

시중 유통 자연산 및 양식산 활어의 항생제 잔류

심길보*·목종수¹·조미라¹·김홍호¹·이태식·김지희·조영제²

국립수산물연구원 양식환경연구소, ¹식품안전연구원,

²부경대학교 식품공학과

Residues of Antibiotics in Wild and Cultured Fishes Collected from Coast of Korea

Kil Bo Shim*, Jong Soo Mok¹, Mi Ra Jo¹, Poong Ho Kim¹,

Tae Seek Lee, Ji Hoe Kim and Young Je Cho²

Aquaculture Environment Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea

¹*Food Safety Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea*

²*Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

Wild and cultured fish including olive flounder, sea bass, rock bream, yellowtail, gray mullet, gizzard shad, black rockfish, red seabream and squid were collected from a fish market located on the coast of Korea, and the antibiotic content of their muscle was investigated. Tetracycline group antibiotics were not detected in the 108 individuals of 9 species of wild fish. However, oxytetracycline (OTC) and tetracycline (TC) were detected in some samples of the 111 individuals in 7 cultured live fish species. The detected ranges of OTC and TC were ND~0.06 and ND~0.03, respectively. Five different fluoroquinolone antibiotics were also tested for, but were not detected in the wild fish species. Only small amount of ciprofloxacin (ND~0.029 mg/kg) were detected in a few cultured fish samples. Oxolinic acid was not detected in either wild and cultured fish samples. Results showed that even very low levels of antibiotics could be detected by the testing methods used. Antibiotics were identified in a few fish samples but levels were far below the maximum allowable limits of the Korean Food Code, and the safety of fish being sold in markets, with regard to antibiotic levels, was confirmed

Key words : Wild fish, Cultured fish, Antibiotic substance, Tetracycline, Fluoroquinolon, Oxolinic acid

서 론

최근 우리나라의 수산물 소비는 연도에 따른 차이는 있으나 지속적으로 증가하는 추세에 있어 2007년도 1인당 연간 수산물 소비량은 54.9 kg으로 2000년 36.7 kg에서 비하여 약 1.5배 증가하였다 (KREI, 2008). 이 중 어류의 소비량은 20.9 kg, 패류는 19.6 kg, 해조류는 14.4 kg 소비한 것으로 나타나 있다 (KREI, 2008). 그리고 어류 소비량 중 생선회의 소비 비중은 정확한 통계로는 보고된 바 없으나 1인당 연간 약 3.2 kg 소비하는 것으로 추정하고 있다 (Cho, 2008). 우리나라의 양식어류 생산량은 2007년도에 97,663톤이며, 대부분은 생선회로 소비되는 것으로 보고되었다 (Cho, 2008).

그러나 자연산 및 양식산 횡감용 활어에 대한 소비자 선호도 조사결과, 양식산보다 자연산 활어를 선호하는 것으로 나타나 있으며, 가장 주된 이유는 양식산 활어에서 문제시되는 항생제로부터 안전하기 때문이라고 생각하는 것으로 보고되었다 (Kim et al., 2006; Jeong et al., 2003). 따라서 수산용 항생제의 안전성 문제는 양식 어류의 소비에 가장 큰 걸림돌

로 작용하는 것으로 판단된다.

그러나 어류를 양식하는 과정에서 발생하는 질병의 예방 및 치료 등 생산성 향상을 위하여 수산용의약품이 사용되기도 한다. 2007년 수산용 항생제의 판매량은 총 220,889 kg이며, 이중 테트라사이클린계 168,835 kg으로 76.4%를 차지하고 있으며, 퀴놀론계항생제는 9,665 kg으로 4.4%를 차지하였다. 이처럼 수산용 항생제는 테트라사이클린계가 주를 이루고 있으며, 이외에 여러 종류의 항생제들도 사용되고 있다. 한편, 정부에서는 이러한 어류양식에 사용되는 수산용의약품의 안전성을 확보하기 위하여 각 약품에 대한 어종별 투약기준 및 휴약기간을 법으로 규정하고 있으며, 또한 최종 소비단계에서 약품별 잔류기준도 설정하고 있다 (KFDA, 2009).

