

닭고기 저장 동안 천연첨가물에 의한 병원성 미생물 억제 효과

이막순 · 김승혜 · 문소희 · 김양하*
이화여자대학교 식품영양학과

Inhibitory Effects of Natural Additives on Pathogenic Microorganisms Growth during Storage of Commercial Chicken

Mak-Soon Lee, Seunghae Kim, Sohee Moon, and Yangha Kim*

Department of Nutritional Science and Food management, Ewha Womans University

Abstract The purpose of this study was to examine the antimicrobial effects of natural additives on pathogenic microorganisms in commercial chicken during storage. Chicken skin (20 cm²) inoculated with *Salmonella* Typhimurium or *Pseudomonas aeruginosa* was treated with 2% natural additives, including chitosan, epigallocatechin gallate (EGCG) and garlic, during storage at 4°C for 12 days. A combination of the three natural additives significantly inhibited growth of *S. Typhimurium* compared to treatment with chitosan, EGCG or garlic alone ($p<0.05$). This combination also inhibited growth of *P. aeruginosa* compared to treatment with one or two of the natural additives ($p<0.05$). These results suggest that combined chitosan, EGCG, and garlic may be used as an antimicrobial agent in commercial chicken during refrigerated storage.

Keywords: antibacterial effect, natural additive, chicken, pathogenic microorganism

서 론

전 세계적으로 식품 매개로 인한 병원성 세균 식중독에 대한 관심과 필요성이 강조됨에 따라 WHO에서도 주요 원인과 해결책에 대한 중요성이 논의되고 있다(1). 그 중 *Salmonella*는 세계적으로 식품매개 질병을 일으키는 원인으로 가장 흔하게 보고되고 있는 식중독 유발 병원성 세균이다. *Salmonella*의 최초 보고 이후, 미국, 스페인, 브라질, 태국 등 전 세계적으로 집단 발생 보고가 있다(2-5). 또한 2007년 미국에서도 *Salmonella*에 의한 집단 발생의 사례가 지속적으로 보고되고 있으며, 그 발생수의 96%는 식품에 의하여 야기된 것으로 추정되었다(6). 최근 우리나라에서도 대구, 경북 지역에서 식품에 의한 *Salmonella* 감염 집단 식중독 발생 사례가 분석된 바 있다(7).

이러한 가운데, 인간에게 *Salmonella*를 일으키는 데 주된 원인이 되고 있는 식품은 가공류를 들 수 있다. 닭고기에서 *Salmonella*의 노출은 닭의 도축과정에서부터 시작되어 소매점, 운반시간, 가정에서의 저장시간 및 온도변화에 따라 영향을 받고 있음이 보고되었다(8). 국내산 냉장 닭고기의 저장 기간 동안 이화학적 그리고 미생물학적 연구를 실시한 바에 따르면 도계장, 도매점 및 소매점 유통 그리고 4°C 냉장 동안 품질저하에 의한 상품성 감소의 유발 가

능성이 높은 것으로 밝혀졌다(9). 냉장 유통되는 닭고기의 위생과 안전성에 영향을 미치는 미생물학적 인자는 저온, 호기성 상태에서 육류의 부패를 일으키는 미생물인 *Pseudomonas*의 오염과 증식인 것으로 알려져 있다(10). *Pseudomonas* 세균은 인체에 폐렴, 설사 등의 질병을 야기하는 병원성 미생물로 보고되고 있다(11).

