

한국산 쏘종개, *Plotosus lineatus* (Thunberg) 수염의 조직

박인석* · 설동원 · 김은미 · 김영자¹ · 이영돈²

한국해양대학교 해양과학기술대학 해양환경·생명과학부

¹한국해양대학교 해양과학기술연구소, ²제주대학교 해양과학환경연구소

Histology of the Barbels of Striped Sea Catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg)

In-Seok PARK*, Dong-Won SEOL, Eun-Mi KIM, Young Ja KIM¹
and Young-don LEE²

Division of Marine Environment and Bioscience, College of Ocean Science and Technology,
Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

¹Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University,
Busan 606-791, Korea

²Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 695-814, Korea

This paper deals with the histology of the barbels of striped sea catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg). This fish have eight noticeable barbels of two pairs on their maxillary and mandibular. Each barbel is composed of an epidermis, dermis and a central rod of cartilage. The epidermis in the middle part of the maxillary barbel is thicker than those on other parts, and formed of stratified epithelium which contains many cutaneous taste buds and a few small club cells. Number of taste buds increase on the middle and posterior part of each barbel. The dermis consists of loose connective tissue fibers which encloses blood vessels and bundles of nerve fibers. The barbels of this fish can be categorized into stiff and flexible types and are accessory, feeding and sensory structures. Thus we substantiate that they are gustatory receptor organs for this fish.

Key words: Barbel, Epidermis, Histology, *Plotosus lineatus*, Taste bud

서 론

다수 어류의 입주위에는 부속지(appendage)에 해당하는 수염이 존재한다(Harder, 1975). 이러한 수염은 미각(gustatory)과 촉각(tactile)의 감각 기능이 있고, 특히 수염에 미뢰(taste bud)를 가지는 어류들은 느리게 수영하는 저서성이기 때문에 물밑에 있는 먹이를 탐색하는데 중요한 역할을 한다고 여겨지고 있다(Kappor and Bhargava, 1967; Kim et al., 2001; Park and Kim, 2005). 어류의 수염은 육질성의 신장된 구조로 형태, 수, 길이 및 위치에 있어서 종마다 다양한 차이를 나타낸다(Harder, 1975; Kim et al., 2001). 특히, 메기류의 수염은 촉각과 맛을 감지하는 기능이 있어 먹이 인식의 기능이 있는 것으로 보고된 바 있다(Satô, 1977; Satô and Katagiri, 1996; Park et al., 2004; Park and Kim., 2005).

쏘종개, *Plotosus lineatus* (Thunberg)는 메기목(Order Siluriformes), 쏘종개과(Family Plotosidae)에 속하는 어류로, 전 세계에 9속 32종이 알려져 있고, 한국에는 1속 1종의 서식이 보고되어있다(Choi et al., 2002). 이들 몸의 형태는 전반부가 좌우로 약간 두텁고, 뒤쪽으로 갈수록 납작해지며 크기는 전장 약

20-30 cm로 몸은 진한 갈색 바탕에 2개의 좁은 노란 세로줄이 머리에서 꼬리지느러미 앞까지 이어지고 배는 연한 황백색이다. 이들은 생태학적으로 연안의 바위 또는 해조류가 많은 곳에서 서로 무리를 이루며 야간에 집단생활을 하고, 우리나라 남해안, 제주도 및 일본 중부 이상의 해역에 서식한다(Choi et al., 2002; Park et al., 2005).

쏘종개에는 입주위의 상악과 하악에 각각 2쌍씩 총 8개의 입수염이 존재한다(Sato, 1937; Park et al., 2005). 쏘종개의 수염에 관한 연구로는 신경섬유의 분포(Sakata et al., 2001), medullary facial lobe의 해부학적 연구(Sadao et al., 1996), peripheral gustatory organ의 구조(Reutter, 1992), facial lobe의 미각과 촉각신경구조(Marui et al., 1988) 등이 연구보고 되어왔다. Sato (1937)는 쏘종개(*Plotosus anguillarum* Lacépède: 동종이명)의 수염을 대상으로 미뢰(taste bud)와 club cell의 존재를 확인한 바 있다. 그러나 계통분류학적 관점에서는 쏘종개처럼 비교적 넓은 지리적 분포를 나타내는 경우, 하나 이상의 종 또는 아종을 구성할 수 있는 가능성이 있다는 점과, 서로 다른 서식환경에서 오랜 기간 동안 분포해 왔기 때문에 오래 전에 이미 보고된 결과와의 비교 연구는 개체 생태학적 관점에서 그 의의가 있다고 판단된다.

