

## 참전복 (*Haliotis discus hannai*) 소화관의 구조 및 조직학적 특징

강승완, 이제봉<sup>1</sup>, 이정식<sup>1</sup>

경상남도 수산자원연구소, 여수대학교 수산생명의학과<sup>1</sup>

### Morphology and Histology of the Digestive Tract of the Abalone, *Haliotis discus hannai* (Gastropoda: Haliotidae)

Seung Wan Kang, Jae Bong Lee<sup>1</sup> and Jung Sick Lee<sup>1</sup>

Gyeongsangnamdo Fisheries Resources Research Institute, Tongyoung 659-940, Korea

<sup>1</sup>Department of Aqualife Medicine, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

#### ABSTRACT

The digestive system of the abalone, *Haliotis discus hannai* consists of radula sac, esophagus, crop, stomach, intestine (anterior, mid and posterior intestine) and hepatopancreas. The epithelial layer was composed of ciliated columnar cells, mucous cells and granular cells. And epithelium thickness of the crop was thicker (90.80  $\mu\text{m}$ ) than those of other regions. Mucous cells of PAS positive in the esophagus were more advanced than those of other regions. The contents of mucous cell were neutral and acid mucosubstance in the esophagus and the anterior, mid and posterior intestine. And it seem to be lipid in the crop and stomach.

**Keywords:** Abalone, Digestive tract, Histology.

전복 (*Haliotis silboldii*) 등이 있다 (Kwon, 2001).

참전복의 소화기관은 다른 무척추동물과 마찬가지로 먹이를 통해 체성장에 필요한 영양분의 소화흡수라는 측면에서 중요한 기능을 담당하고 있다. 참전복이 속하는 전새아강 소화기관의 형태 및 구조에 관한 연구는 Graham (1966, 1973) 을 비롯한 많은 연구자들에 의해 보고된 바 있는데, Boer and Kits (1990) 는 *Lymnaea stagnalis*를 대상으로 소화관의 조직화학적 방법과 미세구조적인 연구를 통하여 이들 소화관의 내강 상피조직이 섬모세포와 다양한 종류의 선세포들로 구성되어 있음을 보고한 바 있다.

하지만, 우리나라에서 주 양식대상종인 참전복 소화관의 구조 및 조직학적 특징에 대해서는 보고된 자료가 없다. 따라서 본 연구는 참전복 소화기관의 구조 및 조직학적 특징을 연구하여 소화기작 및 양식산업에서 빈번하게 발생하는 소화관 질병의 연구에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

#### 서 론

참전복 (*Haliotis discus hannai*) 은 전새아강 (Prosobranchia), 원시복족목 (Archaeogastropoda), 전복과 (Haliotidae) 의 한 종으로써 우리나라와 일본에 많이 서식하고 있다. 전복류 중에서 산업종으로 유용한 종은 참전복, 말전복 (*Haliotis gigantea*), 까막전복 (*Haliotis discus*), 시볼트

#### 재료 및 방법

본 연구에는 각장 (shell length) 60.68 mm (58.98-62.07 mm), 전중 (total weight) 24.70 g (22.21-26.75 g) 의 참전복 10 개체를 사용하였다.

해부 후 내장낭을 12부분으로 나누어 Bouin's fluid에 고정 한 후, 파라핀 절편법에 의해 4-6  $\mu\text{m}$  두께로 연속절편하여 조직표본을 제작하였다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin-eosin (H-E) 염색, periodic acid-Schiff's solution (PAS) 반응, alcian blue-periodic acid-Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 반응, Mallory 삼중염색, aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB) 반응을 실시하였다.

