pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 30, No. 1, pp. 1~12 (2015)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2015.30.1.1

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

식중독 세균과 주요 축산식품 및 가공품 조합에 대한 위해순위 결정

홍수현 · 박나윤 · 조혜진 · 노은영 · 고영미 · 나유진 · 박근철 · 최범근 · 민경진[1] · 이종경[2] · 문진산[3] · 윤기선*
경희대학교 식품영양학과, [1]장안대학교 식품영양과, [2]한양여자대학교 식품영양과,
[3]농림축산검역본부 동물약품관리과

Risk Ranking Determination of Combination of Foodborne Pathogens and Livestock or Livestock Products

Soo-Hyeon Hong, Na-Yoon Park, Hye-Jin Jo, Eun-Young Ro, Young-Mi Ko, Yu-Jin Na, Keun-Cheol Park, Bum-Geun Choi, Kyung-Jin Min[1], Jong-Kyung Lee[2], Jin-San Moon[3], and Ki-Sun Yoon*
Department of Food and Nutrition, Kyunghee University
[1]Department of Food and Nutrition, Jangan University
[2]Department of Food and Nutrition, Hanyang Women's University
[3]Veterinary Pharmaceutical Management Division, Animal and Quarantine Agency
(Received July 22, 2014/Revised September 10, 2014/Accepted November 19, 2014)

ABSTRACT - This study was performed to determine risk ranking of the combination of pathogen-livestock or livestock products to identify the most significant public health risks and to prioritize risk management strategies. First, we reviewed foodborne outbreak data related to livestock products and determined main vehicles and pathogens according to the number of outbreak and case. Second, expert's opinion about management priority of pathogen-livestock product pairing was surveyed with 19 livestock experts in the university, research center, and government agency. Lastly, we used the outcome of Risk Ranger (semi-quantitative risk ranking tool) of 14 combinations of pathogen and livestock or livestock products. We have classified the combination of pathogen-livestock products into group I (high risk), II (medium risk), and III (low risk) according to their risk levels and management priority. Group I, which is the highest risk for foodborne outbreak, includes *Salmonella* spp./egg and egg products, *Campylobacter* spp./poultry, pathogenic *E. coli*/meat and processed ground meat. In conclusion, the results of this study will provide the specific guideline of mid- and long-term planning for risk assessment and risk management prioritization of the combination of pathogen and livestock, or livestock product.

Key words : Foodborne pathogen, Livestock, Livestock products, Risk ranking

최근 농축산물의 수입 개방화에 따른 외국산 축산물의 국내유입이 급증함에 따라 국내에 유통되고 있는 축산물 및 그 가공품에 대한 미생물학적 안전성에 대한 관심이 사회 전반적으로 크게 증가하고 있다. 또한 국민 소득의 증가와 식생활의 서구화로 축산식품의 소비가 꾸준히 증가하고 있으므로[1)] 축산식품 및 그 가공품에 대하여 적절한 미생물 정량적 기준 설정이 필요하다. 식육을 비롯한 대부분의 축산식품은 가장 우수한 고단백 영양식품인 반면에 다른 식품보다 부패 및 변질이 용이하고, 또한 동물 분변에 존재하는 *Salmonella*, *E. coli* 등에 의하여 직간접적으로 오염되기 쉽다[2)]. 축산식품 및 그 가공품에서 식중독을 일으키는 주요 미생물은 *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157, *Yersinia enterocolitica* 등이 있으며[3)], 국내에서도 축산식품 및 그 가공품에 의한 식중독이 꾸준히 발생하고 있으므로[4)] 체계적인 관리가 필요하다.

전 세계적으로 미생물에 의한 식중독 발생 빈도가 증가하고 그 규모가 집단화, 대형화되는 추세에 따라 효과적인 식중독 예방 대책으로 미생물 위해평가의 중요성이 강조되고 있다. 미생물 위해평가(Microbial Risk Assessment)란 인체가 생물학적인 위해요소에 노출되었을 때 발생할 수 있는 위해영향과 발생 확률을 과학적으로 평가하는 기

*Correspondence to: Ki Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Kyunghee University, 26, Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea
Tel: 82-2-961-0264, Fax: 82-2-961-0261
E-mail: ksyoon@khu.ac.kr

술이다. 이는 정성적 위해평가, 반 정량적 위해평가, 정량적 위해평가의 세 가지로 구분된다. 그 중에서 정량적 위해평가의 단점을 보완할 수 있는 반 정량적 위해평가(semi-quantitative risk assessment)는 위해순위도구(risk ranking tool)를 활용하는 것으로 그 중요성이 강조되면서 국제적으로 위해순위 도구개발 연구가 활발하게 수행되고 있다[5].

위해순위 결정을 위한 도구로는 미국 FDA's Fresh Produce Risk Ranking Tool[5] 과 호주의 식품안전센터의 Risk Ranger[6] 등이 있다. 2002년 Ross 와 Sumner 는 식품안전 위해평가 도구로써 처음으로 Risk Ranger 의 활용성을[7] 소개하였고, 2005년 Sumner 등은 Risk Ranger 를 이용하여 호주의 육제품에 대한 위해순위를[8] 보고하였다. 또한 최근에는 돼지고기와 가금류에 대하여 다양한 유해 미생물 오염에 따른 위해순위와 즉석 조리 식품 위해관리를 위한 위해순위 결정에 Risk Ranger 를 이용한 연구가 보고되었다[9,10]. 최근에는 식품안전을 위협하는 화학적, 미생물학적 위험성을 비교하고 공중보건에 미치는 영향을 평가하기 위한 iRisk 라는 온라인 tool 이 미국 FDA 에 의해 개발되었다[11].

미생물 위해평가에 있어서 잠재적 위해식품과 식품에 오염된 유해 미생물과의 조합에 대한 위해순위(risk ranking) 결정은 국가적인 차원에서 한정된 자원으로 식품의 위해평가 및 식품안전 관리의 효율성을 높이는데 크게 기여한다. 현재 국내 축산물의 가공기준 및 성분규격은 유형에 상관없이 공통기준 및 규격이 설정되어 있는데 국내 육가공 식품의 다양화를 추구하기 위해서는 현재의 식중독균 불검출 공통기준을 제품별 특성과 문제가 되는 위해요소의 오염수준, 위험성, 위해용량, 식중독 발생 현황 등을 고려하여 기준 규격을 재설정할 필요성이 있다. 이를 위해 국제적인 관리기준에 부응하며 Hazard(위해요소)가 아닌 리스크에 기본을 둔 과학적 위해평가가 수행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 축산식품과 식중독균 조합의 위험순위 결정을 위하여 축산식품 관련 식중독사고 보고서, 축산식품 전문가의 견해, 반 정량적 위해평가 도구인 Risk Ranger 를 이용하여 분석하여 그 결과를 비교하였다. 본 연구결과는 차후 축산식품 및 그 가공품에 대한 정량적 미생물 위해평가의 효율성을 높이고 우선 관리 대상에 대한 과학적 근거 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

국내 축산식품 관련 식중독 사고 역학조사

한국질병관리본부에서 실시한 2008-2012년까지의 식중독 사고 관련 역학조사 자료(한국질병관리본부, 2013)를 통해 축산식품과 관련된 결과를 분석하여 발생 건수에 따라 원인식품과 원인 병원체의 순위를 정리하였다.

