

새롭게 출현한 *Arcobacter butzleri*의 유기산과 trisodium phosphate 처리에 의한 생육저해효과

장정순 · 이영덕 · 박종현*
경원대학교 식품생물공학과

Growth Inhibition of Newly Emerging *Arcobacter butzleri* by Organic Acids and Trisodium Phosphate

Jung-Soon Jang, Young-Duck Lee and Jong-Hyun Park*
Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University

Growth of a newly emerging pathogen, *Arcobacter butzleri*, in domestic raw meat was evaluated by various sanitizing agents. One percent of acetic acid, citric acid, lactic acid, and trisodium phosphate (TSP) added to the cell suspension of six *A. butzleri* strains inhibited their growth within ten minutes, and especially the lactic acid inhibited growth within five minutes. One percent of all the acids at the culture broth inhibited growth completely within one hr. 0.1% of the acids inhibited growth within 72 hr, whereas two percent of TSP had the same effect in one hr. Among the acids, lactic acid had the strongest inhibition activity. Hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, and ethanol showed lower inhibiting activities than the above agents. While garlic extract and lactic acid bacteria culture also inhibited *A. butzleri*, onion extract did not. Therefore, food-borne poisoning of *A. butzleri* in raw meat could be prevented by organic acid and trisodium phosphate treatments.

Key words: *Arcobacter butzleri*, food-borne poisoning, organic acids, lactic acid, garlic extract, trisodium phosphate

서 론

경제성장에 따른 소득수준의 향상으로 식생활 방식이 변화하면서, 다양한 가공식품이 출현하고 집단급식과 외식 증가에 따라 식중독이 증가하는 추세이다. 또한 육류식품의 수요증가 및 각종 식품의 수입이 증가하여 서구 선진국과 비슷한 유형의 병원성 미생물에 대한 위협이 증가하고 있어 국내에서도 식품위생이 점차 중요하게 인식되고 있다.

여러 식중독 세균들 중 *Campylobacter*의 경우 서구 선진국인 미국 및 유럽에서 식중독 원인균에서 가장 높은 증가율 및 발병율을 보이고 있다^(1,2,3). 최근에는 이러한 *Campylobacter*와 함께 proteobacteria의 rRNA superfamily VI에 속하는 *Arcobacter*가 새로운 식품 유래 병원성균으로 대두되고 있어 연구가 요망되고 있다⁽⁴⁾. *Arcobacter*는 *Campylobacter*와 유사한 형태와 표현형으로 인하여 처음에는 'aerotolerant *Campylobacters*'로 분류되었지만 *Arcobacter*가 일반적으로

*Campylobacter*와 다르게 산소에 대해 내성을 지닌며 또 15°C의 저온에서 생육 가능하기에 새로운 속으로 분류되었다. *Arcobacter*들은 또한 30°C에서 최적의 생육능을 보이며, G+C 함량은 27~30 mol%이며, 주요한 isoprenoid quinone이 존재하지 않고, methyl-substituted menaquinone-6가 존재하는 점들에서 *Campylobacter*와 차이가 있다⁽⁵⁾. *Arcobacter*는 *A. butzleri*, *A. cryaerophilus*(Groups 1A, 1B), *A. skirrowii*와 *A. nitrofigilis*의 4 종으로 구별할 수 있다. *Arcobacter* 감염의 일반적인 증상은 campylobacteriosis와 유사하게 복통과 위경련을 동반한 설사증세를 나타내는 것으로 알려지고 있다⁽⁶⁾. 이들의 감염경로는 아직 확실히 밝혀지지 않았으나 사람과 사람간의 접촉이나 오염된 물이나 동물성 음식에 기인한다고 보고 되고 있다⁽⁷⁾. 특히 *Arcobacter*는 국내 생닭의 약 90%에서 검출되며 돼지고기와 소고기에서도 30% 이상의 오염율을 보이는 것으로 보고 되어 있다⁽⁸⁾. 따라서 *A. butzleri*는 *Campylobacter*와 비록 유사하나 다양한 식품들, 특히 육제품들에서의 효과적인 불활성화 및 제거방법은 *Campylobacter*와 다를 것이며, 따라서 *Arcobacter*의 제어에 대한 연구가 진행되어야 한다.

