

닭 도계 및 가공과정 중 유해미생물의 분포와 항생제 감수성

설국환* · 김기현 · 조수미 · 김영화 · 김현욱 · 함준상

농촌진흥청 국립축산과학원

The distribution and antimicrobial susceptibility of pathogenic microorganisms isolated from chicken slaughtering and processing procedure

Kuk-Hwan Seol*, Ki Hyun Kim, Su-Mi Jo, Young Hwa Kim, Hyun-Wook Kim and Jun-Sang Ham

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Cheonan 331-801, Korea

Received on 12 February 2015, revised on 5 March 2015, accepted on March 13 2015

Abstract : This study was performed to analyze the distribution and antimicrobial resistance of pathogenic microorganisms isolated from the carcass and environments of chicken processing plant located in Gyeonggi province from October to November in 2010. Chicken slaughterhouse was visited 3 times and totally 40 samples were collected from chicken carcass before and after washing (n=14), chicken cuts (n=7), cooling water (n=8), brine (n=2), cutting knives (n=7) and working plate (n=2). Whole-chicken rinsing technique (for chicken carcasses) and swab technique (for working plate and knives) were used to analyze the distribution of pathogenic microorganisms. In addition, brine and chilling water from storage tanks were gathered using sterilized tubes and used as samples. The matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry (MALDI MS) for whole cell fingerprinting in combination with a dedicated bioinformatic software tool was used to identify the isolated microorganisms. The pathogenic microorganisms, such as *Bacillus cereus* (n=8) and *Staphylococcus aureus* (n=9), were isolated from the chicken processing process (chicken carcasses of before and after chilling, chicken cuts, and working plate). The antimicrobial susceptibility of those isolated microorganisms was analyzed using 21 antimicrobial agents. In the case of *B. cereus*, it showed 100% of resistance to subclasses of penicillins and peptides, and it also resistant to cephalothin, a member of critically important antimicrobials (CIA), however there was no resistance (100% susceptible) to vancomycin and chloramphenicol. *S. aureus* showed 100% resistance to subclasses of peptides and some of penicillins (penicillin and oxacillin), however, it showed 100% susceptibility to cephalosporins (cefazolin and cephalothin). All of the tested pathogens showed multi drug resistance (MDR) more than 4 subclasses and one of *B. cereus* and *S. aureus* showed resistance to 9 subclasses. After the ban on using the antimicrobials in animal feed in July 2011, there would be some change in microbial distribution and antimicrobial resistance, and it still has a need to be analyzed.

Key words : Distribution, antimicrobial susceptibility, chicken, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*

I. 서론

국민 소득의 증가와 생활수준의 향상, 웰빙 문화의 확산 등으로 인하여 소비자들의 축산식품 안전성과 위생관리에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 특히, 사람과 동물에게 질병의 치료와 예방은 물론 가축의 생산성을 증진시키기 위한 목적으로 오랫동안 사용되어온 항생제는 최근 들

어 오남용에 의한 부작용으로 잔류 문제나 약제 내성균의 출현과 전파 등의 축산물 안전성에 대한 문제를 야기시키고 있다(Neu, 1992; Jo et al., 2006). 항생제는 가축에서 질병의 치료와 예방에 필수적인 요소로 지금까지 질병을 제어함에 있어 매우 중요한 역할을 담당해 왔다. 그러나 항생제의 사용은 동시에 항생제 내성균의 출현을 야기하였고, 내성 유전자의 전달 및 내성균의 전파로 인하여 항생제 내성은 전 세계적인 문제가 되고 있다(Aarestrup et al., 2008). 축산분야에서 내성균의 증가는 기존 항생제로는 질

