J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 1, pp. 31~35 (2011)

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

열처리와 냉장저장에 따른 *Arcobacter butzleri*의 생존성

이민화 · 최창순*

중앙대학교 생활과학대학 식품영양학과

Survival of *Arcobacter butzleri* under the heat and freezing storage

Min Hwa Lee and Changsun Choi*

Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
(Received November 26, 2010/Revised December 25, 2010/Accepted January 26, 2011)

ABSTRACT - *Arcobacter butzleri* is one of the aerotolerant *Campylobacter* species which cause persistent diarrhea, abdominal pain, nausea and vomiting in human. The aim of this study was to determine the growth and survival of *A. butzleri* under the heat treatment or freezing storage condition. In heat treatment, two Korean isolates of *A. butzleri* were treated at 40 to 80°C for various times. In freeze treatment, two Korean isolates of *A. butzleri* were kept at 4, –20 and –70°C from 1 to 15 d. The survivability of the *A. butzleri* Korean isolates significantly decreased at higher than 60°C heating condition but it didn't show any significant difference in 40°C treated group. Under the cold stress condition, survivability of *A. butzleri* were significantly decreased at –20°C storage. Like other foodborne pathogens, survivability of *A. butzleri* was controlled by heat and freezing treatment.

Key words: *Arcobacter butzleri*, survival, heat, freezing, chicken

Family Campylobacteriaceae에 속해있는 *Arcobacter* species는 1977년 저온의 호기적 조건에서 생육 가능한 호기성 *Campylobacter*로 최초 보고되었다[1]. 그러나 1991년 *Arcobacter*의 전체 세포 단백질과 세포막에 존재하는 지방산을 분석한 결과에서 *Campylobacter*와 다르다는 것이 증명되어 *Arcobacter* species로 재분류 되었다[2].

Arcobacter spp.는 0.2-0.9 um의 폭과 0.5-3 um 길이의 작은 간균으로 그람 음성이며 포자를 생성하지 않는 특성을 가지고 있다. *Arcobacter* species는 미호기 또는 호기적 조건에서 생육하며, 일반적으로 세균배양 온도인 37°C뿐만 아니라 25~30°C 저온조건에서도 잘 생육하는 것으로 알려져 있다[3,4].

현재까지 알려진 *Arcobacter* spp.로는 *Arcobacter butzleri, Arcobacter cryaerophilus, Arcobacter skirrowii, Arcobacter nitrofigilis, Arcobacter cibarius, Arcobacter halophilus, Arcobacter mytili, Arcobacter marinus, Arcobacter thereius, Arcobacter trophiarum* 등 10가지가 있다[5]. 이 중에서 *A. butzleri, A. cryaerophilus, A. skirrowii*는 사람에게 감염 시 설사, 복통, 구토 등의 증상을 유발하는 대표적인 병원성 미생물이다[2]. 특히 *A. butzleri*의 경우 전 세계적으로 가금류, 돼지, 소 등 육류 식품에서 빈번하게 검출될 뿐만 아니라 사람에게도 감염 사례가 보고되고 있다[2,6-9]. Vandamme 등(1992)의 연구에 따르면 *Campylobacter* 식중독으로 의심되는 사례의 상당수가 *A. butzleri, A. cryaerophilus*에 의하여 유발되는 것으로 확인되고 있다. 특히 매년 240만 건의 *Campylobacter* 식중독이 발생하는 미국 등에서는 *Campylobacter* spp.에 대한 제어법 연구가 다양하게 수행된 바 있다[10-13]. 그러나 *Arcobacter* spp.는 *Campylobacter* spp.와 유사점을 갖고 있으나 미생물 생육 조건과 생화학적 특성 등이 다르기 때문에 *Arcobacter* spp.에 적합한 제어법 연구가 수행될 필요가 있다.