이러한 이유로 식품의 저장 기간 동안 미생물에 의한 식품의 변질이나 부패를 방지하고 질병으로 인한 피해를 줄이기 위하여, 여러 보존제를 식품에 사용해 왔지만 그에 따라 보존제의 안전성 또한 중요한 이슈로 제기되었다. 이에 항균성 물질을 가진 보존제를 인체에 무해한 천연물에서 얻기 위한 연구가 활발히 진행되어왔다. 지금까지 알려진 천연 항균성 물질 중 식품을 비롯한 여러 분야에서 이용되고 있는 키토산(chitosan)은 자연계에서 셀룰로오스 다음으로 많이 존재하는 다당류로, 미생물의 생육을 억제하는 항미생물 효과가 뛰어나다고 알려져 있어 식육제품에 널리 이용되고 있다(12). 녹차에서 추출된 카테킨은 에피카테킨(epicatechin (EC)), 에피갈로카테킨(epigallocatechin (EGC)), 에피카테킨갈레이트(epicatechin gallate (ECG)) 및 에피갈로카테킨 갈레이트(epigallocatechin gallate (EGCG))의 4 종류로 나뉘는데 이 중 EGCG가 전체 카테킨의 40~50%를 차지하며, 녹차의 폴리페놀 중 EGCG가 강력한 항균 효과가 있다고 보고되었고(13,14), 마늘 또한 닭고기 소세지 저장기간 동안 산화방지 및 미생물 생장 억제 효과가 있다고 알려졌다(15-17). 그러나 아직까진 천연 첨가물인 키토산, EGCG와 마늘 등의 배합에 의한 병원성 미생물 생장 억제 효과는 연구되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 닭고기 저장 기간 동안 키토산, EGCG와 마늘 등의 천연 첨가물 배합 처리에 의한 *Salmonella* Typhimurium (*S. Typhimurium*)과 *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) 등의 병원성 미생물 생장 억제 효과를 조사하였다.

*Corresponding author: Yangha Kim, Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

Tel: 82-2-3277-3101

Fax: 82-2-3277-2862

E-mail: yhmoon@ewha.ac.kr

Received May 4, 2015; revised September 8, 2015;

accepted September 9, 2015

재료 및 방법

실험 재료

병원성 미생물은 *S. Typhimurium* (KCCM 11862)와 *P. aeruginosa* (ATCC 21636)를 한국미생물보존센터(서울, 한국)에서 구입하였다. 천연첨가물은 수용성 고분자 키토산(Chitosan, Mirae Biotech Co., Gyeonggi-do, Korea), 녹차 카테킨 EGCG (EGCG, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다. 본 실험에 사용된 마늘 가루는 산지(고흥, 전라남도, 한국)에서 구입한 생마늘을 냉동 건조하여 분말화한 시료를 (주)대상(Seoul, Korea)으로부터 제공받아서 사용하였다. 유기산은 뷰티리산(butyric acid, Sigma Chemical Co.)과 아세트산(acetic acid, Sigma Chemical Co.)을 사용하였다.

닭고기 시료 준비

닭고기 시료는 내장과 머리를 제거한 닭고기(1.2-1.5 kg)를 단 위 시장의 유통업자로부터 구입하여 0-4°C 냉장실에 보관하고 1 시간 이내에 실험에 사용하였다. 또한 닭고기의 껍질 표면을 60 mm 접시에서 20 cm²/piece 원형크기로 잘라 위생수를 처리하였다. 위생수를 처리하는 방법은 다음과 같다. 20 cm²/piece로 자른 닭고기 껍질 조각을 100 ppm 하이포염소산(Hypochlorous acid, Daejung Chemical&metals Co., Gyeonggi-do, Korea)에 담근 후에 30분 정도 침지한 뒤 살균 3차 증류수로 3번에 걸쳐 세척하고 위생화된 스테인레스강 채반 위에서 5분간 정지 후 물기를 제거하여 사용하였다. *S. Typhimurium*과 *P. aeruginosa*의 병원성 미생물은 60 mm 접시에 20 cm²/piece 크기의 닭고기 껍질 표면 위에 각각 10⁶ CFU/mL씩 접종하였다. 닭고기 껍질은 4°C 냉장조건 하에서 12일 동안 저장 6일 간격으로 2회에 걸쳐 항병원성 미생물 효과를 조사하였다.

