

돈육에 오염 된 *Arcobacter butzleri*에 대한 자외선 또는 에탄올 처리에 따른 효과

이민화 · 최창순*

¹중앙대학교 자연과학대학 식품영양학과

Effect of UV or Ethanol Treatment on the *Arcobacter butzleri* Contaminated on Pork

Min Hwa Lee and Changsun Choi*

Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea

Abstract

Although *Arcobacter butzleri* is a foodborne emerging pathogen causing gastroenteritis in human and animals, there are a few researches on the physical and chemical control methods. The aim of this study was to investigate the effect of ultraviolet radiation or ethanol treatment on *A. butzleri*. To demonstrate the UV effect, $8 \log_{10}$ CFU/mL of *A. butzleri* were spiked on stainless steel and the pork was then exposed to 250 nm of ultraviolet light for 108-648 mWs/cm². To ascertain the effect of ethanol, *A. butzleri* and *A. butzleri* spiked pork were soaked or sprayed 10, 35 and 70% of ethanol for 10 to 30 min. *A. butzleri* significantly decreased all of the UV doses in stainless steel, whereas, the reduction was just 0.92 ± 0.62 - $1.29 \pm 0.34 \log_{10}$ CFU/mL in pork spiked with *A. butzleri*. In the ethanol groups, *A. butzleri* decreased significantly in 35% or 70% of ethanol in contrast, the bacterial counts were dropped slightly in *A. butzleri* spiked pork groups. Therefore, it is necessary to develop various kinds of control methods or hurdle technology for *A. butzleri*.

Key words: *Arcobacter butzleri*, survival, ultraviolet radiation, ethanol, aerosolization

서 론

Arcobacter species는 최근 새롭게 출현한 식중독 미생물로 그람 음성의 작은 간균이며 *Campylobacter*와 비슷한 성질을 갖고 있으나 더 낮은 온도 환경과 호기적 조건에서도 생육이 가능하다(Vandamme *et al.*, 1992). *Arcobacter* species는 1977년 소의 태아에서 최초 분리되었으며(Ellis *et al.*, 1977) 전 세계적으로 가금류, 돈육, 우육 등 육류 제품에 많이 오염 된 것으로 보고되고 있다(Ho *et al.*, 2008; Kabeya *et al.*, 2004). 국내에 보고된 바에 의하면 시판 가금류 중 18.9%가 *Arcobacter butzleri*에, 3.3%가 *Arcobacter cryaerophilus*에 오염되어 있으며 돈육이나 우육에는 비교적 오염도가 낮은 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2010).

이처럼 *Arcobacter* species는 식육에 많이 오염되어 있어 잠재적으로 사람에게 위험을 주는 균주로 알려져 왔으

나 최근 사람에서 발병된 사례가 증가하고 있어 그 위험성이 커지고 있다. 이탈리아에서는 1983년 Rovigo 지역의 한 탁아소에서 65명의 어린이가 *A. butzleri*로 인해 식중독 증세를 일으킨 사례가 있었다(Vandamme *et al.*, 1992). 1995 태국에서는 설사 증세가 있는 어린이 631명 중 93명의 분변에서 *Campylobacter*가 검출되었다고 보고하였으며 그 중 15명의 분변에서 *A. butzleri* 혹은 *A. cryaerophilus*가 분리 되었음을 보고하였다(Taylor *et al.*, 1991). 그 외에도 영국, 독일, 벨기에 등에서도 *A. butzleri*의 감염을 보고하였으며(Lerner *et al.*, 1994; On *et al.*, 1995; Vandenberg *et al.*, 2004) 멕시코, 과테말라, 인도의 여행력이 있는 여행자 설사병 환자 201명 중 8%가 *A. butzleri*에 감염되었다는 연구도 있다(Jiang *et al.*, 2010). 또한 최근 제 2형 당뇨병 환자가(79%) 건강인(26.2%)에 비해 *A. butzleri*에 잘 감염된다는 보고가 있다(Fera *et al.*, 2010). 우리나라에서는 사람에게서 *Arcobacter* spp.의 발병 사례가 많지는 않으나 국내에서 유통되는 식육에 오염된 정도가 높기 때문에 부적절한 가열 조리 시 *Arcobacter* spp.에 의한 식중독 발생 위험이 클 것으로 예상된다.

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

Arcobacter spp.는 최근 역학조사 및 검출법 연구 등은 많이 진행되고 있으나(Adesiji *et al.*, 2011; Collado and Figueras, 2011) 제어법 연구는 잘 진행되지 않고 있다. 현재까지 진행된 *Arcobacter* spp.의 제어법 연구로는 온도 변화에 따른 *Arcobacter* spp.의 제어법 연구(Kjeldgaard *et al.*, 2009; Lee and Choi, 2011), 유기산을 이용한 제어법 연구(Cervenka *et al.*, 2004), pH 및 NaCl을 이용한 제어법 연구(D'Sa and Harrison, 2005) 등이 이루어 졌으며 자외선 및 에탄올을 이용한 제어법에 대한 연구는 아직까지 이루어진 바가 없다.

UV는 Vacuum UV(100-200 nm), UV-C(200-280 nm), UV-B(280-315 nm) and UV-A(315-400 nm)로 나누어지며 살균 소독의 최적 UV 파장은 245-285 nm로 UV-C가 이에 적합하다(United States Environmental Protection Agency, 1999). 이러한 UVC는 고에너지 광자(photon)를 함유하고 있어 미생물의 DNA에 pyrimidine dimer를 형성하거나 DNA를 변성시키는 작용을 함으로써 세균, 바이러스 및 기생충을 사멸시키는 역할을 한다(Shechmeister, 1983). 또한 자외선은 공기 중이나 액체, 또는 사물의 표면 등 광범위한 범위에서 효과적으로 사용할 수 있으며 조사 후 잔류량이 없고 온도에 영향을 받지 않으며 경제적으로 저렴하여 식품 산업에 많이 이용되고 있다(Wong *et al.*, 1998).