*Corresponding author: ispark@hhu.ac.kr

이러한 점들을 고려하여, 본 연구에서는 한국산 쏨중개를 대상으로 수염의 위치별, 그리고 상·중·하 부위에서의 조직학적 관찰과 아울러 표피 두께 및 미뢰수를 조사하였다.

재료 및 방법

쏨중개를 2004년 8월 14일에 제주도 북제주군 조천읍 함덕 연안에서 낚시와 통발로 채집한 전장 245.3±9.6 cm, 체중 137.4±11.5 g의 총 10개체를 사용하였다. 채집된 개체들을 25℃의 300 ppm 염산리도카인(Lidocaine-HCl, 흥성제약, 한국)과 1,000 ppm 중탄산나트륨(NaHCO₃, Sigma, USA)을 혼합하여 만든 25℃의 마취액을 사용하여 적정 마취시간 보다 길게 마취 시켜서 죽였다. 과도한 마취로 인해 죽은 각 표본들의 체중과 전장을 전자저울(Acom, Korea)과 Digital vernier caliper (Mitutoyo, Japan)를 사용하여 각각 0.1 g, 0.1 cm 단위까지 측정하였다. 이후 각 표본을 4℃로 냉각된 10% 중성포르말린(100 mL formalin, 6.5 g Na₂HPO₄·12H₂O, 4.5 g KH₂PO₄, 900 mL Sea water)에 고정하여 냉장보관 하였으며, 첫 고정 후 1일에 다시 중성포르말린으로 재고정하여 조직학적 조사시까지 냉장 보관하였다.

10마리의 고정된 표본들을 대상으로 박 등(2005)의 기준에 의거한 오른편 상악 제 1수염(1st mandibular barbel)과 상악 제 2수염(2nd mandibular barbel) 및 오른편 하악 제 1수염(1st maxillary barbel)과 하악 제 2수염(2nd maxillary barbel)을 취하여 Bouin 용액에 하루 동안 재고정 하였으며, 고정된 표본을 흐르는 물에 충분히 수세하였다. 단계적인 알콜 탈수와 Paraffin 포매과정을 거친 후 평상의 조직절편법에 의하여 절편하였다.

표본된 각 수염의 침단 끝 0.2 cm 부분을 제거한 0.5 cm 길이의 상부 수염조직, 하부 수염조직 그리고 각 수염의 기부에서 0.2 cm 위로 0.5 cm 길이의 하부 수염조직들을 대상으로 절단두께 4-6 μm로 횡단 및 종단 절단 하였으며, Mayer's hematoxylin과 Eosin phloxine B용액으로 염색하였다. 상악과 하악의 제 1수염에서 각 상부와 하부에서 수염 중심을 지나는 종단절단 표본에서 표피두께를 측정하여 해당 수염 직경에 대한 백분율로 나타내었다. 아울러, 수염중심을 지나는 종단절단 표본에서 단위 길이(0.5 mm)당 미뢰(taste bud)수를 계수하였다.

각 Parameter에 대하여 통계적 유의성 검증을 위해 SPSS 통계프로그램(SPSS Inc., 1997)을 이용하여 one-way analysis of variance (ANOVA)를 실시하였으며, sidak pairwise test를 다중 비교를 위해 적용하였다. 통계자료의 유의성 파악을 위해 P-value를 0.05 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

어류의 수염은 중간 차이를 보이며 신장된 육질로 이루어져 있다(Bond, 1996; Kim et al., 2001). Fig. 1은 쏨중개의 오른편 상악 제 1수염 상부(Fig. 1의 왼쪽 그림)와 오른편 상악 제

