

## PC5) 전기 펜톤-유사 반응을 이용한 염료의 색 제거

박영식\*, 김동석<sup>1</sup>

대구대학교 보건과학부, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 환경과학과

### 1. 서 론

전기분해는 오래전에 개발된 개념이지만 오.폐수 처리에 적용된 것은 비교적 최근의 일이다. 전기분해에 의한 산화.환원 반응 및 오.폐수 중의 오염물질과 용해된 금속 이온과의 반응 등을 이용하여 전기분해장치의 적용이 시도되었다, 전기분해장치의 양극에서는 산화가 일어나며 음극에서는 환원반응이 일어나면서 전하를 띤 용존 또는 부유물질들이 전극판에 접근하면서 전극판 주위의 여러 물질들과 복합적인 반응이 일어나게 된다.(김승도 등, 1997)

전기분해에 의한 폐수처리는 전극 표면에서 전자의 이동에 의해 오염물이 파괴는 직접 분해와 수용액 중에 발생하는 하이드록실라디칼(OH·), 하이드로퍼 옥시칼(HOO·), 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 및 오존(O<sub>3</sub>) 등의 산화물질에 의한 간접 소독효과로 나눌 수 있다(김홍석 등, 2004). 전기화학적 처리법은 생물학적 처리법 및 물리.화학적 처리법과 비교할 때 운전관리가 용이하고 설비 규모가 작으며, 운전비용이 적을 뿐만 아니라 유량변동에 적용이 쉬운 장점을 지니고 있다.(윤용수, 2003)

본 연구는 철 전극과 과산화수소수를 이용하여 철 전극에 의한 직접산화와 전극에서 용출되는 철 이온과 과산화수소수의 펜톤-유사 반응을 이용하여 발암성 염료인 Rhodamine B(RhB) 처리를 위한 연구를 수행하였다.

### 2. 재료 및 실험 방법

실험에 사용한 반응기는 전극 반응기와 순환 반응기로 구성된 순환식 회분반응기로 아크릴로 제작하였으며, 2 L의 반응용적을 가졌다. 전극을 전극 반응기에 장착하고 반응시켰으며 반응한 폐수는 전극 반응기 양쪽에서 순환 반응기로 공급하였으며, 순환 반응기는 펌프를 이용하여 전극반응기 하부로 폐수를 공급하여 순환되도록 하였으며, 고른 순환을 위하여 에어펌프를 사용하여 1 L/min의 공기를 주입하였다. 순환반응기의 온도를 20±1℃로 유지하기 위하여 아이스 볼을 투입하여 온도를 조절하였다. 전극은 63 x 115 mm이고 두께가 1mm인 철 전극을 사용하였다.

RhB의 농도는 UV-VIS spectrophotometer(Genesis 5, Spectronic)를 사용하여 RhB의 최대 흡수파장인 554 nm를 측정하여 검량선을 사용하여 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

전류를 1 A로 고정하고 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 5 mmol 투입한 조건에서 NaCl의 양을 0-1 g/L 투입하였을 때 NaCl 투입량에 따른 RhB 농도감소를 Fig. 1에 나타내었다.

그림에서 보듯이 NaCl을 첨가하지 않은 경우의 RhB 농도 감소가 가장 높은 것으로 나타났는데, NaCl의 첨가로 인해 전류의 흐름이 원활해져 RhB 농도감소가 높을 것이라는 예상과는 다른 결과를 나타내었다. 그러나 전압을 조사한 결과 0 g/L의 경우는 47.6 V, 0.1 g/L는 33.1 V, 0.25 g/L는 21.2 V, 0.5 g/L는 13.6 V, 0.75 g/L는 8.6 V, 1.0 g/L는 7 V로 나타나 NaCl의 첨가로 인해 1 A를 전류를 흘려주는데 필요한 전압이 NaCl 첨가량에 따라 감소하여 전체 전력량이 감소하기 때문인 것으로 사료되었다.