일반적으로 식중독균에 대한 보존 및 위생처리제로는 유기산, benzoic acid, paraben, NaCl, ethanol, trisodium phosphate(TSP) 등이 많이 사용되고 있다. 이 중 유기산 처리는

*Corresponding author : Jong-Hyun Park, Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Sujeong-Gu, Seongnam-Si, Kyunggi-Do 461-701, Korea
Tel: 82-31-750-5500
Fax: 82-31-759-5273
E-mail: p5062@mail.kyungwon.ac.kr

도살장의 고기 도체에서 병원성 세균 수를 줄이는데 가장 효과적인 것으로 알려져 있으며, 젖산과 초산의 경우는 GRAS (generally recognized as safe)로 허가를 받은 위생처리제이다. 또한 TSP 처리는 *Campylobacter* spp.와 *Salmonella* spp.를 가금육에서 줄이는데 효과적으로 알려져 있다^(9,10). 그리고 식품에서 이들 병원성 세균에 대한 생물학적 억제방법으로 젖산균을 이용한 연구들이 많이 보고 되고 있으며, 젖산균이 생장 중에 생산하는 젖산과 초산, 그리고 hydrogen peroxide 및 bacteriocins 등이 억제효과를 주는 것으로 알려져 있다^(11,12).

식품의 위생성 및 안전성은 병원성 식중독균과 부패세균에 의해 많은 영향을 받으며 유통 및 저장 중 저장성의 감소를 수반하기도 한다. 이러한 이유로 미생물에 의한 오염의 최소화와 생육저해를 위한 여러 물리, 화학적 처리 방법에 대한 연구가 오래전부터 이루어져 왔다. 본 연구에서는 국내에서 생산 공급되는 생육도체에서의 오염도와 위해성이 높은 것으로 새롭게 보고된 *Arcobacter butzleri*를 제어하기 위하여 화학적, 미생물학적 및 천연위생처리제를 활용하여 그 생육저해 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

사용균주 및 배지

사용 균주로는 *Arcobacter butzleri* ATCC 49616와 계속에서 분리한 *A. butzleri* C1, C12, 돼지고기에서 분리한 *A. butzleri* P1, P12, 소고기에서 분리한 *A. butzleri* B5, B14를 연구에 사용하였다⁽⁸⁾. *A. butzleri*의 고체배양을 위하여 5% sheep's blood(Komed, Sungnam, Korea)가 첨가된 Brucella blood agar를 사용하였으며, 액체배지로는 Brucella broth(Difco, Detroit, USA)를 사용하여 실리콘 마개로 밀폐시킨 삼각플라스크에 균을 접종하여 37°C에서 microaerobic chamber(Bug box, Ruskin Tech. Co., UK)에서 배양하였다.

화학위생제 처리에 따른 *A. butzleri* ATCC 49616의 생육억제

배양된 세포에 대한 위생제의 사멸효과: Brucella broth에서 24시간 배양된 *A. butzleri* 1 mL을 취해 8,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 cell을 회수한 후 0.85% 멸균식염수로 2회 세척하고 회수된 cell pellets에 hydrogen peroxide, sodium hypochlorite(Sigma, St. Louis, USA)와 ethanol을 농도별로 10분간 처리하여 *A. butzleri* ATCC 49616의 생존율을 조사하였다. 또한 분리한 *A. butzleri*의 사멸효과를 비교하기 위해 1% acetic acid, citric acid, acetic acid와 trisodium phosphate(TSP)를 5분, 10분간 처리한 후의 미생물의 사멸효과를 viable cell을 측정하여 확인하였다.