지방족 알코올 중 하나인 에탄올은 의학적 또는 미생물학적으로 가장 빈번하게 사용되는 물질로 다양한 병원성 미생물을 제어하는 것으로 알려져 있다(Pinto *et al.*, 2006). 에탄올은 미생물의 탄화수소 구조에 깊숙이 들어가 지방 구조를 파괴하고 세포막 조직의 세포 단백질을 변형 시킴으로써 미생물을 불활성화 시킨다. 이러한 에탄올은 그람 양성, 그람음성, 항산성 세균에 모두 효과적이며 가장 효과적인 농도는 50-70%로 알려져 있다(Block, 1991). 또한 에탄올은 식품에 일반적으로 사용 가능하며, 저렴하여 쉽게 사용할 수 있다(Larson and Morton, 1991).

본 연구에서는 broth 상의 *A. butzleri*와 식육에 오염된 *A. butzleri*를 에탄올과 자외선으로 처리한 후 생육 정도를 비교함으로써 식품에 오염된 *A. butzleri*에 대한 에탄올과 자외선의 살균 효과를 판단하고자 하였다.

재료 및 방법

샘플준비 및 공시균주

본 연구에서 사용한 돈육 샘플은 2010년 3월부터 6월까지 경기도 안성시 지역의 임의 선정된 소매 정육점 한 곳에서 주기적으로 구매하였으며 돈육의 삼겹살부위를 선택하여 실험에 사용하였다. 각각의 샘플은 3×3 cm²(5 g) 크기로 무균적으로 채취하였다.

본 연구에서 사용된 표준균주 *Arcobacter butzleri* ATCC 49616은 American Type Culture Collection(ATCC)에서 구

매하였으며 *A. butzleri* CAU 076046과 *A. butzleri* CAU 080180은 각각 닭의 장 내용물과 국내 시판 계육의 피부에서 분리하였다. 각각의 분리된 strain은 표준균주와 함께 그람 음성, 과산화수소 분해 양성 반응, 15°C 생존가능, 42°C 생존 불가능, 황화수소 음성반응, hemagglutination 음성 반응 등 생화학적 검사와 다중 중합효소연쇄반응(Multiplex Polymerase Chain Reaction)을 수행하여 *A. butzleri*임을 확인하였다. *A. butzleri*는 Arcobacter Selective Broth(CM0965, Oxoid, Hampshire, UK)에 CAT selective supplement(SR174E, Oxoid, Basingstoke, UK)를 첨가하여 37°C 호기적 조건에서 48시간 동안 배양하여 정지기를 사용하였으며 초기균 수는 8 log₁₀CFU/mL 이상이였다.

자외선 조사 시 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

자외선 파장은 살균 소독의 최적 파장인 UVC(245-285 nm) 중 254 nm의 파장을 선택하였으며(Butler *et al.*, 1987) 선량은 HD 2012.0 photoradiometer(Daehyuntech Co., Korea)로 측정하였다. 3×3 cm² 크기의 스테인리스스틸 표면에 8 log₁₀CFU/mL의 *A. butzleri*를 200 μL씩 접종한 후 30 W의 자외선(G30T8, SANKYO DENKI, Japan)을 254 nm 파장으로 각각 10분(0.18 mW/cm² * 600 s = 108 mWs/cm²), 20분(216 mWs/cm²), 30분(324 mWs/cm²), 40분(432 mWs/cm²), 50분(540 mWs/cm²), 60분(648 mWs/cm²) 간 조사하였으며 자외선을 조사하지 않은 그룹을 대조군으로 하였다. 45 mL의 0.1%(W/V) Peptone Water(218071, BD Difco, USA)가 담긴 50 mL tube에 자외선 조사한 스테인리스스틸을 넣고 vortexing 하여 균질화 시켰다. 균질액은 Peptone Water에 10배 단계 희석하여 Arcobacter Selective Agar(Arcobacter Selective Broth에 1.2%의 Agar를 첨가한 한천배지)에서 37°C 호기적 조건으로 48시간 배양하였다. 배양 후 1 mm의 반투명한 단일 집락을 *A. butzleri*로 판단하여 계수하였다.

자외선 조사 시 육류 식품에 오염된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

3×3 cm² 크기의 돈육 샘플에 8 log₁₀CFU/mL의 *A. butzleri*를 200 μL씩 접종한 후 254 nm 파장의 자외선을 30 W로 각각 10분(108 mWs/cm²), 20분(216 mWs/cm²), 30분(324 mWs/cm²), 40분(432 mWs/cm²), 50분(540 mWs/cm²), 60분(648 mWs/cm²) 간 조사하였으며 자외선을 조사하지 않은 그룹을 대조군으로 하였다. 45 mL의 Peptone Water에 자외선 조사한 샘플을 넣고 stomacher(Interscience bagMixer®, ST Nom, France)로 120 rpm에서 2분간 균질화 하였다. 균질액은 peptone water에 10배 단계 희석하여 Arcobacter Selective Agar에서 37°C 호기적 조건으로 48시간 배양하였다. 배양 후 1 mm의 반투명한 단일 집락을 *A. butzleri*로 판단하여 계수하였다.

에탄올 처리 시 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

에탄올 처리 시 *A. butzleri*의 생육 정도를 검사하기 위해 다양한 농도의 에탄올에 *A. butzleri*를 접종하였다. 50 mL의 10, 35, 70% 에탄올에 $8 \log_{10}$ CFU/mL의 *A. butzleri*를 각각 200 μ L씩 접종한 후 5, 10, 20, 30분 후 vortexing 하였으며 에탄올에 침지하지 않은 샘플을 대조군으로 하였다. Vortexing 한 균질액은 peptone water에 10배 단계 희석하여 Arcobacter Selective Agar에 도말 하였으며 37°C 호기적 조건에서 48시간 배양하여 1 mm의 반투명한 단일 집락을 계수하였다.

에탄올 침지 처리 시 육류 식품에 오염 된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

육류 식품 중 *A. butzleri*가 오염되었을 경우 에탄올 침지 처리 시 *A. butzleri*의 생육 정도를 검사하기 위해서 *A. butzleri*를 접종한 돈육 샘플을 다양한 농도의 에탄올에 침지시켰다. $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 크기의 돈육(삼겹살 부위) 샘플에 $8 \log_{10}$ CFU/mL의 *A. butzleri*를 200 μ L씩 접종하여 50 mL의 10, 35, 70% 에탄올에 5, 10, 20, 30분간 침지시킨 후 stomacher로 120 rpm에서 2분간 균질화 하였다. 균질액은 peptone water에 10배 단계 희석하여 Arcobacter Selective Agar에 도말 하였으며 37°C 호기적 조건에서 48시간 배양하여 1 mm의 반투명한 단일 집락을 계수하였다.