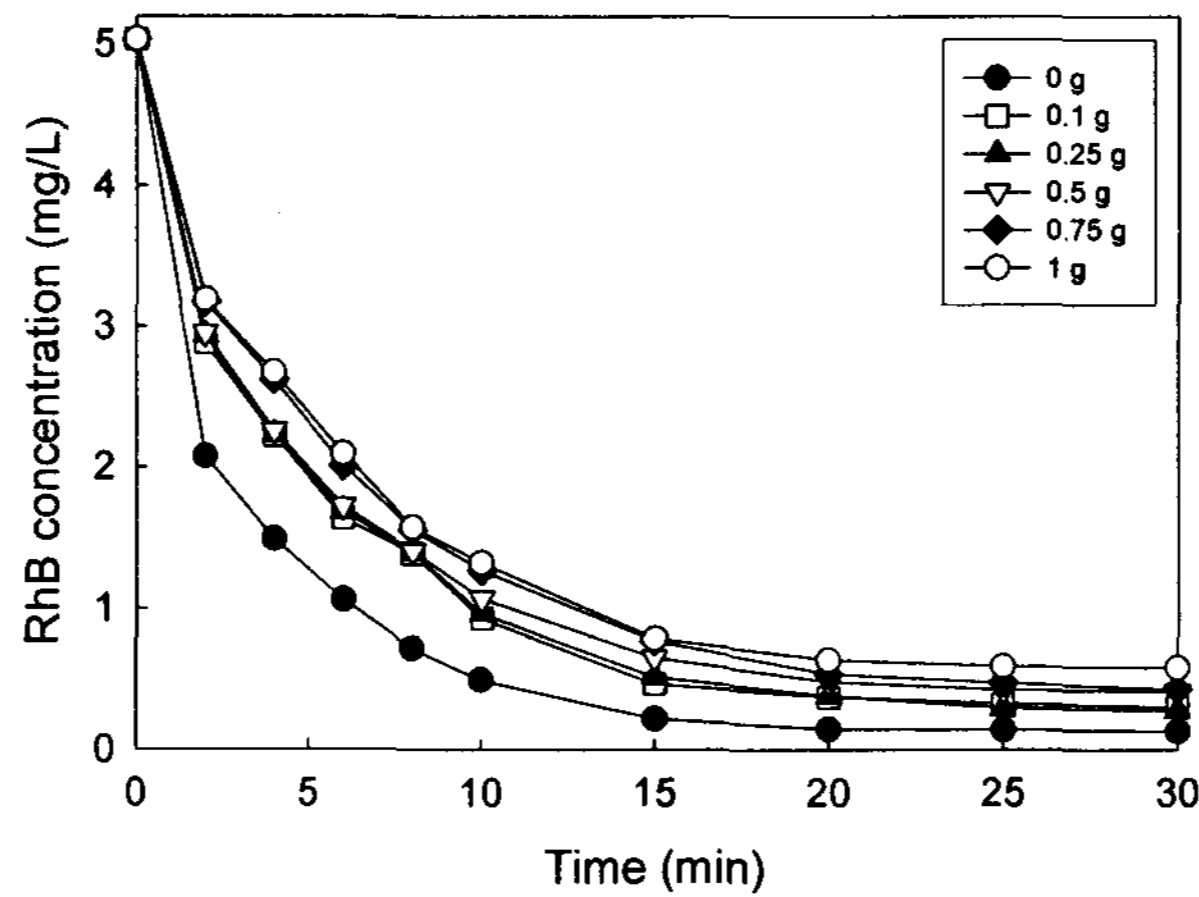


Fig. 1. Effect of NaCl dosage on the decolorization of RhB.

NaCl 첨가량을 0-1.0 g/L로 달리 첨가하면서 전력량을 60 W로 고정한 결과 전류가 1.00 A-3.00 A까지 변화하였으며 전류변화에 따른 RhB 농도 감소를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보듯이 같은 전력량에서 NaCl의 첨가량이 증가하여 전류가 증가할수록 초기 반응속도가 증가하는 것으로 나타났으나 30분의 반응시간 후 최종 RhB 농도는 유사한 것으로 나타났다.