유기산과 trisodium phosphate(TSP)의 영향: *Arcobacter*의 배양 배지 상에서의 생육에 미치는 효과를 알아보기 위하여 TSP(Sigma, St. Louis, USA), lactic acid, citric acid, acetic acid(DUKSAN, Kyunggido, Korea)를 0.22 µm syringe filter(Millipore, MILLER-GV, France)로 제균 여과하여 사용하였다. Brucella broth 50 mL에 lactic acid, citric acid, acetic acid가 최종농도로 각각 0.1%, 0.5%, 1%(w/v), trisodium phosphate는 0.5%, 1%, 2%(w/v)가 되도록 첨가하였다. 그리

고 *A. butzleri* ATCC 49616를 약 10⁷ cfu/mL 수준으로 접종하여 배양기에서 배양시키면서 시간에 따른 생육 저해효과를 생균수를 측정하여 평가하였다. 시료들을 희석한 후 Brucella blood agar에 도말한 후 37°C에서 배양하여 생균수를 측정하였다.

젖산균 배양액 처리에 의한 생육 저해

젖산균에 의한 *A. butzleri* ATCC 49616 생육저해를 확인하기 위하여 젖산균 배양액을 얻어 실험하였다. *Lactobacillus bulgaricus*, *L. casei*, *L. lactics*, *L. acidophilus*을 0.05% L-cystein(Sigma, St. Louis, USA)이 첨가된 MRS broth에 접종하여 37°C, anaerobic jar에서 anaerobic pack(BBL, MD, USA)을 넣어 혐기적 조건에서 24시간 배양하였다. 배양액을 5분간 8,000 rpm에서 원심분리한 후 0.45 µm syringe filter로 여과하여 여과액을 얻고 여과액에 의한 *A. butzleri* ATCC 49616 inhibition zone을 agar disc diffusion 방법으로 확인하였다.

천연물 추출액 처리에 의한 생육저해

양파와 마늘에 의한 생육 억제를 조사하기 위해서 양파와 마늘을 stomacher를 이용하여 균질화한 후 homogenizer를 이용하여 파쇄하고 거즈를 이용하여 압착 후 5분간 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 0.45 µm syringe filter로 여과 제균한 것을 시료로 사용하였으며, 생육 저해는 agar disc diffusion 방법으로 inhibition zone을 측정 확인하였다.

결과 및 고찰

화학위생제 처리에 따른 생육저해 효과

Arcobacter butzleri ATCC 49616 및 분리된 *A. butzleri*를 배양한 후 균체를 회수하여 이들에 1% 농도의 유기산들과 TSP를 5, 10분간 처리한 결과는 Fig. 1, Fig. 2와 같다. Acetic acid의 경우는 10분 내에 대부분 사멸한 것을 볼 수 있었으며, citric acid도 비슷한 양상을 보였으나 acetic acid의 경우보다는 5분 내에 생균수가 약간은 더 높게 나타났으며, lactic acid의 경우는 5분 이내에 모든 균주가 사멸하였다. 일반적으로 유기산은 미생물에서 세포 내부로 비해리된 상태로 수송되어 내부에서 해리되고 해리된 유기산이 내부의 pH를 변화시켜 효소의 불활성화 및 세포의 구성분을 파괴하거나 NADH의 산화를 막아 세포에 손상을 주는 것으로 알려져 있다^(13,14). *Arcobacter*의 경우에도 유기산 처리에 의해 불활성화 되었고, 이 중 특히 lactic acid의 불활성화 효과가 가장 우수하게 나타났다.

또한 TSP 1%를 5, 10분간 처리했을 때 10⁵~10⁶ cfu/mL 정도가 사멸된 것을 확인할 수 있었으며, 5분과 10분 처리 시간에 따른 감소 정도는 큰 차이가 없었다. TSP는 Gram 음성균의 세포질막과 외막에 손상을 주어 세포 사멸에 영향을 주는 것으로 보고 되고 있다⁽¹⁵⁾. 본 실험에서도 많은 수의 세포가 사멸하였으나, 유기산에 비해 그 불활성화 효과는 약간 낮은 것으로 나타났다.

