

대구·경북지역 학교 급식에 공급되는 식재료의 유통단계별 미생물 평가 - 어육류, 냉동가공 제품 -

김윤화·류 경¹·이연경^{2*}

대구대학교 식품영양학과, ¹영남대학교 식품영양학과, ²경북대학교 식품영양학과

Microbiological Safety During Delivering of Food Ingredients Supplied to Elementary School Food Services in Daegu and Gyeongbuk Provinces -Seafood, Meat and Frozen Processing Food-

Yun-Hwa Kim, Kyung Ryu¹ and Yeon-Kyung Lee^{2*}

Department of Food and Nutrition, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

¹Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study evaluated the microbiological quality and safety of food items (seafood, meat, eggs, and frozen food) supplied to elementary school food services, during delivery, and analyzed the distribution/delivery system. To this end, 10 food items supplied by 13 factories in Daegu and Gyeongbuk were chosen for study. Beef and pork were delivered directly to schools in freezer vans. Seafood, chicken, and frozen food were delivered to schools by refrigerated vans ($\leq 10^{\circ}\text{C}$) that made other delivery stops before arriving at schools. After food was delivered to schools, total bacterial counts and coliforms (respectively) were as follows: mackerel (2.0×10^2 - 3.2×10^5 , < 5 - 4.0×10^3 CFU/g), common squid (2.5×10^4 - 6.6×10^5 , 1.6×10^2 - 6.0×10^3 CFU/g), shellfish (3.2×10^5 - 1.7×10^3 , 4.0×10^3 - 3.0×10 CFU/g), boiled fish paste (1.9×10^4 , < 5 CFU/g), beef (9.2×10^2 - 6.4×10^4 , < 5 - 2.0×10 CFU/g), pork (2.6×10^3 - 1.3×10^6 , < 5 - 2.7×10^2 CFU/g), chicken (1.0×10^4 , 2.4×10^2 CFU/g), egg (< 5 - 2.3×10^2 , < 5 CFU/g), frozen mandu (3.2×10^3 - 9.5×10^4 , < 5 CFU/g), and frozen noodles (< 5 - 9.0×10 , < 5 CFU/g). *Bacillus cereus* (2.0×10 CFU/g) and *E. coli* (1.0×10 CFU/g) were detected on shellfish, and *Staphylococcus aureus* was detected on pork (3.1×10 CFU/g) and chicken (7.8×10 CFU/g). Most food items were double-wrapped in vinyl and placed in corrugated cardboard boxes prior to delivery, and the boxes were mixed with other food items when they were put in the vans. There was no cross-contamination during distribution. However, total shellfish bacterial counts increased slightly. These results indicate that foods need to be completely pasteurized during processing. Frozen food items should not be mixed and should be delivered by freezer vans ($\leq 4^{\circ}\text{C}$). The number of stops made during distribution/delivery should be reduced.

Key words : microbiological safety, food items, distribution/delivery stages, school food services

서 론

최근 온도상승, 지하수 오염, 집단급식의 증가로 매년 식중독 발생 건수가 증가하고 있다. 급식 인원이 많은 학교 급식에서 식중독 사건은 건수에 비하여 환자수가 많은 특징

을 갖고 있는데 학교 식중독 사건은 2007년 발생한 식중독 중 11%로 57건, 3,101명이 발생하였다. 식중독 원인으로는 세균에 의한 식중독이 36.7% 발생하였으며, *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Vivrio parahaemolyticus*의 순으로 발생빈도가 높았다(1). 2008년에는 자연계 및 곡류, 채소류에 널리 존재하는 *Bacillus cereus*에 의한 식중독 건수가 식재료 오염, 식품 간 교차오염 등으로 증가하는 추세이다(2).

*Corresponding author. E-mail : yklee@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-6234, Fax : 82-53-950-6229

학교급식의 위생수준을 향상시키기 위한 방안으로 교육과학기술부에서는 학교급식의 HACCP 관리계획을 개발하여 2003년부터 학교현장에 전면적으로 실시하고 있고, 식재료의 위생관리에 대한 높은 요구(3)로 학교급식법 시행령 및 시행규칙에 식재료 품질관리기준도 마련하여 관리하고 있다. 또한 어육류, 냉동가공식품류, 난류 등 잠재적 위험성이 있는 급식품은 반드시 적정온도 유지 및 포장상태 등의 검수를 철저히 하여 위생적이고 안전한 상태로 운송 납품되도록 하여야 한다고 명시하고 있으며, 2008년부터 집단급식소 식품 판매업을 신설하여 냉장시설을 갖추도록 하여 학교급식 식재료의 유통을 관리하고 있다(4,5).

그러나 냉동가공조리식품 등의 고위험 식재료의 제조·가공 직후 미생물적 안전성에서 기준치를 초과하는 식재료의 비율이 높고, 유통단계에서는 대부분의 운반차량과 저장고의 온도가 부적절할 경우, 식재료의 안전성을 위협할 우려가 있다고 제기되고 있다(6,7). 또한 유통업체는 제조업체가 아닌 판매업으로 품질 및 위생인증 없이 냉장시설을 확인받고, 각 구청 등에 신고만 하면 학교급식에 납품할 수 있도록 하고 있는 점과 식품산업 시스템의 복잡함으로 이용하는 식재료가 어떠한 유통과정을 거치는 지, 또 여러 단계를 거치는 동안 어떠한 부적합 외부환경에 노출되는 지 등의 불투명한 상황으로 식재료의 안전성에 대한 불안감이 증대되고 있다(8).

