

이온화칼슘이 도계과정 중 도체표면의 미생물 교차오염에 미치는 영향

박병성^{1†} · 진지영²

[†]강원대학교 동물생명과학대학, ²주식회사 지투지
(2016년 6월 20일 접수; 2016년 12월 23일 수정; 2016년 12월 29일 채택)

Effects of ionized calcium on microbial cross-contamination in surface of carcass via slaughter process of chickens

B.S. Park^{1†} · J. Y. Jin²

¹College of Animal Life Science, Kangwon National University,
Chuncheon 200-701, ²g2g Co. Ltd, Yonginsi Kyungkido 446-901, Korea
(Received June 20, 2016; Revised December 23, 2016; Accepted December 29, 2016)

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of ionized calcium treatment on total bacterial cross-contamination of chicken carcass surface in the slaughtering process. The growth of *Escherichia coli* was strongly inhibited in a medium prepared by using a 0.5% ionized calcium solution. The total bacterial cross-contamination of chicken carcass surface and the scalding water was significantly increased as the number of scalding was increased ($p < 0.05$). The total bacterial cross-contamination of chicken carcass surface reached a plateau without a further increase as scalding was performed consecutively for 10 or more times. The total bacterial cross-contamination of the scalding water was significantly increased as the number of scalding was increased ($p < 0.05$). The total bacterial cross-contamination of chicken carcass surface of the chickens raised on a floor type farm was significantly higher than that of the chickens raised in a battery cages ($p < 0.05$). The total bacterial cross-contamination of chicken carcass surface of the chickens raised on a floor type farm was significantly lower in the 0.5% ionized calcium solution treatment group than in the control group ($p < 0.05$).

Keywords : Ionized calcium, bacteria, chicken, *Escherichia coli*, scalding

[†]Corresponding author
(E-mail: bspark@kangwon.ac.kr)

1. 서론

닭고기는 값이 싸고 영양학적 가치가 높아 세계 육류 소비량의 30%를 차지하고 있으며 웰빙의 영향으로 국내 소비량이 계속 증가하고 있다. 닭고기 품질의 신선도 유지와 관련한 미생물학적 위해요소 관리는 매우 중요하다[1-2]. 닭고기는 대부분이 영세한 도계장에서 연속적인 공정으로 생산하기 때문에 미생물의 교차오염에 의해 품질이 저하되기 쉽다. 도계과정 중 도체 및 계육 표면에 오염되어 있던 미생물이 생 닭고기를 저장, 유통하는 과정 중 증식하면서 지방산패와 함께 육질의 변화가 일어나서 닭고기의 품질저하, 저장기간을 단축 및 위생적으로 위해요소가 된다. 닭을 도계할 때 도계장에서 발생하는 미생물의 교차오염을 최소화할 수 있다면 안전하고 위생적인 닭고기의 생산이 가능하다. 도계 시 여러 가지 다양한 물질을 사용하여 생닭 도체의 표면에 미생물을 최소화하여 신선도를 유지하려는 노력이 시도되고 있다[3-4]. 생 닭고기는 고기의 질이 연하여 미생물의 번식이 쉽고 도계과정의 첫 단계인 방혈 후 깃털을 제거하기 위하여 55°C의 물에서 3분 동안 담갔다 꺼내는 탕침 과정에서 탕침액을 통한 미생물의 교차오염이 심각한 실정임으로 알려졌다. 이를 해결하기 위한 핵심기술의 개발은 닭고기의 신선도를 유지하는 데 매우 중요한 과제이다. 우리나라의 경우 계절별 기온 차가 크고 지역별 산재해 있는 도계 시설 및 유통기관 마다 처리방법과 시설의 편차가 커서 미생물의 교차오염으로 도계장 위생환경 및 유통과정 제어를 통한 식품 안전성 확보가 중요한 현안으로 떠오르고 있다. 도계 시 미생물의 교차오염은 탕침, 세척, 냉각 과정 중에서 쉽게 일어날 수 있으며 미생물의 증식에 기인하여 저장성이 짧아지는 것으로 보고되었다[5-6].

굴, 피조개 껍질 등의 패각류를 소성한 후 마그네슘과 인 등의 불순물을 고온에서 연소한 후 순도 99% 이상의 수용성 이온화칼슘(CaO, Calcium oxide, ionized calcium)을 제조하는 기술이 개발되고 있다[7-8]. 이온화칼슘은 항균활성[8-10], 채소의 염소살균 소독 대체효과[11] 및 식품의 저장기간을 연장할 수 있기 때문에 식품산업에서 사용이 점점 늘어나고 있다[8, 12]. 도계과정 중 미생물의 교차오염을 줄여서 닭고기의 저장, 유통에 따른 생닭의 신선도를 유지할 수 있는 신 기술 개발은 시급히 개선해야 할 과

제이다. 그러나 도계과정에서 발생하는 미생물의 교차오염 방지와 관련한 연구는 보고된 것이 거의 없다. 도계과정 중 탕침횟수가 증가함에 따라서 미생물의 교차오염도가 증가하며 평사사육 닭은 케이지사육 닭에 비해서 미생물 오염도가 높은 것으로 알려졌다[5]. 본 연구는 이온화칼슘의 처리가 도계과정 중 발생하는 도체표면 미생물의 교차오염 방지에 관한 효과를 조사하였다. 그 방법으로 탕침횟수에 따른 미생물 교차오염도가 서로 다르고 시료별 탕침횟수 및 실험방법에서 약간씩 다르게 처리하여 비교하였다.

