한국환경보건학회지, 제44권 제5호(2018)
J Environ Health Sci. 2018; 44(5): 444-451
pISSN: 1738-4087 eISSN: 2233-8616
https://doi.org/10.5668/JEHS.2018.44.5.444

원 저 Original articles

인천 유통 수산물 중 잔류동물용의약품 조사

장진섭† · 허명제 · 김명희 · 한영선 · 권성희 · 여은영 · 홍성희 · 김지선 · 이승리
인천광역시 보건환경연구원 식품분석과

Monitoring of Residual Veterinary Drugs in Incheon Fishery Products Distribution

Jin-Seob Jang†, Myong-Je Hur, Meyong-Hee Kim, Young-Sun Han, Sung-Hee Kwon, Eun-Young Yeo, Seong-Hee Hong, Ji-Sun Kim, Seung-Ri Lee
Division of Food Analysis, Incheon Research Institute of Public Health and Environment

ABSTRACT

Objectives: This study was carried out to provide safe seafood to the public through simultaneous analysis rapid inspections for residual veterinary drugs in 150 fishery products in 2016.

Methods: Quinolones (9), Sulfonamides (14), Penicillins (2), Cephalosporins (3), Tetracyclines (4), Macrolides (4), Lincosamides (2), Pleuromutilin (1), Phenicols (4), benzylpyrimidines (2), Others (1) Malachite green (2), and Melamine (1) were analyzed for 49 species using by HPLC and HPLC-MSMS.

Results: There were six unsuitable samples, five among fish and one for crustaceans. Within the standard detection were five fish. The antibiotics found were Quinolones (50%), Tetracyclines (33%) and Penicillins (17%).

Conclusions: As a result of the experiment, there were six unsuitable samples, five for fish and one for crustaceans. The most prevalent antibiotics were Quinolones. The quinolone antibiotics are highly persistent in fish tissues, so they require more time than the withdrawal period for other common veterinary drugs. Careful attention is required when they are used in fish farms.

Keywords: Residual veterinary drugs, fishery products, antibiotics, HPLC-MSMS

I. 서 론

현재 국내 뿐만 아니라 전 세계적으로 수산물 양식에서 질병 치료 및 예방을 위해 동물용의약품은 불가피하게 사용되고 있으며, 각각의 용도에 따라 용법, 용량, 휴약기간*을 유념해서 사용하면 안심하고 먹을 수 있는 수산물을 생산할 수 있다. 하지만 동물용의약품을 오·남용하게 되면 수산물에 많은 양의 동물용의약품이 잔류할 수 있고 이 수산물을 섭취한 사람에게 유해한 영향을 미칠 수 있다. 항생제 내성균의 발생은 사람과 가축, 수산생물의 질병 치료를 어렵게 만들 수 있으며 알레르기 반응, 내분비교란 등의 사례 보고도 증가하고 있는 추세이다.

동물용의약품이란 농림축산식품부령 「동물용의약품 등 취급규칙」에서 '동물용으로만 사용함을 목적으로 하는 의약품을 말하며, 양봉용·양잠용·수산용 및 애완용(관상어 포함) 의약품을 포함한다.'라고 정의하고 있다.

동물용의약품은 약품의 계열별 분류와 사용목적에 따른 분류가 있다. 계열별 분류로는 항생제, 항콕시

†**Corresponding author:** Division of Food Analysis, Incheon Research Institute of Public Health and Environment, 22320 Seohaedae-ro 471, Jung-gu, Incheon, South Korea, Tel: +82-32-440-5462, Fax: +82-32-440-5494, E-mail: hyohwa@korea.kr
Received: 07 September 2018, Revised: 20 September 2018, Accepted: 01 October 2018

듐제, 항원충제, 신경계작용제, 합성항균제, 호르몬제, 구충제, 살충제로 분류되고, 사용목적에 따른 분류로는 생산성향상약, 질병예방약, 질병방제약, 질병치료약, 방역약으로 분류된다.[3),6),19),21)] 허가된 수산용의약품은 약 750여 품목이 있으며, 마취제, 소화촉진제, 호르몬제, 비타민제 등을 제외한 약 319여 품목(백신 포함)이 어류질병과 관련한 치료와 예방 약품이다. 어류 질병과 관련된 약품(백신 제외)은 약 60여 유효성분으로 이루어져 있고, 세부 종류로는 항병원성의 항균항생물질 51개 성분, 구충제 5개 성분, 그리고 의약외품인 소독제 5개 성분이 있다.[6)]

