

연구노트

축산물가공공장 살균소독제 처리 및 효과 평가

연지혜 · 김일진 · 박기환 · 박병규¹ · 박희경¹ · 박대우¹
김용수² · 김형일³ · 전대훈³ · 이영자³ · 하상도*

중앙대학교 식품공학과, ¹(주)CJ, ²한국보건산업진흥원, ³식품의약품안전청

Treatment and Effect of Sanitizers and Disinfectants in Animal Food Manufacturing Plant

Ji-Hye Yeon, Il-Jin Kim, Ki-Hwan Park, Byung Kyu Park¹, Hee Kyung Park¹, Dae Woo Park¹,
Yong-Su Kim², Hyung-Il Kim³, Dae-Hoon Jeon³, Young-Ja Lee³, and Sang-Do Ha*

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

¹CJ Corporation

²Korea Health Industry Development Institute

³Korea Food & Drug Administration

Abstract This study investigated the efficacy of common sanitizers and disinfectants on *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Typhimurium spiked on the surface of the main processing machine. All four microorganisms were greatly reduced by hydrogen peroxide (1,100 ppm), iodophors (25 ppm) and quaternary ammonium compounds (200 ppm). The reduction levels of *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* were 3.5, 3.4, 3.0, and 2.8 log₁₀CFU/100 cm², respectively. Peroxy compounds and quaternary ammonium compounds can be applied to animal food manufacturing plants as a good sanitizer.

Key words: sanitizers, disinfectants, animal food manufacturing plant

서 론

최근 학교 등에서의 단체급식 증가로 식중독 사고 발생이 집 단화, 대형화되고 있는 추세에 있으며, 환자수 기준으로 2003년 도 식중독 원인식품은 복합조리식품(3,394명, 36건), 식육 및 그 가공품(438명, 14건), 어패류와 그 가공품(372명, 21건)순이며, 물 (음용수)도 3건에 279명이 발생한 것으로 보아 복합조리식품은 단체급식과 음식점을 대상으로 관리를 하여야 하며, 식품가공공 장은 축산물 중심으로 관리가 필요함을 알 수 있다(1). 이와 같 은 식품기인성 미생물에 의한 건강장애와 그에 따른 경제적인 손 실을 최소화하기 위하여 식품 뿐만 아니라 조리기구, 식품공장의 제조기기 및 설비에 사용되는 살균소독제의 사용이 크게 증가되 고 있는데 식품가공용 기계에 처리하는 살균소독 제품은 기구· 용기에 사용 후에 직·간접적으로 식품에 이행될 수 있기 때문 에 식품첨가물에 준하는 철저한 안전관리가 필요하다. 또한 우리 나라는 식품제조업의 80% 이상이 영세기업으로 경제력에 비하 여 식품위생 수준이 낙후되어 있어 안전성 확보를 위한 관리방 안의 마련이 시급한 실정이다.

육류는 도살과정의 비위생화와 복잡한 유통과정, 그리고 원활 하지 못한 수급과정으로 인하여 쉽게 변질될 수 있으며, shelf-life 가 짧아 선도유지가 어려운 단점을 지니고 있다(2). 식육의 생산 은 동물의 도살에서부터 소비자에 이르는 과정을 거치면서 병원 성 미생물에 의해 감염된다. 특히 도살과정 중의 작업환경, 작업 자, 작업도구, 작업대 등에 내재되어 있던 미생물에 의한 피할 수 없는 오염은 유통기간 중 신선육의 부패와 품질 악화의 주된 요 인으로 분석되고 있다(3-6). 이러한 현상은 미생물의 증식이 주된 원인으로 초기 미생물 오염도는 육류의 저장성을 결정짓는 중요 한 요소로 작용한다(7). 따라서 이러한 작업장 내 미생물에 의한 직접적인 식육의 오염을 감소시킴으로써 육류의 shelf-life를 연장 하고자 다양한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 유통 중인 식 육의 품질이 유지되는 유통가능 총균수는 10⁶-10⁷ CFU/cm²으로 제시되고 있다(8,9).

