

The Food and Life has published all type articles such as research articles, review articles, survey articles, research note, short communication or editorial since 2020. It covers the all scientific and technological aspects of food and life science.

<https://www.foodnlife.org>



젖산과 차아염소산수 처리에 의한 분쇄 닭고기 펫푸드의 비열 살균 효과 확인

박은영¹, 박상은¹, 윤요한^{1,2,*}

¹숙명여자대학교 식품영양학과

²숙명여자대학교 위해분석연구센터

Non-thermal decontamination on chicken tenderloin-based pet food with 2.5% lactic acid and hypochlorous acid water

Eunyoung Park¹, Sangeun Park¹, Yohan Yoon^{1,2,*}

¹Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

²Risk Analysis Research Center, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

Abstract

This study examined the antibacterial effects of non-thermal decontamination processes to ensure microbiological safety of chicken tenderloin-based pet food. Chicken tenderloin was inoculated with a mixture of *Escherichia coli* strains or a mixture of *Salmonella* strains. The inoculated chicken tenderloin samples were not treated or treated with 2.5% lactic acid (LA) and hypochlorous acid water (HAW) at 100 ppm. When the chicken tenderloin was treated with LA for 1 min, 0.6 Log CFU/g of *E. coli* were inactivated ($p < 0.05$) and with LA for 5 min, 1.6 Log CFU/g of *Salmonella* were inactivated ($p < 0.05$). For HAW treatment for 3 min, 1.2 Log CFU/g of *E. coli* were inactivated ($p < 0.05$) and with HAW for 1 min, 0.6 Log CFU/g of *Salmonella* were inactivated ($p < 0.05$). Pathogen is contaminated in chicken tenderloin, and the pathogen can be decontaminated by LA and HAW. Therefore, LA and HAW would be appropriate treatments to decontaminate raw meat, which can be used as it is for a pet food.

Keywords: pet food, lactic acid, hypochlorous acid water, microbial quality, non-thermal technology

서론

1인 가구의 증가 및 핵가족화로 반려동물을 양육하는 인구가 빠르게 증가하고 있으며, 이에 따라 관련된 산업이 급격하게 성장하고 있다(Ji et al., 2017). 2019년 국내 펫푸드 시장규모는 7억 6,544만 달러로 2023년까지 지속적으로 성장할 것으로 예상된다(aTFIS, 2021). 반려동물이 가족구성원이라는 인식이 확대되면서 단순한 사료 급여의 목적이 아닌 식품을 섭취시키고자 하는 펫푸드의 개념이 확산되어 높은 가격에도 불구하고, 고품질, 안전성이 인증된 제품에 대한 선호가 두드러지게 나타나고 있다(Lee et al., 2021). 이전에는 살처분 가축 사체를 열처리하여 제조한 분쇄육이 펫푸드로 이용되었으나, 최근에는 생고기를 원료사료로 사용하는 프리미엄 펫푸드의 소비가 늘어나고 있다(Kang et al., 2021).

생고기를 원료사료로 이용한 프리미엄 펫푸드의 경우, *Escherichia coli*, *Salmonella* 등 주요 식중독 미생물에 오염될

가능성이 높다(Rhoades et al., 2009). *Salmonella*로 인하여 발병하는 살모넬라증(Salmonellosis)은 인수공통감염병으로 동물에게 치명적인 영향을 미칠 수 있다. *E. coli*의 경우, 동물성 식품의 급원인 가축에 주로 존재하며, *E. coli* O157로 인한 장출혈성대장균감염증 발생 시 동물에게 치명적인 영향을 미칠 수 있다(Jo et al., 2004).

국내 유통되고 있는 반려동물 사료 및 간식의 안전 실태 조사 결과, 수분 함유량이 60% 초과하는 유형의 사료 일부 제품에서 세균과 대장균군이 다량 검출된 사례가 있다(KCA, 2019; Lee et al., 2021). 따라서, 펫푸드에서 검출 가능성이 있는 식중독 세균을 살균하는 과정이 필수적이다.

