in the system were found to be more than 80% in changes of dilution rate 0.04 to 0.08hr⁻¹. In this research, a new color removal system of dyeing wastewater will be proposed after more investigation of decolorization efficiencies about different dyes and conditions.

서 론

염색폐수에는 염색가공 공정에서 발생하는 다양한 난분해성 오염물이 다량으로 함유되어 있으며, 염색공정에서 발생하는 미염착 염료가 폐수에 혼합되어 있어 높은 색도를 가진다.

염색폐수 처리는 주로 생물학적 처리공정을 활용하여 폐수내에 존재하는 여타 유기물 제거와 함께 색도를 제거하고 있으나, 색도를 나타내는 물질은 대부분이 난분해성 물질로써 제거효율은 매우 저조하여 생물학적·물리적·화학적 방법을 종합하여 처리하고 있는 실정이다. 생물학적 연구에서는 주로 염료의 생분해에 대한 연구와 염료분해 미생물의 생화학적 특성에 대한 연구가 대부분이며, 이를 이용한 생물학적 염색폐수 처리방법에 대한 연구가 미흡하였으며, 생물학적인 처리 및 화학적인 처리를 병합하여 처리하거나 또는 화학적 산화 방법을 복합적으로 적용하여 연구되고 있지만 처리되지 않은 염색폐수들이 점차적으로 증가하고 있어 이들 물질에 대한 적절한 처리 방법 및 처리 기술의 개발이 절실히 요구되어지고 있다.

본 연구에서는 염색 폐수내 색도제거를 위한 방법으로 전처리를 생물학적처리로 후처리를 광촉매법으로 접목시킨 system을 구성하여 회분식과 연속식으로

operating시켰다. 이는 생물학적처리의 장·단점과 광촉매산화법의 장·단점을 서로 보완을 해 줄 수 있으리라 사료되어 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 염료는 Reactive Black 5, Reactive Blue 2, Reactive Red 2이고, 생물반응기에 사용된 미생물은 본 실험실에 보관중인 반응성 염료에 대해 제거능이 우수한 *Bacillus cereus*를 사용하였다. 본 실험에 사용한 생물반응기와 광촉매 반응기의 개략도는 Fig. 1에 나타내었으며, 광촉매 반응기에 사용된 UV램프는 TL8W/08를 사용하였다.

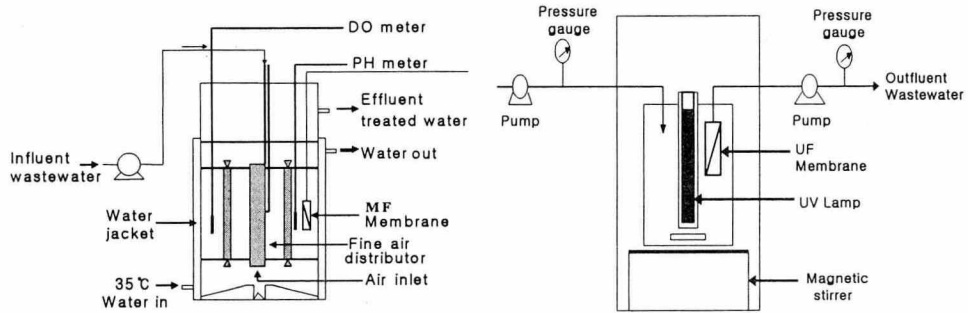


Fig. 1 Schematic diagram of bioreactor and photocatalytic reactor system.

실험방법

회분식 : 5L 용량의 생물반응기와 1L 용량의 TiO_2/UV 반응기에 염료를 100mg/l 농도로 넣고 회분식으로 반응을 수행하여 색도제거효율을 보았다. TiO_2/UV 반응기는 $16W/m^2$ 의 램프를 사용하였고, TiO_2 의 양을 200mg/l, 400mg/l, 600mg/l, 800mg/l, 1000mg/l 변화시켜 색도제거효율을 조사하였다.

연속식 : 5L 용량의 생물반응기와 1L 용량의 TiO_2/UV 반응기내에는 MF 와 UF membrane을 사용하여 연속식으로 운전을 하였으며, 플럭스는 3~5 LMH되게 조절하였고, 생물반응기에 대한 dilution rate를 $0.04hr^{-1}$ 와 $0.08hr^{-1}$ 로 하여 실험하였다.

