J. Fd Hyg. Safety
Vol. 22, No. 4, pp. 235~242 (2007)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

에어로졸 형태의 상업적 살균소독제의 병원성 미생물에 대한 저해효과 평가

이선영 · 정진호 · 진현호 · 김영호[1] · 오세욱[2]*

중앙대학교 식품영양학과, [1]한국식품연구원 소재이용연구단, [2]한국식품연구원 안전성연구단

Inhibitory Effect of Aerosolized Commercial Sanitizers against Foodborne Pathogens

Sun-Young Lee, Jin-Ho Jung, Hyun-Ho Jin, Young-Ho Kim[1], and Se-Wook Oh[2]*

Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
[1]Materials Utilization Research Division, Korea Food Research Institute, Seoul 463-420, Korea
[2]Food Safety Research Division, Korea Food Research Institute, Seoul 463-420, Korea

(Received October 4, 2007/Accepted December 3, 2007)

ABSTRACT – This study was conducted to investigate the effect of aerosolized chemical sanitizers on inhibiting foodborne pathogens such as *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes*. Five domestic commercial sanitizers subjected to five groups of sanitizer (chlorine-based, hydrogen peroxide-based, Iodophor-based, quaternary ammonium-based, and alcohol-based sanitizers) were aerosolized by an aerosol generator into a model cabinet and treated in laboratory media containing three pathogens for 1 h at room temperature. Aerosolized hydrogen peroxide-based and quaternary ammonium-based sanitizers were effective at inhibiting levels of *E. coli* O157:H7 (ca. 4-9 log reductions) whereas other aerosolized sanitizers such as chlorine-based, Iodophor-based, and alcohol-based sanitizers did not significantly reduced the levels of *E. coli* O157:H7. For *S. typhimurium*, the only aerosolized hydrogen peroxide-based sanitizer was effective and resulted in ca. 5-9 log reduction. Aerosolized hydrogen peroxide-based, Iodophor-based, and quaternary ammonium-based sanitizers significantly reduced levels of *L. monocytogenes* and especially, aerosolized quaternary ammonium-based sanitizer was strongly effective to kill *L. monocytogenes*, resulted in higher than 8.8 log reduction. And there was no special trend in inhibitory efficacy of sanitizers aerosolized by 1.6 or 2.4 MHz aerosol generators. From these results, aerosolization has great potential for use in commercial applications however it's efficacy could be very different depending on type of sanitizers.

Key words: aerosolization, chemical sanitizers, pathogens, inhibition, model cabinet

병원성 미생물에 의한 식중독 발생은 생활수준이 높은 선진국에서 조차 계속해서 증가하는 추세에 있어 인간의 건강을 해칠 뿐 아니라 막대한 경제적인 손실을 야기하고 있다. 우리나라에서도 매년 다수의 병원성 미생물과 관련된 식중독 사고가 발생하고 있으며 최근에는 생활 수준의 향상과 국민 소득의 증가로 인한 외식인구의 증가와 학교 등의 단체급식이 확대되면서 외식 및 단체급식과 관련된 식중독 사고의 수가 증가하고 그 규모도 대형화되고 있는 추세에 있다[1,2]. 이러한 병원성 미생물에 의한 식중독은 오염된 식품 원료로부터 병원성 미생물이 제품에 오염되어 발생할 뿐만 아니라 식품의 조리, 가공 및 생산 중 작업자, 기계, 도구, 용기, 포장제 등 식품과 접촉하는 모든 인간 및 물체의 표면에 의한 교차 오염을 통하여 일어날 수 있다[3]. 또한 이는 대규모 식품 가공 및 생산 과정 중에 일어나는 대형 식중독 사고의 주요 원인으로 작용할 수 있으므로 이에 이를 방지하기 위해서 식품 원료의 세척, 살균소독 등 적절한 처리 뿐만 아니라 식품과 접촉하는 모든 작업자와 물체에 대한 철저한 살균소독이 이루어져야 한다[2].

따라서 이러한 식중독을 야기할 수 있는 병원성 미생물을 제어하기 위하여 다양한 성분(sodium hypochlorite, iodophor, ozone, hydrogen peroxide, acid/alali, quaternary ammonium compounds(QAC), alcohol 등)으로 이루어진 여러 살균소독제가 사용되고 있으며 이것 이외에도 다수의 화학성분 및 천연물질들의 병원성 미생물에 대한 항균 및 제어효과에 대하여 연구되어 보고되고 있다[4-8]. 우리나라

*Correspondence to: Se-Wook Oh, Food Safety Research Division, Korea Food Research Institute, Seoul 463-420, Korea
Tel: +82-31-780-9299
E-mail: swoh@kfri.re.kr