병원성 미생물 배양

본 연구에 사용된 병원성 미생물은 *S. Typhimurium*과 *P. aeruginosa*를 사용하였으며 냉동 건조된 미생물 균주는 살균된 생리식염수로 희석시킨 다음 tryptic soy broth (TSB, Difco, Detroit, MI, USA) 배양배지에 접종한 후 37°C 배양기에서 24시간 동안 진탕 배양하여 사용하였다.

항미생물 제재 준비 및 처리

항미생물 제재는 수용성 고분자 키토산(MW: 200 kDa), 녹차 카테킨 EGCG (95%), 마늘(마늘 분말 100%), 뷰티리산 및 아세트산을 첨가물로 사용하였다. 각각 첨가물의 2% 최종 농도는 단독 처리 할 때 첨가물 2g을 물에 용해하여 100 mL이 되게 하고, 두 가지 처리 할 때는 각각 1g+1g을 물에 용해하여 100 mL이 되게 하였으며, 세 가지 처리 할 때는 각각 1g+1g+1g을 물에 용해하여 150 mL이 되게 하였다. 이 첨가물은 Whatman 거름종이(No 3)로 여과한 다음 다시 0.45 µm와 0.2 µm 주사기 필터를 이용하여 단계별로 여과한 첨가물을 실험에 사용하였다. *S. Typhimurium*과 *P. aeruginosa*의 병원성 미생물은 60 mm 접시에 20 cm²/piece 크기의 닭고기의 껍질 표면 위에 각각 10⁶ CFU/mL씩 접종하였다. 병원성 미생물이 접종된 닭고기 껍질 표면 위에 단독, 두 가지 혹은 세 가지 배합한 첨가물 1 mL씩을 시료 표면에 처리하고, 대조군(control)은 살균된 생리식염수를 처리하여 4°C 냉장조건 하에서 6일 혹은 12일 저장기간 동안 병원성 미생물 억제 효과를 조사하였다.

미생물학적 분석

닭고기 껍질 20 cm²/piece의 시료는 10 mL의 살균된 생리식염수가 첨가된 50 mL의 원심분리 튜브에 옮겨 1분간 교반기(vortex mixer)로 혼합하여 균질화한 다음 시료를 취하여 분석에 이용하였다. 각 시료는 살균된 생리식염수에 적합한 농도(1/10, 1/100, 1/1000, 1/100,000)로 10진법 단계별 희석하여 도말하였다. *S. Typhimurium*과 *P. aeruginosa*의 분석은 영양우무배지(Nutrient Agar, Difco) 위에서 37°C, 24시간 배양 후 분석하였다. 각각의 배지 위에서 형성된 집락 수는 log CFU/cm²로 환산하여 표시하였다.

통계처리

모든 실험결과는 SPSS 19.0 (SPSS, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 분석하였다. 분석수치는 실험군당 평균과 표준편차로 나타내고, 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 Tukey's multiple range test에 의하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

