한국어병학회지 제32권 제2호 (2019)
J. Fish Pathol., 32(2) : 081~089

www.ksfp.org
pISSN 1226-0819, eISSN 2233-5412
http://dx.doi.org/10.7847/jfp.2019.32.2.081

*Aeromonas salmonicida*에 감염된 붉은쏨뱅이, *Sebastiscus tertius*의 조직병리학적 반응

김석렬* · 진영국* · 박정준**†

*국립수산과학원 서해수산연구소, **국립수산과학원 양식관리과

Histopathological reaction of red marbled rockfish, *Sebastiscus tertius* infected by *Aeromonas salmonicida*

Seok-Ryel Kim*, Young Guk Jin* and Jung Jun Park†**

**West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Korea*
***Aquaculture Research Department, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea*

As an epidemiological survey, mortality of marbled rockfish, *Sebastiscus tertius* observed from a fish farm in Gyeongnam province of South Korea. The major macroscopic sign of the diseased fish was severe multifocal dermal ulceration. Histological observation revealed inflammation, necrosis and colonization of bacteria in various tissues (gill, liver, spleen and kidney). Bacteria was isolated from spleen and kidney in moribund and mortality fish. Seven bacterial isolates from the diseased fish were identified as *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* using API 20E and 20NE, API 50CH API ZYM system. Under light microscopy, infected marbled rockfish showed the lifting of the lamella epidermal layer, edematous changes and hypertrophy of epithelial cell in the gill filament. The atrophy of the mucosal fold, erythema in the intestine, and the necrosis of hematopoietic tissue and renal tubule cells with karyolysis were observed in the kidney. In this study was demonstrated the histological reaction of red marbled rockfish infected by *Aeromonas salmonicida*. Furthermore, this is the first account of extensive dermatitis in *Sebastiscus tertius* due to atypical *A. salmonicida* infection, which has high potential in aquaculture among native fish species.

Key words: *Aeromonas salmonicida*, *Sebastiscus tertius*, histopathological reaction

서 론

붉은쏨뱅이(*Sebastiscus tertius*)는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes), 양볼락과(Scorpaenidae), 쏨뱅이속(*Sebastiscus*)에 속하며, 쏨뱅이속에는 붉은쏨뱅이(*S. tertuus*) 쏨뱅이(*S. marmoratus*), 붉감펭(*S. albofasciatus*) 3종이 국내 연안에 서식하는 것으로 보고되어 있다(Kim and Lee, 1993). 붉은쏨뱅이는 주로 남해안, 제주도 및 일본 등에 서식하는 정착성 어종으로 생식 특성은 볼락속(*Sebastes*)과 같이 교미를 통해 자어를 출산하는 어류로(Bae et al., 1998), 1990년대 후반에 초기생활사 및 종묘생산과 관련된 연구가 진행되었다(Kim et al., 1999a, 1999b, 1999c). 2010년 이후 남해안 일부에서 종묘생산및 해상가두에서 양식이 시험적으로 진행되

†Corresponding author: Jung Jun Park
Tel: +82-51-720-2422, Fax: +82-51-720-2439
E-mail: pjj515@korea.kr

었지만, 붉은쏨뱅이에서 발생하는 질병 연구는 거의 전무한 실정이다.

*Aeromonas salmonicida*는 그람음성의 비운동성 간균으로 해양환경 내에 널리 퍼져 있으며, 어류, 사람 및 동물에서도 질병을 일으키는 주요한 병원체 중 하나로, 1894년 Emmerich와 Weibel에 의하여 독일의 송어 치어에서 처음 보고되었다. 이후, *A. salmonicida*는 높은 밀도로 양식되는 연어류에서만 발병하는 것으로 생각되었으나, 현재까지의 연구에서 연어류에서 절창병(부스럼증)을 일으키는 *A. salmonicida*는 다섯 가지의 아종이 포함되고 그 중, *A. salmonicida* subsp. *salmonicida*의 정형(typical type)으로 주로 연어류에서 절창병을, 다른 네 가지 아종 *A. salmonicida* subsp. (*achromogenes*, *masoucida*, *smithia*, *pectinolytica*)의 비정형(atypical type)은 50여종이 넘는 어류에서 질병을 일으킨다고 보고되었다(Austin & Austin, 1993; Austin, McIntosh & Austin, 1989; Wiklud & Dalsgaard, 1998; Han et al., 2011). 국내에서는 *A. salmonicida*에 의한 감염 보고를 통하여 현재 남서해 연안에 넓게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, 특히 조피볼락 양식장에서 일반적으로 사용되는 생사료에 의하여 *A. salmonicida*에 의한 감염 가능성을 제시하기도 하였다(Kim et al., 2011).