는 살균소독제를 식품위생법(제2조)의 식품첨가물 정의에 포함시켜, '기구 및 용기・포장의 살균소독의 목적에 사용되어 간접적으로 식품에 이행될 수 있는 물질'로써 정의하고 있으며 식중독의 예방 및 식품의 위생관리를 위하여 모든 식품 가공업소 및 식품접객업소에서 사용되는 조리기구, 식품공장의 기계, 용기, 포장 등에 기준 및 규격이 인정된 '기구 등의 살균소독제'를 사용하도록 권장하고 있다[9]. 현재 살균소독제의 기준 및 규격은 한시적 기준 및 규격 안정기준에 따라 인정하여 한시적으로 관리되고 있으며 식품의약품안전청에서 고시[고시 2005-33호]한 살균소독제의 유효성분과 보조성분, 소독제 유효성분과 보조성분(식품성분 및 식품 첨가물)으로만 제조하도록 규정되어 있다[9]. 살균소독제의 유효성분은 용도별로 구분되어 있으며 급식소 및 접객업소용은 73개 성분, 유가공시설 설비용은 91개 성분, 식품제조가공시설 설비용은 127개의 성분이 고시되어 있다[9]. 현재 국내에서 유통되어 사용되고 있는 살균소독제의 주요 원료 성분은 sodium hypochlorite, sodium dichloroisocyanurate, peracetic acid, QAC, alcohol, ammonium bicarbonate, peroxyacetic acid, idophor 등이 있으며[2] 이러한 다양한 종류의 유통중인 살균소독제는 크게 그 주요성분에 의하여 염소계열, 4급암모늄계열, 알코올계열, 과산화수소계열, 요오드계열 등으로 분류될 수 있다.

Aerosolization은 액체를 미세한 공기방울 형태로 분사시키는 기술이다[10,11]. 이것은 현재 의학적인 치료와 농장 및 건물 등의 공간 살균을 위한 목적으로 사용되고 있다[12-14]. 의약적인 치료에 있어서는 특히 호흡기 질환을 위한 치료방법으로써 이용되고 있으며 aerosol 상태의 항생제를 기관지 증의 호흡 기관에 처리함으로써 여러 위해 미생물(*Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Aspergillus fumigatus empyema* 등)을 제거하기 위한 목적으로 이용이 보고되었고[12] 농장이나 건물 등의 공간에 대한 살균처리로써는 aerosol 형태의 lactic acid을 가축농장에 처리했을 때 가축(닭 또는 가금류)의 질병이 제어되고 건강이 증진되었다는 연구결과가 보고되었다[13,14]. aerosolization 기술은 현재 식품 및 식품관련 기구, 시설 등의 분야에서는 사용되지 않으나 이것은 미세한 공기방울을 이용함으로써 식품 및 기구, 시설 등의 표면에 접촉이 용이하고 액체에 비하여 처리가 쉽고 경제적이라는 장점을 가지고 있어서 식품 위생을 증진시키기 위한 새로운 형태의 미생물 제어방법으로서 이용가능성이 높다. 하지만 현재까지 aerosolization 기술을 응용하여 식품 혹은 기구, 시설 표면에서 병원성 미생물을 제어하고자 하는 연구는 극히 제한된 수가 발표되었을 뿐이다. 또한 발표된 논문에서 aerosolization이 새로운 식품 및 관련 기구, 시설의 살균소독 방법으로 사용될 수 있는 가능성을 보여주고 있으나 발표된 논문 모두 국내에서 유통되지 않는 살균소독제를 이용하여 aerosolization 기술을 평가하였다[10,11]. 따라서 본 실험에서는 국내에서 일반적으로 상용되고 있는 각각의 5가지 종류(염소계, 과산화수소계, 요오드계, 4급암모늄계, 알콜계) 화학적 살균제 그룹의 대표적인 살균소독제를 선택하여 aerosolization 기술에 응용했을 때의 주요 병원성 미생물(*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*)에 대한 저해효과에 대하여 조사하였다. 또한 1.6 MHz와 2.4 MHz의 진동자를 가진 aerosol generator를 이용하여 형성된 공기방울의 크기 차이에 의한 저해효과에 대하여도 비교 평가하였다.

재료 및 방법

사용균주

실험에는 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*의 총 3종이 병원성 미생물을 이용하였다. *E. coli* O157:H7(ATCC 35150, ATCC 43889, ATCC 43890), *S. typhimurium*(ATCC 19585, ATCC 43174, ATCC 363755), *L. monocytogenes*(ATCC 19114, ATCC 19113, ATCC 7644)는 중앙대학교 식품영양학과 식품미생물 연구실에서 획득하였으며 각각의 균주는 Tryptic soy broth(TSB: Difco, Becton Dickinson, Sparks, MD, USA)를 이용하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 뒤에 4°C에서 4,000×g의 조건으로 20분간 원심분리하며 균체(cell pellet)만을 수거하였다. 분리된 균체는 buffered peptone water(Difco)로 3번 세척되었으며 같은 원심분리 방법으로 균체만을 수거한 뒤 같은 양의 buffered peptone water에 균을 녹여 각각의 세 가지 종의 균을 혼합하여 culture cocktail을 만들어 본 실험에 응용하였다.

항균성 시험 (agar disc diffusion test)

살균소독제의 병원성 미생물에 대한 항균성을 조사하기 위하여 agar disc diffusion test를 수행하였다. 각각 3종의 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*를 TSB에서 37°C에서 24시간 동안 배양한 뒤 실험에 이용하였다. 0.75% Bacto-agar(Difco)를 포함하고 있는 Tryptic soy agar(TSA: Difco)를 멸균하여 45°C로 식힌 뒤 각각의 배양된 미생물을 1% 접종하고 멸균 plate에 분주하였다. 상온에서 agar가 굳도록 말린 뒤 멸균 paper disc(지름: 6 mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan)를 agar 배지 위에 정렬하고 각각의 준비된 살균제의 20 μl를 paper disc에 분주하여 37°C에서 18시간 동안 배양하였으며 배양 후에 생성된 clear zone의 지름(cm)의 크기를 측정하여 항균성을 비교하였다.