소화관 상피층 두께, 뮤코다당류를 함유한 점액세포의 면적

Received June 5, 2003; Accepted December 6, 2003

Corresponding author: Lee, Jung Sick

Tel: (82) 61-659-3172 e-mail: ljs@yosu.ac.kr

1225-3480/19201

© The Malacological Society of Korea

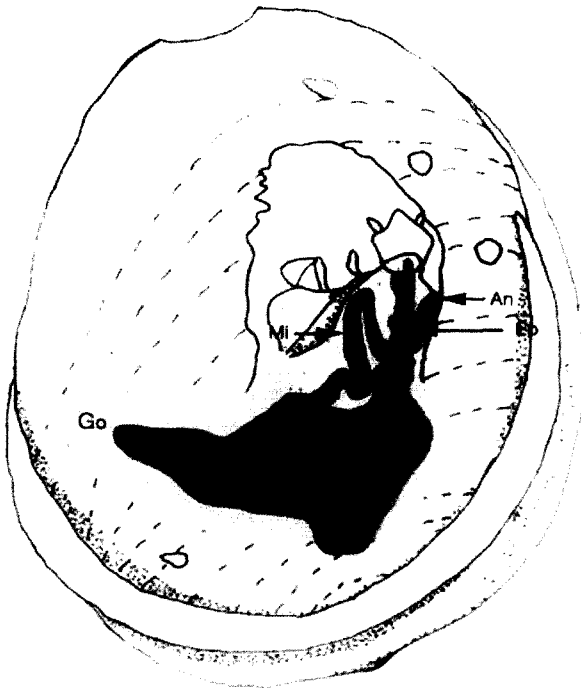


Fig. 1. Diagrammatic structure of the digestive organs of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Ai, anterior intestine; An, anus; Cr, crop; Ep, esophagus; Mi, mid intestine; Pi, posterior intestine; R, radula sac; St, stomach.

을 Image analyzer (IMTechnology, USA) 를 통하여 분석하였다. 조직화학적 반응 후 점액세포의 염색친화도 판정은 Pantone® Formula Guide (Pantone Inc., USA) 를 기준으로 하였다. 상피층의 두께는 기저면에서 자유면까지 측정하였고 측정 횟수는 850-1200회였으며, 점액세포의 분포 면적은 점액세포 면적 x 100/점막상피층 면적으로 표시하였다.

## 결 과

참전복의 소화기관은 치설낭 (radula sac), 식도 (esophagus), 소낭 (crop), 위 (stomach), 장 (intestine) 및 항문 (anus)의 일련된 소화관과 부속 소화선인 간췌장 (hepatopancreas)으로 구성되는데 장은 조직학적 특징에 따라 전장 (anterior intestine), 중장 (mid intestine) 및 후장 (posterior intestine)으로 구분할 수 있었다 (Fig. 1).

### 1. 치설

참전복의 치설낭은 매우 긴 형태의 관 모양이며, 관 내부 벽면은 삼각형 모양의 치아들이 둘러싸고 있었다 (Fig. 2). 가장 58.98-62.07 mm 크기의 10 개체를 화상분석장치를 사용하여 측정된 결과 치설낭의 평균길이는 25.30 mm (23.0

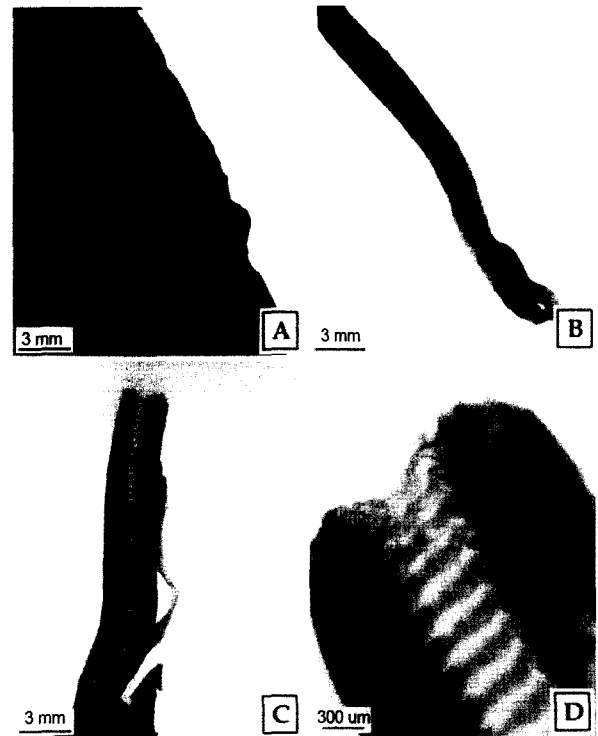


Fig. 2. Stereo light micrographs of the radula sac of the abalone, *Haliotis discus hannai*.

