

## 국내에서 유통 중인 축산환경개선제의 표기사항 및 항생제 내성 현황조사

최정은 · 이은영\*  
수원대학교 환경공학과

**An Investigation on the Antibiotic Resistant Condition and Label-Status of Domestically Distributed Livestock-Environment Improving Agents.** Choi, Jung Eun and Eun Young Lee\*. *Department of Environmental Engineering, University of Suwon, Hwaseong 445-743, Korea* – A study on livestock environment improving agents was conducted; top two brands (A and B) in the market, bottom two brands (E and F) based on market shares and two newly developed agents (C and D) were measured for viable count and tested for resistance towards antibiotics prohibited against livestock feeds. Test results revealed that the measured viable count of agents A and B matched those on the labels were identical; however agent E lacked information on viable counts nor the intended usage, while the measured viable count of agent F was less than the label-stated count. No correlation was found between the antibiotic-resistance test and market share, and most of the agents excluding B were found to display resistance case of Lincosimides such as Lincomycin and Clindamycin, resistant bacteria were found, with the except of agent B. Amoxicillin, Ampicillin and Penicillin (type-Penicillins) and Erythromycin (type-Macrolide) were shown to contain resistant bacteria, with the except of agents B and E; the same for Norfloxacin (type-Quinolone) and Neomycin antibiotics. Aminoglycosides such as Gentamycin and Streptomycin contained resistant bacteria, excluding agent B. Oxytetracycline (type-Tetracycline), which is banned for use as resistant bacteria showed the highest sensitivity among the 12 antibiotics, revealed positive results in the test for resistant bacteria; again excluding of agents B and E. These results reveal that many agents contained resistant bacteria despite the fact that they were prohibited; this calls for a more accurate display of the facts and specifications, systematic distributions and strict verification processes of environment improving agents.

**Key words :** Antibiotic resistance, livestock-environment improving agent, microorganism

### 서 론

현재 우리나라 축산업에서는 환경오염을 최소화 시키는 동시에 품질이 우수하고 위생적인 축산물을 소비자에게 공급하기 위해, 사료에 항생제와 화학적 치료제 등을 첨가하며[1, 9], 농가에서 쉽게 택할 수 있는 방법 중 하나인 미생물제제를 이용하여 사육환경 개선을 돕는다. 그러나 환경개선용으로 유통되는 미생물 제제는 많은 농가에서 활용되고 있음에도 불구하고 그 효능이나 유통에 관한 제도적 관리체계가 정립되어 있지 않은 상태이다. 수입품이나 보조 사료로도 등록되지 않은 불법 제품 또한 난무하고 있으며, 무분별한 항생제의 첨가가 이루어지고 있는 실정이다[11]. 사료에 첨가되는 항생제는 연변의 방지와 성장 촉진에 매우 즉각적 효과를 보이는 유익한 점이 있으며[8] 사료 내에 첨가할 시 열악한 축산환경을 개선시키고 비육돈의 성장 촉진과 사료효율, 질병에 대한 저항력 등에 유익한 영향을 나타낸

다고 알려져 있다[2, 3, 10, 19]. 하지만 항생제가 오랫동안 사용되면서, 가축의 장내에서 항생물질에 대한 저항성이 강한 미생물을 유도 하거나 축산물에 잔류되어 인간에게 까지 병원성 미생물의 항생제에 대한 내성획득이 이루어질 가능성에 대한 문제가 있다[8, 20]. 특히 사람에서 문제가 되고 있는 vancomycin resistant enterococci(VRE), *Salmonella Typhimurium* DT104, 퀴놀론 내성 *Campylobacter* 등의 내성균 증가가 동물에서의 내성균 증가와 무관하지 않다는 연구가 보고되고 있어 동물이나 축산물 유해 내성균에 대한 중요성을 인식하고 이를 개선할 수 있는 방안이 절실히 필요한 실정이다[16]. 그리하여 전 세계적으로 가축사료에 대한 항생제의 남용 규제가 강화되어지고 있는 실정이며 국내에서도 세균의 높은 항생제 내성률이 문제되어 항생제 사용 감소에 대한 관심이 커지고 있다[5, 6, 12]. 동물의약품 중 인수공용 항생제와 항균제를 배합사료에 혼합하는 것은 2011년까지만 허용되며, 2012년 부터는 전면 금지 하려는 정부의 방침이 세워졌다. 이러한 정책에 대비하여 정부는 현행 25종의 배합사료 내 첨가용 항생·항균제 중 Tetracycline계 항생제 2종과 인수공용항생제 5종 등 7종의 사용기준을 삭제하여 2009년도에 18종으로 낮추었다(Table 1).

\*Corresponding author  
Tel: 82-031-220-2614, Fax: 82-031-220-2533  
E-mail: ley@suwon.ac.kr

또한 2011년까지 나머지 항생제 8종 Enramycin, Tylosin, Virginiamycin, Bacitracin methylene disalsilate, Bambermycin, Tiamurin, Apramycin, Avilamycin과 항균제 1종 Sulfathiazile도 배합사료에 섞지 못하도록 한다는 방침이다. 그 외에 축·수산물 중 항생제 잔류허용 기준을 2007년도 58종에서 2009년도 72종으로 강화하였으며, 2007년 3월 무항생제 축산물 인증제를 도입하고, 2008년 7월 인수공용 쿼놀론계 항생제 4종 133품목의 제조와 수입을 금지하여 항생제 내성관리에 대한 방침을 추진해 오고 있는 실정이다. 현재 세계무역기구(World Trade Organization, WTO)를 비롯한 국제기관에서는 인수공용 항생제에 대해서 우선적으로 사용을 자제할 것을 강력히 권고하고 있으며, 국내에서도 2009년 1월 1일을 기준으로 국내 허가되었던 모든 인수공용 항생제는 사용이 금지 되었다. 현재 항생제 사용실태는 많이 개선되어 가는 시점으로 배합사료 내 첨가용 항생제 사용량은 2003년 1,438톤 인 것에 비해 2008년 1,211톤으로 매년 감소하고 있다. 또한 식품의약품안전청은 국내 유통 중인 축산물 및 수산물 등의 항생제 내성률을 분석한 결과 2006년도 대비 29.4% 감소하고 있다고 밝혔다. 또한 앞으로 논의를 걸쳐 확정되겠지만 이러한 정책들에 대비해 업계의 항생제 대체물질에 대한 준비가 시급한 실정이다.