2. 실험

2.1. 실험동물

출하 당일 경기도 안성시 소재한 양계 농장으로부터 육계 300수를 공급받아서 이용하였다.

2.2. 실험 1. 이온화칼슘 용액의 *Escherichia coli* 억제효과

*Escherichia coli*의 성장억제 효과를 조사한 예비실험에서 서로 다른 수준의 이온화칼슘 용액을 처리하였을 때 이온화칼슘 0.5%를 포함하는 용액에서 최적의 억제효과를 나타낸다는 점을 확인하였다[13]. 이온화칼슘 0.5%를 함유하는 용액을 이용하여 *Escherichia coli*의 성장억제 효과를 대조구와 처리구로 구분하여 각각 5반복으로 측정하였다. 대조구로서 이온화칼슘을 포함하지 않는 일반 증류수 1리터, 그리고 처리구로서 이온화칼슘 0.5% 용액 1리터를 이용하여 각각의 시험용 배지를 제조하였다. Nutrient agar (Difco, USA) 23 g씩을 달아서 각각 일반증류수 및 이온화칼슘 용액 1리터와 혼합하여 시험용 배지를 제조하였다. 121°C에서 15분간 멸균을 실시한 후 15 mL를 배양접시에 분주해서 고체배지를 제조하였다. 활성화된 *Escherichia coli* (KCTC 1039)를 10⁶까지 희석 후 100 uL를 고체배지에 분주한 다음 도말하였다. 37°C에서 24시간 배양 후 콜로니를 카운트하였고 log CFU/mL로써 균수를 나타냈다.

2.3. 실험 2. 케이지 사육 닭의 일반 탕침수 처리 후 세균수 변화

케이지 사육으로 생산한 체중 1.3 kg의 닭 200마리를 탕침 직전에 경추탈골에 의해 희생시킨 후 경동맥 절단으로 방혈을 실시하여 실험용

도계 생닭을 얻었다. 55°C의 일반 탕침수 10리터를 탕침 횟수에 따라서 줄어드는 양을 다시 채워 일정한 량의 탕침수를 유지하면서 각각 10개의 반복으로 구분하여 배치하였다. 서로 다른 도계 생닭을 마리 당 회 당 3분씩 탕침을 연속적으로 실시하였다. 탕침 온도와 시간을 55°C, 3분으로 조절한 이유는 탕침 후 진행되는 닭털 뽑기가 가장 수월하였기 때문이었다. 5개의 반복 당 각각 20회 탕침을 연속적으로 실시한 후 닭털을 제거하여 도체표면 미생물의 교차오염도를 측정하기 위한 생닭을 얻었다. 탕침 횟수별로 각각 3, 5, 7, 10, 15, 20회 생닭을 이용하여 도체표면의 등, 다리, 가슴 부위에 멸균된 알루미늄 포일틀(10 cm²)을 부착하였다. 포일 틀이 부착된 부위에서 멸균 증류수 1 mL를 흡착시킨 멸균 면봉을 사용하여 상하, 좌우로 각각 3회씩 시료를 채취하였다. 면봉시료를 멸균 증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시하였다. 희석시료 액 1 mL를 Petrifilm (RAC, Rapid Aerobic Count plate, 3M Co, St Paul, Mn, USA)에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 탕침 횟수별로 각각 3, 5, 7, 10, 15, 20회 탕침수 1 mL를 멸균증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시한 도체 표면 미생물의 측정 방법과 동일하게 Petrifilm에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 생닭 도체표면의 균수(CFU/cm²) 및 탕침수 내 균수(CFU/mL)를 카운트하였다.

2.4. 실험 3. 평사사육 닭의 일반 탕침수 처리 후 세균수 변화

평사에서 사육한 체중 1.3 kg의 닭 100마리를 탕침 직전에 경추탈골에 의해 희생시킨 후 경동맥 절단으로 방혈을 실시하여 실험용 도계 생닭을 얻었다. 55°C의 일반 탕침수 10리터를 탕침 횟수에 따라서 줄어드는 양을 다시 채워 일정한 량의 탕침수를 유지하면서 각각 10개의 반복으로 구분하여 배치하였다. 서로 다른 도계 생닭을 마리 당 회 당 3분씩 탕침을 연속적으로 실시하였다. 5개의 반복 당 각각 10회 탕침을 연속적으로 실시한 후 닭털을 제거하여 도체표면 미생물의 교차오염도를 측정하기 위한 생닭을 얻었다. 탕침 횟수별로 1, 5, 7, 10회의 생닭을 이용하여 각각 도체표면의 등, 다리, 가슴 부위에 멸균된 알루미늄 포일 틀(10 cm²)을 부착하였다. 포일 틀이 부착된 부위에서 멸균 증류수 1 mL를 흡착시킨 멸균 면봉을 사용하여 상하, 좌우로 각각 3회씩 시

료를 채취하였다. 면봉시료를 멸균 증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시하였다. 희석시료 액 1 mL를 Petrifilm (RAC, Rapid Aerobic Count plate, 3M Co, St Paul, Mn, USA)에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 탕침 횟수별로 1, 5, 7, 10회의 탕침수 1 mL를 각각 멸균증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시한 도체 표면 미생물의 측정 방법과 동일하게 Petrifilm에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 생닭 도체표면의 균수(CFU/cm²) 및 탕침수 내 균수(CFU/mL)를 카운트하였다.