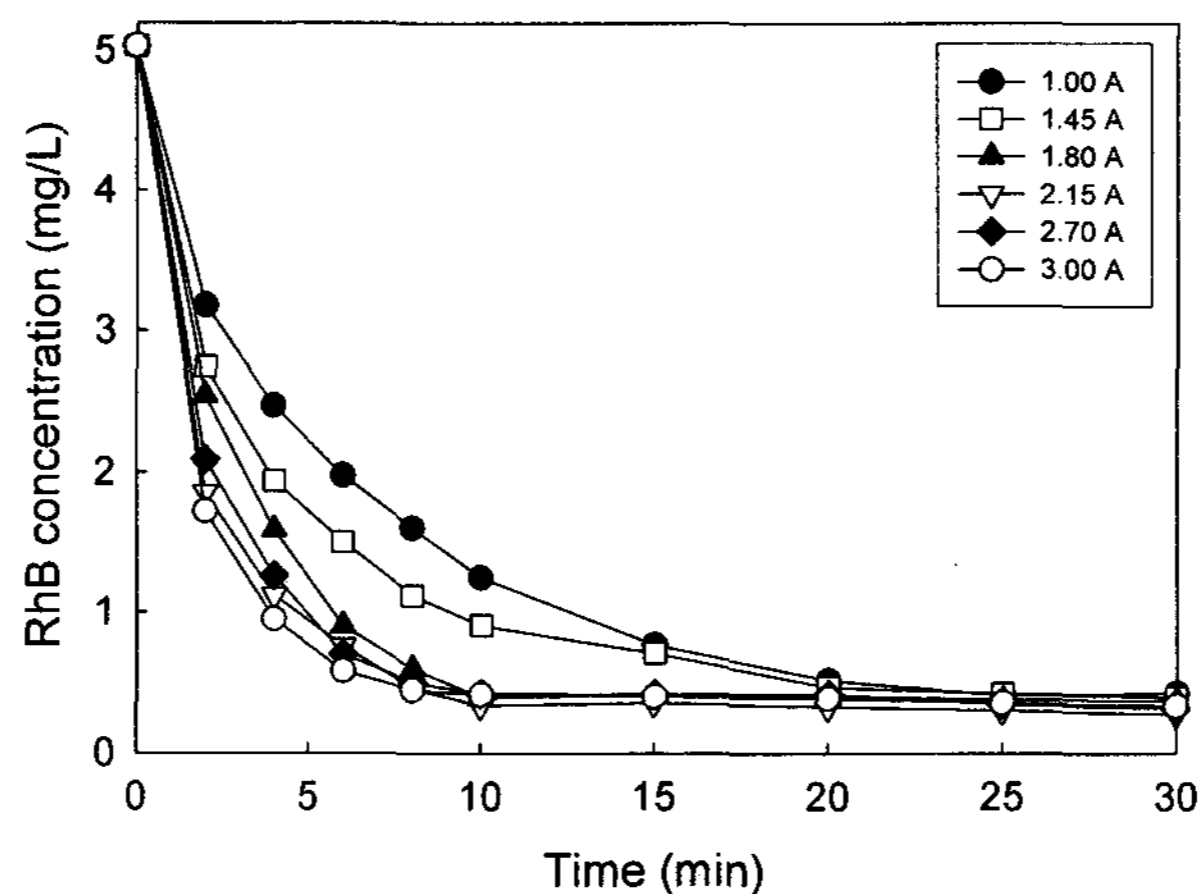


Fig. 2. Effect of current on the decolorization of RhB(Same power, different NaCl dosage)

Fig. 3에 NaCl 농도를 0.5 g/L로 고정하고 전류를 0.5-3.16 A로 변화시켰을 때의 RhB 농도를 나타내었다. 같은 NaCl 첨가량에서 전류를 변화시켜 전력을 변화시켰을 때 초기 반응 속도는 물론 30분이 반응종결시간 때의 RhB농도도 달라졌다. 3.16 A 적용시 반응 종결 후 RhB 농도는 0.07 mg/L로 나타나 대부분의 RhB가 제거되었다. 그러나 빠른 온도상승으로 인해 온도를 제어하기 힘들어 3.0 A 이하의 전류에서 실험하여야 한다고 사료되었다.