이러한 시점에서 본 연구진은 축산 환경개선제로 생산·유통되는 생균제의 문제점 및 검증방안에 대해 논의한 바가 있으며[13] 검증방안으로서 균수 보증과 항생제 내성 테스트, 그리고 악취 제거 효능 검사를 제시하였다. 이러한 검증방안에 따라 '07 단미사료협회에서 제공된 점유율을 기준으로 현재 유통 중인 미생물제제 일부를 선정하여 각 계열별 항생제 품목을 선택하여 항생제 내성균의 존재 유무를 확인하였으며 생균수 측정에 의한 균수 보증을 통하여 국내 환경개선제의 특성을 분석하였다.

**Table 1. Lists of the antibiotics as feed additives permitted in Korea (2009.1.1 revision).**

Use	Antibiotics in food-producing animals (18)
Used for animals	*Tylosin, *Virginiamycin, *Enramycin, *Salinomycin, Monensin sodium, Lasalocid sodium, *Bacitracin methylene disalsilate, *Bambermycin, *Tiamurin, Narasin, *Apramycin, *Avilamycin, Clopidol, Sulfathiazile, Maduramicin ammonium, *Phenbendazole, Diclazuril, Semduramycin

\*: Antibiotics Used for Swine farm

**실험 재료 및 방법**

**제품선정**

환경개선제의 종류는 '07년 단미사료 협회에서 제공하는 판매별 순위를 고려하여 점유율 기준으로 상위 제품 A, B 사(상위 30% 이내)의 제품과 하위 제품으로 E, F사의 제품을 선정 하였으며, 현재 개발완료 되어진 C, D사의 제품을 획득하여 생균수 측정과 항생제 내성 시험을 하였다(Table 2).

**생균수 측정**

연속희석법을 이용하여, A, B, C, D, E, F사의 생균수 측정 실험을 행하였다. 희석배수가 10<sup>4</sup>에서 10<sup>7</sup>의 희석액 0.1 mL를 살균된 유리봉을 이용하여 배지 표면에 골고루 도말한 후 집락이 형성될 때까지 48시간동안 30°C에서 배양하여 형성된 콜로니를 세어 측정하였다. 형성된 콜로니는 통계학적으로 가장 믿을 수 있는 30에서 300집락이 형성된 배지의 콜로니를 세어 평균을 내었다. 시료의 희석액으로는 멸균수를 사용하였으며, 생균수 측정 결과는 총 2번의 실험을 통해 산출 되었다. 측정에 이용된 배지의 종류는 일반

**Table 2. Characteristics of microbial agent.**

Item	Characteristics	Use	Market share (%)	Ingredient	Directions
A	microbial agent	spray type	1.68	<i>Lactobacillus subtilis</i> 1*10 <sup>7</sup> cfu/mL and above <i>Bacillus</i> 1*10 <sup>7</sup> cfu/mL and above Yeast 1*10 <sup>6</sup> cfu/mL and above	First : 1 L/1 ton excretions After : 1 L/5 ton excretions
B	microbial agent	spray type	10.76	-	3 kg/400~500 L Water Usage after dilute At 300 pyeong, (1000 head) First : twice a week After : once a week
C	microbial agent	spray type	-	-	-
D	microbial deodorant	spray type	-	-	-
E	microbial agent	spray type	0.02	-	10 L/400~1000L Water Usage after dilute
F	microbial agent	spray type, drink type	0.10	<i>Bacillus subtilis</i> 1.0*10 <sup>7</sup> cfu/mL and above	-

세균용으로 NA(Nutrient Agar), 유산균류용 배지 MRSA (Lactobacilli MRS agar), 효모 및 곰팡이류용으로 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지를 이용하였다.

### 항생제 종류 선정

항생제는 현재 2009년 1월 1일 사료첨가용 항생제 품목이 제한되기 전까지 계열별로 tetracycline계, penicillin계 및 sulfa계가 가장 많이 사용되었으며, 그 다음으로는 aminoglycoside계, quinolone계, macrolide계가 많이 사용된다고 보고되었다. 또한 축종별로는 돼지에 가장 많은 항생제가 사용된다고 보고되어진다[16]. 실험에 이용된 항생제 disc는 aminoglycosides 계열의 Gentamycin, Neomycin, Streptomycin과 Lincosimides 계열의 Clindamycin, Lincomycin, Macrolides 계열의 Erythromycin, Cephalosporins 계열의 Cephalothin, Quinolones 계열의 Norfloxacin, Penicillins 계열의 Penicillin, Amoxicillin, Ampicillin 그리고 Tetracyclines 계열의 Oxytetracyclin 의 총 12가지의 항생제가 사용되었으며 Table 3에 나열하였다. 독성, 내성 유발성, 규제적 중요도 등과 노출 등을 고려한 위해도 분석 결과에 의하면 Streptomycin은 위해도 5-10의 3등급이며, 나머지 항생제는 10-15의 조금 더 위해도가 높은 4등급에 해당한다[16]. 위해도 등급은 총 5등급으로 분류되며 1등급에서 5등으로 갈수록 위해도가 높은 것으로 선정되어 있다. 12가지 항생제는 모두 현재 사용 금지된 종류이며 Penicillin은 2008년까지 허

Table 3. The antibiotic discs type used in this experiment.

