

양식 동자개(*Pelteobagrus fulvidraco*)의 *Edwardsiella ictaluri* 감염

김진도 · 박성우^{1*}

국립수산과학원 병리연구과, ¹군산대학교 수산생명의학과

Edwardsiella ictaluri Infection in Cultured Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco* Fingerlings in Korea

Jin Do Kim and Sung Woo Park^{1*}

Fish Pathology Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 46083, Korea

¹Department of Aquatic life Medicine, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

We observed yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* fingerlings cultured in land ponds in Korea swimming in a cork-screw spiral pattern while hanging head-up and tail-down at the water surface, before eventually dying. Externally, these fish displayed “hole in the head” disease, pale gills, and hemorrhages in the base of the pectoral and caudal fins; internally they had liver hemorrhages and kidney discoloration. The bacterium *Edwardsiella ictaluri* (YCK-01 and YCL-01) was identified in the kidneys and livers of diseased fish via phenotypic characteristics and PCR analysis using the *ictaluri*-specific primers IVS (an intervening sequence) and IRS (the inter-ribosomal spacer). Infectivity challenges by intraperitoneal and immersion routes showed that a representative bacterial strain (YCK) exhibited strong virulence to yellow catfish, with an LD₅₀ of 3.2×10^4 CFU/fish and 2.5×10^6 CFU/mL, respectively. This is the first report of *E. ictaluri* infection in yellow catfish from Korea.

Key words: Yellow catfish, *Edwardsiella ictaluri*, Pathogenicity

서 론

*Edwardsiella ictaluri*는 장내세균과에 속하는 그람 음성 간균으로 차넬메기(*Ictalurus punctatus*)의 enteric septicemia of channel catfish (ESC)의 원인균으로(Hawke, 1979; Hawke et al., 1981; Waltman et al., 1986), 숙주 특이성이 강하여 차넬동자개과(Ictaluridae)의 어류에만 감염되는 편성 병원체로 보고되어졌다(Hawke, 1979; Waltman et al., 1985; Baxa et al., 1990). 또한 Plumb and Schnchez (1983)도 blue tilapia (*Sarotherodon aureus*)에는 감수성이 있지만, golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*), largemouth bass (*Micropterus salmoides*), bighead carp (*Aristichthys nobilis*)에는 감수성이 없다는 것을 인위감염을 통하여 입증하였다. 그러나 다른 어종을 사용한 감염실험에서 European catfish, *Silurus glanis* (Plumb and Hilge, 1987), 왕연어, *Onchyrhynchus tshawytscha*와 무지개 송어, *O. mykiss* (Baxa and Hedrick, 1989) 및 white perch, *Morone americana* (Pasnik et al., 2007)는 감수성이 있

는 것으로 밝혀져, 차넬동자개과 이외의 어종에 발병할 가능성이 있다는 것이 제기되었다.

현재까지 *E. ictaluri*가 감염되는 어종으로는 danio, *Danio devario* (Waltman et al., 1985), walking catfish, *Clarias batrachus* (Kasornchandra et al., 1987), 한국산 메기, *Silurus asotus* (박과 김, 1994), 동남아산 메기, *Pangasius hypenthalmus* (Crumlish et al., 2002), tadpole madtom, *Noturus gyrinus* (Klesius et al., 2003), striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Yasuda et al., 2003), 무지개송어, *O. mykiss* (Keskun et al., 2004) 및 brown bullheads, *Amiurus nebulosus* (Iwanowicz et al., 2006)에 발병이 확인되었으며, 최근에는 은어, *Plecoglossu altivelis* (Sakai et al., 2008)와 동자개(Ye et al., 2009; Liu et al., 2010; Yi et al., 2010)에도 감염되는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 두부에 형성되는 궤양 때문에 어민들 간에는 “총 맞은 병(bullet-shot disease)”으로 불리고 있는 질병 원인균의 특성과 인위감염의 결과를 보고한다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0725>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(5) 725-730, October 2015