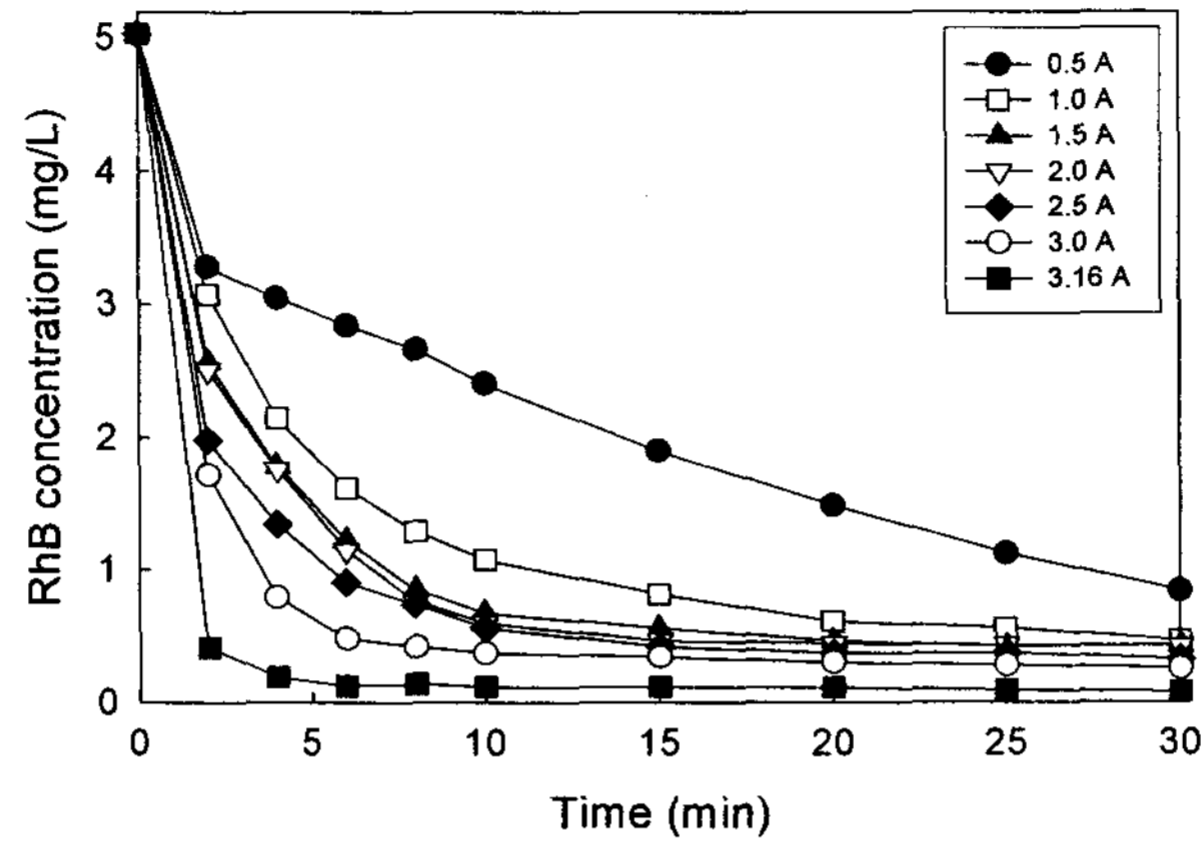


Fig. 3. Effect of current on the decolorization of RhB(Same NaCl dosage, different voltage).

Fig. 4에 NaCl 첨가량을 0.5 g/L, 전류를 3.0 A로 고정하고, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 농도를 0-12.5 mmol로 변화시켜 RhB 농도 감소를 고찰하였다. 그림에서 보듯이 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 투입하지 않은 순수 전기 분해 반응의 경우 30분의 반응시간 후 51.1%의 제거율을 얻었으며, 2.5 mmol 첨가의 경우도 83.6%의 제거율을 얻었다. 95 %이상의 처리율을 얻기 위해서는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 7.5 mmol 이상 첨가되어야 하지만 12.5 mmol 첨가시 초기 반응속도와 최종 RhB농도가 조금 증가되어 scavenging 효과가 나타나는 것으로 사료되었다. 철 전극만을 이용하여 전기분해 반응만을 이용하는 경우보다 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 첨가하여 전기분해 + 전기 펜톤-유사 반응을 이용하는 것이 RhB의 탈색에 유리하다고 사료되었다.

