

전기분해를 이용한 C.I. Acid Orange 7 (Orange II)의 제거

박현정, 이성우, 임준혁*
 부경대학교 응용화학공학부 화학공학전공
 (jhlm@pknu.ac.kr*)

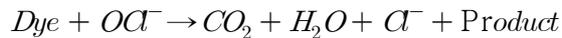
Color removal of C.I. Acid Orange 7 (Orange II) using electrolysis

Hyun-Jung Park, Sung-Woo Lee, Jun-Heok Lim*
 Division of Applied Chemical Engineering, PuKyong National University
 (jhlm@pknu.ac.kr*)

서론

최근 고농도 난분해성 유기물 폐수의 발생이 빈번해지고 전기화학분야의 기술이 발달함에 따라 전해 처리법에 대한 관심과 그에 대한 연구가 늘어나고 있다. 전기분해는 전극을 통해 폐수에 전기 에너지를 가하여 발생하는 여러 가지 전기화학적 반응을 이용하여 오염물질을 제거·정화하는 방법이다.

보통은 전기산화 공정을 강화하기 위해 전해질을 추가하여야 한다. 본 연구에서는 보조 전해질로 0.017 M NaCl을 사용하였다. 생성된 hypochlorite와 free chlorine은 둘 다 강한 산화제이다. 그러므로 다음과 같은 반응이 일어나게 된다.



본 연구에서는 titanium mesh coated with IrO₂ 전극을 이용하여 수용액상 CI Acid orange 7의 전기산화에 의한 제거가 행해졌다. 전기분해의 많은 영향요소 중에서 전류 밀도와 초기 pH의 변화에 따른 제거 속도를 살펴보았다.

실험

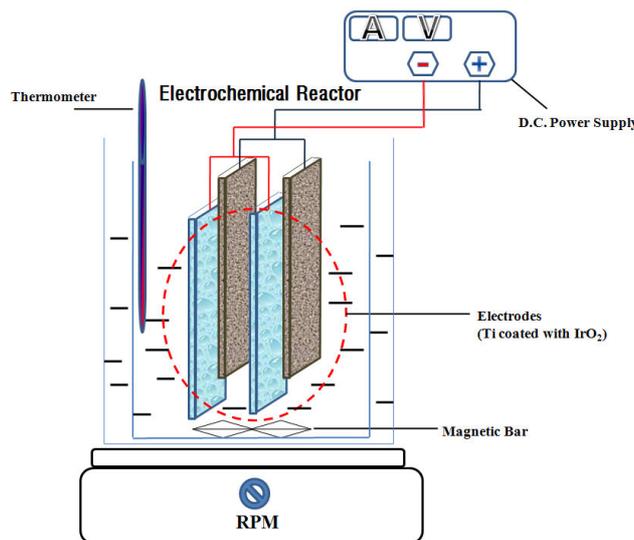


Fig. 1. Experimental set-up of electrochemical reactor.

전기화학적 분해 실험은 작업샘플부피 2.0 L의 11.5 cm × 11.5 cm × 15 cm 아크릴 수조에서 수행되었다. 실험은 DC power supply(GP-4305DU model, EZ Digital Co., Ltd.)를 사용하여 정전압 조건하에서 이루어졌다. 양극과 음극은 각 2장으로 수직으로 양극과 음극이 번갈아 평행하게 위치하였다. 전극은 양극, 음극 모두 mesh 형으로 titanium coated with IrO₂이고, 전극의 크기는 5 × 13cm, 전극사이 간격은 0.5 cm를 유지 하였다. 양극의 총 면적은 43.5 cm²이다. 외부 장치를 이용하여 반응기의 온도를 조절하였으며, 물질전달을 늘이고 전해질의 균일한 농도를 유지하기 위해 magnetic stirrer를 이용하여 용액을 일정하게 저어주었다. 실험장치의 개략적인 그림을 Fig. 1에 나타내었다. 본 연구에서 사용된 CI Acid orange 7은 Sigma-Aldrich Inc., USA에서 구입하였으며 다른 정제 없이 사용되었다(Fig. 2).

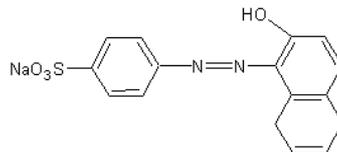


Fig. 2. The structural formula of CI Acid orange 7.