본 연구에서는 2014년 남해안 일대 해상가두리에서 양식 중이던 붉은 쏨뱅이의 체표에 궤양, 출혈 및 발적 등의 증상과 함께 대량폐사가 발생하였다. 임상 증상어 및 폐사어에서 기생충과 바이러스는 검출되지 않았으나, *A. salmonicida*균이 분리, 동정되어 붉은쏨뱅이에서 분리된 *A. salmonicida*의 특성 및 감염어의 조직학적 반응을 분석하여 폐사 원인을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어

2014년 3월 경상남도 남해군 미조면에서 사육한 붉은쏨뱅이, *Sebastiscus tertius* 중에서 궤양 및 발적 등 병적인 증상을 보이는 20개체(전장: 16.5-23.0 cm, 체중: 78.1-132.5 g)를 실험에 사용하였다.

균주 분리 및 생화학적 특성

병어의 신장과 비장을 무균적으로 적출하여 세균 분리에 사용하였다. 세균 분리 배양을 위하여 2% NaCl을 첨가한 tryptic soy agar(TSA; Difco), thiosulfate citrate bile salts sucrose agar(TCBS; Difco), salmonella-shigella agar (SS; Difco)를 이용하였다. 병어의 신장에서 분리된 균주를 RMRAS(Red Marbled Rockfish *Aeromonas slmonicida*) 균주로 명명하였다.

표준균주로는 KCCM 40239를 한국미생물보존센터로부터 분양받아 사용하였다. 각 균주는 25℃에서 TSA(Tryptic soy agar, Difco, USA)에 48시간 배양하여 실험에 사용하였다.

분리된 균주는 생화학적 시험 및 효소 활성 시험을 위하여 API 20E, API 20NE, API 50CH와 API ZYM(BioMerieux, France)을 이용하여 제공되는 방법에 따라 실험하였다.

병리조직학적 검사

조직병리학적으로 관찰하기 위해 10개체의 아가미, 위, 장, 신장, 간, 비장을 10% 중성포르말린에 24시간 동안 고정하였다. 고정된 시료들은 Drury and Wallington(1980)의 방법에 따라 24시간 동안 흐르는 물에 수세 후 ethanol을 이용하여 단계별 탈수하고, paraplast(McCormick, USA)에 포매하였다. 포매된 시료는 microtome(RM2165, Leica, Germany)을 이용하여 4 μm의 두께로 조직절편을 제작하였다. 조직절편들은 Mayer's hematoxylin-eosin (H-E) 염색과 alcian blue-periodic acid and Schiff's solution(AB-PAS, pH 2.5) 반응을 시행하여 조직학적인 변화를 광학현미경(Axio Imager A1, Carl Zeiss, Germany)으로 관찰하였다. 기관계들의 조직 내에 존재하는 세균을 관찰하기 위해 Gram 염색 (Taylor's or Brown-Hopps method in tissue)을 시행하였다. AB-PAS(pH 2.5) 반응에서 나타나는 점액물질들은 Pantone® formula guide; solid coated(Pantone Inc. USA)를 이용하여 해당되는 고유번호를( )안에 표기하였다.

결과 및 고찰

병어 외부증상

2014년 4-5월에 남해의 붉은쏨뱅이 양식장에서 발생한 *A. salmonicida* 감염을 조사한 결과, 월간 누적폐사율은 약 15%에 달하였으며, 육안으로 병적인 증상을 보이는 붉은쏨뱅이들은 아가미뚜껑 및 등과 꼬리지느러미의 부식이 관찰되었으며, 등쪽과 배쪽 피부의 궤양이(Fig. 1A), 병어의 아래턱은 혈관의 울혈로 인한 홍반이 관찰되었다(Fig. 1B). 내부 장기들을 관찰한 결과 간은 백탁과 함께 부분적으로 울혈이(Fig. 1C), 비대된 신장에서는 점상적으로 괴사된 부분이 관찰되었다(Fig. 1D).

비정형 *A. salmonicida*에 의한 감염은 2008년 말부터 2009년 봄까지 남해안에서 양식 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)에 표피의 출혈, 궤양 등의 증상과 함께 누적 폐사가 보고되었다(Han et al., 2011). 조피볼락의 임상증상은 본 연구에서 관찰된 붉은쏨뱅이 증상과 매우 유사하였고, 병어는 3월부터 4월까지 2개월 이상 폐사가 지속적으로 발생하였으며, 누적폐사량이 30% 이상에 달하였다.

분리 균주의 생화학적 특성

본 연구에서 10마리 모든 개체에서 분리된 균주들의 API 20E에 대한 결과는 Table 1에 나타내었다. 분리 균주는 ONPT, indole, Sodium pyruvate, gelatinase, Amygdalin의 생성반응에 양성이었으며, D-glucose와 D-mannitol의 동화반응에 양성을 나타내었다.

