

PC19) 오존촉매산화 공정에서 Horseradish peroxidase 효소촉매를 이용한 수산화라디칼 생성농도 예측

최재원 · 이학성
울산대학교 생명화학공학부

1. 서론

수산화라디칼 분석방법은 비 전자쌍(unpaired electron)을 가진 라디칼 화학종을 직접적으로 검출할 수 있는 분석기기인 ESR (electron spin resonance)과 WQP (water quality parameter)방법 및 루미놀(luminol)을 이용하여 분석하는 방법 등이 있다. 이러한 분석방법은 고가의 장비를 운용해야 되며 실험방법이 매우 복잡하다는 단점을 가지고 있다. 최근에는 수산화라디칼을 직접적으로 분석하는 방법보다는 수산화라디칼의 연쇄반응에서 생성되는 부산물을 측정함으로써 간접적으로 수산화라디칼 생성 농도를 추측하는 방법이 보편적으로 이용된다. 국내외적으로 수산화라디칼 생성에 관한 연구에 의하면 하이드로퍼옥시 라디칼 생성단계에서 부산물로 과산화수소가 생성되는 이 과산화수소를 정량화하여 수산화라디칼의 생성을 간접적으로 확인하는 방법이 이용되고 있다.

본 연구에서는 Horseradish peroxidase (HRP) 효소촉매를 이용하여 반응 중 생성되는 과산화수소를 정량하여 간접적으로 수산화라디칼의 생성농도를 측정하였으며, 수산화라디칼의 농도변화에 따른 대상수(비스페놀 A)의 분해특성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서 사용한 효소인 HRP(Type II, 150-200 units/mg solid)와 BPA는 Sigma-Aldrich Co. 에서 구입하였다. 산화제로서 사용된 과산화수소는 30% (w/w) 용액을 사용하였다. 오존접촉 반응기는 직경 6 cm, 높이 120 cm, 반응기 총 부피 3,400 cm³ 인 원통형의 유리로 제작하였다. 오존발생기(Model-20, 황정환경, Korea)를 이용하여 오존을 1 L/min으로 공급하였으며, 오존 발생기에 유입되는 공기는 내경이 2.5 cm, 길이가 10 cm 인 원형 실리카겔관에 통과시켜 수분을 제거하여 오존생성 효율을 높였다. 기-액 접촉 효율을 높이기 위해서 반응기 아래 부분에 설치된 diffuser를 통하여 미세한 기포 형태로 만들어 상향류 흐름으로 주입하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험에서는 활성탄(GAC), 과산화수소 및 High pH(pH 10)을 이용하여 BPA(10 mg/L)의 분해효율을 증가시켰다. 또한 각 촉매의 투입효과를 알아보기 위하여 오존단독 공정과 비교하여 나타내었다. 실험결과 오존 단독공정은 60 min 동안 BPA를 7.62 mg/L 분해시키는 것으로 나타났다. 오존/과산화수소, 오존/활성탄 및 오존/High pH 공정은 각각 60 min, 40 min 및 40 min만에 BPA를 완전히 분해시키는 것으로 나타났다.

또한 라디칼 연쇄반응(radical chain cycle)에서 수산화라디칼의 생성을 예측할 수 있는 과산화수소 생성량을 HRP를 이용하여 측정하였다. 실험결과 오존/High pH 공정과 오존/활성탄 공정에서 지속적인 과산화수소의 생성이 확인되었으며, 오존단독 공정 및 오존/과산화수소 공정은 실험 10 min 이후 과산화수소의 생성이 관찰되지 않았다. 본 실험에 사용된 촉매들은 모두 오존단독 공정에 비해 BPA 분해효율이 뛰어난 것으로 나타났다. 하이드로퍼옥시 라디칼(hydroperoxyl radical, HO₂)의 생성단계에서 오존단독 공정 및 오존/과산화수소 공정의 부산물이 스캐빈저(scavenger)로 작용하는 것으로 나타났다.