에어로졸 형태의 에탄올 처리 시 육류 식품에 오염 된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

에어로졸은 액체 상태의 물질을 미세한 공기방울 형태로 분사하는 방법으로 병원성 미생물을 제어하는데 사용되고 있다(Lee *et al.*, 2007). $50 \times 25 \times 30 \text{ cm}$ 크기의 model cabinet의 윗부분에 aerosol generator(Royal-G Enterprise, ShenZhen, China)를 연결하여 에탄올이 에어로졸 형태로 분사될 수 있도록 준비하였다. 진동자의 세기는 2.4 MHz였으며 에탄올의 농도는 10, 35, 70%로 에탄올 침지 조건과 동일한 세 가지 농도를 사용하였다. 에탄올의 증발에 의한 진동자의 불안정화를 막기 위하여 멸균수로 위밍업을 한 후 에탄올을 분사하였으며 멸균수가 다 빠져 나갈 수 있도록 위밍업은 1시간 이상 진행하였다. $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 크기의 돈육 샘플에 $8 \log_{10}$ CFU/mL의 *A. butzleri*를 200 μ L씩 접종하여 위밍업 된 model cabinet에 넣고 5, 10, 20, 30분간 에어로졸 상태의 에탄올 처리를 하였다. 균질화 및 배양법은 에탄올 침지 방법과 동일한 방법으로 진행하였다.

통계분석

모든 실험은 3회씩 반복 수행 하였으며 실험 결과의 유의성을 판단하기 위하여 통계 프로그램 SAS(Statistical Analysis System) 9.1 version(Cary, NC, U.S.A)을 이용하

여 분석하였다. 각 군의 결과 값에 대해 one-way ANOVA (analysis of variance) 분석 후 Duncan의 t-test를 통하여 $p < 0.01$ 이상의 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

결 과

자외선 조사 시 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

Broth 상태의 *A. butzleri*를 자외선 조사 하였을 때 *A. butzleri* ATCC 49616, *A. butzleri* CAU 076046, *A. butzleri* CAU 080180 모두 모든 자외선 선량에서 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$)(Fig. 1a). 세 개의 균주 중 *A. butzleri* ATCC 49616의 감소율이 가장 컸으며 108 mWs/cm²일 때 $2.33 \pm 0.41 \log_{10}$ CFU/mL, 216 mWs/cm²일 때 $4.94 \pm 0.39 \log_{10}$ CFU/mL, 324 mWs/cm²일 때 $6.04 \pm 0.35 \log_{10}$ CFU/mL 감소 하였으며 자외선 선량이 432 mWs/cm²일 때 더 이상 검출되지 않았다. 또한 *A. butzleri* CAU 076046 및 *A. butzleri* CAU 080180은 108 mWs/cm²일 때 각각 $2.16 \pm 0.36 \log_{10}$ CFU/mL, 1.93 ± 0.35

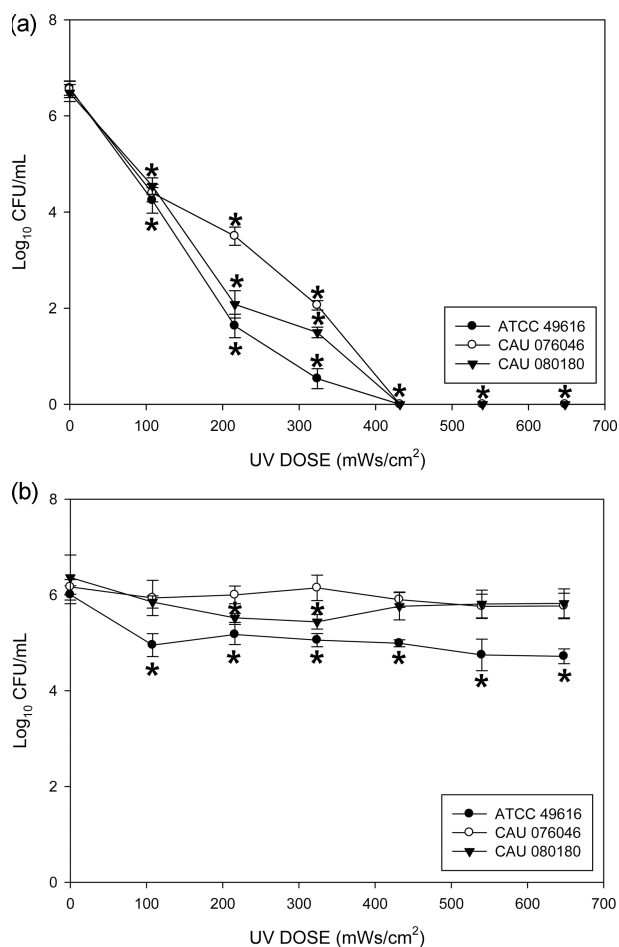


Fig. 1. Population (\log_{10} CFU/mL) of *Arcobacter butzleri* on pork meat treated with various doses of ultraviolet radiation. (a) *Arcobacter butzleri* on the stainless steel, (b) *Arcobacter butzleri* on the pork. Error bars represent standard deviations and the symbol “” is used to indicate statistical significance with $p < 0.01$.**

\log_{10} CFU/mL 감소하였으며, 216 mWs/cm²일 때 3.05 ± 0.36 \log_{10} CFU/mL, 4.40±0.46 \log_{10} CFU/mL, 324 mWs/cm²일 때 4.49 ± 0.27 \log_{10} CFU/mL, 4.98 ± 0.28 \log_{10} CFU/mL 감소 하여 *A. butzleri* ATCC 49616과는 차이가 났으나 432 mWs/cm²일 때는 *A. butzleri* ATCC 49616과 같이 더 이상 검출 되지 않았다.