감염어의 신장과 비장에서 배양된 세균은 TSA에서 순수분리 된 것처럼 단일집락을 형성 하였으며, TCBS 및 SS 배지에서는 colony가 발견되지 않았다. 붉은쏨뱅이에서 분리된 *A. salmonicida*는 TSA에서 갈색색소를 형성하지 않았고, colony 형성을 위하여 최소 48시간 이상이 요구되어, 비정형 *A. salmonicida*의 특성을 가지고 있었다(Table 2).

Aeromonas spp. 은 계통분류학적으로 매우 복잡한 그룹으로(Janda, Abbott, 2010), *Aeromonas*의 동정을 위해 주로 16S rRNA sequence를 사용하지만 *Aeromonas* spp.의 몇 species에서는 최대 99%의 서열 유사성을 나타낸다(Küpfer et al., 2006). 이와 동일하게 본 연구에서 분리된 RMRAS 균주의 16S

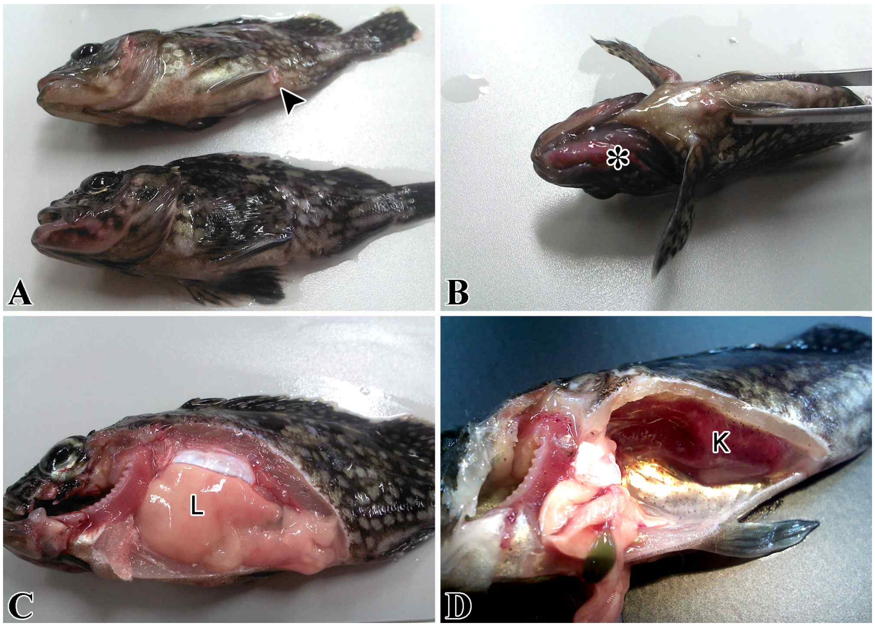

Fig. 1. External and internal morphology of the marbled rockfish, *Sebastiscus testius* infected *Aeromonas salmonicida*. A: Sagittal view of fish, showing the ulcer on the abdominal skin(arrowhead). B: Ventral view of fish, showing the erythema on the lower jar. C: Enlarged and pale liver(L). D: Enlarged posterior kidney(K).

Table 1. The results of API 20E of *Aeromonas salmonicida* strains used in this study

Characteristics	Strains	
	RMRAS	KCCM 40239
ONPG	+	+
L-Arginine	-	-
L-Lysine	-	-
L-Ornithine	-	-
Trisodium citrate	-	-
Sodium thiosulfate	-	-
Urea	-	-
L-Tryptophane	-	-
Indole production	+	+
sodium pyruvate	+	+
Gelatine (bovine origin)	+	+
D-Glucose	+	+
D-Mannitol	+	+
Inositol	-	-
D-sorbitol	-	-
L-Rhamnose	-	-
D-Saccharose	-	-
D-Melibiose	-	-
Amygdalin	+	+
L-Arabinose	-	-

rRNA gene 서열은 다른 많은 *Aeromonas* 속의 종들과 99% 이상의 상동성을 나타내었으며, Yamamoto 등(2000)이 비정형 *A. salmonicida*를 동정하기 위한 house keeping gene, gyrB(AB504901), rpoD(AB 504902), dnaJ(AB504903) 및 recA(AB504904)에 대한 염기서열을 추가 분석하여 비정형 *A. salmonicida*로 확인하였다(data not shown). 비정형 *A. salmonicida*는 북미, 일본, 북유럽 등에서 주로 보고 되었다(Wiklund and Dalsgaard, 1998). 비정형 *A. salmonicida* 균주는 처음으로 독일의 양식 brown trout에서 분리되어, 초기에는 "송어류의 바실러스성 전염병"으로 불렸다. *A. salmonicida*는 어류의 아가미, 측선, 입, 항문 그리고 상처난 피부를 통해서 숙주에 감염되며, 일반적으로 감염 부위에서 24시간 동안 존재한 후 숙주의 내부 장기로 이동하게 되는데, 아가미와 항문을 통해 감염된 경우에는 높은 폐사율을 보인다고 보고하였다(Austin et al., 1995).