-28.80 mm), 외경은 2.27 mm, 치아의 길이는 0.34 mm로 조사되었다 (Fig 2).

### 2. 식도

참전복의 식도는 갈대기 형태로 소낭 입구까지 길게 뻗어 있으며, 내부는 많은 종주름으로 복잡한 형태를 하고 있다. 점막하층의 발달은 미약하지만, 점막층은 잘 발달되어 있었다. 식도의 점막상피층은 상피세포와 점액세포로 구성되어 있으며, 상피세포는 원주섬모상피세포 형태였으며, 점막근층이 잘 발달되어 있었다. 점액세포는 염색방법에 따라 다양하게 반응하였다 (Table 1). H-E 염색에서는 공포상으로 나타났지만 (Fig. 3A), PAS 반응에서는 적색 (513C) 으로 반응하였고 (Fig. 3B), AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 alcian blue와 Schiff's solution에 모두 양성으로 반응하여 자색 (2728C)을 나타냈다 (Fig. 3C). AF-AB반응에서는 aldehyde fuchsin에 양성 반응한 자색 (2627C) 과 alcian blue에 양성으로 반응한 푸른색 (2726C) 의 두 종류로 구분되었다 (Fig. 3D). 식도 점막상피층의 평균 두께는 47.17  $\mu$ m였으며 (Fig. 9A), 전체 점막상피층에서 점액세포가 차지하는 비율은 19.40%로 소화관의 각 부위 가운데서 가장 높은 것으로 나타났다 (Fig. 9B).

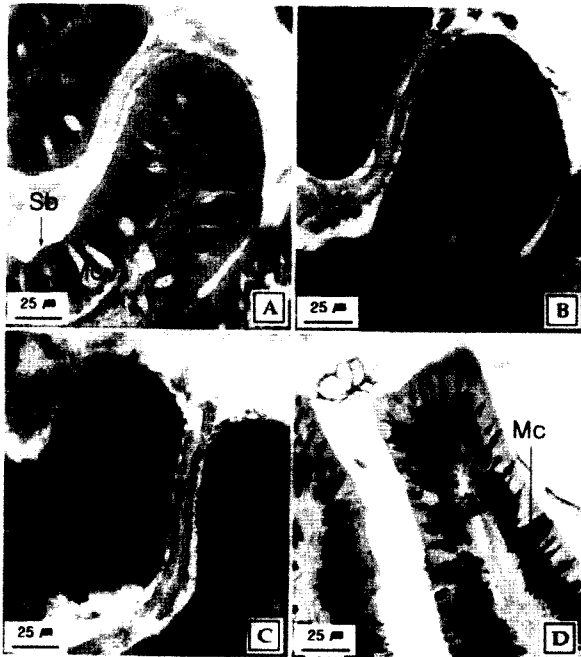


Fig. 3. Epithelial layer of the esophagus of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, H-E stain; B, PAS reaction; C, AB-PAS reaction; D, AF-AB reaction. Ec, epithelial cells; Mc, mucous cells; Sb, striated border.

### 3. 소낭

소낭은 식도와 연결되어 있고, 내부 벽면은 작은 종주름이 형성되어 있었으며, 점막하층의 발달은 매우 미약하였으나 점막층에서는 식도와 마찬가지로 발달된 점막상피층과 점막근층을 관찰할 수 있었다. 소낭 점막상피층에서는 상피세포와 점액세포를 관찰할 수 있었으며, 상피층의 자유면에는 선조연(striated border)이 잘 발달되어 있었다. 상피세포는 원주섬모상피세포 형태이며, 타원형의 핵은 세포질의 하단부에 위치하고 있었다. 점액세포는 H-E 염색 (Fig. 4A), PAS 반응 (Fig. 4B), AB-PAS 반응 (pH 2.5) (Fig. 4C), AF-AB 반응과 Mallory 삼중염색 (Fig. 4D)에서 모두 음성 반응을 보이는 공포상의 세포였다 (Table 1). 상피층의 평균 두께는 90.80 μm로 소화관 전체 중에서 가장 높게 나타났다 (Fig. 9A).