저자들은 양식에 대한 수산용 항생제 안전성 확보를 위하여 어류 근육 중 분석법을 개발한 바 있고 (Jo et al., 2006; Lee et al., 2006; Jo, 2006; Lee et al., 2005; Lee et al., 2005), 남해안에서 양식 중인 어류의 테트라사이클린계 항생제와 플로르퀴놀론계 항생제 잔류량에 대해서도 보고한 바 있다 (Kim et al., 2006).

본 연구에서는 넙치, 농어, 참돔 등 횡감용 활어의 식품위생

*Corresponding author: kilbo1221@nfrdi.go.kr

학적 안전성을 파악하고자 시중에서 유통 중인 자연산 및 양식산 활어에 대하여 테트라사이클린계, 플로르퀴놀론계 및 옥소린산 등 수산용의약품의 잔류량을 분석하였다.

재료 및 방법

시료

자연산과 양식산 활어의 식품위생학적 안전성 평가를 위하여 국내 유통되고 있는 횡감용 활어 중 대표적인 어종인 넙치 (*Olive flounder, Paralichthys olivaceus*), 농어 (*Sea bass, Lateolabrax japonicus*), 돌돔 (*Rock bream, Oplegnathus fasciatus*), 방어 (*Yellowtail, Seriola quinqueradiata*), 승어 (*Gray mullet, Mugil cephalus*), 조피볼락 (*Black rockfish, Sebastes schlegelii*), 참돔 (*Red seabream, Pagrus major*), 등은 자연산과 양식산을, 전어 (*Gizzard shad, Konosirus punctatus*) 및 연체류인 살오징어 (*Squid, Todarodes pacificus*)는 자연산을 통해 (포항), 서해 (군산), 남해 (통영)에서 봄철은 2005. 4.~2005. 5, 여름철은 2005. 8~2005. 9, 가을철은 2004. 10~2004. 11, 겨울철은 2005. 1~2005. 2에 각각 구입하여 시료로 사용하였다. 구입한 시료는 초순수로 깨끗이 세척한 후 껍질과 내장을 제거하고, 가식부인 근육만을 채취하여 분석에 사용하였다.

테트라사이클린(Tetracyclines)계 항생제 분석

테트라사이클린계 항생제의 분석은 어패류 중의 항생제 분석법 (NFRDI, 2006)의 방법으로 준하여, 옥시테트라사이클린 (Oxytetracycline, OTC), 테트라사이클린 (Tetracycline, TC), 클로르테트라사이클린 (Chlortetracycline, CTC), 독시사이클린 (Doxycycline, DC) 4종을 분석하였다. 즉, 잘게 마쇄한 어육 10 g에 0.5% disodium EDTA가 함유된 5% trichloroacetic acid를 40 mL 첨가하여 2분간 균질화 하였다. 균질액은 8,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 분액여두로 옮긴 후 n-hexane : chloroform (9:1)용액 40 mL로 2회 세정하여 지질성분을 제거하였다. 추출액은 감압농축기(EYELA, Japan)로 40 °C에서 3 mL정도 되게 농축하고, Sep-pak C18 카트리지(Waters, USA)에 흡착시킨 다음 증류수 40 mL로 세척한 후, methanol 40 mL로 흡착물을 용출시켰다. Methanol 용출물은 감압 농축하여 건조시키고, acetonitrile과 증류수(3:7) 혼합액으로 2 mL로 용해시켜 0.45 µm filter로 여과한 후 HPLC로 분석하였다.

플로르퀴놀론(Fluoroquinolones)계 항생제 분석

활어로부터 플로르퀴놀론계 항생제 분석은 어패류 중의 항생제 분석법(NFRDI, 2006)의 방법에 준하여, 오픈록사신 (Ofloxacin (OFL), 페플록사신 (Pefloxacin, PEF), 노플록사신 (Norfloxacin, NOR), 시플록사신 (Ciprofloxacin, CIP), 엔로플록사신 (Enrofloxacin, ENRO) 5종을 분석하였다. 즉, 잘게 마쇄한 어육 5 g을 취하여 이동상과 acetonitrile의 1:1 혼합액을 40 mL를 가하여 2분간 균질화한 다음, 80 °C에서 5분간 중탕으로 가열하여 방냉하였다. 그리고 5,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액에 hexane 50 mL를 가하여 분획하였다. 하층액을

감압농축기로 건조한 다음, 이 건조물에 이동상 2.5 mL를 가하여 용해시킨 후 0.2 µm filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다.