다른 위생처리제 중 hydrogen peroxide, sodium hypochlorite와 ethanol을 *A. butzleri*에 농도별로 10분간 처리하여 사멸 효

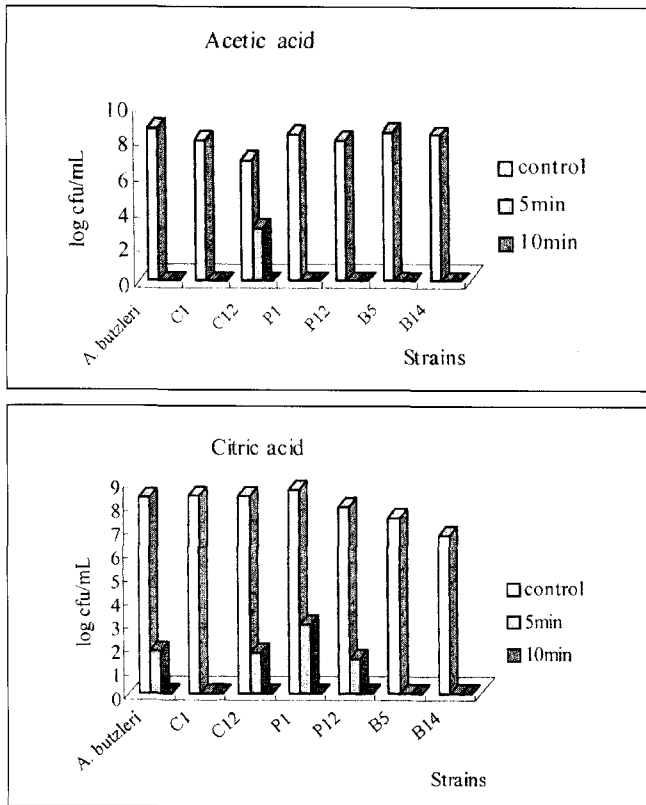


Fig. 1 Growth inhibiting effects of acetic acid and citric acid on the *A. butzleri* isolates.

The strains used are *Arcobacter butzleri* ATCC 49616, *A. butzleri* C1, C12 isolated from chicken carcass, *A. butzleri* P1, P12 isolated from pork, and *A. butzleri* B5, B14 from beef. One percentage of the sanitizing agents was applied directly to the harvested cell suspension of each *A. butzleri*.

과를 본 결과는 Table 1과 같다. 위 세가지 위생 처리제 모두 초기 10^8 cfu/mL 수준에서 hydrogen peroxide, sodium hypochlorite의 경우 낮은 농도에서도 효과를 볼 수 있었으나 ethanol은 농도가 높아질수록 효과가 높은 것으로 나타났다. Sodium hypochlorite는 pH가 높은 알칼리 영역에서는 그 효과가 미비하며, hydrogen peroxide는 산화제로 작용할 수 있고, ethanol의 경우도 역시 풍미의 심한 변화를 일으키므로^(10,16,17) 이것들은 좋은 위생 처리제라 할 수 없을 것이다.

배양중 유기산과 trisodium phosphate(TSP)의 생육저해 효과

Brucella broth에 citric acid, lactic acid, acetic acid 각각의 유기산을 첨가하고, 화학제로는 TSP를 농도별로 첨가한 후에 이들에 의한 *Arcobacter*의 생육저해효과를 viable cell count로 확인한 결과는 Fig. 3과 같다. 유기산이 첨가된 배지 상에서 1%의 농도로는 1시간 이내에, 0.1%의 농도에서 72시간 이내에 *A. butzleri*가 사멸한 것을 볼 수 있었으며, 따라서 *A. butzleri*가 오염된 식품에서 유기산을 위생처리제로 사용할 때 최소 농도를 0.1% 이상으로 해야 효과적일 것으로 보인다. 이들 유기산중 식품의 관능적 품질저하가 가장 적은 lactic acid를 사용하는 것이 식품의 효용성 측면에서 가장 우