「사료관리법」에 따르면 식중독 세균의 불활성화 및 생장 억제를 위하여 열처리를 하거나 이와 동등한 수준으로 멸·살균하여야 한다고 명시되어 있다. 열처리 조건은 입자크기에 따라 다르며, 습열기준 70°C–121°C에서 이루어져야 한다. 열처리

*Corresponding author : Yohan Yoon. Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7585, Fax: +82-2-710-7585, E-mail: yyoon@sm.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

의한 열·살균은 영양성분의 손실이 일어나는 문제가 있어, 이를 대체할 수 있는 기술이 연구되고 있다(Al-Bachir and Al-Adawi, 2015; Eliasson et al., 2015; Hu et al., 2016; Kaavya et al., 2021). 다양한 비열처리 살균 방법 중 「사료관리법」에서 허용된 방사선(감마선, 전자선) 조사기술의 경우, 완전히 포장된 상태에서 열·살균이 가능하나, DNA 분자 결합 파괴 및 조사 시 이취가 발생할 가능성이 있다(Kang et al., 2021; Kim, 2006). 이외의 대표적인 비열처리 방법 중 화학적 처리는 차아염소산, 젖산 등의 유기산을 이용한 처리가 있다(Cho and Park, 2012). 차아염소산수는 가격이 저렴하고 다루기 쉽기 때문에 식품업계에서 많이 이용하는 살균 소독제이며, 100 ppm의 차아염소산수는 가열하지 않고 생으로 먹는 식품에 적용 가능하다(MFDS, 2020). 다양한 연구에서 유기산 처리로 인한 양상추, 당근 등 채소에서의 식중독 미생물에 대한 사멸 효과가 입증된 바 있다(Chang and Fang, 2007; Francis and O'Beirne, 2002; Han, 2010; Torriani et al., 1997; Uyttendaele et al., 2004).

따라서, 본 연구에서는 비열처리 화학적 살균처리방법 중 차아염소산수와 젖산을 이용하여 닭고기에서 검출되는 주요 병원성 세균인 *E. coli*와 *Salmonella*의 사멸효과를 분석하고, 해당 처리 방법의 펫푸드 적용 가능성을 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

닭안심 시료 준비

위해 미생물을 접종하기 위해 시판 닭안심(*M. pectoralis minor*)을 온라인 쇼핑몰을 통해 구입하였다. 닭안심을 분쇄 한 후 멸균 필터백(3M, Saint Paul, MN, USA)에 25 g씩 소분하여 위해 미생물 접종 시료로 사용하였다.

위해 미생물 접종

비열처리의 살균 효과를 확인하기 위해 *E. coli*(NCCP14037, NCCP14038, NCCP14039, NCCP15661, ATCC43888), *Salmonella* (NCCP12231, NCCP12236, NCCP12243, NCCP14544, NCCP10140)를 사용하였다. 분쇄 닭안심 시료를 *E. coli* 혼합 균주액 또는 *Salmonella* 혼합 균주액에 초기 농도 6–8 Log CFU/g 수준이 되도록 3분간 침지 후 시료를 혼합 균주액에서 꺼내어 클린벤치 내에서 10분간 건조하였다. 이후 비열 살균 처리를 하기 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

2.5% 젖산 처리

위해 미생물(*E. coli* 또는 *Salmonella*)이 접종된 분쇄 닭안심 시료를 2.5% 젖산(Musashino Lactic Acid 90%, Musashino, Tokyo, Japan)에 각각 1분, 3분, 5분 동안 침지하였다. 젖산 처리 후 시료를 수돗물로 1분간 세척 후 살균 효과를 분석하였다.

100 ppm 차아염소산수 처리

위해 미생물(*E. coli* 또는 *Salmonella*)이 접종된 분쇄 닭안심 시료를 100 ppm 차아염소산수(Yuhanrox, Seoul, Korea)에 각각 1분, 3분, 5분 동안 침지하였다. 차아염소산수 처리 후 시료를 수돗물로 1분간 세척 후 살균 효과를 분석하였다.

미생물 분석

젖산 및 차아염소산수 처리에 의한 분쇄 닭안심 원료사료내의 *E. coli* 또는 *Salmonella*의 사멸 효과를 분석하기 위하여 살균 처리된 원료사료에 0.1% buffered peptone water(BPW, Becton Dickinson, Sparks, MD, USA) 50 mL를 첨가하고, 균질기(Interscience, Saint-Nom-la-Bretèche, France)를 이용하여 1분간 균질 후 10진 희석하였다. *E. coli*의 경우, Petrifilm™ *E. coli*/Coliform count plate (3M)에 1 mL씩 분주하여 35℃에서 24시간 배양 후 기포가 생성된 푸른색 집락을 계수하였다. *Salmonella*의 경우, xylose lysine deoxycholate(XLD) agar(BD)에 1 mL씩 분주하여 도말한 후 35℃에서 24시간 배양 후 검은 집락을 계수하였다.

