

국내유통 축산물에서의 *Staphylococcus aureus* 오염도 및 항생제 감수성 조사

양정임¹ · 이선민¹ · 이 길¹ · 이환주¹ · 김민규¹ · 정은정² · 차용준^{2*}

¹CJ푸드시스템 식품안전센터

²창원대학교 식품영양학과

A Survey of *Staphylococcus aureus* Contamination and Antibiotic Susceptibility in Retail Meat

Jung-Im Yang¹, Sun-Min Lee¹, Gil Lee¹, Hwan-Ju Lee¹, Min-Kyu Kim¹,
Eun-Jeong Jeong², and Yong-Jun Cha^{2*}

¹Food Safety Center, CJ Food System, Gyeonggi-do 449-906, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

Staphylococcus aureus is a pathogene of major concern in livestock products. This study was conducted to test imported and domestic meat sold by retail stores for the presence *S. aureus*. In addition, the antibiotic susceptibility of any *S. aureus* found was also evaluated. The overall isolation rate of *S. aureus* was 20.2% (13.9% in pork and 33.8% in beef) in retail meats. The percentage of imported meats found to contain *S. aureus* (33.3% in pork and 40.4% in beef) was higher than that of domestic meat (13.0% in pork and 14.7% in beef). In addition, the detection rate of *S. aureus* was higher in raw material meat than in ready to cook packaged meat. When the antibiotic susceptibility of *S. aureus* isolated from the meat products was evaluated, ampicillin was found to be the highest (76.5%), followed by penicillin (75.3%), tetracycline (27.1%) and erythromycin (21.2%). Penicillin and tetracycline resistant were detected in 55.6% and 13.3% of the beef isolates, respectively, and 97.5% and 42.5% of the pork isolates, respectively. The tetracycline and erythromycin resistant plasmids of the isolated strain were transferred into *S. aureus* DPRMM2429 by the filter mating method and the frequencies of transfer was found to be $1.1 \times 10^{-5} \sim 1.9 \times 10^{-9}$ and $1.2 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-8}$ respectively.

Key words: *Staphylococcus aureus*, antibiotic susceptibility, pork, beef, retail meat

서 론

병원성 미생물로 분류되고 있는 *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)는 국내 식중독 발생의 대표적인 균 중 하나로 식약청(2006년)에서 발표한 집단식중독 발생현황을 보면, 노로바이러스(30.81%)와 병원성대장균(26.14%)에 이어 식중독 발생사고의 원인균의 17.76%를 차지하고 있다(1). *S. aureus*에서 식중독을 일으키는 주원인은 enterotoxin이며, 면역학적으로 A, B, C, D, E 및 F의 6가지 type이 알려져 있었으나(2) 최근에는 9개의 antigenic type(SEA, SEB, SEC, SED, SEE, SEF, SEG, SEI, SEJ)으로 나뉘며 독소성 쇼크증후군도 antigenic type으로 분류되고 있다(3-5).

근래 들어 *S. aureus*는 의료분야에서 항생제 내성 증가로 인한 methicillin resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA) 등의 출현으로 그 중요성이 더욱 크게 부각되고 있다(6,7). 최근에는 항생제로 제어되지 않는 vancomycin resistant

Staphylococcus aureus(VRSA)의 출현으로 그 심각성은 점차 커지고 있는 실정이다(8). 항생제가 의료기관에서 환자 치료 목적으로 사용되는 것 이외에, 동물의 사료에 첨가되거나 각종 생활용품 등에서 항생물질 첨가 상품이 나오는 등 우리 주변에까지 널리 퍼져 있다. 특히 낙농을 많이 하는 유럽국가에서는 최근까지도 성장 촉진 및 체중증가를 위해 많은 양의 항생제를 사료에 첨가하여 사용한다(9).