식품공전(9)의 식재료 미생물 기준에는 신선편의식품은 대장균군 음성, 황색포도상구균 1 g 당 100 이하, 살모넬라, 장염 비브리오군 음성, 바실러스 세레우스 1 g 당 1,000 이하로 제시되어 있다. 최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생 처리하여 용기·포장에 넣은 냉동어·패류는 세균 수 1 g 당 100,000 이하, 대장균군 10 이하, 장염비브리오, 살모넬라, 황색포도상구균, 리스테리아 모노사이토제네스가 각각 음성이어야 하고, 어육은 대장균군이 음성이어야 하며, 가열조리 하지 않고 그대로 섭취하는 식육은 병원성 미생물이 검출되지 않아야 하고, 원료용 분쇄육에서는 대장균 O157:H7이 음성이어야 한다고 제시되어 있다. 동물성 원료를 가공하여 더 이상의 가열, 조리과정 없이 그대로 섭취할 수 있는 즉석식품은 대장균군 음성, 황색포도상 구균 1 g 당 100 이하, 살모넬라 음성, 장염비브리오 음성, 바실러스 세레우스 1 g 당 1,000 이하이며, 냉동 전 비가열 냉동제품은 일반세균 수 1 g 당 3,000,000 이하, 대장균 음성이어야 하고, 냉동 전 가열 냉동제품은 일반세균 수 1 g 당 100,000 이하, 대장균군 10 이하이어야 한다고 규정하고 있다.

최근 생식, 불충분한 가열조리, 비위생적인 취급으로 인한 어패류(51%), 육류(20%), 조리식품(18%)에 의한 식중독 발생이 급증하는 경향을 보이고 있으나(1), 학교에 공급되는 식재료의 유통단계에 대한 경로가 정확하게 파악되어 있지 않고, 미생물 오염에 대한 데이터는 거의 축적되어

있지 않다. 따라서 본 연구에서는 학교급식 식재료의 유통 단계를 규명하고, 유통단계에서의 미생물 품질변화 및 검수 시점에서 어육류와 냉동식재료의 미생물 품질을 평가해 봄으로써 유통단계 관리의 문제점을 찾아 학교급식 식재료의 안전한 공급을 위한 방안을 제안해 보고자 하였다.

재료 및 방법

연구대상 및 기간

2006년 11월부터 2007년 3월까지 대구·경북지역 식재료 제조·가공공장에서 생산되어 학교로 납품되는 식재료 중 냉장·냉동보관 관리되는 어육류와 냉동제품인 만두류, 면류를 대상으로 실시하였다. 거래하는 단체급식소의 수 및 매출액에 따라 대규모업체 3곳(냉동만두, 면류, 어육), 중규모업체 7곳(수산물, 육류, 면류, 난류), 소규모업체 3곳(수산물, 육류, 난류)에서 총 10개 제품류를 선정하여 실시하였다.

시료채취 및 전처리

식재료가 제조·가공공장에서 출고될 때부터 학교에 도착할 때까지 동행하며 각 유통단계에서 시료를 채취하였다. 각 단계에서 250 g씩을 무균적으로 채취하여 아이스박스 운반하여 4 시간 이내에 실험하였다. 채취한 시료 중 25 g을 취하여 225 mL의 인산완충희석액을 가하여 균질화한 후 시험원액으로 사용하였고, 이 원액을 냉동보관 하였다가 식중독균 정성실험에서 양성으로 나온 시료에 대하여 정량실험을 실시하였다.

미생물 분석 방법

채취된 샘플은 식품공전(9)의 방법을 기준으로 인산완충 희석액을 가하여 균질화한 후 이 중 1 mL을 시험원액으로 하여 각 단계 ($10^2 \sim 10^6$) 별로 희석하였다. Total plate count(TPC), Coliform groups, *Escherichia coli*, *Salmonella* species, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Vivrio parahaemolyticus*와 *Staphylococcus aureus*를 Oxoid(UK)와 Difco(France)의 선택배지를 이용하여 배양 후 정성, 정량 분석하였다. *E. coli*는 *E. coli* 3M Petrifilm™ Plate를 이용하여 확인하였고, 병원성 미생물들은 β -hemolysis, gram, motility, oxidase, indole test 후 API kit (Biomérieux, France)를 사용하여 확인하였다. *S. aureus*의 독소는 Staphylococcal enterotoxins A, B, C and D kit(Oxoid, Japan)를 사용하여 확인하였고, *B. cereus*의 독소형성 유무는 boiling 법으로 DNA를 추출하여 설사를 유발하는 hbl A gene(10)의 유무를 확인하였다. PCR 증폭은 GeneAmp PCR system 9700 (Applied Biosystem)을 사용하였고, Primer 및 증합효소 연쇄반응 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. PCR primers and conditions used in this study

Gene	Primer Sequences (5'-3')	Size (bp)	PCR Conditions
bceT1	TTACATTACCAGGACGTGCTT	428	5 min at 95°C, followed by 35 cycle of 20 sec at 94°C, 20 sec at 56°C, and 20 sec at 72°C, followed by 5 min final extension at 72°C
bceT2	TGTTTGTGATTGTAATTCAGG		
hblA1	GCTAATGTAGTTTCACCTGTAGCAAC	874	5 min at 95°C, followed by 35 cycle of 20 sec at 94°C, 40 sec at 58°C, and 40 sec at 72°C, followed by 5 min final extension at 72°C
hblA2	AATCATGCCACTGCGTGGACATATAA		

결과 및 고찰

유통단계

학교에 공급되는 어육류, 난류, 냉동가공제품의 유통단계는 Fig 1과 같이 몇 가지 유형이 있었다. 공장에서 출고된 식재료는 냉장, 냉동시설을 갖춘 유통업체를 거쳐 냉장, 냉동차량을 이용하여 유통업체와 학교로 배송되었다. 제조·가공공장이 먼 거리에 있는 냉동 공산품은 지역 센터로 운송되어 대리점, 직납업체를 거쳐 학교로 배송되었고, 지역 제조가공업체의 식재료는 학교 배송 전날이나 당일 새벽에 대리점이나 직납업체로 운송되어 냉장 또는 냉동 보관되었다가 아침에 학교로 배송되었다. 하지만 이러한 기본 배송단계는 학교의 지역적 특수성이나 규모에 따라 유통단계가 더 세분화되어 냉장, 냉동 시설이 없는 노상에서 식재료의 전달이 이루어지면서 식재료가 노상에 방치되거나 온도 관리가 되고 있지 않은 차량에서 차량으로 이동되는 경우가 있었으며, 이러한 과정에서 온도관리가 되지 않는 외부에 노출되는 시간이 길어지고, 길바닥에 방치되는 등 적절하지 않은 환경에 노출되어 포장관리와 교차오염 등의 위생관리에 많은 잠재적 위험을 내포하고 있었다. Jeong 등(7)의 연구에서도 냉장·냉동 식재료가 부적절한 온도 상태로 납품되는 경우가 많다고 보고하였다.