축산식품 전문가 설문조사

축산식품 전문가 설문조사 실시를 통해 우선관리를 필요로 하는 잠재적 위해식품/식중독 세균 조합에 대한 의견을 수렴하였다. 설문조사 응답자는 학계, 연구계, 정부 각 분야별 전문가 19인(학계 7, 연구계 7, 정부 5)을 대상으로 2013년 4월 15일부터 4월 22일까지 이메일을 통해 설문조사를 실시하였다. 본 설문에서 유해 미생물에 대한 정의는 축산식품 미생물 기준규격에 포함되어 있는 병원성 미생물을 선택기준으로 하였으며, 축산식품 유형 및 대상

Table 1. Questions[1] of risk ranking determination for the combination of major pathogens and livestock or livestock products

Question and Answer sheet					
Rank	Example: *C. perfringens*	*Salmonella* spp.	Pathogenic *E. coli* (include *E. coli* O157:H7)	*Campylobacter* spp.	*Clostridium perfringens*
①	Jokbal √				
②	Liquid egg				
③	Cheese				
④	Milk				
⑤	Yoghurt				
Rank	*Staphylococcus aureus*	*Yersinia enterocolitica*	*Listeria monocytogenes*	*Enterobacter sakazakii*	*Bacillus cereus*
①					
②					
③					
④					
⑤					

Rank for 1 to 5 according to their risk from the selected 10 combinations of major pathogen and livestock or livestock products

1	2	3	4	5

[1]Questions were given to 19 livestock experts in the university, research center, and government agency.

Table 2. Risk Ranger questions and answers

Question		Answer
A. SUSCEPTIBILITY AND SEVERITY	1. Hazard Severity	SEVERE hazard - causes death to most victims MODERATE hazard - requires medical MILD hazard - sometimes requires medical MINOR hazard - patient rarely seeks medical
	2. How susceptible is the population of interest?	GENERAL - all members of the population SLIGHT - infants, aged VERY - neonates, very young, diabetes, cancer, alcoholic etc EXTREME - AIDS, transplants recipients etc
B. PROBABILITY OF EXPOSURE TO FOOD	3. Frequency of Consumption	daily weekly monthly a few times per year OTHER
	4. Proportion of Population Consuming the Product	all (100%) most (75%) some (25%) very few (5%)
	5. Size of Consuming Population	Australia New South Wales Northern Territory South Australia OTHER (Korea: 51,081,507)
C. PROBABILITY OF FOOD CONTAINING AN INFECTIOUS DOSE	6. Probability of Contamination of Raw Product per Serving	Rare (1 in a 1000) Infrequent (1 per cent) Sometimes (10 per cent) Common (50 per cent) All (100 per cent) OTHER
	7. Effect of Processing	The process RELIABLY ELIMINATES hazards The process USUALLY (99% of cases) ELIMINATES The process SLIGHTLY (50% of cases) REDUCES The process has NO EFFECT The process INCREASES (10 x) The process GREATLY INCREASES (1000 x)
	8. Is there potential for recontamination after processing?	NO YES - minor (1% frequency) YES - major (50% frequency) OTHER
	9. How effective is the post-processing control system?	WELL CONTROLED - reliable, effective systems in place (no increase in pathogens) CONTROLLED - mostly reliable systems in place (3-fold increase) NOT CONTROLLED - no systems, untrained staff (10-fold increase) GROSS ABUSE OCCUR - (e.g.1000-fold increase) NOT RELEVANT - level of risk agent does not change
	10. What increase in the post-processing contamination level would cause infection to the average consumer?	None Slight (10 fold increase) Moderate (100-fold increase) Significant (10,000-fold increase) OTHER
	11. Effect of preparation before eating	Meal Preparation RELIABLY ELIMINATES hazards Meal preparation USUALLY ELIMINATES (99%) hazards Meal preparation SLIGHTLY REDUCES (50%) hazards Meal preparation has NO EFFECT on the Hazards OTHER
RISK RANKING (0 to 100)		Low: < 25, Medium: 26-40, High: > 40

식품, 국내 축산식품 미생물 기준규격, 병원성 미생물의 성장 조건을 참고자료로 제시하였다. 병원성 미생물은 *Salmonella* spp., Pathogenic *E. coli*(*E. coli* O157:H7 포함), *Campylobacter* spp., *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter sakazaki*, *Bacillus cereus* 를 포함한 9개 병원성 미생물 각각에 대해 오염의 심각성 및 발생 가능성 및 빈도에 따라 관련된 축산식품을 1-5 순위를 우선 선정하도록 요청하였다. 그 후에는 국내에서 우선적으로 관리가 필요하다고 생각되는 10개 조합의 선정을 추가 요청하였으며, 선정한 10개의 조합 중에서 다시 위험순위에 따라 우선 관리가 필요한 1-5 순위까지 선정하도록 요청하였다 (Table 1). 전문가 설문조사 결과에 나타난 병원성 미생물과 잠재적 위해 축산식품의 조합에 대한 의견을 종합하여 위험순위 Top 15개 식중독 세균/위해식품 조합을 결정하였다.

Risk Ranger를 활용하여 주요 잠재적 위해 축산식품/식중독 세균 조합 위험순위 결정

주요 식중독세균과 관련된 축산식품에 대한 위험성을 국외에서 개발된 반 정량적 미생물 위해평가 도구인 “Risk Ranger” 를 사용하여 risk ranking 을 결정하였다. Risk Ranger 는 Table 2 에 제시된 11가지 질문에 대하여 위해식품과 식중독 세균 각각의 정보를 microsoft excel spreadsheet 에 입력한 결과에 따라 risk ranking 이 결정되는 도구이다. Risk Ranger 의 11가지 질문은 (A) 민감성과 심각성(susceptibility and severity), (B) 식품의 노출가능성(probability of exposure to food), (C) 감염량을 식품이 포함할 가능성(probability of food containing an infectious dose)의 세 영역으로 구성되어 있다. Risk Ranger 에 입력하면 결과적으로 위해순위가 0-100 범위 내에서 정해지며, 범위가 25 이하인 경우는 risk 가 낮으나, 40 이상인 경우는 risk 가 높은 것으로 판단한다[7]. 위의 결과를 종합 참고하여 식중독 발생 가능성을 고려하고 위해평가 및 관리가 필요한 우선순위에 따라 식중독 세균/축산식품 및 가공품 조합을 세(고 위험, 중 위험, 저 위험)그룹으로 분류하였다.