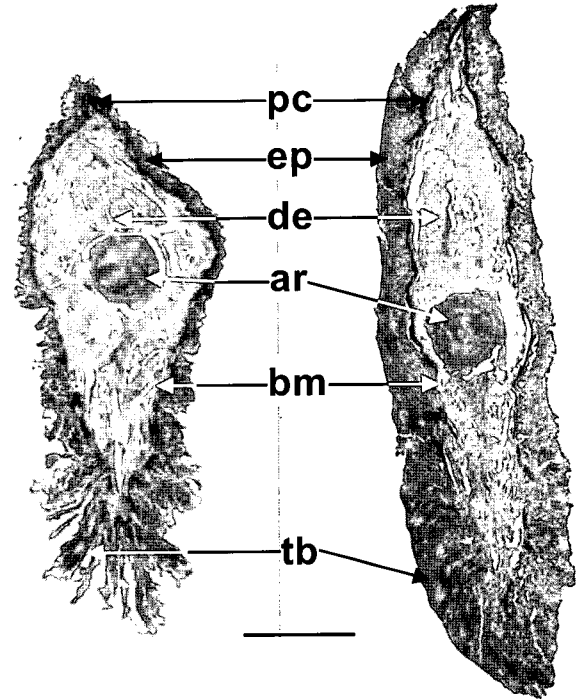


Fig. 1. Cross section of the upper part of mandibular barbel (left side) and maxillary barbel (right side) in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*. ar, axial rod of cartilage; bm, basement membrane; de, dermis; ep, epidermis; pc, pigment cell; tb, taste bud. Scale bar=100 μm.

1수염 상부(Fig. 1의 오른쪽 그림)의 횡단 절단상이며, Fig. 2는 이들의 종단 절단상이다. Fig. 3은 오른편 상악 제 1수염 중간 부위의 횡단 절단상이며, Fig. 4는 오른편 하악 제 1수염 상부(Fig. 4의 왼쪽 그림)와 오른편 하악 제 2수염 하부(Fig. 4의 오른쪽 그림) 종단 절단상이다. 상악 및 하악의 모든 절단면에서 제 1수염과 제 2수염간의 조직학적 차이는 없었다.

쏨중개 수염의 표피는 상부에서는 평편한 형인 층상의 상피 세포로 이루어 졌으나(Fig. 1의 ep, Fig. 2의 ep.) 하부로 갈수록 입방형의 상피세포로 이루어 졌다(Fig. 3 a, b, c, d의 ep와 Fig. 4의 ep). 오른편 상악 제 1수염과 오른편 하악 제 1수염의 각 상부·중부·하부에서의 종단 절단면 최대 직경에 대한 표피(epidermis) 두께를 상대적으로 조사한 결과, 상부에서는 하악이 상악에 비해 큰 반면, 중부에서는 상악이 하악에 비해 크게 나타났으며 하부에서는 상악과 하악이 유사한 상대 표피 두께를 보였다 (P<0.05) (Table 1).

쏨중개 수염은 공통적으로 표피(Figs. 1-3의 a, b, c, d, Fig. 4의 ep) 진피(Figs. 1, 3b, 4의 de) 및 연골성중축(axial rod of cartilage) (Figs. 1, 3b, 4의 ar)으로 구성되어 있는데, Raffin-Peyloz (1955)는 이를 수염에서의 주변부, 중간부 및 중심부라고 구분하였다. 쏨중개 상악과 하악 수염의 중간부 및 하부의 표피 중층에는 club cell이 존재 하였고(Fig. 3 및 Fig. 4의 cc), 이러한 club cell은 주위 표피 상피세포에 비하여 컸으며, 그 크기는 다양하였고 세포질은 Eosin에 의하여 약하게 염색되었