결과 및 고찰

2.5% 젖산 처리로 인한 미생물 사멸 효과

분쇄 닭안심 원료사료에 *E. coli* 와 *Salmonella*를 각각 접종한 후 2.5% 젖산을 1분, 3분, 5분간 처리한 실험 결과는 Fig. 1과 같다. *E. coli*의 경우, 분쇄 닭안심에 6.9±0.1 Log CFU/g이 접종되었고, 2.5% 젖산을 1분간 처리하였을 때, 유의하게 74.9%(0.6 Log CFU/g)가 감소하였다($p<0.05$). 유기산의 경우, 세포 내부로 유입될 시 세포의 pH 및 세포막 투과성을 변화시켜 기질이동을 방해하고 전자전달 체계 이상이나 효소의 변성을 초래하여 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(Hwang, 2017). Kotula와 Thelappurate(1994)의 연구에 따르면 1.2% 젖산을 2분간 소고기에 처리하였을 때, *E. coli*가 약 0.4 Log CFU/g 감소하였다. 본 연구와 유사하게 DeGeer 등(2016)의 연구에서도 2% 젖산을 돼지고기에 1분간 처리하였을 때, *E. coli* O157:H7이 약 0.7 Log CFU/g 감소하였다. *Salmonella*의 경우, 분쇄 닭안심에 6.3±0.6 Log CFU/g이 접종되었고, 2.5% 젖산을 5분간 처리하였을 때, 유의하게 97.5%(1.6 Log CFU/g) 감소하였다($p<0.05$). Agirdemir 등(2021)의 연구에서 2% 젖산을 5분간 처리하였을 때, *S. Typhimurium*이 2.4 Log CFU/mL 감소된 것을 확인하였다. Kotula와 Thelappurate(1994)의 연구에선 2%의 젖산을 소고기에 30분간 처리하였을 때, *Salmonella*가 약 1.5 Log CFU/g 감소하였다. 따라서, 분쇄 닭안심의 *E. coli*, *Salmonella* 살균을 위한 비열처리 방법으로 2.5% 젖산을 각각 1분, 5분 이상 처리하는 것은 적합한 것으로 판단된다.

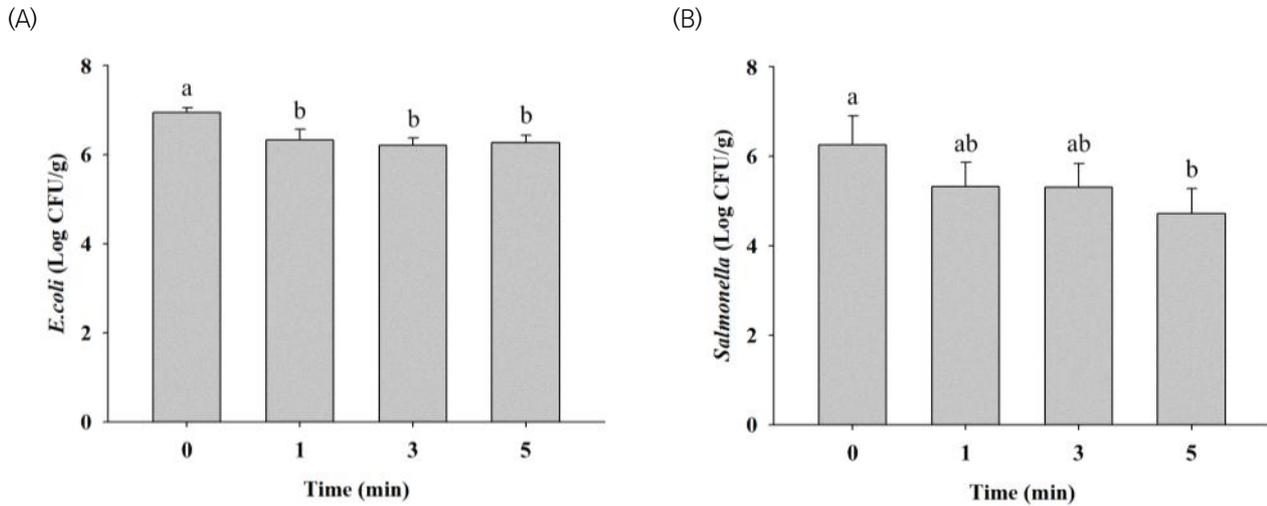


Fig. 1. *Escherichia coli* (A) and *Salmonella* cell counts (B) in chicken tenderloin samples after 2.5% lactic acid treatment. ^{a-b}Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

100 ppm 차아염소산수 처리로 인한 미생물 사멸 효과

분쇄 닭안심 원료사료에 *E. coli*와 *Salmonella*를 각각 접종한 후 100 ppm 차아염소산수를 1분, 3분, 5분간 처리한 실험 결과는 Fig. 2와 같다.