1997년 미국에서는 클린턴 대통령이 식품의 보존기술과 항생물질 내성에 대한 연구를 지원하겠다고 밝힌 바 있고(10), 우리나라에서도 식약청 주관으로 항생제내성 저감화에 대한 국가적 차원에서의 연구에 돌입한 것을 보면 항생제의 내성과 관련된 다방면의 관심이 높아진 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 유통 중인 축산물을 대상으로 국내외적으로 높은 식중독 발생률을 보이며, 자연환경에 대한 저항성이 강하고 쉽게 오염이 가능한 *S. aureus*의 오염실태를 국내산과 수입산의 원료육과 포장육으로 분류하여 비

*Corresponding author. E-mail: yjcha@changwon.ac.kr
Phone: 82-55-213-3513, Fax: 82-55-281-7480

교분석하였다. 또한 시료로부터 검출된 *S. aureus*를 기초로 하여 항생제 감수성조사 및 내성 plasmid 전달빈도의 확인을 통하여 내성현황과 내성균의 오염실태를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

2004년 1월부터 12월까지 서울과 경기지역의 백화점 및 대형할인점 등을 대상으로 유통 중인 포장육을 대상으로 우육 96건 및 돈육 168건을 구입하여 아이스 체스트에 넣어 5°C 이하로 하여 실험실로 4시간 이내에 운반한 후 실험하였으며, 가공전의 원료육은 우육 37건과 돈육 120건을 구입하여 실험재료로 사용하였다.

*S. aureus*의 분리 및 동정

*S. aureus*의 정성시험은 미국의 FDA/CFSAN-Bacteriological Analytical Manual 방법(11)에 따라 증균배양, 분리배양, 확인시험을 거쳐 실시하였다. Baird-Parker agar (Difco, USA)에서 분리 배양된 검은색 집락을 나타내고 주변에 혼탁한 백색환이 있는 집락을 선별하여 tryptic soy agar(Difco, USA)에 접종하여 37°C에서 18~24시간 배양하였다. 그람염색을 실시하여 포도상의 배열을 갖는 그람양성 구균을 확인하였다. 포도상의 배열을 갖는 그람 양성구균이 확인된 것은 catalase시험(ID Color Catalase, BioMerieux, France) 및 coagulase 생성능시험(coagulase plasma, BBL, USA)을 실시하였으며 catalase 시험과 coagulase 생성능 시험 모두 양성인 균주를 VITEK GPI card(BioMerieux, France)를 이용하여 효소활성과 당분해, 기질생산 등의 생화학적 특성을 검사하여 확인 동정하였다. *S. aureus*로 확인된 균은 3 mL의 brain heart infusion broth(BHI, Difco, USA)에 접종 후 35°C에서 4~6시간 shaking incubator (Jeitech, Korea)로 증균 배양한 후 배양액 700 µL를 300 µL glycerol(Difco, USA)이 있는 microcentrifuge tube에 넣은 후 -70°C deep freezer(Sanyo, Japan)에 보관하며 사용하였다.

항생제 감수성 시험

*S. aureus*의 항생제 감수성 시험은 National Committee for Clinical Laboratory Standardization(NCCLS, 1997)(12)에 기술된 disc diffusion susceptibility testing 방법을 이용하였다. 즉 분리주를 Mueller-Hinton 배지(Difco, USA)에 접종하여 37°C에서 18~24시간 배양하였다. 배양액을 MacFarland No. 0.5(1.0×10⁸ cell/mL)의 농도로 조정된 후 15분 이내에 멸균된 면봉(BBL, USA)을 이용하여 4 mm 두께로 준비한 Mueller-Hinton 평판배지(Difco, USA)에 균일하게 도말하였다. 도말 후 5분간 평판배지를 건조시킨 다음 BBL dispenser(Becton Dickinson, USA)를 이용하여 각 항생제 감수성 검사용 디스크(BBL Sensi-Disc, Becton Dick-

inson, USA)를 평판배지 위에 고정시켰다. 고정된 평판배지를 37°C 배양기에서 18시간 배양한 후 생육저지환의 직경을 캘리퍼(Mitutoyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 저지환 직경에 따른 결과는 NCCLS법에 준하여 감수성 여부를 판독하였다.

결과판독은 BBL Sensi-Disc Zone Interpretation Set에 의하여 균 억제대(mm)를 기록하고, 결과는 R(내성), I(중등도 내성), S(감수성)로 표기하였다. 시험에 사용한 항생제 16종의 디스크 종류 및 양은 Table 1과 같다.

내성 plasmid의 전달실험

내성전달실험은 McDonnell 등(13)의 방법에 따른 혼합배양법과 filter mating법을 이용하였다. 선택배지는 tryptic soy agar(Difco, USA)에 tetracycline을 30 µg/mL, erythromycin 15 µg/mL가 되도록 첨가하였다.

