

노래미, 썬기미, 구실우럭 및 흥감뿔 장관 점액질에 대한 조직화학적 연구

정길남 · 조운복*

부산대학교 사범대학 과학교육학부 생물교육전공

Received October 22, 2007 / Accepted November 27, 2007

Histochemical Studies of the Intestinal Mucosubstances in *Agramus agramus*, *Inimicus japonicus*, *Epinephelus chlorostigma*, and *Helicolenus dactylopterus*. Gil Nam Jeong and Un Bock Jo. *Biology Education Major, Division of Science Education, College of Education Pusan National University, Busan 609-735, Korea* - The conventional histochemical stains were used to study the properties of mucosubstances of the intestine in four teleostean species, i. e., *Agramus agramus*, *Inimicus japonicus*, *Epinephelus chlorostigma*, and *Helicolenus dactylopterus*, all belonging to the order Perciformes. The following methods were used; periodic acid Schiff (PAS), alcian blue (AB) pH at 2.5, AB pH at 1.0, AB pH at 2.5-PAS, and aldehyde fuchsin (AF) pH at 1.7-AB pH at 2.5 stain. The mucosal folds of intestines show differences in species and regions. Widely distributed in all portions studied, goblet cells situated between cylindrical epithelial cells are round or ovoid in shape. They were most densely distributed in distal intestine. In the middle and distal intestine of *Epinephelus chlorostigma* and all regions of intestines of *Agramus agramus*, *Inimicus japonicus*, and *Helicolenus dactylopterus*, the presence of both acidic and neutral mucin was confirmed. The property of acidic mucosubstance was sialomucin. Neutral mucin was only encountered in the proximal intestine of *Epinephelus chlorostigma*. The amount and property of mucin showed differences in species and regions. In the distal intestine of *Inimicus japonicus*, the amount of acidic mucin is similar to that of neutral mucin. In all regions of intestine of *Agramus agramus*, proximal and middle intestine of *Inimicus japonicus*, middle and distal intestine of *Epinephelus chlorostigma*, and distal intestine of *Helicolenus dactylopterus*, acidic mucin occurred more frequently than neutral mucin. The proximal and middle intestine of *Helicolenus dactylopterus* have more neutral mucin than acidic mucin.

Key words : Teleost, goblet cells, intestine, mucin

서 론

경골어류의 장관은 대부분의 척추동물의 장관 같이 주름이 잘 발달되어 있으며, 점막상피는 사이사이에 배상세포가 분포한 단층원주상피로 되어 있고 장 원주세포에서는 선조연이 발달되어 있으나 포유류의 선조연보다는 뚜렷하지 않다[2,3,10-12,13,27]. 경골어류 소화관의 점액질 분비세포인 장 배상세포들은 그 형태, 분포상태, 염색성 및 조직화학적 성상이 상이한 여러 세포형들이 존재하며, 어종에 따라 세포의 형태, 크기, 분포상태 및 점액질 성상에서 차이가 있으며, 같은 어종이라도 부위에 따라 다르다[4-7,9-14,21,25,27].

어류 소화관의 배상세포에서 분비되는 점액질은 윤택작용, 물리적 자극과 화학적 손상, 박테리아의 침입과 소화효소의 가수분해로부터 점막을 보호하며[1,8,16,20,23,26,30,34], 점성이 큰 점액질은 작은 먹이 입자들이 서로 뭉치게 하고[17,28,35] 먹이의 이동과 흡수를 도우는 역할도 한다[4,29].

본 연구에서는 장 배상세포의 점액질에 대한 계통분류학적인 연구의 일환으로 아직까지 보고된 바 없는 경골어류 4

종 장관의 부위에 따른 점액질 성상을 조직화학적으로 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 조직 표본 제작

본 실험에 사용한 경골어류는 농어목(Perciformes)의 노래미(*Agramus agramus*), 썬기미(*Inimicus japonicus*), 구실우럭(*Epinephelus chlorostigma*) 및 흥감뿔(*Helicolenus dactylopterus*)이었으며 각각 성체 3마리씩을 사용하였다. 실험동물을 희생시킨 후 흉복강을 절개하고 장이 시작하는 부위부터 끝나는 부위까지 장 전체를 근위부, 중간부 및 원위부로 나누어 장을 3~4 mm 두께로 절취하여 10% 중성 포르말린용액에 24 시간동안 고정된 다음 수세과정을 거친 후 각급 알코올에서 탈수과정, 투명화과정을 거쳐 paraplast(융점 56~58°C)에 포매하여 6 µm 두께의 연속절편을 만들었다. 장의 조직학적 구조를 관찰하기 위하여 hematoxylin-eosin (H-E) 염색을 실시하였다.