No.	Antimicrobial agents	Code	Disc potency	Catalog number
1	Amoxicillin	AML	10 µg	CT0161B
2	Cephalothin	KF	30 µg	CT0010B
3	Clindamycin	DA	2 µg	CT0064B
4	Erythromycin	E	15 µg	CT0020B
5	Penicillin	P10	10 µg	CT0043B
6	Ampicillin	AMP	10 µg	CT0003B
7	Gentamycin	CN	10 µg	CT0024B
8	Lincomycin	MY	2 µg	CT0027B
9	Neomycin	N	10 µg	CT0032B
10	Norfloxacin	NOR	10 µg	CT0434B
11	Oxytetracyclin	OT	30 µg	CT0041B
12	Streptomycin	S	10 µg	CT0047B

OXOID, ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TEST DISCS

Table 4. Results of the viable cell in each product.

Item	Nutrient Agar	Difco™ Lactobacilli MRS Agar	Difco™ Potato Dextrose Agar
A	$8.2 \times 10^7$ CFU/mL	$1.3 \times 10^8$ CFU/mL	$4.3 \times 10^7$ CFU/mL
B	$1.4 \times 10^8$ CFU/mL	$2.3 \times 10^8$ CFU/mL	$1.7 \times 10^8$ CFU/mL
C	$5.0 \times 10^2$ CFU/mL	$5.9 \times 10^2$ CFU/mL	$4.4 \times 10^2$ CFU/mL
D	$3.1 \times 10^6$ CFU/mL	-	$5.5 \times 10^5$ CFU/mL
E	$4.1 \times 10^7$ CFU/mL	$6.8 \times 10^7$ CFU/mL	$1.9 \times 10^7$ CFU/mL
F	$1.6 \times 10^5$ CFU/mL	$1.1 \times 10^4$ CFU/mL	$1.7 \times 10^5$ CFU/mL

용되었던 인수공용 항생제 품목이다.

### 항생제 내성 시험 방법

항생제 시험은 disk diffusion법을 이용하였으며 MRSA, PDA, NA 배지에 각 미생물제제를 0.1 mL씩 분주한 후, 멸균된 유리 도말봉을 이용하여 골고루 도말한 뒤 10분 이내에 dispenser를 이용하여 항생제 디스크를 배지 위에 접종하였다. 항생제 내성여부는 30°C에서 48시간 배양한 후에 클리어 존의 형성 여부와 크기에 따라 내성의 정도를 확인하였으며[14], 실험은 총 3번에 걸쳐 실험하여 표준편차와 함께 클리어 존의 크기를 나타내었다.

## 결 과

### 생균수 측정

연속희석법을 이용하여 생균수 측정 실험을 행한 결과를 Table 4에 나타내었다. *Lactobacillus subtilis* 3종  $1 \times 10^7$  CFU/mL 이상, *Bacillus* 4종  $1 \times 10^7$  CFU/mL 이상, 효모  $1 \times 10^6$  CFU/mL 이상이 함유된 것으로 표기되어 있는 A사의 분무용 미생물제제의 생균수를 측정한 결과 모두  $10^7$  CFU/mL 이상의 균수가 측정되어 실제 표기 사항과 일치하였다. 점유율이 상위권인 B사의 제품은  $10^8$  CFU/mL으로 타사의 제품보다 비교적 많은 균수를 포함하였으며, 사용 용법을 비교한 결과 실제 분사량에 있어 타제품보다 소량을 사용하도록 표기되어 있었다. 그러나 함유 균주량에 관한 정보를 제공하고 있지 않아, 표기사항과의 일치 여부는 확인이 불가하였다. C사의 분무용 미생물제제의 경우  $10^2$  CFU/mL으로 타사의 제품보다 비교적 적은 양의 균수가 측정되었으며, 함유 균주나 사용용량, 용법 등이 정확한 정보를 제공하고 있지 않아 표기사항과의 일치 여부를 확인하지 못하였다. D사의 분무용 미생물제제는 현재 개발 완료된 제품으로써, 유산균류의 미생물은 첨가되지 않아 NA 배지와 PDA 배지에서 생균수 측정을 하였다. 측정결과는 D사에서 제공하는  $10^5$  -  $10^6$  CFU/mL의 균주를 함유하고 있다고 하는 균주 정보와 일치하였다. D사의 분무용 미생물 제제에는 비교적 적은 양의 균수가 존재 하였으므로, 사용 용법에 따라 타사 제품보다 실제 현장 적용에 있어 많은 양을 사용하여야 했다. 광합성 세균 농축액인 E사의 분무용 미생물제제의 생균수를 측정한 결과 NA, MRSA, PDA의 배지에서  $10^7$  CFU/mL의

**Table 5. Antibiotic resistant test of each product**

(Unit : mm)