사용균주: Plasmid DNA의 전달실험에서 donor 균주는 본 연구에서 분리된 항생제 내성 *S. aureus* 중 tetracycline과 erythromycin에 대한 MIC(Minimum Inhibitory Concentration)가 각각 50 µg/mL 이상인 균을 선택하였으며, recipient 균주는 tetracycline, erythromycin, kanamycin, ampicillin 및 chloramphenicol에 감수성이 있으며 gentamycin과 tobramycin에 내성을 가지는 *S. aureus* DPRMM2429 균주를 사용하였다.

혼합배양법: Donor와 recipient 균주를 각각 4 mL tryptic soy broth에 접종하고 37°C에서 18~20시간 진탕배양한 후 donor와 recipient균을 brain heart infusion broth(Difco, USA)에 각각 50 µL씩 혼합하여 37°C에서 18시간 배양한 다음 선택배지에 도말하였다.

Filter mating법: Donor와 recipient 균주를 동일한 농도로 각각 4 mL TSB(Difco, USA)에 접종하고 37°C에서 24시간 진탕배양한 후 donor균 배양액 1 mL와 recipient균 배양액 3 mL를 혼합하여 membrane filter dispenser(Millipore, USA)를 사용하여 nitrocellulose filter(0.45 µm, 47φ, What-

Table 1. Potency of antibiotic discs used in this experiment

Antimicrobial agents	Code	Disc potency
Ampicillin	AM10	10 µg
Bacitracin	B10	10 U
Ciprofloxacin	CIP5	5 µg
Clindamycin	CC2	2 µg
Erythromycin	E15	15 µg
Gentamycin	GM10	10 µg
Nitrofurantoin	F/M300	300 µg
Oxacillin	OX1	1 µg
Penicillin	P10	10 IU/IE/UI
Rifampin	RA5	5 µg
Sulfamethoxazole/Trimethoprim	STX	23.75 µg/1.25 µg
Streptomycin	S10	10 µg
Tetracycline	TE30	30 µg
Tobramycin	NN10	10 µg
Teicoplanin	TEC30	30 µg
Vancomycin	VA30	30 µg

man, USA)를 통과시킨 다음 균이 노출된 부위를 BHI agar 위에 놓고 37°C에서 4~6시간 배양한 후 1 mL의 BHI broth를 넣어 충분히 혼합한 것을 mating mixtures로 하여 적절한 선택 항생제가 함유된 배지에 도포한 후 48시간 배양 후 발육 집락을 관찰하였다. 약제 내성전달빈도는 혼합배양액 내의 recipient균에 대한 donor균에 내성을 전달받은 trans-conjugants 균의 비율로 결정하였다.

결과 및 고찰

유통축산물에서의 *S. aureus*의 오염도

본 연구는 국내에 유통되고 있는 돈육과 우육의 *S. aureus* 오염도 조사를 위하여 가공 전의 원료육과 가공후의 포장육 시료 총 421건을 백화점 및 대형 할인점에서 구입하여 정성 시험 하였으며 그 결과를 Table 2에 표시하였다.

시험결과, 본 실험에서 사용된 총 421개 시료 중 85개 시료에서 *S. aureus*가 검출되어 전체적으로 20.2%의 검출률을 보였으며, 품목별로는 돈육 13.9%, 우육 33.8%의 검출률을 나타내어 우육의 *S. aureus* 오염도가 보다 높음을 알 수 있었다. 또한 *S. aureus*의 검출률은 원료육과 포장육, 국내산과 수입산의 구분에 의하여 각기 유의적인 차이를 나타내었는

데, 돈육과 우육 모두 국내산(13.2%)보다는 수입산(40.0%)에서, 포장육(14.8%)보다는 원료육(29.3%)에서 *S. aureus*의 오염도가 더 높았다. 한편, 본 시험결과는 *S. aureus*가 우육에서 4%, 돈육에서 10% 수준으로 검출되었다는 Woo 등(14)의 보고나 Kang(15)의 시판 냉장냉동 포장돈육의 *S. aureus* 검출률(18.0%) 등과는 다소 상이한 결과를 나타내었다.