*Corresponding author: Tel: +82-41-580-3444

E-mail address: skh0205@snu.ac.kr

병의 치료가 되지 않아 농가에 경제적 손실을 초래할 뿐 아니라, 축산물 또는 환경을 통해 직·간접적으로 사람에게 전달될 수 있어 공중보건학적으로 중요한 이슈가 되고 있다. 우리나라 양계산업에서도 항생제는 환축의 질병 치료를 위해 널리 사용되어 왔으며, 그 외에도 질병의 예방이나 성장 촉진의 목적으로 사료첨가제 등의 형태로 오랫동안 사용되어 왔다(Ministry of Food and Drug Safety, 2006). 이로 인하여 병원성 세균 및 대장균이나 장구균과 같은 정상세균총에서 높은 항생제 내성이 나타나게 되었다(Novais et al., 2006; Schroeder et al., 2003; Smith, 1974). 항생제 내성 문제는 사람의 건강 및 생명과 직결되는 문제로서 국제적인 관심과 중요성이 커짐에 따라 전문가들은 이러한 항생제내성 문제를 극복하기 위해서는 국가차원의 항생제내성 모니터링 시스템을 구축하여 현황을 파악하는 것이 우선적으로 필요하다고 강조하고 있다. 미국, 유럽 등 선진국에서는 1990년대 중반부터 국가차원의 항생제내성균 모니터링 프로그램을 구축하여 운영하고 있으며, 정상세균총의 내성 경향을 분석함으로써 병원성 세균 등의 내성을 추정하고 내성 경향 변화에 대한 조기 경보 시스템으로 활용하고 있다(Cho et al., 2006; Lester et al., 1990). 대표적인 것으로 덴마크의 DANMAP (Danish Integrated Antimicrobial Resistance Monitoring and Research Programme), 미국의 NARMS (National Antimicrobial Resistance Monitoring System), 캐나다의 CIPARS (Canadian Integrated Program for Antimicrobial Resistance Surveillance), 일본의 JVARM (Japanese Veterinary Antimicrobial Resistance Monitoring System), 스웨덴의 SVARM (Swedish Veterinary Antimicrobial Resistance Monitoring) 등이 있다. 덴마크, 캐나다 등 선진국에서는 모니터링 결과를 위해도 분석, 항생제 관련 정책 결정, 내성균에 대한 연구방향 설정 등에 활용하여 과학적 근거에 의한 적절한 항생제 사용전략으로 점차 항생제내성률이 낮아지고 있다. 국내 축산분야 항생제내성 모니터링 사업은 가축과 도축장 도체에 대해서는 2003년부터 농림축산검역본부(구 국립수의과학검역원)에서 “축산용 항생제 관리 시스템 구축” 사업을 수행하였으며, 2008년부터는 농림축산식품부가 주관하는 “축산 항생제내성균 감시체계 구축” 사업으로 확대 실시하게 되었다. 본 사업은 농림축산검역본부와 16개 시·도 가축위생시험소 및 보건환경연구원, 한국동물약품협회가 참여하고 있다. 이러한 항생제 사용 및 내성

모니터링 결과는 가축에서 사용하는 항생제가 공중보건에 미치는 영향을 평가하고, 축산 항생제 관리 정책 결정, 항생제내성 연구 방향 설정 등의 기초자료로 활용할 수 있다.

본 연구는 양계 및 수의 분야에서 항생제의 효율적인 사용 및 안전관리를 위한 대책을 수립하고 계육의 안전성을 확보하기 위하여 닭의 도계 및 부분육 가공공정 중 식중독을 초래할 수 있는 유해미생물의 분포와 항생제들에 대한 감수성을 알아보기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 채취

본 실험의 시료는 2010년 10월부터 11월 사이에 경기도 소재 대규모 도계장(도계규모 100,000수/일)을 3회 방문하여 도계 및 부분육 가공공정으로부터 닭 도체(세척 전후 및 부분육, n=7), 세척(냉각)수(n=8), 염지액(n=2), 절단칼날(n=7), 작업대(n=2) 등에서 침적수세법(whole bird rinse technique) 또는 swab 법을 이용하여 총 40개의 시료를 채취하여 사용하였다. 시료의 채취방법은 Seol 등(2012)의 방법을 사용하였다. 즉, 세척 전후의 닭 도체 및 절단된 부분육 한 수 분을 각각 멸균된 시료채취용 백(390×520mm rinse bag, Nasco, USA)에 넣어 ice box에 보관하여 실험실로 신속히 운반한 후, 침적수세법을 적용하여 400ml의 희석액(0.1% peptone, 0.85% NaCl, 0.03% KH₂PO₄, 0.04% Na₂HPO₄)을 넣고 밀봉하여 30회(약 1분) 반원을 그리면서 흔들여 준 후 시료백의 희석액 10 ml을 취하고 10진희석법으로 희석하여 미생물 분석을 위한 시료로 사용하였다. 절단칼날 및 작업대는 표면 10×10 cm를 3M™ E-swab kit (3M, St. Paul, USA)의 면봉을 사용하여 swab 법으로 채취한 후 kit 내 희석액에 1분간 균질하고, 이 희석액 1 ml을 취하고 10진희석법으로 희석하여 미생물 분석을 위한 시료로 사용하였다. 또한 냉각수와 염지액은 각 저장고로부터 멸균튜브를 사용하여 시료를 채취한 후 10진희석법으로 희석하여 미생물 분석을 위한 시료로 사용하였다.