옥소린산(Oxolinic acid) 분석

어류에 대한 옥소린산 분석은 어패류 중의 항생제 분석법 (NFRDI, 2006)의 방법으로 실시하였다. 즉, 잘게 마쇄한 어육 10 g을 취하여 dichromomethane 40 mL를 첨가하여 2분간 균질화 하였다. 균질액은 8,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후 dichromomethane층만을 취하여 농축수기로 옮기고, 추출잔사는 같은 용매를 사용하여 재추출하였다. 2회 추출한 추출액은 감압 농축기로 1 mL로 농축시켰으며, 이 농축액에 0.1 N HCl 40 mL를 가한 후 분액여두에 옮기고, hexane 40 mL로 2회 세척하여 지질성분을 제거하였다. 지질을 제거한 추출액은 dichromomethane 40 mL로 2회 추출하고, 모아진 dichromomethane층을 감압농축기에서 완전히 건조시켰다. 이 건조물은 이동상 2 mL로 용해시킨 후 0.45 µm filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다.

결과 및 고찰

연안에서 계절별로 구입한 자연산 및 양식산 활어에 대한 테트라사이클린계열, 플로르퀴놀론계열 및 옥소린산 항생제 분석결과는 계절별로 구분하여 Table 1~4에 각각 나타내었다.

자연산과 양식산 활어의 테트라사이클린계열 항생제 잔류

봄철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 6종 18개체에 대한 테트라사이클린계열 항생제 잔류량을 조사한 결과, 양식산 돌돔과 승어 각 1개체에서만 OTC가 0.02 mg/kg 검출되었다 (Table 1). 여름철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 테트라사이클린계열 항생제 잔류량을 조사한 결과, OTC가 양식산 돌돔, 참돔, 넙치에서 검출되었으나 그 함량이 평균 0.02~0.03 mg/kg 으로 극미량이었다 (Table 2).

가을철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 테트라사이클린계열 항생제를 조사한 결과, 자연산 활어에서는 검출되지 않았으나 양식산 활어의 경우 남해산 돌돔 3개체 중 1개체에서 TC가 0.01 mg/kg 검출되었으며, 조피볼락 3개체 중 1개체에서 OTC 및 TC가 각각 0.02, 0.03 mg/kg, 동해산 넙치 3개체 모두에서 0.01~0.06 mg/kg의 OTC가 미량 검출되었다 (Table 3). 겨울철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 테트라사이클린계열 항생제 잔류량을 조사한 결과, 양식산 넙치 1개체에서만 OTC가 0.01 mg/kg 검출되었다 (Table 4).

Lee et al. (2005)이 보고한 넙치양식장을 대상으로 한 항생제 사용실태 모니터링에서 OTC의 잔류량이 불검출~2.17 mg/kg 이었으며 TC, CTC, 및 DC의 잔류량이 각각 불검출~0.26, 불검출~0.27, 불검출~0.19 mg/kg 이었다는 결과와 비교하였을 때, 본 연구결과에서는 OTC만이 검출되었으며, 검출량은 불검출~0.06 mg/kg으로 극미량이었다. 이는 넙치양식장이 출하단계에서 철저한 휴약기간 등의 관리가 이루어짐으로 본 연구결과에서 보다 더 낮은 함량을 나타낸 것으로 판단된다.

Table 1. Range of residual tetracycline group, fluoroquinolone group and oxolinic acid antibiotics in the muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in spring (2005.03-2005.05) (unit: mg/kg)

Region	Species	Tetracycline group Antibiotics ¹⁾				Fluoroquinolone group Antibiotics ²⁾					Oxolinic acid	No.
		OTC	TC	CTC	DC	OFL	PEF	NOR	CIP	ENRO		
Wild fish	Sea bass	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Gizzard shad	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Squid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Gray mullet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Total	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27
Cultured fish	Sea bass	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock bream	ND~0.02 (0.01 ⁴⁾)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.001 (0.0005)	ND	ND	3
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.001 (0.0005)	ND	ND	3
	Gray mullet	ND~0.02 (0.01)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Total	ND~0.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.001	ND	ND	21

¹⁾: OTC, Oxytetracycline; TC, Tetracycline; CTC, Chlortetracycline; DC, Doxycycline.