식재료별 학교배송 유형을 살펴보면, 육류의 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* 등에 의한 식중독 고위험으로 인하여 학교급식 쇠고기와 돼지고기는 유통단계에서 미생물 증식이나 교차오염을 막기 위해 다른 식재료와 분리되어 공장에서 바로 학교로 냉동차량을 이용하여 단독 배송되고 있었다. 하지만 닭고기, 난류, 가공수산물, 냉동 공산품은 대리점을 거쳐 직납업체로 배송된 후 다른 냉장, 상온보관 식재료와 함께 냉장차량에 혼재되어 학교로 배송되거나 경우에 따라서는 대리점에서 학교로 단독 배송되기도 하였으나 극히 드물었다. 전처리되지 않은 수산물이나 일부 전처리 수산물은 납품 당일 새벽에 직납업체 직원이 수산시장에서 구입하여 냉장, 상온보관 식재료와 함께 냉장차량에 혼재되어 학교로 배송되기도 하였다.

유통단계별 미생물 평가

① 수산물

학교급식에서 인력부족과 위생관리를 위해 전처리 제품의 이용이 증가하는 추세로 채소류 뿐 아니라 전처리 수산물의 이용 또한 증가하고 있다. 전처리 수산물 HACCP 인증업체의 수산물과 어육가공품 및 수산시장의 고등어, 오징어, 깡바지락의 유통단계별 샘플온도, 운송 시간 및 미생물 품질 변화의 결과는 Table 2와 같다.

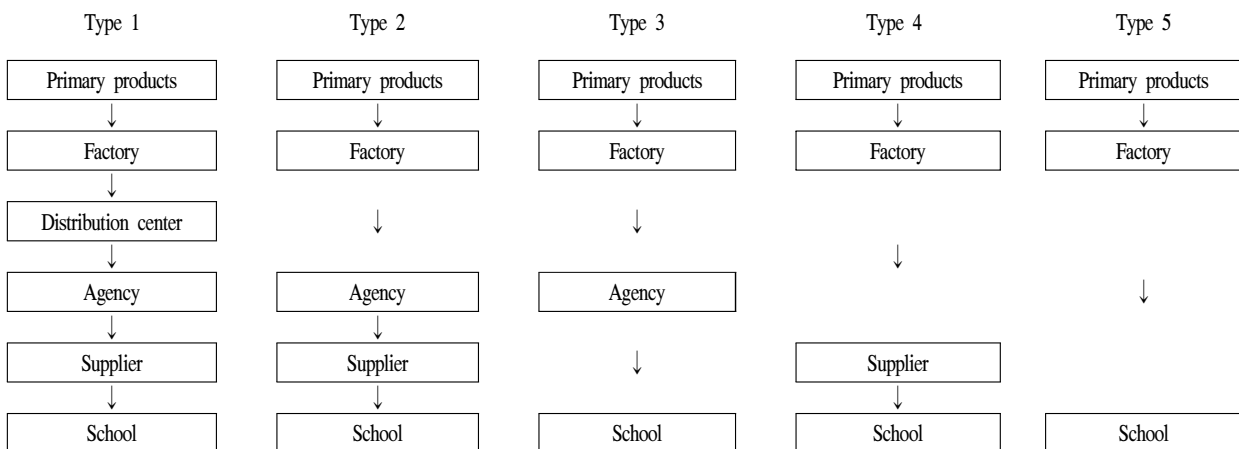


Fig. 1. Analysis of delivery stages.

Table 2. Microbiological analysis of seafood at each delivery stages

(unit: CFU/g)

Stages/Items	Time	Sample Temperature (°C)	Microbial count				
			TPC	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
A company's cutting mackerel							
Taking out from factory	16:46	2	3.0×10	<5	<5	ND	ND
Arriving at agency	17:20	-1	2.0×10	<5	<5	ND	ND
Taking out from agency	04:30	-3	3.0×10 ²	<5	<5	ND	ND
Arriving at supplier	05:10	-2	<5	<5	<5	ND	ND
Taking out from supplier	07:30	-2	1.0×10	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:40	-1	2.0×10 ²	<5	<5	ND	ND
B company's mackerel, raw							
Buying	05:50	0	6.3×10 ⁵	4.7×10 ³	<5	ND	ND
Taking out from supplier	06:40	1	2.7×10 ⁵	1.7×10 ³	<5	ND	ND
Arriving at school	08:14	1	3.2×10 ⁵	4.0×10 ³	<5	ND	ND
A company's common squid, raw, thin strips							
Taking out from factory	16:00	-5	4.4×10 ³	4.0×10	<5	ND	ND
Arriving at agency	16:30	-2	7.0×10 ³	7.0×10	<5	ND	ND
Taking out from agency	04:20	-2	4.4×10 ⁴	3.0×10 ²	<5	ND	ND
Arriving at supplier	05:30	1	6.0×10 ³	1.4×10 ²	<5	ND	ND
Taking out from supplier	07:25	2	3.3×10 ⁴	1.0×10 ²	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	5	2.5×10 ⁴	1.6×10 ²	<5	ND	ND
B company's common squid, frozen							
Buying	05:50	-13	5.6×10 ⁵	5.1×10 ³	<5	ND	ND
Taking out from supplier	06:40	-6	1.23×10 ⁵	4.7×10 ³	<5	ND	ND
Arriving at school	08:14	-5	6.6×10 ⁵	6.0×10 ³	<5	ND	ND
A company's hard-shelled mussel, raw, take the shell off							
Taking out from factory	14:30	1	9.0×10 ³	1.0×10	<5	ND	ND
Arriving at agency	17:00	0	6.0×10 ³	4.0×10	<5	ND	ND
Taking out from agency	04:20	0	3.9×10 ³	3.0×10	<5	ND	ND
Arriving at supplier	05:30	0	3.7×10 ³	3.0×10	<5	ND	ND
Taking out from supplier	07:25	0	4.1×10 ³	2.0×10	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	1	5.3×10 ³	5.0×10	<5	ND	ND
B company's little neck clam, raw, take the shell off							
Buying	06:30	0	7.8×10 ²	3.0×10	1.0×10	ND	4.0×10
Arriving at school	08:50	1	1.7×10 ³	3.0×10	1.0×10	ND	2.0×10
C company's fish paste, fried							
Arriving at school	08:50	8	1.9×10 ⁴	<5	<5	ND	ND

**Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7, *V. parahaemolyticus* were not detected.(-): toxin not detected **B. cereus* enterotoxin test: PCR, (+): toxin detected ND: not detected

A사 절단고등어는 세척, 절단, 숙성 포장의 공정을 거쳐 진공 포장되어 공장에서 출고되었고, 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $<5 \sim 3.0 \times 10^2$, <5 CFU/g 검출되었다. A업체 절단 고등어만이 식품공전의 최종소비자가 그대로 먹을 수 있도록 위생 처리하여 용기포장에 넣은 냉동어의 기준에 적합한 우수한 미생물 품질로 평가되었다. Byun 등(11)의 저장온도에 따른 어류의 미생물 변화 연구에서 고등어의 초기 총균수인 3.2×10^3 CFU/g 보다 낮은 수치를 나타내었고, Nam 등(12)의 사업체급식소에서 검수 시 대구의 일반세균의 수 8.4×10 CFU/g, 대장균군의 수 6.0×10 CFU/g 과 비슷한 결과를 보였다. 절단 생선은 진공비닐과 종이에 박스 포장되어 냉동 보관되었다가 출고되는데 대리점과 직납업체에 입고될 때까지는 냉동상태로 운송되었지만 직납업체에서 출고된 후에는 다른 냉장, 상온보관 식재료와 함께 혼재 배송되고 있었다. 박스 포장된 냉동제품이기 때문에 냉장온도로 배송되었어도 학교에 도착한 후 녹은 흔적이 없어야 한다는 검수기준(13)에 적합하였고, *V. parahaemolyticus*를 포함한 병원성 미생물도 검출되지 않았으며, 균의 증식이나 교차오염도 없었다. 하지만 냉동제품이 짧은 시간 실온에 노출되어도 온도변화가 크게 나타난다는 연구(14)가 있으므로 온도관리가 어려운 하절기에는 균의 증식과 혼재배송으로 인한 교차오염 등의 잠재적 위험요소를 충분히 내포하고 있었다.

B업체 고등어의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $2.7 \times 10^5 \sim 6.3 \times 10^5$, $1.7 \times 10^3 \sim 4.7 \times 10^3$ CFU/g 검출되었다. 일부 학교에서는 구매량이 적거나 보다 신선한 품질의 수산물을 공급하기 위하여 직납업체를 통하여 새벽에 수산시장에서 구입하여 이용하는 경우도 있었는데 위생인증이 없는 수산시장 B업체의 냉동고등어의 미생물적 품질은 HACCP 인증 전처리 업체와 비교할 때 상대적으로 낮았지만 일반적으로 신선어육으로 인정되는 10^5 (15)으로 검출되었고, Kim(15)의 염장고등어의 제조직 후 총균수 $5.3 \times 10^5 \sim 7.6 \times 10^5$ CFU/g 과 비슷한 오염수준을 보였다.

A사의 생 오징어채와 간 홍합은 타 지역에 위치한 가공공장에서 채 썰거나 껍질을 깎 후 비닐 포장된 후 얼음을 채운 아이스박스에 담겨 운송되었으나 학교 도착 후 일반세균의 수가 소량 증가하였다. 생 오징어채의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $6.0 \times 10^3 \sim 4.4 \times 10^4$, $4.0 \times 10 \sim 3.0 \times 10^2$ CFU/g 검출되었으며, 간 홍합의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $3.7 \times 10^3 \sim 9.0 \times 10^3$, $1.0 \times 10 \sim 5.0 \times 10$ CFU/g 검출되었고, 다른 병원성 미생물은 검출되지 않았다. A사의 생 오징어채와 패류의 살도 Kim 등(16)의 연체류와 패류살의 일반세균의 수 10^3 , 10^4 보다 우수한 품질로 평가되었다.

B사 오징어의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $1.2 \times 10^5 \sim 6.6 \times 10^5$, $4.7 \times 10^3 \sim 6.0 \times 10^3$ CFU/g 검출되었으며, 간 바지락의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는

각각 $7.8 \times 10^2 \sim 1.7 \times 10^3$, 3.0×10 CFU/g 검출되었고, *E. coli*가 1.0×10 CFU/g, 독소를 형성하는 설사형의 *B. cereus*가 $2.0 \times 10 \sim 4.0 \times 10$ CFU/g 검출되었다. 오징어는 신선어육으로 인정되는 일반세균의 수 10^5 으로 검출되었고, 간 바지락은 생으로 먹을 수 있는 식품공전의 대장균군의 기준은 적합하였으나 *E. coli*와 *B. cereus*가 검출되어 학교에서의 조리과정에서 보다 철저한 위생관리가 요구되었을 뿐 아니라 간 패류에서 *B. cereus*의 존재는 껍질을 까는 공정을 거치는 동안 교차오염된 것으로 추정되므로 전처리 과정에서의 철저한 위생적인 작업관리가 요구되었다. Lee 등(17)의 연구에서 국내 수산물에서 *V. parahaemolyticus*의 분리율은 어류 23.5%, 패류 37.1%, 연체류 30.0% 였으나 본 연구에서는 검출되지 않았다. Roh 등(18)의 연구에서는 수용할 수 있는 대장균군의 수준으로 검출된 어류, 패류, 연체류의 비율이 각각 70.8%, 69.2%, 52.6%였다.