*E. coli*의 경우, 분쇄 닭안심에 7.1 ± 0.5 Log CFU/g이 접종되었고, 100 ppm 차아염소산수를 3분간 처리하였을 때, 유의하게 93.7% (1.2 Log CFU/g) 감소하였다 ($p < 0.05$). Issa-Zacharia 등 (2011)의 연구에 따르면 *E. coli*를 접종한 즉석섭취채소를 차아염소산나트륨 용액에 5분간 처리하였을 때, 셀러리에서 약 2.6 Log CFU/g, 양상추에서 약 2.8 Log CFU/g, 새싹채소에서 약 2.8 Log CFU/g이 감소하였다. Choi 등(2020)의 연구에 따르면

*E. coli*를 접종한 적무 어린잎채소에서 차아염소산나트륨 100 mg/L의 농도로 5분간 세척 시 1.1 Log CFU/g 감소하였다. Huang 등(2008) 연구에 따르면 차아염소산수의 미생물 살균 원리는 염소가스 (Cl_2), 차아염소산 (HOCl), 하이포아염소산 이온 (OCI) 등과 같은 형태로 존재하는 유효염소가 글루코스 산화를 방해하여 ATP 생성을 저해하고 호흡과 관련한 효소의 불활성화, 세포표면의 산화에 의해 미생물을 억제하는 것으로 알려져 있다. *Salmonella*의 경우, 분쇄 닭안심에 7.0 ± 0.2 Log CFU/g이 접종되었고, 100 ppm 차아염소산수를 1분간 처리하였을 때, 유의하게 74.9% (0.6 Log CFU/g) 감소하였다 ($p < 0.05$). Issa-Zacharia 등(2011)의 연구에 따르면 *Salmonella*를 접종한 즉석섭취채소를 차아염소산나트륨 용액에 5분간 처리하였을

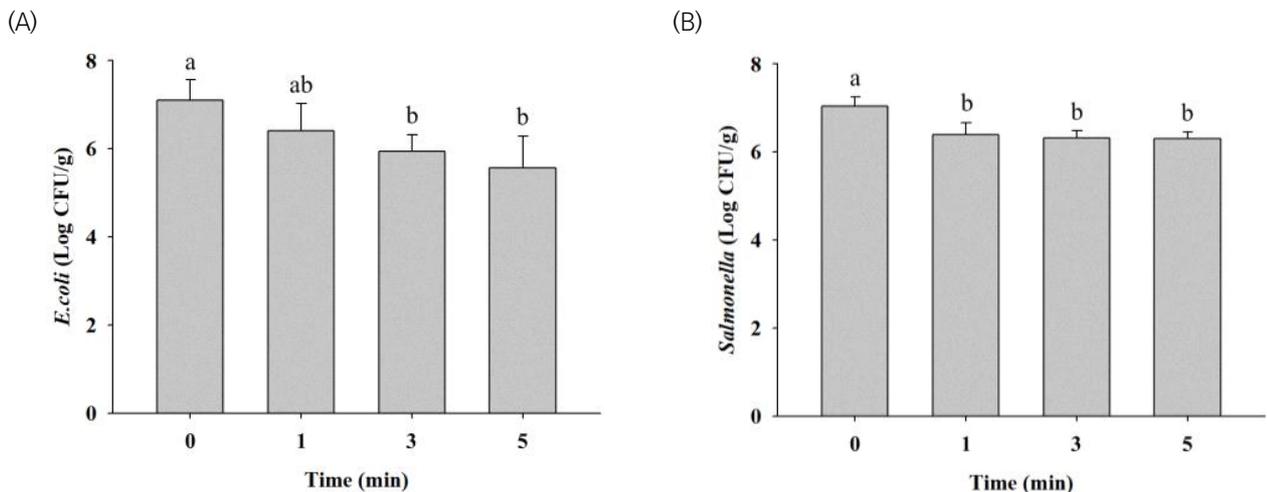


Fig. 2. *Escherichia coli* (A) and *Salmonella* cell counts (B) in chicken tenderloin samples after 100 ppm hypochlorous acid water treatment. ^{a-b}Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