2.5. 실험 4. 평사사육 닭의 이온화칼슘 탕침수 처리 후 세균수 변화

평사에서 사육한 체중 1.3 kg의 닭 200마리를 탕침 직전에 경추탈골에 의해 희생시킨 후 경동맥 절단으로 방혈을 실시하여 실험용 도계 생닭을 얻었다. 55°C의 이온화칼슘 0.5% 용액 탕침 횟수에 따라서 줄어드는 양을 다시 채워 일정한 량의 탕침수를 유지하면서 각각 10개의 반복으로 구분하여 배치하였다. 이온화칼슘 용액을 0.5%로 조절한 이유는 서로 다른 수준의 이온화칼슘을 포함하는 용액을 제조하여 진행한 예비실험에서 0.5% 첨가 시 우수한 점을 확인하였기 때문이다. 서로 다른 도계 생닭을 마리 당 회 당 3분씩 탕침을 연속적으로 실시하였다. 10개의 반복 당 각각 10마리씩의 탕침을 연속적으로 실시한 후 닭털을 제거하여 도체표면 미생물의 교차오염도를 측정하기 위한 생닭을 얻었다. 각각 탕침 10회의 생닭을 이용하여 도체표면의 등, 다리, 가슴 부위에 멸균된 알루미늄 포일 틀(10 cm²)을 부착하였다. 포일 틀이 부착된 부위에서 멸균 증류수 1 mL를 흡착시킨 멸균 면봉을 사용하여 상하, 좌우로 각각 3회씩 시료를 채취하였다. 면봉시료를 멸균 증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시하였다. 희석시료 액 1 mL를 Petrifilm (RAC, Rapid Aerobic Count plate, 3M Co, St Paul, Mn, USA)에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 각각 탕침 10회의 탕침수 1 mL를 멸균증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10⁴까지 단계별로 희석을 실시한 도체 표면 미생물의 측정 방법과 동일하게 Petrifilm에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 생닭 도체표면의 균수(CFU/cm²) 및 탕침수 내 균수(CFU/mL)를 카운트하였다.

2.6. 통계처리

얻어진 모든 자료에 대한 통계적 분석은 SPSS/Windows 21.0 (statistical package for the social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 처리구에서 나타난 평균값에 대하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 던칸의 다중검정법 및 t-검정에 의하여 95% 신뢰수준에서 자료의 통계적인 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

이온화칼슘을 포함하지 않는 일반 증류수 및 이온화칼슘 0.5%를 포함하는 용액으로 제조한 배지에서 *Escherichia coli*의 배양실험 결과, 일반 증류수군에서 8.01 개의 콜로니 형성을 나타냈으나 이온화칼슘 0.5%를 포함하는 용액 처리군에

서는 콜로니가 전혀 관찰되지 않았다(Table 1, Fig. 1). Sawai등(2001)은 산화칼슘은 살균력을 지닌다고 보고하였으며[14]. Chae 등(2013)은 남해안 청정지역의 패각을 1,300°C-1500°C 고온에서 소성하여 만들어진 고순도 산화칼슘 분말을 이용하여 액상 항균 코팅제와 고상 항균 첨가제로 제조하고 이를 다양한 공기 정화용 필터 소재에 적용하였을 때 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*에 대한 항균력 99.9%로 나타난다는 점을 보고하여 본 결과를 지지해준다[15].

케이지에서 사육한 닭을 55°C 일반 탕침수로서로 다른 도체를 각각 3분씩 연속하여 20회 탕침을 실시하였고 닭털을 뽑아낸 후 조사한 생닭 도체표면 및 탕침수의 미생물의 교차 오염도는 탕침 횟수가 증가함에 따라서 유의하게 높아졌다($p < 0.05$, Fig. 2, 3, 4). 생닭 도체표면의 미생물의 교차 오염도(CFU/cm²)는 탕침 횟수가 증가할

Table 1. Antibiotic activity of medium of solution containing 0.5% ionized calcium on growth of *Escherichia coli* (CFU/mL)

	Medium of distilled water	Medium of solution containing 0.5% ionized calcium
Nutrient agar	8.01	N.D

(n=5), ND: not detected.

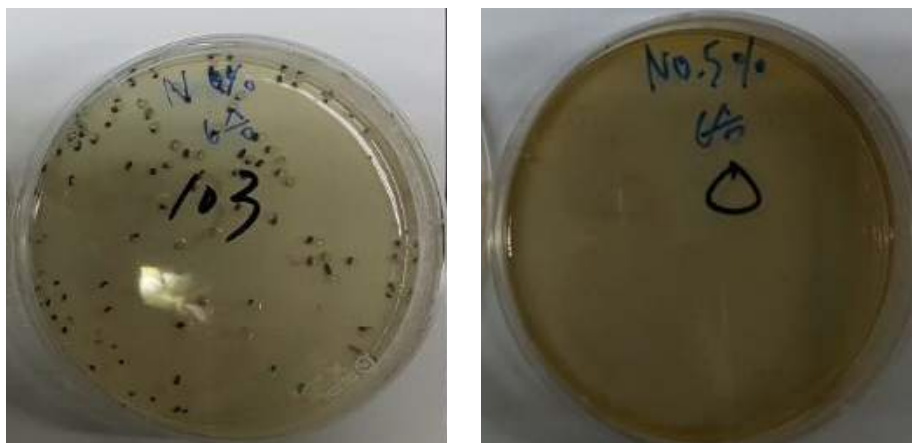


Fig. 1. Antibiotic activity of medium of solution containing 0.5% ionized calcium on growth of *Escherichia coli*. Left: medium of distilled water, Right: medium of solution containing 0.5% ionized calcium.