*S. aureus*의 항생제 감수성

분리된 *S. aureus* 85주에 대하여 항생제 검사를 실시한 결과는 Table 3과 같다. *S. aureus* 85주 중 5주는 실험에 사용한 16종의 모든 항생제에 감수성을 나타내었고, 4주는 streptomycin, erythromycin, nitrofurantoin에 중등도 감수성, 76주는 1가지 이상의 항생제에 내성을 보였다.

항생제별로는 rifampin, sulfamethoxazole/trimethoprim, vancomycin 3종류의 항생제가 모든 분리주에 감수성을 나타내었다. 분리된 *S. aureus*의 내성률은 penicillin과 ampicillin에 각각 75.3%, 76.5%로 매우 높게 나타났으며, 다음으로 tetracycline과 erythromycin에서 각각 27.1%, 21.1%의 내성률을 보였다. Jung(16)의 축산 환경 전체에서 분리한 *S. aureus* 항생제별 내성률이 penicillin 76.2%, tetracycline 42.9%, erythromycin 26.2%, clindamycin 14.3%로 본 실험

Table 2. Isolation ratio of *S. aureus* in retail meat

Source	No. of sample (of isolates)	No. of sample (of isolates)			
		Domestic RMM ¹⁾	Domestic RTCP ²⁾	Imported RMM	Imported RTCP
Pork	288 (40)	118 (27)	158 (9)	2 (1)	10 (3)
Isolation ratio (%)	13.9	22.9	5.7	50.0	30
Beef	133 (45)	-	34 (5)	37 (18)	62 (22)
Isolation ratio (%)	33.8	-	14.7	48.6	35.5
Total	421 (85)	118 (27)	192 (14)	39 (19)	72 (25)
Isolation ratio (%)	20.2	22.9	7.3	48.7	34.7

¹⁾RMM: Raw material meat. ²⁾RTCP: Ready-to-cook pack.

Table 3. Antimicrobial susceptibility of *S. aureus* isolated from retail meat

Antimicrobial agents	Disc potency	No. of isolates (%) ¹⁾		
		Resistant	Intermediate	Susceptible
Ampicillin	10 µg	65 (76.5)	0	20 (23.5)
Bacitracin	10 U	0	10 (11.8)	75 (88.2)
Ciprofloxacin	5 µg	2 (2.4)	9 (10.6)	74 (87.0)
Clindamycin	2 µg	4 (4.7)	14 (16.5)	67 (78.8)
Erythromycin	15 µg	18 (21.2)	32 (37.6)	35 (41.2)
Gentamycin	10 µg	3 (3.5)	0	82 (96.5)
Nitrofurantoin	300 µg	2 (2.4)	15 (17.6)	68 (80.0)
Oxacillin	1 µg	0	7 (8.2)	78 (91.8)
Penicillin	10 IU/IE/UI	64 (75.3)	0	21 (24.7)
Rifampin	5 µg	0	0	85 (100)
Sulfamethoxazole/Trimethoprim	23.75 µg/1.25 µg	0	0	85 (100)
Streptomycin	10 µg	2 (2.4)	43 (50.6)	40 (47.0)
Tetracycline	30 µg	23 (27.1)	0	62 (72.9)
Tobramycin	10 µg	5 (5.9)	2 (2.4)	78 (91.7)
Teicoplanin	30 µg	0	19 (22.4)	66 (77.6)
Vancomycin	30 µg	0	0	85 (100)

¹⁾Parentheses mean isolation ratio to total number (85) of isolated *Staphylococcus aureus*.

의 결과와 비슷하였다. Erythromycin과 streptomycin의 경우는 중간내성이 37.6%, 50.6%로 중간내성까지 내성률로 볼 경우 높은 수치를 나타내었다.