No.	Kinds	A corp.			B corp.			C corp.		
		N*	M**	P***	N*	M**	P***	N*	M**	P***
1	Amoxicillin	8.67 <sup>1)</sup> (1.53) <sup>2)</sup>	-	-	29.67 (3.51)	26.00 (9.17)	31.00 (7.07)	-	-	-
2	Cephalothin	12.33 (2.08)	-	-	33.0 (1.41)	21.00 (4.24)	26.00 (11.3)	-	-	-
3	Clindamycin	21.0 (1.00)	-	-	16.33 (2.08)	25.67 (1.53)	24.00 (2.83)	-	-	-
4	Erythromycin	9.50 (0.71)	-	-	16.33 (2.52)	19.00 (4.24)	26.67 (1.53)	-	-	-
5	Penicillin	8.67 (1.53)	-	-	30.67 (4.16)	17.33 (5.03)	23.00 (4.24)	-	-	-
6	Ampicillin	7.33 (2.08)	-	-	22.00 (12.2)	9.55 (0.64)	25.00 (7.07)	-	-	-
7	Gentamycin	20.67 (2.52)	37.67 (1.15)	-	10.67 (0.58)	38.67 (0.58)	29.33 (11.6)	-	-	-
8	Lincomycin	10.5 (0.71)	21.00 (2.83)	-	10.33 (0.58)	11.67 (0.58)	21.33 (4.62)	-	-	-
9	Neomycin	14.0 (1.00)	25.00 (3.61)	-	9.33 (0.58)	27.00 (1.00)	24.67 (4.62)	-	-	-
10	Norploxacin	14.00 (1.41)	22.33 (1.53)	-	14.00(1.41)	45.33 (5.03)	33.00 (7.07)	-	-	-
11	Oxytetracyclin	9.00 (1.32)	12.50 (2.12)	-	25.00 (1.00)	31.33 (8.08)	33.00 (4.24)	-	16.00 (3.61)	-
12	Streptomycin	20.33 (5.86)	34.00 (2.83)	-	18.33 (0.58)	9.67 (0.58)	26.00 (2.83)	-	-	-
No.	Kinds	D corp.			E corp.			F corp.		
		N*	M**	P***	N*	M**	P***	N*	M**	P***
1	Amoxicillin	15.33 (3.06)	-	-	14.00 (2.00)	26.67 (6.11)	17.00 (2.00)	-	-	-
2	Cephalothin	34.00 (0.00)	-	-	15.67 (3.21)	13.67 (0.58)	10.67 (0.58)	-	-	-
3	Clindamycin	36.67 (3.06)	-	-	11.33 (1.53)	12.00 (1.41)	12.00 (1.73)	-	-	-
4	Erythromycin	18.00 (7.21)	-	-	11.67 (1.53)	16.00 (0.00)	12.00 (1.73)	-	-	-
5	Penicillin	28.00 (5.29)	-	-	13.33 (2.31)	23.00 (4.24)	12.00 (2.00)	-	-	-
6	Ampicillin	18.67 (3.06)	-	-	13.00 (1.00)	18.67 (4.93)	15.33 (0.58)	-	-	-
7	Gentamycin	22.00 (5.29)	-	-	20.67 (0.58)	-	10.00 (0.00)	-	-	-
8	Lincomycin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Neomycin	-	-	-	12.00 (1.00)	-	-	-	-	-
10	Norploxacin	-	-	-	22.00 (4.00)	15.33 (7.02)	16.00 (0.00)	-	-	-
11	Oxytetracyclin	24.00 (6.00)	-	-	19.33 (4.62)	37.33 (2.31)	25.00 (8.66)	-	-	-
12	Streptomycin	15.33 (1.15)	-	-	20.33 (0.58)	-	13.33 (1.53)	-	-	-

N\*: NA medium, M\*\*: MRS medium, P\*\*\*: PDA medium

<sup>1)</sup>Diameter of Clear Zone

<sup>2)</sup>Standard deviation

생균이 측정되었으나 균주 함량에 관한 정보가 없어 표기사항과의 비교는 불가하였다. '07 단미사료 협회 기준 점유율이 하위권이며 살포용, 음수용으로라도 이용할 수 있는 F사의 미생물제제의 경우엔 실험에 사용된 분무용 미생물 제제 중 비교적 적은 균수를 포함하였으며, *Bacillus subtilis* 1.0×10<sup>7</sup> CFU/mL 이상이 함유되어 있다는 포장용기의 표기사항과도 불일치하였다.

**항생제 내성 시험**

분무용 미생물 제제에 대한 항생제 내성여부는 세균이 배지층의 항생제 농도가 증식을 억제하지 못하는 곳에서만 자라게 되어 생기는 클리어존의 형성 여부를 확인하여 알아보았다. 결과는 클리어존의 직경을 자로 재어 mm로 표기하였으며 표준편차와 함께 Table 5에 나타내었다.

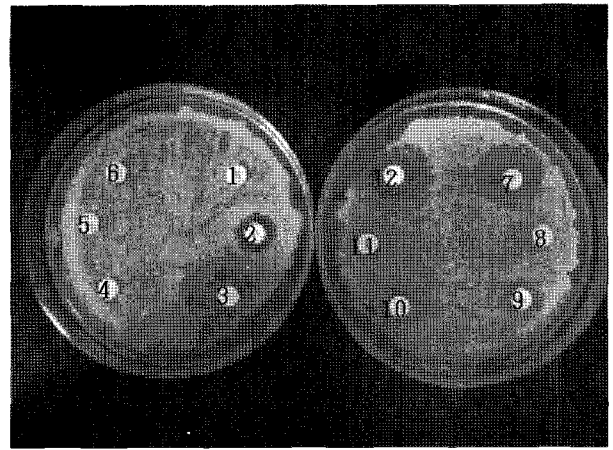
A사의 미생물제제에 대한 항생제 내성 시험을 한 결과 NA에 배양된 일반세균은 12개의 항생제에 대해 각각 정도의 차이를 두고 모두 감수성을 나타내었다. Clindamycin, Gentamycin, Streptomycin disc 클리어 존의 직경이 각각 21.0, 20.67, 20.33 mm로 넓게 나타나 항생제에 대한 내성이 가장 없음을 나타내었으며, Amoxicillin, Cephalothin, Erythromycin, Penicillin, Ampicillin, Lincomycin, Neomycin, Norploxacin, Oxytetracyclin, Streptomycin 종류의 항생제에 대해서는 14 mm 이하의 클리어 존을 보여 미약한 감수성을 나타내었다(Fig. 1A). 또한, MRSA에서 배양된 유산균들에 대해서는 대부분 항생제에 대한 내성을 보이는 것으로 확인되었으며 PDA에 배양된 균류에 대해서는 모두 내성을 나타내었다.