S. Typhimurium의 성장 억제 효과

미생물에 의한 식품의 변질이나 부패를 방지하기 위하여 각종 보존제를 사용하여 왔지만 대부분의 경우에 그 안전성이 문제로 제기됨에 따라 최근에는 인체에 무해한 천연물 중의 항균성 물질을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 유기산은 항진균성과 항균성 등의 강력한 항미생물 작용을 하기 때문에 식육 가공처리과정에서 미생물 성장 억제제로 이용되고 있으며, 가축 사료 및 곡물의 보존제로도 사용되고 있다(18-19). 본 연구에서 미생물 첨가 조건 하에서 무처리군을 음성 대조군으로 사용하였고 유기산 처리군을 양성 대조군으로 사용하였다. 닭고기 냉장 저장기간 동안 천연첨가물 배합에 의한 병원성 미생물 억제 효과를 조사하기 위해 닭고기의 껍질 표면 20 cm²/piece에 키토산, 마늘과 EGCG 등의 첨가물을 2% 농도로 단독 혹은 배합 처리하여 4°C 냉장조건 하에서 6일 혹은 12일 동안 저장 한 후 병원성 미생물 성장 억제 효과를 조사하였다. 천연첨가물 처리 농도는 이전의 논문(20)에서 키토산과 EGCG 각각에 의한 닭고기 표피의 *S. Typhimurium* 성장 억제 효과에 대한 결과를 바탕으로 2% 농도를 결정하였다. 즉, 키토산에 의한 *S. Typhimurium* 성장 억제 효과는 0.5%, 1% 및 2% 키토산에서 농도 의존적으로 억제 효과를 나타내었으나 이에 반해 EGCG는 2% 농도에서만 유의적인 억제 효과를 나타내었다. 이에 본 연구에서는 키토산, EGCG와 마늘의 첨가물 배합에 따른 닭고기 표피의 미생물 성장 억제 효과에 중점을 두었으므로 2% 농도의 첨가물 배합 조건에 따른 미생물 억제 효과를 비교하였다. 닭고기 저장기간 동안 첨가물 처리에 의한 *S. Typhimurium* 성장 억제 효과는 Table 1에 나타내었다. 저장 6일째 첨가물 키토산, 마늘 및 EGCG 등을 단독으로 처리하였을 때 *S. Typhimurium* 세균 수는 대조군에 비해 각각 1.15, 0.23 및 0.44 log CFU/cm² 감소하였다. 첨가물 키토산+마늘, 키토산+EGCG 및 마늘+EGCG 등을 두 가지 배합 처리하였을 때 각각 1.30, 1.47 및 0.89 log CFU/cm² 감소하였다. 세 가지 첨가물 키토산+마늘+EGCG를 배합 처리하였을 때 3.10 log CFU/cm²로 다른 처리 군에 비해 크게 감소한 것으로 나타났다(p<0.05). 저장 12일째 첨가물 키토산, 마늘 및 EGCG 등을 단독으로 처리하였을 때 대조군에 비해 각각 1.59, 1.20 및 0.38 log CFU/cm²

Table 1. Changes of *S. Typhimurium* in the chicken treated with 2% additives during storage at 4°C

Treatment	Storage days	
	6	12
NaOCl (100 ppm)	ND ¹⁾	ND
Control ²⁾	6.30±0.68 ^{a3)4)}	7.31±0.76 ^a
Butyric acid	3.14±0.18 ^c	2.69±0.39 ^b
Acetic acid	3.25±0.16 ^{bc}	2.61±0.54 ^b
Chitosan	5.14±0.52 ^a	5.72±0.65 ^a
Garlic	6.07±0.77 ^a	6.11±0.57 ^a
EGCG	5.86±0.85 ^a	6.93±0.76 ^a
Chitosan+garlic	5.00±0.47 ^a	5.65±1.35 ^a
Chitosan+EGCG	4.83±0.41 ^{ab}	5.65±0.31 ^a
Garlic+EGCG	5.41±0.74 ^a	6.20±0.25 ^a
Chitosan+garlic+EGCG	3.19±0.20 ^c	2.68±0.28 ^b

¹⁾ND: Not Detected (Detection limit: <1.0 Log CFU/cm²)

²⁾Control was treated with saline (0.9% NaCl) without additive on *S. Typhimurium* in the chicken.

³⁾Values are expressed as mean±standard deviation of three replications.

^{4)abc}Means with different letters within a same column are significantly different ($p<0.05$).

감소하였으며, 첨가물 키토산+마늘, 키토산+EGCG 및 마늘+EGCG 등을 두 가지 배합 처리하였을 때 각각 대조군에 비해 1.66, 1.66 및 1.11 log CFU/cm² 감소하였다. 세 가지 첨가물 키토산+마늘+EGCG를 배합 처리하였을 때 4.63 log CFU/cm²로 다른 처리 군에 비해 크게 감소하여 *S. Typhimurium*의 생장 억제 효과가 높은 것으로 나타났다($p<0.05$). 유기산인 뷰티르산과 아세트산을 처리하였을 때 *S. Typhimurium* 생장 억제 효과는 전 저장 기간을 통하여 계속 지속되었다($p<0.05$). 이와 같은 결과들은 키토산, EGCG와 마늘을 세 가지를 배합한 첨가물이 닭고기 저장 동안 *S. Typhimurium* 생장 억제에 유용하게 이용될 수 있음을 시사하고 있다.