국내에서 가장 많이 사용되는 동물용의약품은 항생제와 합성항균제이며, 그 종류로는 테트라싸이클린(Tetracyclines)계, 페니실린(Penicillins)계, 설폰아마이드(Sulfonamides)계, 마크로라이드(Macrolides)계, 퀴놀론(Quinolons)계 순으로 판매량이 조사되었다.[19)]

항생물질 사용량을 줄이기 위한 노력의 일환으로 EU는 2006년부터 항생물질의 사료첨가제 사용을 전면 금지하고 치료용으로만 사용하고 있으며, 국내에서도 2011년부터 항생물질을 사료첨가제로 사용하는 것을 금지하고 항생물질 사용량을 줄이기 위한 노력을 해오고 있다.

국내 유통 수산물의 수거·검사 중 동물용의약품의 부적합 현황에서도 2013년에는 22건, 2014년 45건, 2015년 2건, 2016년 12건으로 2015년에는 부적합 건수가 감소하였다가 2016년부터 다시 부적합이 증가하고 있는 실정이다.[23)]

2016년 이전의 식품공전 시험법은 동물용의약품의 계열 또는 단일시험법으로, 검사시 일부 항목만을 선택 검사하여 잔류물질(Residues)의 검출이 어려웠지만 「식품의약품안전처 고시 2015-78호(2016.1.1.시행)」의 수산물 중 동물용의약품 동시 다성분 시험법의 신설로 다양한 잔류물질을 스크리닝 할 수 있게 되었다.

본 조사는 2016년 인천지역 유통수산물 150건을 대상으로 수산물 중 동물용의약품 동시 다성분 시험법에 따라 정성검사 후 검출 시 정량시험법에 따라 검사했으며, 검사대상 동물용의약품은 퀴놀론계(9종), 설파계(14종), 페니실린계(2종), 세팔로스포린계(3종), 테트라싸이클린계(4종), 마크로라이드계(4종), 린코사마이드계(2종), 플레로무티린계(1종), 페니콜계(4종), 벤질피리미딘계(2종), 기타(1종) 및 말라카이트 그린(2종)과 멜라민(1종)을 포함하여 모두 총 49종을 검사하였고, 실험 결과 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)이 초과한 수산물의 유통을 차단하여 시민의 불안감 해소 및 안전한 먹거리 제공을 위해 노력할 수 있었다.

II. 재료 및 방법

1. 시약 및 실험재료

표준물질로 사용한 암피실린(Ampicillin) 등 45종은 Sigma-Aldrich에서 구매하였고, 시프로플록사신(Ciprofloxacin), 엔로플록사신(Enrofloxacin)은 Fluka, 데스후로일세프티오퍼(Desfuroyl ceftiofur)은 Toronto research chemical, 오르메토프림(Ormetoprim)은 TCI (Tokyo Chemical Industry)에서 구매하였다. 분석에 사용된 Distilled water (DW)는 3차 증류수이며, 아세토니트릴(Acetonitrile), 헥산(Hexan)은 J.T.Baker, 디클로로메탄(Dichloromethane), 메탄올(Methanol)은 Burdick&Jackson, 전처리를 위한 C18분말(Prep C18 55~105 μm)은 Waters에서 구매하여 사용하였다.

실험재료는 2016년 1~10월 중 인천관내 유통 중인 수산물 150건(어류 125건, 연체류 17건, 패류 1건, 갑각류 5건, 기타 2건)을 재래시장, 마트 등에서 수거하여 검사를 실시하였다. 본 실험의 실험재료는 유통 수산물 전체의 대표성은 부족하다.

2. 시험방법

2.1. 기기분석 조건

분석기기로 HPLC는 Nanospace SI-2 Model (Shiseido Co. Ltd., Tokyo, Japan), 고속액체크로마토그래피 질량분석기(HPLC-MSMS)는 TSQ Quantum Ultra (Thermo Fisher Scientific Inc, Waltham, USA)를 이용하여 분석하였으며, 표준품별 질량분석기 조건은 Table 1과 같으며, 고속액체크로마토그래피 질량분석기(HPLC-MSMS) 분석조건은 Table 2와 같다.