단미사료 협회 기준 점유율이 10.76%로 상위권인 B사 제품의 함유 균주의 경우 모든 항생제에 대하여 감수성을 나타내었다. NA, MRSA, PDA에서 배양된 균들이 모두 최소 9.33 mm 이상의 클리어 존이 형성 된 것으로 보아 B사의 분무용 제제에 포함된 균주들은 모든 균이 항생제에 대한 내성이 없음을 확인하였다(Fig. 1B).

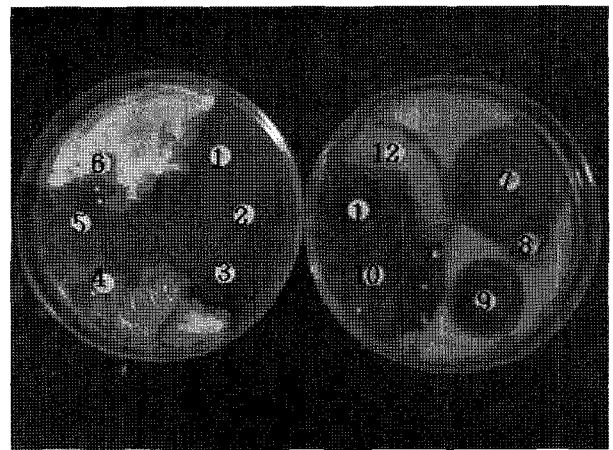
C사 제품의 경우에는 MRSA에 배양된 균은 Oxytetracyclin 항생제에 대해서만 감수성을 보이고, 그 외의 MRSA, PDA, NA에 배양된 모든 균이 12개의 항생제에 대해서 내성을 나타내었다.

현재 개발이 완료된 상품인 D사의 분무용 제제에 대한 항생제 내성 시험을 한 결과 NA에 배양된 균들이 Lincomycin, Neomycin, Norploxacin 항생제에 대해서는 내성을 보였으며, 그 외의 9개의 항생제에 대해 각각 정도의 차이를 두고 최소 15.33 mm 이상의 클리어 존을 형성하여 감수성을 나타내었다. MRSA배지와 PDA에 배양된 유산균 및 균류들에 대해서는 모두 클리어 존을 형성하지 않았으므로, 모두 내성을 가진 것으로 판단 되었다.

E사의 분무용 제제의 경우에는 NA, MRSA, PDA에서 자라는 모든 균에 대해서 공통적으로 Amoxicillin, Cephalo-



A



B

**Fig. 1. Antibiotic resistant test (A, A corp. (NA medium); B, B corp. (MRSA medium)).**

thin, Clindamycin, Erythromycin, Penicillin, Ampicillin, Norploxacin, Oxytetracyclin 항생제에 대한 감수성을 보이며, Lincomycin에 대해서는 내성을 보이는 것으로 판단되었다.

단미사료 협회 기준 점유율이 0.10%로 하위권에 속하는 F사의 분무용 제제에 대한 항생제 내성 시험을 한 결과 NA, MRSA, PDA에 배양된 모든 균들이 12종의 항생제에 대한 내성을 나타내었다.

**고 찰**

축산업의 발전에 따라 사육환경의 개선과 고품질 축산품을 생산하기 위한 기술이 향상 되었음에도 불구하고 가축에게는 폐사와 같은 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있는 많은 질병들이 발생하며, 이런 피해를 예방·치료하기 위해 여러 종류의 항생제들이 지속적으로 사용되어왔다. 이러한 항생제 들 중 대부분이 별다른 규제가 없이 사용되었으나 최근 동물의약품으로 분류되어 사용이 규제 되었음에도 불구하고

하고 무분별하게 사료에 첨가되는 경우가 많다. 문제시 되는 질병 중 대표적인 세균성 설사병 예방에 효과가 있다고 알려진 항생제 중에는 금지된 항목 또는 앞으로 금지될 항목들이 포함되어 있으며, 본 실험을 통해 유통중인 미생물 제제에서 금지된 항생제의 내성균이 존재함을 확인하였다.

Lincosimides계열의 Lincomycine, Pleuromutilins 계열의 Tiamulin, Cephalosporins 계열의 Cephalothin 등은 발육 지연, 사료효율저하 등 생산성 저하 질병인 돼지적리 예방 목적으로 사료내에 첨가하여 투약 하는 경우가 많다. Tiamulin은 앞으로 사료첨가가 금지될 예정이나 Lincomycine, Cephalothin은 현재 사료첨가 항생제로 허가된 품목이 아님에도 불구하고, lincomycine의 경우 B사 제품을 제외한 모든 제품에서 내성균이 존재하였다. Lincomycine과 같은 Lincosimides계열의 Clindamycin의 경우에는 B사와 E사 제품만이 감수성을 보였으며, A사와 D사의 일반세균에 대해서만 감수성을 보이고 그 외의 제품에서는 내성을 보였다.