자외선 조사 시 식품에 오염 된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

돈육에 오염된 *A. butzleri*를 자외선 조사 하였을 경우 Broth 상태의 *A. butzleri*를 자외선 조사 하였을 때에 비하여 상이한 결과가 나타났다. Broth 상태의 *A. butzleri*에 자외선을 조사하였을 경우 *A. butzleri*의 생육 정도는 급격하게 감소하였으나(Fig. 1a) 돈육에 오염된 *A. butzleri*의 감소는 매우 적은 것으로 나타났다(Fig. 1b). *A. butzleri* ATCC 49616의 경우 자외선 선량이 108 mWs/cm²부터 유의적으로 감소하기 시작하여 최고 선량인 648 mWs/cm²에서 총 1.29 ± 0.34 \log_{10} CFU/mL 감소한 것으로 나타났다($p < 0.01$).

A. butzleri CAU 080180의 경우 216 mWs/cm²부터 유의적으로 감소하여 324 mWs/cm²에서 0.92 ± 0.62 \log_{10} CFU/mL 감소한 것으로 나타났으며 그 이후로는 유의적 차가 없는 것으로 나타났다. 반면 *A. butzleri* CAU 076046의 경우 0-648 mWs/cm²의 모든 선량에서 유의적 차가 없는 것으로 나타났으며 최고 감소량 또한 540 mWs/cm²에서 0.41 ± 0.41 \log_{10} CFU/mL인 것으로 나타났다.

에탄올 처리 시 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

Broth 상의 *A. butzleri*에 10% 에탄올을 처리했을 경우 *A. butzleri*의 감소 정도를 Fig. 2a에 나타내었다. 10% 에탄올에서는 *A. butzleri*가 모두 유의적으로 감소하였으며(Fig. 2a) 35% 및 70% 에탄올에서는 *A. butzleri*가 검출되지 않았다(data not shown). *A. butzleri* ATCC 49616을 10% 에탄올로 5분간 처리하였을 경우 1.27 ± 0.36 \log_{10} CFU/mL 감소하였으며 10분간 처리하였을 경우 2.52 ± 0.26 \log_{10} CFU/mL, 20분간 처리하였을 경우 2.99 ± 0.39 \log_{10} CFU/mL, 30분간 처리하였을 경우 4.69 ± 0.56 \log_{10} CFU/mL 감소하였다. 반면

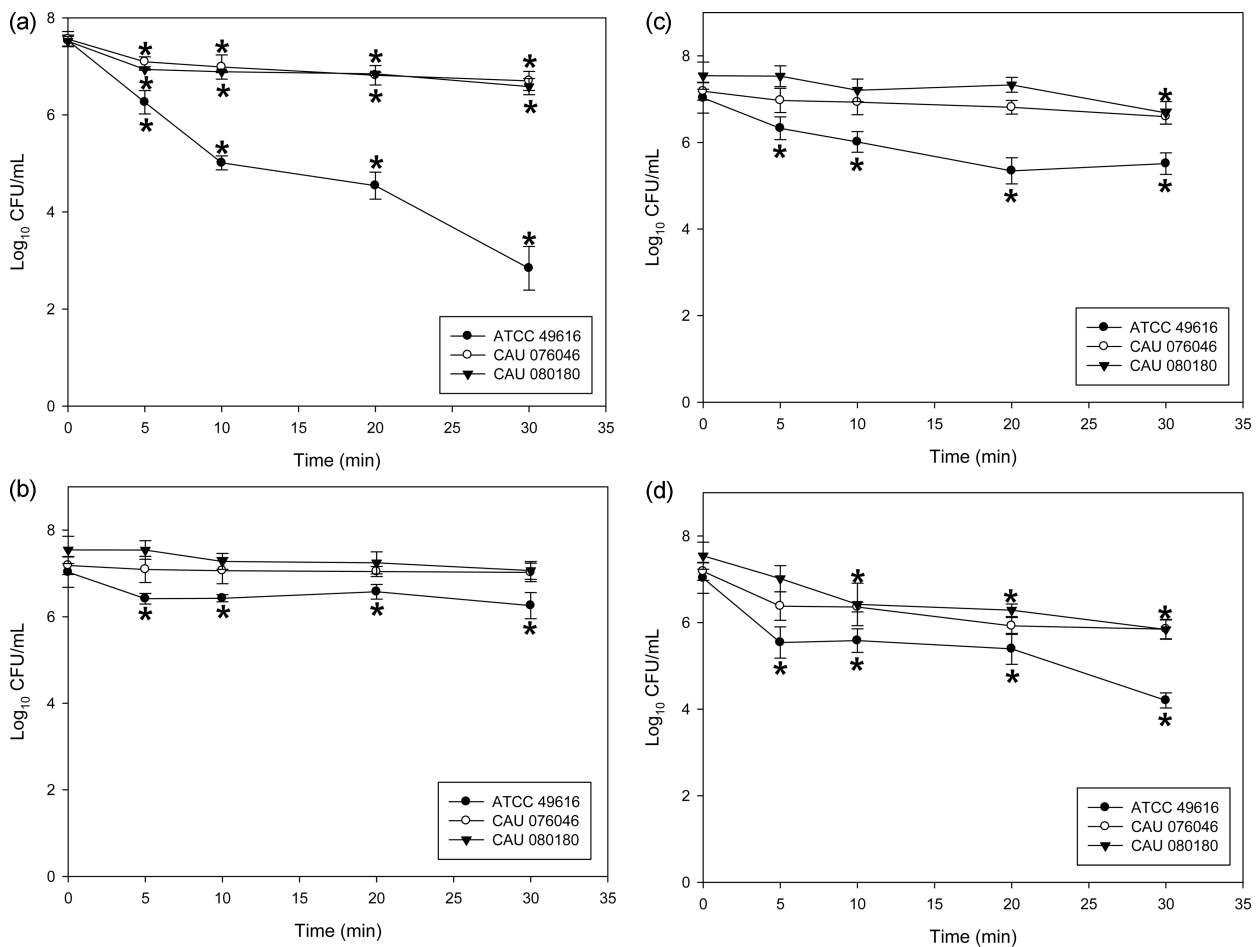


Fig. 2. Population (\log_{10} CFU/mL) of *Arcobacter butzleri* on pork meat soaked with 10%, 35% and 70% of ethanol at various time points. (a) *Arcobacter butzleri* treatment with 10% of ethanol, (b-d) *Arcobacter butzleri* on the pork treatment with 10%, 35% and 70% of ethanol. Error bars represent standard deviations and the symbol “*” is used to indicate statistical significance with $p < 0.01$.