Received 31 August 2015; Revised 20 August 2015; Accepted 31 August 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1884 Fax: +82. 63. 463. 9493

E-mail address: psw@kunsan.ac.kr

재료 및 방법

원인균의 분리 및 생화학적 성상

2013년 8월 전북 정읍의 노지양식장에서 발병한 동자개, *Pelteobagrus fulvidraco* (평균 체장 11.5 cm)를 12마리를 사용하였다. 병어는 2-phenoxyethanol을 첨가하여 마취시킨 다음 외부 증상을 관찰하고 체표면을 70% 알콜솜으로 소독한 후 해부하여 내부 증상의 관찰 및 원인균의 분리에 사용하였다.

병어의 간, 비장 및 신장의 조직 일부분을 슬라이드글라스에 도말하여 Gram염색 또는 May-Grünwald Giemsa염색하는 동시에 tryptic soy agar (TSA, BD)에 접종하여 25℃에서 48시간 배양하였다. 발육한 균은 순수 분리한 다음 API 20E 및 API 50CH kit (Biomérieux, USA)을 이용하여 사용설명서에 따라 생화학적 검사를 실시하였다. 부가적으로 oxidase, catalase, Oxidation-Fermentation시험, Sulfide, Indole, Motility medium 및 식염첨가에 따른 발육을 상법에 따라 조사하였다. 식염에 따른 발육은 보통한천배지(nutrient agar, NA)에 접종하여 25℃에 48시간 배양한 다음 NaCl을 0, 1.5, 2, 3 및 4%가 되게끔 첨가한 NA와 nutrient broth에 접종하여 48시간 배양한 다음 발육의 유무를 판정하였다.

대조균주로는 표준 균주인 *Edwardsiella ictaluri* (ATCC 33202), 국산메기 뇌 유래의 B-4 (Park and Kim, 1994) 및 국산 메기에서 분리한 *E. tarda* (GEONGGI-01, Yu et al., 2009)를 사용하였다.

분자생물학적 동정

Intervening spacer와 Inter-ribosomal sequence사이의 부분을 증폭시키기 위한 Williams and Lawrence (2010)의 *E. ictaluri*-specific primer인 IVS (5'-TTA AAG TCG AGT TGG CTT AGG G-3')과 IRS (5'-TAC GCT TTC CTC AGT GAG TGT C-3')를 사용하여 PCR반응을 실시하였다.

반응조건은 95℃ 4분간 initial denaturation시킨 다음 30 cycles (95℃ 30 s; 60℃ 30 s; 72℃ 2 min)로 증폭시킨 다음 72℃, 10 분간 final extension시켰다. PCR반응물은 전기영동하여 2,000 bp의 특이 밴드를 확인하였다.

병원성

복강 주사와 침지 감염에 사용한 어류는 동일 증상의 질병이 발생한 적이 없는 민간의 양식장에서 입수한 체장 6.8-12.5 cm의 개체를 각 농도별로 20마리씩 사용하였다.

BHIA에 25℃에 48시간 배양균을 멸균생리식염수로 현탁시켜 10^4 - 10^7 CFU/mL의 균액을 만들어 복강주사의 경우는 항문 앞쪽의 복강에 각각의 희석균액 0.1 mL씩 접종하였다. 침지 감염을 위해서는 수조에 최종 농도가 10^4 - 10^7 CFU/mL되도록 균액을 첨가한 다음 통기시키면서 1시간 침지시켰다. 인위 감염시킨 후 56 cm × 36 cm × 30 cm의 사각수조에 수용하여 수온을

25℃로 통기 사육하면서 매일 1/2씩 환수시켰다. 사육기간 동안 먹이는 투여하지 않았으며, 대조군은 생리식염수를 세균액 대신으로 사용하였다.