식중독을 발생시키는 식품위해 미생물을 제어하기 위하여 chlorine compounds, alcohol, iodophor, ozone, hydrogen perox- ide, acid-alkali, quaternary ammonium compounds(QACs), 천연 물 등의 살균소독제 원료성분을 이용한 연구들이 다수 보고되고 있다(10-17). 살균소독제의 효과는 미생물과의 접촉시간과 농도, 살균소독제를 사용할 때의 온도와 pH, 유기물질, 미생물의 종류, 접촉 표면 등에 의해서 영향을 받는다. 따라서 식품가공공장에서 작업특성을 고려한 효과적인 살균소독제를 선택, 사용하여 미생 물 증식과 식중독 발생을 예방할 수 있는 효율적인 살균소독법 의 제안이 요구되어진다.

따라서 본 연구에서는 축산물가공공장에서의 효율적인 살균소

*Corresponding author: Sang-Do Ha, Dept. of Food Science and Technology, Chung-Ang University, 72-1 Nae-ri, Daeduk-myun, Ansong, Gyunggi-do 456-756, Korea

Tel: 82-31-670-4831

Fax: 82-31-675-4853

E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

Received April 17, 2006; accepted July 11, 2006

독제를 찾아내기 위해 축산물가공공장의 기계·기구 표면을 simulation한 유효성 평가와 실제 축산물가공공장에서의 오염도 감소 정도를 평가하였다.

재료 및 방법

Stainless steel 표면 simulation

살균소독제: 사용량이 많은 살균소독제 5종 즉, 염소계(chlorine compounds, 유한락스, (주)유한크로락스, Korea), 알콜계(70% ethanol, Korea), 4급암모늄(quaternary ammonium compounds, QAC, HAPS-CLEAN, 휴코FS(주), Korea), 과산화물계(hydrogen peroxide, HUWA-SAN TR-50, Roam Chemic, Belgium), 요오드계(iodophor, 클리너#505, (주)남강, Korea)을 대상으로 농도는 '살균소독제 한시적 기준 및 규격 살균소독제 유효성분의 사용범위 「식품가공공장용」(no rinse)(18)에서 최대농도를 기준으로 하였으며, 실제 축산물가공공장의 주요 가공기계 표면인 stainless steel로서 실험실에서 실제 공장을 simulation하여 점점종법(spot inoculation)을 이용하여 실험하였다.

사용균주: 본 실험에 사용된 균주는 *Escherichia coli* ATCC 10536, *Staphylococcus aureus* ATCC 35556, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *Salmonella* Typhimurium NO/NA를 사용하였다. 보존 배양된 시험균을 tryptic soy agar(TSA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 배지에 도말하여 18-24시간 배양한 후 같은 방법으로 2차, 3차 배양하여 사용하였다. Stainless steel 표면 위에 균이 부착되도록 하기 위하여 약 5-6 log 수준의 균을 돈육에 접종하였다. 미국 EPA에 의하며 과일에 균을 부착시키는 방법도 침지법(dipping)과 점점종법(spot inoculation) 등이 제시되어 있고 두 가지 방법을 다 인정하고 있다. 침지법은 점점종법에 비해 접종 균수의 정확한 추정이 어렵고 표준편차가 크며 재현이 쉽지 않은 단점이 있다. 본 실험에서는 후자인 점점종법을 택하여 돈육에 균을 접종한 후 stainless steel 표면에 골고루 문질러 stainless steel 위에 균이 부착되도록 하였다. 3-4시간 경과 후 stainless steel 표면이 완전히 마른 후 계면활성제 100 mL로 세척을 하였다. 세척 후 각각의 살균소독제를 5분간 처리한 후 검체

채취(swabbing)하여 표면의 잔존 균수를 확인하였다.