다제내성 양상에 대한 결과는 Table 4와 같다. 내성양상을 보인 76주 중 65주가 두 가지 이상의 항생제에 내성을 보였다. 특히 1주(1.3%)는 8가지 항생제에 다제내성을 보였으며, 1주(1.3%)는 6가지 항생제, 3주(3.9%)는 5가지 항생제,

2주(2.6%)는 4가지 항생제, 23(29.9%)주는 3가지 항생제, 35주(45.5%)는 2가지 항생제에 내성을 나타내었다. 이를 돈육과 우육의 품목별 항생제 감수성을 비교한 결과(Table 5), *S. aureus*의 penicillin 내성이 우육의 경우 55.6%, 돈육의 경우 97.5%로 우육에 비하여 1.6배 이상의 높은 내성률을 보였고, tetracycline의 경우는 우육에서 13.3%, 돈육에서는 42.5%로 3배 이상의 내성률을 나타내었다. 우육에서 검출된 *S. aureus*는 gentamycin, streptomycin 및 nitrofurantoin에서 모두 감수성을 나타내었으나 돈육에서는 각각 7.5%, 5.0% 및 5.0%의 내성률을 나타내어, 돈육에서 분리된 *S. aureus*가 우육에서 분리된 균에 비하여 전반으로 높은 항생제 내성률을 보였다.

Table 4. Multiple antibiotics resistance patterns of *S. aureus* isolated from retail meat

Antibiotic resistance pattern ¹⁾	No. of isolates (%) ²⁾	Subtotal	Total (%) ²⁾
E	7 (9.2)	11	
TE	4 (5.3)		
P, AM	34 (44.7)	35	35 (46.1)
E, AM	1 (1.3)		
P, E, AM	6 (7.9)	23	58 (76.3)
P, TE, AM	13 (17.1)		
P, AM, CIP	1 (1.3)		
P, AM, F/M	1 (1.3)		
P, GM, AM	2 (2.6)		
P, TE, AM, NN	1 (1.3)		
P, GM, AM, NN	1 (1.3)	2	60 (78.9)
P, TE, AM, NN, S	1 (1.3)	3	63 (82.9)
P, CC, E, TE, AM	2 (2.6)		
P, CC, E, TE, AM, NN	1 (1.3)	1	64 (84.2)
P, CC, E, TE, AM, NN, S, F/M	1 (1.3)	1	65 (85.5)
Total	76 (100.0)	76	65 (85.5)

¹⁾E: Erythromycin, TE: Tetracycline, P: Penicillin, AM: Ampicillin, CIP: Ciprofloxacin, F/M: Nitrofurantoin, GM: Gentamycin, NN: Tobramycin, S: Streptomycin, CC: Clindamycin.

²⁾Parentheses mean isolation ratio to total number (76) of isolated *S. aureus*.

국내산과 수입산 축육의 항생제 감수성

국내산과 수입산 돈육의 항생제 감수성 비교한 결과 (Table 5), 분리된 *S. aureus*가 penicillin에 97.2% 및 100%의 내성을 나타내었고, 인체로부터 검출된 균들에 대해서는 내성이 미약한 tetracycline도 국내산과 수입산 돈육에서 41.7% 및 50.0%의 높은 내성률을 나타내었다. 그러나 돈육에서 검출된 모든 *S. aureus*가 rifampin과 vancomycin 2종류의 항생제에 감수성을 보였고, oxacillin, sulfamethoxazole/trimethoprim, bacitracin 및 teicoplanin 4개의 항생제에 관해서는 중등도의 내성을 보였다. 따라서 국내산과 수입산 모두 항생제 내성에서는 거의 비슷한 양상을 보였다.

한편 국내산과 수입산 우육의 항생제 감수성 비교 결과 (Table 5), 분리된 *S. aureus* 45주 모두가 gentamycin, sulfamethoxazole/trimethoprim, rifampin, vancomycin 등 4개의 항생제에 감수성을 나타내었으며, 내성을 나타내지 않은 oxacillin, bacitracin, teicoplanin 등 3개의 항생제에 관해서