때, 셀러리에서 약 2.8 Log CFU/g, 양상추에서 약 3.0 Log CFU/g, 새싹채소에서 약 2.9 Log CFU/g이 감소하였다. 차아염소산수는 살균제로 식품에 적용이 가능하며, 집단급식소에서 100 ppm 차아염소산수를 가열하지 않고 생으로 먹는 과일, 채소류의 세척 및 소독에 이용하도록 권장하고 있다(MFDS, 2020). 따라서 분쇄 닭안심의 *E. coli*, *Salmonella* 살균을 위한 비열처리 방법으로 100 ppm 차아염소산수를 각각 3분, 1분 이상 처리하는 것은 적합한 것으로 사료된다.

본 연구는 젖산 및 차아염소산수에 의한 닭고기 원료사료 내에 존재하는 주요 위해 미생물의 비열처리 살균 효과를 검증하기 위하여 진행되었다. *E. coli* 또는 *Salmonella* 위해 미생물을 각각 분쇄 닭안심 시료에 접종한 후 2.5% 젖산 또는 100 ppm 차아염소산수를 처리하였다. 2.5% 젖산의 경우, 1분간 처리하였을 때, *E. coli*는 74.9%(0.6 Log CFU/g) 감소하였고($p < 0.05$), 2.5% 젖산을 5분간 처리하였을 때, *Salmonella*는 97.5%(1.6 Log CFU/g) 감소하였다($p < 0.05$). 100 ppm 차아염소산수의 경우, 3분간 처리하였을 때, *E. coli*는 93.7%(1.2 Log CFU/g) 감소하였고($p < 0.05$), 100 ppm 차아염소산수를 1분간 처리하였을 때, *Salmonella*는 74.9%(0.6 Log CFU/g) 감소하였다($p < 0.05$). 본 연구 결과, 분쇄 닭안심을 펫푸드에 직접 적용할 때 *E. coli* 살균에는 2.5% 젖산 1분 이상 또는 100 ppm 차아염소산수 3분 이상 처리가 적절하고, *Salmonella* 살균에는 2.5% 젖산 5분 이상 또는 100 ppm 차아염소산수 1분 이상 처리가 적절한 비열 살균 조건임을 보여주었다. 닭 안심부위는 돼지고기, 소고기와 비교하였을 때, 총 아미노산 중 필수아미노산의 함량은 유사하나 포화지방산 함량이 낮고, 필수지방산, 불포화지방산 함량이 높아 비가열 살균 기술이 적용된다면 영양 성분의 파괴를 최소화한 프리미엄 펫푸드로 이용될 수 있다. 따라서, 이러한 비열처리 펫푸드 살균 기술 개발은 반려 동물 사료의 영양성분의 파괴를 최소화하여 펫푸드 시장 활성화에 기여할 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgments

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (320033-01).

Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because

there are no human and animal participants.

Author Contributions

Conceptualization: Park E.

Data curation: Park E, Park S.

Formal analysis: Park E.

Methodology: Park E, Park S.

Software: Park E, Park S.

Validation: Yoon Y.

Investigation: Park E, Park S.

Writing - original draft: Park E, Park S.

Writing - review & editing: Park E, Park S, Yoon Y.

Author Information

Eunyoung Park (Student, Sookmyung Women's University)

<https://orcid.org/0000-0001-8331-1848>

Sangeun Park (Student, Sookmyung Women's University)

<https://orcid.org/0000-0003-1607-1260>

Yohan Yoon (Professor, Sookmyung Women's University)