실제 축산물가공공장에서의 살균소독력 평가

검체 채취(swabbing): 축산물가공공장에서 사용하는 살균소독제와 본 연구에서 제안한 방법의 살균효과를 비교하기 위해 작업대, 도마, 칼/커터기, 컨베이어벨트, 포장대, 플라스틱상자 등을 대상으로 작업 전·후 각각 임의의 3곳을 정해 10 cm×10 cm의 면적을 swab test kit(3M Co, MN, USA)를 이용하여 swab을 실시하고 검체를 ice box로 운반하여 신속히 실험에 사용하였다.

미생물 분석방법: 총호기성균(total aerobic bacteria)과 대장균군(coliform group)은 각각 tryptic soy agar(TSA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)와 violet red bile agar(VRBA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 의하여 측정하였는데, swab test 봉을 kit 채로 vortex하여 1 mL를 취하여 0.1% peptone water 9 mL로 단계별로 희석하여 petri-dish에 분주한 후, petri-dish 위에 각각의 배지 15-20 mL를 부어 잘 섞은 후 37°C에서 24-48시간 배양하였다. *E. coli*는 petrifilm™ *E. coli* count(PEC, 3M Co, MN, USA)를 이용하여 37°C에서 24-48시간 배양하였다. 배양 후 기포를 가진 푸른색 colony만을 *E. coli* 양성으로 간주하고 standard plates count(SPC)에 의하여 colony-forming unit(CFU)/g로 나타내었다.

결과 및 고찰

Stainless steel 표면에서의 주요 식중독균 살균소독력 평가

식품 제조시설에서 사용량이 많은 살균소독제 5종(chlorine 200 ppm, ethanol 70%, quaternary ammonium compounds(QAC) 200 ppm, hydrogen peroxide 1,100 ppm, iodophor 25 ppm)을 대상으로 실제 축산물가공공장의 주요 가공기계 표면으로 많이 사용되고 있는 stainless steel에 오염시킨 네 가지 균에 대한 살균소독력 test 결과는 Fig. 1과 같다.

각각의 *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*의 접종균수는 5-6 log였으며, chlorine 200 ppm을 처리했을 때, *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*은 각각 2.66,

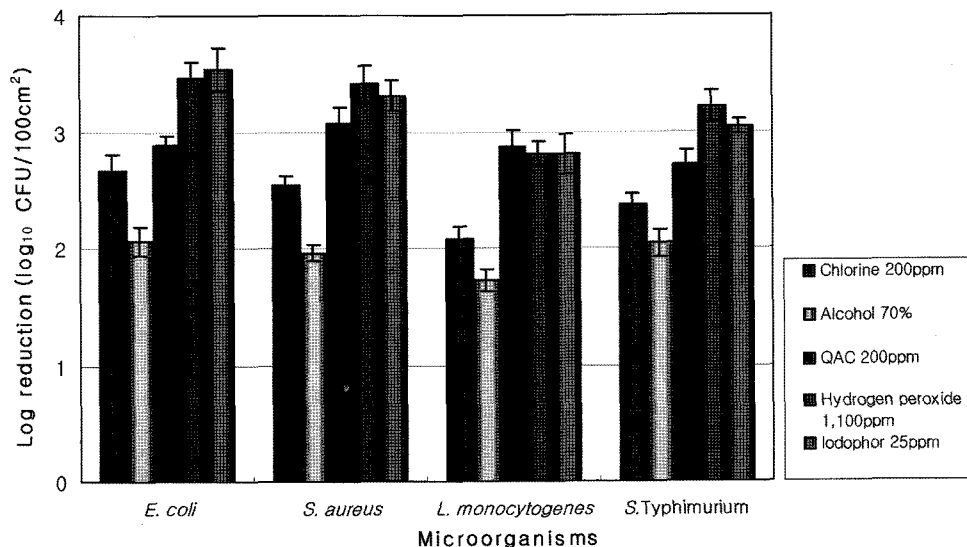


Fig. 1. Inhibitory effects of sanitizers and disinfectants on food-borne pathogenic bacteria inoculated on stainless steel surface.