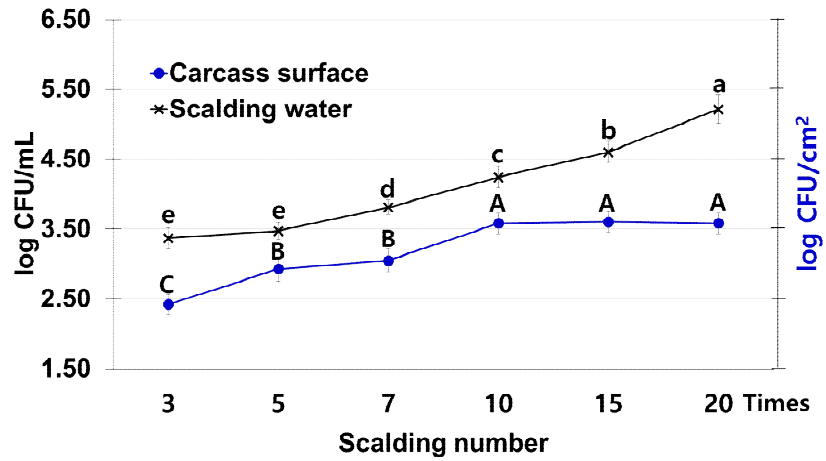


Fig. 2. Changes of total bacterial counts in surface of carcass and scalding water according to scalding number of cage chickens (CFU/cm²). Bars represent standard error of mean values (n=5). ^{a,b,c,d,e}Difference letters represent significant between treatment groups in scalding water (p<0.05). ^{A,B,C}Difference letters represent significant between treatment groups in carcass surface (p<0.05).

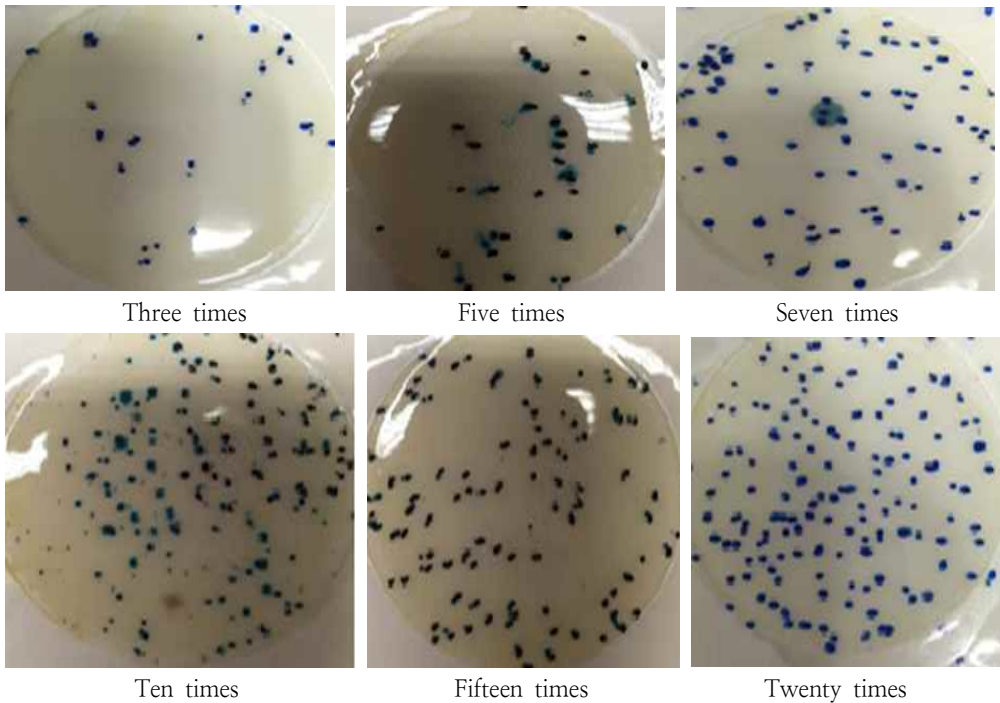


Fig. 3. Pictures of total bacterial counts in surface of carcass after scalding of cage chickens.