본 연구에서 분리된 *A. salmonicida*는 갈색색소를 형성하지 않고, 느리게 성장하는 특성을 갖고 있는 비정형 *A. salmonicida*로 확인되었으며 주로 감염어의 비장과 신장에서 분리되었다. 본 연구에서 분리한 균주의 특성은 국내 조피볼락에서 분리한 *A. salmonicida* 균주와 같은 생화학적 특성을 보여 남해안 지역에 만연해 있는 조피볼락 *A. salmonicida*균의 숙주 확대 혹은 확장으로 추측되었다 (Han et al., 2011, Kim, 2011).

병리조직학적 특성

*A. salmonicida*에 감염된 붉은쏨뱅이의 아가미는 새판상피세포층의 박리와 새엽상피세포의 부종이 관찰되었다. 또한 염세포의 증가와 함께 세포의 형태가 비정형으로 변화하였으며, 상피세포들이 비대 된 조직상이 관찰되었다(Fig. 2A). 새판에 존재하는 모세혈관들은 팽창되었으며, 혈관의 내강 안에는 소수의 혈구들이 관찰되었다. 새엽 상피세포 크기가 비대해졌다. 또한 새엽연골 조직은 대부분 파괴되어 소수의 혈구만 존재하고 있었다(Fig. 2B). 아가미조직에 존재하는 점액세포(661c, 298c)들은 대부분 산성의 점액다당류를 함유하고 있었으며,

Table 2. General characteristics of *Aeromonas salmonicida* isolated infected marbled rockfish

Characteristics	Strains	
	RMRAS	KCCM 40239
Isolation	Red marbled Rockfish	Masou salmon
Gram stain/Motility	-/-	-/-
Oxidase/catalase	+/+	+/+
Brown pigment	-	-
Growth in 3%(w/v) NaCl	+	-
Hemolysis on red marbled rockfish(5%)	+	-

점액분비 활성이 활발하게 나타났다. 이들 세포는 새판상피층에서도 관찰되었다(Fig. 2C). 새판이 융합되어진 조직상이 관찰되었으며, 이들 조직에서는 새엽과 새판 상피세포들이 증가하였다. 또한 비대된 상피세포와 핵이 응축된 상피세포도 관찰되었다. 핵이 응축된 상피세포들은 주로 새판의 기저부에서 다량 관찰되었다. 이러한 증상이 나타나는 조직에서는 점액세포와 염세포가 감소하였다(Fig. 2D).

붉은쏨뱅이의 장에서는 일반적으로 점막주름이 위축되었으며, 점막하층에 존재하는 혈관이 확장되어 다수의 혈구가 관찰되는 울혈이 나타났다. 또한 점막주름에 존재하는 점액세포들은 감소하였으며, 점막주름의 자유면에는 일부 미세융모들이 소실되었다(Fig. 3A). 위의 점막주름에 존재하는 상피층은 다수 파괴되었으며, 위선과 상피층의 경계부분에는 polyp이 형성되었다. 또한 위 점막층에서는 신생혈관들이 관찰되었다(Fig. 3B). 위선은 응축되고 위선과립이 다수 파괴되었다(Fig. 3C). 위의 근육층에 존재하는 근세포들은 수종변성으로 인하여 세포가 증대되고, 핵은 세포의 기저부로 이동하였다(Fig. 3D).

*A. salmonicida*에 감염된 붉은쏨뱅이의 신장에서는 조혈조직의 괴사가 관찰되었다. 세뇨관 상피세포들은 핵용해(Fig. 4A)와 혼탁종창으로 변형되었다(Fig. 4B). 몇몇 세뇨관들은 내강의 확장과 함께 상피세포가 편평형으로 변형되었는데, 이들 변형된 세포에 존재하는 핵은 응축되었다(Fig. 4B). 또