Table 5. Antibiotic resistant patterns of *S. aureus* isolated from retail meat

Sources	No. of isolates	Antibiotics ¹⁾															
		OX	P	CC	GM	E	TE	STX	AM	NN	CIP	S	F/M	B	RA	VA	TEC
Domestic	36	- ²⁾	35 (97.2) ³⁾	3 (8.3)	3 (8.3)	6 (16.7)	15 (41.7)	-	35 (97.2)	4 (11.1)	-	2 (5.6)	2 (5.6)	-	-	-	-
	Imported	4	4 (100.0)	-	-	1 (25.0)	2 (50.0)	-	4 (100.0)	-	1 (25.0)	-	-	-	-	-	-
	Subtotal	40	-	39 (97.5)	3 (7.5)	3 (7.5)	7 (17.5)	17 (42.5)	-	39 (97.5)	4 (10.0)	1 (2.5)	2 (5.0)	2 (5.0)	-	-	-
Beef	Domestic	5	-	2 (40.0)	-	-	2 (40.0)	-	2 (40.0)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Imported	40	-	23 (57.5)	1 (2.5)	-	9 (22.5)	6 (15.0)	-	24 (60.0)	1 (2.5)	1 (2.5)	-	-	-	-	-
	Subtotal	45	-	25 (55.6)	1 (2.2)	-	11 (24.4)	6 (13.3)	-	26 (57.8)	1 (2.2)	1 (2.2)	-	-	-	-	-
Total	85	-	64	4	4	18	23	-	65	5	2	2	2	-	-	-	-

¹⁾AM: Ampicillin 10 µg, B: Bacitracin 10 U, CIP: Ciprofloxacin 5 µg, CC: Clindamycin 2 µg, E: Erythromycin 15 µg, GM: Gentamycin 10 µg, F/M: Nitrofurantoin 300 µg, OX: Oxacillin 1 µg P: Penicillin 10 IU/IE/UI, RA: Rifampin 5 µg, STX: Sulfamethoxazole/Trimethoprim 23.75 µg/1.25 µg, S: Streptomycin 10 µg, TE: Tetracycline 30 µg, NN: Tobramycin 10 µg, TEC: Teicoplanin 30 µg.

²⁾Not detected.

³⁾Parentheses mean isolation ratio to total number of isolated *S. aureus* within the same row.

는 중등도의 내성을 보였다. Jwa(17)는 복합조리식품 및 채소에서 분리한 *S. aureus*가 penicillin에 각각 97.3%, 94.0%로 매우 높은 내성률을 보였다고 하였는데, 본 실험의 우육에서 분리된 균주는 국내산과 수입산 모두 40.0%, 57.5%로 다른 원인식품에 비하여 내성이 약함을 알 수 있었다. Tetracycline의 경우 항생제 내성률은 돈육(42.5%)이 우육(13.3%)에 비하여 내성률이 매우 높았다. 이러한 결과는 축산환경에서 돈육과 우육의 tetracycline 내성이 70%, 15.4%로 돈육이 내성률이 높다고 하는 Jung(16)의 보고와 비슷한 양상이었으나, erythromycin의 경우는 Jung(16)의 축산환경에서의 35% 및 7.7%와는 약간의 차이가 있었다. 이와 같이 인체유래 균주에는 감수성이 높으나 가축유래 균주에서 내성률이 높은 이유는 가축의 사육 시 무분별한 항생제의 오남용으로 인해 발생하는 현상이라고 추정되었다. Phillips 등(18)은 덴마크에서 1994년 총 206,000 kg의 항생제를 동물에게 투여하다가 성장촉진용 항생제의 사용 금지로 인해 2001년 94,000 kg로 그 사용량이 50% 가량 감소하고 난 후, 사람과 동물의 분변에서 분리한 장구균의 내성률이 현저히 감소하였다고 보고하였는데, 그 주변국가인 덴마크, 독일 및 네덜란드에서도 동일한 결과가 관찰되었다고 한 것을 볼 때 항생제의 오남용이 사람과 동물에 미치는 영향이 얼마나 큰지를 알 수 있겠다.

Table 6. Conjugative transfer of tetracycline (Tc) and erythromycin (E) resistance in *S. aureus* by filter mating method

No. of doner strains	Selective doner marker	Transfer frequency ¹⁾	Selective doner marker	Transfer frequency ¹⁾
1	Tc	5.4×10^{-8}	E	1.1×10^{-7}
2	Tc	3.7×10^{-8}	E	2.9×10^{-6}
3	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$
4	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	2.4×10^{-6}
5	Tc	4.2×10^{-7}	E	6.7×10^{-6}
6	Tc	1.1×10^{-5}	E	4.0×10^{-8}
7	Tc	1.0×10^{-6}	E	1.5×10^{-6}
8	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	1.2×10^{-6}
9	Tc	1.3×10^{-7}	E	9.3×10^{-7}
10	Tc	1.0×10^{-6}	E	1.0×10^{-6}
11	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	2.0×10^{-6}
12	Tc	3.9×10^{-8}	E	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$
13	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	1.2×10^{-5}
14	Tc	1.9×10^{-9}	E	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$
15	Tc	5.5×10^{-7}	E	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$
16	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	1.1×10^{-8}
17	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	9.2×10^{-6}
18	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$	E	2.2×10^{-6}
19	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$		
20	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$		
21	Tc	1.5×10^{-8}		
22	Tc	$\leq 1.0 \times 10^{-10}$		
23	Tc	8.4×10^{-6}		

¹⁾Transfer frequency is expressed as the number of trans-conjugants per recipient cell.