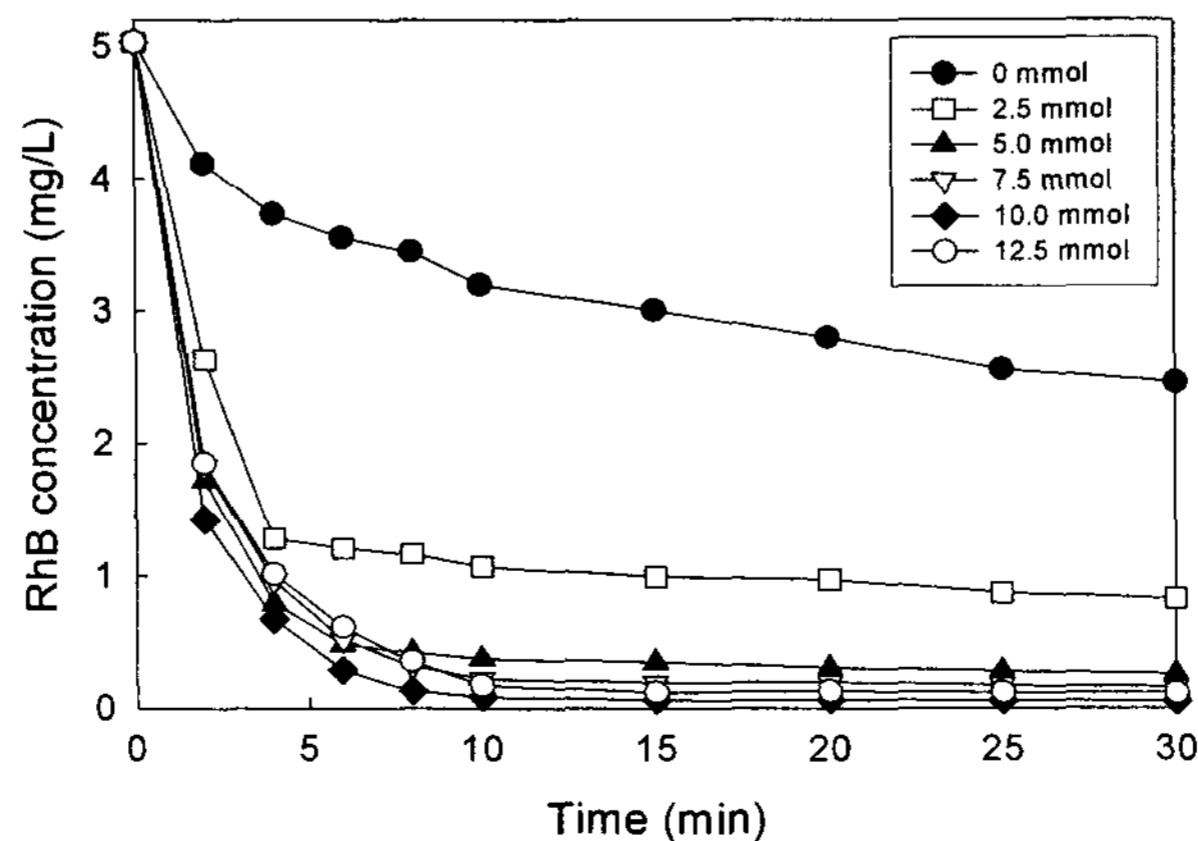


Fig. 4. Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage on the decolorization of RhB.

펜톤 공정을 통해 생성되는  $\text{OH}\cdot$ 의 양은 pH에 의해 영향을 받는데, 특히  $\text{OH}\cdot$ 은 산성 조건에서 잘 생성된다.(Kang et al., 2000)

NaCl 첨가량을 0.5 g/L, 전류를 3.0 A로 고정하고,  $\text{H}_2\text{O}_2$  농도를 5 mmol로 고정한 조건에서 pH를 3-9로 변화시켜 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보듯이 pH가 산성영역으로 갈수록 초기반응속도와 반응종결시간이 빨라졌으며, 97% 이상의 제거율을 얻기 위해서는 pH 6이하에서, 5분 이내의 반응종결을 위해서는 pH 5이하에서 운전하여야 한다고 사료되었다.