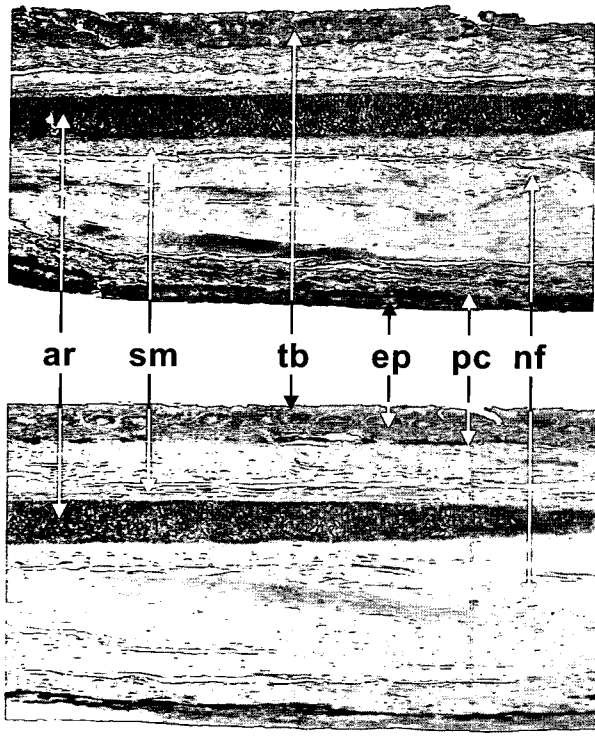


Fig 2. Longitudinal section of the upper part of mandibular barbel (upper side) and maxillary barbel (lower side) in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*. ar, axial rod of cartilage; ep, epidermis; sm, smooth muscle layer; nf, bundle of nerve fibres; pc, pigment cell; tb, taste bud. Scale bar=100 μ m.

Table 1. Thickness of epidermis at each part of barbel in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*

Part of barbel	Thickness of epidermis (%) [*]	
	ManBL	MaxBL
Upper	33.57±4.07 (16.94 ^a)	97.36±13.47 (28.21 ^b)
Middle	91.17±9.61 (19.91 ^a)	73.93± 7.03 (14.99 ^b)
Lower	72.84±7.85 (14.56 ^a)	90.09± 8.80 (15.97 ^a)

^{*}Means±SD (μ m) (n=20 from 10 individuals) values are shown. Parenthesis indicate the percentage of thickness of epidermis on all of mandibular barbel (ManBL) and maxillary barbel (MaxBL) in this species. Means within each column followed by the same alphabetic letter are not significantly different (P>0.05).

다(Fig. 3의 a, d). Pfeiffer (1963)는 잉어류와 일부 메기류의 수염 표피에는 club cell이 없거나 희박한 반면, 이런 어류의 체표면에는 club cell이 다량 분포한다고 하였다. *Mystus vittatus*인 경우는 미뢰, 점액세포와 이러한 club cell이 존재하지 않아서 수염은 미각의 기능이 없고 단지 촉각의 기능만 가지게 된다(Agarwal and Rabanshi, 1965).

어류 수염에서의 점액세포는 어체에서 피부 보호, 면역, 적으로부터의 도망 역할이 있는 점액을 분비하는 기관으로서, bagrid catfish, *Rita rita* (Singh and Kapoor, 1967)와 spined loach,

Iksookimia longicorpa (Kim et al., 2001)에서 그 존재가 확인된 바 있으나, 쓸종개 수염 표피에서 점액세포는 관찰되지 않았다. 진피는 기저막(Fig. 1의 bm)에 의해 표피와는 구별되고, 진피는 느슨한 결합섬유로 이루어져 있으며(Fig. 1의 dc, Fig. 3 b의 de 및 Fig. 4의 de), 표피층과 접합부인 기저막 아래 진피층 상부에는 색소세포(Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 c, Fig. 4의 pc), 혈관(Fig. 3의 a, c 및 Fig. 4의 bv) 및 신경섬유(Fig. 2와 Fig. 3 a의 nf)가 존재 하였다. 색소세포는 상악과 하악 수염의 상부와 중부의 앞쪽 전반부에 균일하게 많은 반면, 뒤쪽에는 희박하거나 분포하지 않았다. 이러한 수염의 부위별 색소세포 분포가 상이한 이유는 광수용과 연관된 특성에 기인된 것으로 사료된다.

