

# 수용액에 용출된 에폭시수지 화합물의 TiO<sub>2</sub> 광분해효과와 생물독성에 미치는 영향

여민경, 조은정  
경희대학교 환경응용화학대학

## 1. 서론

에스트로겐성 환경호르몬으로 알려진 비스페놀 A가 용출되는 것으로 알려진 에폭시 수지는 수족관이나 아파트 물탱크의 물딩제로 사용되고 있다. 현재까지 이를 대체할 환경친화적이면서 경제적인 소재가 거의 없는 실정이다.

TiO<sub>2</sub>는 광촉매 반응에 의해 휘발성 유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds)을 제거하고 악취도 제거하는 등 다양한 환경소재로 사용되고 있다. 특히, 최근 들어 TiO<sub>2</sub>가 비스페놀 A(Fukahori et al., 2003; Watanabe et al., 2003; Ohko et al., 2001), 노닐페놀을 광반응에 의해 분해하는 특성이 보고 되고 있다(Horikoshi, 2003). 또한 TiO<sub>2</sub>는 짧은 시간의 광반응에도 항균성을 나타낸다는 보고가 있으나(Kim, 2003; Sun 2003), 직접적으로 생물과 접촉했을 때 나타날 수 있는 독성에 관해서는 아직까지 보고 된 바가 거의 없다.

현재는 TiO<sub>2</sub> 소재와 광반응을 이용한 환경호르몬을 비롯한, 유해물질의 제거용 생산품이 실내공기중에 있는 휘발성유기화합물제거에 치중되어있지만, 수용액상에서 광반응에 의해 TiO<sub>2</sub>가 환경호르몬을 분해하고 생체에 특이적인 독성을 나타내지 않는다면 새로운 환경소재로 아파트 물탱크나 수조와 같은 식,음료용 물환경에도 사용될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 현재 일반적으로 사용되고 있는 아파트 물탱크의 물딩용 에폭시수지를 이용하여 pH 7.0 의 물환경에서 용출되는 환경화합물질을 확인하고, TiO<sub>2</sub>를 이용해 용출된 환경화합물질의 광분해반응을 조사하였다. 또한 이러한 환경에서 생물에 미치는 영향을 알아보기 위해 에폭시수지의 폭로환경, 에폭시수지폭로와 TiO<sub>2</sub>광분해 환경, TiO<sub>2</sub> 광분해환경에서 각각 zebrafish의 배발생 과정의 단계를 조사하였다.

## 2. 연구 내용 및 방법

에폭시수지는 직경 4.5 cm 스테인레스망에 도포하였고, TiO<sub>2</sub>를 담지하기 위한 필터의 지지체는 체눈의 크기가 149 $\mu$ m인 stainless steel mesh(#100)를 이용하였으며, 제조한 코팅용액(H<sub>2</sub>O 53, PVA 3, Glycerol 1.7, TSPP 0.3, TiO<sub>2</sub> 42, Total 100,w%)에 대해서 1~7회 dip-coating하였다. 코팅이 끝난 지지체는 상온에서 24시간 동안 건조 후, 400 $^{\circ}$ C~800 $^{\circ}$ C의 온도에서 2시간동안 열처리 하여 사용하였다. 광분해 반응을 위해 자외선램프를 조사하였다.

Zebrafish의 사육 조건과 발생단계의 형태적 관찰과 부화율 측정은 선행연구에서 제시한 방법에 따랐다(여민경, 2003).

물 환경은 zebrafish embryo medium을 조제하여 사용하였으며 pH는 7.0이었으며 배발생 환경조건은 28 $^{\circ}$ C로 온도보정하여 1, 2, 3, 5, 10, 24시간 간격으로 배발생단계의 형태를 관찰하였다. 각 수조 당 120~150개의 배로 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

에폭시수지 폭로 또는  $TiO_2$ 광분해반응에 노출된 상태에서의 zebrafish의 배발생단계 관찰 결과 에폭시수지의 환경은 대조군에 비해 발생단계 초기에 빠른 발생과 개체의 크기가 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있었으나 부화율은 극히 저조하였다.  $TiO_2$ 광반응 환경에서는 대조군에 비해 부화율이 1/3로 떨어지는 반면 발생과 개체의 크기에는 별 차이가 없었다.

에폭시수지와  $TiO_2$ 광반응에서는 분화나 성장속도는 비슷하지만, 알이 부서지고 분해되는 양상이 나타나 생체에 독성반응이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

그러나 수용액상에 에폭시수지에서 용출된 환경화합물을  $TiO_2$  광분해반응으로 처리한 후 에폭시수지와  $TiO_2$ 를 제거한 상태에서 zebrafish의 배발생단계를 관찰한 결과, 에폭시수지 폭로군의 경우 대조군에 비해 배발생이 지연 또는 부화율이 저조해 지는 반면,  $TiO_2$  광분해 처리 후  $TiO_2$ 를 제거한 군이나 에폭시수지와  $TiO_2$  광분해 처리 이후 에폭시수지와  $TiO_2$ 를 제거한 군이 대조군에 비해 배발생이나 부화율에 차이를 보이지 않았다.

이러한 실험결과  $TiO_2$  자체나 광분해 과정 이후의 폭로는 생물체에 직접적인 독성을 나타내지는 않는 것으로 관찰되었다. 그러나  $TiO_2$ 광분해 반응과정은 생물체에 독성을 나타내어 환경화합물질의 분해와 정화용으로 사용되는  $TiO_2$ 의 이용방법과 사용범위 확대에 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- Fukahori, S., H. Ichiura, T. Kitaoka, and H. Tanaka, Photocatalytic decomposition of bisphenol A in water using composite  $TiO_2$ -Zeolite sheets prepared by a papermaking technique. *Environ. Sci. Technol.* 2003; 1048-1051.
- Horikoshi, S., Non-degradable triazine substrates of atrazine and cyanuric acid hydrothermally and in supercritical water under the UV-illuminated photocatalytic cooperation. *Chemosphere*, 2003; 51(2): 139-142.
- Kim, B., Bactericidal effect of  $TiO_2$  photocatalyst on selected food borne pathogenic bacteria. *Chemosphere*, 2003; 52(1): 277-281.
- Ohko, Y., et al., Degradation of bisphenol A in water by  $TiO_2$  photocatalyst. *Environ. Sci. Technol.* 2001; 35: 2365-2368.
- Sun, D. D., Photocatalytic degradation of E. Coliform in water. *Water Res.*, 2003; 37(14): 3452-3462.
- Watanabe, N., S. Horikoshi, H. Kawabe, Y. Sugie, J. Zhao, H. Hidaka, Photodegradation mechanism for bisphenol A at the  $TiO_2/H_2O$  interfaces. *Chemosphere* 2003; 52: 851-859.
- 여민경, Bisphenol-A와 nonylphenol이 zebrafish 배발생에 미치는 영향. *한국환경위생학회지* 2003; 29(5):1-9.