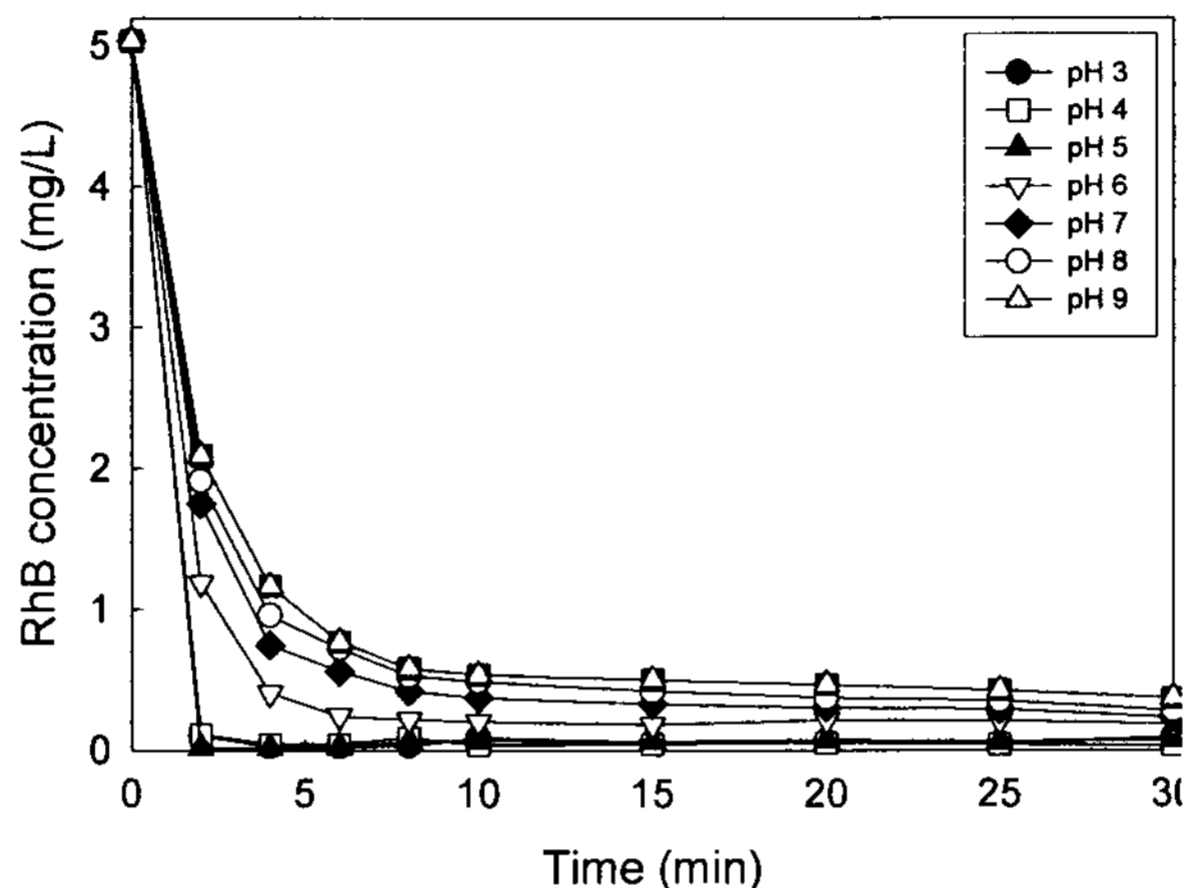


Fig. 5. Effect of pH dosage on the decolorization of RhB.

#### 4. 요약

NaCl 첨가는 전력 소모를 줄여주는 역할을 하는 것으로 나타났고, 같은 전력량에서 NaCl의 첨가량이 증가하여 전류가 증가할수록 초기 반응속도가 증가하는 것으로 나타났으나 30분의 반응시간 후 최종 RhB 농도는 유사한 것으로 나타났다. 철 전극만을 이용하여 전기분해 반응만을 이용하는 경우보다  $\text{H}_2\text{O}_2$ 를 첨가하여 전기분해 + 전기 펜톤-유사 반응을 이용하는 것이 RhB의 탈색에 유리하다고 사료되었다. pH가 산성영역으로 갈수록 초기반응속도와 반응종결시간이 빨라졌으며, 97%의상의 제거율을 얻기 위해서는 pH 6이하에서, 5분 이내의 반응종결을 위해서는 pH 5이하에서 운전하여야 한다고 사료되었다.

#### 참 고 문 헌

- 김승도, 윤정이, 박준숙, 최영근, 1997. 오수 COD 제거를 위한 전기분해장치의 최적 pH에 대한 연구, 한국수질보전학회 추계학술발표회 논문집, pp. 77-80.
- 윤용수, 2003, 전기분해를 이용한 생활 하수 처리 특성, 한국환경분석학회지, 6(2), pp. 125-132.
- Kang, S. F., Lioa, C. H., and Po, S. T., 2000. Decolorization of textile wastewater by photo-fenton oxidation technology, Chemosphere, 41, pp. 1287-1294.