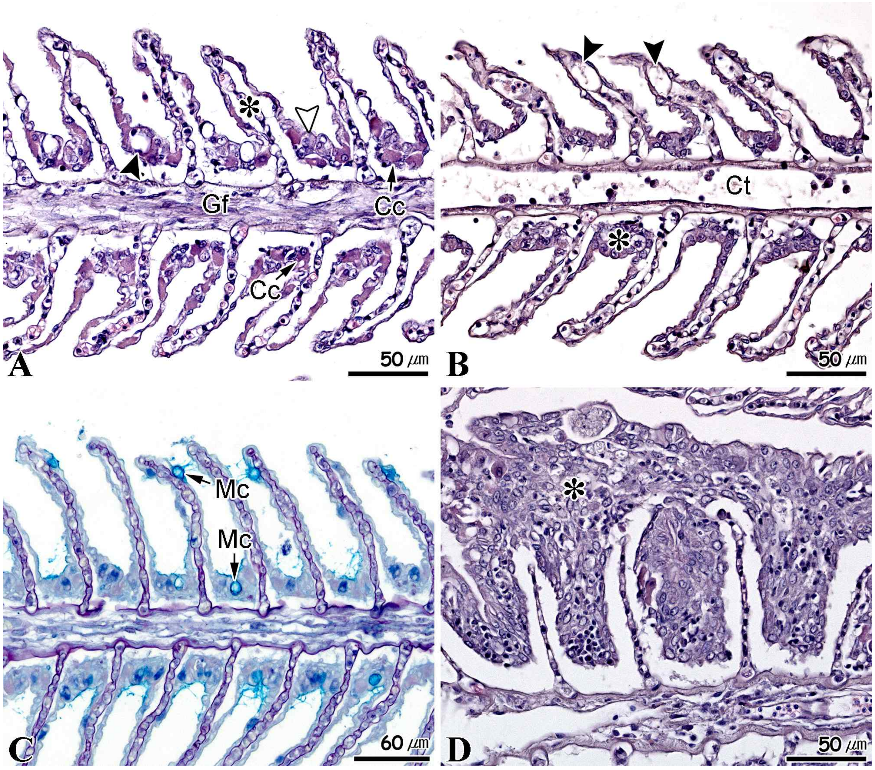

Fig. 2. Histopathological microphotograph of gill of the marbled rockfish, *Sebastiscus testius* infected *Aeromonas salmonicida*. A: Showing the lifting of the lamella epidermal layer (asterisk), edematous changes (black arrowhead) and hypertrophy (white arrowhead) of epithelial cell in the filament, and note the increased and irregulated chloride cell (Cc). B: Showing the dilated lumen of capillary (arrowhead) and hyperplasia of epithelial cell in the filament (asterisk), and note the degenerated cartilaginous tissue (Ct). C: Note the increased mucous cell (Mc). D: Note the lamellar fusion by severe proliferation of epithelial cell (asterisk).

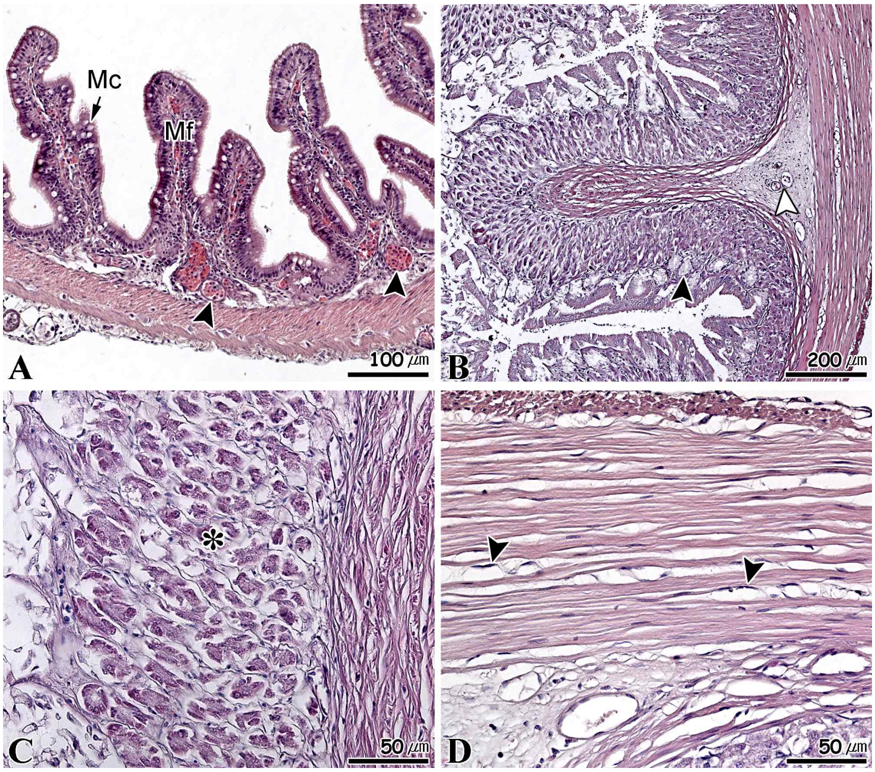

Fig. 3. Histopathological microphotograph of digestive tract of the marbled rockfish, *Sebastiscus testius* infected *Aeromonas salmonicida*. A: Intestine, note the atrophy of the mucosal fold (Mf), erythema (arrowhead) and decreased mucous cell (Mc). B: Stomach, showing a polyp in the mucosa (black arrowhead) and dilated lumen of capillary (white arrowhead). C: Stomach, showing an atrophy of the gastric gland (asterisk). D: Muscular layer of the stomach, showing the dislocation of the nucleus of fibroblast in muscle fiber by a edematous changes.