*휴약기간(withdrawal period): 동물용의약품을 마지막으로 투여한 다음날로부터 약리 대사작용에 의해 양식어류의 체내에서 약제가 소실되어 양식어를 출하해도 무방한 시기가 될 때까지의 기간

Table 1. Acquisition Parameters of 49 veterinary drugs by HPLC-MSMS

No*	Compound	Ionization mode	RT† (min)	Precusor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision Energy (V)	RF‡ Lens (V)
1	Norfloxacin	positive	3.65	320.070	205, 233, 302	34, 25, 21	178
2	Pefloxacin	positive	3.75	334.145	233, 290, 316	26, 18, 21	172
3	Ofloxacin	positive	3.77	362.180	261, 318, 344	29, 20, 23	205
4	Ciprofloxacin	positive	3.84	332.095	231, 245, 314	39, 25, 21	178
5	Enrofloxacin	positive	4.28	360.120	245, 316, 342	28, 20, 22	224
6	Difloxacin	positive	4.91	400.195	299, 356, 382	31, 21, 24	110
7	Nalidixic acid	positive	7.07	233.095	159, 187, 215	34, 27, 15	143
8	Oxolinic acid	positive	7.54	261.975	159, 215, 243	41, 31, 19	191
9	Flumequine	positive	7.54	262.145	126, 202, 244	53, 36, 20	136
10	Sulfaguanidine	positive	1.11	215.035	92, 108, 156	27, 24, 16	113
11	Sulfadiazine	positive	3.24	251.085	92, 108, 156	28, 26, 17	128
12	Sulfathiazole	positive	3.52	255.950	92, 108, 155	27, 24, 16	156
13	Sulfamerazine	positive	3.98	265.150	92, 108, 110	29, 27, 24	149
14	Sulfamethazine	positive	4.50	279.120	92, 108, 124	32, 30, 26	184
15	Sulfamethoxypyridazine	positive	4.56	281.095	92, 108, 126	30, 28, 22	172
16	Sulfamonomethoxine	positive	4.56	281.120	92, 108, 215	30, 28, 19	176
17	Sulfachlorpyridazine	positive	5.28	285.035	92, 108, 156	29, 26, 17	145
18	Sulfamethoxazole	positive	5.54	254.110	92, 108, 156	28, 26, 18	139
19	Sulfadimethoxine	positive	5.72	311.120	92, 108, 156	33, 31, 23	191
20	Sulfadoxine	positive	5.72	311.120	92, 108, 154	31, 28, 30	179
21	Sulfisoxazole	positive	5.84	267.985	80, 92, 108	45, 27, 24	146
22	Sulfaquinoxaline	positive	6.62	301.120	92, 108, 146	31, 29, 23	164
23	Sulfaphenazole	positive	6.77	315.010	92, 131, 158	37, 49, 31	166
24	Ampicillin	positive	1.42	350.035	106, 114, 118	20, 31, 35	136
25	Amoxicillin	positive	1.42	366.035	107, 114, 134	54, 22, 32	105
26	Desfuroylceftiofur	positive	4.46	430.035	125, 126, 226	48, 28, 25	186
27	Cephalexin	positive	4.47	348.060	106, 118, 140	27, 34, 24	114
28	Ceftiofur	positive	6.38	523.960	125, 127, 166	58, 45, 35	213
29	Oxytetracycline	positive	3.72	461.095	200, 336, 425	41, 32, 20	201
30	Chlortetracycline	positive	5.29	479.070	302, 443, 461	39, 21, 18	195
31	Doxycycline	positive	5.51	445.205	267, 321, 428	40, 34, 20	179
32	Tetracycline	positive	5.53	445.135	269, 410, 427	39, 20, 16	186
33	Spiramycin	positive	5.34	422.315	88, 98, 174	39, 39, 24	173
34	Erythromycin	positive	6.85	734.540	116, 158, 576	44, 33, 20	266
35	Kitasamycin	positive	7.77	772.510	109, 174, 558	43, 35, 26	272
36	Josamycin	positive	8.29	828.520	109, 174, 600	43, 34, 25	276
37	Lincomycin	positive	2.79	407.280	126, 359, 389	31, 19, 16	177
38	Clindamycin	positive	5.53	425.230	83, 126, 377	52, 31, 20	290
39	Tiamulin	positive	7.63	494.280	119, 163, 192	41, 34, 23	193
40	Fluorfenicol amine	positive	1.00	248.010	91, 130, 229	47, 25 ,12	136
41	Thiamphenicol	Negative	4.08	353.960	119, 121, 169	33, 49, 38	145
42	Fluorfenicol	Negative	5.68	355.935	119, 168, 184	32, 40, 20	125
43	Chloramphenicol	Negative	6.01	321.000	46, 121, 151	56, 35, 22	107
44	Ormethoprim	positive	3.50	275.195	123, 231, 259	27, 29, 29	191
45	Trimethoprim	positive	3.52	290.785	230, 260, 275	25, 27, 27	72
46	Praziquantel	positive	8.55	313.220	132, 174, 203	35, 30, 17	161
47	Malachite green	positive	5.88	329.315	165, 208, 313	58, 38, 39	126
48	Lecomalachite green	positive	6.91	331.290	239, 315, 316	32, 31, 22	134
49	Melamine	positive	1.23	127.280	68, 85	26, 19	115

