

유통 축·수산물 중 잔류벤질페니실린의 검출 및 모니터링

이효정 · 강영원 · 이수민 · 안경아 · 이룬경 · 서상철 · 이주희 · 임무혁 ·
이정림* · 홍충만¹ · 장문익² · 조윤제²

대구지방식품의약품안전청 유해물질분석과, ¹서울지방식품의약품안전청 의료제품안전과,
²식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 잔류물질과

Detection and Monitoring of Benzylpenicillin Residues in Livestock and Marine Products

Hyo Jeong Lee, Young Won Kang, Soo Min Lee, Kyung A An, Ryun Kyung Lee, Sang Cheol Seo, Ju Hee Lee,
Moo Hyeog Im, Jeong Rim Lee*, Choong Man Hong¹, Moon Ik Chang², and Yoon Jae Cho²

Hazardous Substances Analysis Division, Daegu Regional Korea Food & Drug Administration

¹Medical Products Safety Division, Seoul Regional Korea Food & Drug Administration

²Food Chemical Residues Division, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation

Abstract Penicillin and its salts, including the benzatine, procaine, and sodium salts, have been widely used in human and veterinary medicine. Owing to their low toxicity, they currently form the most important group of antibiotics. However, overdose and abuse of these antibiotics may lead to potential risk in human health. Therefore, this study was conducted to validate the analysis method established by the Korea Food Code in 2012 and to monitor the levels of benzylpenicillin residues in products with reference to the maximum residue level (MRL). Of the 232 product samples tested, benzylpenicillin was detected in 11 livestock products and 2 marine products. Benzylpenicillin concentrations were found to be lower than the MRL in 12 products; however, the concentration of benzylpenicillin was found to be greater than the MRL in 1 pork product. The limit of quantification (LOQ) for benzylpenicillin was found to be 0.001-0.002 mg/kg, with an average recovery of 90.4-115.3%. Calibrations showed good linearity of 0.995 over a range of 0.002-0.05 mg/kg.

Keywords: benzylpenicillin, validation, monitoring, veterinary drug, MRLs

서 론

우리나라의 식생활 패턴이 서구화됨에 따라 쌀의 소비량은 감소하고 육류 및 어류의 소비량이 지속적으로 증가되고 있어서, 축·수산물의 대량생산을 위한 질병예방, 치료, 성장촉진 등의 목적으로 동물용 의약품의 사용량도 증가되고 있다(1,2). 동물용 의약품은 사료 첨가제, 음용수 첨가제, 주사제, 경구제, 소독제 등의 형태로 사용되며, 경구 및 비경구등의 다양한 경로를 통해 가축 또는 어류의 체내로 흡수되고, 흡수된 물질은 축적성이 강하며, 배출기간이 장기간 소요되는 물질도 보고되고 있다(3-5). 식품 중 잔류된 동물용 의약품을 지속적으로 섭취할 경우 동물용 의약품이 나타내는 독성 및 부작용뿐만 아니라 항생제 내성 균주 증가 등 최종 소비자인 사람의 질병예방 및 치료에 문제점이 발생할 수 있다. 세계적으로 항생제 생산량의 약 50%가 축산 및

어류에 사용되고 있어 소비자의 항생제 노출 위험성은 증가하고 있는 실정으로, 향후 항생제를 비롯한 동물용 의약품의 사용에 대한 규제는 더욱 까다로워질 것으로 예측되며, 국가 간의 축산물 통상무역에서도 동물용 의약품의 오염정도가 국가경쟁력을 결정하는 중요한 척도로 작용할 것으로 예상되고 있다(1). CODEX, 미국, 유럽 등 세계 각국은 축·수산식품의 생산성 향상과 동물용 의약품의 적절한 사용을 유도하고 소비자 보호를 위하여 식품 중 동물용 의약품의 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)을 설정하고 있다(6-9).

우리나라의 경우, 동물용 의약품의 등록은 농림식품축산부에서 담당하고 잔류허용기준은 식품의약품안전처에서 1989년부터 설정하였으며, 2013년 현재까지 총 170종에 대한 동물용 의약품 잔류허용기준을 설정하여 엄격하게 관리하고 있다(7). 국내 동물용 의약품 사용 현황을 보면(10-19), 가장 빈번하게 사용되는 동물용 의약품 종류는 항생제 및 합성항균제이며 이중 테트라사이클린계(6161톤), 페니실린계(1948톤), 설펜아미이드계(1789톤), 아미노글리코사이드계(730톤), 마크로라이드계, 퀴놀린계 순으로 조사되고 있다(4,20). 용도별 사용비율을 살펴보면 배합사료용(41.6%)과 자가 치료 및 예방용(51.5%)에 비해 수의사 처방에 의한 의약품 사용(6.8%)은 매우 낮은 것으로 조사되어 축산농가의 자의적 판단에 의한 항생제 오·남용의 가능성이 우려되고 있다(20). 또한 축종별 항생제 판매 비율은 돼지, 닭, 어류, 소 순으로 높게 나타