복강 접종 또는 침지 감염시킨 어류는 10일간 사육하면서 매일 폐사를 관찰하였으며, 누적 폐사율은 Reed-Muench법 (1938)으로 구하였다. 또 폐사어 및 생잔어의 간장과 신장의 도말표본을 May-Grünwald Giemsa염색하거나 SS agar에 접종하여 접종균을 재분리를 시도하였다. 또한 침지감염 후 생잔한 개체는 동일 크기의 다른 수조에 옮겨 같은 조건으로 계속 사육하면서 증상의 재현 유무를 관찰하였다.

결과 및 고찰

발병시의 수온은 27℃였으며, 감염어는 두개골의 궤양 형성, 가슴지느러미와 꼬리지느러미의 발적, 항문과 비노생식공 주변의 발적 등의 증상을 나타내며(Fig. 1A-1C), 때로는 물표면에서 발광 유영하면서 폐사하였다. 내부적으로는 간장과 신장의 퇴색 및 발적이 뚜렷하였다(Fig. 1D). 그러나 외관상 복부팽만처럼 보이는 것은 복부 지방의 축적에 의한 것으로 지방과 생식소를 제거하면 신장과 간장 이외에는 이상은 발견할 수 없었다. 또한 소화관은 장염이 없이 고유의 색조와 탄력성을 유지하고 있었지만, 항문과의 연결 부위에 발적이 발견되는 정도였다. 병어의 신장과 비장을 도말하여 Gram염색 또는 May-Grünwald Giemsa염색하면 수많은 장간균이 주로 관찰되었다. 개체에 따라서는 장간균과 단간균이 혼재되고 있는 경우도 있으며, 일부의 마크로파아지는 원인균을 탐식하고 있었다. 신장의 stamp표본을 Gram하여 측정된 장간균의 크기는 $0.41 \sim 0.48 \times 2.18 \sim 5.57 \mu\text{m}$ ($n=20$)였다(Fig. 2).

병어의 증상은 Yi et al. (2010)이 보고한 동자개의 증상과는 거의 대부분이 일치하였다. 그러나 Ye et al. (2009)의 결과와는 피부의 발적, 두부의 궤양, 이상 유영, 간장의 발적 및 아래

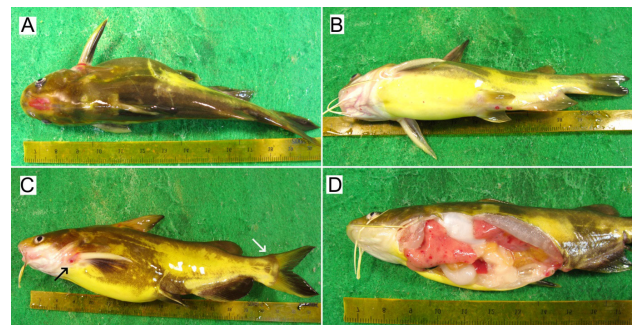


Fig. 1. Gross symptoms of diseased fish. A & C: hemorrhages on the head and at the base of the pectoral and caudal fins (arrow). B: Hemorrhages around the anus and progenital pore. D: hemorrhages in the pale live and kidney in a fish after removing the gonads and adipose tissues.

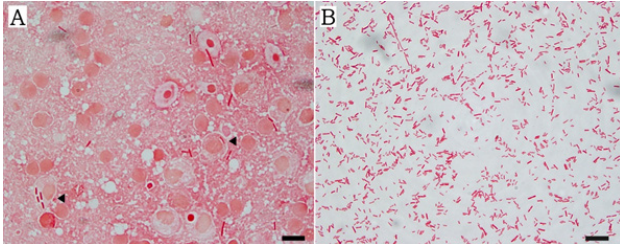


Fig. 2. A: Microscopy of kidney stamp smears showing long rod-shaped bacteria. Some macrophages contained rod-shaped bacteria (◄) within the cytoplasm. B: An isolate cultured on TSA for 24 h at 25°C. Note A lot of short rod-shaped bacteria. Gram stain. Bars=10 µm.