2. 유해미생물의 동정

유해미생물의 분리 및 동정을 위하여 선택배지에 접종하

여 37°C 배양기에서 배양하고, 형성된 집락을 취하여 선택 배지에 다시 접종한 후 37°C 배양기에서 배양하여 형성된 집락을 동정하였다. 시료로부터 채취된 미생물의 신속동정은 nitrogen laser가 장착된 Bruker Microflex TOF mass spectrometer (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany)를 이용하여 수행되었다. 배지로부터 배양된 미생물 집락을 취하여 plate 위에서 건조시킨 후 HCCA 매트릭스(α -cyano-4-hydroxy-cinnamic acid, Bruker Daltonik GmbH, Germany) 2 μ l를 미생물 시료에 가하여 건조시킨다. 준비된 시료를 MALDI-TOF 장비의 시료용 받침대에 올려놓고 진공 조건을 만들어 용매를 기화시킨 후 매트릭스와 함께 결정화된 미생물 시료에 펄스레이저(337 nm)를 3 ns의 펄스지속시간으로 가하였다. 스펙트럼은 Bruker flexControl을 이용하여 4,000~16,000 Da의 질량 범위에서 linear positive mode로 자동적으로 획득하였으며, 분리된 미생물의 동정을 위하여 각각 20개의 스펙트럼을 수집하였다. 수집된 스펙트럼은 Bruker BioTyper™ 2.0 software를 이용하여 분석한 후 각각의 미생물들의 표준 피크 목록과 비교하여 동정하였으며, 이 때 positive control과 calibration standard로는 *Escherichia coli* DH5a의 구멍된 리보솜 단백질들(RL36, RS22, RL24, RL33meth, RL32, RL29, and RS19)을 사용하였다.

3. 항생제 감수성 검사

주요 분리균의 항생제 내성 실태 분석은 Clinical

laboratory Standards Institute guidelines (CLSI 2011)에 따라 Disk diffusion method 와 MIC 측정법(Agar dilution method)을 통해 파악하였다. 배지는 Mueller-Hinton agar 배지를 사용하였다. 감수성 범위는 CLSI의 기준에 따라 판정하며 시험 항생제는 tetracycline계, sulfonamide계, β -lactam계(penicillin계), aminoglycoside계, macrolide계 및 quinolone계의 주요 항생제 21종을 사용하였다. 디스크확산법에 사용한 표준균주는 *E. coli* ATCC25922, *E. coli* ATCC35218 균주(β -lactam/ β -lactamase inhibitor), *S. aureus* ATCC25923, *E. faecalis* ATCC29212 균주를 이용하여 CLSI에서 규정한 표준균주 허용범위와 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 닭 도계 및 부분육 가공과정 중 유해미생물 분포도

닭 도계과정 및 부분육 가공과정으로부터 분리된 유해미생물의 종류 및 분포도는 Table 1에 나타내었다. 각 도계 및 부분육 가공과정에서의 일반미생물 수준과 미생물 균총은 앞서 보고한 Seol 등(2012)의 연구에 상세히 설명하였기에 본 연구에서는 각 공정에서의 유해미생물의 분포 수준과 그 종류에 대한 분석으로 범위를 제한하였다. 닭을 도계하여 내장을 적출한 후 세척공정으로 들어가기 전 도체(chicken carcass before washing) 시료로부터 총 2,213개의 미생물 집락을 배양하였으며, 이를 Bruker MALDI-TOF

Table 1. The prevalence of pathogenic microorganisms of chicken carcasses.