*Corresponding author: Jeong Rim Lee, Hazardous Substances Analysis Division, Daegu Regional Korea Food & Drug Administration, Daegu 704-940, Korea
Tel: 82-53-589-2770
Fax: 82-53-592-2712
E-mail: leejr84@korea.kr
Received November 29, 2013; revised March 17, 2014;
accepted March 17, 2014

났는데 이러한 차이는 국내 축종별 사육두수와 비례하는 것으로 소에 비해 상대적으로 밀집 사육을 하는 돼지와 닭에서 많이 사용되고 있는 것이다(21). 축·수산업에 가장 널리 사용되는 페니실린계 항생제는 화학구조상 베타-락탐 고리를 갖고 있어 베타-락탐계 항생제로 불린다. 살균작용이 강하나 독성이 없고 화학적으로 비교적 안정할 뿐만 아니라 화학구조가 규명됨에 따라 수많은 반합성 페니실린계열 항생제가 개발되어 광범위하게 사용되고 있다(22-24). 페니실린과 같은 베타-락탐계 항생제는 세균 세포벽(펩티도글리칸) 형성을 저해해 세균의 성장을 억제하거나 사멸시키는데, 세균 세포벽 합성에 필요한 PBP (Penicillin-Binding Protein) 효소와 결합하여 PBP의 불가역적 합성장애를 야기시켜 세포벽을 약화시키고 결국 세포는 삼투압 변화를 이기지 못하고 세포벽이 터져 죽게 되는 원리를 가진다(25-26). 페니실린계 항생제의 경우 가장 안전성이 뛰어나다는 이유로 인체 치료용 뿐만 아니라 축·수산업에 널리 사용되어 항생제 내성에 대한 문제가 지속적으로 제기 되고 있다. 특히 벤질페니실린은 양의 유선염 치료 및 세균에 의한 감염 치료를 목적으로 널리 사용되고 있는 대표적인 페니실린계 항생제로, 과량이 잔류할 경우 사람에게 알레르기(성)반응을 유발할 뿐만 아니라 유제품의 제조업에서 스타터균 배양을 억제하여 발효를 저해시키는 문제점이 지적되고 있다(27). 이처럼 과거 항생제 내성은 주로 임상분야에서 문제시 되었으나, 가축사육 및 어류양식 등 비 임상분야의 항생제 사용이 증가하면서 인수공통 병원성균의 내성이 발생하거나 비 임상환경의 항생제 내성균이 임상 병원균에 내성을 전파할 수 있기 때문에 축·수산물 대상 페니실린계 항생제 사용은 용법을 준수하여 사용하여야 하며 엄격하게 관리되어야 한다(2,21).

따라서 본 연구의 수행 목적은 축·수산물 중 새로운 벤질페니실린 분석법에 대하여 밸리데이션을 실시하고 국내 유통식품에 대한 모니터링을 수행하여 식품 중 동물용 의약품 잔류실태를 조사하고 이를 위해평가 기초자료로 활용하고자 함이다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 시료의 구입은 국내에서 유통되는 국내산 및 수입산 축·수산물을 표본 추출법인 확률비례추출법을 이용하여 서울, 부산, 인천, 대구, 광주, 대전, 울산 등 전국 7개 도시의 인 구비례에 따라 구입건수 비율을 설정하였고, 품목별로는 2009년 국민건강영양조사의 다소비 식품 순에 따른 돼지고기>소고기>닭고기 순으로 돼지고기 78건(33.6%), 소고기 71건(30.6%), 닭고기 44건(19.0%), 넙치 39건(16.8%) 총 232건을 구입하였다. 축산물의 원산지에 따른 구입 비율은 축산물 품질평가원 간행물인 한국의 축산물 유통(2011. 10)을 참고하여 국내/수입(4:6) 수급량에 따라 시료 구입 건수를 조정하였다(Table 1). 돼지고기는 국내산 58건(74%), 수입 20건(26%)비율로, 소고기는 국내산 34건(48%), 수입 37건(52%) 비율로 구입하였으며(Table 2), 닭고기, 넙치는 모두 현재 대형마트에서 유통되는 국내산으로 구입하였다. 구입한 시료는 가식부분을 손질하여 분쇄한 후 균질화하였으며 분석이 되기 전까지 -20°C 냉동실에 보관하였다.

