

학교 집단급식소 내 식기류 및 집기류의 미생물학적 분석 및 위해요인 평가

박성준 · 홍성호 · 이하영 · 김철주 · 김수진 · 김성균 · 고광표[†]
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

A Microbiological Analysis and Hazard Factor Evaluation of Food Utensils and Fixtures of Food Service Operations in Schools

SungJun Park, Sung-Ho Hong, Anne Hayoung Lee, Cheol-Ju Kim, Su-Jin Kim,
Sungkyoon Kim, and GwangPyo Ko[†]

Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health,
Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to evaluate the microbial hazards posed by food utensils and fixtures in food service operations at selected middle and high schools located in Seoul, Korea.

Methods: We collected 200 samples of utensils and fixtures including cups, spoons/chopsticks, food trays and tables from five different schools in Seoul. Target microorganisms of this study were divided into two groups: total bacterial count and total coliform as indicators of microbial contamination and *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* as pathogens of food poisoning. We used selective media to quantify microbial concentration and 16S rRNA PCR assay for qualitative analysis. In addition, intensive interviews with nutritionists were conducted and observations were made to identify factors that may affect microbial contamination. Logistic regression analysis was employed to examine the relationship between the microbial concentration and operation characteristics of each operation.

Results: The level of microbial concentration in school B and C were significantly lower than in school A, D and E ($p < 0.05$). Some samples from school A, D and E showed over 3.4 log CFU/100 cm² (total bacterial count) and 1.0 log CFU/100cm² (total coliform), which requires immediate hygienic action. The number of customers per staff member, periodicity of hygiene education for staff and daily operation time of sterilizers were also found to be important factors related with the microbial contamination of food service operations.

Conclusions: These results suggested that not only a HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) approach, but also efforts to assess internal risk factors within operations be needed to reduce the microbial contamination of food utensils and fixtures. This study is expected to provide preliminary data for assessing microbial hazards in food service operations.

Key words: Food services, Microorganism, School, Eating utensil

I. 서 론

우리나라의 학교 급식은 1990년대 들어 국가정책

적으로 발전을 추진함에 힘입어 급속히 성장하여
2010년에는 전국 초등학교, 중학교, 고등학교 및 특
수학교 11,396교 중 99.9%에 이르는 11,389교에서

[†]**Corresponding author:** Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea, Tel: +82-2-880-2731, Fax: +82-2-745-9104, E-mail: gko@snu.ac.kr
Received: 4 October 2011, Revised: 19 October 2011, Accepted: 21 October 2011

급식을 실시하고 있고, 1일 평균 급식 학생수 역시 전체 학생 대비 98.8%에 이르는 718만명에 이른다.^{1,2)} 또한 중학생 및 고등학생들의 경우 학교에 머무는 평균 시간이 각각 약 8시간 4분 및 약 12시간 35분에 이르는 등 상당히 길며, 이에 대다수가 집단급식소의 단체 급식을 통해 식사를 하는 경향이 높다.³⁾ 이는 즉 각 학교 집단급식소들이 제공하는 음식물 및 식당의 위생 상태가 학생들의 건강에 직접적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미하고 있다.

그러나 우리나라의 집단급식의 경우 수요의 급증으로 인하여 양적으로는 급격히 확대된 반면 급식 시설의 환경 미비 및 위생관리 소홀, 저급 식재료 납품문제 등으로 인하여 많은 사회적인 비판을 받고 있으며,^{4,5)} 특히 동시에 많은 인원을 배식하는 학교 급식의 특성상 한 번의 유해미생물 오염으로도 대규모의 식중독 사고를 유발할 수 있다.⁶⁾ 실제로, 2006~2010년간 시설별 식중독 발생현황에 의하면 학교의 식중독 발생건수는 기업체 및 가정보다 확연히 높으며, 2010년에는 총 38건의 식중독 사고가 발생하여 3,390명의 환자가 발생하는 등⁶⁾ 학교급식소에서의 식중독 발생이 계속적으로 일어나고 있음을 알 수 있다. 이에 교육과학기술부(전 교육인적자원부)는 2002년부터 학교급식품질의 안전성 확보를 위해 과학적인 위생관리 체계인 식품위해요소 중점 관리기준(HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Point)를 도입하고 ‘학교급식 위생관리 지침서’를 도입하는 등 학교 급식의 질 관리를 수행하고 있으나, 실무 적용에 있어서 많은 문제점이 도출되고 학교 구성원이나 일반 대중의 지속적인 관심을 유도하지 못하는 등 아직까지 큰 효과를 보지 못하고 있다.⁷⁾

