

구리(Cu) 노출에 따른 바지락, *Ruditapes phillipinarum*의 비특이적 면역 활성의 변화

최미영, 장석우, 이옥현, 김광섭, 민은영, 강주찬
부경대학교 수산생명의학과

금속은 여러 가지 풍화작용과 화산폭발 등으로 공기 중에 항상 분포하고 있으며, 해수에도 자연스럽게 녹아 있다. 그러나 최근 급격한 산업구조의 변화로 산업폐수나 산업폐기물의 형태로 많은 금속들이 해양에 유출되고 있으며 해양 생물에 직간접적으로 흡수, 축적된다. 이들 금속 중 생체 내에 필수 미량 원소이나, 과하면 악영향을 미치는 대표적인 중금속이 구리(Cu)이다. 현재 구리를 사용하는 용도는 전기 관련 제품, 기계를 만들 때 쓰이는 합금의 원료, 화학 촉매제, 선체 부착 생물 부착 방지용 도료 제조, 조류 부착 방지제 등 여러 산업에 이용된다 (Clark, 1992). 생물의 방어를 담당하는 면역계는 적은 양의 노출로도 중금속을 포함한 환경오염 물질의 노출에 영향을 받는다고 알려져 있다 (Cima et al, 1998).

구리가 해양생물에 미치는 영향을 살펴보기위해, 중금속이 농축되기 쉬운 갯벌에 서식하는 바지락의 비특이적 면역 활성을 조사하여 해양생물체에 미치는 생리적인 영향을 조사하였다. 바지락 (각장: 32.9 ± 2.4 mm, 무게 8.1 ± 1.7 g)은 2005년 7월, 전라남도 고흥의 양식장에서 채집하여 실험실로 운반한 후, 5일간 순치하였다. 항온실 ($22 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 실험을 실시하였고, 구리의 표준용액은 CuSO_4 (Sigma-aldrich co.)를 이용하였으며, 구리 노출 농도구간은 급성독성 실험을 통하여 아치사 농도인 0, 10, 20과 $40 \mu\text{g/L}$ 로 하였다. 실험기간은 총 3주였으며, 실험시작 후 2주 동안은 구리에 노출을 시키고, 나머지 한 주 동안은 구리가 노출되지 않은 깨끗한 해수로 물을 교환하였다. 구리 노출에 따른 비특이적 면역활성의 변화를 조사하기 위하여 바지락의 패각근을 통해 hemocyte를 무균적으로 채취하여, cytochrome C와 nitroblue tetrazolium (NBT) 법으로 활성 산소를 측정하였고, hemolymph에서는 Parry et al. (1965)의 Turbidimetric assay를 이용하여 lysozyme 분석을 실시하였다. 결과의 통계처리는 통계 프로그램 SPSS (SPSS 13.0 Inc.)를 사용하여 ANOVA test를 실시한 후, 사후 다중비교로 Duncan test로 각 처리구 사이에 유의성(<0.05)을 조사하였다.

이때패류에서 cytochrome C와 NBT의 환원능은 세포와 조직 내 구리의 축적과 관련하여 직접적인 관계가 있다 (Pipe et al., 1999). 구리의 다양한 농도 노출

에 따라 조사한 결과, hemolymph의 intracellular superoxide anion은 1주째에는 20과 40 $\mu\text{g/L}$ 에서 유의적으로 수치가 증가하였으나, 2주째에는 활성이 감소되었다 ($p < 0.05$). Extracellular superoxide anion은 반대로 노출 1주째부터 2주까지 40 $\mu\text{g/L}$ 에서 감소되었다. 그러나 깨끗한 물에 옮긴 3주째에는 대조구와 유사한 수치로 돌아왔다. 세포내 H_2O_2 는 1주째에는 40 $\mu\text{g/L}$ 에서 유의적인 감소가 보였으나, 2주에서는 회복되었고, 1주째에는 감소를 보이지 않던 20 $\mu\text{g/L}$ 에서 감소가 나타났다. 그리고 3주째는 20과 40 $\mu\text{g/L}$ 에서 대조구에 비해 유의하게 증가하였다. 이는 구리 노출을 중단했지만, 이전의 노출에 대해서 완전히 회복되지 않은 것으로 생각된다. hemolymph에서 lysozyme은 기간과 농도에 따른 유의적인 변화가 보이지 않았다.

이와 같은 결과로 구리를 저농도 노출 및 단기 노출 시에는 면역활성이 상승하지만, 기간이 지속되면 활성이 감소하며 노출을 중단하여도 그 영향이 부분적으로 지속됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- Cima F., M. G. Marine, V. Matozzo, L. Daros and L. Ballarin. 1998a. Immunotoxic effects of organotin compounds in *Tapes philippinarum*. Chemosphere. 37: 3035-3045.
- Clark R. B. 1992. V. Metal In Marine pollution. Oxford university press. New York. pp. 74-77.
- Ellie A. E. 1990. Lysozyme assays. Techniques in Fish Immunology. pp. 101-103. Fair Haven, NJ : SOS Publication.
- Pipe R. K., J. A. Coles, F. M. M. Carissan and K. Ramanathan. 1999. Copper induced immunomodulation in the marine mussel, *Mytilus edulis*. Aquatic toxicology. 46: 43-54.