점액질의 조직화학

장관 내 중성점액질의 검사는 PAS 반응법[18]을, 산성점액질은 AB pH 2.5 염색법[32]을, 산성점액질 중 강 sulfomu-

*Corresponding author

Tel : +82-51-510-2696, Fax : +82-51-514-8576

E-mail : ubjo@pusan.ac.kr

cin은 AB pH 1.0 염색법[15]을, 산성점액질과 중성점액질의 조성은 AB pH 2.5-PAS 염색법[19]을, 산성점액질 중 sulfomucin과 sialomucin의 조성은 AF pH 1.7-AB pH 2.5 염색법[31]을 사용하였다.

결 과

장관 점막의 일반 조직학적 구조

연구된 경골어류 장관 모두 일차주름이 잘 발달되어 있었으며 그 모양은 어종 및 부위에 따라 차이가 있었다. 장 점막은 선조연이 발달된 원주상피세포로 덮여 있었고 원주세포 사이에 배상세포들이 출현하였는데 원위부로 갈수록 그 수가 증가하였다. 배상세포의 모양은 구형 또는 타원형이었고 주름과 주름사이에 위치한 배상세포는 작고 나머지는 크거나 중간 크기였으며, 무리를 짓거나 산재성으로 나타났다(Figs. 1~12).

노래미의 근위장의 일차주름은 길고 표면이 대체로 매끈하였으며 중간장 및 원위장의 주름은 위가 아래보다 다소 좁은 추체형으로 길이가 짧은 주름이었다(Figs. 1~3). 쭈기미의 장관 주름은 부위에 따른 차이가 없이 가늘고 구불구불하며 표면에 더러 굴곡이 있는 긴 해초모양이었다(Fig. 4 and 5). 구실우럭의 일차주름은 길고 표면이 평활하며 주름 끝부분이 뾰족한 추체형으로 수직상으로 분지되어 있거나 융합된 것이 많았으나 원위부로 갈수록 곧은 모양이며 주름 길이가 짧아졌다. 배상세포는 주름 끝에는 밀집되어 있었으나 저부에는 드물게 출현하였다(Figs. 6~9). 홍감팽은 원통형의 일차주름이 많으나 간혹 분지되어 있었으며 원위장으로 갈수록 주름 길이가 짧아졌다(Figs. 10~12).

점액질의 조직화학적 성상

구실우럭의 근위장의 점액질은 PAS 와 AB pH 2.5-PAS에 다같이 붉게 염색된 것으로 보아 그 성상은 중성점액질이었다(Fig. 8), 그 외 조사된 경골어류의 모든 부위의 장 점막의 점액질은 PAS에는 붉게, AB pH 2.5-PAS에 청자색 혹은 자색을 나타낸 것으로 보아 산성점액질과 중성점액질의 혼합성이었으며, 산성점액질의 성상은 AF pH 1.7-AB pH 2.5에 모두 청색을 나타낸 것으로 보아 sialomucin이었다. 점액질 양과 성상은 어종 및 장 부위에 따라 차이가 있었다. 쭈기미의 원위장은 산성점액질과 중성점액질 양이 비슷하였다. 노래미의 장관 모든 부위, 쭈기미의 근위장과 중간장, 구실우럭의 중간장과 원위장, 홍감팽의 원위장에는 산성점액질이 중성점액질보다 더 많았다. 홍감팽의 근위장과 중간장에는 중성점액질이 산성점액질보다 더 많았다(Fig. 11).