처리를 위한 미생물 준비

각각의 준비된 culture cocktail은 9 ml의 멸균된 buffered peptone water를 이용하여 10배씩 희석되었으며 희석된 농

도는 10^{2-9} CFU/ml로 준비되었다. 0.1 ml의 각각 희석된 병원성 미생물은 각각 비선택배지(non-selective agar)인 Tryptic soy agar(TSA: Difco)와 각각의 selective agar에 분주되어 도말되었다. 이렇게 준비된 여러 농도의 미생물 배지가 antimicrobial aerosol 처리에 응용되었다. Sorbitol MacConkey agar(SMAC; Difco), Xylose lysine desoxycholate agar(XLD; Difco)와 antimicrobic supplement(Bacto™ Oxford antimicrobic supplement, Difco)를 첨가한 Oxford agar base(OAB; Difco)를 각각 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*와 *L. monocytogenes* 선택배지(selective agar)로 이용하였다. 병원성 미생물의 선택배지는 chemical sanitizer를 처리했을 시에 생성되는 chemically injured cell을 계수할 수 없으며 healthy cell만을 계수하는데 이용된다. 그러나 비선택 배지로 이용되는 TSA는 healthy cell과 chemically injured cell 둘 모두를 계수하는데 적합하다. 따라서 TSA와 각각의 선택배지에서 도출되는 결과의 차이는 각각의 chemical sanitizer를 응용했을 시에 생성되는 chemically injured cell의 양을 나타낸다.

화학적 살균소독제

실험에는 상업적으로 이용 가능한 염소계, 과산화수소계, 4급암모늄계, 요오드계, 알코올계의 sanitizer 중에 일반적으로 사용되고 있는 총 5종의 상업적 chemical sanitizer를 선택하여 실험에 이용하였다(Table 1). 각각의 상업적 sanitizer는 증류수를 이용하여 각각의 제조 instruction에 맞추어 제조되었으며 살균력을 최대화하기 위하여 aerosol generator에 응용되기 바로 직전에 제조되어 사용되었다.

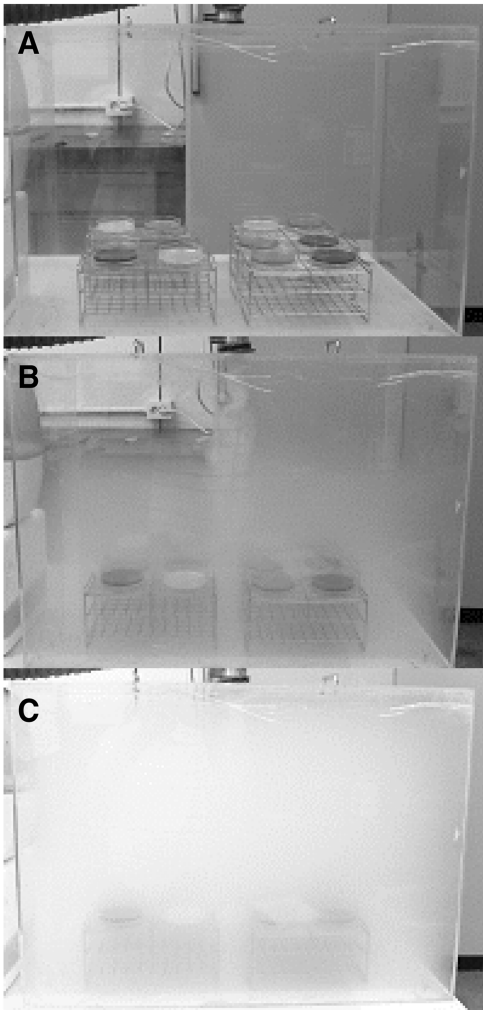

Fig. 1. Treatment with aerosolized chemical sanitizer in model cabinet system. A: 0 sec, B: 20 sec, C: 40 sec.

Table 1. Commercial chemical sanitizers[1] used for aerosolization treatments in this study

Type of Sanitizer	Product name	Ingredients (content)	Uses	Manufacturer (Country)
Chlorine-based	Clean Shot	Sodium dichloroisocyanurate (50.0%), adipate (20.0%), sodium hydrogen carbonate (25.0%), sodium carbondioxide (5.0%)	Food additives	Chemical leader Co. (Korea)
Hydrogen peroxide-based	P_3-oxonia® active	Hydrogen peroxide (22.0%), acetic acid (6.0%), peroxy acetic acid (4.0%), bisphosphoric acid (0.6%) etc.	Sanitizers/disinfectants for food manufacturing and processing equipments, pipe line, etc.	Deasung CNS Co. (Korea)
Iodophor-based	Mikroklene DF	Phosphoric acid (6.5%), 2-butoxy-ethanol (1.8%), polyalkylene colichol butoxy monoether (12.8%), iodophor (2.0%), sodium iodide (1.9%) etc.	Sanitizers/disinfectants for food processing equipments, instruments, etc.	Ecolab Inc. (USA)
Quaternary ammonium-based	Quat Plus	Di-n-alkyl dimethylammonium chloride, alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride, alkyl dimethyl ethylbenzyl ammonium chloride (6%), ethyl alcohol, sequestering agent	Sanitizers/disinfectants for food processing equipments, instruments, etc.	3M (USA)
Alcohol-based	Alpet-F	Grain-fermented alcohol 58.8%, glycerin, sodium lactic acid, glycerin fatty acid ester, refined water	Food additives (2%), sanitizers/disinfectants for food surfaces, food processing equipments, etc.	Ildong pharmaceutical Co. (Korea)

[1] All sanitizers were prepared following instruction provided by each manufacturer. All information was described following the information provided by each manufacturer.