²⁾: OFL, Ofloxacin; PEF, Pefloxacin; NOR, Norfloxacin; CIP, Ciprofloxacin; ENRO, Enrofloxacin.

³⁾: ND: Not detected.

⁴⁾: Means.

Table 2. Range of residual tetracycline group, fluoroquinolone group and oxolinic acid antibiotics in the muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in summer (2005.08-2005.9) (unit: mg/kg)

Region	Species	Tetracycline group Antibiotics ¹⁾				Fluoroquinolone group Antibiotics ²⁾					Oxolinic acid	No.
		OTC	TC	CTC	DC	OFL	PEF	NOR	CIP	ENRO		
Wild fish	Sea bass	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Gizzard shad	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Squid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Gray mullet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Total	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27
Cultured fish	Sea bass	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.006 (0.003)	ND	ND	3
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004~0.005 (0.005)	ND	ND	3
	Rock fish	0.03~0.03 (0.03 ⁴⁾)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004~0.006 (0.003)	ND	ND	3
	Red seabream	0.01~0.02 (0.02)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Olive flounder	0.02~0.04 (0.03)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.001 (0.0005)	ND	ND	3
	Gray mullet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	ND~0.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.006	ND	ND	18

¹⁾: OTC, Oxytetracycline; TC, Tetracycline; CTC, Chlortetracycline; DC, Doxycycline.

²⁾: OFL, Ofloxacin; PEF, Pefloxacin; NOR, Norfloxacin; CIP, Ciprofloxacin; ENRO, Enrofloxacin.

³⁾: ND: Not detected.

⁴⁾: Means.

Table 3. Range of residual tetracycline group, fluoroquinolone group and oxolinic acid antibiotics in the muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in fall (2004.10-2004.11) (unit: mg/kg)

Region	Species	Tetracycline group Antibiotics ¹⁾				Fluoroquinolone group Antibiotics ²⁾					Oxolinic acid	No.	
		OTC	TC	CTC	DC	OFL	PEF	NOR	CIP	ENRO			
Wild fish	Sea bass	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Gizzard shad	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	East sea	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
		Squid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	West sea	Gray mullet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Total		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27
Cultured fish	Sea bass	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	South sea	Yellowtail	ND	ND~0.01 (0.003 ⁴⁾)	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.017 (0.006)	ND	ND	3
		Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Red seabream	ND~0.02 (0.01)	ND~0.03 (0.01)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	East sea	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	West sea	Gray mullet	0.01~0.06 (0.03)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
Total		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21	

1): OTC, Oxytetracycline; TC, Tetracycline; CTC, Chlortetracycline; DC, Doxycycline.

2): OFL, Ofloxacin; PEF, Pefloxacin; NOR, Norfloxacin; CIP, Ciprofloxacin; ENRO, Enrofloxacin.

3): ND: Not detected.

4): Means.

Table 4. Range of residual tetracycline group, fluoroquinolone group and oxolinic acid antibiotics in the muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in winter (2005.1-2005.2) (unit: mg/kg)

Region	Species	Tetracycline group Antibiotics ¹⁾				Fluoroquinolone group Antibiotics ²⁾					Oxolinic acid	No.	
		OTC	TC	CTC	DC	OFL	PEF	NOR	CIP	ENRO			
Wild fish	Sea bass	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Gizzard shad	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	East sea	Olive flounder	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
		Squid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	West sea	Gray mullet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
	Total		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27
Cultured fish	Sea bass	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.029 (0.011 ⁴⁾)	ND	ND	3	
	Rock bream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Yellowtail	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Rock fish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	Red seabream	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
	East sea	Olive flounder	ND~0.01 (0.005)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.003 (0.001)	ND	ND	3
	West sea	Gray mullet	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	
Total		ND~0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND~0.029	ND	ND	21	

1): OTC, Oxytetracycline; TC, Tetracycline; CTC, Chlortetracycline; DC, Doxycycline.

2): OFL, Ofloxacin; PEF, Pefloxacin; NOR, Norfloxacin; CIP, Ciprofloxacin; ENRO, Enrofloxacin.