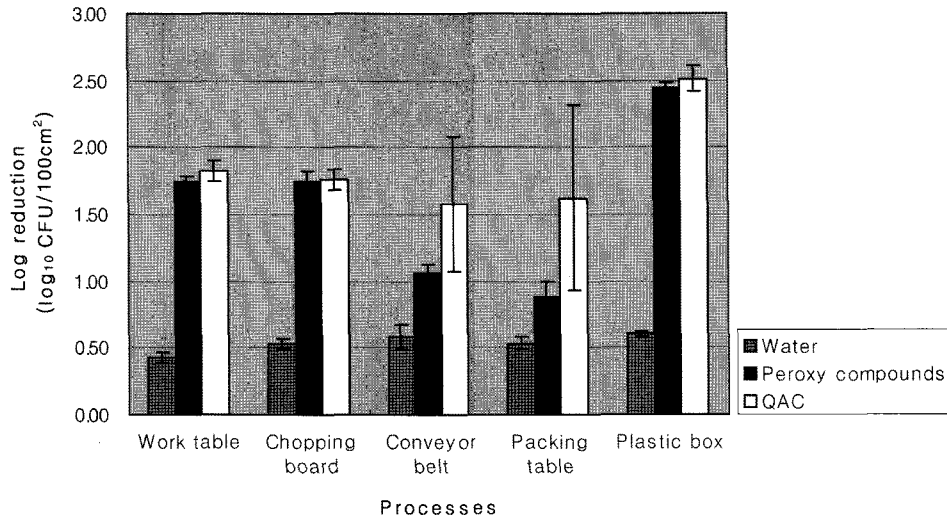


Fig. 2. Inhibitory effects of sanitizers and disinfectants on total aerobic bacteria in animal food manufacturing plant.

2.55, 2.08, 2.37 log의 균 감소효과를 보였다. Ethanol 70%를 처리했을 때, 이들 네 균은 각각 2.06, 1.96, 1.72, 2.04 log의 균 감소효과를 보였으며, QAC 200 ppm 처리 시 각각 2.89, 3.07, 2.87, 2.72 log의 균 감소효과를 보였다. Hydrogen peroxide 1,100 ppm을 처리했을 때, 이들 네 균은 각각 3.46, 3.41, 2.81, 3.21 log의 균 감소효과를 보였으며, iodophor 25 ppm 처리 시 각각 3.54, 3.31, 2.81, 3.04 log의 균 감소효과를 보였다. 일반적으로 세척 시 사용하는 계면활성제 성분의 세척제로 세척 후에는 약 1 log의 표면균수가 감소했다. 세척 방법에 따라 세척으로 인한 균수의 감소효과가 달라지며 약 0.5-2 log 만큼의 감소가 보고(19)되어 있는데 본 연구결과와 비슷하였다. 살균소독제 처리 후 최종적으로 stainless steel 표면에 잔존하는 균수는 초기 균수에 비해 2-3 log 정도의 균 감소효과가 있었다. 세척에 따른 미생물 수는 세척 시 사용되는 세척수의 분사압력 및 오염방지제의 농도 등에 의한 차이도 영향을 미친다고 보고되어 있다(20-22).

네 가지 균을 대상으로 simulation한 결과, *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*에 대하여는 hydrogen peroxide 1,100 ppm, iodophor 25 ppm에서 각각 3.5, 3.4, 3.0 log의 균 감소를 보여 살균효과가 가장 컸으며, *L. monocytogenes*에 대해서는 QAC 200 ppm, hydrogen peroxide 1,100 ppm, iodophor 25 ppm에서 대략 2.8 log 전후의 좋은 균 감소효과를 나타냈다. 대체적으로 ethanol 70%가 가장 효과가 적었고, hydrogen peroxide 1,100 ppm, iodophor 25 ppm, QAC 200 ppm이 비슷한 수준으로 살균효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

Lee 등(23)에 의하면 국내 판매 중인 chlorine계, 요오드계, 과산화물계, 4급암모늄계를 주성분으로 하는 제품들을 이용하여 broth 상에서 *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*에 대하여 살균소독력을 평가한 결과, 각각 50, 75, 100%(v/v)로 희석된 농도에서 모두 살균소독제 부합기준인 99.999%, 즉 5 log의 이상의 살균력을 나타낸 것으로 보고되었다.