Antimicrobial aerosol 처리 및 균의 계수

Antimicrobial aerosol 효과 검증을 위한 실험으로서 model cabinet(50×25×30 cm)을 사용하였다(Fig. 1). Model cabinet의 아래 부분에 약 10 cm의 rack을 설치한 뒤 TSA와 각각의 selective agar에 도말된 미생물 plate를 설치하고 각각의 준비된 chemical sanitizer를 1.6 MHz 혹은 2.4 MHz 진동자를 가진 실험용 aerosol generator(Royal-G Enterprise, ShenZhen, China)의 jar에 넣은 후에 model cabinet의 중앙 윗부분을 통하여 aerosolized chemical sanitizer가 유입되도록 준비하였다. Sanitizer의 aerosol 입자가 유입이 시작되는 점을 시작으로 1시간 동안 지속적으로 처리하였으며 1시간 처리 후에 generator를 끄고 model cabinet에서 plates를 바로 꺼내서 37ºC incubator에서 24-48시간동안 배양하였으며 배양 후 생성된 colony의 수를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3반복으로 수행되었으며 관찰된 실험결과는 SAS 통계 프로그램(version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)의 ANOVA procedure을 이용하여 분석되었다. 각각의 처리군이 통계적으로 유의적으로 나타나는 경우에 ($P \leq 0.05$) 각각의 3반복 실험에 의한 평균값은 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

Table 2는 본 실험에 앞서 각각 5종의 chemical sanitizer의 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*에 대한 항균력의 정도를 평가하기 위하여 agar disc diffusion test를 한 결과를 보여주고 있다. 과산화수소계와 4급암모늄계는 9종의 모든 병원성 미생물에 대하여 항균력을 나타냈으며 과산화수소계는 clear zone의 크기가 1.0-1.4 cm로 가장 좋은 항균력을 나타내었고 4급암모늄계는 특히 *L. monocytogenes*에 대하여 높은 살균력을 나타내었다(1.5-1.7 cm clear zone). 염소계의 경우 *E. coli* O157:H7과 *S. typhimurium*에 대하여 약한 살균력을 나타냈으며 요오드계는 2종의 *S. typhimurium*에 대하여 그리고 알코올계는 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대하여만 약한 항균력을 나타내었다.

Table 3-5는 aerosol 상태의 5종의 살균소독제를 각각 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*에 대하여 model cabinet에서 처리하였을 때의 결과를 보여주고 있다. *E. coli* O157:H7의 경우 aerosol 형태의 과산화수소계와 4급암모늄계를 처리하였을 때 유의적인 감소를 나타내었고($P \leq 0.05$) 그 외의 다른 살균소독제의 처리시에는 유의적인 감소가 나타나지 않았다(Table 3). Aerosol 형태의 과산화수소계를 처리하였을 때 1.6 혹은 2.4 MHz로 처리한 경우 각각 약 8.7-8.8 log와 7.5-8.4 log 수준의 감소를 나타내어 높은 살균력을 보였으며 4급암모늄계을 처리한 경우 TSA의 결과에서는 1.6 MHz에서 약 7.5 log, 2.4 MHz에서는 약 4.5 log 수준의 감소를 나타내었다(Table 3). 하지만 SMAC에 접종된 균에 대하여는 같은 살균효과가 관찰되지 않았다. 이는 아마도 SMAC 배지를 구성하고 있는 물질 중에 4급암모늄계의 살균처리에 대한 기작을 방해하는 물질이 있어서 TSA와 동일한 살균효과가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 또한 aerosol 상태의 살균소독제를 처리시에 2.4 MHz 보다는 1.6 MHz에서 살균효과가 더 크게 나타나 공기방울 크기의 차이에 있어서 살균력에 차이가 있음을 알 수 있었다.