### 4. 위

위의 조직학적 관찰에서 점막주름은 점막층과 점막하층이 잘 구분되고 점막층에서는 점막근층의 발달이 뚜렷하였으며, 점막하층은 망상형 결합조직으로 구성되어 있었다. 점막상피층은 상피세포와 점액세포를 관찰할 수 있었는데, 점막 상피세포는 원주섬모상피세포이며, 점액세포는 H-E 염색 (Fig. 5A), PAS 반응 (Fig. 5B), AB-PAS (pH 2.5) 반응 (Fig. 5C),

Mallory 삼중염색 (Fig. 5D)에서 모두 음성 반응을 보이는 공포상의 세포였다 (Table 1). 상피층의 평균 두께는 52.61

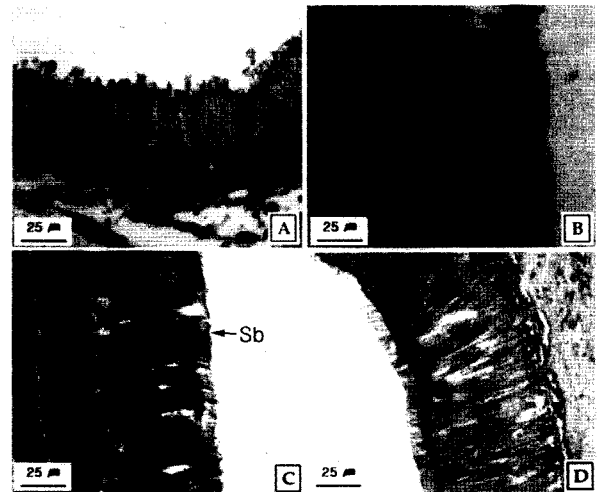


Fig. 4. Epithelial layer of the crop of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, H-E stain; B, PAS reaction; C, AB-PAS (pH 2.5) reaction; D, Mallory triple stain. Ec, epithelial cells; Mc, mucous cells; Sb, striated border.

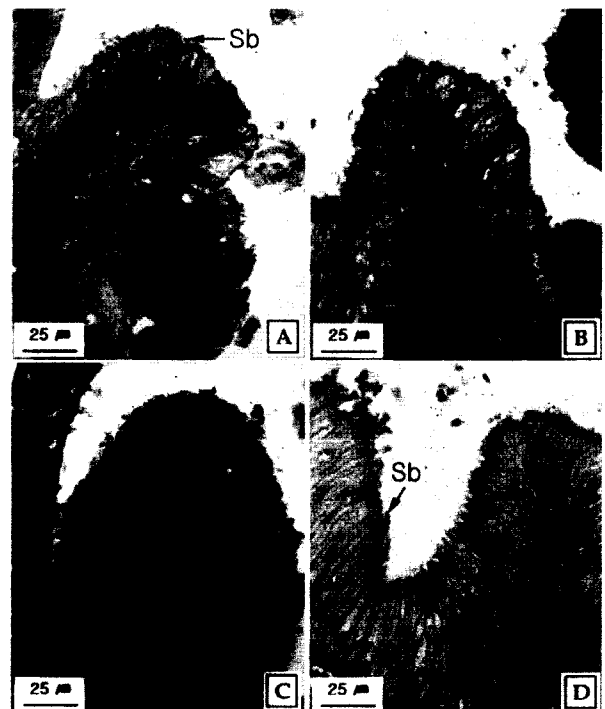


Fig. 5. Epithelial layer of the stomach of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, H-E stain; B, PAS reaction; C, AB-PAS (pH 2.5) reaction; D, Mallory triple stain. Ec, epithelial cells; Sb, striated border.

**Table 1.** Histochemical properties of mucous cell of the abalone, *Haliotis discus hannai*.

Stain	Portion					
	Esophagus	Crop	Stomach	Anterior intestine	Mid intestine	Posterior intestine
H-E	-	-	-	-	-	-
PAS	+	-	-	+	+	+
	(513C)			(2395C)	(2395C)	(215C)
Mallory triple	+	-	-	+	+	+
	(277C)			(2718C)	(2718C)	(2718C)
AB-PAS (pH 2.5)	AB	+	-	+	+	+
		(2728C)		(235C)	(253C)	(248C)
AF-AB	PAS	+	-	+	+	+
		(2728C)		(2726C)	(2727C)	(2727C)
AF-AB	AF	+	-	+	+	+
		(2627C)		(2727C)	(2602C)	(260U)
	AB	+	-	+	+	+
	(2726C)			(2602C)	(275C)	(2727C)

μm로 소낭, 전장, 중장보다는 낮았으며, 식도와 후장보다는 높았다 (Fig. 9A).