한 핵 응축을 수반한 세뇨관의 괴사가 나타났다(Fig. 4C). 사구체들은 모세혈관의 괴사(Fig. 4C) 및 혈관의 확장과 보우먼 주머니의 확장이 관찰되었다(Fig. 4D).

간세포들은 지방과립의 축적으로 인하여 비대되었으며, 핵은 세포의 주변으로 이동되어 있었다. 간조직내에 존재하는 모세혈관들은 파괴되어 혈구들이 산재되어 있었다(Fig. 5A). 중심정맥은 확장되어 있었으며, 상피세포와 결합조직은 퇴화되었다(Fig. 5B). 비장은 조혈조직내에서 염증반응이 관찰되었으며, ellipsoid들은 변형되었다(Fig. 5C). 비장의 외막에 존재하는 상피세포들은 비대되어 입방형으로 변형되었다(Fig. 5D). 붉은쏨뱅이의 췌장조직은 혈관이 확장되면서, 혈관벽은 얇아졌다. 또한 퇴화된 췌장세포들도 관찰되었다(Fig. 5E). 몇몇 췌장세포들은 괴사되었고, 혼탁종창을 수반하면서 효소원과립의 감소가 나타났다(Fig. 5F).

*Aeromonas*속에 감염된 숙주는 일반적으로 주요장기들의 혈관변화를 시작으로 출혈, 아가미 상피의 탈락, 증생 및 괴사, 위의 부종, 장 상피세포의 탈락 및 괴사, 신장의 세뇨관 괴사 및 보우먼주머니 팽창, 비장 내 세포 괴사 등을 일으키며, 조직전반에 막대한 영향을 미쳐 생존에 영향을 미친다(Coscelli et al., 2014, Li et al., 2014, Abdelhamed et al., 2017). 본 연구에서 관찰된 각 기관계의 혈관변화, 조혈조직의 이상, 보우먼주머니의 확장, 각 조직 세포들의 수종, 응축, 괴사에 따른 결합조직층의 분리 및 협착 등은 *A. salmonicida*와 *A. hydrophila*에 감염된 숙주들에서 보여지는 병리조직학적 증상과 매우 유사하며(Li et al., 2014, Abdel-

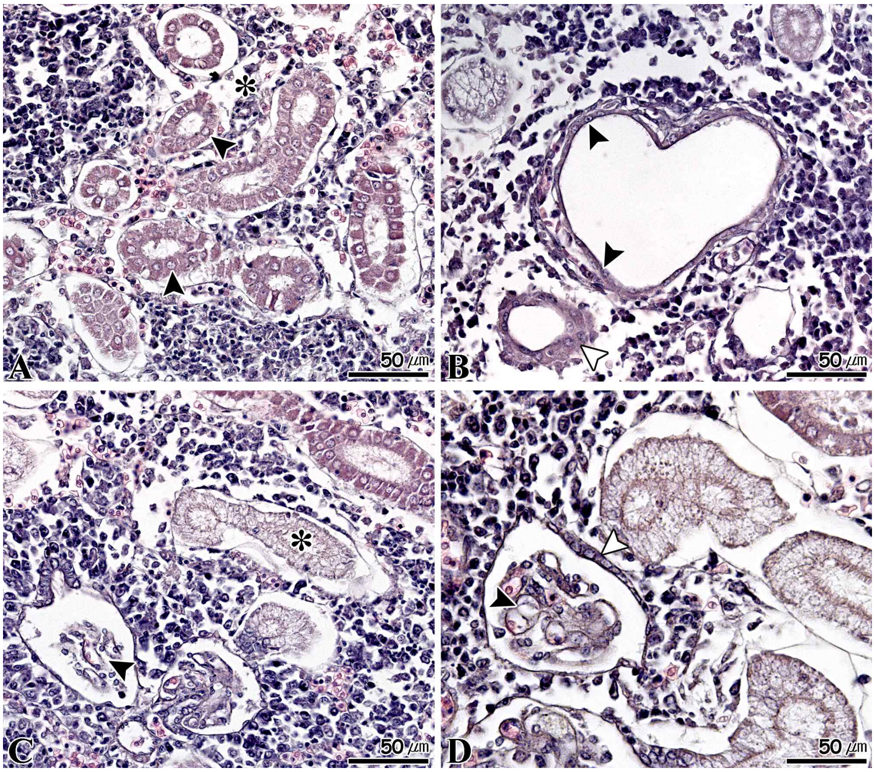

Fig. 4. Histopathological microphotograph of kidney of the marbled rockfish, *Sebastiscus testius* infected *Aeromonas salmonicida*. A: Showing the necrosis of hematopoietic tissue (asterisk) and renal tubule cells with karyolysis (arrowhead). B: Showing the atrophy (black arrowhead) and cloudy swelling degeneration of (white arrowhead) of renal tubule. C: Showing the necrosis of the renal tubule with pyknosis (asterisk) and gomerulus (arrowhead). D: Note the ectremely dilated gomerular capillaries (black arrowhead) and hypertrophy of epithelial cell in the Bowman's capsule (white arrowhead).