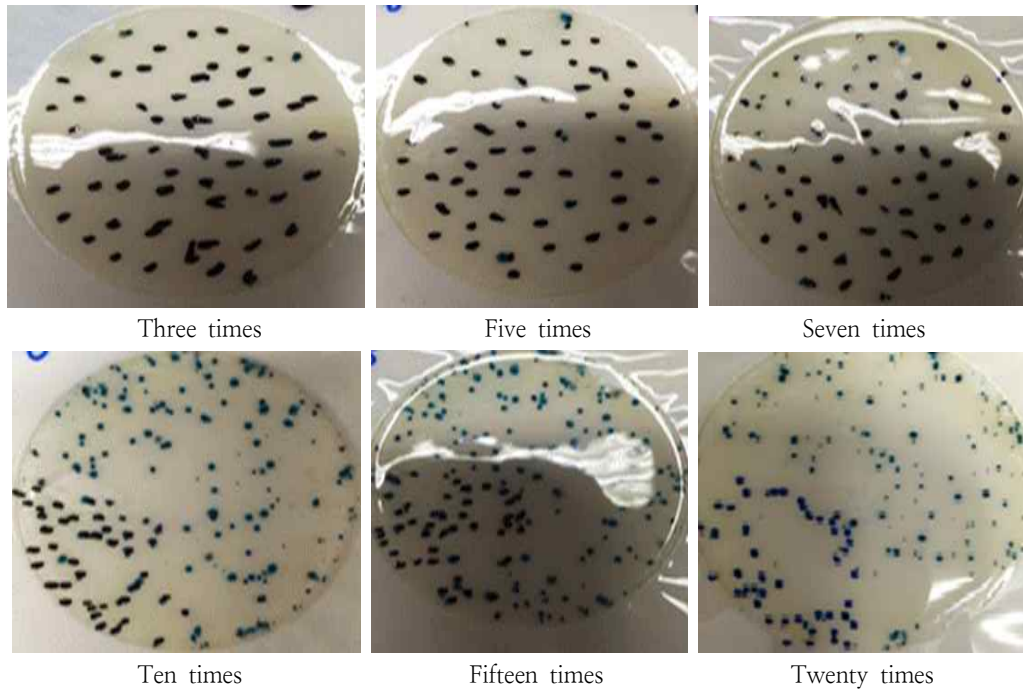


Fig. 4. Pictures of total bacterial counts in scalding water after scalding of cage chickens.

수록 3회 2.42에서 5, 7, 10, 15, 20회 각각 2.93, 3.05, 3.58, 3.60, 3.58로 유의하게 증가하였다. 탕침수의 세균수 교차 오염도(CFU/mL)는 3회 3.37에서 5, 7, 10, 15, 20회 각각 3.47, 3.81, 4.24, 4.60, 5.21로 탕침 횟수가 증가함에 따라서 유의하게 증가함을 알 수 있었다($p < 0.05$). 본 결과, 생닭 도체표면의 미생물 교차오염도는 20회까지 탕침을 계속하였을 때 10회 탕침에서 더 이상 미생물이 증가하지 않는 안정점(plateau)에 도달하였다. 따라서 이온화칼슘 용액을 처리할 때 10회 탕침이 적절할 것으로 판단되었다. 도계 과정에서 미생물의 교차오염도가 높은 이유는 양계장에서 사육한 닭을 동물복지가 불량한 트럭에 탑재하여 원거리 수송 및 환경이 열악하고 영세하기 때문일 것으로 판단된다. 식육의 도축장 세균오염도는 작업장의 낙하균, 작업자의 위생상태, 세척수에 기인하지만 계절에 관계없이 수송 후 도체의 총균수가 가장 높은 것으로 조사된 바 있다[16].

평사에서 사육한 닭을 55°C 일반 탕침수로 서로 다른 도체를 각각 3분씩 연속하여 20회 탕침을 실시하였고 닭털을 뽑아낸 후 조사한 생닭 도

체표면 및 탕침수의 미생물의 교차 오염도는 탕침 횟수가 증가함에 따라서 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$, Fig. 5, 6, 7). 생닭 도체표면의 미생물의 교차 오염도(CFU/cm²)는 탕침 횟수가 증가할수록 1회 5.21에서 5, 7, 10회 각각 5.29, 5.54, 5.65로 유의하게 증가하였다. 탕침수의 미생물 교차오염도(CFU/mL)는 1회 4.64에서 5, 7, 10회 각각 5.18, 5.33, 5.67로 탕침 횟수가 증가함에 따라서 유의하게 증가함을 알 수 있었다($p < 0.05$). 평사에서 사육한 닭에서 탕침 횟수를 10회로 조절된 이유는 케이지에서 사육한 닭의 미생물 교차오염도를 조사하였을 때 10회 처리 시 미생물이 더 이상 증가하지 않는 안정점에 도달한다는 사실을 확인하였기 때문이었다. 케이지사육 닭과 비교하였을 때 평사사육 닭에서 미생물의 교차오염도가 높았음을 알 수 있는데 이는 닭이 자라는 동안 바닥에 깔린 분뇨로 오염된 깔짚과 접촉 회수가 많거나 또는 지지분한 환경에서 무리를 이루어 자라는 동물의 사회적 특성에 기인한 것으로 볼 수 있다.

평사에서 사육한 닭을 55°C 이온화칼슘 0.5% 용액으로 서로 다른 도체를 각각 3분씩 연속하여

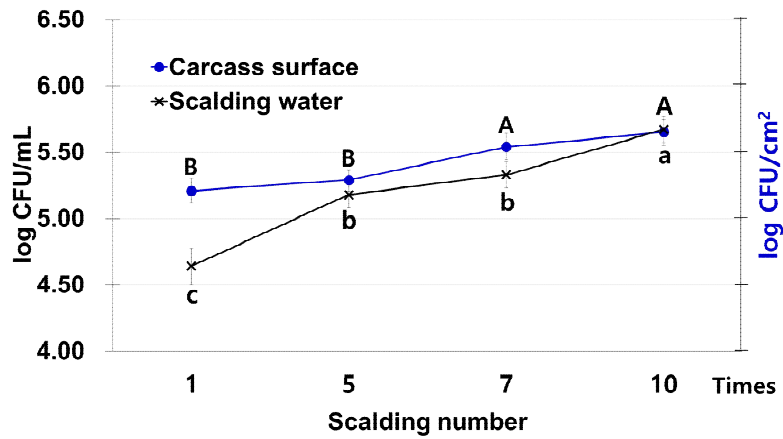


Fig. 5. Changes of total bacterial counts in surface of carcass and scalding water according to scalding number of floor type chickens (CFU/cm²). Bars represent standard error of mean values (n=5). ^{a,b,c}Difference letters represent significant between treatment groups in scalding water (p<0.05). ^{A,B}Difference letters represent significant between treatment groups in carcass surface (p<0.05).

