

PC23) DBD 플라즈마 반응기에 의한 Enrofloxacin의 분해 경로

김상규 · 김길성¹⁾ · 이민규²⁾

제주대학교 환경공학과, ¹⁾제주특별자치도 보건환경연구원, ²⁾부경대학교 화학공학과

1. 서론

최근 항생제의 과다사용, 오남용 및 불용 항생제의 폐기 등으로 인하여 환경 중에서 다양한 항생제가 검출됨에 따라 새로운 환경오염문제로 대두되고 있는 실정으로, 이의 처리를 위해 고급산화공정(AOP)과 더불어 최근에는 플라즈마에 의하여 생성된 각종 활성종들을 이용한 플라즈마 공정에 대한 연구가 진행 중에 있다. 본 연구에서는 기액계면에서 생성되는 유전체장벽방전(DBD) 플라즈마를 이용하여 인간 및 축산용 의약품에서 광범위하게 사용하여 환경 중에서 많이 검출되고 있는 것으로 보고되고 있는 fluoroquinolone계 항생제인 enrofloxacin (ENR)의 분해산물을 동정하여 플라즈마 반응에 의한 분해경로를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 DBD 플라즈마 반응기는 크게 활성종과 자외선이 발생하는 DBD 장치, 외부반응기와 교류전원 공급장치 등 세부적으로 나누어져 있으며, 각 부분의 세부적인 내용은 Kim(2013)에 기술되어 있다. 대상 항생제인 ENR ($\geq 98\%$)은 Fluka사(USA)로부터 구입하였으며 정제수에 녹여 50 mg/L로 하였다.

본 반응기의 조건으로 건조공기를 유입가스로 하여 유량은 0.5 L/min, 인가전압은 20.1 kV로 일정하게 유지시켰으며, 0~60 min 동안 일정 시간 처리 후 시료를 채취하여 고분해능의 LC-TOF-MS를 사용하여 분석하여 분해산물을 확인하였고, 이를 통해 분해경로를 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

Enrofloxacin은 플라즈마 처리시간에 따라 점차 감소하였으며, 60 min이 경과된 이후 피크가 사라지는 것이 관찰되었다. 플라즈마 처리 30 min 후 ENR 용액에 대하여 LC-TOF-MS를 사용하여 분석한 바에 의하면, ENR의 분해는 크게 5가지의 경로를 통해 이루어지는 것으로 사료되었다. 즉, 경로 A는 산화적 탈카르복시화반응에 의하여 m/z 332.1766에 해당되는 D2(C₁₈H₂₂FN₃O₂)가 생성되며, 계속하여 헤테로고리 부분의 분열에 의해 isatin 형태의 D4(C₁₇H₂₀FN₃O₂)와 anthranilic acid 유도체인 D1(C₁₆H₂₂FN₃O₂)이 생성되는 것, 경로 B는 ENR의 N-dealkylation에 의하여 m/z 332.1405인 D6에 해당되는 물질이 생성되는 반응, 경로 C는 탈불소화 반응에 의하여 m/z 358.1762에 해당되는 D3(C₁₉H₂₃N₃O₄)이 생성, D3의 수산화반응에 의하여 m/z 374.1709에 해당되는 D3(C₁₉H₂₃N₃O₅)이 생성되며, 경로 D 또한 수산화반응에 의한 것으로 m/z 376.1666에 해당되는 D8(C₁₉H₂₂FN₃O₄)과 m/z 392.1616에 해당되는 D9(C₁₉H₂₂FN₃O₅)가 생성, 경로 E에서는 piperazinyl의 부위의 산화분해에 의하여 m/z 334.1563에 해당되는 D5(C₁₇H₂₀FN₃O₃)가 생성되며, 더 이상 분해가 진행됨에 따라 m/z 263.0826에 해당되는 D10(C₁₃H₁₁FN₂O₃)이 생성되는 것으로 사료된다. 이를 통해 ENR의 분해 경로를 제시하였다.

4. 결론

플라즈마 처리에 따라 생성되는 분해산물들을 고분해능의 LC-TOF-MS를 사용하여 화학물질데이터베이스와 연동하여 분자식과 분자구조를 예측하여 fluoroquinolone계 항생제인 ENR의 분해경로를 제시한 바, 분해산물들은 hydroxylation 또는 oxidation에 의하여 생성된 물질인 것으로 추정되었다.

5. 참고문헌

Kim, K. S., 2013, A study on characteristics of antibiotics degradation using dielectric barrier discharge plasma reactor, PhD Thesis, Jeju National University.