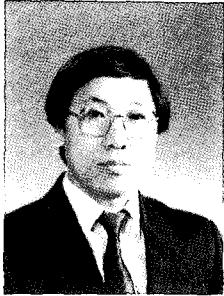


동 · 물 · 학 · 논 · 단

곤충의 Ferritin



윤치영

1981년 고려대학교 생물학과(이학사)
 1983년 고려대학교 대학원 생물학과(이학석사)
 1988년 고려대학교 대학원 생물학과(이학박사)
 1988년~현재 대전대학교 생물학과 교수

철(Fe)은 모든 생물의 필수적인 물질이지만, 이온 형태의 철은 산소의 존재하에서 자유 라디칼을 형성하여 생체에 해를 미치게 된다. 따라서 생물체내의 중요한 철 대사는 철을 수송하고 저장하는 철 결합단백질들에 의해 이루어진다. 이러한 단백질들은 생물체의 종류와 기능에 따라 human serotransferrin, hen ovotransferrin, lactotransferrin, ferritin, haemosiderin, siderophore 등 여러 가지가 알려져 있다(Crichton and Charlotteaux-Wauters, 1987). 이에 관한 연구가 세균과 식물을 포함하여 주로 척추동물에서 진행되어 온 반면, 곤충에서의 철 대사는 두 종류의 곤충에서만 보고되어 있을 뿐 거의 알려져 있지 않은 실정이다.

생물학적으로 중요한 철 저장단백질은 ferritin이다. 진핵생물의 생체내에서는 독성을 나타내는 철 이온이 ferritin과 결합됨으로써 원충작용을 나타내게 된다. 척추동물의 ferritin은 분자량이 약 450,000 dalton인 다량체 단백질로 되어 있으며, 24개의 소단위 shell로 구성되어 그 내부에 4,500개의 철 원자를 함유하고 있다(Crichton and Charlotteaux-Wauters, 1987). 포유

동물에서 이러한 철 저장단백질은 주로 free polysome에서 합성되어, 철과 결합한 형태(holo-ferritin)로 cytosol 내에 축적되고, 일부는 serum ferritin으로서 혈액으로 분비되어 순환한다. 즉, 척추동물 ferritin은 세포질성 단백질이지만, 혈액 중에 낮은 농도로 glycosylated form이 존재한다.

반면에 곤충에서는 이러한 holo-ferritin이 주로 액포계(vacuolar system)에 존재하면서 골지체를 통하여 분비된다. 중장(midgut) 세포에서는 장 내강으로 분비하는데, 조직에 따라서는 혈림프로 분비하기도 한다(Nichol and Locke, 1989). 즉, 곤충은 종에 따라 vacuolar holo-ferritin 형태로, 또는 척추동물과 같은 cytosolic holo-ferritin 형태로, 또는 두가지 형태 모두를 나타내기도 하기 때문에 다른 동물과는 분명한 차이가 있다고 보고되었다. 이러한 사실은 곤충의 생존을 위한 방어작용과 관련하여 중요한 의미를 갖는다.

*Manduca sexta*의 ferritin의 분자량은 490,000 dalton이며, 26kDa인 기본 소단위로 구성되어 있다(Heubers *et al.*, 1988). 이것은 20 kDa 이하인 척추동물의 ferritin 기본 소단위와는 다른 것이다. Nichol and Locke(1989)은 *Calpodes ethlius*의 혈림프와 midgut에서 ferritin을 정제하고 이의 특성을 조사하였다. *C. ethlius*의 ferritin은 척추동물의 serum ferritin과 마찬가지로 glycoprotein이었지만, 분자량(660kDa), isoform, 소단위(24, 26, 28, 31 kDa) 등 물리화학적 분자 특성이 뚜렷한 차이를 나타내었다. 즉, 곤충 ferritin(490, 660kDa)은 척추동물 ferritin(440kDa)보다 분자량이 크고, 세포질보다는 주로 액포계에 존재한다. 또한 혈림프에 많이 존재하며, mannose-rich chain으로 glycosylated 되어 있다.

*Calpodes ethlius*의 여러 조직은 holo-ferritin을

함유하고 있으며, 특히 혈림프로 철이 주입되면 holoferritin을 분비하게 된다(Locke and Leung, 1984; Nichol and Locke, 1989). 즉, posterior midgut cells은 장 내강으로 holoferritin을 분비하지만, pericardial cells과 Malpighian tubules은 RER과 SER 내에 다량의 holoferritin을 함유하고 있다. 이러한 사실은 분비를 위한 과정이라기 보다는, 과량의 철에 노출되었을 때 완충작용으로서 유지되는 과정(retention)임을 보여준다. 따라서 액포계에 존재하는 ferritin의 분비 또는 유지를 조절하는 기작을 밝히는 것도 앞으로의 과제이다. 또한 곤충에 철을 주입하면, 다량의 holoferritin이 지방체의 RER에 나타나는 것이 전자현미경으로 관찰되는 것으로 보아, *Calpodes ethlius*의 혈림프 ferritin은 지방체에서 합성된다고 하였다(Locke et al., 1991).