hamed et al., 2017), 이는 숙주에서 검출된 *A. salmonicida*와 폐사와의 연관성을 뒷받침해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2015년 국립수산과학원 ‘수산생물방역프로그램 개발·운영(P2015071)’의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

Abdelhamed H, Ibrahim I, Baumgartner W, Lawrence ML and Karsi A. 2017. Characterizaztion of histopathological and ultrastructural changes in channel catfish experimentally infected with virulent *Aeromonas hydrophila*. Microbiology, 8, 15-19.

Austin B and Austin DA. 1993. Aeromonadaceae representatives (*Aeromonas salmonicida*). In: Bacterial fish pathogens: diseases in farmed and wild fish, 2nd, pp. 86-170. Praxia publishing Ltd, Chichester, UK.

Austin DA, McIntosh D and Austin B. 1989. Taxonomy of fish associated *Aeromonas* spp., with the description of *Aeromonas salmonicida* subspecies smithia subspecies nov. Systematic and Applied Microbiology 11, 277-290.

Bae HC, Chung SC, Lee JJ and Lee YD. 1998. Annual reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of the marbled rockfish, *Sebasticus marmoratus* from the Cheju Island. Journal of Korean Fisheries Society. 31, 489-499.

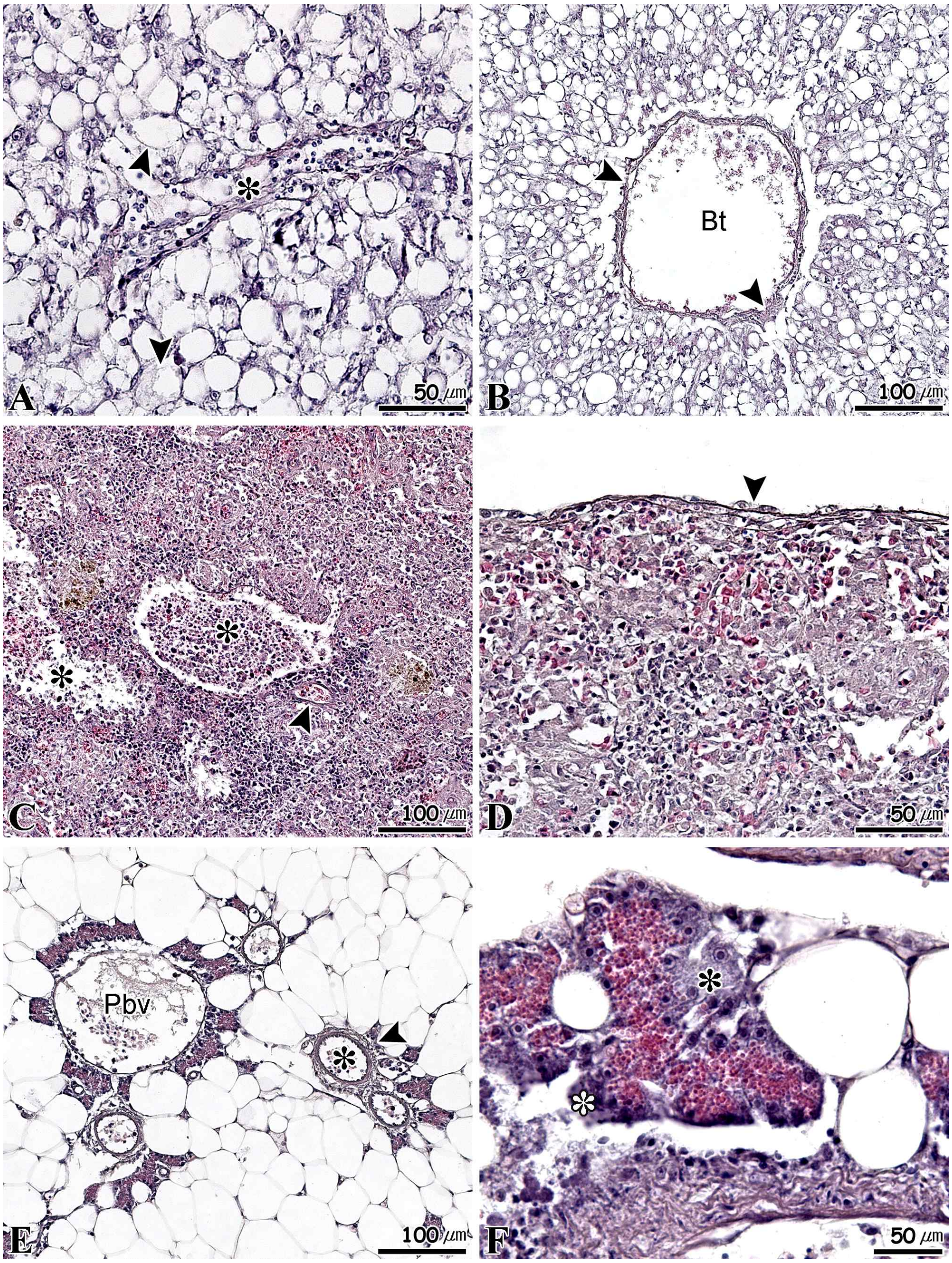

Fig. 5. Histopathological microphotograph of organs of the marbled rockfish, *Sebastiscus testius* infected *Aeromonas salmonicida*. A: Liver, showing the hepatocytes of varying size with lipid droplets (arrowhead) and degenerated capillary. B: Liver, showing the degeneration of epithelial cell and connective tissue (arrowhead) in the central vein. C: Spleen, note the inflammation of the hematopoietic tissue (asterisk) and degeneration of ellipsoid (arrowhead). D: Spleen, showing the hypertrophic cell in the connective tissue of the capsule. E: Pancreas, showing the increased degenerating pancreatic blood vessel (Pbv), thickening of blood vessel wall (asterisk) and degeneration of the pancreatic cell (arrowhead). D: Pancreas, note the cloudy swelling (black arrowhead) and necrosis (white arrowhead) of the pancreatic cells.

Coscelli GA, Bermudez R, Losada AP, Pailde LD. Santos Y. & Quiroga MI. 2014. Acute *Aeromonas salmonicida* infection in turbot(*Scophthalmus maximus* L.). Histopathological and immunohistochemical studies. Aquaculture 430, 79-85.