턱과 복부의 점상 출혈 등에서는 거의 일치하지만, 안구돌출 및 복수의 축적과 장염이 없는 점에서는 차이가 있었다. 또한 차넬메기(Hawke, 1978; Hawke et al., 1981; Jarboe et al., 1984; Shotts et al., 1986), 한국산 메기(Park and Kim, 1994), brown bullhead (Iwanowicz et al., 2006)의 증상과 유사하였지만, 안구돌출, 복수의 축적, 피부의 발적과 궤양의 형성 등의 증상이 나타나지 않는 것이 차이가 났다. 또한 두부에 궤양이 형성되지 않는 반면 복수의 축적과 복부의 출혈반점, 신장, 비장 및 간장에 백색 반점이 형성되는 동남아산 메기(Crumlish et al., 2002; Yasuda et al., 2003)와는 현저한 차이를 나타내었다.

Stamp표본에서의 균의 크기는 Yususa et al. (2003)의 동남아산 메기(*Pangasius hypophthalmus*) 및 Sakai et al. (2008)의 은어 유래균처럼 장간균으로 차넬메기에서 분리되는 균과는 형태적으로 차이가 났다. 그러나 병어에서 분리하거나 계대배양을 계속하면 단간균의 형태로 변화되는 경향이 있었다. Yusuda et al. (2003)도 *P. hypophthalmus*에서 분리한 *E. ictaluri*균은 계대배양과 장기간 보존 후에는 형태가 변화된다고 하였다.

병어의 신장과 비장을 TSA 및 SS에 접종하여 25°C에서 48시간 배양한 결과 원인균으로 추정되는 세균이 순수상태로 분리되어졌다. SS agar에서는 중앙부가 얇은 황색을 띠는 투명한 집락이 형성되었다. 신장과 간장 유래의 균주(YCK-1 및 YCL-1)를 TSA에 순수 분리하여 API 20E에 접종 배양한 결과의 profile은 분리균과 B-4는 400400057, ATCC 33202는 400410067, *E. tarda* (GEONGGI-01)는 460400057이었다. 분리균의 profile은 Soto et al. (2012)의 틸라피아 유래 균주의 결과와 일치하지만, Popovic et al. (2007)의 연구결과와 마찬가지로 *Yersinia ruckeri*, *E. ictaluri* 및 *Vibrio anguillarum*는 API system에는 포함되어 있지 않기 때문에 동정은 불가능하였고, *E. tarda*만이 동정되어졌다. TSA에 25°C에서 24시간 배양하여 그람 염색하면 장간균과 단간균이 혼재되어 나타내는데, 단간균의 크기(n=20)는 0.96~1.46×2.50~3.58 µm로 어체의 stamp표본에서의 크기에 비해 현저히 짧아지는 경향이 있었다.

분리균의 성상은 대조균으로 사용한 메기 유래의 *E. ictaluri*

(B-4)와 동일한 성상을 나타내었지만, ATCC 33202와는 질산염의 환원과 mannitol의 이용을 제외한 모든 성상에서 일치하였다(Table 1). 그러나 *E. tarda*와는 운동성, 포도상으로 부터의 가스 생산, H₂S의 생산 및 식염 존재하의 발육성에서 차이가 났다. 동자개 유래의 *E. ictaluri*분리균은 ATCC 33202와 거의 모든 성상에서 일치하지만 methyl red와 urease에서 차이가 나는 균주도 분리되고 있다(Ye et al., 2009; Yi et al., 2010). 본 연구의 분리균도 ATCC 33202 및 대조균과 대부분의 성상에서 일치하지만 식염의 존재 하에서의 발육에 현저한 차이가 있었다. 즉 Nagai et al. (2008)은 1.5%에서 발육하지만 4%에서는 발육하지 않으며, Ye et al. (2009)는 1.5%에서는 발육하지만, 2%에서는 발육하지 않았다고 보고하였다. 그러나 본 연구의 분리균은 한천평판과 액체배지를 사용한 배양에서 2%의 NaCl에서도 약한 발육을 나타내었다.