Sampling site	Species of Microorganism	No. of colony	Ratio (%)
Chicken carcass before washing (n* = 2,213)	<i>Bacillus cereus</i>	1	0.05
	<i>Staphylococcus aureus</i>	2	0.09
Chicken carcass after washing (n = 2,254)	<i>Bacillus cereus</i>	160	7.10
	<i>Staphylococcus aureus</i>	22	1.00
Chicken cuts (n = 1,889)	<i>Bacillus cereus</i>	55	2.91
	<i>Staphylococcus aureus</i>	157	8.31
Cooling water (n = 1,420)	not detected	-	-
Brine (n = 371)	not detected	-	-
Knives (n = 2,039)	not detected	-	-
Working plate (n = 699)	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0.14

* n = number of total colony isolated from each sampling site

MS 시스템을 이용하여 동정한 결과 각각 1개와 2개의 *Bacillus cereus*와 *Staphylococcus aureus* 집락이 동정되었으며, 이들은 세척 전 도체로부터 분리된 전체 미생물 집락 중에 각각 0.05와 0.09%의 수준으로 존재하는 것으로 나타났다. 침지세척과정을 거친 닭 도체(chicken carcass after washing)에서는 2,254개의 집락을 배양하여 이로부터 각각 160개와 22개의 *B. cereus*와 *S. aureus* 균주 집락을 동정하였으며, 세척 후 도체에서 이들 유해미생물의 존재 비율은 각각 7.10%와 1.00%로 나타났다. 부분육 가공과정으로 이송된 닭 도체는 염지액 주입을 마친 후 8조각의 부분육으로 분할되었으며, 이 부분육 한 수 분을 모아 미생물 분석을 수행한 결과 1,889개의 미생물 집락과 각각 55개와 157개의 *B. cereus*와 *S. aureus* 균주 집락을 동정하였으며, 부분육 중 이들 유해미생물의 존재 비율은 각각 2.91%와 8.31%로 나타났다. 그러나 냉각수와 염지액, 절단칼날에서는 유해미생물이 검출되지 않았으며, 다만 절단된 부분육의 포장작업을 수행하는 포장대에서 배양된 699개의 집락 중에서 한 개의 *S. aureus*가 동정되어 0.14%의 수준으로 존재하는 것으로 나타났다. 하나의 시료로부터 분리된 균종은 동일한 균주로 간주하여 세척 후 도체시료 5개와 부분육 시료 3개로부터 총 8주의 *B. cereus*를 분리하였으며, 세척 전 도체시료 2, 세척 후 도체시료 3, 부분육시료 3개와 작업대 시료 1개로부터 총 9주의 *S. aureus*를 분리하여 21종의 항생제에 대하여 감수성 검사를 수행하기로 하였다.

Walker and Ayres(1956)는 *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Escherichia* 등의 미생물이 도계 처리 중 검출될 수 있으며 비위생적으로 도계 처리도리 경우 각종 전염병과 식중독의 원인이 될 수 있다고 보고하였다. 이러한 도계 과정 중에 사용되는 기구, 처리수, 냉각 과정 등에 대한 미생물 오염 방지를 위하여 많은 연구가 이루어졌는데, McMeekin과 Thomas (1978)는 도체 표면의 미생물 오염 수준은 기구 오염과 밀접한 관계가 있다고 하였으며, Mulder 등(1977)은 탕지수의 온도 및 시간조절로 생균수 및 대장균수를 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 도계 및 부분육 가공공정에 사용되는 세척수로 사용되는 물과 염지액 원료에서는 유해미생물이 검출되지 않았으나 도계된 닭 도체가 세척과정을 거친 후에 유해미생물의 검출비율이 증가하였으며, 이는 도계된 닭 도체들이 냉각조에 지속적으로 유입됨에

따라 냉각조 내 유해미생물의 수가 증가하여 교차오염이 발생한 것으로 사료되며 이러한 결과는 Clark와 Lentz(1969)의 냉각수로 인한 내냉성균의 증가에 대한 보고와 유사한 경향을 보여 냉각조 내 세척수의 위생 관리에 대한 중요성이 강조된다. 또한 Lee et al.(1999)은 도계육의 병원성 미생물 감소를 위하여 세척수에 염소와 유산을 병용 처리하여 유의적인 효과를 보았다고 보고하였다.