Han HJ, DY Kim, WS Kim, CS Kim, SJ Jung, MJ Oh and DH Kim. 2011. Atypical *Aeromonas salmonicida* infection in the black rockfish, *Sebastes schlegeli* Hilgendorf, in Korea. Journal of Fish Diseases. 34, 47-55.

Janda JM and Abbott SL. 2010. The genus *Aeromonas*: taxonomy, pathogenicity, and infection. Clinical Microbiology Reviews. 23, 35-73.

Kim IS and Lee WO. 1993. Taxonomic revision of the scorpionfishes (Pisces: Scorpaenidae) with four new records from Korea. The Korean Journal of Zoology. 36, 452-475

Kim KS, Lim SK, Han KH, O SH and Noh BY. 1999a. Early life history of the red marbled rockfish, *Sebastiscus tertius* (Barsukov et Chen) 1. Egg morphology and development of larvae and juveniles. Aquaculture 12(1) 15-23.

Kim KS, Lim SK Kim CW and Jeoung JW. 1999b. Birth ecology and food proceeding of larvae in red marbled rockfish, *Sebastiscus tertius*. Aquaculture 12(4) 309-315.

Kim KS, Lim SK, Kim CW and Hur SB. 1999c. Water temperature, rearing density and feeding rate on growth and survival rate of red marbled rockfish, *Sebastiscus tertius* larvae. Aquaculture 12(3) 213-220.

Kim DY. 2011, Studies on atypical *Aeromonas salmonicida* infection and epidemiology in the black rockfish(*Sebastes schlegeli*). Junnam Univ.

Küpfer M, Kuhnert P, Korczak BM, Peduzzi R and Denmarta A. 2006. Genetic relationshiAep of *Aeromonas* strains inferred from 16S rRNA, *gryB* and *rpoB* gene sequences. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 56, 2743-2751.

Li S, Xu G, Wang D, Mou Z and Lu T. 2014. Histological studies of the effects of *Aeromonas salmonicida* on the tissues in *Brachymystax lenok*. Journal of Cytology & Histology. 5(6), 107, Doi: 10.4172/2157-7099.1000i107.

Wiklund T and Dalsgaard I. 1998. Occurrence and significance of atypical *Aeromonas salmonicida* in non-salmonid and salmonid fish species: a review. Diseases of Aquatic Organisms. 32, 49-69.

Yamamoto S, Kasai H, Arnold DL, Jackson RW, Vivian A and Harayama S. 2000. Phylogeny of the genus Pseudomonas: intrageneric structure reconstructed from the nucleotide sequences of gyrB and rpoD genes. Microbiology. 146, 2385-2394.

Austin B, Stuckey LF, Robertson RAW, Effendi I and Griffith DRW. 1995. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. Journal of Fish Diseases. 18,93-96.

Manuscript Received : Nov 29, 2019
Revised : Dec 9, 2019
Accepted : Dec 11, 2019