분리균과 대조균을 *E. ictaluri*-specific primer인 IVS와 IRS를 사용하여 PCR반응을 실시한 결과는 Fig. 3에 표시한 것처럼 본 연구의 분리균과 *E. ictaluri*대조균은 모두 2,000 bp의 특

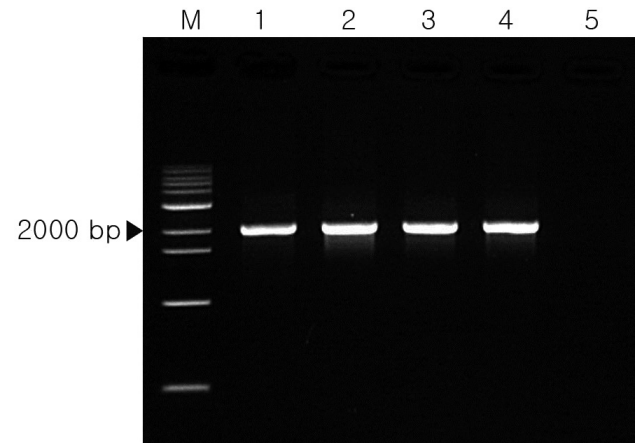


Fig. 3. Detection of *Edwardsiella ictaluri* from yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* using the *E. ictaluri*-specific primer sets IVS and IRS. M=molecular marker. 1: Present isolate (YCK-1). 2: present isolate (YCL-1). 3: B-4 (*E. ictaluri* from Korean catfish). 4: ATCC 33202 *E. ictaluri*. 5: GEONGGI-01 *E. tarda* from Korean catfish).

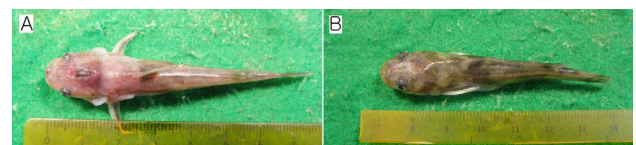


Fig. 4. Symptoms of yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* infected with the present isolate (YCK-1) by immersion route at 24 days after infection. Moribund (A) and dead (B) fish showing hemorrhages or a hole on the head.

Table 1. Comparison of biochemical characteristics among the present isolate (YCL-1 & YCK-1), the reference strains, *Edwasiella ictaluri* (B-4, ATCC 33202) and *E tarda* (GYEONGGI-01)

Characters	Present isolate		<i>E. ictaluri</i>		<i>E. tarda</i>
	YCL-1	YCK-1	B-4	ATCC 33202	(GYEONGGI-01)
Gram stain	-	-	-	-	-
Form	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod
Motility at					
25°C	+	+	+	+	+
37°C	-	-	-	-	+
Gas from glucose at					
25°C	+	+	+	+	+
37°C	-	-	-	-	+
H ₂ S production at					
25°C	-	-	-	-	+
37°C	-	-	-	-	+
Oxidase	-	-	-	-	-
Catalase	+	+	+	+	+
OF	F	F	F	F	F
Indole	-	-	-	-	+
MR	+	+	+	+	+
VP	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	-	+
Nitrate	+	+	+	-	+
ONPG	-	-	-	-	-
Arginine dihydrolase	-	-	-	-	-
Lysine decarboxylase	+	+	+	+	+
Ornithine decarboxylase	-	-	-	-	-
Urease	-	-	-	-	-
Tryptophane deaminase	-	-	-	-	-
Gelatinase	-	-	-	-	-
D-mannitol	-	-	-	+	-
Inositol	-	-	-	-	-
D-sorbitol	-	-	-	-	-
L-rhamnose	-	-	-	-	-
Sucrose	-	-	-	-	-
Melibiose	-	-	-	-	-
Amygdalin	-	-	-	-	-
L-arabinose	-	-	-	-	-
Growth on NA with NaCl					
0%	+	+	+	+	+
1.5%	+	+	+	+	+
2%	+w	+w	+w	+	+
3%	-	-	-	+	+
4%	-	-	-	+	+