분석 : 염료농도의 분석은 UV-Vis spectrophotometer(Pharmacia Biochrom 4060)를 이용해 각 염료에 대한 최대 흡수파장(λ_{max})을 구하고 그 파장에서 흡광도를 측정하여 구하였다.

결과 및 고찰

1) 회분식

회분식으로 반응을 수행하여 각 염료를(Reactive Black 5, Reactive Blue 2, Reactive Red 2) 생물반응기내 100mg/l 농도로 시간에 따른 색도제거효율을 Fig. 2에 나타내었다. 또한 TiO₂/UV reactor 내에 상기 염료를 동일한 농도로 넣고, TiO₂ 양을 200mg/l, 400mg/l, 600mg/l, 800mg/l, 1000mg/l로 변화시켜 색도제거효율을 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5에 나타내었다.

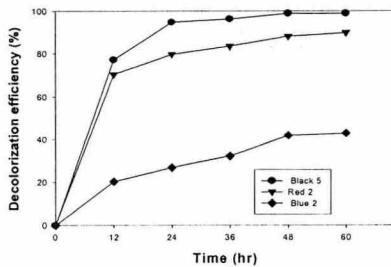


Fig. 2 Decolorization efficiency in the batch bioreactor.

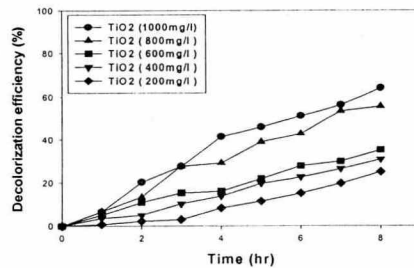


Fig. 3 Effect of TiO₂ concentration on decolorization efficiency of Blue 2.

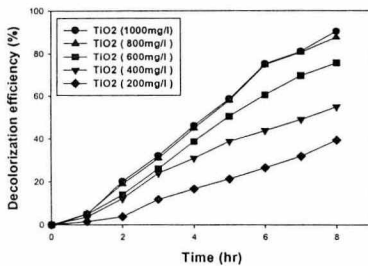


Fig. 4 Effect of TiO₂ concentration on decolorization efficiency of Red 2.

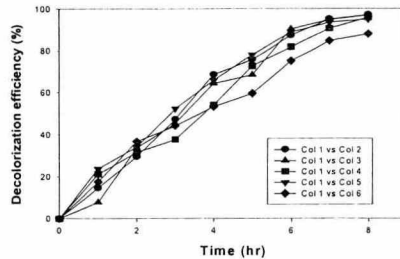


Fig. 5 Effect of TiO₂ concentration on decolorization efficiency of Black 5.

생물반응기 내에서 회분식으로 각 염료별 색도제거효율을 실험한 결과 48시간 때의 색도제거효율은 Reactive Black 5의 경우 96.4%, Reactive Red 2는 88.3%, Reactive Blue 2는 42.0%를 나타내었다.

TiO₂ 농도에 따른 색도제거효율은 Reactive Blue 2의 경우 TiO₂ 농도를 200mg/l, 400mg/l, 600mg/l, 800mg/l, 1000mg/l로 한 결과 8시간째의 색도제거효율은 25.2%, 30.9%, 35.3%, 55.6%, 64.0%로 대체로 낮은 색도 제거효율을 보였고, Reactive Red

2의 경우 색도제거효율은 39.5%, 55%, 75.5%, 87.4%, 90.2%로 나타내었고, Reactive Black 5의 경우 색도제거효율은 87.9%, 95.1%, 95.8%, 96.9%, 97.1%로 높은 색도제거효율을 보였다. 색도의 제거효율은 염료마다 조금씩 다르게 나타났으며, 초기 1~2시간의 색도 제거효율은 대체로 낮았지만, 그 이후부터는 증가하는 현상이 나타났다. 이는 초기의 색도가 빛에너지의 전달을 방해하여 TiO₂표면으로부터의 OH radical 생성이 저조하였을 것으로 사료된다.