노래미, 쭈기미, 구실우럭 및 홍감팽 장관 점액질의 성상은 Table 1과 같다.

노래미

근위장의 상피 선조연은 산성점액질인 미량의 sialomucin

과 소량의 중성점액질을 함유하고 있었으며, 배상세포는 소량의 sialomucin을 함유하고 있었다. 중간장과 원위장의 상피 선조연은 소량의 sialomucin과 중성점액질을, 배상세포는 중등량의 sialomucin을 함유하고 있었다(Figs. 1~3).

쭈기미

장 전체의 상피선조연은 미량 내지 소량의 sialomucin과 소량의 중성점액질을 함유하고 있었다(Figs. 4~6). 근위장과 중간장의 배상세포는 중등량의 sialomucin과 소량의 중성점액질을 함유하고 있었다(Fig. 4). 원위장의 대부분의 배상세포는 소량 내지 중등량의 sialomucin과 중성점액질을 함유하고 있었으나 일부 배상세포는 이외에도 미량의 sulfomucin을 함유하고 있었다(Fig. 5 and 6).

구실우럭

장 전체의 상피 선조연은 미량의 중성점액질만을 함유하고 있었다(Figs. 7~9). 배상세포내 점액질 성상은 부위에 따라 차이를 보여 근위장의 배상세포는 소량 내지 중등량의 중성점액질만을 함유하고 있었으나(Fig. 7 and 8), 중간장 및 원위장의 배상세포는 소량 내지 중등량의 sialomucin과 미량 내지 소량의 중성점액질을 함께 함유하고 있었다(Fig. 9).