표준품 및 시약

표준품인 벤질페니실린은 Wako Pure Chemical Industries Inc. (Osaka, Japan)에서 구입하여, 메탄올에 녹여 100 mg/L 농도가 되게 하여 표준원액으로 하고 표준원액을 이동상으로 적당한 농도가 되게 희석하여 사용하였다. 제이인산나트륨(disodium hydrogen phosphate), 인산이수소칼륨(potassium dihydrogen phosphate), 삼염화초산(trichloroacetic acid), 개미산(formic acid)은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구매하였다. 그 외 분석용 시약 및 용매는 Wako Pure Chemical Industries Inc. (Osaka, Japan), Merck Inc. (Darmstadt, Germany), J. T. Baker (Phillipsburg, New Jersey, USA), Burdick & Jackson (Muskegon, MI, USA)에서 HPLC급을

Table 1. Summary of sampling regions, products kinds and detected cases of benzylpenicillin residues (unit: cases)

Region (%) ¹⁾	Sample		Livestock products ²⁾				Marine products		Total	
	Pork		Beef		Chicken		Flatfish		samples	Det.
	samples	Det. ³⁾	samples	Det.	samples	Det.	samples	Det.		
Seoul (43)	35	2	28	1	17	1	15	2	95	6
Busan (15)	12	0	11	0	7	0	6	0	36	0
Incheon (12)	9	0	9	1	6	2	5	0	29	3
Daegu (11)	9	2	8	0	4	1	4	0	25	3
Gwangju (7)	4	0	7	0	3	0	3	0	17	0
Daejeon (6)	5	0	5	0	3	0	3	0	16	0
Ulsan (6)	4	0	3	0	4	1	3	0	14	1
Total (100)	78	4	71	2	44	5	39	2	232	13

¹⁾Sampling with probability proportionate to population size

²⁾Sampling with frequently consumed foods (Korea Health Statistics 2009: KNHANES)

³⁾Number of detected cases of benzylpenicillin residues

Table 2. The number of samples by place of origin

Origin	Sample		Livestock products				Marine products		Total	
	Pork		Beef		Chicken		Flatfish		cases	%
	cases	%	cases	%	cases	%	cases	%		
Domestics	58	74	34	48	44	100	39	100	175	75
Imports	20	26	37	52	-	-	-	-	57	25
Total	78	100	71	100	44	100	39	100	232	100

Table 3. LC-MS/MS parameters for the analysis of benzylpenicillin

UPLC	Instrument	Waters Acquity UPLC		
	Column	Acquity UPLC BEH C ₁₈ (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm) A: 0.1% formic acid/distilled water B: 0.1% formic acid/acetonitrile		
		Time (min)	A (%)	B (%)
		int.	80	20
		0.5	80	20
	Solvent	2.8	0	100
		3.0	0	100
		3.5	80	20
		5.0	80	20
	Injection volume	10 μL		
	Flow rate	0.2 mL/min		
MS	Instrument	Quattro Premier XE		
	Polarity	ESI (positive)		
	Capillary (kV)	3.0		
	Cone (V)	40.0		
	Source temp. (°C)	120		
	Desolvation temp. (°C)	350		
	MRM, Collision voltage	Compound	Precursor ion (<i>m/z</i>)	Product ions (<i>m/z</i>)
	Benzylpenicillin	335	156, 176	14, 13

구매하였다. 또한 정제과정에 사용된 고체상 추출 카트리지(solid-phase extraction cartridge)는 C18 (octadecyl silica)이 500 mg (용량 6 mL) 충전되어 있는 OASIS HLB (Waters, Dublin, Ireland)를 사용하였다.

사용기기 및 분석조건

벤질페니실린 분석 장비는 고성능액체크로마토그래피(Ultra-performance liquid chromatography)/질량분석기(Quattro Premier XE, Waters, Massachusetts, USA)를 사용하였고, 분석용 컬럼은 Acquity UPLC BEH C₁₈ (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm; Waters, Dublin, Ireland)을 사용하여 분석하였다. 이동상 용매조성으로는 0.1% 개미산용액과 0.1% 개미산이 포함된 아세토니트릴 혼합용액으로 기울기(gradient) 조건에서 분석하였고 분석조건은 Table 3과 같다. 시료 전처리 과정에서는 원심분리기(Rotanta 460R, Hettich, Tuttlingen, Germany), 회전감압농축기(Buchi, New Castle, DE, USA), 질소농축기(EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하였다.

시료 전처리

균질화한 시료(돼지고기, 소고기, 닭고기, 넙치) 2 g을 정밀히 달아 균질기 용기에 넣고 아세토니트릴/물 혼합액(80/20, v/v) 10 mL를 넣고 2분간 균질화하였다. 균질화한 시료를 50 mL 원심분리관으로 옮기고 아세토니트릴/물 혼합액(80/20, v/v) 10 mL로 잔사 및 용기를 씻어 내려 앞서의 시료와 혼합하였다. 합친 시료를 5,000×g, 4°C에서 10분간 원심분리하고 상층액을 감압농축플라스크에 넣은 후 50°C 이하의 수욕 상에서 4 mL의 잔사가 남을 때까지 감압 농축하였다. 농축액을 50 mL 원심분리관에 옮기고 아세토니트릴/물 혼합액(50/50, v/v) 6 mL로 플라스크를 세척하여 앞서의 용액과 혼합하였다. 원심분리관에 핵산 10 mL을 넣고 5분간 진탕한 후 5,000×g, 4°C에서 10분간 원심분리를 하여 핵산층을 제거하였다. 원심분리관에 다시 핵산 10 mL를 가한 후 위의 과정을 한 번 더 반복하였다. 남은 용액을 농축플라스크에 옮기