Jessen과 Lammert(24)에 의하면 청소, 소독방법에 따라 미생물 검출수준이 달라지며 육가공 생산라인에서 일반적인 살균소독 후에 일반세균수가 $1-3.7 \times 10^4$ CFU/cm² 수준으로 검출되며, chlorine계의 살균소독제가 peracetic acid계보다 우수한 효과를 나타냈다고 보고하였으나, Carpentier와 Cerf(25)는 hydrogen peroxide계와 peroxyacetic acid계가 chlorine계 살균소독제보다 효과가 우수한

것으로 보고하였다. Rossoni와 Gaylarde(26)는 식품가공공장의 stainless steel에 고착된 *E. coli*, *P. fluorescens*와 *S. aureus*에 대한 살균효과를 테스트한 결과, sodium hypochlorite가 peroxyacetic acid 보다 전반적으로 좋은 효과를 나타낸 것으로 보고하였고, Jacquet와 Reynaud(27)는 *L. monocytogenes*를 제어하는데 QAC가 우수한 것으로 보고하였다.

축산물가공공장에서의 주요 식중독균 살균소독력 평가

우리나라의 경우 축산물 가공공장 자체적으로 위생관리 프로그램에 의한 살균소독이 잘 이루어지고 있는 대규모 공장도 일부 있지만 그렇지 못한 소규모의 영세한 업체가 대부분이다. 본 연구에서는 대규모, 소규모 각각의 공장을 선정하여 작업대, 도마, 컨베이어벨트, 포장대, 플라스틱상자 등의 공정별 다양한 살균소독제 처리의 효과를 평가했다. Stainless steel 표면 test(Fig. 1)에서 효과가 좋은 살균소독제는 iodophor, hydrogen peroxide, quaternary ammonium compounds(QAC)였는데, 착색 등의 문제로 iodophor를 제외하고 peroxy compounds와 QAC를 실제 공장에 적용하여 그 효과를 평가하였다.

Fig. 2는 축산물가공공장에서 공정별 살균소독제를 처리 후 총균수의 감소를 나타낸 결과이다. 공정별로 물세척, peroxy compounds, QAC를 처리한 결과 물세척에 비해 살균소독제 사용으로 월등한 균 감소효과를 볼 수 있었다. Fig. 3은 축산물가공공장에서 공정별 살균소독제를 처리한 결과 대장균군(coliforms)의 감소를 나타낸 것이다. 대장균군도 총균수와 마찬가지로 물세척에 비해 살균소독제 처리 시 월등한 균 감소효과를 볼 수 있었다.

그러나 살균소독제 부합기준인 99.999%, 즉 5 log 이상의 균 감소효과를 보였던 broth 상(data not shown)에서의 달리 실제 공장에 적용한 결과는 5 log에 훨씬 미치지 못했다. 이는 공기 노출 시 불활성화, 표면 분무 시 접촉시간 유지의 어려움 등이 원인일 것으로 생각된다. 살균소독제의 사용목적이 미생물 억제를 통한 식중독 사고의 예방이므로 실제 공장에 적용 시 살균소독제의 효력을 증가시킬 수 있는 살균소독제 및 살균소독 프로그램 개발과 같은 향후 연구가 수행되어야 할 것이다.