A. butzleri CAU 076046, *A. butzleri* CAU 080180은 30분 처리 후 각각 $0.86 \pm 0.35 \log_{10} \text{CFU/mL}$, $0.93 \pm 0.27 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 씩 감소하였다(data not shown).

에탄올 침지 처리 시 육류 식품에 오염된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

육류 식품에 오염된 *A. butzleri*가 에탄올 처리시 어떠한 변화가 나타나는지에 대하여 Fig. 2b-2d에 나타내었다. *A. butzleri*가 오염된 돈육에 10% 에탄올을 처리하였을 경우 *A. butzleri* ATCC 49616은 5분 후부터 유의적으로 감소하였으며($p < 0.01$) 30분 후에는 대조군에 비해 $0.77 \pm 0.65 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 이 감소하였다(Fig. 2b). 반면 *A. butzleri* CAU 080180 및 *A. butzleri* CAU 076046은 10% 에탄올 처리시 모든 구간에서 유의적 차이를 보이지 않았으며 최대 처리 시간인 30분 후 대조군에 비해 각각 $0.48 \pm 0.52 \log_{10} \text{CFU/mL}$, $0.16 \pm 0.42 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 씩 감소하였다(Fig. 2b). 35% 에탄올을 처리하였을 경우 *A. butzleri* ATCC 49616은 5분 후부터 유의적으로 감소하여 30분 후에는 $1.52 \pm 0.60 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 감소하였으나 *A. butzleri* CAU 080180과 *A. butzleri* CAU 076046은 30분 후부터 각각 $0.86 \pm 0.58 \log_{10} \text{CFU/mL}$, $0.59 \pm 0.38 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 씩 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$)(Fig. 2c). 70% 에탄올을 처리하였을 경우 *A. butzleri* ATCC 49616은 5분 이후부터 유의적으로 감소하여 최종적으로 $2.83 \pm 0.52 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 감소하였으며 *A. butzleri* CAU 080180과 *A. butzleri* CAU 076046 또한 각각 10분, 5분 이후부터 유의적으로 감소하였으나 총 감소량은 $1.70 \pm 0.53 \log_{10} \text{CFU/mL}$, $1.33 \pm 0.43 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 이었다($p < 0.01$)(Fig. 2d).

에어로졸 형태의 에탄올 처리 시 육류 식품에 오염된 *Arcobacter butzleri*의 생육 정도 검사

에어로졸 형태의 에탄올이 육류 식품에 오염된 *A. butzleri*에 미치는 영향을 Fig. 3a-3c에 나타내었다. 10% 에탄올의 경우 30분 동안 처리하여도 유의적 차이가 없으므로 나타났으나(Fig. 3a) 35% 에탄올의 경우 *A. butzleri* ATCC 49616 및 *A. butzleri* CAU 076046은 10분 후부터, *A. butzleri* CAU 080180은 20분 후부터 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$)(Fig. 3b). 70% 에탄올의 경우 *A. butzleri* ATCC 49616 및 *A. butzleri* CAU 076046은 10분 후부터, *A. butzleri* CAU 080180은 30분 후부터 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$)(Fig. 3c). 에어로졸 형태의 에탄올 처리 시 육류 식품에 오염된 *A. butzleri*는 유의적으로 감소하였지만 감소율은 크지 않은 것으로 나타났다. 가장 큰 감소를 나타낸 군은 70% 에탄올을 처리한 *A. butzleri* ATCC 49616 군주로 $1.05 \pm 0.50 \log_{10} \text{CFU/mL}$ 감소한 것으로 나타났다.

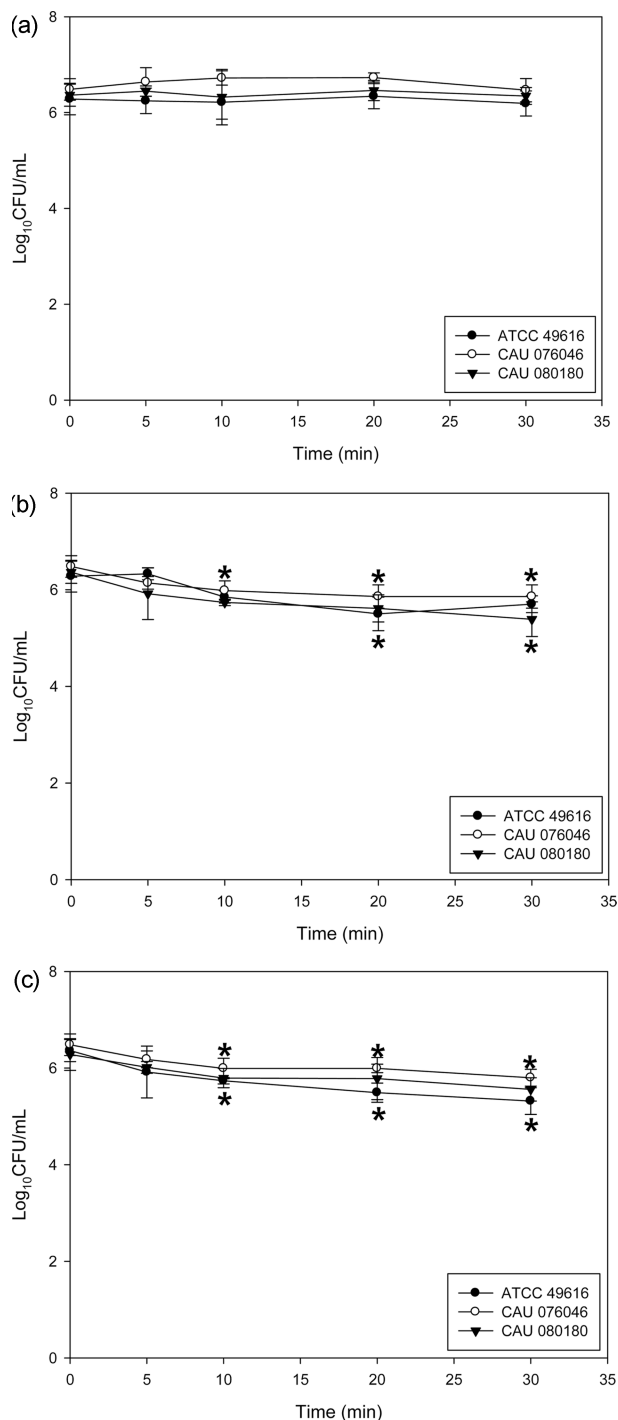


Fig. 3. Population ($\log_{10} \text{CFU/mL}$) of *Arcobacter butzleri* on pork meat treated with 10% (a), 35% (b) and 70% (c) of ethanol through aerosol at various time points. Error bars represent standard deviations and the symbol "*" is used to indicate statistical significance with $p < 0.01$.