Aerosol 형태의 살균소독제를 *S. typhimurium*에 처리하였을 때는 과산화수소계만이 *S. typhimurium*의 수준을 유의적으로 감소시켰으며($P \leq 0.05$) 다른 4가지 살균제에서는 유의적인 감소가 나타나지 않아 *S. typhimurium*이

Table 2. Zones of inhibition (cm)[1] around sterile disc[2], loaded with 5 different types of commercial chemical sanitizers for 3 strains of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes*

Test bacterial strains	Types of chemical sanitizers				
	Chlorine- based	Hydrogen peroxide-based	Iodophor-based	Quaternary ammonium-based	Alcohol-based
E. coli O157:H7 ATCC 43889	0.8	1.2	NZ[3]	1.0	1.0
E. coli O157:H7 ATCC 43890	0.7	1.3	NZ	1.4	0.9
E. coli O157:H7 ATCC 35150	0.8	1.1	NZ	0.9	1.0
S. typhimurium DT104	0.7	1.4	NZ	0.9	NZ
S. typhimurium ATCC 43174	0.9	1.4	0.7	0.9	NZ
S. typhimurium ATCC 19586	NZ	1.3	0.8	0.8	NZ
L. monocytogenes ATCC 19115	NZ	1.2	NZ	1.7	1.2
L. monocytogenes ATCC 7644	NZ	1.3	NZ	1.5	1.3
L. monocytogenes ATCC 19114	NZ	1.0	NZ	1.6	1.2

[1] Data represent means of three measurements.
[2] Disc diameter = 0.6 cm
[3] NZ = no zone

aerosol 형태의 살균소독제에 가장 높은 저항성을 나타내었다(Table 4). 또한 *E. coli* O157:H7의 처리에서 4급암모늄계가 SAMC에서 TSA에서 나타난 살균력이 동일하게 나타나지 않은 것처럼 *S. typhimurium*에 대해서는 과산화수소계의 처리시에 XLD에서 TSA에서 나타난 살균력이 관찰되지 않았다(Table 4). 이는 위에서 설명한 것과 같이 XLD에 선택성을 높이기 위해 포함된 어떤 성분이 과산화수소계의 항균기작을 저해하기 때문에 나타난 것으로 사료된다.

Table 5는 aerosol 형태의 살균소독제를 *L. monocytogenes*에 대하여 처리하였을 때의 결과를 보여주고 있다. 전반적으로 앞의 *E. coli* O157:H7이나 *S. typhimurium* 보다 *L. monocytogenes*에 aerosol 형태의 살균소독제를 처리했을 때 가장 높은 감소수준을 나타내어 *L. monocytogenes*가 aerosol 상태의 살균소독제에 가장 민감한 것으로 나타났다. 모든 살균소독제에서 유의적인 감소를 나타냈으며 특히 과산화수소계와 4급암모늄계에서 많은 수의 *L. monocytogenes*가 감소된 것을 볼 수 있다(Table 5). 과산화수소계에서는 1.6 MHz로 처리시에 TSA와 OAB 배지에서 각각 6.1, 6.7 log 수준의 감소와 2.4 MHz 진동자로 처리시에는 각각

Table 3. Log_{10} population[1] of *Escherichia coli* O157:H7 before and after treatment with commercial sanitizers aerosolized by aerosol generator with 1.6 or 2.4 MHz oscillator

Type of chemical sanitizers[2]	Recovery media[3]	Untreated	Treated	
			1.6 MHz	2.4 MHz
Chlorine-based	TSA	9.06 ± 0.18a[4]	9.28 ± 0.12a	8.87 ± 0.48a
	SMAC	8.84 ± 0.25a	7.80 ± 0.78a	8.17 ± 0.41a
Hydrogen peroxide-based	TSA	9.13 ± 0.14a	0.33 ± 0. 58b	1.67 ± 2.89b
	SMAC	9.04 ± 0.12a	0.33 ± 0.58b	0.69 ± 1.20b
Iodophor-based	TSA	9.08 ± 0.13a	8.94 ± 0.90a	8.93 ± 0.71a
	SMAC	8.50 ± 0.93a	8.06 ± 0.57a	8.05 ± 0.75a
Quaternary ammonium-based	TSA	8.82 ± 0.10a	1.32 ± 0.28b	4.35 ± 0.20b
	SMAC	8.68 ± 0.02a	8.69 ± 0.68a	8.98 ± 0.86a
Alcohol-based	TSA	9.07 ± 0.17a	8.80 ± 0.20a	8.78 ± 0.38a
	SMAC	8.87 ± 0.27a	8.21 ± 0.31a	8.35 ± 0.55a

[1] Data represent means ± standard deviations of three measurements.
[2] Five different types of commercially available sanitizers were used in this study (see Table 1).
[3] Tryptic soy agar (TSA) and sorbitol MacConkey agar (SMAC) were used as non-selective agar and selective agar for enumerating healthy and injured cells of *E. coli* O157:H7, respectively.
[4] Means with the same letter within a row are not significant different ($P > 0.05$).

Table 4. Log_{10} population[1] of *Salmonella typhimurium* before and after treatment with aerosolized commercial sanitizers by aerosol generator with 1.6 or 2.4 MHz oscillator

Type of chemical sanitizers[2]	Recovery media[3]	Untreated	Treated	
			1.6 MHz	2.4 MHz
Chlorine-based	TSA	8.87 ± 0.62a[4]	8.54 ± 0.55a	8.64 ± 0.70a
	XLD	8.68 ± 0.48a	8.84 ± 0.59a	8.67 ± 0.71a
Hydrogen peroxide-based	TSA	9.32 ± 0.09a	0.33 ± 0.58c	3.96 ± 2.61b
	XLD	9.06 ± 0.28a	7.93 ± 0.65b	8.14 ± 0.62ab
Iodophor-based	TSA	9.14 ± 0.21a	9.10 ± 0.41a	9.21 ± 0.20a
	XLD	8.78 ± 0.36a	8.12 ± 0.56a	8.74 ± 0.59a
Quaternary ammonium-based	TSA	8.87 ± 0.29a	7.04 ± 0.84b	8.83 ± 1.24a
	XLD	8.56 ± 0.48a	7.84 ± 0.10b	8.56 ± 0.01a
Alcohol-based	TsSA	9.18 ± 0.03a	9.04 ± 0.10a	9.06 ± 0.20a
	XLD	8.58 ± 0.18a	8.02 ± 0.24c	8.23 ± 0.20b