쓸종개에서 연골성중축은 수염의 가장 중심 부위에 위치한 연골성 조직으로서, 각 연골세포는 그 형태가 불규칙하며 핵을 가지고 있었다(Figs. 1, 2, 3b, 4의 ar). 연골세포는 희박한 섬유를 포함하고 있었고, 중앙에는 혈관이 존재 하였으며, 연골성중축은 수염의 길이를 따라 연장되어 지지 역할을 하는 축 기능을 가진다. 연골성중축은 횡축으로 형성된 환상의 평활근 층에 의해 둘러 싸여있었다(Figs. 2와 4의 sm). 미뢰는 어체 표면에 존재하며 특히, 안면의 수염에 많이 존재한다 (Satô, 1941; Evans, 1952; Miller and Evans, 1965).

어류에서의 수염은 육질성의 신장된 구조로 종간 차이를 보이기는 하지만, 촉각과 화학물질 감지 기능이 있다(Bond, 1996; Kim et al., 2001; Park and Kim, 2005; Park et al., 2005). 이러한 어류 수염에서의 촉각과 화학물질 감지는 주로 미뢰에 의해 이루어지는 것으로 쓸종개에서의 미뢰는 호염기성으로서 표피의 가장 바깥 쪽 부위에 위치하며, 미뢰는 감각세포와 지지세포로 이루어져 있고, 신경세포도 관찰되었다(Figs. 1, 2, 4의 tb, Fig. 3a와 c의 tb). 특히, 상악수염 상부의 뒤쪽 표피는 분지되어 있었고, 이곳에 미뢰가 존재하였다(Fig. 1의 왼쪽 그림).

상악과 하악의 제 1수염에서의 각 상부와 하부에서 수염 중심을 지나는 종단 절단 0.5 mm 단위 길이당 미뢰수를 계수한 결과이다. 상악·하악의 미뢰수는 공통적으로 어체의 앞쪽보다 뒤쪽 부위에 많이 분포하였다. 상악 뒤쪽의 중부는 상부와 하부에 비해 미뢰수가 많이 분포하고 있었고, 하악 앞쪽인 경우 중부와 하부는 상부에 비해 미뢰수가 많았으며, 하악 뒤쪽인 경우는 하부, 중부, 상부의 순으로 미뢰수가 많이 분포하였다(P<0.05). 수염 앞쪽 상부인 경우 상악에 비해 하악이 미뢰수가 많았으며, 수염 뒤쪽의 상부 및 하부인 경우 상악에 비해 하악에 미뢰수가 많게 나타났다(Table 2) (P<0.05). 미뢰의 수 및 수염의 굴절성을 고려한다면, 쓸종개의 촉각 및 화학물질 감지 기능은 상악과 하악 모두에서 중부, 그리고 앞쪽보다는 뒤쪽이 높은 것으로 파악되었다. 미뢰는 화학물질 수용과 미각역할의 동시 기능이 있는 것으로서, 일부 어종은 이러한 2가지 기능 중 한 가지 기능만 가지는 경우도 있으며, 다른 일부 어종은 촉각과 수온 감지 기능까지도 가지는 경우