결과 및 고찰

국내 축산식품 관련 식중독 사고 역학조사(2008-2012년) 결과는 다음 Table 3 과 같다. 2008년부터 2012년까지 국내 축산식품에 대하여 식중독 발생 빈도가 높았던 주요 원인균은 *Salmonella,* 병원성 대장균, *C. jejuni, Cl. perfringens* 순으로 나타났다, 2008-2012년에 발생한 *Salmonella* 식중독은 총 23건이며 특히 *S. enteritidis* 에 의한 식중독 사고가 15건으로 가장 많았으며 주요 원인 식품은 계란으로 나타났다. 이는 전세계적으로 발생하는 식중독의 경향과 동일한 것으로 2002년 FAO/WHO 는[12] 유럽에서 발생하는 식중독의 77.1% 가 *Salmonella* 에 의한 것이며 그 중 1/3 이상이 *S. enteritidis* 에 의한 것이라고 보고한 바가 있다. 두 번째로 식중독 발생 빈도가 높았던 주요 원인균은 총 14건을 기록한 병원성 대장균으로 그 중에서 EPEC(장병원성)에 의한 식중독이 10건인 것으로 조사되었다. 병원성 대장균은 크게 장관병원성(EPEC), 장관독소원성(ETEC), 장관출혈성(EHEC), 장관침입성(EIEC), 장관집합성(EAEC), 장관부착성(DAEC)으로 나눌 수 있다[13]. 현재 우리 나라에서 식중독으로 신고된 병원성 대장균 중에서 장출혈성(EHEC)이 차지하는 비중은 장병원성(EPEC)에 비해 건수가 낮은 특성이 있다[14]. 주요 원인 식품은 짜장면(분쇄육), 족발, 소고기, 육회, 햄버거(치킨패티), 육사시미, 참치김밥(계란) 등으로 다양하게 나타났다. 다음으로 *C. jejuni* 가 총 8건으로 세 번째로 식중독 발생 빈도가 높았다. *Campylobacter* 는 동물에서 사람으로 전염될 수 있어 캠필로박터증은 인수공통질병으로 분류되고 있으며, 전 세계적으로 중요한 공중보건 이슈 중 하나이다. 미국의 FDA 및 EU 의 보고에 의하면 캠필로박터증이 미국과 유럽의 위장염 발생에 가장 큰 원인이며 그 발생률이 매년 증가하는 추세에 있다[15,16]. *C. jejuni* 에 의한 식중독의 주요 원인 식품은 계육인 것으로 조사되었다. 뒤이어 *Cl. perfringens* 가 6건으로 식중독 발생 빈도 4위를 차지하였으며 이외에 *Staphylococcus,* Norovirius*, Shigella, B. cereus, V. parahaemolyticus* 에 의한 식중독 사고가 발생한 것으로 나타났다.

축산식품 전문가를 대상으로 설문조사 결과로 국내에서 우선적으로 관리가 필요하다고 생각되는 식중독 세균/축산식품 10개 조합의 1-5 순위 선정 결과는 다음 Table 4 와 같다. 가장 우선적 위해관리가 필요한 것으로 *Campylobacter*/계육, 그 다음으로 *Salmonella*/식용란 및 알가공품, *Enterobacter sakazakii*/조제분유, Pathogenic *E. coli*/분쇄가공육, Pathogenic *E. coli*/식육 순으로 위해순위가 결정되었다. *Salmonella* 는 식육보다 식용란 및 알 가공품에서 우선적 위해관리가 필요한 것으로 나타났고 식육과 소시지 및 햄류에 대해 *Cl. perfringens, L. monocytogenes, S. aureus* 의 3가지 병원성 미생물들의 위해관리가 필요한 것으로 조사되었다.

Risk Ranger 를 사용하여 식중독 세균과 주요 축산식품 및 가공품조합에 대한 위험순위 결과는 Table 5 와 같다. 본 연구에서 조사한 식중독 세균과 주요 축산식품 및 가공품조합의 위험순위는 우유 및 알가공품의 *L. monocytogenes*, 우유 및 알가공품의 *S. aureus*, 계란 및 알가공품 (액란)의 *Salmonella* 를 제외하고는 모두 25를 초과하여 risk 가 높은 것으로 나타났다. 위험순위 분석 결과에 따르면 분쇄육에서 EHEC(장출혈성대장균)이 risk ranking 52

Table 3. Foodborne pathogens and vehicles related to foodborne outbreak due to livestock or livestock products during 2008 to 2012 years in Korea

Rank	Pathogen	Number of Outbreak	Vehicle	Outbreak place
1	Total	23		
	Salmonella Enteritidis	15	Meatball, minister's head, Jajangmyeon (meat), Egg, Stir-fried glass noodles and vegetables (meat, egg), Gimbap (egg), Rolled omelet, Kimbap, Potato salad (egg), Steamed egg, Broiled quail eggs	Gyeonggi, gyeongbuk, Seoul, Jeonnam, Chungnam, Chungbuk, Jeju
	Salmonella Thompson	2	Gimbap (egg)	Gyeonggi
	Salmonella Typhimurium	2	Meatball (egg), Gimbap (egg)	Seoul, Chungnam
	Salmonella D group	2	Pork	Jeonnam
	Salmonella B group	1	Egg	Gangwon
	Salmonella Schleissheim	1	Rolled omelet	Chungnam
	Salmonella montevideo	1	Sweet and sour pork	Seoul
	Salmonella Newport	1	Sliced raw beef bibimbap	Jeonnam
2	Total	14		
	EPEC	10	Jajangmyeon (ground ment), Pigs' feet, Beef, Yukhoe, Hamburger (Chicken patty), Yuksashimi, Gimbap with tuna (egg)	Gyeonggi, Seoul, Jeonnam, Jeonbuk, Chungnam, Chungbuk
	EHEC	2	Sirloin, Roast beef	Jeonbuk
	ETEC	2	Yuksashimi, Bulgogi pizza	Jeonbuk, Chungbuk
3	*Campylobacter jejuni*	8	Meat, half-Chicken soup, Chicken, Deluxe chicken rice porridge, Boiled chicken soup, chicken breast, Chicken Yukhoe	Gyeonggi, Seoul, Jeonbuk, Chungnam
4	*Clostridium perfringens*	6	Bulgogi, Boiled pork, Braised spicy chicken, Rice ball (stir-fried spicy pork)	Gyeonggi, gyeongnam, Seoul, Jeonnam, Chungbuk
5	*Staphylococcus*	4	Pork fried cutlet, Boiled pork slices, Fried chicken	Seoul, Jeonnam, Chungnam, Chungbuk
	Norovirus	4	Undercooked pork, Milk, Braised spicy chicken with vegetables, Stir-fried chicken and vegetable	Gangwon, Jeonnam
6	*Shigella*	2	Meat, Yukhoe (beef)	Jeonnam
	Bacillus cereus	2	Braised short ribs, Boiled pork slices	Gyeongnam, Gyeongbuk
7	*Vibrio parahaemolyticus*	1	Kimbap (egg)	Chungnam

(KCDC, 2013)

로 가장 위험수준이 높은 것으로 나타났다. 문헌조사 결과에 따르면 분쇄육에서 EHEC 오염수준은 0.8% 였으며[17], 공정처리에 의한 감소 수준은 미미한 것(no effect)으로 조사되었다[8,9]. 그러나 이는 국외 연구결과를 근거로 도출한 결과로 공정처리에 의한 유해 미생물 감소 수준에 대한 국내 연구는 부재하여 이에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다. 본 연구에서 활용한 Risk Ranger 의 필수입력 질문사항으로 EHEC 에 대한 질병의 심각성은 중간(moderate)으로, 인구집단의 민감성은 보통(general), 분쇄육의 섭취빈도는 주 1회, 식품 소비 인구집단의 비율은 75%, 국내 인구는 통계청 자료에 따라 51,081,507 명으로 하였다. 또한 분쇄가공육에서의 EHEC 또한 유해 미생물과 주요 축산식품 및 가공품조합 품목 가운데 5순위로 높은 순위를 차지하였다. 문헌조사 결과 분쇄가공육의 EHEC 오염수준은 0.8% 였으며[17], 축산물의 가공기준 및 성분규격에 따라 분쇄가공육 식품은 가열처리의 공정과정에 의하여 EHEC 의 제거가 가능할 것으로 판단되어 7번 질문 문항에서 99%제거(usually eliminate)항목을 선택하였으나 이를 구체적으로 뒷받침할 국내 연구결과가 필요하다. 본 연구에서 분쇄가공육에서 EHEC 의 위험순위는 9번 질문 문항에서 공정 후 온도 관리가 매우 잘 이루어지고(well controlled) 있는 경우, 섭취 전 단계의 처리 방법에 따라 위험순위에 차이가 있었다. 질문 11번에서 섭취 전 단계에서 99% 제거될 경우 또는 50% 제거될 경우의 risk ranking 은 각각 35, 45로 차이를 보여 섭취 전 적절한 가열조리를 통해 risk 를 감소시킬 수 있음을 확인하였다. Ro[18]의 연구결과