[1] Data represent means ± standard deviations of three measurements.
[2] Five different types of commercially available sanitizers were used in this study (see Table 1).
[3] Tryptic soy agar (TSA) and xylose lysine desoxycholate (XLD) agar were used as non-selective agar and selective agar for enumerating healthy and injured cells of *S. typhimurium*, respectively.
[4] Means with the same letter within a row are not significant different ($P > 0.05$).

Table 5. Log_{10} population[1] of *Listeria monocytogenes* before and after treatment with aerosolized commercial sanitizers by aerosol generator with 1.6 or 2.4 MHz oscillator

Type of chemical sanitizers[2]	Recovery media[3]	Untreated	Treated	
			1.6MHz	2.4MHz
Chlorine-based	TSA	8.30 ± 0.30a[4]	6.74 ± 1.47a	7.09 ± 1.17a
	OAB	8.12 ± 0.30a	6.48 ± 0.90b	6.74 ± 0.94ab
Hydrogen peroxide-based	TSA	8.63 ± 0.28a	2.55 ± 2.54b	2.25 ± 3.06b
	OAB	8.53 ± 0.43a	1.81 ± 3.14b	0.43 ± 0.75b
Iodophor-based	TSA	8.61 ± 0.24a	8.75 ± 0.95a	7.02 ± 0.85b
	OAB	8.40 ± 0.20a	8.43 ± 0.64a	6.79 ± 1.25a
Quaternary ammonium-based	TSA	8.96 ± 0.40a	< 1.00[5] b	< 1.00 b
	OAB	8.85 ± 0.46a	< 1.00 b	< 1.00 b
Alcohol-based	TSA	8.47 ± 0.03a	7.80 ± 0.10c	8.10 ± 0.20b
	OAB	8.08 ± 0.18a	7.24 ± 0.24b	7.70 ± 0.20a

[1] Data represent means ± standard deviations of three measurements.
[2] Five different types of commercially available sanitizers were used in this study (see Table 1).
[3] Tryptic soy agar (TSA) and oxford agar base (OAB) with supplement were used as non-selective agar and selective agar for enumerating healthy and injured cells of *L. monocytogenes*, respectively.
[4] Means with the same letter within a row are not significant different ($P > 0.05$).
[5] Detection limit: 1 Log_{10} CFU/ml

6.4, 8.1 log 수준의 감소를 나타내었다. 이는 앞의 결과와는 상의하게 *L. monocytogenes*에 대하여는 2.4 MHz를 이용하였을 때 1.6 MHz를 이용했을 때 보다 aerosol 상태의 과산화수소계의 살균처리 효과가 더 높은 것을 볼 수 있다. 하지만 두 가지 종류의 진동자에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). *L. monocytogenes*에 대하여는 특별히 4급암모늄계가 높은 살균효과를 나타내었으며 1.6 MHz와 2.4 MHz 진동자를 사용하는 경우 모두에서 균의 수가 detection limit 이하로 나타나 약 9 log 이상의 높은 살균력을 나타내었다. *L. moncytogenes*에 처리에 있어서 특히 4급암모늄계열의 살균소독제가 효과적이라는 것은 다른 연구를 통해 보고된 바 있다[15].

살균소독제의 여러 병원성 혹은 부패 미생물에 대한 살균력은 여러 가지 다른 조건에서 연구 보고되었다. Lee 등[8]은 국내 판매 중인 염소계, 요오드계, 과산화수소계, 4급암모늄계를 주성분으로 하는 제품들을 이용하여 실험실 액체 배지 상에서 *E. coli, Staphylococcus aureus, S. typhimurium*에 대하여 살균소독력을 평가하였을 때 각각 50, 75, 100%(v/v)로 희석된 농도에서 5 log 이상의 감소를 보여 높은 살균력을 나타내는 것을 관찰하였다. Yeon 등[15]은 *E. coli, S. aureus, S. typhimurium*에 대하여 5가지 종류의 살균소독제(200 ppm chlorine, 70% alcohol, 200 ppm QAC, 1100 ppm hydrogen peroxide, 25 ppm iodophor)의 항균력을 조사하였을 때 1100 ppm hydrogen peroxide가 *E. coli, S. aureus, S. typhimurium*에 대하여 각각 3.5, 3.4, 3.0 log의 감소를 보여 가장 큰 살균효과를 보여주었으며 *L. monocytogenes*에 대해서는 200 ppm QAC, 1100 ppm hydrogen peroxide, 25 ppm iodophor가 약 2.8 log 정도의 균을 감소시켜 좋은 살균효과를 나타내는 것을 보고하였다. 이는 과산화수소계와 4급암모늄계가 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium, L. monocytogenes*에 대하여 5 종류의 살균소독제 중 가장 큰 살균효과를 보인 본 연구의 결과와 공통점이 있으나 위의 실험결과에서는 염소계나 요오드계가 살균효과를 보인 반면에 본 연구에서는 살균력이 나타나지 않아 차이를 나타낸다. 하지만 다른 종류의 살균소독제의 미생물에 대한 항균효과는 여러 연구에서 상반되는 연구 결과를 나타내고 있다. Jessen과 Lammert[17]는 chlorine계가 peroxyacetic acid 보다 높은 항균력이 있다고 보고하였으나 반면 Carpenier와 Cerf[18]는 hydrogen peroxide계와 peroxyacetic acid계가 chlorine계의 살균소독제에 비하여 살균효과가 우수한 것으로 보고하였다. Rossoni와 Gaylarde[19]은 식품가공공장에서 stainless steel에 부착된 *E. coli, P. fluorescens, S. aureus*에 대하여 살균효과를 조사한 결과 염소계의 주요 성분인 sodium hypochlorite가 과산화수소계의 주요 성분이 peroxyacetic acid 보다 전반적으로 좋은 효과를 나타내는 것으로 보고하였다.