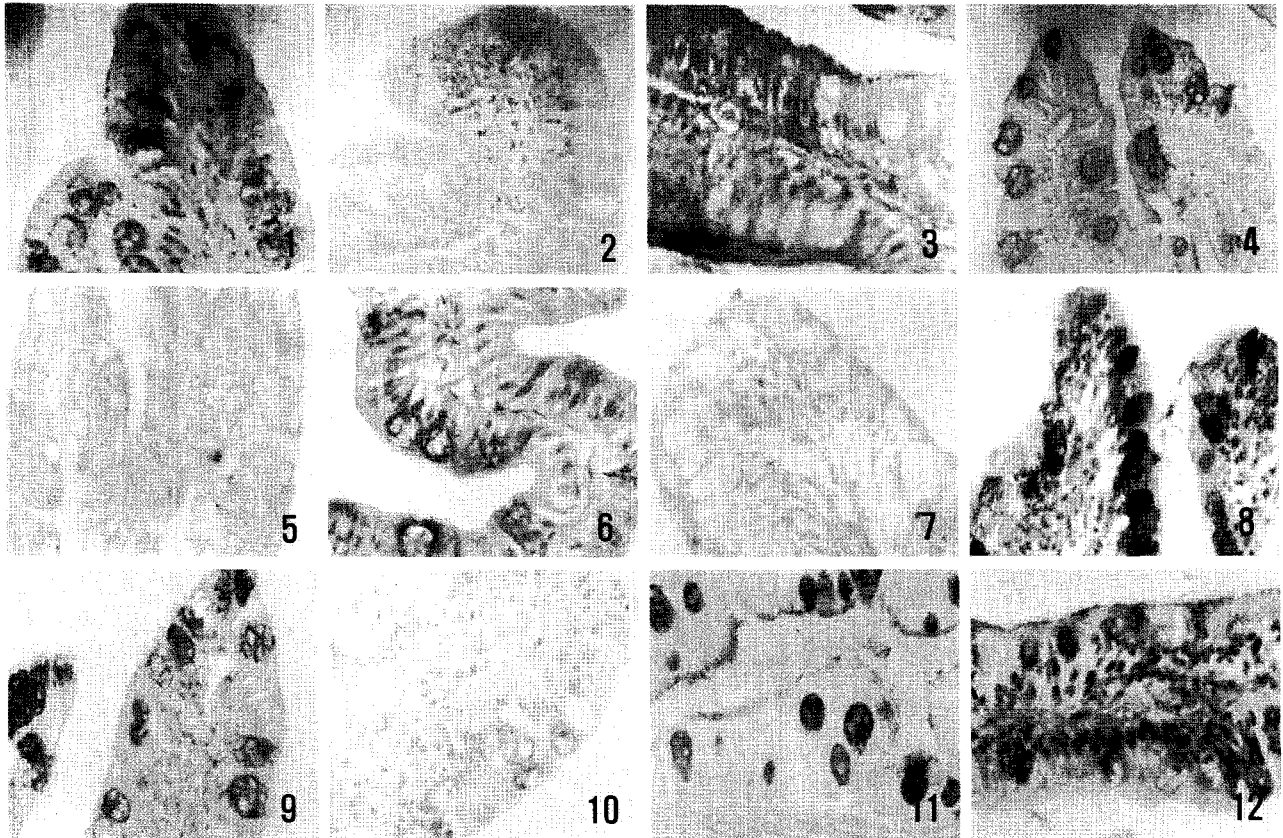
홍감팽

전 장의 상피 선조연은 미량의 sialomucin과 미량 내지 소량의 중성점액질을 함유하고 있었다(Figs. 10~12). 배상세포의 점액질 성상은 장 부위에 따라 차이를 보였다. 근위장과 중간장의 배상세포는 중등량의 중성점액질만 함유하고 있거나 미량 내지 소량의 sialomucin과 중성점액질을 함유하고 있었으나(Figs. 10~12), 원위장의 배상세포는 소량 내지 중등량의 sialomucin과 미량의 중성점액질을 함유하고 있었다.

고 찰

본 연구에 사용된 노래미, 쭈기미, 구실우럭 및 홍감팽 장은 어종에 따라 발달도와 형태의 차이는 있었지만 여러 선행연구들[3,7,9-14,21,25,27]에서 보고된 다른 경골어류처럼 주름이 잘 발달되어 있었으며 점막상피는 단층원주상피로 되어 있고 점막상피내에는 점액질 분비세포인 배상세포가 나타났다. 배상세포는 원형 또는 난원형이었으며 출현수는 장 전체적으로는 어종에 따라 큰 차이가 없었고 선행연구들[3,5,13,27]의 보고처럼 아래쪽 장으로 갈수록 그 수가 많았다.

어류 소화관의 배상세포에서 분비되는 점액질은 윤활작용을 하며 화학물질, 병원체, 산성물질로부터 장을 보호하며 여러 가지 이온에 대한 확산 관문을 형성한다[1,8,16,20,23,26,30,33,34]. 중성점액질 및 sialomucin은 보통 점성이 작아 유동적인 반면에 sulfomucin은 점성이 커서 작은 먹이 입자들을 모으며 원위장에 풍부하여 그곳에서 단백질 소화 가 일어



- Fig. 1. AB pH at 2.5 staining in the middle intestine of *Agramus agramus*, $\times 400$. Striated border shows a weak blue color and goblet cells display a moderate blue color.
- Fig. 2. AB pH at 1.0 staining in the middle intestine of *Agramus agramus*, $\times 400$. Striated border and goblet cells are unstained.
- Fig. 3. PAS reaction in the middle intestine of *Agramus agramus*, $\times 400$. Striated border shows a weak reaction and goblet cells give a trace of reaction.
- Fig. 4. AB pH at 2.5 staining in the proximal intestine of *Inimicus japonicus*, $\times 400$. Striated border shows a weak blue color and goblet cells show a moderate blue color.
- Fig. 5. AB pH at 1.0 staining in the distal intestine of *Inimicus japonicus*, $\times 400$. Striated border is unreactive. Almost all the goblet cells are unreactive, while the rest shows a trace of reaction.
- Fig. 6. PAS reaction in the distal intestine of *Inimicus japonicus*, $\times 400$. Striated border give a weak reaction and goblet cells show a weak to moderate reaction with PAS.
- Fig. 7. AB pH at 2.5 staining in the proximal intestine of *Epinephelus chlorostigma*, $\times 400$. Striated border and goblet cells are unreactive.
- Fig. 8. PAS reaction in the proximal intestine of *Epinephelus chlorostigma*, $\times 400$. Striated border shows a trace of reaction and goblet cells show a weak to moderate reaction with PAS.
- Fig. 9. AB pH at 2.5 staining in the distal intestine of *Epinephelus chlorostigma*, $\times 400$. Striated border is unreactive. Goblet cells show a weak to moderate blue color.
- Fig. 10. AB pH at 2.5 staining in the proximal intestine of *Helicolenus dactylopterus*, $\times 400$. Striated border is slightly reactive. Most goblet cells are unreactive or slightly reactive with AB pH at 2.5, while the rest shows a weak blue color.
- Fig. 11. AB pH at 2.5-PAS staining in the proximal intestine of *Helicolenus dactylopterus*, $\times 400$. Striated border shows a weak purple. Most of the goblet cells show a red color, while the rest shows a weak purple or bluish purple color.
- Fig. 12. PAS reaction in the middle intestine of *Helicolenus dactylopterus*, $\times 400$. Striated border and goblet cells give a weak reaction and a moderate reaction with PAS, respectively.