고찰

본 연구에서는 주로 식육에 많이 오염되어 사람에게 장염 증세를 일으키는 *A. butzleri*에 대하여 에탄올과 자외선의 소독 효과를 알아보았다. 특히 broth 상의 균체와 식육

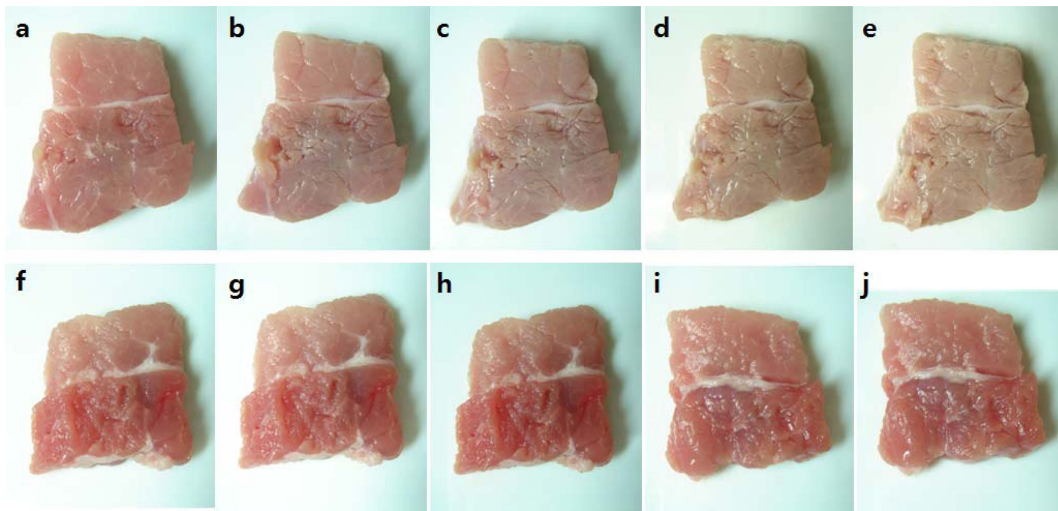


Fig. 4. Sensory evaluation of pork meat treated with soaking and aerosolization of 70% ethanol at various time points. Soaking method (a-e) and aerosol method (f-j). Control (a, f), 5 min (b, g), 10 min (c, h), 20 min (d, i) and 30 min treatment (e, j).

에 오염된 균체의 사멸 정도를 비교함으로써 broth 상의 균체는 에탄올 혹은 자외선으로 쉽게 제어할 수 있으나 식육에 오염된 *A. butzleri*는 다른 병원성 미생물과 같이 에탄올과 자외선으로 제어하기 힘들다는 것을 확인하였다.

Broth 상태의 *A. butzleri*에 자외선을 조사하였을 때 표준균주를 포함한 세 개의 균주 모두 108 mWs/cm²의 선량에서 유의적으로 감소하였으며 432 mWs/cm²의 선량에서 모든 균체가 검출되지 않는 것으로 나타났다. Ha 등 (2010)의 연구에 따르면 504 mWs/cm²의 자외선을 조사하였을 때 *Bacillus cereus*는 2.12 log₁₀CFU/mL, *Cronobacter sakazakii*는 1.64 log₁₀CFU/mL, *Staphylococcus aureus*는 1.02 log₁₀CFU/mL, *Salmonella* Typhimurium은 2.48 log₁₀CFU/mL, *Escherichia coli*는 2.32 log₁₀CFU/mL 감소한 것으로 나타났으며 이는 본 연구에서 수행한 *A. butzleri*가 다른 병원성 미생물에 비해 자외선에 더 민감한 것으로 나타났다(432-540 nms/cm²로 조사될 경우 6.48-6.58 log₁₀CFU/mL 감소). 그러나 Ha 등의 연구에서는 초기균 수가 7-8 log₁₀CFU/mL이었으며 자외선 파장 또한 260 nm로 본 연구의 254 nm와는 다르기 때문에 차이가 있을 것으로 예상된다.

미생물이 자외선에 노출되면 cyclobutyl-type dimer, pyrimidine 부산물, DNA-단백질 교차 생성물(DNA-protein cross-links)을 합성하게 되며 이 때 생성되는 pyrimidine은 광화학에 의한 변성에 저항력이 매우 낮다. 자외선에 의해 pyrimidine이 한 번 손상받게 되면 세포는 불활성화되며 그 미생물은 더 이상 복제되지 않고 위해 요소도 사라지게 된다(Bintsis *et al.*, 2000). 따라서 *A. butzleri*는 broth 상에서 108 mWs/cm² 이상의 자외선으로 DNA 손상이 가능하며 이로 인해 복제능력과 병원성을 상실한 것으로 판단된다.