Cephalosporins계 항생제의 경우 1998년 미국에서 축산동물에 사용함으로써 인해 내성을 보이는 *Salmonella* spp가 등장하여 사람에게 문제가 될 수 있으며 동물에서의 항생제 사용으로 항생제 내성균이 전파될 수 있다는 가능성이 제시되었다[16]. 그럼에도 불구하고 최근까지 Cephalothin은 돼지적리 등과 같은 질병 예방과 치료에 사용되어 왔으며, 실제 항생제 내성 테스트를 한 결과 B사 제품과 E사 제품을 제외한 모든 제품에 내성균이 존재 하였다.

또 다른 급성폐사의 피해가 있는 장독혈증은 *Clostridium perfringens* 균이 소장내에서 이상 증식하여 생성하는 독소에 의하여 출혈성, 괴사성의 병변을 일으키며, 뚜렷한 치료법이 없다. Penicillin계 및 Macrolide계 항생물질의 경구투여가 예방법으로 알려졌으나, Penicillin은 2009년 개정법 전까지 인수공용으로 많은 양이 사용되다[7, 18] 높은 내성률이 문제시 되어 현재는 가축첨가용 항생제 품목에서 제외된 실정이다. Penicillin계 항생제는 *Staphylococcus aureus*의 높은 내성률이 문제시 되었고 의료분야에서 항생제 내성 증가로 인한 methicillin resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA)의 출현으로 중요시 되어 왔다[4, 17]. 또한 Penicillin은 2007년 헝가리에서 축산물 섭취를 통해 내성이 전파되는 것과는 다른 양상이나 동물에서의 항생제 사용으로 항생제 내성균이 축산동물을 다루는 것으로도 전파될 수 있는 가능성 또한 확인되었다[16]. 이와같은 현실에도 불구하고 항생제 내성 시험결과 Penicillin은 B사와 E사 제품을 제외한 나머지 제품에 대해서 모두 내성균이 존재 하였다. 그리고 Penicillin 계열의 Amoxicillin과 Ampicillin 역시 Penicillin의 결과와 마찬가지로 B사와 E사 제품을 제외한 나머지 제품에 대해서 모두 내성균이 존재함이 확인되었다.

질병 예방목적으로 쓰이는 Macrolide 계열의 Erythromycin 또한 내성률은 Penicillin 계열의 항생제와 같은 결과를 보였다. Macrolide계 항생제는 소화기 계통의 감염증 치료

예방 및 만성호흡기 질환에 효과가 있다고 알려져 있으며, 예방을 목적으로 치료용보다 적은 양으로 사료에 지속적으로 첨가하거나 음수에 투여되고 있다. 일반인들이 쉽게 접할 수 있는 인터넷상에서는 사료첨가용 항생제에서 제외된 Macrolide계 항생제에 대한 사료첨가 효능에 대한 정보를 제공하고 있으며, 실제로 사료에 첨가되어 판매되고 있었다. Macrolide계 항생제는 내성균 유발 및 교차내성, 내성인자 전달이 용이한 항생제이며 2006년 미국과 일본에서 매우 높은 비율로 항생제 내성균 전달이 일어나고 동물에서 분리한 분리주와 사람의 분리주에서 동일한 분자역학적인 특징을 가지고 있어[16] 사용시 주의하여야 할 항생제임에도 불구하고, 본 실험에서 많은 제품에 대해 내성을 나타내었다.

돼지 증식성장염은 *Lawsonia intracellularis*에 의해 발생되는 질병이며 우리나라에서도 1995년 발생이 확인된 이후 지속적으로 발생되고 있는 실정이다. 이 질병에 감염된 농장은 쉽게 근절되지 않는 경향이 있으며, 일반적으로 감수성이 있는 약제로는 Quinolones계 항생제, Tiamulin, Tylosin, Cabadox, Neomycin 및 Tetracyclin 등이 알려져 있으나 이 균의 특징이 세포내 기생하는 특성이 있으므로 그 효과는 제한적일 수 있으며, 약제의 사용빈도가 높을수록 내성균의 발생율은 커지므로 약제의 선택에 유의 하여야 한다. Neomycin의 항생제 내성 실험테스트를 한 결과, C, D, F사의 제품에서 내성균을 확인하였다. 그 외에 A사와 E사 제품의 효모 및 곰팡이 류에서 내성균이 확인되었으며, E사제품의 유산균류 또한 내성균이 확인되었다. Quinolones계 항생제로는 본 실험실에서 Norfloxacin 항생제를 이용하여 실험하였으며, B사와 E사의 제품만이 감수성을 보이고 다른 제품에 대해서는 Neomycin과 유사한 내성분포 결과를 나타내었다.

Gentamycin, Streptomycin 항생제는 Neomycin과 같은 Aminoglycosides 계열의 항생제이며, 2005년 당시 축산유래 세균의 내성률에 관한 보고에서 가축에서 분리된 대장균에서 Gentamycin은 40%가량, Streptomycin은 대장균과 살모넬라에서 60%가량의 내성률을 보여 무분별한 사용에 대해 주목되어 왔으며[13] 현재에는 사료첨가용 항생제로는 사용 금지된 품목이다. Aminoglycosides 계열의 항생제는 동물에서 사용된 Gentamicin으로 인해 등장한 사람과 동물의 Gentamicin저항성 장내구균 간에 분자생물학적으로 매우 유사한 특징들이 확인되면서 내성균 유발 및 교차내성, 내성인자 전달이 용이한 항생제로 확인[13] 되었다. 또한 인간에게 *Francisella tularensis* 균에 의한 급성전염병 치료에 쓰이는 항생제로 내성균이 축산물을 통해 내성 박테리아가 사람에게 전염될 시 더욱 문제시 될 수가 있다. 이러한 문제점들을 가지고 있는 Aminoglycosides 계열의 Gentamycin, Streptomycin은 Neomycin 과 같이 C사와 F사 제품에 함유된 모든 균에 대해 내성을 나타내었으며, Gentamycin은 B사 제품 함유균에 대해 모두 감수성을 보였다. 반면 실험에 사용된 모든 항생제에 대해 감수성을 나타낸 B사제품의 함유

균 중 유산균류에 대해서 유일하게 Streptomycin에 대한 내성을 보였으나 이는 Streptomycin의 위해도 등급이 다른 항생제 품목보다 낮기 때문이라 사료된다.