나며 박테리아 및 다른 병원체가 점착되어 면역 자극 장소가 된다[17,28,29,35]. Tibbetts[33]는 점성이 큰 sulfomucin은 작은 먹이 입자들의 덮이 되며 점성이 작은 sialomucin과 중성점액질은 점성이 높은 산성점액질 층을 덮어 점막을 윤활하게

하고 소화효소의 침해로부터 조직을 보호하는 역할을 한다고 하였다. 그는 또한 sialic acid은 그들의 음전하로 인해 세포와 분자 사이에 나타나는 인력 및 척력현상뿐만 아니라 양으로 대전된 분자와의 결합 및 수송에도 관련되므로 sialomucin은

Table 1. Histochemical properties of the mucosubstances of the intestine in *Agramus agramus*, *Inimicus japonicus*, *Epinephelus chlorostigma*, and *Helicolenus dactylopterus*

Species	Regions		Stains				
			AB pH 2.5	AB pH 1.0	PAS	AB pH 2.5-PAS	AF pH 1.7-AB pH 2.5
<i>Agramus agramus</i>	PI	SB	±B	0	0~1R	±~1BP	±~1B
		GC	1B	0	0~±R	1B	1B
	MI	SB	1B	0	1R	1BP,1P	±~1B
		GC	2B	0	0~±R	2B	1~2B
	DI	SB	1B	0	1R	1BP,1P	±~1B
		GC	2B	0	0~±R	2B	1~2B
<i>Inimicus japonicus</i>	PI	SB	±~1B	0	1R	±BP>1BP,1P	1B
		GC	2B	0	1R	2BP>2P	2B
	MI	SB	1B>±B	0	1R	1BP,1P	1B
		GC	2B	0	1R	2BP>1P	2B
	DI	SB	±~1B	0	±R	1BP>1B	1B
		GC	1~2B	0>±B	1~2R	1~2P	1B>2B,1BP
<i>Epinephelus chlorostigma</i>	PI	SB	0	0	±R	±R	0
		GC	0	0	1~2R	2R	0
	MI	SB	0	0	±R	±R	0
		GC	1~2B	0	±R	1~2B>2BP	1B
	DI	SB	0	0	±R	±R	0
		GC	1~2B	0	±~1R	2B>1B,1P	1~2B
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	PI	SB	±B	0	±~1R	1P	1B
		GC	0,±B>1B	0	2R	1R>1P,1BP	1B
	MI	SB	±B	0	1R	1~2BP	1B
		GC	0,±B>1B	0	2R	1BP	1B
	DI	SB	±B	0	±R	±BP,±P	±B
		GC	1B>2B	0	±~1R	2BP	1~2B

Degrees of staining : 4, very intense ; 3, intense ; 2, moderate ; 1, weak ; ±, trace ; 0, absent ; >, most marked.
 Abbreviations : AB, alcian blue ; PAS, periodic acid Schiff ; AF, aldehyde fuchsin ; SB, striated border of columnar cells ; GC, goblet cells ; R, red ; B, blue ; P, purple ; BP, bluish purple ; PI, proximal intestine ; MI, middle intestine ; DI, distal intestine

소화된 식물성 죽이 장 흡수상피세포에서 확산 및 흡수되는 것을 도와준다고 하였다.