No*: Number, RT†: Retention time, RF‡: Radio frequency

Table 2. Analytical conditions of veterinary drugs by HPLC-MSMS

Target Drug	Instrument	Parameter	Condition
Antibiotics	HPLC	Column	C18 (4.6×100 mm, 2.7 μm) CAPCELL CORE ADME
		Mobile Phase	A: 0.1% formic acid in Water
			B: 0.1% formic acid in ACN
		Flow rate	0.4 mL/min
		Gradient	Time (min) 0 1 6 10 15 15.1 20
			Solvent A: 90 90 60 5 5 90 90
			Solvent B: 10 10 40 95 95 10 10
	MSMS	Ionization mode	ESI Positive
		Capillary temp	350°C
		Collision gas	N_2
Malachite Green (Lecomalachite Green)	HPLC	Column	C18 (2.1×100 mm, 1.7 μm) KINETEX
		Mobile Phase	A: 0.1% formic acid in Water
			B: 0.1% formic acid in MeOH
		Flow rate	0.2 mL/min
		Gradient	Time (min) 0 1.5 6.0 8.0 8.5 10.0
			Solvent A: 80 80 0 0 80 80
			Solvent B: 20 20 100 100 20 20
	MSMS	Ionization mode	ESI Positive
		Capillary temp	350°C
		Collision gas	N_2
Melamine	HPLC	Column	C18 (2.1×100 mm, 1.7 μm) KINETEX
		Mobile Phase	A: 0.1% formic acid in Water·ACN (5:95)
			B: 0.2 mM Ammonium formate·ACN (50:50)
		Flow rate	0.15 mL/min
		Gradient	Time (min) 0 5.0 10.0 11.0 13.0 15.0
			Solvent A: 100 100 25 25 100 100
			Solvent B: 0 0 75 75 0 0
	MSMS	Ionization mode	ESI Positive
		Capillary temp	350°C
		Collision gas	N_2

2.2. 항생물질 등 전처리과정

항생물질(Antibiotics)은 식품공전 수산물 중 동물용의약품 동시 다성분 시험법에 따라 샘플 전처리 작업 후 정성검사를 했으며(Fig. 1), 검출시 정량시험법에 따라 샘플 전처리 작업을 재실시하여 정량하였고, 말라카이트그린(Malachite Green)과 멜라민(Melamine)은 식품공전 개별 시험법에 따라 정성 및 정량 실험을 실시하였다.[20]

2.3. 항생물질 등 분석방법 검증

분석에 대한 검증을 위해 대표성을 가진 9종의 표준품을 선정하여 실시하였으며, 표준용액의 농도가 0.001~5 (mg/kg) 내에서 5포인트로 검량선을 작성하였고 직선성(R^2>0.999)을 구하였다. 정확성 (accuracy)과 정밀성 (precision)은 동물용의약품이 검출 되지 않은 시료에 1~2 (mg/kg)의 농도로 첨가한 후 회수율(Recovery (%))을 5회 반복 측정 후 상대표준편