2. 닭 도계 및 부분육 가공과정 유래 유해미생물의 항생제 감수성

Table 2는 닭 도계 및 부분육 가공과정으로부터 분리한 8주의 *B. cereus*와 9주의 *S. aureus*의 항생제 21종에 대한 감수성 검사 결과를 나타낸 것이다. 분리된 *B. cereus* 균들은 chloramphenicol과 vancomycin에 대해서는 100%의 감수성을 보였으나 cephalotin, colistin, amoxicillin/clavulanicacid, ampicillin, penicillin, oxacillin에 대해서는 100%의 내성을 보였으며, cefazolin과 trimethoprim/sulfamethoxazole에 대해서도 각각 100%와 87.5%가 중간내성 이상을 보여 내성율이 매우 높은 것으로 나타났다. *S. aureus*의 경우에는 *B. cereus*와 달리 cefazolin과 cephalothin에 대해 100%의 감수성을 보였으나 colistin, penicillin, oxacillin에 대해서는 100%의 내성을 보였으며, gentamicin, streptomycin, erythromycin, amoxicillin/clavulanicacid, ampicillin, tetracyclin, nalidixic acid, linezolid에 대하여 80% 이상이 중간내성 이상을 보여 내성율이 높은 것으로 나타났다. 특히 vancomycin에 내성을 갖는 vancomycin resistance *Staphylococcus aureus* (VRSA)도 1주가 검출되었다. 항생제별로 내성률을 비교한 결과 페니실린계(ampicillin, penicillin 및 oxacillin)와 펩타이드계(colistin)의 내성률이 *B. cereus*와 *S. aureus* 모두에서 높게 나타났다.

세균이 항생제 내성을 획득하는 요인은 여러 가지가 보고되고 있으나, 주요 요인은 항생제에 의한 선택적 압력으로 알려져 있다(Asai et al., 2005; Wierup, 2001). 국내 동물용 항생제 사용량은 전체 사용량 중 돼지에서 48~54%, 닭에서 21~22%, 소에서 7~8%로 소에서 가장 적게 사용된 것으로 조사되었으며, 이는 돼지와 닭의 사육밀도가 소에 비해 높기 때문에 스트레스로 인한 질병의 발생이 많아 치료 및 예방 차원으로 항생제의 사용이 많으며, 사용

Table 2. Antimicrobial resistance of *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* strains isolated from chicken slaughtering and processing procedure.

Antimicrobial subclass	Antimicrobials	<i>B. cereus</i> (n [*] =8)			<i>S. aureus</i> (n=9)		
		R ^{**}	I	S	R	I	S
Aminoglycosides	Gentamicin	0	12.5	87.5	88.9	0.0	11.1
	Neomycin	0	75.0	25.0	22.2	44.4	33.3
	Streptomycin	12.5	50.0	37.5	22.2	66.7	11.1
Lincosamides	Clindamycin	25.0	62.5	12.5	44.4	22.2	33.3
Cephalosporins	Cefazolin	62.5	37.5	0	0.0	0.0	100.0
	Cephalothin	100.0	0	0	0.0	0.0	100.0
Peptides	Colistin	100.0	0	0	100.0	0.0	0.0
Macrolides	Erythromycin	0	75.0	25.0	0.0	88.9	11.1
	Tylosin	0	75.0	25.0	11.1	55.6	33.3
β -lactam/ β -lactamase inhibitor combinations	Amoxicillin/clavulanic acid	100.0	0	0	0.0	88.9	11.1
Phenicol	Chloramphenicol	0	0	100.0	11.1	44.4	44.4
Penicillins	Ampicillin	100.0	0	0	88.9	0.0	11.1
	Penicillin	100.0	0	0	100.0	0.0	0.0
	Oxacillin	100.0	0	0	100.0	0.0	0.0
Tetracyclines	Tetracycline	0	25.0	75.0	11.1	77.8	11.1
Glycopeptides	Vancomycin	0	0	100.0	11.1	0.0	88.9
Quinolones	Nalidixic acid	12.5	50.0	37.5	88.9	0.0	11.1
	Ciprofloxacin	0	50.0	50.0	11.1	55.6	33.3
Glycylcyclines	Tigecycline	0	37.5	62.5	11.1	44.4	44.4
Oxazolidinones	Linezolid	25.0	50.0	25.0	66.7	33.3	0.0
Folate pathway inhibitors	Trimethoprim/Sulfamethoxazole	75.0	12.5	12.5	0	44.4	55.6