현재까지 국내에서는 *Arcobacter* spp.에 의한 집단감염 사례는 발생하지 않았으나, 알코올성 간경화증을 앓고 있는 성인 남자의 혈액에서 *A. butzleri*가 분리된 사례가 보고되었다[14]. 2010년 국내 소매시장에 판매되는 육류의 *Arcobacter* spp. 오염도 조사에서 *A. butzleri* 와 *A. cryaerophilus* 의 오염율이 확인되었고, 계육과 닭의 장내용물에서 *A. butzleri*가 분리 동정되었다[15]. 신종 식중독 병원체인 *Arcobacter* spp.에 대한 제어법 관련 연구는 유기산 처리에 따른 생육저해 효과와 열처리 및 냉장조건에서의 연구가 수행된 바

*Correspondence to: Changsun Choi, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-4589, Fax: 82-31-676-8741
E-mail: cchoi@cau.ac.kr

있다[16-19]. 이러한 선행연구에서는 설사환자에서 분리된 *A. butzleri*를 이용한 연구였으며, 생육환경이 다른 식품유래 분리주의 생존성에 대한 연구는 수행된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 열처리 및 냉동/냉장 처리조건에서 계육과 닭의 장내용물에서 분리된 국내 *Arcobacter butzleri* 균주의 생존 특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

공시균주 및 배양조건

본 연구팀이 계육에서 분리한 *A. butzleri* CAU076011과 닭의 장내용물에서 분리한 *A. butzleri* CAU076046을 공시균주로 사용하였다[15]. 각각의 분리주는 Arcobacter selective Agar에 접종하고 호기 또는 미호기적 조건에서 37ºC 48시간 동안 배양하여 직경 1 mm 크기의 반투명한 흰색 단일 집락을 선발하였다. *A. butzleri* CAU076011과 *A. butzleri* CAU076046의 단일 집락을 Arcobacter selective broth (Catalog no. CM0965, Oxoid, Basingstoke, UK)에 접종하여 37ºC 호기적 조건에서 48시간 배양하여 정상기(stationary phase) 상태의 균을 온도 조건에 따른 *A. butzleri*의 생존성 평가 실험에 사용하였다.

열처리에 따른 *A. butzleri*의 생존성

정상기 상태까지 증균 배양된 *A. butzleri* CAU076011과 *A. butzleri* CAU076046 균액을 eppendorf tube (Catalog no. MCT-175-C, Axygen, USA)에 1 mL씩 분주하고, 40, 50, 60, 70, 80ºC의 water bath에서 각각 15, 30, 45초 및 1, 2, 5, 10분 동안 가열하였으며 열처리를 하지 않고 실온에 방치한 것을 대조군으로 사용하였다. 가열 처리를 수행한 균액 1 mL은 실온에서 0.2% Peptone water(Catalog no. 218071, BD Difco, USA)에 10배 단계 희석하여 Arcobacter selective agar에 도말한 후 37ºC 호기성 조건에서 48시간 동안 배양하여 계수하였다. Decimal reduction time value (D-value)는 초기 균 수가 1 log 감소하는데 걸리는 시간을 분으로 나타내었다.

냉동 및 냉장저장 조건에서 *A. butzleri*의 생존성

정상기까지 배양된 *A. butzleri* CAU076011과 *A. butzleri* CAU076046 를 1.5 mL eppendorf tube에 1 mL씩 분주하고 냉장, 냉동 환경에서 *A. butzleri*의 생존성을 조사하였다. Eppendorf tube에 1 mL씩 분주된 균액은 각각 4, –20, –70ºC 조건에서 저장기간에 따른 생존성을 측정하였다. 냉동 또는 냉장 조건에서 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15일 후 냉장에 저장한 균액을 0.2% Peptone water에 10배 희석하였으며, –20ºC와 –70ºC 조건에서 냉동된 균액은 37ºC 온수에서 단기간에 해동시켜 동일한 방법으로 단계 희석하였다. 각각의 희석액은 Arcobacter selective agar에 도말한 후 37ºC 호기성 조건에서 48시간 동안 배양하여 계수하였다.

통계분석

고온 및 저온의 처리조건에서 국내에서 분리된 *A. butzleri* 분리주의 생존성 평가를 조사하기 위하여 모든 실험은 3반복 수행하였다. 실험 결과의 유의성 검증을 위하여 SAS (Statistical Analysis System) 9.1 version (Cary, NC, USA)으로 one-way ANOVA (analysis of variance) 및 Duncan's multiple range test가 수행되었다. 통계 분석의 결과는 $p < 0.05$ 이상의 수준에서 유의성 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

고온 환경에서 *A. butzleri*의 생육 억제

국내에서 분리된 *A. butzleri* CAU076011과 *A. butzleri* CAU076046을 열처리 하였을 경우 40ºC 조건에서는 10분 처리에도 유의적인 차이가 없었다. 그러나 50ºC 열처리 조건의 경우 5분 이후부터 유의적으로 감소하였으며 60ºC의