3): ND: Not detected.

4): Means.

계절별, 어종별에 따른 OTC 잔류량의 유의적인 차이는 확인되지 않았으나 돌돔은 겨울에 채취한 시료를 제외하고는 모두 검출되는 등 다소 높은 검출빈도를 나타내었다. 이는 양식어류내의 OTC 배설은 온도와 가장 밀접한 관계가 있으며, 온도가 높을수록 배설이 빠르다는 보고와 관계가 있는 것으로 추정된다 (Salte and Liestøl, 1983; Jacobsen, 1989).

이상의 결과 자연산 활어에서는 테트라사이클린계열 항생제가 검출되지 않았으며, 양식산 활어에서 일부 시료에서 극미량 검출 (불검출~0.06 mg/kg) 되었다. 우리나라 어류에 대한 테트라사이클린계열 항생제의 허용기준치 (KFDA, 2009)는 OTC, CTC 및 TC의 합계로 0.2 mg/kg 및 DC 0.05 mg/kg이며, 본 연구결과는 이에 훨씬 못 미치는 매우 안전한 수준이었다.

자연산과 양식산 활어의 플로르퀴놀론계열 항생제 잔류

봄철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 플로르퀴놀론계 항생제 잔류량을 조사한 결과 자연산 활어에서는 검출되지 않았으나, 양식산 돌돔 2개체 중 1개체 및 넙치 2개체 중 1개체에서 CIP이 각각 0.001 mg/kg이 검출되었다 (Table 1). 여름철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 6종 18개체에 대한 플로르퀴놀론계열 항생제 잔류량을 조사한 결과 자연산 활어에서는 검출되지 않았으나, 양식산 활어에서는 CIP이 돌돔, 방어, 조피볼락, 넙치에서 ND~0.006 mg/kg, 농어에서는 ND~0.005 mg/kg으로 검출되었다 (Table 2).

가을철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 플로르퀴놀론계열 항생제에 대한 잔류량을 모니터링한 결과, 자연산 활어에서는 검출되지 않았으나, 양식산 활어의 경우 돌돔 3개체 중 1개체에서 CIP이 0.017 mg/kg로 미량 검출되었다 (Table 3). 겨울철 자연산 활어 9종 27개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 플로르퀴놀론계열 항생제 잔류량을 조사한 결과 자연산 활어에서는 검출되지 않았으나, 양식산 활어 중에서는 CIP이 농어 3개체 중 2개체에서 0.003~0.029 mg/kg, 넙치 3개체 중 1개체에서 0.003 mg/kg으로 미량 검출되었다 (Table 4). 따라서 자연산 활어에서는 플로르퀴놀론계열 항생제가 검출되지 않았으며, 양식산 활어에서 일부 시료에서 극미량 검출되었다.

남해안 넙치, 농어, 조피볼락, 참돔 양식장의 플로르퀴놀론계열 항생제 잔류량을 조사한 결과, 넙치는 모든 플로르퀴놀론계열 항생제가 검출되었으며, 농어와 조피볼락은 OFL, NOR는 전혀 검출되지 않았으나 PEF, CIP는 미량 검출되었고, 참돔은 NOR와 ENRO가 미량 검출되었다고 보고하고 있다 (Kim et al., 2006). 또한 시기별로는 하절기에 여러 가지 플로르퀴놀론계열 항생제를 사용하고 있으며, 지역적으로는 특정 플로르퀴놀론계열 항생제가 사용되고 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구결과에서도 하절기에 플로르퀴놀론계열 항생제가 많이 검출되고 있는 것으로 나타나 유사한 결과를 나타내었다.

또한 제주, 거제 및 완도에서 양식되어 출하된 넙치 92개 시료 중에서 ENRO가 최대 0.102 mg/kg이 검출되었으며, 통영

과 여수에서 양식되어 출하된 조피볼락은 OFL 및 ENRO가 극미량 검출되었다 (Kim et al., 2006). 본 연구에서는 양식산 활어에서 플로르퀴놀론계열 항생제 중 CIP 만이 ND~0.029 mg/kg 함량 검출되었으며, 특히 넙치는 불검출 또는 극미량만이 검출되었다.