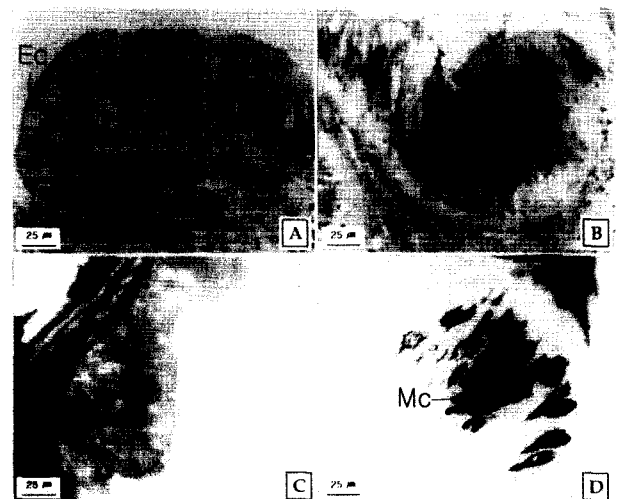
**Fig. 6.** Epithelial layer of the anterior intestine of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A and B, H-E stain; C, PAS reaction; D, AB-PAS (pH 2.5) reaction; E, Mallory triple stain; F, AF-AB reaction. Ec, epithelial cells; Mc, mucous cells; Sb, striated border.

## 5. 장

장은 점막주름의 형태와 점막 상피층의 발달 및 구성세포의 조직학적 특징에 따라 전장, 중장, 후장으로 구분할 수 있었다.

### 1) 전장

참전복의 전장은 하나의 큰 종주름과 여러 개의 작은 종주름으로 구성되어 있었으며, 점막하층은 다른 부위에 비해 발달된 상태였으나 점막층의 점막근층은 발달이 미약하였다 (Fig. 6A). 점막 상피층은 상피세포와 점액세포로 구성되어 있었다.

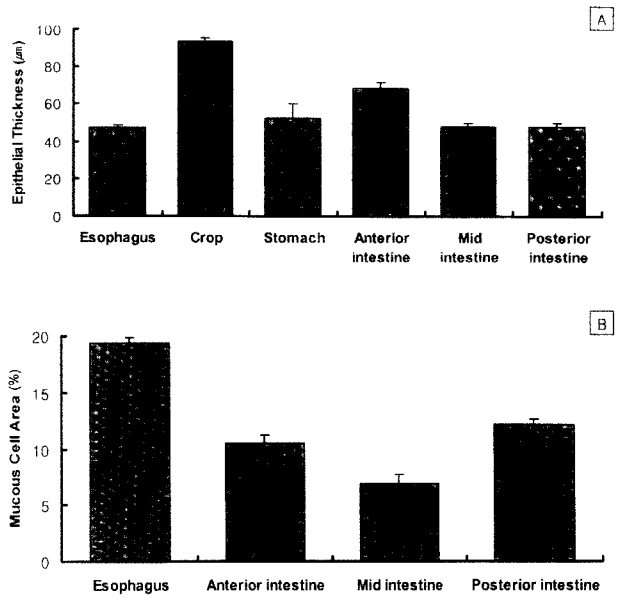


**Fig. 7.** Epithelial layer of the mid intestine of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, H-E stain; B, AB-PAS (pH 2.5) reaction; C, Mallory triple stain; D, AF-AB reaction. Ec, epithelial cells; Mc, mucous cells; Sb, striated border.