검체 2~3 g을 50 mL 튜브에 취함
2 mM 개미산 암모늄용액 10 mL 가하여 20분간 진탕
↓
10,000 G에서 10분간 원심분리 후
분리된 추출액에 C18 분말을 500 mg 분산
↓
헥산 10 mL를 가하여 30초간 진탕 한 다음
10,000 G에서 5분간 원심분리 후 하층액 5 mL 취함
↓
40°C 수욕상에서 액이 1 mL 남을때까지 질소 농축
↓
0.2 mm PVDF 멤브레인 필터로 여과하여
시험용액으로 함

Fig. 1. Sample preparation procedure of veterinary drugs

차(RSD)를 구하였다. 검출한계 (LOD)는 각 신호대비 잡음비 3배 이상의 농도로 계산하였으며, 정량한계 (LOQ)는 10배 이상인 농도로 계산하였고, 그 결과는 Table 3과 같다.

III. 결 과

인천관내 유통 중인 수산물 150건에 대하여 잔류동물용의약품을 검사한 결과 부적합 6건과 기준이내 5건이 검출되었다. 부적합 검출내역은 Table 4와 같으며, 기준이내 검출내역은 Table 5와 같다.

수산물 150건 중 실험 검체의 종류는 어류 125건, 연체류 17건, 갑각류 5건, 패류 1건, 기타 2건이었으며, 원산지 구분으로는 국내산 127건, 중국 10건, 러시아 8건, 원양산 2건, 노르웨이 1건, 모리타니아 1건, 태국 1건이었다.

실험의 결과 부적합 6건은 어류 5건, 갑각류 1건이었다. 어류는 광어 3건, 우럭 2건으로 모두 국내 양식 어류였으며, 갑각류 1건은 중국산 꽃게였다.

기준이내 검출은 어류 5건으로 광어 2건, 우럭 3건이었으며, 모두가 국내 양식 어류였다. 검출된 항생물질의 종류로는 퀴놀론계열(50%)이 가장 많았으며, 테트라사이클린 계열(33%)과 페니실린 계열(17%)이 그 다음으로 많았다.

IV. 고 찰

퀴놀론 계열의 항생물질은 어체에서 잔류성이 높고 항생제 내성이 생길 경우 감염증 치료약이 매우 제한되며. 그 중 Norfloxacin, Ciprofloxacin, Ofloxacin, Pefloxacin은 사용금지 항생물질이므로 양식장에서 사용 시 많은 주의가 필요하다.[3),24)]

이번 조사에서 수산물 부적합시 생산자 파악에 어려움이 많아 수거 및 행정처분에 문제점이 노출되었다. 수산물의 안전성을 확보하기 위해서는 수산물이력제의 의무화가 정착되어져야 하는데 아직까지 '자율참여제'로 운영되고 있으며, 소비자가 수산물이력제 상품에 대한 중요성을 인식하지 못해 상대적인 선호도를 증대 시키지 못하는 원인도 수산물이력제의 조기 정착에 걸림돌로 작용하고 있다. 식품안전

Table 3. Results of Suitability, Linearity, LOD, LOQ, Recovery of veterinary drugs in samples

Compounds	System suitability (RSD%)	Linearity (R^2)	LOD* (mg/kg)	LOQ† (mg/kg)	Recovery (%)
Amoxicilline	<8	0.9995	0.003	0.01	91.5±8.1
Ampicilline	<8	0.9991	0.003	0.01	89.5±7.9
Norfloxacin	<6	0.9996	0.002	0.006	100.1±6.4
Ciprofloxacin	<5	0.9997	0.001	0.003	95.4±5.2
Enrofloxacin	<8	0.9995	0.002	0.006	98.7±7.6
Tetracycline	<9	0.9993	0.003	0.01	96.3±8.6
Chlortetracycline	<7	0.9998	0.002	0.006	90.1±6.9
Sulfathiazole	<5	0.9997	0.001	0.003	92.7±4.7
Malachite Green	<7	0.9996	0.005	0.02	95.4±6.5
Melamine	<5	0.9991	0.005	0.02	103.5±5.4