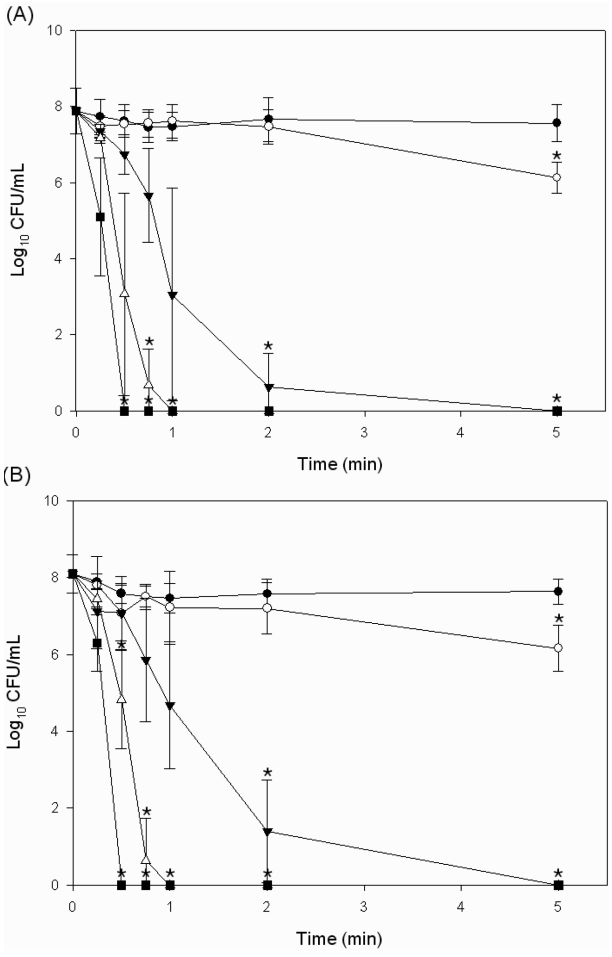

Fig. 1. Populations of Korean *A. butzleri* isolates treated with heat-stress condition. (A) *A. butzleri* CAU076011, (B) *A. butzleri* CAU 076046. ● 40ºC, ○ 50ºC, ▼ 60ºC, Δ 70ºC, ■ 80ºC, expressed as viable counts $\log_{10}$ CFU/mL. Symbol * indicates significantly different ($p < 0.05$).

경우 45초 이후부터 유의적으로 감소하여 5분 후에는 사멸한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 70°C 열처리의 경우 30초 이후부터 유의적으로 감소($p < 0.05$)하기 시작하여 1분 이후 두 개의 균주 모두 사멸하였고, 80°C의 경우 15초 이후부터 유의적으로 감소($p < 0.05$)하여 30초 이후 사멸하는 것으로 확인되었다(Fig. 1). Van Driessche 와 Houf (2008)은 음수 또는 1% 유기물을 포함한 음수에 접종된 *Arcobacter*의 생존성을 조사하였는데, 60°C 열처리 조건에서 각각 4분과 5분 이후에 모두 사멸하였다고 하였다. 따라서 *A. butzleri*는 60°C 이상의 가열조건으로 쉽게 제어할 수 있는 세균으로 생각된다.

계육에서 분리된 *A. butzleri* CAU076011의 D-value는 40°C에서 119.68분, 50°C에서 2.72분, 60°C에서 0.34분, 70°C에서 0.09분으로 급격히 감소되었다. 닭의 장내용물에서 분리된 *A. butzleri* CAU076046의 D-value는 40°C에서 128.91분, 50°C에서 3.36분, 60°C에서 0.38분, 70°C 0.10분으로 확인되었다(Table 1). Hilton 등(2001)은 대수기(exponential phase)와 정상기(stationary phase)의 *A. butzleri* NCTC 12481에 대한 47-55°C 열처리 효과를 보고하였다. 선행연구에서는 대수기 *A. butzleri*의 50°C D-value는 2.1분이었으며, 정상기 *A. butzleri*의 50°C D-value는 1.7분으로 대수기보다 낮은 값을 나타내었다[16]. 본 연구결과에 따르면 계육과 닭 장내용물에서 분리된 균주의 50°C D-value 는 각각 2.72분과 3.36분으로 선행연구 결과에 비하여 높게 나타났다. 선행연구에서는 사용된 배지와 균주의 strain을 감안하더라도, 국내 계육과 닭의 장내용물에서 분리된 *A. butzleri*의 D-value는 높은 것으로 판단된다. 60°C 이상의 고온 처리조건에서는 *A. butzleri*가 급격히 감소하는 경향은 선행연구와 유사하여 효과적인 제어법으로 활용될 수 있음이 확인되었다. 그러나 벨기에 연구팀은 음수에서 *A. butzleri*의 생존성을 조사하였는데, 52°C로 가열하였을 경우 생존성이 지속되며 유기물이 혼합된 경우 생존성이 높아진다고 보고하였다[19]. 따라서 혈액성분과 같은 유기물이 존재하는 축산식품에 *A. butzleri*가 오염된 경우에는 동일한 열처리 조건이 충분하지 않을 수 있으므로 축산식품을 모델로 한 열처리 제어연구도 수행될 필요가 있다.