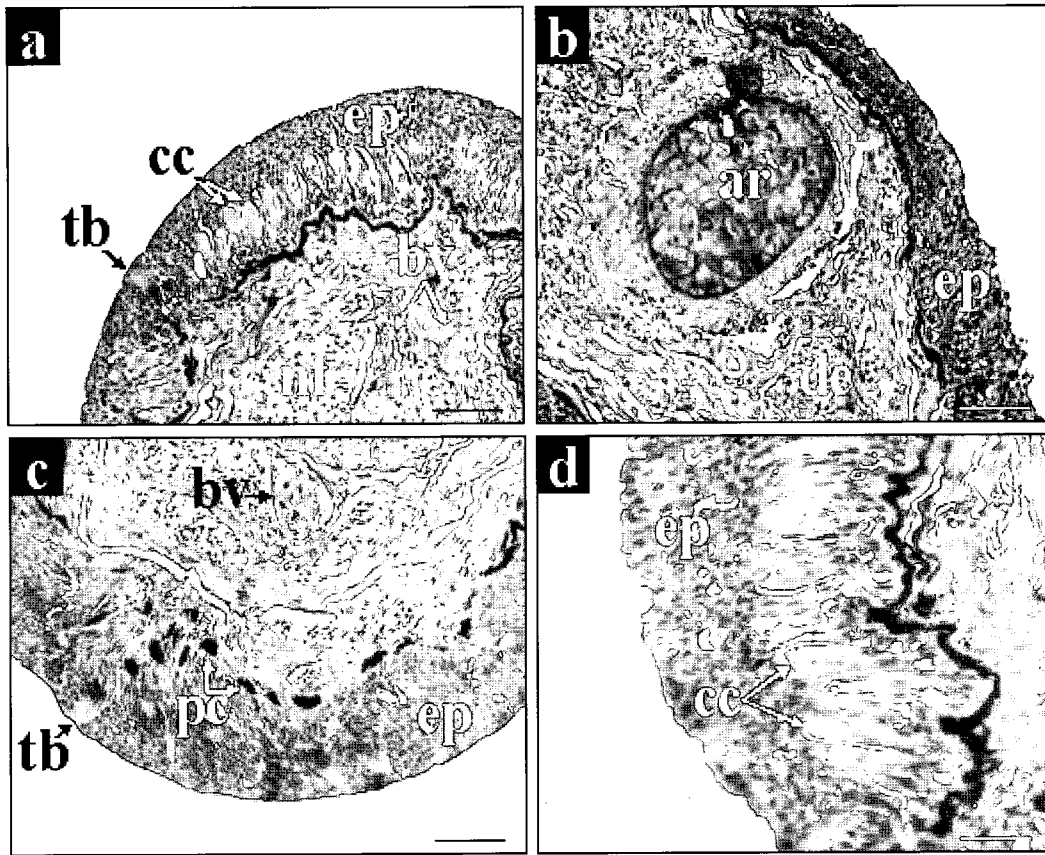


Fig. 3. A part of a cross section of the middle part of mandibular barbel in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*. a: bv, blood vessel; cc club cell; ep, epidermis; nf, bunble of nerve fibres; tb, taste bud. bar=50 μ m; b: ar, axial rod of cartilage; de, dermis; ep, epidermis. bar=50 μ m; c: bv, blood vessel; ep, epidermis; pc, pigment cell; tb, taste bud. bar=50 μ m; d: cc, club cell; ep, epidermis. Scale bar=10 μ m.

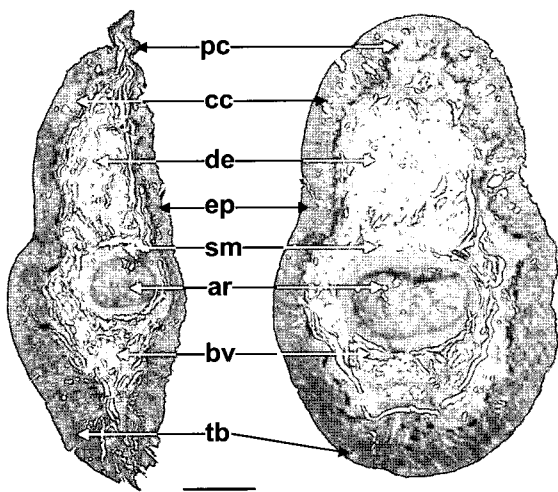


Fig. 4. Cross section of the lower part near to flapped base of mandibular barbel (left side) and maxillary barbel (right side) in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*. ar, axial rod of cartilage; cc, club cell; bv, blood vessel; de, dermis; ep, epidermis; sm, smooth muscle layer; pc, pigment cell; tb, taste bud. Scale bar=100 μ m.

가 있다(Moore, 1950).