반면, *A. butzleri*가 식품에 오염되었을 경우 배지 상의

미생물 보다 자외선으로 제어하기 힘든 것으로 나타났다. 식육에 오염된 *A. butzleri*에 자외선을 조사하였을 경우 최고 감소량이 0.41±0.41-1.29±0.34 log₁₀CFU/mL에 지나지 않는 것으로 나타났으며 유의적 차이 또한 *A. butzleri* ATCC 49616과 *A. butzleri* CAU 080180이 각각 108 mWs/cm², 216 mWs/cm²의 선량에서 나타나 broth 상의 균체와는 상이한 결과가 나왔다. 또한 *A. butzleri* CAU 076046의 경우에는 0-648 mWs/cm²의 모든 선량에서 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 이를 통해 UVC는 표면 살균에는 효과가 크지만 식품 매트릭스 속에 있는 *A. butzleri*를 제어하기에는 충분하지 않은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Wong 등(1998)의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. Wong 등은 Tryptic soy agar와 돼지 껍데기, 그리고 돼지 고기 허릿살 부위에 자외선을 조사하여 *Escherichia coli*와 *Salmonella senftenberg*의 제어 여부를 조사하였다. 100 uW/cm²의 자외선을 조사하였을 때 *E. coli*는 TSA에서 5.0±1.0 log 감소하였으나 돼지껍데기 및 돼지 허릿살 부위에서는 각각 1.5±0.5 log, 1.6±0.6 log 감소한 것으로 나타났으며 *S. senftenberg*의 경우 TSA에서 7.4±0.6 log 감소하였으나 돼지껍데기 및 돼지 허릿살 부위에서는 각각 1.9±0.4 log, 3.8±0.8 log 감소한 것으로 나타나 *E. coli*와 *S. senftenberg*가 자외선 조사 시 TSA 표면보다 식품 매트릭스 속에서 감소율이 더 작은 것으로 나타났다.

본 연구에서 수행한 바에 의하면 broth 상의 *A. butzleri*를 10% 에탄올에 5분만 처리하여도 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으며 에탄올이 *A. butzleri*를 제어하는데 효과적이라는 것을 증명하였다. 에탄올은 미생물의 세포벽을 손상시킴으로써 불활성화 시키며(Ha and Ha, 2010) *A. butzleri* 또한 10% 에탄올에도 세포벽이 손상된 것으로 보인다. Ha(2010) 등의 연구에 따르면 10%의 에탄올에 5분간 병원성 미생물을 처리하였을 경우 *B. cereus*는 0.48

\log_{10} CFU/mL 감소하였으며, *C. sakazakii*는 $0.73 \log_{10}$ CFU/mL, *S. aureus*는 $0.12 \log_{10}$ CFU/mL, *Salmonella* Typhimurium은 $0.13 \log_{10}$ CFU/mL *E. coli*는 $0.05 \log_{10}$ CFU/mL 감소한 것으로 보고하여 본 연구의 *A. butzleri*(0.47 ± 0.26 - $1.27 \pm 0.36 \log_{10}$ CFU/mL 감소)의 에탄올에 대한 민감도가 다른 병원성 미생물과 비슷하거나 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 식육에 오염된 *A. butzleri*는 에탄올 처리 시 10%, 35%, 70% 에탄올 모두 유의적 차이가 없거나 감소율이 매우 낮은 것으로 나타났다. 또한 돈육 샘플을 에탄올에 침지했을 경우 육색소가 탈색되는 등 관능적으로 품질 저하가 나타나는 것으로 판단되었다(Fig. 4a-e). 반면 돈육 샘플에 에어로졸 상태의 에탄올을 분무하였을 경우에는 대조군과 차이가 없는 것으로 판단되었다(Fig. 4f-j).

본 연구에서 사용한 *A. butzleri* 세 개의 균주 중 자외선 및 에탄올로 인한 균 수 감소율이 가장 큰 균주는 *A. butzleri* ATCC 49616이었으며 그 다음으로 *A. butzleri* CAU 080180, *A. butzleri* CAU 076046인 것으로 나타났다. 이러한 경향은 broth 상의 균체와 식육 내 오염된 균체 모두 동일한 경향을 보였으며 이는 표준균주에 비해 환경에서 분리한 *A. butzleri* strain이 자외선 및 에탄올에 대한 내성이 더 강하기 때문인 것으로 생각되고, 특히 계육의 피부 보다는 계육의 장 내용물에서 분리한 *A. butzleri* CAU 076046이 외부 스트레스에 대한 내성이 더 강한 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 *A. butzleri*가 자외선과 에탄올로 충분히 제어할 수 있는 균주이나 식품에 오염되었을 경우 쉽게 제어되지 않는 균주임을 확인하였다. 따라서 식품에 오염된 *A. butzleri*에 대해서 다양한 물리적 화학적 살균 소독 방법 및 이를 병합한 hurdle technology 연구가 시급한 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 *Arcobacter* spp. 중 사람에게 위장염을 가장 빈번하게 일으키며 전 세계적으로 식육에 가장 많이 오염되어 있는 *A. butzleri*에 대해 자외선과 에탄올의 살균 효과를 확인하고자 하였다. $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 크기의 스테인리스스틸 표면과 돈육 샘플에 각각 $8 \log_{10}$ CFU/mL의 *A. butzleri*를 $200 \mu\text{L}$ 씩 접종한 후 254 nm 선량으로 108-648 mWs/cm²의 자외선을 조사하였다. 또한 10, 35, 70%의 에탄올에 broth 상태의 *A. butzleri*와 *A. butzleri*를 접종한 돈육을 10-30분 간 침지시키거나 에어로졸 상태로 분무 시켰다. 스테인리스스틸 표면의 *A. butzleri*에 자외선 조사 시 *A. butzleri*는 모든 자외선 선량에서 유의적으로 감소하였으나 돈육에 오염된 *A. butzleri*는 유의적 차이가 없거나 감소율이 매우 적은 것으로 나타났다(최고 감소량 0.92 ± 0.62 - $1.29 \pm 0.34 \log_{10}$ CFU/mL). 또한 broth 상태의 *A. butzleri*에

에탄올을 처리했을 경우 모든 농도의 에탄올에서 *A. butzleri*가 유의적으로 감소하였으나 식육에 오염된 *A. butzleri*는 유의적인 차이가 없거나 감소율이 매우 낮은 것으로 나타났다(10% 에탄올의 최고 감소량은 0.16 ± 0.42 - $0.77 \pm 0.65 \log_{10}$ CFU/mL, 35% 에탄올은 0.59 ± 0.38 - $1.52 \pm 0.60 \log_{10}$ CFU/mL, 70% 에탄올은 1.33 ± 0.43 - $2.83 \pm 0.52 \log_{10}$ CFU/mL).