본 연구에서 구실우럭의 중간장 및 원위장과 노래미, 쭈기미 및 홍감팽 장 점막에는 산성점액질과 중성점액질이 모두 나타났는데 이는 Reifel과 Travill[27]의 northern pike를 제외한 9종, 조운복 등[13]의 붕어와 메기, 변경애와 조운복[3]의 통솔치와 불락 그리고 Gutiérrez와 Sarasquete[9]의 뱀장어 장 배상세포 점액질의 성상과 같았다. 구실우럭의 근위장은 중성점액질만을 함유하고 있어 정길남 등[10]의 연구에서 나타난 송곳니베도라치 및 졸복 장관의 점액질 성상과 유사하였다. 쭈기미의 원위장은 중성점액질과 산성점액질 양이 비슷하였으나 홍감팽의 근위장과 중간장에는 중성점액질이 산성점액질보다 더 많았고 그 외에는 산성점액질이 중성점액질보다 더 많이 나타난 것으로 보아 장 부위에 따라 분포하는 점액질 양은 차이를 나타내었는데 이는 몇몇 어종에서의 보고들[5,10-14]과 유사하였다.

점액질 성상에 따라 배상세포를 구분해보면 노래미의 장관에는 sialomucin만을 함유하는 한 종류의 배상세포가, 쭈기미의 장관에는 중성점액질과 sialomucin이 혼재된 한 종류의 배상세포가 관찰되었다. 구실우럭의 근위장에는 중성점액질만 함유하는 한 종류의 배상세포가, 중간장 및 원위장에는 산성점액질만 함유하는 배상세포와 중성점액질과 sialomucin이 혼재된 배상세포 등 두가지 유형의 세포로 구분되었다. 홍감팽의 근위장은 중성점액질만을 함유하는 세포, sialomucin만 함유하는 세포 그리고 sialomucin과 중성점액질을 모두 함유하는 세포 등의 세 가지 유형의 배상세포가 관찰되었으며, 중간장은 중성점액질과 sialomucin이 혼재된 한 가지 유형의 세포가 나타났다. 이와 같이 점액질의 조성이 다른 세포형이 존재하는 것에 대해서 Reifel과 Travill[27]은 세포 성숙의 두 단계를 의미하는 것이라고 추정하였으며, Ottesen과 Olafsen[22] 및 Parillo 등[24]은 유생 및 치어와 성체의 소화관 점액질 조성이 다른 것은 환경변화에 따른 식습

관의 차이 때문이라고 추정하였다.

따라서 본 연구에서 나타난 농어목 경골어류 4종 장관 점액질 조성의 차이는 다양한 서식환경 및 식이와 관련되는 것으로 사료되며, 쭈기미 원위장의 일부 배상세포를 제외하고는 산성점액질로 모두 sialomucin만을 함유하고 있는 것으로 나타나 본 연구에서 사용된 어종 외 다른 농어목 경골어류를 대상으로 한 연구가 계속되어야할 것으로 여겨진다.

요 약

농어목에 속하는 경골어류 4종(노래미, 쭈기미, 구실우럭 및 홍감팽)의 장관 점액질의 조직화학적 성상을 밝히기 위해 periodic acid Schiff (PAS) 반응, alcian blue (AB) pH 1.0 및 pH 2.5, AB pH 2.5-PAS, aldehyde fuchsin (AF) pH 1.7-AB pH 2.5 및 high iron diamine (HID)-AB pH 2.5 염색을 실시하였다. 장 점막에 있는 주름의 모양은 어종 및 부위에 따라 차이가 있었다. 장의 모든 부위에서 관찰되는 배상세포는 원주세포사이에 위치하고 있으며 그 모양은 구형이거나 타원형이었고 원위장에서 수가 가장 많았다. 구실우럭 중간장 및 원위장과 노래미, 쭈기미 및 홍감팽 장에는 산성점액질과 중성점액질이 나타났으며 산성점액질의 성상은 sialomucin이었다. 구실우럭의 근위장에는 중성점액질만 나타났다. 점액질 양과 성상은 장 부위에 따라 차이가 있었다. 쭈기미의 원위장은 산성점액질과 중성점액질 양이 비슷하였다. 노래미의 장관 모든 부위, 쭈기미의 근위장과 중간장, 구실우럭의 중간장과 원위장, 홍감팽의 원위장에는 산성점액질이 중성점액질보다 더 많았다. 홍감팽의 근위장과 중간장에는 중성점액질이 산성점액질보다 더 많았다.