이러한 상악과 하악 그리고 수염의 앞·뒤에서의 미뢰와 club cell에 대한 본 연구 결과는, Sato가 1937년에 본 연구 쫄롱개의 동종이명인 *Plotosus anguillaris* Lacépède에서 보고한 결과와 더불어 쫄롱개의 생태학적 및 생리학적 연구차원에서 그 의의가 있으리라 사료되며, 본 연구의 쫄롱개 수염은 *Arius thalassinus* 수염과도 유사한 특징을 나타내었다(Kapoor and Bhargava, 1967). 쫄롱개 수염의 형태는 연하고 유연한 수염(tender and yielding barbel)과 움직이지 않거나(motionless) 굴절성(flexible)이 있는 딱딱한(stiff)수염 등 2가지 형으로 구분된다(Baecker, 1926). 연하고 유연한 수염의 경우, 움직이지 않는 수염축에는 연골성 rod가 존재하지 않고, 진피는 혈관이 망상으로 산재하는 형이며, 움직이지 않거나(motionless) 굴절성 이 있는 딱딱한 수염의 경우 골성의 지지축으로 되어 있는 움직이지 않는 수염, 연골성 축을 가지는 굴절성 수염, 그리고 메기형 어류 수염처럼 딱딱하고 굴절성의 수염을 포함한다(Park and Kim, 2005).

이와 더불어 Sato (1937)는 수염 피부에 미뢰가 없는 수염과 미뢰가 피부에 묻혀있는 수염 등 2가지 군으로 구분하였는데,

Table 2. Number of taste bud at each part of barbel in striped sea catfish, *Plotosus lineatus*

Part of barbel	Number of taste bud			
	ManBL		MaxBL	
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
Upper	5.8±1.2 ^{*,a}	15.0±2.3 ^{*,A}	3.5±0.8 ^{*,b}	18.7±2.9 ^{*,B}
Middle	5.8±2.3 ^{*,a}	31.7±7.3 ^{**,A}	5.7±1.5 ^{**,a}	32.0±6.0 ^{**,A}
Lower	5.5±2.3 ^{*,a}	19.8±3.4 ^{*,A}	6.0±1.4 ^{**,a}	25.3±4.3 ^{**,B}

Means±SD (μm) (n=20 from 10 individuals) values are shown. The number of taste bud within the range (0.5 mm) of barbel length at each parts of mandibular barbel (ManBL) and maxillary barbel (MaxBL) in this species. Astrick indicate significant difference from the anterior of ManBL and MaxBL values. Means within each column followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P>0.05$).

미뢰가 피부에 묻혀 있는 수염인 경우, 수염의 중앙축(central axe) 종류에 따라 (1) 연골성 rod가 없는 경우(잉어형), (2) 연골성 rod가 있는 경우(메기형, goatfish형과 미꾸라지형) 그리고 (3) 가로무늬근 rod가 있는 경우(Ploymixia형)로 세분화시켜 구분하였다.

본 연구 결과 쓸종개는 표피에 미뢰가 내재해 있고 연골성 중축이 있는 유형에 해당하였고, 쓸종개를 포함한 일부 메기류에서의 움직일 수 있는 수염은 상당한 거리의 먹이에 대한 미각적 민감성이 있고, 먹이 위치 파악에 매우 중요한 역할이 있을 것으로 판단되나(Singh and Kapoor, 1967; Moyle and Cech, 2000; Park and Kim, 2005), 수염의 길이, 수 그리고 구조적 특징 등이 어류의 계통진화학적 분류 key로 이용될 수 있다는 점과 수염의 화학적인 감지기능 등을 고려할 때, 앞으로 유연관계에 있는 종들과의 비교조직학적 연구 및 생태학적 습성과 관련된 제반 연구가 필요하다고 생각된다.