Table 4. Accuracy and precision ranges as required in CODEX

Concentration (mg/kg)	Acceptable recovery (%)	Relative standard deviation (CV, %)
≤0.001	50-120	≤35
0.001-0.01	60-120	≤30
0.0-0.01	70-110	≤20
>0.1	80-110	≤15

고 50°C 이하의 수욕 상에서 2.5 mL의 잔사가 남을 정도로 농축하고 0.1 M Na₂HPO₄ 2.5 mL과 혼합하였다. 미리 메탄올 5 mL, 물 5 mL, 0.05 M Na₂HPO₄ 5 mL로 활성화를 시킨 HLB 카트리지에 시료추출액을 흡착시키고, 0.05 M Na₂HPO₄ 5 mL 용액으로 세척한 후 카트리지를 건조시켰다. 카트리지에 0.05 M KH₂PO₄/아세토니트릴(50/50, v/v) 5 mL로 대상성분을 용출시키고 50°C 이하의 수욕 상에서 질소가스를 이용하여 아세토니트릴을 제거하였다. 남은 용액을 물로 희석하여 최종부피를 5 mL로 맞추고 0.2 μm 필터로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

시험법 검증

벤질페니실린의 분석법 검증은 CODEX에서 제시하는 “식품 중 동물용 의약품 잔류시험법에 대한 밸리데이션 가이드라인”에 준하여 특이성(specificity), 직선성(linearity), 정량한계(LOQ, limit of quantification), 회수율(recovery rate), 정밀성(precision) 등으로 시험법의 신뢰성 및 적합성 여부를 검토하였다(28). CODEX에서는 0을 포함하는 6개 농도에 대한 검량곡선 작성과 상관계수 0.95 이상을 요구하고 있으며, 각 농도에 대하여 요구하는 회수율 및 분석오차(coefficient of variation) 범위도 정하여 정확도 및 정밀도에 대하여 적정여부를 판단하고 있다(Table 4). 분석오차는 표준편차를 평균으로 나눈 값을 백분율로 나타낸 값이다.