P. aeruginosa 생장 억제 효과

닭고기 저장기간 동안 첨가물 처리에 의한 *P. aeruginosa* 생장 억제 효과는 Table 2에 나타내었다. 저장 6일째 첨가물 키토산, 마늘 및 EGCG 등을 단독으로 처리하였을 때 *P. aeruginosa* 세균 수는 대조군에 비해 각각 1.0, 0.26 및 0.34 log CFU/cm² 감소하였다. 첨가물 키토산+마늘, 키토산+EGCG 및 마늘+EGCG 등을 두 가지 배합 처리하였을 때 각각 1.19, 1.31 및 0.54 log CFU/cm² 감소하였다. 세 가지 첨가물 키토산+마늘+EGCG를 배합 처리하였을 때 3.23 log CFU/cm²로 다른 처리 군에 비해 크게 감소한 것으로 나타났다($p<0.05$). 저장 12일째 첨가물 키토산, 마늘 및 EGCG 등을 단독으로 처리하였을 때 대조군에 비해 각각 1.49, 0.99와 0.82 log CFU/cm² 감소하였으며, 첨가물 키토산+마늘, 키토산+EGCG 및 마늘+EGCG 등을 두 가지 배합 처리하였을 때 각각 대조군에 비해 1.44, 1.44 및 1.33 log CFU/cm² 감소하였다. 세 가지 첨가물 키토산+마늘+EGCG를 배합 처리하였을 때 4.58 log CFU/cm²로 다른 처리 군에 비해 크게 감소하여 *P. aeruginosa*의 생장 억제 효과가 높은 것으로 나타났다($p<0.05$). 유기산인 뷰티르산과 아세트산을 처리하였을 때 *P. aeruginosa* 생장 억제 효과는 전 저장 기간을 통하여 계속 지속되었다($p<0.05$). 이와 같은 결과들은 키토산, EGCG와 마늘 세 가지를 배합한 첨가물이 닭고기 저장 동안 *P. aeruginosa* 생장 억제에 유용하게 이용될 수 있음을 시사하고 있다.

Table 2. Changes of *P. aeruginosa* in the chicken treated with 2% additives during storage at 4°C

Treatment	Storage days	
	6	12
NaOCl (100 ppm)	ND ¹⁾	ND
Control ²⁾	6.45±0.49 ^{a3)4)}	7.41±0.68 ^a
Butyric acid	3.53±0.26 ^b	2.81±0.56 ^b
Acetic acid	3.41±0.29 ^b	2.80±0.70 ^b
Chitosan	5.44±0.63 ^a	5.92±0.50 ^a
Garlic	6.19±0.53 ^a	6.41±0.52 ^a
EGCG	6.10±0.62 ^a	6.58±0.44 ^a
Chitosan+garlic	5.26±0.63 ^a	5.97±0.64 ^a
Chitosan+EGCG	5.13±0.68 ^a	5.97±0.43 ^a
Garlic+EGCG	5.91±0.64 ^a	6.08±0.43 ^a
Chitosan+garlic+EGCG	3.22±0.07 ^b	2.83±0.17 ^b

¹⁾ND: Not Detected (Detection limit: <1.0 Log CFU/cm²)

²⁾Control was treated with saline (0.9% NaCl) without additive on *P. aeruginosa* in the chicken.

³⁾Values are expressed as mean±standard deviation of three replications.

^{4)abc}Means with different letters within a same column are significantly different ($p<0.05$).