용액의 초기 pH는 희석된 HCl이나 NaOH를 이용하여 조절하였고, pH meter(pH-270L, Istek)를 사용하여 측정하였다. CI Acid orange 7과 전기분해동안의 UV-visible spectra는 UV-visible spectrophotometer(GenesysTM 5, Spectronic Instruments, USA)를 이용하여 측정하였다. 순수 CI Acid orange 7의 특징적인 peak는 484 nm에서 나타났다.

반응시간에 따른 염료용액의 농도 측정을 위하여 먼저, 다수개의 표준농도 용액을 제조하여 UV-visible spectrophotometer로 484 nm에서 검량선을 작성하였다. 본 연구에서 측정된 검량선은 Fig. 3과 같다.

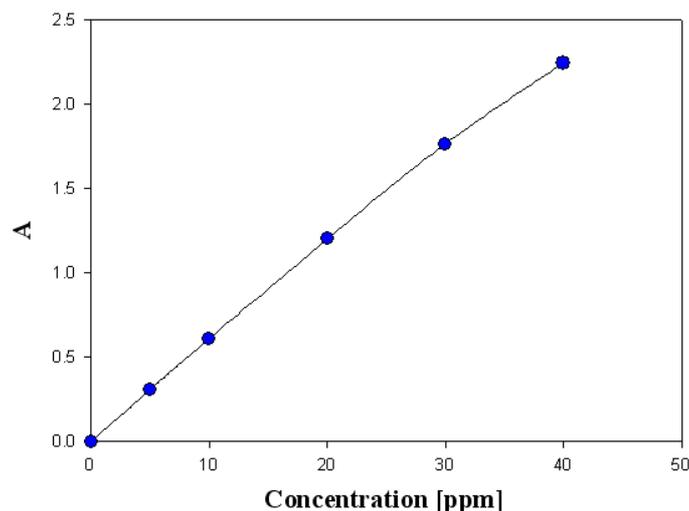


Fig. 3. Calibration curve between the concentration of CI Acid orange 7 and the absorbance of UV spectrum at 484 nm.

결과 및 토론

일반적으로 전기화학적 산화시간은 대상 물질의 안정성과 농도, 전해질의 농도, 전류 밀도, pH, 온도, 양극(anode)의 크기 등의 영향을 받으며, 이외에도 양극의 재질, 전극간격, 교반 등의 많은 영향요소가 있다. 이 중 본 실험에서는 전류 밀도와 초기 pH의 변화에 따른 염료의 제거 속도를 살펴보았다.

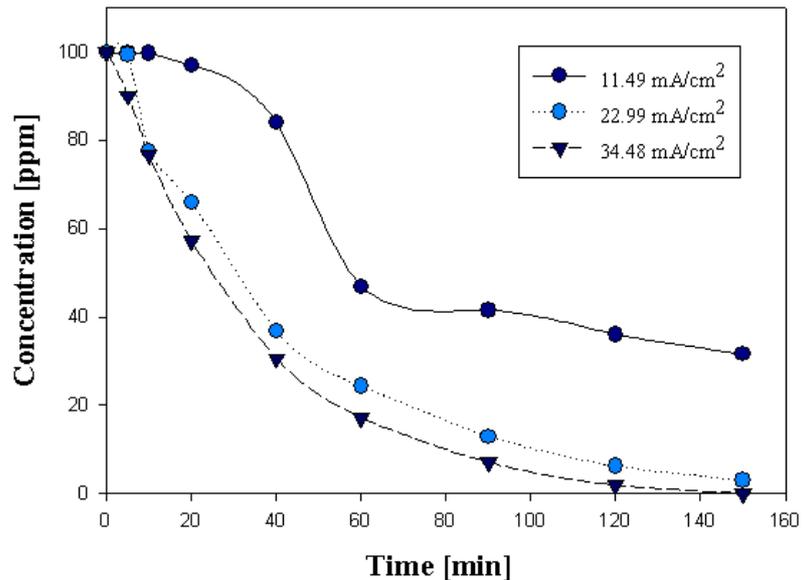


Fig. 4. Effect of current density on the electrochemical degradation of Acid Orange 7 (condition: initial pH = 4.5, NaCl = 1.0 g/L, reaction Temperature = 30 °C, Acid Orange 7 concentration = 100 mg/L, reactor volume = 2 L).