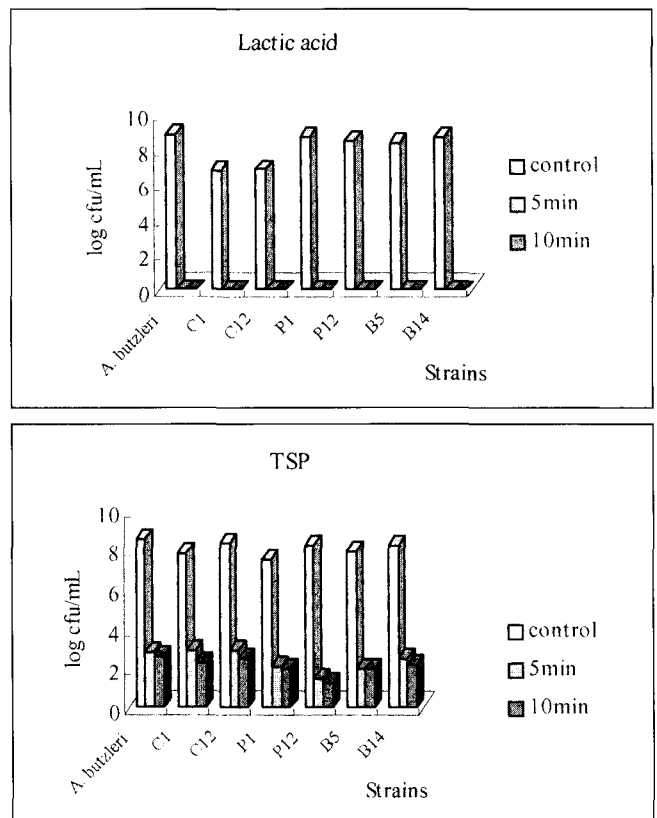


Fig. 2 Growth inhibiting effects of lactic acid and trisodium phosphate on the *A. butzleri* isolates.

The strains used are *Arcobacter butzleri* ATCC 49616, *A. butzleri* C1, C12 isolated from chicken carcass, *A. butzleri* P1, P12 isolated from pork, and *A. butzleri* B5, B14 from beef. One percentage of the sanitizing agents was applied directly to the harvested cell suspension of each *A. butzleri*.

Table 1. Growth inhibiting effect of hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, and ethanol on the *A. butzleri* at different treatment times and concentrations

Agent	Concentration	Viable Count (cfu/mL) at	
		0 min	10 min
Hydrogen peroxide	0.1%		5.4×10^4
	0.5%	8.3×10^8	$<10^1$
	1%		$<10^1$
Sodium hypochlorite	10 ppm		2.5×10^2
	20 ppm	8.1×10^8	$<10^1$
	30 ppm		$<10^1$
Ethanol	10%		2.9×10^8
	30%	1.2×10^9	3.5×10^6
	50%		$<10^2$

Each conditions of the sanitizing agents were applied directly to the harvested cell solution of *A. butzleri* ATCC 49616, and then the viable cells were counted.

수할 것으로 사료된다.

TSP의 경우 2% 농도에서는 1시간 이내에 사멸하였으며, 0.5% 농도일 경우 7시간까지는 감소하다가 점점 생균수가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