참 고 문 헌

- Allen, A., D. A. Hutton, A. J. Leonard, J. P. Pearson and L. A. Sellers. 1986. The role of mucus in the protection of the gastroduodenal mucosa. *Scand. J. Gastroenterol.* **21(suppl. 125)**, 71-77.
- Andrew, W. and C. P. Hickman. 1974. Histology of the vertebrates. pp. 70. Mosby Co., Saint Louis.
- Byeon, K. A. and U. B. Jo. 1985. Histochemical properties on mucosubstances of the intestine in *Sparus swinhonis* (Günther), *Erosa erosa* (Langsdorf) and *Sebasbes inermis* (Cuvier et Valenciennes). *J. Sci., Pusan Natl. Uni.* **40**, 251-269.
- Chakrabarti, P., S. Ganguly and D. K. Mandal. 1994. Histochemical studies of the digestive system of freshwater cichlid fish, *Oreochromis mossambicus*(Peters). *J. Freshwat.* **6**, 63-69.
- Çinar K. and N. Şenol. 2006. Histological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in flower fish (*Pseudophoxinus antalyae*). *Anat. Histol. Embryol.* **35**, 147-151.
- Fiertak A. and W. M. Kilarski. 2002. Glycoconjugates of the intestinal goblet cells of four cyprinids. *Cell Mol. Life Sci.* **59**, 1724-1733.
- Grau A., S. Crespo, N. C. Sarasquete and N. L. Gonzales d' Canales. 1992. The digestive tract of the Amberjack, *Seriola dumerili*, Risso: A light and scanning electron microscope study. *J. Fish. Biol.* **41**, 387-390.
- Gupta B. J. 1989. The relationship of mucoid substances and ion and water transport, with new data on intestinal goblet cells and a model for gastric secretion. *Symp. Soc. Exp. Biol.* **43**, 81-110.
- Gutiérrez, M. and M. C. Sarasquete. 1986. Distribución histoquímica de carbohidratos y proteínas en estómago e intestino de *Anguilla anguilla* L., 1758(Osteichthyes, Anguillidae) de las salinas de Cádiz, *lav. Preq.* **50**, 553-564.
- Jeong, G. N., G. J. Jo, E. H. Lee and U. B. Jo. 2005. Histochemical study of the intestinal mucosubstances in *Sebastes schlegeli*, *Halichoeres poecilopterus*, *Bryzoichthys lysimus* and *Takifugu pardalis*. *Kor. J. Life Sci.* **15(5)**, 707-714.
- Jo, U. B. 1974. Histochemical studies on the acid mucosubstances in the mucosa of alimentary tract of lower vertebrates. *Kor. J. Anat.* **7(1)**, 19-30.
- Jo, U. B. and H. C. Park. 1972. A Comparative histochemical study on the mucosa of the digestive tract of the amphibians and fishes. *J. Pusan Natl. Uni.* **13**, 383-403.
- Jo, U. B., B. S. Kim, I. J. Choi, S. Y. Back and I. S. Shin. 1984. Histochemical properties of mucosubstances on the intestinal mucous cells in the teleosts. *J. Sci., Pusan Natl. Uni.* **37**, 318-327.
- Kim, Y. K. 1972. Comparative histochemical study on the mucosa of the digestive tract of fresh water fishes. *J. Sci., Pusan Natl. Uni.* **14**, 135-160.
- Lev, R. and S. S., Spicer, 1964. A histochemical comparison of human epithelial mucin in normal and in hypersecretory state including pancreatic cystic fibrosis. *Amer. J. Path.* **46**, 23-47.
- Loretz, C. A. 1995. Electrophysiology of ion transport in teleost intestinal cells. pp. 25-56. In: Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation. Wood C. H. and Shuttleworth T. J. eds. Academic Press, London.
- Mallat, J. 1981. The suspension feeding mechanism of the larval lamprey, *Petromyzon marinus*. *J. Zool.* **194**, 103-142.
- McManus, J. F. A. 1968. Periodic acid Schiff's reaction. *Stain Techn.*, **23**, 99-108, 1948(AFIP modification). Copyright by manual of histologic staining methods of the armed forces.
- Mowry, R. W. 1963. The special value or method that color both acidic and vicinal hydrate groups in the histochemical study of mucin. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **106**, 402-423.
- Neutra, M. R. and J. F. Forstner. 1987. Gastrointestinal mucus; Synthesis, secretion and function. pp. 975-1009. In: Physiology of the gastrointestinal tract. Johnson, L. D. ed. Raven Press, New York.
- Osman, A. H. K. and T. Caceci. 1991. Histology of the