키토산은 키틴에서 상업적으로 얻어낸 천연 고분자 물질로서 식품에 바로 사용하여도 인체에 무해하며 항미생물 효과가 있기 때문에 식품의 보존 및 유지를 위해 다양한 분야에서 널리 쓰이고 있다(21). 특히 키토산은 *E. coli*와 *Staphylococcus aureus*의 생육 억제에 키토산의 분자량에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. *E. coli*는 키토산의 분자량이 작을수록 낮은 농도에서도 생육 억제 효과를 보였으며, *Staphylococcus aureus*는 키토산의 분자량이 클수록 높은 농도에서 생육 억제 효과를 나타내었다(22). Antonio 등(23)은 첨가물과 저장 온도에 따라 *Salmonella enterica*의 생장 억제 효과에 영향을 미친다고 보고하였다. 첨가물 마늘유(garlic oil), 오리가노(oregano)와 키토산은 10°C 저장 조건하에서 *Salmonella enterica* 생장 억제를 나타내었고, 특히 oregano는 20°C 저장 조건 하에서도 마늘유와 키토산 처리에 비해 *Salmonella enterica*의 생장 억제 효과가 강하게 나타났다. EGCG는 녹차에서 추출된 가장 주요한 카테킨이며 항산화, 항암, 항미생물 등의 다양한 효과가 알려져 있다(24). 최근에는 EGCG와 녹차 추출물이 환자의 피부 상처로부터 분리한 *P. aeruginosa*와 *E. coli*의 생장 억제 효과를 나타내어 그람 음성 균 치료를 위한 임상 응용 가능성을 제시하였다(25). 마늘은 닭고기 소세지 저장기간 동안 산화방지 및 항균 효과가 있다고 보고되어 있다(15-17). Sallam 등(26)은 마늘이 닭고기 소세지 상품의 보존 기간을 21일 연장하는 효과가 있다고 보고하였으며, 이 효과는 마늘유보다 마늘 가루, 생마늘 순으로 닭고기 소세지에 대한 항균 및 산화방지 효과가 높게 나타났다. 이것은 천연 첨가물로서 생닭고기에 풍미를 더하는 효과도 가져와, 상품의 질을 높일 수 있는 기능까지 할 수 있었다고 보고했다. 하지만 여러 천연 첨가물을 배합하여 하나의 식품 보존제로서 기능할 수 있도록 하는 연구는 아직 깊이 있게 진행되지 않았다. Cosby 등(27)은 ethylenediaminetetraacetate (EDTA)와 니신(nisin)의 배합 처리가 미가공 가금육의 저장 수명을 증가시키는 것으로 나타났다. 다른 연구에서는 닭고기를 요구르트(yogurt)와 니신에 침지 시켰을 때 저온성 호기성 일반세균과 *S. Typhimurium*의 생육 억제 효과를 나타냈다(28). 최근의 연구에 따르면 반 조리된 닭고기에 EDTA, 라이소자임(lysozyme), 로즈메리 방향유(rosemary oil) 및 오리가노 방향유(oregano oil)