우리나라는 축산물 처리 시 주로 손으로 처리하는 소규모의 처리장에서부터 처리시설이 기계화된 대규모 처리장 등 매우 다양하므로 작업환경, 작업조건 등을 종합적으로 고려하여 미생물 오

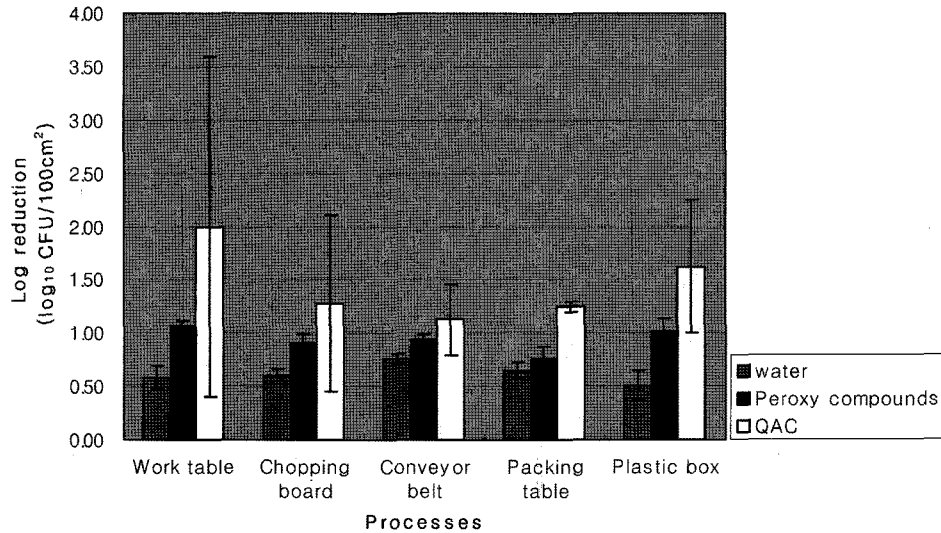


Fig. 3. Inhibitory effects of sanitizers and disinfectants on coliform group in animal food manufacturing plant.

염을 최소화할 수 있도록 축산물가공공장 규모에 적합한 생산단계 공정별, 재질별 특성을 고려한 살균소독 프로그램을 개발하여 가공 기계·기구로부터의 재오염을 감소시켜야 할 것이다.

요 약

본 연구는 축산물가공공장에서의 살균소독 방법제의 효능을 평가하기 위해 주요 육가공기계 표면인 stainless steel 표면 test와 실제 축산물가공공장 적용 시험을 실시하였다. 네 가지 식품위해 세균을 대상으로 simulation한 결과, *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*에 대하여는 hydrogen peroxide(1,100 ppm), iodophor (25 ppm) 사용 시 각각 3.5, 3.4, 3.0 log 정도의 균 감소를 보여 살균효과가 가장 컸으며, *L. monocytogenes*에 대해서는 quaternary ammonium compounds(200 ppm), hydrogen peroxide(1,100 ppm), iodophor(25 ppm)가 가장 좋은 약 2.8 log의 균 감소효과를 나타냈다. 대체적으로 alcohol(70%)의 효과가 가장 낮았고, hydrogen peroxide(1,100 ppm), iodophor(25 ppm)가 비슷한 수준으로 살균효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 공장에서는 peroxy compounds와 quaternary ammonium compounds를 적용한 결과, 총균수와 대장균군수 모두 물세척에 비해 큰 균 감소효과를 볼 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 식품의약품안전청의 지원에 의해 연구되었음(KFDA-05062-DIF-041).

문 헌

1. Korea Food and Drug Administration. The epidemiological characteristics of food poisoning in Korea. Available from: <http://www.kfda.go.kr/> Accessed May 22 (2005)
2. Oh YS, Lee SH. Hygienic quality of beef and distribution of pathogens during cut-meat processing. *J. Food Hyg. Safety* 16: 96-102 (2001)
3. Mackey BM, Derrick CM. Contamination of the deep tissues of carcasses by bacteria present of the slaughter instruments or in the gut. *J. Appl. Bacteriol.* 46: 355-366 (1979)
4. Dickson JS, Anderson ME. Microbiological decontamination of