내성 plasmid의 전달성

약제내성과 관련된 R-plasmid의 특성을 알기 위하여 혼합 배양법과 filter mating법을 이용하여 tetracycline 내성균 23주와 erythromycin 내성균 18주를 donor로 하고 선택약제인 tetracycline과 erythromycin 내성인자가 없는 *S. aureus* DPRMM2429균주에 plasmid 전달실험을 실시한 결과, 혼합 배양법에서는 내성이 전달되지 않았으나 filter mating법에서는 Tc내성 plasmid가 $1.1 \times 10^{-5} \sim 1.9 \times 10^{-9}$ 의 빈도로, erythromycin 내성 plasmid는 $1.2 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-8}$ 빈도로 전달되었다(Table 6). 이러한 결과는 Kang 등(19)의 결과(Tc내성 plasmid의 경우 $2.0 \sim 5.2 \times 10^{-7}$ 빈도로 전달) 및 Zorbas 등(20)의 결과와 유사하였다.

혼합배양에 따른 내성 plasmid의 전달빈도에 대하여 McDonnell 등(13)은 streptomycin과 rifampin에 내성인 *S. aureus*를 각각 2.1×10^{-6} 과 4.7×10^{-5} 빈도로 내성 plasmid가 전달되었다고 하였고, Forbes 등(21)은 rifampin, fusidate에 내성인 *S. aureus* UM385RF를 recipient로 하여 gentamycin, erythromycin, tetracycline 및 clindamycin에 내성인 *S. epidermidis* UM899를 혼합 배양한 결과 gentamycin 8.2×10^{-7} , erythromycin 1.7×10^{-8} , tetracycline 1×10^{-8} , penicillin 1×10^{-8} 의 빈도로 전달되었다고 하며, Zorbas 등(20)은 gentamycin에서 $7.2 \times 10^{-8} \sim 9.8 \times 10^{-6}$ 이었다고 하였다.

요 약

국내 유통 중인 우육 및 돈육을 대상으로 *S. aureus*의 오염실태와 검출된 *S. aureus* 대한 항생제 감수성조사 및 내성 plasmid 전달빈도를 조사하였다. 총 421개 축산물 시료의 20.2%에서 *S. aureus*가 검출되었으며, 품목별로는 돈육 13.9%, 우육 33.8%의 검출률을 보였다. 가공 전 원료육이 포장육에 비해 *S. aureus*의 검출률이 높았는데, 돈육에서는 원료육 23.3%, 포장육 7.1%였고, 우육에서는 각각 48.6% 및 28.1%였다. 항생제 감수성 시험결과 ampicillin(76.5%), penicillin(75.3%), tetracycline(27.1%) 및 erythromycin(21.1%) 순으로 높은 내성률을 보였다. 특히 우육에서는 penicillin의 내성이 55.6%인 반면 돈육에서는 97.5%로 돈육에서 1.6배 이상의 높은 내성률을 보였고, tetracycline의 경우 우육에서 13.3%의 내성을 보인 반면, 돈육에서는 42.5%로 3배 이상의 내성률을 보였다. 8가지 항생제에 내성을 보이는 다제내성균도 검출되었으며, 약제내성과 관련된 R-plasmid의 특성시험에서 혼합배양에서는 내성이 전달되지 않았고, filter mating법에서 tetracycline내성 plasmid가 $1.1 \times 10^{-5} \sim 1.9 \times 10^{-9}$ 의 빈도로, erythromycin 내성 plasmid가 $1.2 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-8}$ 빈도로 내성이 전달되었다. 따라서 국내에서는 항생제투입의 정량적인 규제나 법적인 제도 장치의 마련이 시급하다고 생각되며 앞으로 항생제 사용규제 및 대책마련에 대한 추가적인 연구가 절실하다고 생각되었다.