* n = number of colony tested for antimicrobial resistance

** R, resistant; I, intermediate; S, susceptible

방법도 사료나 음수에 첨가하여 그룹으로 투여하기 때문에 소에 비하여 상대적으로 그 사용량이 많은 것으로 추정되었다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2013). Lim et al.(2014)은 2010년부터 2012년까지 건강한 가축에서 분리한 대장균(*Escherichia coli*)의 항생제 내성을 조사한 연구에서 비교적 오랜 기간 많은 양의 항생제를 사용한 tetracycline, streptomycin, ampicillin의 내성률이 다른 항생제에 비해 높게 나타났다고 보고하였다. Cho 등(2006)은 2005년 닭에서 분리한 대장균에 대한 검사 결과 tetracycline 내성률이 93.0%, ampicillin 내성률도 58.1%로 높은 것으로 보고하였으며, Chae와 Lee(2011)의 닭 유래 대장균의 내성률 검사결과에서도 tetracycline 87.9%, ampicillin 61.1%로 높게 나타났다. 캐나다에서 보고한 정상 닭 유래 대장균의 내성률을 살펴보면 tetracycline 50.6%,

ampicillin 36.5%, streptomycin 43.5%였으며(Government of Canada, 2011), 일본의 조사 결과에서도 tetracycline 53.9%, ampicillin 42.2%, streptomycin 43.1%로 유사한 경향을 보였다(JVARM, 2009; Asai et al., 2005).

WHO에서는 사람에게 중요하게 사용되는 항생제의 효능을 오랫동안 유지하기 위한 항생제 내성 관리 전략 수립 등을 위해 사람에게 심각한 질병을 치료하기 위해 사용하는지 또는 대체 항생제의 유무에 따라 항생제를 CIA (critically important antimicrobials), HIA (highly important antimicrobials), IA (important antimicrobials) 그룹으로 분류하였으며, 이 중 CIA는 우선으로 관리가 필요한 항생제로 분류하여 fluoroquinolone계, 제3&4세대 cephalosporin계, macrolide계 항생제를 포함한다(WHO Advisory Group on Integrated Surveillance of Antimicrobial Resistance,

Table 3. Multiple resistance of *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* strains isolated from chicken slaughtering and processing procedure

Number of resistance *	<i>B. cereus</i> (n=8)		<i>S. aureus</i> (n=9)			
	after washing (n**=5)	cutting knife (n=3)	before washing (n=2)	after washing (n=3)	cutting knife (n=3)	working plate (n=1)
pansusceptible	-	-	-	-	-	-
1 subclass	-	-	-	-	-	-
2 subclasses	-	-	-	-	-	-
3 subclasses	-	-	-	-	-	-
4 subclasses	-	2	2	-	1	-
5 subclasses	3	1	-	1	-	1
6 subclasses	-	-	-	1	1	-
7 subclasses	1	-	-	-	1	-
8 subclasses	-	-	-	-	-	-
9 subclasses	1	-	-	1	-	-
10 subclasses	-	-	-	-	-	-
11 subclasses	-	-	-	-	-	-
Multi-resistant (≥3 subclasses)	5	3	2	3	3	1

*Antimicrobial subclasses defined by the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) are used.