사 사

본 연구의 수행시 표본의 연속적인 수집을 해준 제주대학교 해양환경연구소 관계자에게 감사드리며, 자료의 측정과 정리에 수고를 한 한국해양대학교 해양과학부 졸업논문조계도 감사드립니다. 아울러 본 논문을 세밀하게 지적·수정하여 논문의 질을 향상시킨 익명의 심사자님들께도 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Agarwal, V.P. and V.K. Rajbanshi. 1965. Morphology and histology of the cutaneous sense organs of *Mystus vittatus* (Bl.). Proc. Ind. Acad. Sci., B., 61, 39-48.
- Baecker, R. 1926. Beiträge zur Histologie der Barteln der Fische. Jahrb. Morphol. U. Mikrosk. Anat., Abt. 2, vi, 489-507.
- Bond, C.E. 1996. Biology of Fishes. 2nd ed., Saunder Colloge Publ. Co., New York, pp. 750.
- Choi, Y., J.H. Kim and J.Y. Park. 2002. Marine Fishes of Korea. Kyo-Hak Publ. Co., Ltd., Seoul, Korea, pp. 645.
- Evans, H.E. 1952. The correlation of brain pattern and feeding habits in four species of cyprinid fishes. J. Comp. Neur., 97, 133-142.
- Harder, W. 1975. Anatomy of Fishes. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuch- handlung (Nägele U. Obermiller) Stuttgart. Hans Richarz, Publikations-Service, 5205 Sankt Augustin, pp. 621.
- Kapoor, B.G. and S.C. Bhargava. 1967. A study on the barbels of a marine catfish, *Arius thalassinus* (Rupp.). Jap. J. Ichthyol., 14, 201-298.
- Kim, I.S., S.Y. Kim and J.Y. Park. 2001. Histological observation of the barbel in the spined loach, *Iksookimia longicorpa* (Cobotodae). Kor. J. Ichthyol., 13, 24-27.
- Marui, T., J. Caprio, S. Kiyohara and Y. Kasahara. 1988. Topographical organization of taste and tactile neurons in the facial lobe of the sea catfish, *Plotosus lineatus*. Brain Res., 446, 178-182.
- Miller, R.J. and H.E. Evans. 1965. External morphology of the brain and lips in Catostomid fishes. Copeia, 4, 467-487.
- Moore, G.A. 1950. The cutaneous sense organs of barbeled minnows adapted to life in the muddy water of the Great Plains Region. Trans. Amer. Micros. Soc., 69, 69-95.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech., Jr. 2000. Fishes: An Introduction to Ichthyology. 4th ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, pp. 612.
- Park, I.S. and C.H. Kim. 2005. Characteristics of histological structure of the mandibular barbels of two species of catfish (Siluridae) from Korea. Kor. J. Ichthyol., 17, 36-42.
- Park, I.S., J.H. Im and J.W. Hur. 2004. Morphometric characteristics of catfish (Siluridae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 16, 223-228.
- Park, I.S., J.W. Hur and Y.D. Lee. 2005. Relative growth of barbels in striped sea catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg). Ocean Polar Res., 27, 109-113.
- Pfeiffer, W. 1963. Alarm substances. Experientia, 19,

- 113-123.
- Raffin-Peyloz, R. 1955. Etude histologique des barbillons de quelques poissons d'eau douce. Trav. Lab. Hydrob. Pisc. Univ. Grenoble, 13, 73-97.
- Reutter, K. 1992. Structure of the peripheral gustatory organ, represented by the siluroid fish *Plotosus lineatus* (Thunberg). Fish Chem., 60-78.
- Sadao, K., K. Junzoh, S. Akihito and Y. Satoru. 1996. Anatomical studies of the medullary facial lobe in the sea catfish *Plotosus lineatus*. Fish. Sci., 62, 511-519.
- Sakata, Y., J. Tsukahara and S. Kiyohara. 2001. Distribution of nerve fibers in the barbels of sea catfish *Plotosus lineatus*. Fish. Sci., 67, 1136-1144.
- Sato, M. 1937. On the barbels of a Japanese sea catfish, *Plotosus anguillaris* Lacépède. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., 11, 323-332.
- Sato, M. 1941. A comparative observation of the hind-brain of fish possessing barbels, with special reference to their feeding habits. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol., 16, 157-164.
- Sato, M. 1977. Histology of barbels of *Blepsias cirrhosus draciscus* (Cottidae). Jap. J. Ichthyol., 23, 220-224.
- Sato, M. and Y. Katagiri. 1966. Regeneration of the mandibular barbels of the fry of the catfish, *Parasilurus asotus*, and comparison of histological structure of the mandibular barbels of three catfishes inhabiting Lake Biwa. Jap. J. Ichthyol., 13, 169-175.
- Singh, C.P. and B.G. Kapoor. 1967. Histological observations on the barbels of a bagrid catfish, *Rita rita* (Ham.). Jap. J. Ichthyol., 14, 197-202.
- SPSS Inc. 1997. PSS for Windows Release 7.5.2K SPSS, Korea.

2005년 3월 29일 접수
2005년 6월 18일 수리