C사 어묵의 학교도착 후 일반세균, 대장균군의 수는 각각 1.9×10^4 , <5 CFU/g 검출되었다. Yoo 등(19)의 단계급식 원부재료의 오염도에 대한 연구에서 어묵의 일반세균, 대장균군의 수는 각각 3.5×10^3 , 3.0×10^2 CFU/g의 결과와 비교하면 일반세균의 수는 더 많이 검출되었지만 대장균의 수와 다른 병원성 미생물이 검출되지 않아 식품공전의 기준에 적합하였다.

② 육류

쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 계란의 단계별 유통시간, 샘플 온도 및 미생물 품질 변화의 결과는 Table 3~5와 같다. D사 쇠고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $3.0 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^4$, <5 CFU/g 검출되었고, E사 쇠고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군, *E. coli*의 수는 각각 $8.7 \times 10^2 \sim 9.2 \times 10^2$, 3.0×10 , $1.0 \times 10 \sim 1.5 \times 10$ CFU/g 검출되었으며, F사 쇠고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $6.4 \times 10^4 \sim 7.4 \times 10^4$, $<5 \sim 2.0 \times 10$ CFU/g 검출되었고, G사 쇠고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군은 각각 $8.1 \times 10^2 \sim 9.2 \times 10^2$, <5 CFU/g 검출되었다. 쇠고기에서는 다른 병원성 미생물은 검출되지 않았다.

D사 돼지고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군, *S. aureus*의 수는 각각 $1.3 \times 10^3 \sim 2.6 \times 10^3$, <5 , $2.8 \times 10 \sim 3.1 \times 10^2$ CFU/g 검출되었고, E사 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $1.7 \times 10^4 \sim 3.2 \times 10^4$, $1.1 \times 10^2 \sim 1.6 \times 10^2$ CFU/g 검출되었다. F사 돼지고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $1.1 \times 10^6 \sim 1.3 \times 10^6$, $2.7 \times 10^2 \sim 4.4 \times 10^2$ CFU/g 검출되었고, G사 돼지고기의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $4.0 \times 10^2 \sim 3.9 \times 10^3$, $2.0 \times 10 \sim 3.0 \times 10$ CFU/g 검출되었다. 세 업체 제품 모두 다른 병원성 미생물을 검출되지 않았다.

D사 쇠고기의 일반세균 수는 10^4 으로 식품공전과 PHLS(20)의 기준에 적합하였으나 돼지고기에서는 *S.*

Table 3. Microbiological analysis of beef at each delivery stages

(unit: CFU/g)

Stages/Items	Time	Sample Temperature (°C)	Microbial count				
			TPC	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
D company's beef, cutting cube							
Taking out from factory	06:15	2	3.0×10^4	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:50	-1	4.2×10^4	<5	<5	ND	ND
E company's beef, cutting cube							
Taking out from factory	06:10	1	9.2×10^2	3.0×10	1.0×10	ND	ND
Arriving at school	08:20	0	8.7×10^2	3.0×10	1.5×10	ND	ND
F company's beef, cutting cube							
Taking out from factory	07:40	1	7.4×10^4	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	4	6.4×10^4	2×10	<5	ND	ND
G company's beef, cutting cube							
Taking out from factory	07:40	2	8.1×10^2	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	2	9.2×10^2	<5	<5	ND	ND

**Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 were not detected.(-): toxin not detected **B. cereus* enterotoxin test: PCR, (+): toxin detected *ND: not detected.

Table 4. Microbiological analysis of pork at each delivery stages

(unit: CFU/g)

Stages/Items	Time	Sample Temperature (°C)	Microbial count				
			TPC	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
D company's Pork, cutting cube							
Taking out from factory	06:15	2	1.3×10^3	<5	<5	$2.8 \times 10(-)$	ND
Arriving at school	08:50	-1	2.6×10^3	<5	<5	$3.1 \times 10(-)$	ND
E company's Pork, cutting cube							
Taking out from factory	06:10	1	3.2×10^4	1.1×10^2	<5	ND	ND
Arriving at school	08:20	1	1.7×10^4	1.6×10^2	<5	ND	ND
F company's Pork, cutting thin							
Taking out from factory	07:40	1	1.1×10^6	4.4×10^2	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	4	1.3×10^6	2.7×10^2	<5	ND	ND
G company's Pork, cutting cube							
Taking out from factory	07:40	0	4.0×10^2	2×10	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	-1	3.9×10^3	3×10	<5	ND	ND

**Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 were not detected.(-): toxin not detected **B. cereus* enterotoxin test: PCR, (+): toxin detected *ND: not detected.