**n = number of colony tested for antimicrobial resistance

2009). Lim et al.(2014)은 2009년부터 2012년까지 수행한 건강한 닭에서 분리한 대장균의 항생제 내성 조사 결과에서 CIA 그룹 항생제 중 fluoroquinolone계 항생제 인 ciprofloxacin의 내성률이 68~76%로 증가추세였으며, 이는 덴마크의 9% (DANMAP, 2011), 캐나다 0% (Government of Canada, 2011), 일본의 5.3~8.6% (JVARM, 2009)에 비하여 높은 내성률을 보였다고 보고하였다. 국내 가축에서 fluoroquinolone계 항생제는 연간 약 50톤 정도 사용되며, 이 중 약 70%가 닭에 사용되는 것으로 보고되었다 (Animal And Plant Quarantine Agency, 2013). 본 연구에서는 도계장의 도계 및 부분육 가공과정 유래 *S. aureus*에서 ciprofloxacin 내성율이 11.1%였으며, *B. cereus*에서 cephalosporin계 항생제인 cephalothin에 100%의 내성율을 보여 항생제 사용에 있어 보다 신중한 사용과 관리가 필요한 것으로 사료된다.

도계 및 부분육 가공과정으로부터 분리한 *B. cereus*와 *S. aureus*의 항생제 다제내성을 살펴본 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 도계 및 부분육 가공과정으로부터 분리한 8주의 *B. cereus*와 9주의 *S. aureus* 모두 4종류의 항생제 이상에 내성을 보이는 항생제 다제내성균으로 나타났고, 9종의 항생제에 내성을 보이는 균주도 *B. cereus*와 *S.*

aureus 모두에서 1주씩 발견되어 매우 높은 다제내성률을 보였다. Kim et al.(2010)은 시중에 유통 중인 닭고기로부터 분리한 5주의 대장균 모두에서 항생제 다제내성을 보였다고 보고하였으며, Lim et al.(2014)은 정상 닭 유래 대장균이 3종 이상의 항생제에 대하여 내성을 보이는 다제 내성률이 매우 높게 나타났으며, 이는 국내에서 아직 항생제 사용에 대한 규제가 선진국에 비해 느슨하여 항생제 사용이 많기 때문이라고 보고하였다.

IV. 결론

본 실험은 대규모 도계장의 닭 도계 및 부분육 가공공정에 유해미생물의 분포와 이들의 항생제 감수성을 분석한 연구로 소비자에게 안전한 축산식품을 공급하기 위한 기초 자료를 확보하고자 수행되었다. 계육의 생산과정으로부터 *B. cereus*와 *S. aureus*가 검출되었으며, 이들은 4~9종의 항생제에 대하여 내성을 갖는 것으로 나타나 양계산업에 있어 항생제의 사용을 줄이고 수의사 등 전문가의 관리를 따를 필요가 있는 것으로 나타났다. 또한 도계 및 부분육 가공의 각 공정들에서 기구 및 냉각조의 위생적 관리를 통하여 계육이 유해미생물에 오염될 가능성을 저하시킬 필요

가 있는 것으로 나타났다. 2011년 7월 사료 내 항생제의 첨가가 금지된 이후 양계농가의 미생물적 환경에 변화가 초래되었을 것이며 유해미생물의 분포와 항생제 감수성에도 변화가 예상되므로 추후 이에 대한 추가 연구가 필요한 실정이다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 지원사업(세부과제명 : 축산식품 유래 항생제 내성균의 분자 역학적 특성 분석, 세부과제번호: PJ00758502)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