우리나라의 플로르퀴놀론계열 항생제에 대한 허용기준치는 엔로플록사신과 시플록사신을 합쳐하여 0.1 mg/kg이며, 노플록사신, 오플록사신, 페플록사신은 불검출로 정하고 있다. 따라서 우리나라에 유통되고 있는 양식산 활어는 우리나라의 기준에 훨씬 못 미치는 매우 안전한 것으로 판단되었다.

자연산과 양식산 활어의 옥소린산 항생제 잔류

전국 연안에서 2004년 8월부터 2005년 3월까지 수집한 자연산 활어 9종 108개체 및 양식산 활어 7종 81개체에 대한 옥소린산 잔류량을 모니터링한 결과는 Table 1~Table 4에 나타내었다. 모든 자연산과 양식산 활어에서 옥소린산은 검출되지 않아 우리나라 유통 활어는 옥소린산에 대하여는 매우 안전한 것으로 판단되었다. 한편, 우리나라 어류에 대한 옥소린산의 허용기준치는 0.1 mg/kg로 정하고 있다 (KFDA, 2009).

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2009-FS-015) 및 수산특정 연구개발과제(mnf12004013-2-1-sb010)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Austin B. 1985. Antibiotic pollution from fish farms: effect on aquatic microflora. *Microbiological Science* 2, 113-117.
- Bernoth EM. 1991. Possible hazards due to fish drugs. *Bulletin of the European Association on Fish Pathology* 11, 17-21.
- Cho YJ. 2008. Raw sliced fish studies, Pukyong National University Press, Busan, Korea, 15-16.
- Jacobsen P and Berglund L. 1988. Persistence of oxytetracycline in sediments from fish farms. *Aquaculture* 70, 365-379.
- Jeong MS and Lim KH. 2003. A study on consumption structure of law fishes, Korea Maritime Institute, Research Project Report, 1-158.
- Jo MR, Kim PH, Lee HJ and Lee TS. 2006. A new analytical method for fluoroquinolones in fisheries products by high performance liquid chromatography, *J Kor Fish Soc* 39, 59-65.
- Jo MR, Kim PH, Lee TS, Oh EG, Yu HS and Lee HJ. 2006. Simultaneous determination of amoxicillin and ampicillin in fish meat using high-performance liquid chromatography. *J Kor Fish Soc* 39, 454-

- 459.
- KFDA (Korea Food & Drug Administration). 2009. Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea, Annex 7.8, 7.13-7.14.
- Kim BE, Cho YJ and Shim KB. 2005, A study on preference and promoting consumption of slice raw fish to conduct a questionnaire survey of citizens of Busan. *J Fish Mar Sci Edu* 17, 413-426.
- Kim PH, Lee HJ, Jo MR, Lee TS and Ha JH. 2006. Residual concentrations of fluoroquinolones in farmed fish in the southern coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 39, 66-71.
- KREI (Korea Rual Economic Institute). 2008. Food Balance Sheet (2007), Korea Rual Economic Institute, Seoul, Korea, 9-181.
- Lee HJ, Lee TS, Son KT, Kim PH, Jo MR, Park MJ and Yi YH. 2005. Analysis of oxolinic acid in fish products using HPLC, *J Kor Fish Soc* 38, 379-384.
- Lee HJ, Lee TS, Son KT, Kim PH, Jo MR, Park MJ and Yi YH. 2005. Analysis of tetracyclines using high-performance liquid chromatography for fishery products. *J Kor Fish Soc* 38, 372-378.
- Lee NS. 2006. A Study on the distribution and consumption structure of aquacultural flatfish. *The Fish Business Admin Soc Kor* 37, 61-83.
- Lee TS, Lee HJ, Jo MR, Byun HS, Son KT, Park MJ and Yi YH. 2006. Analysis of spiramycin in fish using high performance liquid chromatography. *J Kor Fish Soc* 39, 78-84.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development). 2006. Analysis of antibiotic using HPLC for fishery product. Gudeok Press, Busan, Korea, 1-99.
- Park SK and Kim MJ. 2008. Effects of changing age structure of population on seafood consumption. *Ocean Policy Research* 23, 1-26.

2009년 10월 13일 접수

2010년 1월 12일 수정

2010년 2월 18일 수리