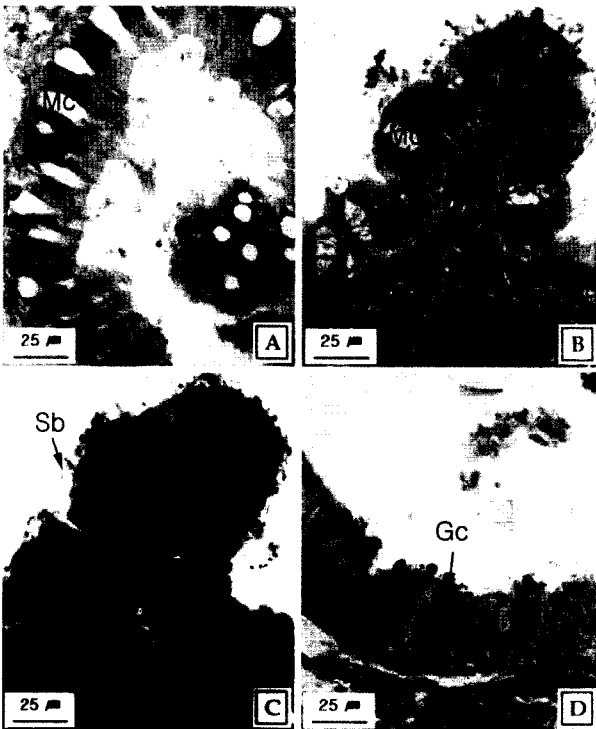
상피세포는 원주섬모상피세포였으며, 점액세포는 H-E 염색에서는 공포상으로 나타났지만 (Fig. 6B), PAS 반응에서는 적색 (2395C) 으로 반응하였고 (Fig. 6C), AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 자색 (2726C)과 적색 (235C)을 나타냈으며 (Fig. 6D), AF-AB 반응에서는 aldehyde fuchsin에 양성반응한 자색 (2727C) 과 alcian blue에 양성으로 반응한 푸른색 (2602C)의 두 종류로 구분되었다 (Fig. 6F). 상피층의 평균 두께는 63.90  $\mu\text{m}$ 로 소낭과 중장 다음으로 높았으며 (Fig. 9A), 전체 점막상피층에서 AB-PAS (pH 2.5) 에 반응하는 점액세포의 비율은 10.52%로 측정되었다 (Fig. 9B).

**2) 중장**

참전복의 중장은 전장보다 복잡한 점막주름으로 구성되어 있었으며, 점막하층의 발달은 미약하였다. 점막상피층은 상피세포와 점액세포로 구성되어 있으며, 상피세포는 소화관의 다른 부위에서와 마찬가지로 원주섬모상피세포 형태였다. 점액세포는 H-E 염색에서는 공포상으로 나타났으며 (Fig. 7A), PAS 반응에서는 적색 (2395C) 으로 반응하였고, AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 자색 (2727C) 과 적색 (253C) 으로 반응하



**Fig. 9.** Histological features of the digestive mucosae of the abalone, *Haliotis discus hannai*. (Vertical bar: SD) A: Epithelial thickness, B: Mucous cell area of AB-PAS positive.



**Fig. 8.** Epithelial layer of the posterior intestine of the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, H-E stain; B, PAS reaction; C, AB-PAS (pH 2.5) reaction; D, Mallory triple stain. Ec, epithelial cells; Gc, granular cell; Mc, mucous cells; Sb, striated border.

였으며 (Fig. 7B), AF-AB 반응에서는 aldehyde fuchsin에 양성 반응한 자색 (2602C) 과 alcian blue에 양성으로 반응한 푸른색 (275C) 의 두 종류로 구분되었다 (Fig. 7D). 상피층의 평균 두께는 71.97  $\mu\text{m}$ 로 소낭 다음으로 높았으며 (Fig. 9A), 전체 점막상피층에서 점액세포가 차지하는 비율은 6.86%로 소화관 가운데 가장 낮게 나타났다 (Fig. 9B).