Sörqvist (2003)는 액체상태의 세균배지, 우유, 난제품, 배추즙을 대상으로 대표적인 식중독 세균의 생존성을 보고하였다. 실험적으로 오염된 각각의 액체에 60°C 열처리를 수행한 경우 *Escherichia coli, Yersinia* spp., *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp.의 D-value는 각각 0.65분, 0.5분, 0.4분, 0.14분 이었다[20]. 특히 *Arcobacter*와 형태적으로 유사한 *Campylobacter*의 D-value는 본 연구 결과보다 더 낮아 대조를 이루었다. 또한 70°C 열처리 조건으로 수행된 연구에서 국내 분리 *A. butzleri*의 D-value는 0.06 또는 0.07였으며, 동일한 열처리 조건에서 *Listeria, E. coli, Yersinia*의 D-value가 0.01분 *Salmonella, Campylobacter*가 0분인 Sörqvist (2003)의 연구보다 높아 일반적인 식중독 세균보다 열처리에 대

Table 1. D-value of *Arcobacter butzleri* CAU076011 and CAU076046 at thermal condition

Bacterial strain	Origin	Treatment temperature (°C)	D-Value (min)
Arcobacter butzleri CAU076011	Chicken meat	40	119.68 ± 121.99[1)]
		50	2.72 ± 0.48
		60	0.34 ± 0.26
		70	0.09 ± 0.02
Arcobacter butzleri CAU076046	Intestinal content	40	128.91 ± 159.00
		50	3.36 ± 1.48
		60	0.38 ± 0.20
		70	0.10 ± 0.02

[1)]All values are mean ± SD

Table 2. D-value of *Arcobacter butzleri* CAU076011 and CAU076046 at cold condition

Bacterial strain	Origin	Treatment temperature (°C)	D-Value (day)
Arcobacter butzleri CAU076011	Chicken meat	4	17.48 ± 14.86[1)]
		−20	3.75 ± 1.36
		−70	10.46 ± 1.60
Arcobacter butzleri CAU076046	Intestinal content	4	8.49 ± 6.35
		−20	3.50 ± 0.94
		−70	7.89 ± 1.69