문헌

1. Korea Food and Drug Administration. 2006. Annual report of foodborne disease in Korea. <http://www.kfda.go.kr>.
2. Evenson ML, Hinds WM, Bernstein RS, Bergdoll MS. 1988. Estimation of human dose of staphylococcal enterotoxin A from a large outbreak of staphylococcal food poisoning involving chocolate milk. *Int J Food Microbiol* 7: 311-316.
3. Steven RM, Gergory AB. 1999. Use of multiplex PCR to detect classical and newly described pyrogenic toxin genes in staphylococcal isolates. *J Clin Microbiol* 37: 3411-3414.
4. Bergdoll MS, Borja CR, Robbins RN, Weiss KF. 1971. Identification of enterotoxin E. *Infect Immun* 4: 593-595.
5. Borja CR, Bergdoll MS. 1967. Purification and partial characterization of enterotoxin C produced by *Staphylococcus aureus* strain 137. *Biochemistry* 6: 1467-1473.
6. Hussain Z, Stoakes L, Garrow S, Longo S, Fitzgerald V, Lannigan R. 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.
7. Reischl U, Linde HJ, Metz M, Leppmeier B, Lehn N. 2000. Rapid identification of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and simultaneous species confirmation using real-time fluorescence PCR. *J Clin Microbiol* 38: 2429-2433.
8. Nobel WC, Virani Z, Cree R. 1992. Co-transfer of vancomycin and other resistance genes from *Enterococcus faecalis* NCTC 12201 to *Staphylococcus aureus*. *FEMS Microbiol Lett* 93: 195-198.
9. Witte W. 1998. Medical consequences of antibiotic use in agriculture. *Science* 279: 996-997.
10. Catherine WK. 1998. USDA food safety initiatives and their impact on environmental health. Food Safety and Inspection Service United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
11. *Staphylococcus aureus*. US FDA/CFSAN-Bacteriological Analytical Manual. 8th ed. Chapter 12.
12. Clinical and Laboratory Standards Institute. 1997. Approved standard M07-A4: methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. 4th ed. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Villanova, Pennsylvania. <http://www.clsi.org>.
13. McDonnell RW, Sweeney HM, Cohen S. 1983. Conjugational transfer of gentamicin resistance plasmids intra- and interspecifically in *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*. *Antimicrob Agents Chemother* 23: 151-160.
14. Woo GJ, Lee DH, Park SH, Koh YH, Lee SH. 2003. Antimicrobial resistance monitoring of major foodborne pathogenic and tract relative microorganism in food stuffs. Department of food evaluation. *The Annual Report of KFDA* 7: 702-703.
15. Kang HJ. 1999. Prevalence and server of food poisoning bacteria in retail fresh, frozen and packed meats. *J Food Hyg Safety* 14: 327-332.
16. Jung YH. 2003. The monitoring of antibiotic resistant bacteria from domestic animal farm environment. *Korea Consumer Protection Board Report* 12: 84-95.
17. Jwa SH. 2002. Survey of the prevalence and physiological characteristics of food and clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. MS Thesis. Chung-Ang University. p 48-53.
18. Phillips I, Caseweel M, Cox T, De Groot B, Friis C, Jones R, Nightingale C, Preston R, Waddell J. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health. *J Antimicrob Chemother* 53: 41-52.
19. Kang HJ, Kim YH, Son WG, Kang GS, Lee JY. 1992. Enterotoxin production and plasmid profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from domestic animals. V. Isolation and transfer of *Staphylococcus aureus* resistance plasmid. *Kor J Vet Pulb Hlth* 16: 27-34.
20. Zorbas I, Hall RT, Hall SL, Barnes WG, Rogolshy M. 1998. Molecular analysis of conjugative, gentamicin-resistance plasmids from Staphylococcal clinical isolates. *Can J Microbiol* 34: 1050-1057.
21. Forbes BA, Schaberg DR. 1983. Transfer of resistance plasmids from *Staphylococcus epidermidis* to *Staphylococcus aureus* evidence for conjugative exchange of resistance. *J Bacteriol* 153: 627-634.

(2008년 1월 4일 접수; 2008년 3월 17일 채택)