등의 첨가물을 여러 배합 조건으로 처리하여 항 미생물 효과를 관찰한 결과, 천연 첨가물을 단독으로 처리한 것에 비해 배합 처리한 것이 *Pseudomonas* spp.에 대한 항미생물 효과가 뛰어나다고 보고하였다(29). 본 연구에서는 키토산, EGCG와 마늘의 천연 첨가물을 단독 혹은 두 가지 배합 처리한 것보다 세 가지 첨가물을 배합 처리한 것이 닭고기 저장동안 미생물학적 안전성에 우수한 결과를 나타내었다. 그러나 마늘을 첨가한 젤리의 관능평가에서 마늘분말 첨가가 향미의 기호를 감소시키는 것으로 나타났으며(30), 녹차 또한 닭고기 육원전의 향미 기호도에서 첨가율이 높을수록 감소하였다(31). 본 연구에서 사용한 키토산, EGCG와 마늘 등의 천연물 배합 첨가시 식품의 향미와 원가 상승에 영향을 줄 가능성이 있으며, 이를 천연 첨가물로 적용하기 위해서는 관능검사를 통한 기호도와 시장 조사가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구의 목적은 닭고기의 저장 기간 동안 천연 첨가물에 의한 병원성 미생물 생장 억제 효과를 조사하기 위함이다. 닭고기 저장기간 동안 천연 첨가물에 의한 병원성 미생물 억제 효과를 조사하기 위하여 닭고기의 껍질 표면에 천연 첨가물을 단독 혹은 배합하여 처리하였다. 병원성 미생물은 닭고기 냉장 저장기간 중에 위생과 안전성에 영향을 미치는 부패세균인 *S. Typhimurium* 및 *P. aeruginosa*를 사용하였다. 천연첨가물은 키토산, EGCG, 마늘을 각각 2% 농도로 시료 표면에 처리한 다음 4°C 냉장 조건 하에서 12일 동안 6일 간격으로 2번에 걸쳐 병원성 미생물 억제 효과를 관찰하였다. 각각의 병원성 미생물의 생장 억제 효과는 키토산, EGCG 및 마늘을 단독 혹은 두 가지 배합 처리한 것보다 세 가지 배합 처리한 것이 처리 시간별로 훨씬 더 높은 미생물 억제 효과를 나타내었다. 이 결과들은 키토산, EGCG와 마늘을 포함하는 세 가지 배합된 천연첨가물이 닭고기의 저장 동안 병원성 세균 생장 억제를 위한 천연첨가제로 유용하게 사용될 수 있음을 시사하고 있다. 아울러 본 연구 결과들은 천연첨가물을 이용한 유해 미생물 제어 기술 개발을 위한 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2013년 한국연구재단이 주관하는 기본연구 지원사업(No. 2013R1A1A2009522)과 BK21 플러스(22A20140012143)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. WHO. Food safety. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/en>. Accessed Feb.15, 2015.
2. Agasan A, Kornblum J, Williams G, Pratt CC, Fleckenstein P, Wong M, Ramon A. Profile of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (subspecies I) serotype 4,5,12:i:- Strains causing food-borne infections in New York city. *J Clin Microbiol* 40: 1924-1929 (2002)
3. De la Torre E, Zapata D, Tello M, Mejia W, Frias N, Garcia Pena FJ, Mateu EM, Torre E. Several *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotype 4,5,12:i:- Phage types isolated from swine samples originate from serotype typhimurium DT U302. *J Clin Microbiol*. 41: 2395-2400 (2003)
4. Tavechio AT, Ghilardi AC, Fernandes SA. "Multiplex PCR" identification of the atypical and monophasic *Salmonella enterica*