Tetracycline은 가축사료에 사용되어 온 대표적인 항생제이며 축산에서 *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis* 등의 많은 내성균들이 발견되었다[16]. 그 후 농식품부 등 관련부처와 함께 지속적으로 추진해온 항생제 사용감소 정책에 따라 대장균의 경우 Tetracyclines에 대한 내성률이 50.9%로 2006년에 비해 29.4%로 감소하였으며, 항생제 사용량도 03년도 72톤에서 07년 62톤으로 감소되었다[22]. 2009년 Tetracycline의 사용이 금지된 현재, Tetracyclines 계열의 Oxytetracycline에 대한 내성 실험을 한 결과 12가지의 항생제중 각 제품에 대해 가장 높은 비율의 감수성을 나타내었으나 다른 항생제와 마찬가지로 일부 제품에서는 내성균이 존재하였다. F사의 제품에서 모든균에 대해 내성을 보였으며 A사의 C사의 D사의 경우 효모 및 곰팡이류에 대해서 모두 내성을 보였다. 다른 항생제 종류에 비해 Oxytetracycline의 내성균은 비교적 적게 관찰되었지만, 국립수의과학검역원에서 정기적으로 실시하는 축산물 중 잔류물질 위반농가 검사 현황에 따르면 위반농가 35농가 중 Oxytetracycline의 검출로 잔류물질을 위반한 농가가 8농가로 다른 물질에 비해 많은 비율을 차지하였다[15]. 잔류농도를 위반하여 항생제가 지속적으로 이용 될 시 축산에서 Tetracyclines 계열의 내성균의 증가 위험이 있기 때문에 주의하여야 한다.

## 결 론

생균수 측정에 있어서는 점유율이 높은 축산환경 개선용 미생물제제에는 비교적 표기사항과 용법 등이 분명하게 표기되어 있으며 대부분 개인 인터넷 홈페이지를 통하여 함유균주나 효능에 대한 정보를 제공하고 있었으나, 점유율이 낮은 일부 미생물제제의 경우 표기사항이 불분명 하고 실제표기사항과도 일치하지 않은 경우가 확인되었다. 축사의 환경문제를 개선하기 위한 농가에서 택할 수 있는 손쉬운 방법 중 하나인 미생물제제는 그 효능이 분명하게 입증되지 않았음에도 불구하고 표기사항이나 입소문 등으로 많이 사용되고 있는 실정이다. 그러므로 환경개선제 특성의 정확한 표기와 체계적인 효능 검사가 필요하다고 사료된다. 또한 유통중인 환경개선제에 대해 항생제 내성 테스트를 실시한 결과 07년 단미사료 협회 점유율 10.76%로 가장 높았던 B사 제품의 경우 실험에 사용된 항생제에서 모두 감수성을 보였으며 다음으로는 0.02%로 가장 하위 점유율을 차지한 E사 제품에 함유된 균의 대부분이 lincomycin을 제외한 모든 항생제에 대하여 감수성을 보였다. 실험에 사용된 항생제는 대부분이 질병치료로 쓰이는 동물의약품에 속하며 사료첨가용

항생제 품목에서 제외된 실정이다. 그러나 실험 결과 내성률의 문제로 금지된 사료 첨가용 항생제의 내성균이 존재하는 환경개선제가 아직도 시중에 많이 유통되고 있는 것으로 확인 되었으며, 이러한 제품이 동물에서 지속적으로 사용될 시 항생제 내성균이 인간에게 전파될 수 있는 가능성을 간과 할 수 없다. 따라서 좀 더 체계적인 유통 체계와 검증 과정이 필요하다고 사료 된다. 또한 본 실험에서는 여러 제품의 미생물 제제를 선정하여 제제 안의 내성균주 존재 유무에 관하여 알아보았으나, 후에 한가지 제품에 포함되어 있는 각 균주들이 개별적으로 가진 항생제 내성과 내성균주의 우점도 등의 실험을 추가한다면 무분별한 항생제 남용 규제와 항생제 내성률 저감에 이바지 할 것이라고 사료된다.