<https://orcid.org/0000-0002-4561-6218>

References

- Agirdemir O, Yurdakul O, Keyvan E, Sen E. 2021. Effects of various chemical decontaminants on *Salmonella* Typhimurium survival in chicken carcasses. *Food Sci Technol* 41:335-342.
- Al-Bachir M, Al-Adawi M. 2015. Comparative effect of irradiation and heating on the microbiological properties of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) root powders. *Int J Radiat Biol* 91:112-116.
- aT Food Information Statistics System [aTFIS]. 2021. Newsletters of April. Available from: https://www.kamis.or.kr/customer/inform/commonsense/eat.do?action=detail&brdno=23&brdctsn=430818&pagenum=3&search_option=&search_keyw ord=&. Accessed at Dec 15, 2021.
- Chang JM, Fang TJ. 2007. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157:H7. *Food Microbiol* 24:745-751.
- Cho SK, Park JH. 2012. Bacterial biocontrol of sprouts through ethanol and organic acids. *Korean J Food Nutr* 25:149-155.
- Choi SY, Chu HJ, Rajalingam N, Chae HB, Yoon JH, Hwang I, Kim SR. 2020. Growth of *Escherichia coli* and *Listeria*

- monocytogenes* on radish microgreens washed with sodium hypochlorite during storage. Korean J Food Preserv 27: 850-858.
- DeGeer SL, Wang L, Hill GN, Singh M, Bilgili SF, Bratcher CL. 2016. Optimizing application parameters for lactic acid and sodium metasilicate against pathogens on fresh beef, pork and deli meats. Meat Sci 118:28-33.
- Eliasson L, Isaksson S, Lövenklev M, Ahmé L. 2015. A comparative study of infrared and microwave heating for microbial decontamination of paprika powder. Front Microbiol 6:1071.
- Francis GA, O'Beirne D. 2002. Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of *Listeria innocua* and *E. coli*. Int J Food Sci Technol 37:711-718.
- Han JE. 2010. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. Bull Food Technol 23:15-27.
- Hu Y, Nie W, Hu X, Li Z. 2016. Microbial decontamination of wheat grain with superheated steam. Food Control 62:264-269.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control 19:329-345.
- Hwang TY. 2017. Effect of commercial sanitizers on microbial quality of fresh-cut iceberg lettuce during storage. Korean J Food Preserv 24:827-833.
- Issa-Zacharia A, Kamitani Y, Miwa N, Muhimbula H, Iwasaki K. 2011. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. Food Control 22:601-607.
- Ji I, Kim H, Kim W, Seo G. 2017. Development strategies for the companion animal industry. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea. pp 11-13.
- Jo MY, Kim JH, Lim JH, Kang MY, Koh HB, Park YH, Yoon DY, Chae JS, Eo SK, Lee JH. 2004. Prevalence and characteristics of *Escherichia coli* O157 from major food animals in Korea. Int J Food Microbiol 95:41-49.
- Kaavya R, Pandiselvam R, Abdullah S, Sruthi NU, Jayanath Y, Ashokkumar C, Chandra Khanashyam A, Kothakota A, Ramesh SV. 2021. Emerging non-thermal technologies for decontamination of *Salmonella* in food. Trends Food Sci Technol 112:400-418.
- Kang SW, Hwang JH, Jung AH, Park E, Park S, Yoon Y, Park SH. 2021. Effect of non-thermal pasteurization on minced chicken meat based pet food and its quality attributes through gamma ray and electron beam irradiation. Food Eng Prog 25:139-146.
- Kim DH. 2006. Principles of radiation sterilization of food materials. Food Ind Nutr 11:21-29.
- Korea Consumer Agency [KCA]. 2019. Investigation of the safety status of homemade feed and snacks for companion animals. Available from: <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&mode=view&no=1002841310&page=7>. Accessed at Dec 15, 2021.
- Kotula KL, Thelappurate R. 1994. Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solutions. J Food Prot 57:665-670.
- Lee HG, Kim KH, Choi MR. 2021. An effect of consumer orientation about pet-related products on satisfaction of by households. J Consum Policy Stud 52:63-85.
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2020. Field Guidelines for Food Disinfectants (Revised). Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_218/view.do?seq=33333&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1. Accessed at Jan 30, 2022.
- Rhoades JR, Duffy G, Koutsoumanis K. 2009. Prevalence and concentration of verocytotoxigenic *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in the beef production chain: A review. Food Microbiol 26:357-376.
- Torriani S, Orsi C, Vescovo M. 1997. Potential of *Lactobacillus casei*, culture permeate, and lactic acid to control microorganisms in ready-to-use vegetables. J Food Prot 60: 1564-1567.
- Uyttendaele M, Neyts K, Vanderswalmen H, Notebaert E, Debevere J. 2004. Control of *Aeromonas* on minimally processed vegetables by decontamination with lactic acid, chlorinated water, or thyme essential oil solution. Int J Food Microbiol 90:263-271.