참고문헌

- Adesiji, Y. O., Coker, A. O., and Oloke, J. K. (2011) Detection of *Arcobacter* in feces of healthy chickens in Osogbo, Nigeria. *J. Food Prot.* **74**, 119-121.
- Bintsis, T., Tzanetaki, E. L., and Robinson, R. K. (2000) Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. *J. Sci. Food Agric.* **80**, 637-645.
- Block, S. S. (1991) Disinfection, sterilization, and preservation. 4th ed, Lippincott Williams & Wilkins, pp. 229-254.
- Butler, R. C., Lund, V., and Carlson, D. A. (1987) Susceptibility of *Campylobacter jejuni* and *Yersinia enterocolitica* to UV radiation. *Appl. Environ. Microbiol.* **53**, 375-378.
- Cervenka, L., Malíková, Z., Zachová, I., and Vytrasová, J. (2004) The effect of acetic acid, citric acid, and trisodium citrate in combination with different levels of water activity on the growth of *Arcobacter butzleri* in culture. *Folia Microbiol.* **49**, 8-12.
- Collado, L., and Figueras, M. J. (2011) Taxonomy, epidemiology, and clinical relevance of the genus *Arcobacter*. *Clin. Microbiol. Rev.* **24**, 174-192.
- D'Sa, E. M., and Harrison, M. A. (2005) Effect of pH, NaCl content, and temperature on growth and survival of *Arcobacter* spp. *J. Food Prot.* **68**, 18-25.
- Ellis, W. A., Neill, S. D., O'Brien, J. J., Ferguson, H. W. and Hanna, J. (1977) Isolation of Spirillum/Vibrio-like organisms from bovine fetuses. *Vet. Rec.* **100**, 451-452.
- Fera, M. T., Russo, G. T., Di Benedetto, A., La Camera, E., Orlando, A., Giandalia, A., Ruffa, V. F., Lanza, G., Lentini, V., Perdichizzi, G., and Cucinotta, D. (2010) High prevalence of arcobacter carriage in older subjects with type 2 diabetes. *J. Biomed. Biotechnol.* **2010**, 489784.
- Ha, J. H., and Ha, S. D. (2010) Synergistic effects of ethanol and UV radiation to reduce levels of selected foodborne pathogenic bacteria. *J. Food Prot.* **73**, 556-561.
- Ho, H. T., Lipman, L. J., and Gaastra, W. (2008) The introduction of *Arcobacter* spp. in poultry slaughterhouses. *Int. J. Food Microbiol.* **125**, 223-229.
- Jiang, Z. D., Dupont, H. L., Brown, E. L., Nandy, R. K., Ramamurthy, T., Sinha, A., Ghosh, S., Guin, S., Gurleen, K., Rodrigues, S., Chen, J. J., McKenzie, R., and Steffen, R. (2010) Microbial etiology of travelers' diarrhea in Mexico, Guatemala, and India: importance of enterotoxigenic *Bacteroides fragilis* and *Arcobacter* species. *J. Clin. Microbiol.* **48**, 1417-1419.
- Kabeya, H., Maruyama, S., Morita, Y., Ohsuga, T., Ozawa,

- S., Kobayashi, Y., Abe, M., Katsube, Y., and Mikami, T. (2004) Prevalence of *Arcobacter* species in retail meats and antimicrobial susceptibility of the isolates in Japan. *Int. J. Food Microbiol.* **90**, 303-308.
14. Kjeldgaard, J., Jørgensen, K., and Ingmer, H. (2009) Growth and survival at chiller temperatures of *Arcobacter butzleri*. *Int. J. Food Microbiol.* **131**, 256-259.
15. Larson, E. L. and Morton, H. E. (1991) Disinfection, Sterilization and reservation. 4th ed, Lea and Febiger, UK, pp. 191-203.
16. Lee, M. H., Cheon, D. S., Choi, S., Lee, B. H., Jung, J. Y., and Choi, C. (2010) Prevalence of *Arcobacter* species isolated from retail meats in Korea. *J. Food Prot.* **73**, 1313-1316.
17. Lee, M. H. and Choi, C. (2011) Survival of *Arcobacter butzleri* under the heat and freezing storage. *J. Fd. Hyg. Safety* **26**, 31-35.
18. Lee, S. Y., Jung, J. H., Jin, H. H., Kim, Y. H., and Oh, S. W. (2007) Inhibitory effect of aerosolized commercial sanitizers against foodborne pathogens. *J. Fd. Hyg. Safety* **22**, 235-242.
19. Lerner, J., Brumberger, V., and Preac-Mursic, V. (1994) Severe diarrhea associated with *Arcobacter butzleri*. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* **13**, 660-662.
20. On, S. L., Stacey, A., and Smyth, J. (1995) Isolation of *Arcobacter butzleri* from a neonate with bacteraemia. *J. Infect.* **31**, 225-227.
21. Pinto, R., Lichter, A., Danshin, A., and Sela, S. (2006) The effect of an ethanol dip of table grapes on populations of *Escherichia coli*. *Postharvest Biol. Technol.* **39**, 308-313.
22. Shechmeister, I. L. (1983) Sterilization by ultraviolet irradiation: In Disinfection, Sterilization, and Preservation. 3rd ed, Lea and Febiger, Philadelphia, pp. 553-560.
23. Taylor, D. N., Kiehlbauch, J. A., Tee, W., Pitarangsi, C., and Echeverria, P. (1991) Isolation of group 2 aerotolerant *Campylobacter* species from Thai children with diarrhea. *J. Infect. Dis.* **163**, 1062-1067.
24. United States Environmental Protection Agency (1999) Alternative disinfectants and oxidants guidance manual: Chapter 8. Ultraviolet radiation. Office of water, USA, pp. 8.1-8.25.
25. Vandamme, P., Pugina, P., Benzi, G., Van Etterijck, R., Vlaes, L., Kersters, K., Butzler, J. P., Lior, H., and Lauwers, S. (1992) Outbreak of recurrent abdominal cramps associated with *Arcobacter butzleri* in an Italian school. *J. Clin. Microbiol.* **30**, 2335-2337.
26. Vandenberg, O., Dediste, A., Houf, K., Ibekwem, S., Souayah, H., Cadranet, S., Douat, N., Zissis, G., Butzler, J. P. and Vandamme, P. (2004) *Arcobacter* species in humans. *Emerg. Infect. Dis.* **10**, 1863-1867.
27. Wong, E., Linton, R. H., and Gerrard, D. E. (1998) Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiol.* **15**, 415-423.

(Received 2011.8.31/Revised 2012.1.28/Accepted 2012.3.16)