Table 5. Microbiological analysis of chicken and egg at each delivery stages

(unit: CFU/g)

Stages/Items	Time	Sample Temperature (°C)	Microbial count				
			TPC	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
H company's chicken, raw, cutting							
Taking out from factory	06:10	1	1.5×10 ⁴	2.1×10 ²	<5	1.1×10 ² (-)	ND
Arriving at school	08:20	1	1.0×10 ⁴	2.4×10 ²	<5	7.8×10(-)	ND
I company chicken's whole egg, fresh							
Buying	07:40	7	<5	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	5	<5	<5	<5	ND	ND
J company's quail's egg, boiled							
Arriving at school	08:30	10	2.3×10 ²	<5	<5	ND	ND

**Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 were not detected.(-): toxin not detected **B. cereus* enterotoxin test: PCR, (+): toxin detected *ND: not detected

*aureus*가 검출되어 이에 대한 관리가 요구되었고, E사 쇠고기는 일반세균의 수가 D사보다 적었지만 대장균군과 대장균이 검출되어 이에 대한 관리가 필요하였다. F사 쇠고기와 돼지고기의 일반세균 및 대장균군의 오염도는 D사 제품의 오염도보다 약간 높았지만 식품공전과 PHLS의 기준에 적합하게 관리되고 있었다. 소규모업체인 G사의 제품은 소량 가공되어 학교에 납품되고 있어 미생물 품질이 우수한 것으로 나타났고, 유통과정 중의 온도관리, 위생관리는 철저하게 이루어지고 있었다. *S. aureus*의 경우 닭고기와 돼지고기에서 비교적 높은 분포를 보이며, 동물의 체표 및 비강 등에서도 높은 분포율을 나타낸다. 또한 건강인의 손과 비강 등에서 흔히 분리되기 때문에 식육 처리 및 시판 과정에서 오염될 가능성이 매우 높으므로 가공과정에서 좀 더 위생적인 작업관리가 요구되었다(21). David 등(22)의 연구에서 뼈 없는 쇠고기에서 평균 총균수는 1.3 log CFU/g 였고, 1,082개 샘플 중 1개의 샘플에서 *Salmonella*가 검출되었고, Coagulase-positive staphylococci가 20.3%에서 0.8 log CFU/g 검출되었다.

국제적으로 구제역, 가금 인플루엔자에 이르기까지 많은 질병들이 발생하면서 축산물 안전성에 대한 우려가 최고조에 이르렀다. 국가적으로 국민들의 요구에 발맞춰 보다 안전하고 고품질인 식육 생산을 위해 일정 규모 이상의 닭도축장에 대하여 HACCP 시스템을 도입하여 그 위험을 중점 관리하여 안전하고 위생적인 닭고기를 생산하도록 유도하고 있다(23). H사 닭고기는 비닐과 박스의 이중포장으로 운송되었으며, 대리점을 거쳐 직납업체로, 직납업체에서는 다른 식재료와 함께 냉장 배송되고 있었다. 유통과정 중 일반세균, 대장균군, *S. aureus*의 수는 각각 1.0×10⁴~1.5×10⁴, 2.1×10²~2.4×10², 7.8×10~1.1×10² CFU/g 검출되었다. 배송되는 동안 균의 증식이나 교차오염이 없었고, 식품공전과 PHLS의 기준에 적합하였으나 *S. aureus*가 검출

되어 가공공장에서 좀 더 철저한 관리가 요구되었다. Cho 등(24)의 서울시내 초등학교에 제공되는 닭고기의 연구에서는 검수 시 일반세균의 수가 10²~10⁴ CFU/g, 대장균군의 수가 10~10² CFU/g 이었고, 살모넬라가 검출되었다고 보고한 결과와 비슷하였다. Alvarez-Asotorga(25)가 스페인에서 수행한 연구에서는 닭고기의 다리부위와 날개부위에서 중온성균이 각각 4.97 log CFU/cm², 5.03 log CFU/cm² 검출되었다.

본 연구의 육류의 미생물 오염도는 대장균군이 축산물가공장 HACCP 적용 매뉴얼 포장육 검사기준(26)인 10² CFU/g와 비슷한 수준으로 관리되고 있었으나 일반세균의 수 10³ CFU/g 이하의 기준에는 D사와 G사의 육류만 적합한 것으로 평가되어 가공공장에서 좀 더 철저한 위생관리가 필요하였다. Nam(27)의 연구에서는 쇠고기와 수산물에서 독소를 형성하지 않는 *S. aureus*와 b형과 e형의 독소를 형성하는 *S. aureus*가 검출되었는데 본 연구에서의 *S. aureus*는 독소를 형성하지 않는 것으로 평가되었다. 시판식육 및 닭으로부터 주요 식중독균의 오염수준을 조사한 Kang 등(28)의 연구에서 *S. aureus*는 냉장 닭고기에서 1~<10,000 CFU/g 범위였고, 냉장 쇠고기 1~<1,000 CFU/g 및 냉장 돼지고기에서 1~<100 CFU/g 이었으며, 냉동포장 닭고기 및 돼지고기는 1~<10,000 CFU/cm² 이었고, 쇠고기는 1~<10 CFU/cm² 이었다. *Salmonella*는 냉장 돼지고기가 <0.9 MPN/g 이었고, 쇠고기와 닭고기가 각각 <0.03 MPN/g이었으며, *L. monocytogenes*는 냉장 쇠고기 및 돼지고기에서 각각 <0.9 MPN/g 이었고, 닭고기는 0.03 MPN/cm² 이었다.

③ 냉동 만두 및 면류

냉동만두, 냉동면의 단계별 유통시간, 샘플온도 및 미생물 품질 변화의 결과는 Table 6과 같다. K사 냉동물만두의

Table 6. Microbiological analysis of frozen processing food at each delivery stages

(unit: CFU/g)

Stages/Items	Time	Sample Temperature (°C)	Microbial count				
			TPC	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
K company's boiled mandu, frozen							
Taking out from agency	05:30	-9	2.3×10^2	<5	<5	ND	ND
Arriving at supplier	05:50	-3	3.0×10^2	<5	<5	ND	ND
Taking out from supplier	07:30	7	2.3×10^3	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	8	3.2×10^3	<5	<5	ND	ND
L company's dumpling, frozen							
Taking out from agency	06:50	-6	2.5×10^4	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:50	-1.6	9.5×10^4	<5	<5	ND	ND
K company's udong, frozen							
Taking out from agency	07:10	-7	7.0×10	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:30	2	9.0×10	<5	<5	ND	ND
M company's jjolmyun, frozen							
Taking out from agency	06:50	-6	<5	<5	<5	ND	ND
Arriving at school	08:50	1	<5	<5	<5	ND	ND

**Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 were not detected.(-): toxin not detected **B. cereus* enterotoxin test: PCR, (+): toxin detected *ND: not detected

유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $2.3 \times 10^2 \sim 3.2 \times 10^2$, <5 CFU/g 검출되었고, L사 군만두의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $2.5 \times 10^4 \sim 9.5 \times 10^4$, <5 CFU/g 검출되었다. K사 우동의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 각각 $7.0 \times 10 \sim 9.0 \times 10$, <5 CFU/g 검출되었고, M사 쫄면의 유통과정 중 일반세균, 대장균군의 수는 모두 <5 CFU/g 검출되었다. 만두와 면 모두에서 병원성 미생물은 검출되지 않았고, 유통과정 중의 균의 증식이나 교차오염은 없었다.

K사 냉동물만두는 대리점에서 출고될 때와 직납업체에 입고될 때에는 냉동상태를 유지하고 있었으나 학교에 도착할 때는 냉동상태를 유지하지 못하고 있었다. 냉동식품인 만두류는 식중독 고위험 식재료로 분류되기 때문에 HACCP 의무적용 품목으로 지정되어 관리되고 있다. 하지만 유통단계에서 많은 냉동식품들이 냉장식품과 함께 혼재 배송되고 있어 온도관리 및 교차오염의 위험을 내포하고 있었다. 학교 도착 후 미생물 품질은 냉동 전 가열제품의 식품공전과 PHLS의 기준에 적합하였으나 유통단계에서 소량의 균의 증가가 있어 이에 대한 주의가 요구되었다. Yoo 등(19)의 연구에서 만두의 일반세균, 대장균군의 수는 1.7×10^4 , <5 CFU/g 검출되었고, 국내 유통 중인 냉동만두 중 *L. monocytogenes*의 분포와 분리균의 특성을 조사한

연구(29)에서는 냉동만두 중 11.0%가 오염된 결과를 보였으나 본 연구에서는 대장균군과 다른 병원성 미생물이 검출되지 않아 미생물 품질이 우수한 것으로 평가되었다.

K사 우동과 M사 쫄면은 직납업체에서 출고될 때는 냉동이었지만 학교 도착 후에는 냉장온도로 상승하였지만 균의 증식은 없었고, 일반세균의 수가 10^2 CFU/g 이하였으며, 대장균군과 다른 병원성미생물이 검출되지 않아 미생물적 품질이 우수한 것으로 평가되었다.

학교급식 식재료의 유통은 식중독을 예방하기 위해 급식 당일 아침에 배송된다. 이로 인해 배송업체는 시간적으로 많은 어려움을 겪고 있으며, 냉동, 냉장, 상온보관 식재료가 혼재 배송되고 있었다. 대부분의 식재료가 비닐과 박스의 이중 포장으로 배송되고 있었지만 여러 유통단계를 거치는 동안 위생관리에 많은 문제점을 내포하고 있었다. 따라서 학교급식 식재료의 유통과정에서의 철저한 위생관리를 위해서는 많은 유통단계를 줄이고, 유통업체의 조직적 운영을 위한 제도적 지원과 위생관리 인증 제도를 실시하는 것이 필요하였다.

요 약

이 연구의 목적은 대구 경북지역 초등학교에 공급되는

냉장, 냉동유통 제품인 어육류와 냉동가공제품의 유통단계를 분석하고, 유통과정에서의 미생물 변화와 학교급식에 이용되는 식재료의 미생물 품질 평가를 위하여 실시되었다. 쇠고기와 돼지고기는 가공업체에서 학교로 냉동차량을 이용하여 직배송 되었으나 다른 어육류와 냉동가공제품들은 농산물과 함께 직납업체를 거쳐 냉장(≤ 10)으로 혼재 배송되고 있었다. 학교 도착 후 일반세균과 대장균군의 수는 각각 절단생선 $2.0 \times 10^2 \sim 3.2 \times 10^5$, $< 5 \sim 4.0 \times 10^3$ CFU/g, 오징어 $2.5 \times 10^4 \sim 6.6 \times 10^5$, $1.6 \times 10^2 \sim 6.0 \times 10^3$ CFU/g, 깎 조개류 $3.2 \times 10^5 \sim 1.7 \times 10^3$, $4.0 \times 10^3 \sim 3.0 \times 10$ CFU/g, 어묵 1.9×10^4 , < 5 CFU/g, 쇠고기 $9.2 \times 10^2 \sim 6.4 \times 10^4$, $< 5 \sim 2.0 \times 10$ CFU/g, 돼지고기 $2.6 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^6$, $< 5 \sim 2.7 \times 10^2$ CFU/g, 닭고기 1.0×10^4 , 2.4×10^2 CFU/g, 난류 $< 5 \sim 2.3 \times 10^2$, < 5 CFU/g, 냉동만두류 $3.2 \times 10^3 \sim 9.5 \times 10^4$, < 5 CFU/g, 냉동면류 $< 5 \sim 9.0 \times 10$, < 5 CFU/g 이었으며, 간조개에서 *E. coli*와 *B. cereus*가 각각 1.0×10 , 2.0×10 CFU/g 검출되었고, 돼지고기, 닭고기에서 *S. aureus* 각각 3.1×10 , 7.8×10 CFU/g 검출되었다. 대부분의 식재료가 비닐과 박스로 이중 포장되어 배송되었고, 유통과정에서 교차오염은 없었으며, 냉장으로 배송되는 수산물에서 일반세균이 소량 증가하였다. 이번 조사를 통하여 학교급식 식재료의 안전한 관리를 위해서는 식재료의 제조·가공 단계에서의 철저한 위생관리가 먼저 선행되어야 하고, 냉동식품과 냉장식재료의 혼재 배송되는 것을 막고, 철저한 온도관리가 이루어지도록 하기 위해서는 유통단계에서의 위생인증과 유통단계를 줄일 수 있는 제도적인 방안이 요구되었다.