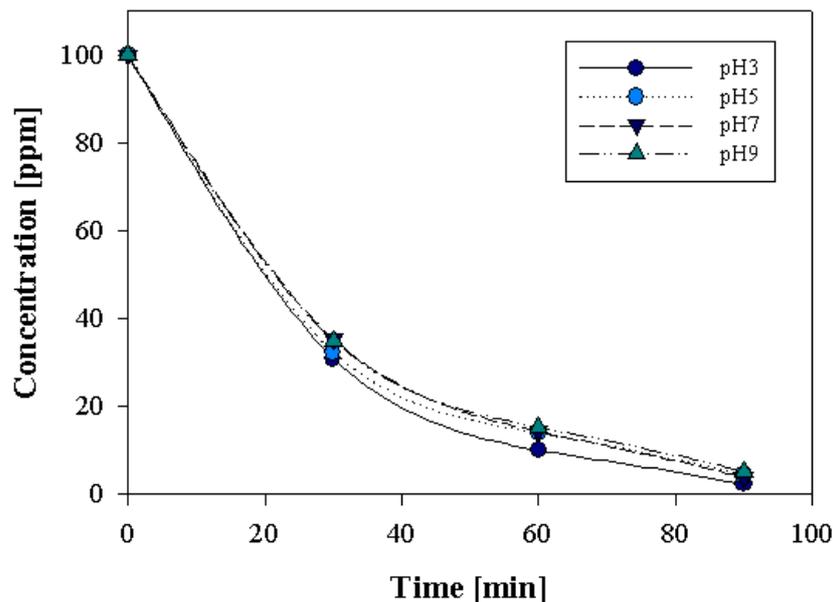


Fig. 5. Effect of current density on the electrochemical degradation of Acid Orange 7 (condition: current density = 34.48 mA/cm², NaCl = 1.0 g/L, reaction Temperature = 30 °C, Acid Orange 7 concentration = 100 mg/L, reactor volume = 2 L).

전류밀도 11.49, 22.99, 34.48 mA/cm²에서 100 mg/L CI Acid orange 7의 제거에 대한 색도 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 전류밀도가 증가할수록 염료의 제거 속도가 빨라짐이 확실히 나타났으며, 이는 높은 전류밀도에서 hypochlorite와 free chlorine의 생성이 증가하기 때문이다. 염료의 제거 속도는 전류밀도 22.99 mA/cm²에서 많은 증가를 보였으며, 150분 반응 후 96%가 제거되었다. 전류밀도 34.48 mA/cm²에서 90분경과 후 90% 이상의 제거를 보였으며 최종 150분 반응 후에는 99% 이상 제거됨으로 색도가 거의 나타나지 않았다.

다양한 초기 pH에 대한 CI Acid orange 7의 제거 결과가 Fig. 5에 나타나있다. 순수 염료 용액의 pH는 농도에 관계없이 pH 4~5를 나타내었고, 실험은 초기 pH 3, 5, 7, 9에서 이루어졌다. pH 3에서 90분 반응 시에 염료제거는 98%로 가장 많이 일어났고, 염기성 용액에서는 효율이 조금 떨어지게 나타났다.

이는 높은 pH 조건에서는 hypochlorite와 free chlorine의 생성이 적게 일어나기 때문이다. 또한 산성 pH에서 chlorine은 hypochlorite보다 산화 전위가 높은 hypochlorous acid로 더 많이 나타나기 때문이다.

참고문헌

1. G. Bhaskar Raju, M. Thalamadai Karuppiyah, S.S. Latha, S. Parvathy, S. Prabhakar, "Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulation-electrooxidation", Chem. Eng. J., 144, 51-58(2008).
2. D. Rajkumar, Song, B. J., Kim, J. G., "Electrochemical degradation of Reactive Blue 19 in chloride medium for the treatment of textile dyeing wastewater with identification of intermediate compounds", Dyes and Pigments, 72, 1-7(2007).
3. Yu, J. J., Min, K. S., Park, J. M., "Treatment Characteristics of Refractory Compounds in Dyeing Wastewater by Electrocatalytic Electrode", Korean Soc. of Env. Eng., 25(10), 1277-1282(2003).
4. Yoon, S. Y., Ha, B. Y., Ngo Van Thank Huy, "Characteristics of Color and COD Removal of Dyeing Wastewater Using Electrolytically Produced NaOCl Solution (I)", Korean J. Textile Sci. and Eng., 42(5), 316-322(2005).
5. Yoon, S. Y., Ha, B. Y., "Characteristics of Color and COD Removal of Dyeing Wastewater Using Electrolytically Produced NaOCl Solution (II)", Korean J. Textile Sci. and Eng., 43(4), 178-182(2006).