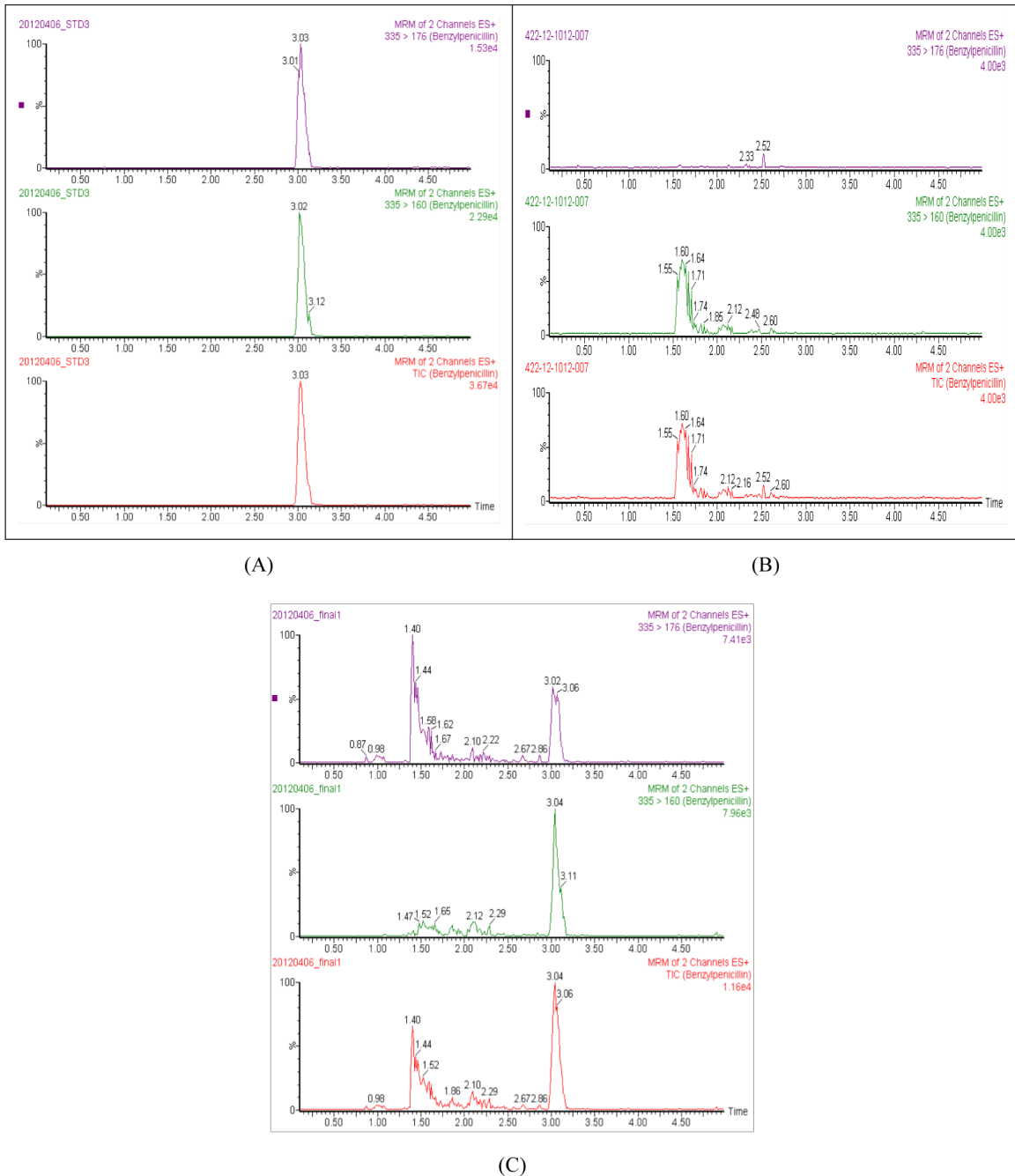


Fig. 1. MRM chromatograms of (A) standard material, (B) blank, (C) beef sample spiked at 0.02 mg/kg of benzylpenicillin.

결과 및 고찰

특이성

특이성은 다른 성분이 존재할 때 분석물만을 명확하게 식별해 낼 수 있는 능력을 의미하는 것으로 하며, Fig. 1에서 보는 바와 같이 무처리 검체 중 벤질페니실린과 같은 머무름 시간에 방해물질 또는 matrix가 검출되지 않음으로 벤질페니실린을 분석하기 위한 본 시험법이 높은 분리능과 선택성을 가짐을 확인할 수 있었다.

직선성 및 정량한계

벤질페니실린의 matrix effect를 고려한 검출한계, 정량한계 및

Table 5. Conversion equation, r^2 and LOQ of standard curves of benzylpenicillin in the samples tested

Matrices	Conversion equation ¹⁾	r^2	LOQ (mg/kg)
Pork	$y=55.1328x+30.0201$	0.995	0.001
Beef	$y=58.9320x+22.4799$	0.996	0.001
Chicken	$y=61.4977x-2.62669$	0.997	0.001
Flatfish	$y=54.2864x+27.4708$	0.997	0.002

¹⁾Standard curve range: 0.0015-0.05 mg/L

검량곡선의 직선성을 확인하기 위해 공시료에 표준시약을 첨가하여 전처리 방법으로 확인한 결과는 Table 5 및 Fig. 2와 같다. 벤질페니실린 표준용액을 0.0015, 0.0031, 0.0063, 0.0125, 0.025,

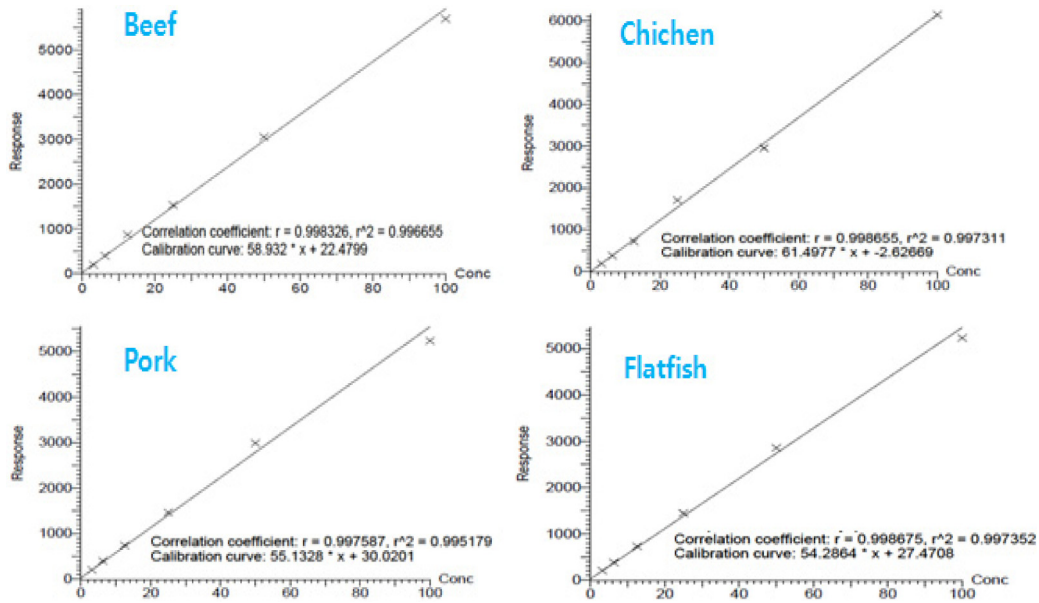


Fig. 2. Calibration curves of benzylpenicillin in the samples tested.

0.05 mg/L의 농도에서 검량곡선을 작성한 결과 상관계수가 0.995 이상으로 CODEX에서 요구하는 0.95 이상이었다. 또한 정량한 계는 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 10 이상으로 하여, 0.001-0.002 mg/kg 수준이었다.