[1)]All values are mean ± SD

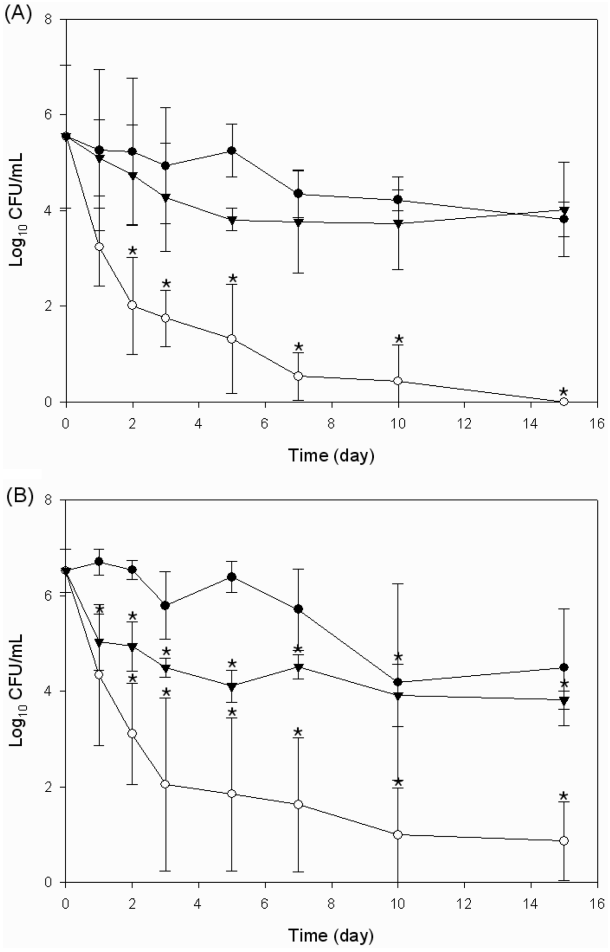

Fig. 2. Populations of Korean *A. butzleri* isolates treated with cold-stress condition. (A) *A. butzleri* CAU076011, (B) *A. butzleri* CAU076046. ● 4ºC, ○ −20ºC, ▼ −70ºC, expressed as viable counts $\log_{10}$ CFU/ mL. Symbol * indicates significantly different ($p < 0.05$).

한 저항성에 차이가 있었다[20]. 선행연구에 사용된 세균의 종류와 배지, 식품의 종류 등의 차이를 감안하더라도 *A. butzleri*의 열에 대한 저항성이 비슷하거나 더 큰 것으로 판단된다. 따라서 *A. butzleri*에 오염된 식품의 식중독 위험과 제어에 관한 다양한 연구가 수행될 필요가 있음을 시사한다.

저온 환경에서 *A. butzleri*의 생육 억제

국내에서 분리된 *A. butzleri* CAU076011과 *A. butzleri* CAU076046을 저온 단기간 저장하였을 경우 생존성 변화는 Fig. 2와 같다. 4ºC와 −70ºC에 15일간 저장된 *A. butzleri* CAU076011의 생존성은 유의적 차이가 없었다. 이에 반해 −20ºC에 노출된 *A. butzleri* CAU076011은 2일 이후 3 log가 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 15일 이후에는 살아있는 균이 검출되지 않았다. 한편 냉장 및 냉동조건에서 *A. butzleri* CAU076046의 생존성은 *A. butzleri* CAU076011과 비슷한 경향을 보였으나, 4ºC와 −70ºC에 10일 이상 저장한 경우 생존성이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 특히 *A. butzleri* CAU076046가 −20ºC 조건에 노출되면 저장 후 1일부터 생존성이 급격히 감소하기 시작하며, 15일 이후에 5.5 log 감소한 것으로 확인되었다($p < 0.05$). Hilton등(2001)의 연구에서는 물에 부유된 정상기의 *A. butzleri* NCTC 12481의 생존성이 −20ºC 조건에 저장 후 1일에 2 log 감소되었으며, 대수기의 *A. butzleri* NCTC 12481의 생존성은 −20ºC 저장 후 1일에 4 log 감소하였다[16]. 선행연구와 같이 −20ºC 저장 1일만에 정체기의 *A. butzleri* 생존성이 2 log 감소하였으며, 지속적인 감소추세를 보였다. 흥미롭게도 Hilton 등(2001)의 연구에서는 대수기의 *A. butzleri*가 7일 이후 모두 사멸하였으나, 정상기의 *A. butzleri* 분리주도 저장 15일에 대부분 사멸하는 대조를 보였다. 본 연구에 사용된 두 개의 균주는 −20ºC 저장조건에서 생존성 감소를 나타내었는데, 이는 *A. butzleri*가 냉동과 해동과정에서 세포 내부의 얼음 결정으로 인한 세포 손상이 크기 때문인 것으로 추정된다[16]. 또한 4ºC 조건에서는 냉동과 해동 과정이 없으므로 세포 손상이 비교적 적으며 −70ºC 조건에 비해 −20ºC에서 *A. butzleri*를 저장할 경우 세포 내부의 얼음 결정으로 인한 세포 손상이 더 큰 것으로 생각된다.

한편 Kjeldgaard등(2009)은 *Arcobacter butzleri* ATCC 49616 가 5ºC 저장조건에서 77일간 생존성이 유지되며, chicken meat juice에 부유한 균액의 생존성이 brain heart infusion broth에 부유한 균액 보다 생존성이 좋다고 하였다[21]. 한편 Hilton 등(2001)이 사용한 *A. butzleri* NCTC 12481은 *A. butzleri* ATCC 49616와 동일한 균주임에도 4ºC 저장조건에서 21일만에 4 log 감소한다고 하였다[16]. 따라서 본 연구 결과는 4ºC 냉장저장 조건에서 15일 이상 *A. butzleri* 의 생존성을 유지하고 있음을 확인할 수 있어, 계육의 육즙이 함유된 식품 또는 *Arcobacter* 오염이 높은 계육의 경우 냉장보관만으로는 안전성 확보가 어려울 것으로 보인다.