앞으로 곤충 ferritin에 대한 연구는 몇 가지 측면에서 고려하여 볼 수 있다. 흡혈성 곤충은 여러 가지 척추동물의 질병을 매개한다. 따라서 이러한 곤충들의 철 대사에 대한 연구는 위생곤충의 방제 전략을 수립하는데 중요하다. 더구나 철이 많이 함유되어 있는 척추동물의 혈액을 섭식하는 곤충들은 다른 동물들과 비교할 때 철 대사가 독특하리라고 추정된다(Dunkov et al., 1995; Law and Wells, 1989; Winzerling et al., 1995). 특히, 해충방제 측면에서는 세포내 holoferritin의 분비와 유지의 조절기작이 밝혀지면 생물공학적인 접근이 가능할 것이며(Locke et al., 1991), ferritin과 철의 결합 저해작용, 장의 철 대사를 억제하는 chelator의 활용 등이 구상되어질 수 있다. 또한 곤충이 섭식하는 식물에 따라 manganese, aluminium, cadmium, zinc 등과 같은 금속 이온이 유입될 경우에 이러한 금속 이온의 결합단백질로서의 역할도 보고된 바 있어서(Webb et al., 1985), 중금속 대사에 관한 연구와도 밀접한 연관성을 가질 것으로 추정된다. 무엇보다도 곤충은 지구상의 동물의 75%를 차지할 만큼 뛰어난 환경 적응능력을 가지고 있을 뿐만 아니라 자연 생태계의 중요한 구성원으로서, 이들의 생존전략을 이해하여 향후 자원화 방안을 모색하는데 필요할 것이다.

참고문헌

- Arosio, P., S. Levi., E. Gabri., S. Stefanini., A.A. Finazzi and Chiancone, 1984. Properties of ferritin from the earthworm *Octolasion Complanatum*. *Biochem. Biophys. Acta.* 787: 264~269.
- Bottke, W., 1982. Isolation and properties of vitellogenic ferritin from snails. *J. Cell. Sci.* 58:225~240.
- Burford, M.A., D.J. Macey and J. Webb, 1986. Hemolymph ferritin and radula structure in the limpets *Patelloida alticostrata* and *Patella peronii*(Mollusca: Gastropoda). *Comp. Biochem. Physiol.* 81A, 353~358.
- Chung, M.C.M., 1985. A specific iron stain for iron binding proteins in polyacrylamide gels: application to transferrin and lactoferrin. *Analyt. Biochem.* 148:498~502.
- Crichton, R.R. and M. Charletoaux-Wauters, 1987. Iron storage and transport. *Eur. J. Biochem.* 164:484~506.
- Dunkov B.C., Zhang D., Choumarov K., Winzerling J.J. and J.H. Law, 1995. Isolation and characterization of mosquito ferritin and cloning of a cDNA that encodes one subunit. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 29:293~307.
- Frenkel, E.J., B.A. Van Oost and J.J.M. Marx, 1983. Influence of heat treatment on rabbit liver ferritin. *Biochem. Biophys. Acta.* 745: 202~208.
- Huebers, H.A., E. Huebers., C.A. Finch., B.A. Webb., J.W. Truman, L.H. Riddiford and A.W. Martin, 1988. Iron binding proteins and their roles in the tobacco hornworm *Manduca sexta*(L). *J. Comp. Physiol. B.* 158:291~300.
- Kim, K.S., J. Webb and D.J. Macey, 1986. Properties and role of ferritin in the hemolymph of the chiton *Clavavizona hirtosa*. *Biochem. Biophys. Acta.* 884:387~394.
- Law, J.H. and M.A. Wells, 1989. Insects as biochemical models. *J. Bio. Chem.* 264(28):

- 16335~16338.
- Locke, M. and H. Leung, 1984. The induction and distribution of insect ferritin—a new function for the endoplasmic reticulum. *Tissue Cell*. 16:739~766.
- Locke, M., C. Ketola-Pirie., H. Leung and H. Nichol, 1991. Vacuolar apoferritin synthesis by the fat body of an insect(*Calpodes ethlius*). *J. Insect Physiol.* 37:297~309.
- Locke, M. and H. Nichol, 1992. Iron economy in insects: Transport, metabolism, and storage. *Annu. Rev. Entomol.* 37:195~215.
- Min, C. K and C.Y. Yun, 1995. Purification and characterization of ferritin of larval haemolymph from *Phalera minor*(Lepidoptera). *Korean J. Entomol.*, 25(3):245~252.
- Nichol, H.K. and M. Locke, 1989. The characterization of ferritin in an insect. *Insect Biochem.* 19:587~602.
- Treffry, A., P.J. Lee and P.M. Harrison, 1984. Iron-induced changes in rat liver isoferritins. *Biochem. J.* 220:717~722.
- Webb, J., D.J. Macey and V. Talbot, 1985. Identification of ferritin as a major high molecular weight zinc-binding protein in the tropical rock oyster, *Saccostrea cucullata*. *Arch. Envir. Contam. Toxic.* 14:403~407.
- Winzerling, J.J., P. Nez, J. Porath and J.H. Law, 1995. Rapid and isolation of transferrin and ferritin from *Manduca sexta*. *Insect Biochem. Biol.* 25(2):217~224.