회수율(Recovery rate) 및 정밀성(Precision)

벤질페니실린의 잔류허용기준인 축산물 0.05 mg/kg과 수산물 0.03 mg/kg을 기준으로 잔류허용기준의 1/2, 기준치, 잔류허용기준의 2배량의 3가지 농도(축산물 0.025, 0.05, 0.1 mg/kg, 수산물 0.015, 0.03, 0.06 mg/kg)를 각각 첨가하여 전처리 과정을 거쳐 회수율을 측정하였으며 6번 반복 실험하여 정확성과 정밀성을 평가하였다(Table 6). 그 결과 회수율은 소고기 95.7-115.3%, 돼지고기 96.2-102.0%, 닭고기 90.4-93.3%, 넙치 92.0-95.8%로 높게 나타났다. Song 등(29)의 연구에서 소고기 92.0±5.9%, 닭고기 102.6±2.7%, 넙치 61.2±1.6%로 비교적 동일한 회수율을 보이고 있었다. 또한 상대표준편차(RSD)는 소고기 5.7-8.2%, 돼지고기 2.8-8.0%, 닭고기 0.8-4.8%, 넙치 1.5-6.2%로 높은 정밀성을 보이는 것으로 확인하였다. 이는 CODEX에서 요구하는 회수율 70-120% 및 RSD 20% 이하 기준에 만족하는 수준으로 나타났다.

벤질페니실린 모니터링 결과

국내 유통 중인 돼지고기, 소고기, 닭고기, 넙치 총 232건을 대상으로 벤질페니실린의 잔류량을 조사한 결과 축산물 193건 중 11건, 수산물 39건 중 2건으로 조사되어 총 13건에서 잔류량이 검출되었고(Table 7), 검출된 크로마토그램은 Fig. 3에 나타내었다. 검출된 지역으로는 서울, 인천, 대구, 울산이었고, 품목별로 살펴보면 닭고기 5건(11.4%), 돼지고기 4건(5.1%), 넙치 2건(5.1%), 소고기 2건(2.8%) 순으로 검출되었다. 잔류량은 축·수산물 12건에서 0.001-0.004 mg/kg으로 잔류허용기준 이하(0.05/이하, 2012년 기준)로 검출되었으나, 축산물 중 국내산 돼지고기 1건은 잔류허용기준을 초과한 0.1338 mg/kg으로 검출되었다(Table 7). Gwon 등(21)의 연구 결과, 축·수산물 226건을 대상으로 페니실린계 항생제를 모니터링한 결과 벤질페니실린이 축산물에서 12건, 수산물에서 8건으로 총 20건이 검출되어 8.8%의 검출률을 보였고, 수

Table 6. Recovery rates of standard benzylpenicillin materials in the samples tested

Matrices	Spiked conc. (mg/kg)	Recovery ¹⁾ (%)	RSD ²⁾ (%)
		Mean±SD	
Beef	0.025	115.3±9.5	8.2
	0.05	102.6±6.3	6.1
	0.1	95.7±5.5	5.7
Pork	0.025	102.2±8.2	8.0
	0.05	97.8±3.9	4.0
	0.1	96.2±2.7	2.8
Chicken	0.025	93.3±4.5	4.8
	0.05	91.3±3.5	3.9
	0.1	90.4±0.8	0.8
Flatfish	0.015	92.0±1.4	1.5
	0.03	95.8±5.7	6.0
	0.06	94.9±5.8	6.2

¹⁾Mean±standard deviations of six replicates

²⁾Relative standard deviation

산물 중 1건은 0.83 mg/kg으로 잔류허용기준을 초과하여 검출되었다. 본 연구의 결과에서도 벤질페니실린이 5.6%의 검출률을 보이며, 축산물 중 1건이 잔류허용기준을 초과하여 페니실린계 항생제에 대한 지속적인 모니터링의 필요성을 보였다. 돼지고기와 닭고기의 검출률이 높은 이유는 항생제 사용량 조사 결과, 돼지, 닭, 어류, 소의 순서로 항생제 사용량이 많으며, 사육 두수와 밀도가 높아 각종 질병 예방 목적으로 더 많은 동물용 항생제를 사용하기 때문으로 사료된다. 또한 벤질페니실린이 검출된 돼지고기 3건 중 1건은 수입산(캐나다)이고, 소고기는 2건 모두 수입산(호주)으로 조사되었다(Table 7). 동물용 의약품은 각 국가의 가축 사육환경이나, 축종에 따라 사용되는 종류 및 잔류허용기준도 상이하므로(30) 수입 축·수산물에 대해서도 철저한 관리가 필요하다. 과거 국내에서 수행되었던 페니실린계 동물용 의약품에 대한 잔류 실태 조사는 주로 항생제 판매 및 사용량이 많은 아목시실린과 암피실린에 대해 수행되었다. 검출 수준은 0.009-0.078 mg/

Table 7. Number of detected cases and residue levels of benzylpenicillin in the samples tested