EL-Shibiny 등(2009)은 4ºC 조건에서 *Campylobacter coli*와 *Campylobacter jejuni*를 계육의 피부에 오염시켜 저장하였을 경우 24시간 후 2.3 $\log_{10}$CFU/cm^2 감소한 것으로 보고하여, *Campylobacter* spp.가 본 연구의 *A. butzleri*보다 저온조건에서 저항성이 약한 것으로 판단되었다[22]. 한편 계육의 피부 또는 닭 분쇄육에 *Campylobacter* spp.를 접종시킨 후 −22ºC 조건으로 냉동 저장한 경우 생존성이 24시간 후 1–2 log 감소하고 지속적인 감소 경향을 보이지만, 84일간의 저장에도 *Campylobacter*가 검출된다고 보고하였다[12]. 따라서 *A. butzleri*와 *Campylobacter* spp.의 냉장 및 냉동 저장 조건에서의 생존성은 상당히 차이가 있는 것으로 보인다.

본 연구에서는 국내에서 분리된 *A. butzleri*를 열처리와 냉동저장에 따른 생존성 감소효과를 확인하였다. 신종 식중독 병원체로 언급되고 있는 *Arcobacter* spp.는 국내 동물성 식품에 많이 오염되어 있으며 사람에게 감염 사례도 보고되어 위험성이 있는 것으로 판단되나 아직까지 다양한 연구가 수행되지 못하고 있다. 따라서 본 연구결과는 *Arcobacter*

spp. 제어를 위한 기초자료로 활용할 수 있으며, 식품에 오염된 *Arcobacter* spp.를 효과적으로 제어할 수 있는 hurdle technology 개발에도 적용할 수 있을 것이다.