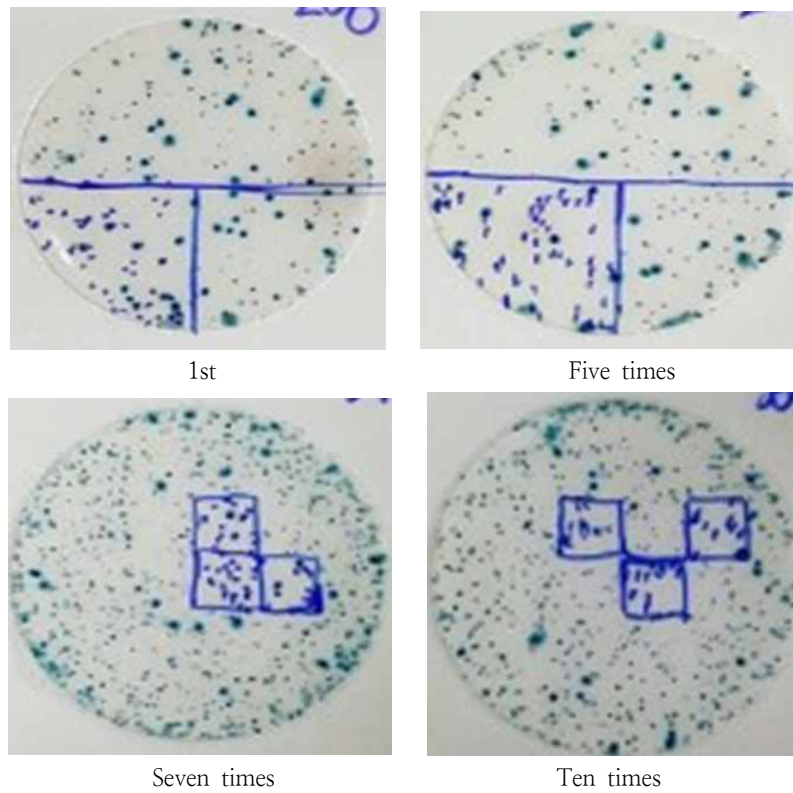


Fig. 6. Pictures of total bacterial counts in surface of carcass after scalding of floor type chickens.

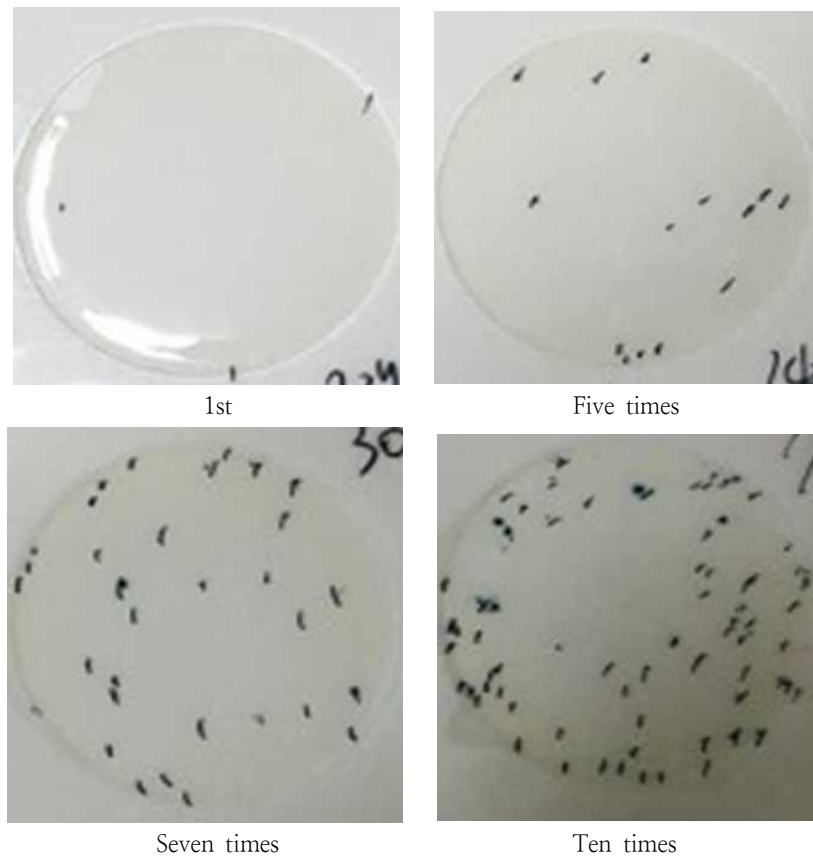


Fig. 7. Pictures of total bacterial counts in scalding water after scalding of floor type chickens.