## 요 약

축산환경개선용 미생물 제품 중 시장점유율을 기준으로 상위제품 A, B, 하위 제품 E, F와 현재 개발완료 되었진 C, D를 선정하여 생균수 측정과, 사료첨가용으로 사용이 금지된 항생제에 대한 내성 테스트를 실시하였다. 생균수 측정 결과 상위 점유율의 A, B사 제품은 표기상의 생균수와 일치하였으나, 하위 점유율을 차지하고 있는 E제품의 경우 함유균주나 효능에 대한 정보를 제공하고 않고 있을뿐더러 F사의 제품은 균수가 적게 측정되어 실제 표기사항과 일치하지 않았다. 항생제 내성실험결과 점유율에 따른 상관관계는 없었으나, B사를 제외한 제품의 대부분에서 내성균이 존재함을 확인하였다. Lincosimides 계열의 Lincomycin과 Clindamycin의 경우 B사를 제외한 제품에서 내성균이 존재하였다. Penicillins 계열의 Amoxicillin, Ampicillin, Penicillin 및 Macrolide계열의 Erythromycin 항생제는 B사와 E사를 제외한 제품에서 내성균이 존재함을 확인하였다. Quinolines계열 Norfloxacin 또한 B사와 E사를 제외한 제품에서 내성균을 보였으며 Neomycin의 항생제 또한 유사한 내성분포 결과를 나타내었다. Neomycin과 같은 Aminoglycosides계열의 Gentamycin, Streptomycin은 B사제품을 제외한 제품에서 내성을 나타내었다. 마지막으로 내성균으로 사용 금지된 Tetracycline 계열의 Oxytetracycline은 12가지 항생제중 가장 높은 비율의 감수성을 나타내었으나 B, E사를 제외한 제품에서 내성균의 존재를 확인하였다. 실험결과 사용 금지된 항생제 품목임에도 불구하고 많은 제품에서 내성균이 존재하였으며, 이에 따라 환경개선제 특성의 정확한 표기와 체계적인 유통 체계와 검증 과정이 필요하다고 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국책과제(아젠다 11-32-73)으로 지원을 받아 수행되었으므로, 이에 감사드립니다.

## REFERENCE

1. Animal biotechnology division. 2002. Statistics Data Base for Livestock Research. National Livestock Research Institute.
2. Coconnier, M. H., M. -F. Bernet, G. Chauviere and A. L. Servin. 1993a. Adhering heat-killed human *Lactobacillus acidophilus* strain LB, inhibits the process of pathogenicity of diarrhoeagenic bacteria in cultured human intestinal cells, *J. Diarrhoeal Dis. Res.* **11**: 235-242
3. Coconnier, M. H., M.-F. Bernet, S. Kerneis, G. Chauviere, J. Fournait and A. L. Servin. 1993b. Inhibition of adhesion of enteroinvasive pathogens to human intestinal Caco-2 cells by *Lactobacillus acidophilus* strain LB decreases bacterial invasion. *FEMS Microbiol. Lett.* **110**: 299-306.
4. Hussain, Z., L. Stoakes, S. Garrow, S. Longo, V. Fitzgerald, and R. Lannigan. 2000. Rapid detection of *mecA*-positive and *mecA*-negative, coagulase-negative staphylococci by an anti-penicillin binding protein 2a slide latex agglutination test. *J. Clin. Microbiol.* **38**: 2051-2054.
5. Jang, H. D., H. J. Kim, J. H. Cho, Y. G. Chen, J. S. Yoo, and I. H. Kim. 2007. Effects of Dietary Probiotic Complex on Growth Performance, Blood Immunological Parameters and Fecal Malodor Gas Emission in Growing Pigs. *Kor. J. Ani. Sci. & Technol.* **49**: 501-508.
6. Jung, S. C., National Veterinary Research and Quarantine Service and Korea Food & Drug Administration. 2006. Establishment of control system of antibiotics for livestock. 8-12.
7. Jung, Y. H., Korea Consumer Agency and Korea Food & Drug Administration. 2007. A study on antibiotic resistance and effect assessment in domestic livestock environment, 12-13.
8. Kangwon university and Rural Development Administration. 2009. Development of synbiotics and evaluation method for monogastric animals.
9. Kim, D. H. and C. S. Jung. 2003. Effects of Dietary Supplementation of Fermented Microbial Complex (Eco-Farm) on Performance of Finishing Pigs and Air Quality in Finishing Building. *J. Lives. Hous. & Env.* **9**: 27-34.
10. Kim, J. H., C. -H. Kim, and Y. D. Ko. 2001. Effect of Dietary Supplementation of Fermented Feed (Bio- $\alpha$ ) on Performance of Finishing Pigs and Fe. *Kor. J. Ani. Sci. & Technol.* **43**: 193-197.
11. Kim, Y. H., Korea consumer affairs institute, Korea Food & Drug Administration. 2007. Survey of antimicrobial resistance, and public campaign.
12. Kwon, Y. I., T. W. Kim, H. Y. Kim, Y. H. Chang, H. S. Kwak, G. J. Woo, and Y. H. Chung. 2007. Monitoring of Antimicrobial Resistant Bacteria from Animal Farm Environments in Korea, *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **35**: 17-25.
13. Lee, E. Y. 2008. Problems and Verification System of Probiotics as Livestock-environment Improving Agent Produced and Circulated, *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **36**: 87-95.
14. National Committee for clinical laboratory standards. 2001. performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests, 7th ed. approved standard MA7. National committee for clinical laboratory standards.
15. National Veterinary Research and Quarantine Service. Virulence Chemistry department. 2009. The present situation of the violation of remaining material and of the shipping limit of stock farm products by the farmhouse.
16. Park, Y. H. 2007. Risk Management of Critically Important Veterinary Antibiotics, Seoul university and Korea Food & Drug Administration.
17. Reischl, U., H. J. Linde, M. Metz, B. Leppmeie, and N. Lehn. 2000. Rapid identification of methillin-resistant *Staphylococcus aureus* and simultaneous species confirmation using real-time fluorescence PCR. *J. Clin. Microbiol.* **38**: 2429-2433.
18. Sin, H. C.. 2006. Veterinary drug residue monitoring, konkuk university and Korea Food & Drug Administration.
19. Wachholz, D. E. and C. J. Heidenriech. 1970. Effect of tylosine on swine growth in two environments. *J. Anim. Sci.* **31**: 1014.
20. Witte, W. 2000. Selective pressure by antibiotic use in livestock. *Int. J. Antimicrob. Agents.* **16**: S19-S24.

(Received July 3, 2009/Accepted Sep. 6, 2009)