Samples	Detected cases/ Tested samples	Detection rate (%)	Imported/ Domestic ¹⁾	Residue levels (mg/kg)
Pork	4/78	5.1	1 (Canada)/3	0.001, 0.002, 0.003, 0.134 ²⁾
Beef	2/71	2.8	2 (Australia)/0	0.001, 0.001
Chicken	5/44	11.4	0/5	0.001, 0.001, 0.002, 0.002, 0.003
Flatfish	2/39	5.1	0/2	0.002, 0.004
Total	13/232	5.6		

¹⁾The origin of detected products

²⁾Excess of the MRLs

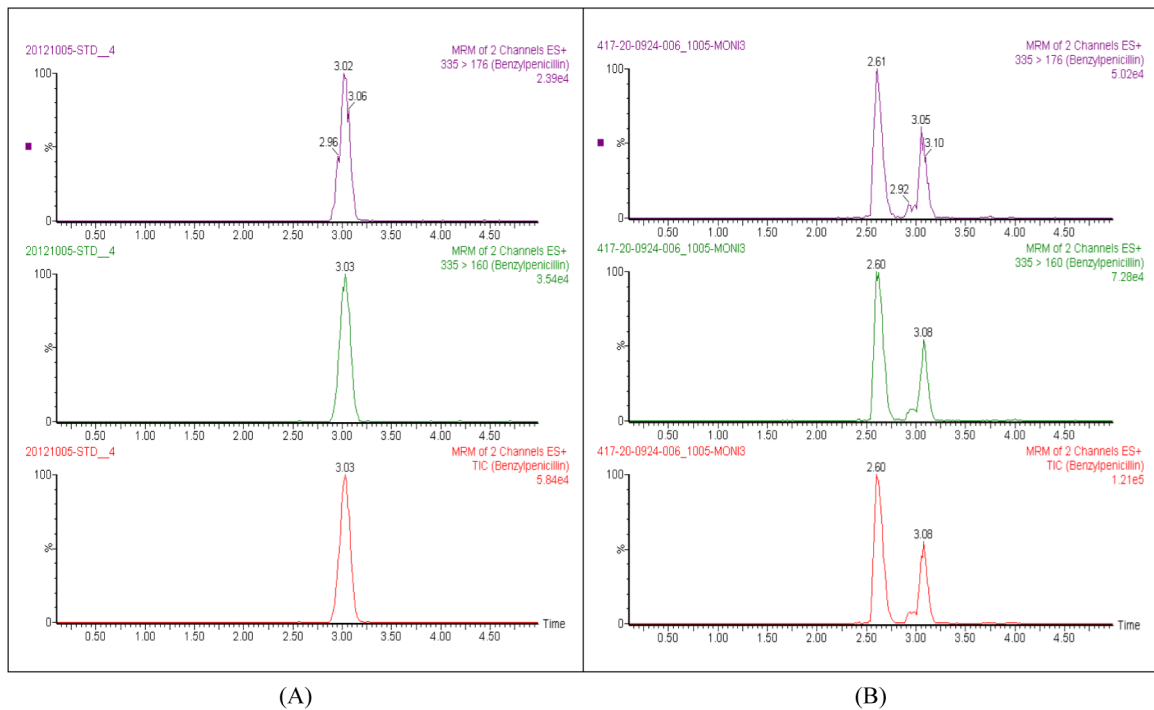


Fig. 3. MRM chromatograms of (A) penicillin standard material and (B) detected samples.

kg으로 잔류허용기준 미만으로 조사되었다(4). 반면 벤질페니실린에 대한 국내 모니터링 자료가 부족한 실정이므로 벤질페니실린계 항생제에 대한 지속적인 광범위한 항생제 잔류모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

요 약

국내 유통 중인 돼지고기, 소고기, 닭고기, 낫치 232건의 시료에 대해 벤질페니실린의 잔류량을 조사하기 위해 현행 식품공전상 축·수산물 중 벤질페니실린 분석법에 대한 검증을 실시하고 모니터링을 수행하였다. 그 결과 벤질페니실린에 대한 분석법은 CODEX에서 요구하는 기준에 적합한 정밀성과 정확성을 보였다. 벤질페니실린의 잔류량 모니터링 결과 축산물 193건 중 11건, 수산물 39건 중 2건 총 13건이 검출되었다. 검출된 수준은 축·수산물 12건에서 0.001-0.004 mg/kg으로 잔류허용기준 이하로 검출되었으나, 축산물 중 국내산 돼지고기 1건에서 잔류허용기준을 초과한 0.134 mg/kg 수준으로 검출되어 해당 유관기관에 부적합통보 및 사후관리를 요청하였다. 따라서 벤질페니실린 등 항생제는 다른 동물용 의약품에 비해 사용빈도가 많은 만큼 지속적으로 잔류모니터링과 관리가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 식품의약품안전청 연구개발과제의 연구개발비 지원(12161식품안023)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Shin HC. Survey of veterinary drugs. Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2005)
2. Hwang IG. Prevalence & diversity of extended-spectrum β-lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolates in Korea. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2009)
3. Hah DS, Kim JS, Kim GS. Simultaneous quantification of sulfonamide and tetracyclines in fish muscle tissue by matrix solid phase dispersion (MSPD) extraction and HPLC. J. Fd. Hyg. Safety 12: 117-124 (1997)
4. Shin HC, Park KH. Veterinary drugs residue monitoring. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2006)
5. Guillemot D. Antibiotic use in humans and bacterial resistance. Curr. Opin. Microbiol. 2: 494-498 (1999)
6. FAO. Food and agriculture organization of the united nations