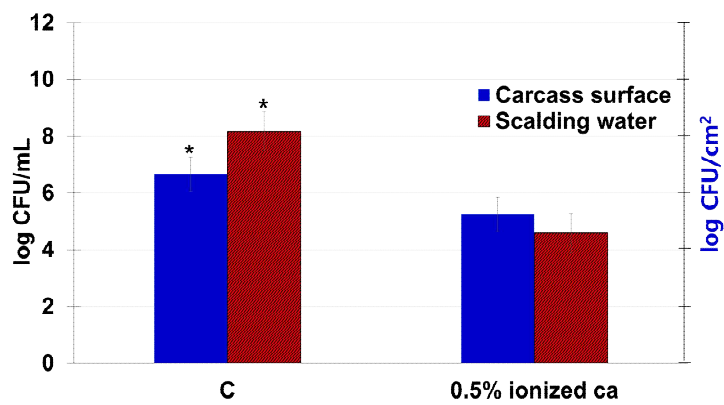


Fig. 8. Changes of total bacterial counts in surface of carcass and scalding water by solution of 0.5% ionized calcium of floor type chickens. Bars represent standard error of mean values. *(p<0.05 between control group and 0.5% ionized calcium group).

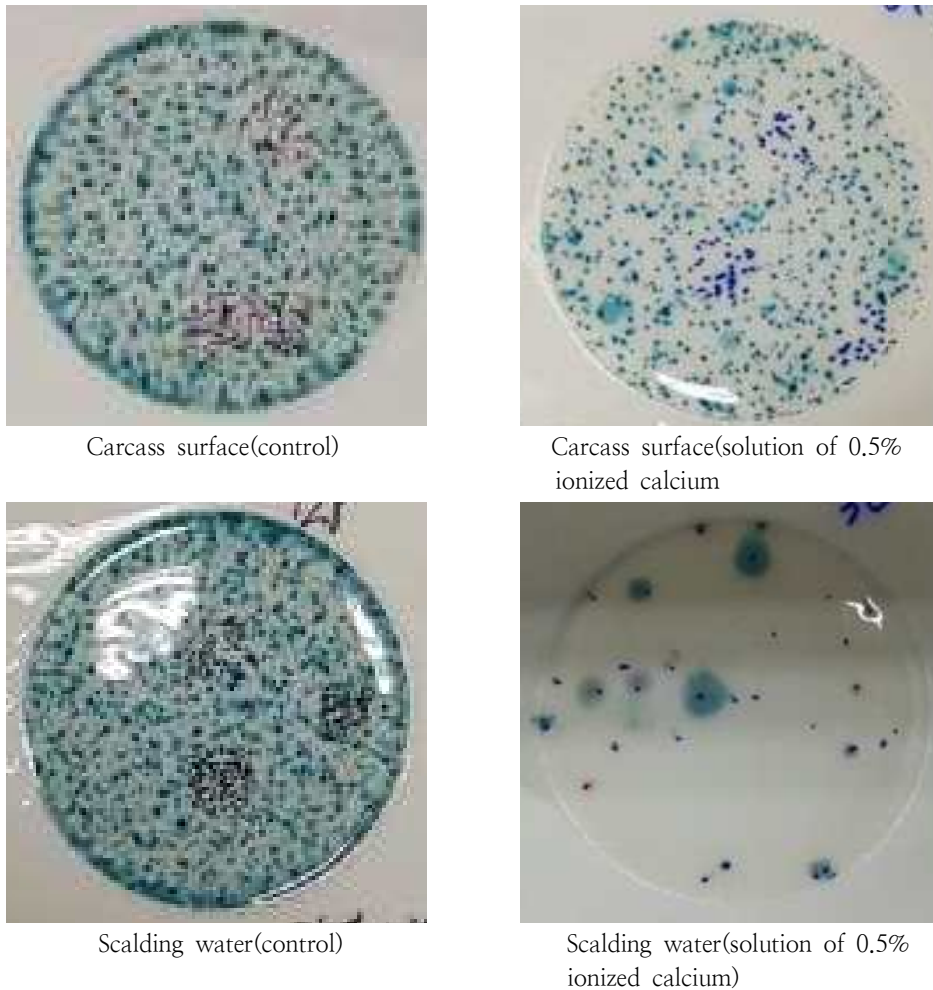


Fig. 9. Changes of total bacterial counts in surface of carcass and scalding water by solution of 0.5% ionized calcium of floor type chickens.

10회 탕침을 실시한 이후 생닭 도체표면의 세균수 교차 오염도(CFU/cm²)는 대조군 6.65와 비교할 때 5.23으로 낮아졌으며, 55°C 이온화칼슘 0.5% 용액 탕침수의 세균수 교차 오염도(CFU/ml)는 8.16에서 4.58로 유의하게 낮아짐을 알 수 있었다($p < 0.05$, Fig. 8, 9). 결과는 도계 과정 중 탕침을 실시할 때 0.5% 이온화칼슘 용액을 처리해주면 생닭 도체표면의 미생물 교차오염을 낮출 수 있다는 사실을 확인하였다. 생닭의 신선도를 유지하기 위한 도체표면 미생물의 교차오염을 방지하려는 다양한 노력이 시도되고 있으며 Kim과 Lee(2002)는 구연산과 아염소산나트륨

혼합물이 육계 넓적다리 표면 미생물의 성장을 억제하는 것으로 보고하였다[17]. 칼슘과 수산화이온의 확산은 수산화칼슘을 녹이는 용매와도 영향이 있다. 지금까지 수산화칼슘의 효과를 증진시키기 위해 다양한 용매에 녹여 항균작용을 보고하였으나 생닭에 대한 처리효과는 보고된 바가 거의 없다[18]. 도축장에서 생산되는 생닭 도체표면 미생물의 교차오염도는 매우 심각한 실정이다. 웰빙을 선호하는 소비자 기호도를 만족시킴과 동시에 위생적이고 안전한 축산물 공급이라는 점에서 볼 때 본 연구결과는 크게 도움이 될 것으로 판단된다[19].