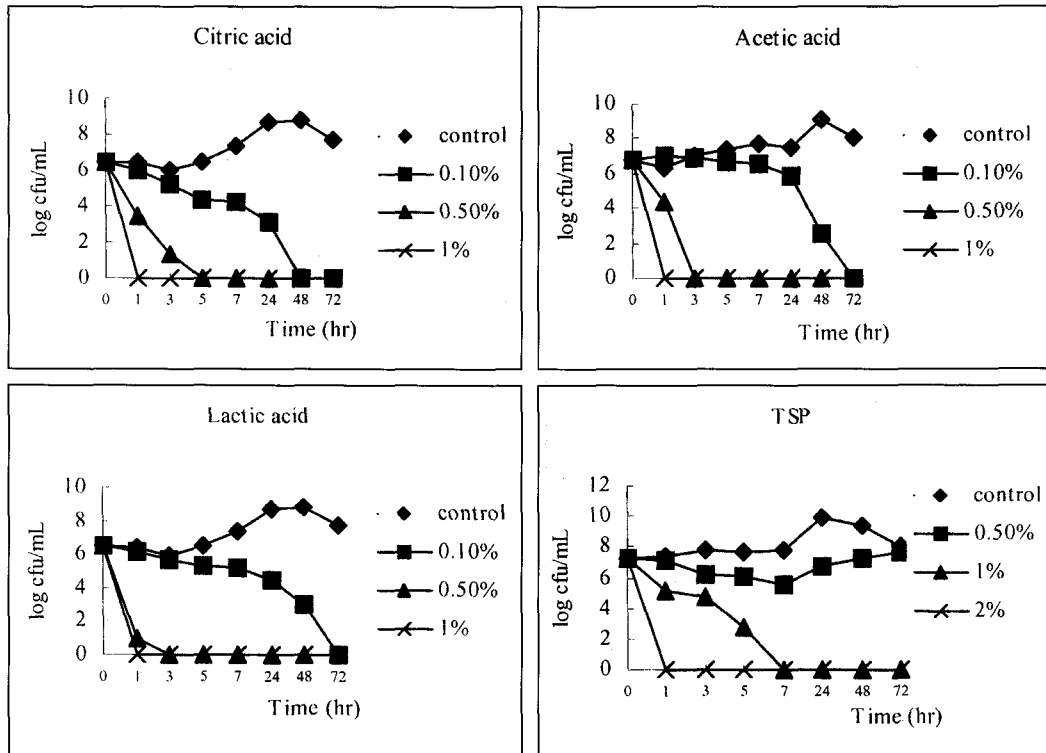


Fig. 3. Growth inhibiting effects of citric acid, acetic acid, lactic acid and trisodium phosphate on the *A. butzleri*. *A. butzleri* ATCC 49616 was cultivated on 50 mL of Brucella broth in the presence of lactic acid, citric acid, acetic acid and trisodium phosphate at different concentrations, and the viable cells were counted.

Table 2. Growth inhibiting zone of garlic extract and onion extract on the *A. butzleri* ATCC 49616 determined by agar disc diffusion

Agent	Potency	Clear zone diameter ¹⁾ (mm)
Garlic extract	20 μ L	16
	30 μ L	22
	50 μ L	26.6
Onion extract	20 μ L	NI ²⁾
	30 μ L	NI
	50 μ L	NI

¹⁾Paper disc diameter = 8 mm, ²⁾NI = Non-inhibition.

Shin 등⁽¹⁷⁾은 *Campylobacter*의 경우 acetic acid 1%에서는 2일, citric acid 1%에서는 2일간 생존하는 것을 보여, *Arcobacter*보다 더욱 유기산에 강함을 보였다. 이는 *Arcobacter*의 경우 *Campylobacter*와는 차별화된 별도의 처리가 필요함을 시사하는 것이다. 그리고 Collins 등⁽¹⁸⁾은 *Arcobacter*는 *C. jejuni*보다 irradiation 처리 시에 D₁₀ value가 *C. jejuni*는 0.19 kGy인 반면에 *A. butzleri*는 0.27 kGy로 저항성이 높다고 보고하였다. 미국에서 돼지고기에 사용가능한 irradiation dose를 0.3~1.0 kGy로 허가하였고, 이는 *C. jejuni*만 아니라 *A. butzleri*를 제거하는 데 효과적이라고 할 수 있겠다.

천연물 및 생물학적 인자에 의한 생육억함

천연물 중 저해 효과가 우수한 마늘과 양파에 의한 *A.*

butzleri 저해를 알아보기 위해 agar disc diffusion 방법의 해 실험한 결과는 Table 2와 같다. 본 실험에서 마늘은 *A. butzleri*의 생육을 억제하였으나, 양파는 효과가 없었다. 마늘의 항균 작용은 오래전부터 알려져 있고 이는 황함유 아미노산인 allin(S-allyl-L-cystein sulfoxide) 및 S-methyl-L-cystein이 allinase에 의해 분해되어 생성된 allicin 및 methyl methanethiosulfinate 등에 의한 것으로, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* 등이 생육 저해 받는 사실이 보고되었다^(19,20).