- world health organization. In: Technical Workshop on Residues of Veterinary Drugs without ADI/MRL. FAO/WHO, Rome, Italy (2004)
7. FAO. Codex guidelines for the design and implementation of national regulatory food safety assurance programme associated with the use of veterinary drug in food producing animals CAC/GL 71. In: Codex International Food Standards. FAO/WHO, Rome, Italy (2009)
 8. FARAD Digest. Update on drugs prohibited for extra-label use in animals. Available from: <http://www.farad.org/publications/digests/092009ProhibitedDrugsUpdated.pdf>. Accessed Sep. 1, 2009.
 9. European Union. Council Regulation No. 2377/90: A community procedure for the establishment of maximum residue limits of veterinary medicinal products in foodstuffs of animal origin. Available from: http://ec.europa.eu/health/files/eudralex/vol-5/reg_2009_485/reg_2009_485_en.pdf. Accessed Jun. 9, 2009.
 10. Shin HC. Survey of veterinary drugs. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2005)
 11. Lee TS. Establishment of antimicrobials management system for aquaculture. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2003)
 12. Lee TS. Establishment of antimicrobials management system for aquaculture. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2004)
 13. Jung SC. Establishment of control system of antibiotics for livestock. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2003)
 14. Jung SC. Establishment of control system of antibiotics for livestock. In: Annual Report of KFDA, Korea (2004)
 15. Jung SC. Establishment of control system of antibiotics for livestock. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2005)
 16. Lee TS. Establishment of antimicrobial management system for aquaculture. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2005)
 17. Song SO, Cho MH, Shin KS, Lee MH, Ryu PD, Jeong BG, Lee SW, Lee HG. Simultaneous determination of residual tetracyclines in beef, pork, and chicken meats by high performance liquid chromatography. Korean J. Vet. Publ. Hlth. 18: 343-352 (1994)
 18. Lim SK. Monitoring of antimicrobial resistance on the food-animals and meats. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2007)
 19. Hong JH. Method development and monitoring on residues of veterinary drugs in foods. In: Annual Report of KFDA, Korea (2012)
 20. Choi DM. Veterinary drugs, stock farm product, marine product, monitoring. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2009)
 21. Gwon GS. Safety Evaluation on Residues of Veterinary drugs in foods. In: Annual Report of KFDA. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea (2011)
 22. Reyns T, Cherlet M, De Baere S, De Barker P, Croubles S. Rapid method for the quantification of amoxicillin and its major metabolites in pig tissues by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with emphasis on stability issues. J. Chromatogr. B 861: 108-116 (2008)
 23. Cass QB, Gomes RF, Calafatti SA, Pedrazzoli Jr. J. Determination of amoxicillin in human plasma by direct injection and coupled-column high-performance liquid chromatography. J. Chromatogr. A 987: 235-241 (2003)
 24. Menelaou A, Somogyi AA, Barclay ML, Bochner F. Simultaneous quantification of amoxicillin and metronidazole in plasma using high-performance liquid chromatography with photodiode array detection. J. Chromatogr. B 731: 261-266 (1999)
 25. Anfossi P, Zaghini A, Grassigli G, Menotta S, Fedrizzi G. Relative oral bioavailability of microgranulated amoxicillin in pigs. J. Vet. Pharmacol. Ther. 25: 329-334 (2002)
 26. Hong SG, Kim SJ, Jeong SH, Chang CL, Cho SR, Ahn JY, Shin JH, Lee HS, Song WK, Uh Y, Yum JH, Yong DG, Lee KW, Chong YS. Prevalence & diversity of extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolates in Korea. Korean J. Clin. Microbiol. 6: 149-155 (2003)
 27. Gianpiero B, Riccardo C, Amedeo P, Michele P, Giorgio P, Maria GD. Monitoring of benzylpenicillin in ovine milk by HPLC. J. Pharmaceut. Biomed. 17: 733-738 (1998)
 28. FAO. Report of the eleventh session of the CODEX committee on residues of veterinary drugs in foods. Available from: www.codexalimentarius.org/input/download/report/216/A199_31e.pdf. Accessed Sep. 15-18 (1998)
 29. Song JY, Hu SJ, Joo H, Kim MO, Hwang JB, Han YJ, Kwon Y, Kang SJ, Cho DH. Residue analysis of penicillines in livestock and marine products. Anal. Sci. Technol. 25: 257-264 (2012)
 30. Oh JH, Kwon CH, Jeon JS, Choi D. Management of veterinary drug residues in food. Korean J. Environ. Agric. 28: 310-325 (2009)