- stomach of *Tilapia nilotica* (Linnaeus 1758) from the River Nile. *J. Fish Biol.* **38**, 212-223.
22. Ottesen, O. H. and J. A. Olafsen. 1997. Ontogenetic development and composition of the mucous cells and the occurrence of saccular cells in the epidermis of Atlantic halibut. *J. Fish Biol.* **50**, 620-633.
 23. Pabst, R. 1987. The anatomical basis for the immune function of the gut. *Anat. Embr.* **176**, 135-144.
 24. Parillo, F., A. M. Gargiulo and O. Fagioli. 2004. Complex Carbohydrates Occurring in the Digestive Apparatus of *Umbrina Cirrosa* (L.) Fry. *Veterinary Research Communications* **28**, 267-278.
 25. Prasad, T. N., D. K. Sahu and A. Moitra. 1992. Histochemical observations on the nature of mucous secreting cells in the gastrointestinal tract of *Channa punctatus*. *J. Frewater* **4**, 267-272.
 26. Reid, P. E., D. Volz, K. Y. Cho and D. A. Owen. 1988. A new method for the histochemical demonstration of O-acyl sugar in human colonic epithelial glycoproteins. *Histochem. J.* **20**, 510-518.
 27. Reifel, C. W. and A. A. Travill. 1979. Structure and carbohydrate histochemistry of the intestine in ten teleostean species. *J. Morph.* **162**, 343-360.
 28. Rubenstein, D. J. and M. A. R. Koehl. 1977. The mechanisms of filter feeding: some theoretical considerations. *Am. Nat.* **111**, 981-994.
 29. Sibbing, F. A. and R. Uribe. 1985. Regional specialization in the oro-pharyngeal wall and food processing in carp (*Cyprinus carpio* L.). *Neth. J. Zool.* **35**, 377-422.
 30. Smith, L. S. 1976. Digestion in teleost fishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* **45**, 409-449.
 31. Spicer, S. S. and D. B. Meyer. 1960. Histochemical differentiation of acid mucopolysaccharides by means of combined aldehyde fuchsin-alcian blue staining. *Am. J. U. Path.* **33**, 453-459.
 32. Spicer, S. S., R. G. Horn and T. J. Leppi. 1967. Histochemistry of connective tissue mucopolysaccharides, pp. 251-303, In Wagner B. M. and D. E. Smith (eds.), *The connective tissue*, Williams & Wilkins, Baltimore.
 33. Tibbetts, I. R. 1997. The distribution and function of mucus cells and their secretions in the alimentary tract of *Arramphus sclerolepis krefftii*. *J. Fish Biol.* **50**, 809-820.
 34. Veggetti, A., A. Rowlerson, G. Radelli, S. Arrighi and C. Domeneghini. 1999. Post-hatching development of the gut and lateral muscle in the sole. *J. Fish Biol.* **55(suppl A)**, 44-65.
 35. Wassersug, R. 1972. The mechanism of ultraplanktonic entrapment in anuran larvae. *J. Morph.* **137**, 279-288.