또한 젖산균에 의한 *A. butzleri*의 억제를 확인한 결과 본 실험에 사용한 젖산균 중 *Lactobacillus bulgaricus*와 *L. casei*의 효과가 가장 우수하였으나, *L. lactics*의 생육억제 효과는 관찰할 수 없었다(결과미제시). 각각의 젖산균 배양액의 pH를 측정된 결과 *L. bulgaricus* pH 3.8, *L. casei* pH 3.88, *L. lactics* pH 4.5와 *L. acidophilus* pH 4.19을 나타내었으며, pH를 중성으로 조정한 후 같은 방법으로 실험하였을 때는 inhibition zone을 확인 할 수 없었다. 이는 젖산균들이 생산하는 젖산과 초산, 과산화수소 및 bacteriocins 등이 억제효과를 갖는 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서는 산생성에 의한 기전으로 pH에 따른 젖산과 초산 등의 유기산에 의한 낮은 pH 환경이 저해효과를 나타낸 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 *A. butzleri*의 제어를 위하여 유기산, 화학제, 마늘, 젖산균을 이용하여 실험한 결과 유기산에서 주로 높은 저해효과를 확인할 수 있었으며, 또한 천연물인 마늘에 의한 저해를 확인할 수 있었다. 그리고 젖산균에 의해 생성되는 lactic acid, acetic acid 등에 의한 저해 효과도 관찰할

수 있었다. 따라서 계육 등의 육류 가공 혹은 저장, 유통 시에 유기산 spray 방법 등을 이용하여 효과적으로 저해가 가능하리라 보이며, 아울러 마늘 및 젖산균등을 animal prebiotics 혹은 probiotics로 활용할 경우 A. butzleri의 제어가 가능할 것으로 사료된다. A. butzleri을 포함하여 여러 식품유래 병원균들을 제어하기 위해서는 생산단계에서부터 hazard analysis and critical control points(HACCP)의 적용이 필요할 것이다. 또한 식품공정 및 취급, 새로운 식품의 개발과 소비자 기호도 등의 변화에 의해 인류를 위협하는 새로운 종류의 식품유래 병원균들이 출현할 것이다. 본 연구자들에 의하여 보고⁽⁸⁾된 국내산 계육 등에 심각하게 오염되어 있는 A. butzleri의 경우 유기산등을 적절히 활용하여 제어할 경우 제어가 어렵지 않을 것이라 사료된다.

요 약

새롭게 출현한 식중독 세균으로 국내 유통 계육 등에 많이 오염이 되어 있는 *Arcobacter butzleri*를 제어하기 위해 여러 위생제 처리에 따른 생육영향을 평가하였다. 이들 균체에 1%농도의 유기산과 trisodium phosphate를 5, 10분간 처리한 결과 대부분이 10분 이내에 사멸한 것을 확인할 수 있었으며, 젖산의 경우는 5분 이내에 모든 균주가 사멸하였다. 배양할 때의 유기산의 농도별 생육영향은 1%의 농도로는 1시간 이내에, 0.1%의 농도에서 72시간 이내에 A. butzleri가 사멸한 것을 볼 수 있었으며, trisodium phosphate의 경우 2% 농도에서는 1 시간 이내에 사멸하였다. 유기산 중에는 젖산의 생육저해효과가 가장 우수하게 나타났으며 hydrogen peroxide, sodium hypochlorite와 ethanol에 대한 사멸효과를 보았으나, 이 처리제는 효과가 나쁘거나 풍미에 영향을 주어 좋은 처리제라 할 수 없었다. 그리고 마늘과 양파즙에 대한 항미생물 작용에서 마늘에만 생육저해작용을 확인할 수 있었으며, 젖산균이 생산하는 유기산에 의한 낮은 pH에 의한 저해효과를 확인할 수 있었다. 따라서 계육 등의 육가공 및 취급 시에 유기산 및 TSP 등을 이용하여 주요 *Arcobacter*에 의한 식중독저해가 가능할 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업(과제번호: 02-PJ1-PG1-CH08-0002)의 지원에 의하여 이루어진 연구결과이며 연구비지원에 감사드립니다.