전체적으로 aerosol 형태의 살균소독제를 처리했을 때 과산화수소계와 4급암모늄계만이 3가지 병원성 미생물에 대하여 강한 살균력을 나타내었다. 반면에 다른 염소계, 요오드계, 알코올계 등의 살균소독제는 살균력을 거의 나타내지 않거나 매우 약한 살균력을 나타내었다. Aerosol 형태의 살균제의 효과를 조사한 다른 연구에서 aerosol 형태의 peroxyacetic acid을 본 실험과 유사한 model cabinet을 이용하여 1시간 동안 처리 했을 때 양배추 잎에 접종

된 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*에 대하여 각각 3.4, 4.5, 3.8 log 수준의 감소가 나타남을 관찰하였다[10]. 또한 동일한 종류의 살균소독제를 semi-trailer cabinet(14.6×2.6×2.8 m)에 aerosol 형태로 처리하였을 때 *Bacillus cereus, Listeria innocua, S. aureus, S. typhimurium*에 대하여 각각 3.1, 7.7, 6.9, 8.2 log 수준의 감소를 관찰하였다[11]. 이 두 개의 연구결과로부터 과산화수소계의 살균소독제를 aerosol 형태로 처리했을 때 병원성 미생물에 대하여 높은 살균효과가 있음을 알 수 있고 또한 처리시에 미생물이 오염된 물질에 따라서 처리의 결과가 매우 다른 것을 알 수 있다. 위에서 언급된 액체살균소독제의 효과를 살펴본 논문과 본 연구결과의 살균효과에서 큰 차이가 있는 것도 이 같은 이유로 설명될 수 있다.

살균소독제를 aerosol 형태로 처리시에 공기방울의 크기가 살균효과에 미치는 효과를 살펴보기 위하여 본 실험에서는 두 가지(1.6 MHz과 2.4 MHz) 종류의 진동자를 가진 aerosol generator를 비교하였다. 진동자의 크기가 클수록 더 작은 크기의 aerosol이 형성되는데 본 연구 결과 aerosol의 크기와 살균처리 시의 효과에는 일정한 상관관계가 없음이 관찰되었다. 또한 비선택배지(TSA)와 선택배지(SMAC, XLD, OAB)는 처리시에 생성되는 화학적 injured cell의 생성을 보기 위하여 이용되었으나 선택배지에 들어있는 어떠한 성분이 화학적 살균소독제의 살균효과를 저해함으로써 유의적인 결과를 확인할 수 없었다.

Aerosolization 기술은 살균소독제의 처리시에 액체를 이용한 방법보다 처리가 매우 쉽고 적은 양의 액체로 넓은 공간을 처리할 수 있으며 특히 처리가 어려운 부분에 있어서까지 손쉽게 처리할 수 있는 방법으로 식품이나 식품가공 기구 및 시설 등에 효과적인 미생물 제어방법으로 이용될 수 있다. 하지만 본 연구결과로부터 aerosol 살균소독제 처리의 미생물에 대한 저해 효과는 chemical sanitizer 종류에 따라서 크게 달라질 수 있으며 특정한 몇몇 chemical sanitizer를 응용했을 때에만 높은 항균효과를 기대할 수 있으므로 응용 시에 이 점이 고려되어야 할 것으로 사료된다. 또한 aerosolization 기술의 효과는 미생물이 오염되어 있는 물질이나 표면의 종류에 따라서 그 연구결과가 매우 달라질 수 있으므로 보다 다양한 조건에서 다양한 종류의 미생물에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