- subsp. *enterica* serotype 1,4,[5],12:i:- In São Paulo state, Brazil: frequency and antibiotic resistance patterns. *Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo*. 46: 115-117 (2004)
5. Amavisit P, Boonyawiwat W, Bangtrakulnont A. Characterization of *Salmonella enterica* serovar typhimurium and monophasic *Salmonella* serovar 1,4,[5],12:i:- isolates in Thailand. *J. Clin. Microbiol*. 43: 2736-2740 (2005)
6. Centers of diseases control and prevention. Multistate outbreak of human *Salmonella* infections linked to live poultry in backyard flocks. Available from: www.cdc.gov/salmonella/live-poultry-05-14/index.html. Accessed Feb. 15, 2015.
7. Lee DY, Lee E, Min JE, Kin SH, Oh HB, Park MS. Epidemic by *Salmonella* I 4,[5],12:i:- And characteristics of isolates in Korea. *Infect. Chemother*. 43: 186-190 (2011)
8. Lammerding AM. An overview of microbial food safety risk assessment. *J. Food Protect*. 60: 1420-1425 (1997)
9. Kim CR, Kim KH, Moon SJ, Kim YJ, Kim YK. Microbiological and physical quality of refrigerated chicken legs treated with acetic acid. *Food Sci. Biotechnol*. 7: 13-17 (1998)
10. Arnaut-Rollier I, de Zutter L, van Hoof J. Identities of the *Pseudomonas* spp. in flora from chilled chicken. *Int. J. Food Microbiol*. 48: 87-96 (1999)
11. Liu, P.V. Extracellular toxins of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Infect. Dis*. 130: S94-S99 (1974)
12. Jung BO, Kim BR, Park HJ, Oh DY, Chung SJ. Antimicrobial activities of chitoooligosaccharide and water-soluble chitosan. *J. Chitin Chitosan* 11: 108-112 (2006)
13. Hara-Kudo Y, Yamasaki A, Sasaki M, Okubo T, Minai Y, Haga M, Kondo K, Sugita-Konishi Y. Antibacterial action on pathogenic bacterial spore by green tea catechins. *J. Sci. Food Agr*. 85: 2354-2361 (2005)
14. Sugita-Konishi Y, Hara-Kudo Y, Amano F, Okubo T, Aoi N, Iwaki M, Kumagai S. Epigallocatechin gallate and gallic acid inhibit enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. *Biochim. Biophys. Acta* 1472: 42-50 (1999)
15. Yin MC, Cheng WS. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat Sci*. 63: 23-28 (2003)
16. Park SY, Yoo SS, Shim JH, Chin KB. Physicochemical properties, and antioxidant and antimicrobial effects of garlic and onion powder in fresh pork belly and loin during refrigerated storage. *J Food Sci*. 73: C577-C584 (2008)
17. Safithri M, Bintang M, Poeloengan M. Antibacterial activity of garlic extract against some pathogenic animal bacteria. *Media Peternakan*. 34: 155-158 (2011)
18. Beuchat LR, Golden, DA. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol*. 43: 134-142 (1989)
19. Giesting, DW, Easter RA. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. *J. Anim. Sci*. 60: 1288-1294 (1984)
20. Kim JS, Kim YH. The inhibitory effect of natural bioactives on the growth of pathogenic bacteria. *Nutr. Res. Pract*. 1: 273-278 (2007)
21. Rabea EI, Badawy MET, Stevens CV, Smaghe G, Steurbaut W. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4: 1457-1465 (2003)
22. Zheng LY, Zhu JF. Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydr. Polym*. 54: 527-530 (2003)
23. Marques A, Encarnação S, Pedro S, Nunes ML. In vitro antimicrobial activity of garlic, oregano and chitosan against *Salmonella enterica*. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 24: 2357-2360 (2008)
24. Nagle DG, Ferreira D, Zhou YD. Epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Chemical and biomedical perspectives. *Phytochemistry*. 67: 1849-1855 (2006)
25. Jeon JH, Kim JH, Lee CK, Oh CH, Song HJ. The antimicrobial activity of (-)-epigallocatechin-3-gallate and green tea extracts against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* isolated from skin wounds. *Ann. Dermatol*. 26: 564-569 (2014)
26. Sallam KI, Ishioroshi M, Samejima K. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *LWT-Food Sci. Tech*

- no. 37: 849-855 (2004)
27. Cosby DE, Harrison MA, Toledo RT, Craven SE. Vacuum or modified atmosphere packaging and EDTA-nisin treatment to increase poultry product shelf life. *J. Appl. Poultry Res.* 8: 185-190 (1999)
28. Göğüs U, Bozoglu F, Yurdugul S. The effects of nisin, oil-wax coating and yogurt on the quality of refrigerated chicken meat. *Food Control* 15: 537-542 (2004)
29. Nitzimani AG, Giatrakou VI, Savvaidis IN. Combined natural antimicrobial treatment (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4: Microbiological and sensory evaluation. *Innov. Food Sci. Emerg.* 11: 187-196 (2010)
30. Jung EY, Lee HS, Oh YH, Son HS, Suh HJ. Physicochemical properties of jelly prepared with garlic. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 19: 627-634 (2009)
31. An LH, An JE, Lee JH. Effect of herbs and green tea on consumer sensory and antioxidative qualities of pork- and chicken-*yukwonjeon*. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 18: 997-1006 (2008)