- food animal carcasses by washing and sanitizing systems: review. *J. Food Protect.* 55: 133-142 (1992)
5. Selgas D, Marin ML, Pin C, Casas C. Attachment of bacteria to meat surfaces: a review. *Meat Sci.* 34: 265-273 (1993)
6. Maddin RH. Microbial hazards in animal products. *Proc. Nutr. Soc.* 53: 309-316 (1994)
7. Cunningham FE. Microbiological aspects of poultry and poultry products-an update. *J. Food Protect.* 45: 1149-1164 (1982)
8. Ayres JC. The relationship of organisms of the genus *Psuedomonas* to the spoilage of meat, poultry and eggs. *J. Appl. Bacteriol.* 23: 471-486 (1960)
9. Brown MH. *Meat Microbiology*. Applied Science Publisher. Ltd. NY and London, p. 287 (1982)
10. Liao CH, Sapers GM. Attachment and growth of *Salmonella chester* on apple fruits and *in vivo* response of attached bacteria to sanitizer treatments. *J. Food Protect.* 63: 876-883 (2000)
11. Youm HJ, Ko JK, Kim MR, Song KB. Inhibitory effect of aqueous chlorine dioxide on survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* in pure cell culture. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 514-517 (2004)
12. Romanova N, Favrin S, Griffith MW. Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to sanitizers used in the meat processing industry. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 6405-6409 (2002)
13. Khadre MA, Yousef AE. Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *Int. J. Food Microbiol.* 71: 131-138 (2001)
14. Samelis J, Sofos JN, Kain ML, Scanga JA, Belk KE, Smith GC. Organic acids and their salts as dipping solutions to control *Listeria monocytogenes* inoculated following processing of sliced pork bologna stored at 4°C in vacuum packages. *J. Food Protect.* 64: 1722-1729 (2001)
15. Thomas L, Russel AD, Maillard JY. Antimicrobial activity of chlorhexidine diacetate and benzalkonium chloride against *Pseudomonas aeruginosa* and its response to biocide residues. *J. Appl. Microbiol.* 98: 533-543 (2005)
16. Jang JH, Jang JS, Lee SY, Kim HS, Kang SM, Park JH. Growth inhibition effects of ethanol and sodium chloride on *Bacillus cereus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 998-1002 (2003)
17. Ra JC, Lee JE, Song DS, KNH, Park BK, Park YH. A study of antimicrobial and antiviral effect of natural product. *J. Food. Hyg. Safety* 18: 183-188 (2003)
18. KFSA. Food Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2003)
19. Rho MJ, Jeong MS, Park JY. Predicting the contamination of *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* in pork production using monte carlo simulation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 928-936 (2003)

20. Ingram M, Robert TA. The Microbiology of the red meat carcass and the slaughterhouse. *Royal Soc. Health J.* 96: 270-276 (1976)
21. Stevenson KE, Merkel RA, Lee HC. Effect of chilling rate, carcass fatness and chlorine spray on microbiological quality and case life of beef. *J. Food Sci.* 43: 849-855 (1978)
22. Kelly CAQ, Dempster JF, McLoughlin AJ. The effect of spray washing on the development of bacterial numbers and storage life of lamb carcasses. *J. Appl. Bacteriol.* 57: 335-341 (1981)
23. Lee MJ, Kim YS, Cho YH, Park HK, Park BK, Lee KH, Kang KJ, Jeon DH, Park KH, Ha SD. Evaluation of efficacy of sanitizers and disinfectants marketed in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 671-677 (2005)
24. Jessen B, Lammert L. Biofilm and disinfection in meat processing plants. *Int. Biodeter. Biodegrad.* 51: 265-269 (2003)
25. Carpentier B, Cerf O. Biofilms and their consequences with particular reference to hygiene in the food industry. *J. Appl. Bacteriol.* 75: 499-511 (1993)
26. Rossoni EMM, Gaylarde CC. Comparison of sodium hypochlorite and peracetic acid as sanitizing agents for stainless steel food processing surfaces using epifluorescence microscopy. *Int. J. Food Microbiol.* 61: 81-85 (2000)
27. Jacquet C, Reynaud A. Differences in the sensitivity to eight disinfectants of *Listeria monocytogenes* strain as related to their origin. *Int. J. Food Microbiol.* 22: 79-83 (1994)