Table 4. Risk ranking determined from the survey by livestock experts

Rank	Pathogen / Potentially Hazardous livestock or livestock products
1	*Campylobacter* / Chicken
2	*Salmonella* spp. / Egg & Egg product
3	*Enterobacter sakazakii* / Modified milk powder
4	Pathogenic *E. coli* / Processed ground meat
5	Pathogenic *E. coli* / Meat
6	*Salmonella* spp. / Meat
7	*Clostridium perfringens* / Meat
8	*Clostridium perfringens* / Processed ground meat product
9	*Listeria monocytogenes* / Sausage and Ham
10	*Staphylococcus aureus* / Sausage and Ham
11	*Clostridium perfringens* / Sausage and Ham
12	*Listeria monocytogenes* / Meat
13	*Staphylococcus aureus* / Meat
14	*Bacillus cereus* / Milk formulas
15	*Listeria monocytogenes* / Cheese

에 따르면 분쇄가공육 제품의 내부온도가 73°C 까지 도달하도록 가열처리 시 미생물 오염수준이 5 log CFU/ml 이상 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 소비자의 부적절한 가열처리에 의해 분쇄가공육 제품의 내부온도가 60°C 일 경우, 미생물이 2-3 log CFU/ml 수준으로 오염된 채 남아 있는 것을 확인하였다. 따라서 적절한 가열처리가 최종조리음식의 안전성을 확보하는데 매우 중요하다.

2순위는 돼지고기(생)에서의 *S. aureus* 로 섭취 전 조리 수준에 따라 위험순위에 차이가 있었다. 완전히 가열하여 익힌 후 섭취하였을 경우(usually eliminated)와 가열처리가 제대로 이루어지지 않아 부분적으로 익힌 후 섭취하였을 경우(slightly reduced)의 risk ranking 은 각각 42, 51로 나타났다. 문헌조사 결과 돼지고기(생)의 *S. aurues* 의 오염수준은 6.79%[19-21]였으며, 도축공정 후의 오염율은 13%[22,23]로 조사되었다. 따라서 공정처리에 의한 *S. aureus* 의 감소 수준은 미미한 것(no effect)으로 판단하였다. 도축장에서의 청결한 공정과정과 섭취 전 적절한 열처리 과정을 통해 식중독 발생을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

순위 3위는 계육에서의 *L. monocytogenes* 로 조사되었다. 국민건강영양조사[24] 결과에 따르면 닭고기의 섭취빈도는 주 1회였으며, 원재료의 오염율은 도계장 닭고기의 경우에 21.75%[25,26]인 것으로 나타났다. 도계과정에서 *L. monocytogenes* 감소효과 연구가 부재하여 도계공정의 효과를 정확하게 알 수는 없으나 계육제품은 계육가공품과 달리 열처리를 하지 않고 수세과정을 거치는 차이점을 근거로 병원성 미생물과 같은 생물학적 위해요소 관리가 어려울 것으로 판단하여 7번 질문 문항에서 50% 제거(slightly reduce)를 선택하였으며 그 결과, risk ranking이 50으로 높게 나타났다. 이어 계육에서의 *Campylobacter* spp. 가 4순위로 결정되었는데, 문헌조사에 따르면 *Campylobacter* 의 원재료인 계육에서의 오염율은 41.2%[26,27], 유통되는 닭고기의 오염율은 51.1%[28,29]로 나타났다. 도계공정의 영향에 대한 국내 연구자료가 부족하여 국외의 자료를 이용하였으며 향후 국내에서의 가공공정이 유사한지 검증할 필요가 있다고 판단된다. 닭고기의 공정 후 관리 시스템이 대형마트나 백화점 등에서 잘 이루어지는(well controlled) 경우 또는 전통시장 등에서 부적절하게 유통되어 관리되는(controlled) 경우에 따라 위험순위에 차이가 있었다. 닭고기의 *C. jejuni* 균의 경우 미호기성의 호열성균으로서 부적절한 시간-온도 관리 및 상온에서의 방치 등에 의해서는 크게 영향을 받지 않으나 냉장상태에서도 생존력이 강하고 500개 이하의 *C. jejuni* 균에 의해서도 식중독을 일으키므로 초기 오염수준 관리가 중요할 것이다[30]. 또한 국내 유통과정 중에서 *C. jejuni* 의 오염수준의 변동에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Cl. perfringens 에 대해서는 잠재적 위해 축산식품으로 소고기(생), 돼지고기(생), 햄 및 소시지가 각각 순위 6위, 7위, 9위로 나타났다. 식품의약품안전처는 최근 수도권 지역 2개 학교(서울, 경기 평택시)에서 발생한 식중독 사고 원인 조사 중 동일한 제조업체에서 납품 받은 족발 제품에서 환자가검물과 동일한 *Cl. perfringens* 검출을 확인하여 해당제품의 최종 검사 완료 전까지 유통 및 판매 중단 조치를 취한 바가 있다. *Cl. perfringens* 의 소고기(생)와 돼지고기(생) 원재료에서의 오염율은 각각 3.3%와 2.2%[20,21,31-33]인 것으로 조사되었다. 도축 직후의 지하수 세척이 이루어지는 것을 근거로 7번 질문 문항에서는 *Cl. perfringens* 유해 미생물의 50% 제거(slightly reduce) 또는 0% 제거(no effect)를 선택하였으며, 소고기(생)와 돼지고기(생)가 진공포장 또는 저온 유통 및 저장되어 판매되고 있으므로 질문 9번에서 공정 후 관리 시스템이 매우 잘 이루어지는(well controlled) 경우와 비교적 관리가 이루어지는(controlled) 경우를 선택하였다. 소고기(생)는 11번 문항에서 완전히 익혀먹는 경우(usually eliminate), 스테이크와 같이 덜 익혀먹는 경우(slightly eliminate), 육회, 육사시미 등 조리하지 않고 섭취하는 경우(no effect)로 나누어 선택하였다. 그 결과 소고기(생)의 공정 후 관리가 비교적 잘 이루어지고 육회, 육사시미 등 생으로 섭취할 경우의 risk ranking 이 44로 높았다. 돼지고기(생)는 11번 문항에서 완전히 익혀먹는 경우(usually eliminate)와 부적절한 가열처리에 의해 덜 익혀먹는 경우(slightly eliminate)로 나누어 선택하였으며 최종적으로 공정 후 관리가 비교적 잘 이루어지고 덜 익혀먹는 경우의 risk ranking 이 43으로 높게 나타났다. 문헌조사 결과, *Cl. perfringens* 의 가공 과정에 의한 관리 정도 및 그 여부에 대한 정량적 연구가 부족한 것으로 나타났다. *Cl. perfringens* 는 비교적 높은 수준의 오염

Table 5. Risk ranking for the combination of major pathogens and livestock or livestock products using a Risk Ranger