2) 연속식

Reactive Black 5를 이용해 연속식으로 운전하면서 생물반응기에 대한 dilution rate를 0.04hr⁻¹와 0.08hr⁻¹로 조절, TiO₂/UV reactor내에서의 TiO₂양을 1000mg/l로 하여 실험한 결과를 Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다.

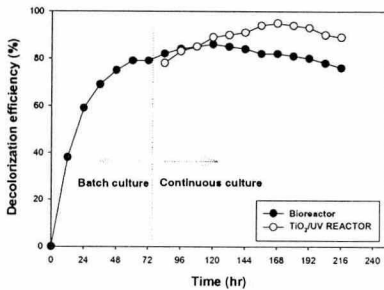


Fig. 6 Decolorization efficiency in continuous system. ($D=0.04hr^{-1}$)

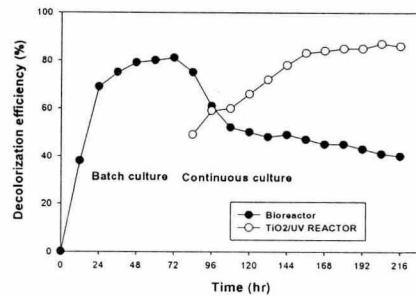


Fig. 7 Decolorization efficiency in continuous system. ($D=0.08^{-1}$)

반응기내 염료(100mg/l)와 필요 영양원을 공급한 뒤 24시간 배양한 배양액 10%(v/v)를 접종하여 3일간 회분배양하여 연속식으로 실험을 행하였으며, TiO₂/UV reactor 내에서는 TiO₂양을 1000mg/l로 고정시켜 놓고 이 두 가지 반응기의 조합에서 색도제거효율에 대한 결과를 Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 6에서 생물반응기에 대한 dilution rate가 0.04hr⁻¹일 때 색도 제거효율은 연속배양 시작점에서 80%의 제거효율을 보이다가 연속배양 시작이후 다소 낮아져 약 75~77%의 범위에서 제거효율이 나타났으며, MF membrane을 이용해 TiO₂/UV reactor내로 흘러들어 갔을 때에는 90%이상의 색도제거효율을 보였다.

Fig. 7에서 생물반응기에 대한 dilution rate를 0.08hr⁻¹했을 때 연속배양 시작점에서 dilution rate가 0.04hr⁻¹일 때와 비슷한 효율을 보이다가 연속배양 이후 급격히

낮아져 연속배양 시작 38시간이 지난 후 40%의 제거효율이 유지되었다. 하지만 TiO₂/UV reactor를 거친 후에는 80%이상의 색도제거효율을 보였다.

결 론

연속 실험결과 생물학적 반응기를 단독으로 쓸 때에는 dilution rate의 변화에 따라 색도제거효율의 변화가 큰 것으로 나타났다. 즉, dilution rate가 0.04hr⁻¹일 때 색도제거효율은 약 75~77%, dilution rate가 0.08hr⁻¹일 때 색도제거효율은 약 40~45%를 보인다. 하지만 TiO₂/UV reactor내로 흘러들어갔을 경우 거의 일정하게 색도제거효율이 80~90%의 제거효율을 보였다.

감 사

본 연구는 RRC (과제번호 R12-1996-013-00015-0) 지원에 의해 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, I. H., H. J. Jeong, K. Y. Park, G. S. Sung, Y. G. Lee, and H. K. Lee (2000), A study on the treatment of dyeing wastewater using TiO₂/H₂O₂/UV processes, *Korean J. Sanitation* **15**, 4, 26~34.
2. Park, Y. S., Y. S. Na, K. H. Ahn (2002), Decolorization of Rhodamine B using UV/TiO₂ system, *Kor. J. Env. Hlth.* **28**(5), 59~64.
3. Lee, S. A., K. H. Choo, C. H. Lee, H. I. Lee, T. W. Hyeon, W. C. Choi, and H. H. Kwon (2001), Use of ultrafiltration membranes for the separation of TiO₂ photocatalysts in drinking water treatment, *Ind. Eng. Chem. Res.* **40**, 1712~1719.
4. Chun, H. D. (1994), Advanced oxidation process with TiO₂ phtocatalyst, *J. of KSEE.* **16**(7), 809~818.