Table 2. Mortality of yellow catfish challenged with the present isolate (YCK-1) by intraperitoneal or immersion routes at 25°C for 7 days

Bacterial dose (CFU/fish or mL)	Mortality (%)	LD ₅₀ (CFU/fish or mL)
Injection		
2.0×10 ⁷	100	3.2×10 ⁴
2.0×10 ⁶	100	
2.0×10 ⁵	36.4	
2.0×10 ⁴	5.9	
Control	0	
Immersion for 1 h		
2.0×10 ⁷	100	2.5×10 ⁶
2.0×10 ⁶	42.9	
2.0×10 ⁵	21.1	
2.0×10 ⁴	4.0	
Control	0	

이 밴드가 형성되어 *E. ictaluri*로 동정되지만, *E. tarda* 대조균인 GEONGGI-01은 특이 밴드가 형성되지 않았다. 또한 원인균을 사용하여 건강한 동자개에 복강내 주사 및 침지에 의한 인위감염시험을 실시한 결과, 그 반수치사농도가 각각 3.2×10⁴ CFU/fish 및 2.5×10⁶ CFU/mL로 비교적 강한 병원성을 나타내었다(Table 2).

그러므로 분리균의 생화학적 성장과 분자생물학적 동정 및 병원성 시험의 결과를 바탕으로 동자개의 두부에 특징적인 궤양 환부를 형성하는 질병의 원인균은 *E. ictaluri*로 확인되었다.

사 사

본 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원으로 이루어졌으며, 지원에 감사드립니다.

References

Baxa D, Groff J, Wishkovsky A and Hedrick R. 1990. Susceptibility of nonictalurid fishes to experimental infection with *Edwardsiella ictaluri*. Dis Aquat Org 8, 113-117.

Crumlish M, Dung T, Turnbull J, Ngoc N and Ferguson H. 2002. Identification of *Edwardsiella ictaluri* from diseased freshwater catfish, *Pangasiurs hypophthalmus* (Sauvage), cultured in the Mekong Delta, Vietnam. J Fish Dis 25, 733-737.

Geng Y, Wang K-Y, Fan F-L, Chen D-F and Huang J-L. 2010. Isolation, identification and biological characterization of *Edwardsiella ictaluri* from cultured yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Oceanologia Et Limnologia Sinica 41, 61-67.

Hawke J. 1979. A bacterium associated with disease of pond

cultured channel catfish, *Ictalurus punctatus*. J Fish Res Bd Can 36, 1508-1512.

Hawke J, McWhorter A, Steigerwalt A and Brenners D. 1981. *Edwardsiella ictaluri* sp. nov., the causative agent of enteric septicemia of catfish. Intl J Sys Bacteriol 31, 396-400.

Iwanowicz LR, Griffin AR, Cartwright DD and Blazer VS. 2006. Mortality and pathology in brown bullheads *Amiurus nebulosus* associated with a spontaneous *Edwardsiella ictaluri* outbreak under tank culture conditions. Dis Aquat Org 70, 219-225.

Jarboe HH, Bower PR and Robinette HR. 1984. Pathology associated with a natural *Edwardsiella ictaluri* infection in channel catfish (*Ictalurus punctatus* Rafinesque). J Wildlife Dis 20, 352-354.

Kasornchandra J, Rogers WA and Plumb JA. 1987. *Edwardsiella ictaluri* from walking catfish, *Clarias batrachus* L., in Thailand. J Fish Dis 10, 137-138.

Keskin O, Secer S, Izzur M, Turkyilmaz S and Mkakosya R. 2004. *Edwardsiella ictaluri* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turk J Vet Anim Sci 28, 649-653.

Klesius P, Lovy J, Evans J, Washuta E and Arias C. 2003. Isolation of *Edwardsiella ictaluri* from tadpole madtom in a southwestern New Jersey River. J Aquat Anim Health 15, 295-301.