감사의 글

본 연구는 중소기업산학연협력센터 2015년 산학연협력 기술개발사업(일반첫걸음)사업(C0329015)의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

References

1. E.J. Choi, Y.B. Chung, J.S. Kim, and H.H. Chun, Effects of freezing and thawing treatments on natural microflora, inoculated *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter jejuni* on chicken breast, *J. Food Hyg. Saf.*, 31, 42-50 (2016).
2. S.H. Hong, N.Y. Park, H.J. Jo, E.Y. Ro, Y.M. Ko, Y.J. Na, K.C. Park, B.G. Choi, K.J. Min, J.K. Lee, J.S. Moon, and K.S. Yoo, Risk ranking determination of combination of foodborne pathogens and livestock or livestock products, *J. Food Hyg. Safety*, 30, 1-12 (2015).
3. M.S. Lee, S.H. Kim, S.H. Moon, and Y.H. Kim, Inhibitory effects of natural additives on pathogenic microorganisms growth during storage of commercial chicken, *Korean J. Food Sci. Technol*, 47, 574-578 (2015).
4. H.S. Chae, C.N. Ahn, Y.M. Yoo, A.R. Jang, S.G. Jeong, J.S. Ham and S.H. Cho, Effect of water uptake rate of chicken on lipid oxidation, color of meat, and microbes of chicken during storage, *Korean J. Poult. Sci.* Vol. 35, No.3, 247-253 (2008).
5. J.S. Bailey, J.E. Thomson, and N.A. Cox, Contamination of poultry during processing. In: The microbiology of poultry meat products. Schweigert B. S. (ed) Academic Press, Inc., USA (1987).
6. H.S. Chae, J.C. Na, H.C. Choi, M.J. Kim, H.T. Bang, H.K. Kang, D.W. Kim, O.S. Suh, J.S. Ham, and A. Jang, Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on quality of chicken breast, *Korean J. Food Sci. Ani. Resour*, 31, 100-106 (2011).
7. J. Sawai, H. Miyoshi, H. Kojima, Sporidical kinetics of *Bacillus subtilis* spores by heated scallop shell powder, *J. Food Prot*, 66, 1482-1485 (2003).
8. N.S. Kang, Y.J. Choi, Y.S. Park, E.S. Sohn, S.K. Pyo, S.C. Kang, H.A. Eum, and E.H. Sohn, Development of ionic calcium as food additives; Market and technology trends analysis. *Biomat. Res.* 12, 141-147 (2008).
9. J. Sawai, M. Satoh, S.H. Horikawa, and H. Kojima, Heated scallop-shell powder slurry treatment of shredded cabbage, *J. Food Prot*, 64, 1579-1583 (2001).
10. J. Sawai, Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay, *J. Microbiol. Methods*, 54, 177-182 (2003).
11. J.G. Kim, H. Nimitkeatkai, J.W. Choi, and S.G. Lee, The Effects of calcinated calcium solution washing and heat treatment on the storage quality and microbial growth of fresh-cut broccoli, *J. Bio-Environment. Control*, 21, 411-418 (2012).
12. S.Y. Kim, Y.M. Choi, D.O. Noh, S.Y. Cho, and Y.J. Suh, The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu, *Food Chem*, 103, 155-160 (2007).
13. D.H. Choi, B.S. Park, and J.Y. Jin. Effects of cooling water treatment with ionized calcium on calcium content and quality of fresh chicken meat in poultry slaughtering process. *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, 33, 577-588 (2016).
14. J. Sawai, H. Shiga, and H. Kojima, Kinetic analysis of death of bacteria in CaO powder slurry, *Int. Biodete. Biodegr*, 47, 23-26(2001).
15. S.Y. Chae, J.R. Kim, and W.J. Lee, Development of anti-bacterial coating materials using the ionized oyster shell powder, *Theories and Applications of*

- Chem. Eng.*, 19, 736-740 (2013).
16. Y.S. Oh, and S.H. Lee, Hygienic quality of beef and distribution of pathogens during cut-meat processing, *J. FdHyg. Safety*, 16, 96-102 (2001).
 17. T.H. Kim, and Y.H. Yi, The effect of citric acid and sodium chlorite mixtures on the growth of microorganisms from broiler thigh surface, *Korean J. Food Sci. Anim. Res.*, 22, 44-49 (2002).
 18. K.G. Stuart, C.H. Miller, C.E. Brown, and C.W. Newton, The comparative antimicrobial effect of calcium hydroxide, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 72, 101-104 (1991).
 19. W.M. Hwang, S.M. Lee, H.S. Hwang, and J.H. Han, Survey on the contamination of microorganisms in chicken meat from slaughterhouse in Incheon area, *Korean J. Vet. Public Health*, 28, 59-65 (2004).