**3) 후장**

참전복 후장의 점막주름 형태는 다른 부위에 비하여 단순한 편이며, 점막층 가운데 점막근층은 잘 발달된 양상을 보였다. 점막상피층은 상피세포와 점액세포 및 과립세포로 구성되어 있으며, 상피세포는 원주섬모상피 형태였다. 점액세포는 H-E 염색에서는 공포상으로 나타났으며 (Fig. 8A), PAS반응에서는 적색 (215C) 으로 반응하였고 (Fig. 8B), AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 자색 (2727C) 과 적색 (248C) 으로 반응하였으며 (Fig. 8C), AF-AB 반응에서는 aldehyde fuchsin에 양성 반응한 자색 (260U) 과 alcian blue에 양성으로 반응한 푸른색 (2727C) 의 두 종류로 구분되었다. 과립세포는 원주형으로 점액세포보다 폭이 좁았다. 이들 세포에서 과립은 주로 세포질의 상부에서 관찰되었는데 H-E 염색에서는 적색 (1925C) 으로 나타났으며, Mallory 삼중염색에서는 짙은 적색 (207C) 으로 나타났었다 (Fig. 8D). 상피층의 평균 두께는 49.20  $\mu\text{m}$ 로 전장과 중장보다는 낮았으며 (Fig. 9A), 전체 점막상피층에서

점액세포가 차지하는 비율은 12.15%로 소낙보다는 낮았으나 장의 3부위 중에서는 가장 높게 나타났다 (Fig. 9B).

## 고 찰

참전복 (*Haliotis discus hannai*)이 속하는 분류군인 복족강 (Gastropoda) 의 소화기관에 관해서는 blacklip abalone (*H. cracherodii*) 소화관의 구조와 기능에 관한 연구 (Campbell, 1965) 를 비롯하여 많은 연구자들에 의해 형태 및 구조적 측면의 연구가 수행되어져 왔다 (Graham, 1941, 1964, 1973; Lutfy and Demian, 1967).

복족류 소화기관의 형태학적 구성이나 세포학적 특징은 다른 동물과 마찬가지로 섭이생태와 계통에 따라 다소 차이가 있다. 복족류 중 전새아강의 소화관은 후새아강과 유폐아강의 소화관에 비해 맹낭과 style sac 등을 포함하고 있어 복잡한 형태이다. 즉 *Incilaria fruhstorferi*의 소화관은 식도, 소낙, 위, 장 (전장, 중장, 후장) 으로 구성되며 (Lee et al., 1997), greenlip abalone (*Haliotis laevigata*) (Harris et al., 1998) 과 다수의 복족류에서도 소화관의 구성은 이와 동일하게 보고되었다 (Voltzow, 1994). 본 연구에서 참전복의 소화관은 식도, 소낙, 위, 장 (전장, 중장, 후장) 으로 구성된 것이 확인 되었으므로 참전복도 다른 대부분의 복족류와 유사한 소화관 체계를 갖는 것으로 판단되었다.

복족류 소화관의 점막상피층을 구성하는 세포들의 종류 및 조직학적 형태도 종에 따라 다소 차이가 있다. *Lymnaea stagnalis* 소화관의 내강 상피조직은 섬모세포와 다양한 종류의 선세포들로 구성되어 있으며 (Boer and Kits, 1990), 조직화학적 방법과 전자현미경적 방법을 이용한 연구 결과 *Incilaria fruhstorferi* 소화관에서는 A, B형 원주섬모상피세포, 녹색과립세포, 청색과립세포, 점액세포, 망상형세포, 투명세포 및 피사형 세포가 보고되었다 (Lee et al., 1997). 그리고 광학현미경과 전자현미경적 연구 결과 *Haliotis laevigata* 소화관의 점막상피층은 원주섬모상피세포, 점액세포 및 분비세포들로 구성되어 있음이 보고되었다 (Harris et al., 1998).

본 연구 결과 참전복의 소화관 상피층에서는 원주섬모상피세포, 점액세포 및 과립세포를 확인하였지만, 추후 전자현미경적인 방법을 추가하여 연구해보면 이러한 구성세포들을 세분화할 수 있을 것으로 판단된다.

복족류 소화관에서 각 부위별 기능은 다소 다르게 보고되고 있는데, *Theba pisana* (Roldan and Garcia-Corrales, 1988), *Lymnaea stagnalis* (Boer and Kits, 1990) 그리고 *Incilaria fruhstorferi* (Lee et al., 1997) 의 소화관에 관한 연구에서 식도는 주로 섬모나 미세용모 운동을 통하여 음식을 위로 수송하는 기능을 하며, 소낙에서는 소화효소에 의한 소화작용보다는 음식물의 기계적 분해와 흡수가 주로 일어나

며, 위와 전장에서는 효소에 의한 화학적 소화기능은 거의 없이 음식물의 일시 저장과 수송에 관여한다고 하였다. 그리고 음식물의 화학적 소화는 효소분비세포들이 주로 존재하는 중장에서 일어나며, 후장에서는 흡수기능과 고형의 배설물 형성기능 그리고 삼투압을 조절하는 기능을 가진다고 보고하고 있다.