LOD*: Limits of detection, LOQ†: Limits of quantification

Table 4. Results of unsuitable sample of residual veterinary drugs

Division	Number of samples	Unsuitable sample number	Unsuitable sample List			
			Products Name	Veterinary drugs name	Residues amount (mg/kg)	MRL* (mg/kg)
fishes	150	6	Rockfish	-Norfloxacin	-0.056	-ND
				-Nalidixic acid	-0.06	-0.03
			Flatfish	-Norfloxacin	-0.03	-ND
				-Ofloxacin	-0.01	-ND
				-Pefloxacin	-0.06	-ND
				-Flumequine	-0.8	-0.5
				-Nalidixic acid	-0.36	-0.03
				-Oxolinic acid	-0.4	-0.1
				-Sum of Oxytetracycline/Chlortetracycline	-0.8	-0.2
				-Doxycycline	-0.15	-0.05
			Flatfish	-Sum of Oxytetracycline/Chlortetracycline	-0.6	-0.2
				-Doxycycline	-0.17	-0.05
			Flatfish	-Ampicillin	-0.19	-0.05
			Rockfish	-Enrofloxacin	-0.4	-0.1
crustaceans			Blue crab	-Ampicillin	-4.98	-0.05

MRL*: Maximum Residue Limit

Table 5. Results of detection within MRL of residual veterinary drugs

Division	Number of samples	Detection within MRL	Detection within MRL sample List			
			Products Name	Veterinary drugs name	Residues amoun (mg/kg)	MRL (mg/kg)
fishes	150	5	Rockfish	-Sum of Ciprofloxacin/Enrofloxacin	-0.1	-0.1
				-Difloxacin	-0.04	-0.3
			Flatfish	-Sum of Ciprofloxacin/Enrofloxacin	-0.1	-0.1
				-Difloxacin	-0.03	-0.3
			Flatfish	-Sum of Ciprofloxacin/Enrofloxacin	-0.1	-0.1
				-Difloxacin	-0.01	-0.3
			Rockfish	-Sum of Oxytetracycline/Chlortetracycline	-0.2	-0.2
			Rockfish	-Sum of Oxytetracycline/Chlortetracycline	-0.1	-0.1
				-Doxycycline	-0.04	-0.05

사고에 대비하여 소비자들이 안심하고 수산식품을 구매할 수 있도록 수산물 유통과정이 투명하게 공개되어 수산식품의 사고가 발생시 원인 및 사고 발생 단계를 파악하여 문제상품에 대한 신속한 회수 조치가 이루어져야 한다고 판단된다.

V. 결 론

인천보건환경연구원 식품분석과는 2016년 수산물 중 항생물질 검사를 46종 동시분석 검사로 확대하고 신속검사 체계를 구축한 후 150건의 유통 중 수

산물을 검사하였다. 샘플의 종류는 어류 125건, 연체류 17건, 패류 1건, 갑각류 5건, 기타 2건이었고, 검사항목은 항생물질, 말라카이트그린, 멜라민을 포함하여 모두 49종이었다.

실험의 결과 부적합 6건으로 종류별로는 어류 5건, 갑각류 1건이었으며, 기준이내 검출은 5건으로 모두가 어류였다. 검출된 항생물질의 종류로는 퀴놀론 계열이 가장 많았으며, 테트라사이클린계열과 페니실린 계열이 그 다음으로 많았다.

본 연구는 잔류동물용의약품에 대한 동시분석 신속검사로 시민에게 안전한 수산물 먹거리를 제공하기 위해서 실시하였다.