- Aarestrup, FM, Wegener, HC, Collignon, P. 2008. Resistance in bacteria of the food chain: epidemiology and control strategies. *Expert Review of Anti-infective Therapy*. 6: 733-750.
- Animal and Plant Quarantine Agency. 2013. Establishment of antimicrobial resistance surveillance system for livestock 2012. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Asai, T, Kojima, A, Harada, K, Ishihara, K, Takahashi, T, Tamura, Y. 2005. Correlation between the usage volume of veterinary therapeutic antimicrobials and resistance in *Escherichia coli* isolated from the feces of food-producing animals in Japan. *Japanese Journal of Infectious Diseases*. 58:369-372.
- Chae, MJ, Lee, YJ. 2011. Antimicrobial resistance and distribution of resistance gene determinants in fecal *Escherichia coli* from chicken. *Korean Journal of Veterinary Public Health*. 35:13-22.
- Cho, JK, Ha, JS, Kim, KS. 2006. Antimicrobial drug resistance of *Escherichia coli* isolated from cattle, swine and chicken. *Korean Journal of Veterinary Public Health*. 30:9-18.
- Clark, DS, Lentz, CP. 1969. Microbiological studies in poultry processing plants in Canada. *Canadian Institute of Food Technology Journal*. 2:33-36.
- DANMAP. 2011. Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. Copenhagen, ISSN 1600-2032. pp. 13, pp. 91-93.
- Government of Canada. 2011. Canadian Integrated Program for Antimicrobial Resistance Surveillance (CIPARS) 2008. Public Health Agency of Canada, Guelph. pp. 142-156.
- Jo, JG, Ha, JS, Kim, KS. 2006. Antimicrobial drug resistance of *Escherichia coli* isolated from cattle, swine and chicken. *Korean Journal of Veterinary Public Health*. 30: 9-18
- JVARM. 2009. A report on the Japanese veterinary antimicrobials resistance monitoring system 2000 to 2007. National Veterinary Assay Laboratory, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo. pp. 10-15.
- Kim, HT, Jung, KT, Kim, GH, Ryu, BS. 2010. Study on antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from domestic meat (beef, pork, chicken and duck) on sale (2009~2010). *The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment*. 20:74-91.
- Lester, SC, del Pilar Pla, M, Wang, F, Perez, SI, Jiang, H, O'Brien, TF. 1990. The carriage of *Escherichia coli* resistance to antimicrobial agents by healthy children in Boston, in Caracas, Venezuela and in Qin Pu, China. *The New England Journal of Medicine*. 323:285-289.
- Lim, SK, Nam, HM, Moon, DC, Jang, GC, Jung, SC, Korean Veterinary Antimicrobial Resistance Monitoring group. 2014. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from healthy animals during 2010-2012. *Korean Journal of Veterinary Research*. 54:131-137
- McMeekin, TA, Thomas, CJ. 1978. Retention of bacteria on chicken skin after immersion in bacterial suspension. *Journal of Applied Bacteriology*. 45:383-387.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2006. Establishment of control system of antibiotics for livestock.
- Mulder, R, Dorresteizin, J, Van der Broex, J. 1977. Cross-contamination during the scalding and plucking of broilers. *British Poultry Science*. 19:61-70.
- Neu, HC. 1992. The crisis in antibiotic resistance. *Science*. 257: 1064-1073.
- Novais, C, Coque, TM, Sousa, JC, Peixe, LV. 2006. Antimicrobial resistance among faecal enterococci from healthy individuals in Portugal. *Clinical microbiology and infection*. 12:1131-1134.
- Schroeder, CM, White, DG, Ge, B, Zhang, Y, McDermott, PF, Ayers, S, Zhao, S, Meng, J. 2003. Isolation of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* from retail meats purchased in Greater Washington, DC, USA. *International Journal of Food Microbiology*. 85:197-202.
- Seol, KH, Han, GS, Kim, HW, Chang, OK, Oh, MH, Park, BY, Ham, JS. 2012. Prevalence and microbial flora of chicken slaughtering and processing procedure. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 32:763-768.
- Smith, HW. 1974. Veterinary and food aspects of drug resistance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 25:227-237.
- WHO Advisory Group on Integrated Surveillance of Antimicrobial Resistance. 2009. Critically Important Antimicrobials for Human Medicine. World Health Organization, Geneva.
- Wierup, M. 2001. The swedish experience of the 1986 year ban of antimicrobial growth promoters, with special reference to animal health, disease prevention, productivity, and usage of antimicrobials. *Microbial Drug Resistance*. 7: 183-190.
- Yi, CH, Byun, YS, Hwang, BW, Kang, HJ. 1999. Efficacy of chlorine and lactic acid for reducing pathogenic and spoilage microorganisms on chicken skin. *Korean Journal of Veterinary Service*. 22:411-418.