Liu JY, Li AH, Zhou DR, Wen ZR and Ye XP. 2010. Isolation and characterization of *Edwardsiella ictaluri* strains as pathogens from diseased yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* (Richardson) cultured in China. Aquaculture Res 41, 1835-1844.

Morrison E and Plumb J. 1994. Olfactory organ of channel catfish as a site of experimental *Edwardsiella ictaluri* infection. J Aquat Anim Health 6, 101-109.

Newton JC, Wolfe LG, Grizzle JM and Plumb J. 1989. A.: Pathology of experimental enteric septicaemia in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), following immersion-exposure to *Edwardsiella ictaluri*. J Fish Dis 12, 335-347.

Pasnik DJ, Evans JJ and Klesius PH. 2007. Experimental *Edwardsiella ictaluri* infection causes mortality in white perch (*Morone americana*). J Anim Vet Adv 6, 646-649.

Park and Kim. 1994. Studies on disease of catfish (*Silurus asotus*) in Korea. III. *Edwardsiella ictaluri* infection. J Fish Pathol 7, 105-112.

Plumb J and Hilge V. 1987. Susceptibility of European catfish (*Silurus gjanis*) to *Edwardsiella ictaluri*. J Appl Microbiol 3, 45-48.

Plumb J and Sanchez D. 1983. Susceptibility of five species of fish to *Edwardsiella ictaluri*. J Fish Dis 6, 261-266.

Popovic NT, Coz-Rakovac R and Strunjak-Perovic I. 2007. Commercial phenotypic tests (API 20E) in diagnosis of fish bacteria: a review. Vet Med 52, 49-53.

Reed LJ and Muench H. 1938. A simple method of estimating

- 50 percent endpoints. Am J Hyg 27, 493-497.
- Sakai T, Kamaishi T, Sano M, Tensha K, Arima T, Iida Y, Nagai T, Nakai T and Iida T. 2008. Outbreaks of *Edwardsiella ictaluri* infection in ayu *Plecoglossu altivelis* in Japanese rivers. Fish Pathol 43, 152-157.
- Shotts E, Blazer V and Waltman W. 1986. Pathogenesis of experimental *Edwardsiella ictaluri* infections in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can J Fish Aquat Sci 43, 36-42.
- Soto E, Griffin M, Riofrio A, Marinez A and Cabrejos ME. 2012. *Edwardsiella ictaluri* as the causative agent of mortality in cultured Nile tilapia. J Aquat Anim Health 24, 81-89.
- Waltman W, Shotts E and Blazer V. 1985. Recovery of *Edwardsiella ictaluri* from danio (*Danio devario*). Aquaculture 46, 63-66.
- Watman W, Shotts E and Hsu E. 1986. Biochemical characteristics of *Edwardsiella ictaluri*. Appl Environ Microbiol 51, 101-104.
- Williams ML and Lawrence ML. 2010. Verification of an *Edwardsiella ictaluri*-specific diagnostic PCR. Lett Appl Microbiol 50, 153-157.
- Yasuda K, Khokidin EB, Panigoro N and Hatai K. 2003. First isolation of *Edwardsiella ictaluri* from cultured striped catfish *Pangasius hypophthalmus* in Indonesia. Fish Pathol 38, 181-183.
- Ye S, Li H, Qiao G and Li Z. 2009. First case of *Edwardsiella ictaluri* infection in China farmed yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture 292, 6-10.
- Yi G, Kaiyu W, Defang C, Fanling F and Yidan H. 2010. Isolation and characterization of *Edwardsiella ictaluri* from cultured yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Israeli J Aquaculture-Bamidgeh 62, 105-115.
- Yu J-H, Han JJ, Park KS, Park KH and Park SW. 2009. *Edwardsiella tarda* infection in Korean catfish, *Silurus asotus*, in a Korean fish farm. Aquaculture Res 41, 19-26.