References

1. Choi DM, Jeong JY, Chang MI, Im MH, Park KS, Hong MK. Determination of tetracycline antibiotics in food. *Analytical Science & Technology.* 2005; 18(3): 250-256.
2. Kim HY, Chung SY, Choi SH, Lee JS, Choi IS, Cho MJ, et al. Monitoring of Veterinary Drug Residues in Foods Produced in Korea. *The Korean Society of Food Science and Technology.* 2010; 42(6): 653-663.
3. Oh JH, Kwon CH, Jeon JS, Choi DM. Management of Veterinary Drug Residues in Food. *Korean Journal of Environmental Agriculture.* 2009; 28(3).
4. Song JY, Hu SJ, Joo HJ, Kim MO, Hwang JB, Han YJ, et al. Residue analysis of penicillines in livestock and marine products. *Analytical Science & Technology.* 2012; 25(4): 257-264.
5. Bae JH, Kim BM, Choi MS, Roh HJ, Park MJ. Analysis of Penicillin Antibiotics in Aquatic Products. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2010; 43(6): 629-636.
6. Kim JW, Cho MY, Jee BY, Park MA. Administration and use of aquaculture drugs in Korea. *Journal of fish pathology.* 2014; 27(1): 67-75.
7. Jeong JY, Hong MK, Choi DM. Levels of sulfonamides for animals in food. *Analytical Science & Technology.* 2007; 20(1): 84-90.
8. Jung SH, Seo JS, Park M. Residues of ampicillin in blood of cultured olive flounder by oral, injection and dipping administration. *Journal of fish pathology.* 2012; 25(3): 211-219.
9. Kim HY, Chung SY, Choi SH, Lee JS, Choi IS, Cho MJ, et al. Monitoring of veterinary drug residues in foods produced in Korea. 2010; 42: 653-663.
10. Kim HY, Choi HJ, Kim YH, Choi SH, Cheong SY, Lee HJ, et al. Analysis of amoxicillin, ampicillin, oxolinic acid, and flumequin in foods. *Korean Journal of Food Science and Technology.* 2009; 41(5): 490-497.
11. Kim HT, Lee WW, Jung KT, Lee SM, Son EJ, Lee GR, et al. Study on antimicrobial resistance of Escherichia coli isolated from domestic beef on sale. *Korean Journal of Veterinary Service.* 2008; 31(1): 17-29.
12. Kim JW, Cho MY, Jee BY, Park M, Kim NY. Administration and use of aquaculture drugs in Korea. *Journal of fish pathology.* 2014; 27(1): 67-75.
13. Kim MA, Yoon SJ, Kim MK, Cho YJ, Choi SJ, Chang MI, et al. Simultaneous Determination of Penicillin Antibiotics in Meat using Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Food Hygiene and Safety.* 2014; 29(2): 131-140.
14. Oh JH, Kwon CH, Jeon JS, Choi DM. Management of veterinary drug residues in food. *Korean Journal of Environmental Agriculture.* 2009; 28(3): 310-325.
15. Park JW, Kim T, Lim DJ, Lee HB, Joo YS, Park YI. Antibacterial activities of mushroom liquid culture extracts against livestock disease-causing bacteria and antibiotic resistant bacteria. *The Korean Journal of Mycology.* 2004; 32(2): 145-147.
16. Son KT, Jo MR, Oh EG, Mok JS, Kwon JY, Lee TS, et al. Residues of ampicillin and amoxicillin in Olive Flounder Paralichthys olivaceus following oral administration. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 2011; 44(5): 464-469.
17. Chae WS, Lee SJ, Son SE, Kim S, Lee HJ. Analytical Method for Determination of Cephalexin in Bovine Edible Tissues using Liquid Chromatography Coupled to Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Food Hygiene and Safety.* 2018; 33(1): 1229-1153.
18. Cho YJ, Choi SJ, Kim MA, Kim MK, Yoon SJ, Chang MI, et al. Simultaneous Determination of Aminoglycoside Antibiotics in Meat using Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Food Hygiene and Safety.* 2014; 29(2): 123-130.
19. Ministry of Food and Drug Safety, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Animal and Plant Quarantine Agency. National antibiotic use and tolerance monitoring. 2016;
20. Ministry of Food and Drug Safety. Korea Food

Code Test method II. 2015; 921-1195.
21. Ministry of Food and Drug Safety. Safety management of veterinary drugs residues in food. 2015;
22. Ministry of Food and Drug Safety. Practical Guidance on Analytical Methods for Residual Animal Drugs I. 2014; 921-1195.
23. Ministry of Food and Drug Safety. Guidelines on Food Safety. 2018; 565.
24. Seo JS, Jeon EJ, Lee EH, Jung SH, Park MA, Jee BY, et al. The Residues of Enrofloxacin in Cultured Paralichthys olivaceus. *Journal of Fish Pathology.* 2013; 26(1): 45-50.
25. Kwon HK, Lee JH, Kim JG. A Study on the Distribution of Antibiotic Resistant Bacteria in Domesticated Animal Feces. *J Environ Health Sci.* 2012; 38(2): 142-150.
26. Kim JB, Kim JC, Antibiotic Resistance of Food-Borne Pathogens Isolated from an Indoor Environment of a Lunchroom in a Child Care Center. *J Environ Health Sci.* 2012; 38(5): 415-423.

저자 정보

장진섭(연구사), 허명제(부장), 김명희(식품과장),
한영선(약품과장), 권성희(연구사), 여은영(연구사),
홍성희(연구사), 김지선(연구사), 이승리(연구사)