문 헌

1. CDC. Incidence of foodborne pathogens of public health importance. The challenges and Prospects for the 21st Century in Veterinary Science 38: 77-83(1998)
2. CDC. Diagnosis and Management of Foodborne Illnesses. Recommendations and Reports 50: 1-69 (2001)
3. NIAID. Foodborne Diseases. Fact Sheet (2002)

4. Vandamme, P., Falsen, E., Rossau, R.H., Segers, P., Tytgat, R. and DeLey, J. Revision of *Campylobacter*, *Helicobacter* and *Wolinella* taxonomy: Emendation of generic descriptions and proposal of *Arcobacter* gen. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 41: 88-103 (2001)
5. Neill, S.D., Ellis, W.A. and O'Brien, J.J. Designation of aerotolerant *Campylobacter*-like organisms from porcine and bovine abortions to the genus *Campylobacter*. Res. Vet. Sci. 27: 180-186(1979)
6. Vandamme, P., Vancanneyt, B., Pot, L., Mels, L., Hoste, B., Dewettinck, D., Vlaes, L., Van Den Borre, C., Higgins, R., Hommez, J., Kersters, K., Butzler, J.P. and Goossens, H. Polyphasic taxonomic study of the emended genus *Arcobacter* with *Arcobacter butzleri* com. nov. and *Arcobacter skirrowii* sp. nov., an aerotolerant bacterium isolated from veterinary specimens. Int. J. Syst. Bacteriol. 42: 344-356 (1992)
7. Wesley, I.V. *Helicobacter* and *Arcobacter* species: Risks for foods and beverages. J. Food Prot. 59: 1127-1132 (1996)
8. Jang, J.S., Lee, Y.D., Chang, H.G., Oh, D.H. and Park, J.H. Prevalence and antibiotic resistance of *Arcobacter butzleri* in domestic raw meats. Food Sci. Biotechnol. 11: 659-664(2002)
9. Netten, P.V., Huis in't Veld, J.H.J. and Mossel, D.A.A. 1994. The immediate bactericidal effect of lactic acid on meat-borne pathogen. J. Food Prot. 77: 490-496 (1994)
10. Jang, K.I. and Kim, K.Y. Control of contamination and inactivation of foodborne pathogen in poultry. Presented at the 64th Korean Society of Food Science and Technology Annual Meeting (2000)
11. De Vuyst, L. and Vandamme, E.J. Antimicrobial potential of lactic acid bacteria, pp. 91-142. In: Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. Chapman & Hall Inc. New York, USA (1994)
12. Ahn, Y.T., Shin, P.K. and Kim, H.U. Growth inhibition of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* by lactic acid bacteria and bifidobacteria. J. Food Hyg. Saf. 12: 181-187 (1997)
13. Ita, P.S. and Hutkins, R.W. (1991) Intracellular pH and survival of *Listeria monocytogenes* Scott A in tryptic soy broth containing acetic, lactic, citric and hydrochloric acids. J. Food Prot. 54: 15-19 (1991)
14. Kang, J.H., Lee, Y.D., Jung, K.C. and Park, J.H. Sanitizing agent effect and antibiotic resistance of *Salmonella* spp. isolated from raw chicken carcasses in food service. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 582-588 (2001)
15. Phillips, C.A. and Duggan, J. The effect of EDTA and trisodium phosphate, alone and in combination with nisin, on the growth of *Arcobacter butzleri* in culture. Food Microbiol. 18: 547-554 (2001)
16. Ahn, Y.S. and Shin, D.H. Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several Foodborne microorganisms. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1315-1323 (1999)
17. Shin, S.Y., Hwang, H.J. and Kim, W.J. Inhibition of *Campylobacter jejuni* in chicken by ethanol, hydrogen peroxide, and oraganic acids. J. Microbiol. Biotechnol. 11:418-422 (2001)
18. Collins, D.L., Murano, E.A. and Wesley, I.V. Survival of *Arcobacter butzleri* and *Campylobacter jejuni* after irradiation treatment in vacuum-packaged ground pork. J. Food. Prot. 59: 1164-1166 (1996)
19. Kim, Y.S., Park, K.S., Kyung, K.H., Shim, S.T. and Kim, H.K. Antibacterial activity of garlic extract against *Escherichia coli*. Korean J. Food Sci. Technol. 28:730-735 (1996)
20. Mantis, A.J., Karaioannoglou, P.G., Spanos, G.P. and Panetsos, A.G. The effect of garlic extract on food poisoning bacteria in culture media. Lebens. Wiss. Technol. 11:26-32 (1978)