Aerosolization 기술은 미생물 제어를 위한 살균처리에 있어서 여러가지 장점을 가지고 있어서 식품과 식품가공을 위한 시설 및 설비 등에 새로운 살균처리 방법으로의 이용가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 5종류의 상업적 살균소독제를 aerosol 형태로 model cabinet에서 처리하여 *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*에 대한 살균효과를 조사하였다. 과산화수소계와 4급암모늄계를 aerosol 형태로 처리했을 때 세 가지의 병원성 미생물에 대하여 가장 높은 살균력을 관찰하였으며 반면에 다른 종류의 살균소독제인 염소계, 요오드계, 알콜계는 세가지 병원성 미생물을 거의 저해하지 못하거나 아주 약한 저해를 나타냈다. 과산화수소계는 세가지 병원성 미생물에 우수한 살균력(> 4 log reductions)을 나타냈으며 *L. monocytogenes*에 대하여는 특히 aerosol 형태의 4급암모늄계가 강한 살균력을 나타내어 9 log 이상의 저해를 나타내었다. 1.6 MHz와 2.4 MHz 진동자를 비교하였을 때 살균소독제의 종류와 처리된 병원성 미생물에 대하여 차이를 나타내었으나 처리 효과와 특정한 상관관계를 나타내지 않았다. Aerosolization 기술은 새로운 살균기법으로 이용가능성이 높을 것으로 사료되나 응용되는 살균소독제의 종류에 따라서 살균효과에 차이가 크고 미생물이 오염되어 있는 물질 및 표면 등의 처리조건의 차이에 따라서 결과가 달라질 수 있으므로 이 기술의 응용을 위해서는 보다 다양한 조건과 다양한 미생물의 종류에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Park, Y. M.: The Application of HACCP for Foodservice. *Food Indust.* **4**, 30-33 (1999)
2. Park, H. K., Park, B. K., Shin, H. W., Park, D. W., Kim, Y. S., Cho, Y. H., Lee, K. H., Kang, K. J., Jeon, D. H., Park, K. H., Ha, S. D.: Evaluation of effectiveness of sanitizers and disinfectants used in domestic food processing plants. *Korean J. Food. Sci. Technol.*, **37**, 1042-1047 (2005).
3. Luppes, S. B. I., Reij, M. W., Van der Heijden, R. W. I., Rombouts, F. M., and Abee, T.: Development of a standard test to assess the resistance of *Staphylococcus aureus* biofilm cells to disinfectants. *Appl. Environ. Microbiol.*, **68**, 4194-4200 (2002)
4. Liao C. H. and Sapers G. M.: Attachment and growth of *Salmonella chester* on apple fruits and in vivo response of attached bacteria to sanitizer treatment. *J. Food Prot.*, **63**, 876-883 (2000)
5. Khadre, M. A. and Yousef, A. E.: Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *Int. J. Food Microbiol.*, **71**, 131-138 (2001)
6. Thomas, L., Russel, A. D., and Maillard, J. Y.: Antimicrobial activity of chlorhexidine diacetate and banzalkonium chloride against *Pseudomonas aeroginosa* and its response to biocide residues. *J. Appl. Microbiol.*, **98**, 533-543 (2005)
7. Jang, J. H., Jang, J. S., Lee, S. Y., Kim, H. S., Kang, S. M., and Park, J. H.: Growth inhibition effects of ethanol and sodium chloride on *Bacillus cereus*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **35**, 998-1002 (2003)
8. Lee, M. J., Kim, Y. S., Cho, Y. H., Park, H. K., Park, B. K.,

Lee, K. H., Kang, K. J., Jeon, D. H., Park, K. H., and Ha, S. D.: Evaluation of efficacy of sanitizers and disinfectants marketed in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 671-677 (2005)
9. Kang, K. J.: Korean disinfectants/sanitizers for food safety. *Food Sci. Indust.*, **38**, 99-106 (2005)
10. Oh, S. W., Dancer, G. I., and Kang, D. H.: Efficacy of aerosolized peroxyacetic acid as a sanitizer of lettuce leaves. *J. Food Prot.*, **68**, 1745-1747 (2005)
11. Oh, S. W., Gray, P. M., Dougherty, R. H., and Kang, D. H.: Aerosolization as a novel sanitizer delivery system to reduce foodborne pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, **41**, 56-60 (2005)
12. Wanner, A. and Rao, A.: Clinical indications for and effects of bland, mucolytic, and antimicrobial aerosols. *Am. Res. Respir. Dis.*, **122**, 79-87 (1980)
13. Hiom, S. J., Lowe, C., and Oldcorne, M.: Assessment of surface bioburden during hospital aseptic processing. *Int. J. Pharm. Prac.*, September, **R62** (2003)
14. Fiser, A.: Disinfection of air and dust in fattening houses for chickens by lactic acid aerosol. *Acta. Vet. Brun.*, **47**, 173-183 (1978)
15. Jacquet, C. and 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)
16. Yeon, J. H., Kim, I. J., Park, K. H., Park, B. K., Park, H. K., Park, D. W., Kim, Y. S., Kim, H. I., Jeon, D. H., Lee, Y. J., and Ha, S. D.: Treatment and effect of sanitizers and disinfectants in animal food manufacturing plant. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **38**, 599-603 (2003)
17. Jessen, B. and Lammert, L.: Biofilm and disinfection in meat processing plants. *Int. Biodeter. Biodegrad.*, **51**, 265-269 (2003)
18. Carpentier, B. and Cerf O.: Biofilms and their consequences with particular reference to hygiene in the food industry. *J. Appl. Bacteriol.*, **75**, 499-511 (1993)
19. Rossoni, E. M. M. and Gaylarde C. C.: Comparison of sodium hypohlorite and peracetic acid as sanitizing agents for stainless steel food processing surfaces using epifluorescence microscopy. *Int. J. Food Microbiol.*, **61**, 81-85 (2000)