Risk Ranger question	EHEC /raw ground meat	EHEC /processed ground meat	*Campylobacter* spp. /poultry	*L. monocytogenes* /poultry	*L. monocytogenes* /milk
1. Hazard severity	moderate	moderate	minor	moderate	moderate
2. Population susceptibility	general	general	general	general	general
3. Frequency of consumption	weekly	weekly	weekly	weekly	other (146/year)
4. Proportion consuming (%)	75%	75%	100%	100%	75%
5. Total population	51,081,507	51,081,507	51,087,507	51,087,507	51,087,507
6. Proportion of raw product contaminated (%)	0.8%	0.8%	41.2%	21.75%	3.2%
7. Effect of processing on hazard	no effect	99% eliminates	increase 68% reduces	50% reduces	reliably elimi-nates
8. Post processing contamination rate (%)	no	0.04%	51.1%	1.71%	0%
9. Post processing control	not relevant	well controlled	well controlled controlled	not controlled	well controlled
10. Increase required to cause infection/intoxi-cation (per 100 g)	$1 \rightarrow 10^3(10^3)$	$1 \rightarrow 10^3(10^3)$	$39.1 \rightarrow 5 \times 10^4(1279.75)$	$1 \rightarrow 3 \times 10$	$1 \rightarrow 3 \times 10$
11. Effects of preparation before eating on hazard	99% eliminates 50% reduces	99% eliminates 50% reduces	99% eliminates	99% eliminates	no effect
Risk ranking	99% eliminate : 43 50% reduces : 52	99% eliminate : 35 50% reduces : 45	increase 68% reduce	well controlled : 46 controlled : 49 well controlled : 41 controlled : 44	50 0

[1)]Risk ranking range: low < 25, medium 26-40, high > 40.

Risk Ranger question	*L. monocytogenes* /egg products	*S. aureus* /raw pork meat	*S. aureus* /egg products	*S. aureus* /milk	*Cl. perfringens* /raw beef
1. Hazard severity	moderate	minor	minor	minor	minor
2. Population susceptibility	general	general	general	general	general
3. Frequency of consumption	other (134/year)	weekly	other (134/year)	other (146/year)	weekly
4. Proportion consuming (%)	100%	100%	100%	100%	100%
5. Total population	51,081,507	51,081,507	51,087,507	51,087,507	51,087,507
6. Proportion of raw product contaminated (%)	16.7%	6.79%	13.3%	25%	3.3%
7. Effect of processing on hazard	reliably eliminates	no effect	reliably eliminates	reliably eliminates	50% reduces no effect
8. Post processing contamination rate (%)	0%	13%	no	0%	4%
9. Post processing control	well controlled controlled	controlled	controlled	controlled	well controlled controlled
10. Increase required to cause infection/intoxi-cation (per 100 g)	$1 \rightarrow 3 \times 10$	$10^4 \rightarrow 10^7(10^3)$	$1(?) \rightarrow 10^7(10^7)$	$1(?) \rightarrow 10^7(10^7)$	$1(?) \rightarrow 10^4(10^4)$
11. Effects of preparation before eating on hazard	reliably eliminates no effect	99% eliminates 50% eliminates	reliably eliminates no effect	no effect	99% eliminates 50% eliminates no effect
Risk ranking	0	99% eliminates : 42 50% eliminates: 51	reliably eliminates: 0 no effect: 0	0	well controlled: 99% eliminates: 30, 50% eliminates: 40, no effect: 42 controlled: 99% eliminates: 30, 50% eliminates: 40, no effect: 44

[1)]Risk ranking range: low < 25, medium 26-40, high > 40.

Table 5. (Continued) Risk ranking for the combination of major pathogens and livestock or livestock products using a Risk Ranger

Risk Ranger question	*Cl. perfringens* /raw pork	*Cl. perfringens* /ham and sausage	*Salmonella* /poultry	*Salmonella*/egg
1. Hazard severity	minor	minor	mild	mild
2. Population susceptibility	general	general	general	general
3. Frequency of consumption	weekly	weekly	weekly	other (134/year)
4. Proportion consuming (%)	100%	100%	100%	100%
5. Total population	51,081,507	51,081,507	51,087,507	51,087,507
6. Proportion of raw product contaminated (%)	2.2%	0.3%	31.6%	egg 0% liquid egg 0%
7. Effect of processing on hazard	50% reduces no effect	reliably eliminates	50% reduces	99% eliminates
8. Post processing contamination rate (%)	4%	0.56%	47.4%	egg 0.04% liquid egg 0.08%
9. Post processing control	well controlled controlled	controlled not controlled	controlled	well controlled
10. Increase required to cause infection/intoxication (per 100 g)	1(?) → 10^4(10^4)	10^3 → 10^8(10^3)	1.5 → 10^7 (6.7×10^6)	1 → 10^7(10^7)
11. Effects of preparation before eating on hazard	99% eliminates 50% reduces	99% eliminates 50% reduces no effect	99% eliminates 50% reduces	99% eliminates 50% reduces no effect
Risk ranking	well controlled: 99% eliminates: 30, 50% reduces: 40	controlled: 99% eliminates: 22, 50% reduces: 31, no effect: 33	99% eliminates: 29	egg: 99% eliminates: 0, 50% reduces: 10, no effect: 12
	controlled: 99% eliminates: 33, 50% reduces: 43	not controlled: 99% eliminates: 25, 50% reduces: 34, no effect: 36	50% reduces: 38	liquid egg: 99% eliminates: 0, 50% reduces: 0, no effect: 0

[1)]Risk ranking range: low < 25, medium 26-40, high > 40.

농도(10^7-10^9 CFU/g)로 식중독을 유발하므로 섭취 전 적절한 가열 조리 과정을 통해 식중독 발생을 감소시킬 수 있다. 그러나 포자생성 및 발아가 되지 않게 하기 위한 관리가 요구되며 식육가공 제품의 가공 이후 유통단계에서의 포자가 발아하여 다시 영양세포로 전환하여 증식할 가능성에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

순위 8위는 계육의 *Samonella* 로 나타났다. 계란, 알 가공품(risk ranking 25미만)에 비해 계육에서의 risk ranking 이 높게 나타났다. *Salmonella* 에 대한 질병의 심각성은 약함(mild)으로, 식품 소비 인구집단의 비율은 100% 로 하였다. 문헌조사에 따르면 계육 원재료에서 *Salmonella* 의 오염수준은 31.6%[25,26,34]였으며 가공과정에 의한 식중독 세균의 감소효과에 관한 국내 연구 결과는 부족하였다. 유통되는 계육의 오염율은 47.4%[35,36]로 조사되었으며, 도계장에서 수거된 계육이 시판단계의 계육보다 오염율이 낮은 것을 근거로 9번 문항에서 controlled(3-fold increase) 항목을 선택하였다. 다양한 유통단계를 거치는 과정 중에 계육에 존재했던 유해미생물과 환경유래 유해미생물이 추가적인 오염기회에 의해 오염도가 보다 증가된 것으로 사료된다. 질문 11번에서 섭취 전 가열처리가 충분히 이루어진 경우(usually eliminate)와 불충분한 열처리가 이루어진 경우(slightly reduce)에 risk ranking 이 각각 29, 38로 나타났다.