요 약

본 연구에서는 최근 새롭게 출현한 식중독 세균인 *Arcobacter butzleri* 국내 분리 균주를 고온과 냉장 및 냉동조건에 노출시킨 후 생존성을 조사하였다. 열처리를 한 경우 50°C 5분 이후부터 유의적으로 감소하였으며, 60°C와 70°C 열처리 조건에서는 생존성이 급격히 감소하였다. 4°C와 −70°C 온도에 저장할 경우 유의적인 생존성 감소가 없었으나, −20°C 냉동조건에서는 *A. butzleri*의 생존성이 유의적으로 감소하였다. 특히 장내용물에서 분리된 *A. butzleri*는 계육에서 분리된 균주보다 열처리에 저항하는 특징이 있었다. 따라서 고온처리 및 냉동 저장 등은 *A. butzleri*를 효과적으로 제어할 수 있는 기술개발에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 중앙대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. Skirrow, M.B.: *Campylobacter enteritis*: a "new" disease. *Br. Med. J.*, **2**, 9-11 (1977).
2. Vandamme, P., Pugina, P., Benzi, G., Van Etterijck, R., Vlaes, L., Kersters, K., Butzler, J.P., Lior, H., and Lauwers, S.: Outbreak of recurrent abdominal cramps associated with *Arcobacter butzleri* in an Italian school. *J. Clin. Microbiol.*, **30**, 2335-2337 (1992).
3. Ho, H.T., Lipman, L.J., Hendriks, H.G., Tooten, P.C., Ultee, T., and Gaastra, W.: Interaction of *Arcobacter spp*. with human and porcine intestinal epithelial cells. *FEMS Immunol. Med. Microbiol*., **50**, 51-58 (2007).
4. Snelling, W.J., Matsuda, M., Moore, J.E., and Dooley, J.S. Under the microscope: *Arcobacter*. *Lett. Appl. Microbiol*., **42**, 7-14 (2006).
5. De Smet, S., Vandamme, P., De Zutter, L., On, S.L., Douidah, L., and Houf, K.: *Arcobacter trophiarum* sp. nov. isolated from fattening pigs. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*., (in press) (2010).
6. Houf, K. and Stephan, R.: Isolation and characterization of the emerging foodborn pathogen *Arcobacter* from human stool. *J. Microbiol. Methods*, **68**, 408-413 (2007).
7. Hsueh, P.R., Teng, L.J., Yang, P.C., Wang, S.K., Chang, S.C., Ho, S.W., Hsieh, W.C., and Luh, K.T.: Bacteremia caused by *Arcobacter cryaerophilus* 1B. *J. Clin. Microbiol.*, **35**, 489-491 (1997).
8. On, S.L., Stacey, A., and Smyth, J.: Isolation of *Arcobacter butzleri* from a neonate with bacteraemia. *J. Infect*., **31**, 225-227 (1995).
9. Taylor, D.N., Kiehlbauch, J.A., Tee, W., Pitarangsi, C., and Echeverria, P.: Isolation of group 2 aerotolerant *Campylobacter* species from Thai children with diarrhea. *J. Infect. Dis*., **163**, 1062-1067 (1991).
10. Anderson, R.C., Krueger, N.A., Byrd, J.A., Harvey, R.B., Callaway T.R., Edrington, T.S., and Nisbet, D.J.: Effects of thymol and diphenyliodonium chloride against *Campylobacter spp*. during pure and mixed culture in vitro. *J. Appl. Microbiol.*, **107**, 1258-1268 (2009).
11. Rajkovic, A., Tomic, N., Smigic, N., Uyttendaele, M., Ragaert, P., and Devlieghere, F.: Survival of *Campylobacter jejuni* on raw chicken legs packed in high-oxygen or high-carbon dioxide atmosphere after the decontamination with lactic acid/sodium lactate buffer. *Int. J. Food Microbiol*., **140**, 201-206 (2010).
12. Sampers, I., Habib, I., De Zutter, L., Dumoulin, A., and Uyttendaele, M.: Survival of *Campylobacter spp*. in poultry meat preparations subjected to freezing, refrigeration, minor salt concentration, and heat treatment. *Int. J. Food Microbiol.*, **137**, 147-153 (2010).
13. Uradziñiski, J. and Nyesvyetowa, M.: Survival rate of thermotolerant *Campylobacter* on poultry meat during microwave heating. *Pol. J. Vet. Sci*., **12**, 41-44 (2009).
14. Shin, K.S., Son, B.R., and Hong, S.B.: A case of bacteremia caused by *Arcobacter butzleri*. *Korean J. Lab. Med*., **25**, 259-261 (2005).
15. Lee, M.H., Cheon, D.S., Choi, S., Lee, B.H., Jung, J.Y., and Choi, C.: Prevalence of *Arcobacter* species isolated from retail meats in Korea. *J. Food Prot*., **73**, 1313-1316 (2010).
16. Hilton, C.L., Mackey, B.M., Hargreaves, A.J., and Forsythe, S.J.: The recovery of *Arcobacter butzleri* NCTC 12481 from various temperature treatments. *J. Appl. Microbiol*., **91**, 929-932 (2001).
17. Jang, J.S.: Prevalence and antibiotic resistance of *Arcobacter butzleri* in domestic raw meats. *Food Sci. Biotechnol*., **11**, 659-664 (2002).
18. Jang, J.S., Lee, Y.D., and Park, J.H.: Growth inhibition of newly emerging *Arcobacter butzleri* by organic acids and trisodium phosphate. *Korean J. Food Sci. Technol*., **35**, 1169-1173 (2003).
19. Van Driessche, E. and Houf, K.: Survival capacity in water of *Arcobacter* species under different temperature conditions. *J. Appl. Microbiol*., **105**, 443-451 (2008).
20. Sörqvist, S.: Heat resistance in liquids of *Enterococcus spp., Listeria spp., Escherichia coli, Yersinia enterocolitica, Salmonella spp*. and *Campylobacter spp*. *Acta. Vet. Scand*., **44**, 1-19 (2003).
21. Kjeldgaard, J., Jorgensen, K., and Ingmer, H.: Growth and survival at chiller temperatures of *Arcobacter butzleri*. *Int. J. Food Microbiol*., **131**, 256-259 (2009).
22. El-Shibiny, A., Connerton, P., and Connerton, I.: Survival at refrigeration and freezing temperatures of *Campylobacter coli* and *Campylobacter jejuni* on chicken skin applied as axenic and mixed inoculums. *Int. J. Food Microbiol*., **131**, 197-202 (2009).