본 연구에서 참전복의 소화관에 분포하는 점액세포들의 점액성상은 부위별로 다르게 나타났는데, 소낙과 위에서는 H-E 염색, PAS 반응, AB-PAS (pH 2.5) 반응, Mallory 삼중염색 및 AF-AB 반응에서 모두 음성반응을 나타내는 것으로 보아 지방성 점액물질인 것으로 판단되었다. 하지만, 식도와 전장, 중장 및 후장에서는 PAS 반응, AB-PAS (pH 2.5) 반응과 AF-AB 반응 결과 점액은 산성과 중성의 sulfated mucosubstance와 carboxylated mucosubstance 두 종류로 구분되었다.

## 요 약

참전복 (*Haliotis discus hannai*) 의 소화관은 치설낭, 식도, 소낙, 위, 장(전장, 중장, 후장), 항문과 부속기관인 간체장으로 구성되어 있었다. 소화관 상피층은 원주형 섬모상피, 점액세포 및 과립세포들로 구성되어 있었으며, 상피층의 두께는 소낙이 90.80  $\mu\text{m}$ 로 가장 두꺼웠다. 점막상피에서 점액세포가 차지하는 면적은 식도에서 가장 높았으며, 점액세포의 점액물질은 식도, 전장, 중장, 후장에서는 산성 및 중성의 뮤코다당류였으며, 소낙과 위의 점액물질은 지방성분으로 조사되었다.

## REFERENCES

- Boer, H.H. and Kits, K.S. (1990) Histochemical and ultrastructural study of the alimentary tract of the freshwater snail, *Lymnaea stagnalis*. *Journal of Morphology*, **205**: 97-111.
- Campbell, J.L. (1965) The structure and function of the alimentary canal of the black abalone, *Haliotis cracherodii* Leach. *Microscopy Society of America*, **84**: 376-395.
- Graham, A. (1941) The esophagus of the stenoglossan prosobranchs. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section*, **61**: 1-23.
- Graham, A. (1964) The functional anatomy of the buccal mass of the limpet, *Patella vulgata*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **143**: 301-329.
- Graham, A. (1966) The fore-gut of some marginellid and cancellariid prosobranchs. *Studies in Tropical Oceanography (Miami)*, **4**: 134-151.
- Graham, A. (1973) The anatomical basis of function in the buccal mass of prosobranch and amphineuran molluscs. *Journal of Zoology*, **169**: 317-348.
- Harris, J.O., Burke, C.M. and Maguire, G.B. (1998) Characterization of the digestive tract of green lip

- abalone, *Haliotis laevigata* (Donovan). I. Morphology and histology. *Journal of Shellfish Research*, **17**: 979-988.
- Lee, J.C., Chang, N.S. and Han, J.M. (1997) Ultrastructural and histochemical study on the epithelia of digestive tract of a Korean slug, *Incilaria fruhstorferi*. *Korean Journal of Malacology*, **13**: 143-160. [in Korean]
- Lutfy, R.G. and Demian, E.S. (1967) The histology of the alimentary system of *Marisa cornuarietis* (Mesogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, **5**: 375-422.
- Kwon, O.K., Min, D.K., Lee, J.R., Lee, J.S., Je, J.K., and Choe, B.L. (2001) Korean Mollusks with Color Illustration. 332 pp. Hanguel Publishing Co., Busan. [in Korean]
- Roldan, C. and Garcia-Corrales, P. (1988) Anatomy and histology of the alimentary tract of the snail *Theba pisana* (Gastropoda: Pulmonata). *Malacologia*, **28**: 119-130.
- Voltzow, J. (1994) Microscopic Anatomy of Invertebrates. *In*: Mollusca I, Vol. 5 (ed. by Harrison, F.W. and Kohn, A.J.). pp. 111-252, Wiley-Liss, New York.