Risk Ranger 분석결과가 위험순위 25이하로 낮았던 계란 및 알 가공품(액란)의 *Salmonella*, 우유 및 알가공품의 *L. monocytogenes*, 우유 및 알가공품의 *S. aureus* 의 문헌조사 결과는 다음과 같다. 계란 및 알 가공품 모두 섭취하는 사람의 기호에 따라 날 것으로 섭취하거나, 반 정도 익히거나 또는 완전히 익혀먹을 가능성이 있기에 섭취 전 단계에서 위해요소가 '99% 제거, 50% 제거, no effect'의 세 가지 경우를 적용하여 risk ranking 을 확인한 결과, 각각 위해순위 0, 10, 12로 나타났다. 반면 알 가공품으로 액란의 경우는 모든 경우에 동일하게 위해순위가 0으로 나타난 경우를 분석해 보면 모니터링 자료가 없거나, 섭취 전의 조리를 통해 99% 가열이 가능한 경우였다. 즉 계란의 경우, 섭취 전 단계에서 조리를 통해 식중독 세균이 99% 제거된 경우와 알 가공품(액란)은 모니터링 문헌조사 결과에서 모두 식중독 세균이 불검출 된 경우와 검출되었더라도 섭취 전 식중독 세균의 저감화 과정이 존재하는 경우에는 위험성이 이와 같이 낮아진다. 현재 식육에 대한 *Salmonella* 의 모니터링 자료는 많으나, 계란 및 알 가공품에 대한 자료가 매우 부족한 실정이다. 그러나 알 가

Table 6. Classification of risk group for the combination of pathogen and livestock or livestock products

Risk Group[1)]	Pathogen / Potentially Hazardous livestock or livestock product	Reason for Selection		
		Epidemiological Study	Expert Opinion	Risk Ranger
I	*Salmonella* spp./Egg & Egg product	1st	2nd	10th, 11st Insufficiency of monitoring data
	Campylobacter spp. /Meat (Chicken)	3rd	1st	4th
	Pathogenic *E. coli*/Meat, Processed ground meat	2nd	4,5th Processed ground meat, Meat	1st, 5th Ground meat, Processed ground meat
II	*Clostridium perfringens* /Meat, Sausage and Ham	4th Cooked meat product	7, 11th Meat, Sausage and Ham	6, 7, 9th Meat (Beef), Meat (Pork), Sausage and Ham
	Staphylococcus aureus /Meat, Sausage and Ham	5th Cooked meat product	10, 13th Meat, Sausage and Ham	2nd Meat (Pork),
	Salmonella spp. /Meat		6th	8th
	Enterobacter sakazakii / Modified milk powder		3rd	
III	*Listeria monocytogenes* /Meat, Sausage and Ham		9th	3rd
	Norovirus / Cooked meat product	5th		
	Shigella spp. /Meat	7th		
	Staphylococcus aureus/Egg product, Milk			
	Listeria monocytogenes/Egg products, Milk, Cheese		15th Cheese	
	Bacillus cereus/ Cooked meat product, Milk formulas	7th Cooked meat product	14th Milk formulas	

[1)]I: high risk group, II: medium risk group, III: low risk group

공품의 종류가 점차 다양해지고 있고, 전문가 의견 설문조사 및 역학조사 결과를 통해 계란 및 알 가공품에 대한 *Salmonella* 유해 미생물 관리의 필요성이 높게 나타나므로 향후 위해평가 연구가 매우 필요한 분야로 사료된다.

우유와 알 가공품에서의 *L. monocytogenes* 의 risk ranking 은 모두 0으로 나타났다. 국내 역학조사 결과에 따르면 *L. monocytogenes* 로 인한 식중독 발생에 대한 통계자료가 존재하지 않기 때문에 국내에서 발생이 없는 것으로 설정이 되었고 7번 문항의 가공과정의 효과는 'reliably eliminate' 로 선정되었는데 이는 모니터링 결과 *L. monocytogenes* 가 발견되지 않은 점을 감안한 결과이다. 그러나 *L. monocytogenes* 는 영유아, 노인층, 특정질병을 가진 집단의 경우 적은 균에 의해서도 리스테리아증이 발병되며 치사율, 질병의 심각성이 크고 최소 감염량이 매우 낮은 0.3 CFU/g 이기 때문에 계속적으로 철저한 공정과정에서의 관리가 필요할 것으로 사료된다. 우유에서 *L. monocytogenes* 의 경우도 공정 후 관리 시스템의 적절성에 대한 연구조사 자료가 부족하였는데 우유제품이 냉장온도에서 유통, 판매, 보관되며, 유통, 공급 시에 일시적으로 실온에 보관될 가능성이 있으나 멸균하여 밀봉되었기 때문에 'well controlled' 항목을 선택하였으며 우유의 공정 후 재 오염율에 대한 문헌조사 결과, 국내·수입 유제품, 조제분유에서 모두 재 오염율이 0% 로 조사된 점이 고려되었다[37-39]. 그러나 Risk Ranger 를 이용한 정확한 risk ranking 을 설정하기 위해서는 우유의 공정 후 관리 방법에 따른 미생물의 생육에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 또한 알 가공품 공정 후에도 *L. monocytogenes* 의 관리효과에 대한 자료가 부족하였으나 실온이나 호기, 진공 포장하여 냉장에서 판매되는 경우를 고려하여 공정 후 관리효과를 'controlled'와 'well controlled' 항목을 선택하였다. 원재료의 *L. monocytogenes* 오염율과 관련된 자료는 부재하여 본 연구에서 수행한 시판 메추리알 모니터링에서 *L. monocytogenes* 가 음성으로 나온 결과를 반영하였다[40]. 또한 섭취 전 처리효과는 알 가공품의 경우 섭취 전 재 가열 또는 그대로 섭취하고 우유의 경우 냉장 보관된 상태 그대로 섭취하는 경우가 많기 때문에 알 가공품은 'reliably eliminate'와 'no effect', 우유는 'no effect'를 선택하여 적용한 결과 알 가공품과 우유에서 *L. monocytogenes* 의 위험순위가 0인 결과를 보였다.

알 가공품에서 *S. aureus* 의 가공공정의 효과와 완제품의 재 오염될 가능성 연구결과도 매우 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 대형마트에서 판매하고 있는 즉석섭취 메추리알 제품에 대한 정성 모니터링 실험을 식품공전의 방법에 따라 수행한 결과, *S. aureus* 가 불검출임을 고려

하여 공정과정에서의 *S. aureus* 의 제거가 완전하게 이루어졌으며 유통과정에서 완제품이 재 오염될 가능성이 없는 것으로 판단하였다. 현재 즉석섭취 메추리알 제품의 경우, 가공 이후 냉장 온도에서 판매되고 있으나 혹 냉장 온도가 10ºC 이상인 경우를 고려하여 'controlled'로 설정하였다. 그러나 섭취 전 재 가열 유무에 상관없이 즉석섭취 메추리알 제품의 경우 위해수준이 0으로 나타났는데 즉석섭취 메추리알의 경우 완전 멸균 공정과정을 통해 유해미생물이 완전히 사멸하는 공정효과 때문에 위험성이 크게 감소하기 때문이다.