감사의 글

본 연구는 2006 식품의약품안전청 용역연구사업의 어린이 먹거리 안전관리 사업과제(과제번호 06042먹거리755) 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea food drug administration (2007) food & drug statistical yearbook
2. Korea food drug administration (2008) food-borne disease outbreaks trend
3. 정기혜, 박노성, 김영래, 윤시몬, 이성국, 김정선 (2003) 학교급식의 위생관리 방안 연구. 한국보건사회연구원 정책보고서, 2003-44
4. 학교급식법 (2007, 4. 11) 품질 및 안전을 위한 준수사항, 제3장 제16조
5. 식품위생법 시행령('7. 12. 13) 제7조제5호나목(7) 및

- 제13조제2항제5호, 시행규칙('08. 1. 21) 제20조 관련 [별표9] 5나(8) 및 제42조 관련[별표13] 3의2
6. 하상도, 류경 (2005) 학교급식 식중독 저감화 및 유통 어린이식품 안전 관리. 서울지방식품의약품안전청 연구결과보고서, 05162지특화551
7. Jeong, H.S., Yoon, J.Y., and Bae, H.J. (2007) Assessment of utilization and storage management practice of frozen and refrigerated foods in school foodservice -focus on meats, seafoods and processed foods-. J. Korean Diet. Assoc., 4, 345-356
8. Wi, T.S., Hwang, D.Y., Choe, J.S. and Jeong, H.Y. (2004) Improvement of the food supply system in school food service. 食品流通研究, 2, 113-138
9. 식품의약품안전청 (2005, 2008) 식품공전
10. Jang, J.H., Lee, N.A, Woo, G.J. and Park, J.H. (2006) Prevalence of *Bacillus cereus* group in rice and distribution of enterotoxin genes. Food Sci. Biotechnol., 2, 232-237
11. Byun, S.B., Lee, S.H., Lee, S.H., Lee, Y.W., Sun, N.K. and Song, K.B. (2003) Effect of storage temperature on the microbiological and pH changes of mackerel, croaker, and saury during storage. Korean J. Food Preserv, 2, 154-157
12. Nam, E.J., Kim, M.R. and Lee, Y.K. (2003) Effects of HACCP implementation on an industry foodservice operation in Daegu, Korean. J. Nutr., 2, 223-230
13. 교육인적자원부 (2004) 학교급식 위생관리 지침서
14. Moureh, J. and Derens, E. (2000) Numerical modelling of the temperature increase in frozen food packaged in pallets in the distribution chain. International J. Refrigeration, 7, 540-552
15. Kim, G.W., Kim, H.K., Kim, J.S., An, H.Y., Hu, G.W., Son, J.K., Kim, O.S. and Cho, S.Y. (2008) Characterizing the quality of salted mackerel prepared with deep seawater. J. Kor. Fish. Soc., 3, 163-169
16. Kim, J.H., Lee, Y.W., Lee, H.J. and Na, S.S. (1997) A study on characteristics of *Escherichia coli* isolated from fish in market. J. Fd Hyg. Safety, 4, 354-360
17. Lee, H., Oh Y.H., Park, S.G. and Choi, S.M. (2007) Antibiosis susceptibility and distribution of *vibrio parahaemolyticus* isolated from the seafood. Kor. J. Env. Health, 1, 16-20
18. Roh, P.U., Bin, S.O. and Kim, S.W. (1997) A study on contamination of fish sold at wholesale market in Seoul area -material collected from Seoul Karak fish market-. J. Food Hyg. Safety, 4, 294-299
19. Yoo, W.C., Park, H.K. and Kim, K.L. (2000)

- Microbiological hazard analysis for prepared foods and raw materials of foodservice operation. *J. Korea Dietary Culture*, 2, 123-137
20. Gilbert R.J., De Louvois, J., Donovan, T., Hooper, W.L., Nichols, G. and Peel, R.N. (2000) Microbiological guidelines for some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Communicable Disease and Public Health*, 3, 163-167
 21. Hwang, W.M., Lee, S.M., Hwang, H.S. and Han, J.H. (2004) Survey on the contamination of microorganisms in chicken meat from slaughterhouse in Incheon area. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.*, 2, 59-65
 22. David, P., David, J., Stephen, M., Ian, J. and John, S. (2006) A national survey of the microbiological quality of beef carcasses and frozen boneless beef in Australia. *J Food Protect.*, 5, 1113-1117
 23. Food Quality (2005) Food service & retail, School food logistics. http://www.foodquality.com/mag/09012005/fq_09012005_FS1.htm
 24. Cho, K.D. and Lee, B.H. (2004) HACCP system application on chicken entrées served by lunch program of elementary schools. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 1, February, 63-75
 25. Alvarez-Astrorga, M., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Moreno, B. and Garcia-Fernandez, M.C. (2002) Microbiological quality of retail chicken by-products in Spain. *Meat Science*, 62, 45-50
 26. 국립수의과학검역원 (2006) 축산물 가공장 HACCP 적용 매뉴얼
 27. Nam, E.J. (2006): Development of a generic HACCP plan for large restaurants by food type. Doctor's degree thesis. Kyungpook National University. pp. 76-86
 28. Kang, H.J., Kim, Y.H. and Son, W.G. (2000) Contamination level of retail meat and chickens by quantitative test of food poisoning bacteria. *J. Fd Hyg. Safety*, 3, 204-208
 29. Chang, Y.H. (1999) Isolation and characteristics of *Listeria monocytogenes* from frozen foods in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 5, 1324-1329

(접수 2009년 1월 15일, 채택 2009년 4월 3일)