마지막으로 우유의 원재료에서 *S. aureus* 의 오염 수준을 조사한 결과, 25% 로 조사되었는데[41] 시중에 판매되는 대부분의 우유는 UHT 처리 과정을 거치므로 공정과정을 거쳤을 경우, 식중독 세균을 포함한 유해미생물 감소 효과는 연구결과의 내용과 같이 완전히 제거(reliably eliminate)된다고 추정하였다. 또한 우유의 재 오염 가능성을 조사한 결과, 냉장온도에서 저장 과정 중에 2차 오염미생물이 생성되지 않았던 연구결과를 통해 0% 로 설정하였다[42]. 우유는 냉장온도에서 유통, 판매되는 것이 대부분이며 상황에 따라 일시적으로 실온에 보관될 가능성을 고려하여 'controlled'로 설정하였고, 섭취 전에 특별한 조리과정 없이 섭취하는 경우가 대부분이므로 'no effect'로 설정한 결과, risk ranking 은 0으로 나타났다. 위의 결과에서 나타난 것과 같이 과학적 근거로서 국외에서 개발된 risk calculation tool 인 Risk Ranger 를 통한 위해순위 결과는 Risk Ranger 의 결과에 영향을 주는 입력변수에 필요한 자료가 없을 경우 최종결과를 신뢰하기에 한계를 보이고 있다. 특히 국내에서는 축산식품 원재료의 유해 미생물 정량적 오염수준, 유해 미생물에 미치는 가공과정 효과에 대한 자료가 매우 부족하였다.

따라서 본 연구에서는 국내 우선관리가 필요한 축산식품/식중독 세균 조합에 대한 위해순위를 결정하기 위해서는 현재 국내 축산식품 대상 식중독 발생 역학조사 결과를 분석하고, 전문가 집단의 의견을 종합적으로 참고하여 위험순위를 세 그룹으로 구분하였고 그 결과는 Table 6 과 같다. 본 연구결과에 따르면 식중독 사고 발생 및 위해 가능성이 높은 위험그룹 I에는 *Salmonella* spp./식용란 및 알 가공품, *Campylobacter* spp./계육, Pathogenic *E. coli*/식육, 분쇄가공육이, 중간단계의 위험그룹 II 에는 *Cl. perfringens*/식육, 소시지 및 햄류, *S. aureus*/식육, 소시지 및 햄류, *Salmonella* spp./식육, *E. sakazakii*/조제분유가 포함되었다. 마지막으로 현재는 발생 빈도 및 위해성이 낮으나 앞으로 장기적으로는 관리가 필요하다고 생각되는 그룹 III 에는 *L. monocytogenes*/식육, 소시지 및 햄류, Norovirus/육류조리식품, *Shigella* spp./식육, *S. aureus*/알 가공품 및 우유, *L monocytogenes*/알 가공품, 우유 및 치즈류, *B. cereus*/조제우유 및 육류조리식품 등이 포함되었다. 국외에서는 2000년도 초반부터 식품에 대한 위해순위 결정연구를 위한 도구개발[5-6,11] 이 활발히 연구되어 있지만 국내에서는 최근 위해 순위 결정 연구들[30,43-44] 이 보고되고 있다. 국내 주요가공식품에 대한 위해순위 결정 연구[43]에서는 병원성 미생물과는 상관없이 식품 유형에 대해 특정 유해물질에 대한 심각성과 발생 가능성, 소비량(생산량)을 바탕으로 상대적 위해점수를 산출해 즉석섭취식품이 가장 위해수준이 높은 식품으로 보고되었다. 또한 기후변화에 민감한 식품과 식중독 세균 조합의 위해순위를 결정하는데 확률분포모델과 @RISK 를 이용한 시뮬레이션을 통해 기후변화에 가장 민감할 것으로 예상되는 식품 또한 즉석섭취식품류였으며 관련 식중독 세균은 황색포도상구균, 살모넬라, 병원성 대장균 O157:H7으로 보고되었다. 이와 같이 다양한 연구에서 식품별로 국내에서 우선관리를 해야 하는 식품 및 관련된 주요 식중독 원인균을 결정하는 반 정량적 미생물 위해평가 연구를 통해 국내에서도 정량적 미생물 위해평가 연구 및 위해관리의 효율성이 높아질 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 축산식품과 식중독 세균 조합의 위험순위 결정을 위한 방법으로 축산식품 관련 식중독사고 보고서(2008-2012년 자료), 축산식품 전문가의 견해, 반 정량적 위해평가 도구인 Risk Ranger 를 이용하여 문헌자료를 분석 그 결과를 비교하였다. 본 연구결과에 따르면 지난 2008년-2012년 기간 동안 국내 축산식품에서 식중독 발생 빈도가 높았던 주요 원인균은 *Salmonella,* Pathogenic *E. coli*, *C. jejuni* 순으로 나타났으며 *Salmonella* 식중독의 주요 원인 식품은 계란인 것으로 보고되었다. 그러나 국내에서 우선적으로 관리가 필요하다고 생각되는 식중독 세균/축산식품조합에 대해 축산식품 전문가들은 가장 우선적 위해관리가 필요한 Top 5순위 중 첫 번째로 *Campylobacter*/계육을 제시하였고 그 다음으로 *Salmonella*/식용란 및 알가공품, *Enterobacter sakazakii*/조제분유, Pathogenic *E. coli*/분쇄가공육, Pathogenic *E. coli*/식육을 선정하였으며 *Salmonella* 는 식육보다는 식용란 및 알 가공품에서 우선적 위해관리가 필요함이 제시되었다. 또한 분쇄가공육, 소시지 및 햄류에 대해서는 *Cl. perfringens, L. monocytogenes, S. aureus* 의 3가지 병원성 미생물들의 위해관리의 필요성이 제시되었다. 또한 국외에서 개발된 반 정량적 미생물 위해평가 도구인 Risk Ranger 를 이용하여 국내 식중독 발생 통계자료 및 전문가 의견 설문조사 등과 비교 분석한 결과, Risk Ranger 는 식품과 미생물 조합의 위험 순위를 간단하게 평가할 수 있는 장점이 있으나 Risk Ranger 의 결과에 영향을 주는 입력변수에 필요한 데이터가 없을 경우에 최종결과를 신뢰하기에 한계를 보였다. 특히 국내

에서는 축산식품 원재료에 대해 식중독 세균의 정량적 오염수준 및 공정에 따라 오염수준에 미치는 효과에 대한 자료가 매우 부족한 것으로 나타났는데 Risk Ranger 결과, 위해순위가 0으로 나타난 경우를 분석해 보면 모니터링 자료가 없거나, 섭취 전의 조리를 통해 99% 가열이 가능한 경우였다. 최종적으로 본 연구에서는 축산식품관련 식중독 발생 통계자료, 전문가의견, Risk Ranger 분석결과를 종합적으로 분석하여 식중독 세균/축산식품 조합에 대한 위해평가 및 관리 우선대상을 순위별로 그룹화하였다. 식중독 사고 발생 및 위해 가능성이 가장 높은 위험그룹 I에는 *Salmonella* spp./식용란 및 알 가공품, *Campylobacter* spp./계육, Pathogenic *E. coli*/식육 및 분쇄가공육이 선정되었으므로 차후 이들 제품에 대한 정량적 위해평가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구결과는 차후 축산식품 및 그 가공품에 대한 정량적 미생물 위해평가의 효율성을 높이고 우선 관리 대상에 대한 과학적 근거 자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 말씀

본 연구는 2012년도 농림축산검역본부 용역연구개발과제의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 한국육가공협회: 식육가공품 생산 및 판매 현황. Available from http://www.kmia.or.kr/infocenter/infocenter2.html. Accessed on June **15**, 2014 (2014).
2. Lund, B.M., Baird-Parker, T.C. and Gould, G.W.: The microbiological safety and quality of food. Aspen Publishers, Inc., Maryland, pp. 361-383 (2000).
3. Borch, E. and Arinder, P.: Bacteriological safety issues in red meat and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Sci*., **62**, 381-390 (2002).
4. 식품의약품안전처: 식중독 발생 현황. Available from: http://www.mfds.go.kr/e-stat/index.do. Accessed on Dec. **16**, 2013 (2013).
5. FDA's fresh produce risk ranking tool. Available from http://www.foodrisk.org/exclusives/RRT/. Accessed on June **1**, 2013 (2010).
6. Australia's food safety information portal. Risk Ranger. Available from http://www.foodsafetycentere.com.au/riskranger.php. Accessed on June **1**, 2013 (2010).
7. Ross, T. and Sumner, J.: A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool. *Int. J. Food Microbiol*., **77**, 39-53 (2002).
8. Sumner, J., Ross, T., Jenson, I. and Pointon, A.: A risk microbiological profile of the Australian red meat industry: risk ratings of hazard-product pairings. *Int. J. Food Microbiol*., **105**, 221-232 (2005).
9. Mataragas, M., Skandamis, P.N. and Drosinos, E.H.: Risk profiles of pork and poultry meat and risk ratings of various pathogen/product combinations. *Int. J. Food Microbiol*., **126**, 1-12 (2008).
10. Perni, S., Beumer, R.R. and Zwietering, M.H.: Multi-tools approach for food safety risk management of steam meals. *J. Food Prot*., **72**, 2638-2645 (2009).
11. Chen, Y., Dennis, S.B., Hartnett, E., Paoli, G., Pouillot, R., Ruthman, T., and Wilson, M.: FDA-iRISK-A comparative risk assessment system for evaluating and ranking food-hazard pairs: case studies on microbial hazards. *J. Food Prot*., **76**, 376-385 (2013).
12. FAO/WHO. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens. (2002).
13. 윤장원: 국내 시가독소원성 대장균 감염증 관련 연구에 관한 제언. Safe Food, **4**, 33-36 (2009).
14. 이종경, 박인희, 윤기선, 김현정, 조준일, 이순호, 황인균: 최근 2년간 (2009-2010) 우리나라 병원성 대장균 식중독 역학조사 보고서 분석. 한국식품위생안전성학회지, **27**, 366-374 (2012).
15. ECDC (European Centre for Disease Preventive and Control): Annual epidemiological report on communicable diseases in Europe. (2009).
16. USDA (US Department of Agriculture). A focus on *Campylobacter jejuni*. (2010).
17. CJ 품질안전센터. Available from http://cjfoodsafety. tistory. com/126. Accessed Oct. **23**, 2013 (2013).
18. Ro E.Y.: Survival of pathogenic enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) and control with calcium oxide in frozen meat products. Thesis for the degree of master of science (2014).
19. 황원무, 이성모, 황현순, 한정희: 인천지역 도축장에서 생산된 돼지고기의 미생물 오염도 조사. 한국가축위생학회지, **27**, 7-15 (2004).
20. 나인택, 임홍규, 조미영, 이양수, 이병동: 소와 돼지 도체 표면의 미생물 오염도 및 병원성 미생물 검색. 한국가축위생학회지, **25**, 9-14 (2002).
21. 김주영, 이주형, 기노준, 이정학: 서울지역에서 도축된 식육의 미생물 오염도 및 병원성 미생물 검사. 한국가축위생학회지, **28**, 215-223 (2005).
22. 강호조, 김용환, 손원근: 식중독균의 정량시험에 의한 시판 식육 및 계육의 오염도 평가. 한국식품위생안전성학회지, **15**, 204-208 (2000).
23. 양정임, 이선민, 이길, 이환주, 김민규, 정은정, 차용준: 국내유통 축산물에서의 *Staphylcoccus arueus* 오염도 및 항생제 감수성 조사. 한국식품영양과학회지, **37**, 528-533 (2008).
24. 질병관리본부: 국민건강영양조사. (2011).
25. 황원무, 이성모, 황현순, 한정희: 인천지역 도축장에서 생산된 닭고기의 미생물 오염도 조사. 예방수의학회지, **28**, 59-65 (2004).
26. 우용구: 우리나라 도계장 수거계육의 미생물학적 위생실태 조사. 미생물학회지, **43**, 186-192 (2007).
27. 나호명, 고바라다, 박성도, 김용환: 도계장 도계의 *Campylobacter* 균 오염에 관한 연구. 한국가축위생학회지, **30**, 77-

84 (2007).
28. 식품의약품안전청 연구보고서: 고위해 식중독균 *Salmonella*와 *Campylobacter*의 모니터링 및 위해도 평가. (2001).
29. 식품의약품안전청 연구보고서: 고위해 식중독균 *Salmonella*와 *Campylobacter*의 모니터링 및 위해도 평가. (2004).
30. 민경진, 황인균, 이순호, 조준일, 윤기선: Risk Ranger를 활용한 잠재적 위해식품과 미생물 조합에 대한 위해순위 결정. 한국식품위생안전성학회지, **26**, 91-99 (2011).
31. 국립수의과학검역원: 국립수의과학검역원 연보 (2006).
32. 국립수의과학검역원: 국립수의과학검역원 연보 (2007).
33. 국립수의과학검역원: 국립수의과학검역원 연보 (2008).
34. 성명숙, 김기석, 탁연빈: 도계과정에서의 *Salmonella* 속 균의 오염에 대하여. 한국예방수의학회지, **26**, 195-205 (2002).
35. Chang Y.H.: Prevalence of *Salmonella* spp. in poultry broilers and shell eggs in Korea. *J. Food Prot*., **63**, 655-658 (2000).
36. 우용구: 1996년도 서울·경기지역에서의 시판계육과 계란에 대한 미생물학적 위생실태. 미생물학회지, **41**, 38-46 (2005).
37. Baek S.Y., Lim S.Y., Lee D.H., Min K.H. and Kim C.M.: Incidence and characterization of *Listeria monocytogenes* from domestic and imported foods in Korea. *J. Food Prot*., **63**, 186-189 (2000).
38. 김영조, 문진산, 박현정, 허은정, 김지호, 이희수, 위성환: 국내산 조제유류에서 위해 미생물 모니터링. 한국식품위생안전성학회지, **25**, 341-345 (2010).
39. 황지연, 이지연, 박종현: 영유아용 분말 조제분유의 미생물 품질분석과 위해세균 모니터링. 한국축산식품학회지, **28**, 555-561 (2008).
40. 농림축산검역본부 연구결과보고서: 축산식품에서 식중독균의 위해순위 결정을 위한 도구 개발. (2012).
41. Moon J.S., Lee A.R., Jaw S.H., Kang H.M., Joo Y.S., Park Y.H., Kim M.N. and Koo H.C.: Comparison of antibiogram, Staphylococcal enterotoxin productivity, and coagulase genotypes among *Staphylococcus aureus* isolated from animal and vegetable sources in Korea. *J. Food Prot*., **70**, 2541-2548 (2007).
42. 박승용, 박정민, 양진오, 정후길, 전호남, 이병훈: 한국에서 생산되는 UHT 우유의 살균 후 오염과 미생물학적 품질. 한국유가공기술학회지, **24**, 9-18 (2006).
43. 박경진: 국내 주요 가공식품에 대한 위해순위 결정. 한국식품위생안전성학회지, **24**, 200-203 (2009).
44. 박경진, 하상도, 오덕환: 미생물학적 식품안전을 위한 기후변화 영향 식품 및 식중독 세균 우선순위 결정. 한국식품위생안전성학회지, **28**, 36-40 (2013).