학교 집단급식소에서 식중독을 유발하는 미생물은 실로 다양하며, 일반적으로 미생물로 오염된 음식물, 장갑, 조리도구 및 조리종사자들의 손 등에 의해 전파될 수 있다.⁸⁾ 이에 학교 내 집단급식소의 각종 설비들의 미생물 오염도를 평가한 결과 그 오염도가 상당히 심각한 것으로 나타났으며,⁴⁾ 최근에는 컵과 같이 집단급식소 이용객들이 주로 접하게 되는 물품들의 미생물 오염사례 역시 계속적으로 보고되고 있다.⁹⁾ 이는 만약 각종 이용객들이 주로 이용하는 컵이나 책상, 수저 및 식판 등이 유해한 미생물로

오염되어 있다면 유해미생물 전파의 주요 매개체로 작용할 수 있다는 점을 보여주고 있으나, 관련 연구 및 보고자료는 아직까지도 크게 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 서울 A구의 5개 중, 고등학교를 대상으로 학교 집단급식소를 이용하는 학생들이 주로 접하게 되는 컵, 수저, 식판 및 책상 등 4종류의 식기 및 집기류에 대한 미생물 오염양상을 파악하고, 종업원 1명당 학생 수 및 주기적 위생교육의 실시여부 등 각 집단급식소의 위생 환경에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 분석하기 위한 조사를 병행하여 각 식기류 및 집기류의 미생물 오염과의 관련성을 알아봄으로써 학교 집단급식소에 있어서의 미생물적 위해요인 및 중요관리점을 제시하고 향후 환경보건학적 진단에 있어서의 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 대상학교 선정 및 시료 채취

본 연구에서는 2011년 7월 중에 서울시 A구 내 5개 학교의 집단급식시설 5개소를 선정하여 컵, 식판, 수저 및 책상 등 급식소 이용자들이 식사 중 가장 많이 접하게 되는 4종류의 집기류 및 식기류에 대한 미생물 시료채취를 실시하였다. 이에 학교의 집기 및 식기들에서 각각 10개 씩의 시료를 채취하여 5개 학교에서 총 200개의 샘플을 채취하였으며, 채취 당시의 온도는 26~27.5°C, 상대습도는 65~72% 사이를 보였다.

시료채취는 급식 실시 후 세척 및 청소가 완전히 완료된 다음 약 2시간이 지난 후에 실시¹⁰⁾하였으며, 샘플링 방법은 simple random sampling법을 적용하였다.¹¹⁾ 또한 시료채취자는 위생신발 및 글러브, 실험복 등 위생장구를 상시착용하고 70% alcohol로 매회 살균하여 교차오염을 미연에 방지하도록 하였다. 시료 중 책상 및 식판은 swab sampling method를 이용하여 샘플링을 실시하였으며, 이에 swab kit (3M™ Pipette Swab, 3M Korea Ltd.)를 이용하여 10 cm × 10 cm의 면적을 swabbing하였다.⁴⁾ 또한 수저 및 컵의 경우 glove-juice¹²⁾법을 활용하여, 클린 지퍼백(LDPE, 25 cm × 35 cm)에 0.85% NaCl 용액 100 ml을 부은 후 각 시료를 넣고 1분간 강하게 진탕하여 이를 사용하였다. 시료채취 과정에 사용된

모든 장비 및 도구들은 사용 전에 고압증기멸균기 (121°C, 15분)를 이용하여 멸균과정을 거쳤다.

2. 영양사 인터뷰 및 관찰 조사

교육과학기술부의 학교급식 위생관리지침서¹³⁾에 의거하여 식당 운영형태 및 종업원 수, 방문객, 총 급식시간, 주기적 위생교육의 실시여부, 평균 소독기 운영시간 등 집단급식소의 기본적 운영형태 및 위생실태에 관련된 질문항목들을 선정하였으며, 이 질문들을 바탕으로 숙련된 조사원이 각 학교의 영양사와 최소 30분 이상 개별면접을 실시하였다. 또한 지침서¹³⁾ 내의 학교현장 CCP 매뉴얼 및 기록지를 이용하여 각 학교 집단급식소의 위생환경에 대해 점검 및 관찰조사를 실시하였다.

3. 미생물 오염도 분석

시료들에 대한 미생물 검사는 크게 일반적인 미생물 지표인 총균수 및 총대장균수와 식중독 유발 미생물인 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*) 및 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)의 두 가지로 나누어 실시하였다. 이에 우선 각 시료를 집진회석법으로 적절히 희석시킨 후, 각 미생물에 대한 선택배지에 도달하는 방법으로 정량실험을 진행하였다. 총균수는 Tryptic Soy Agar (TSA, Difco, USA)를 사용하여 35°C 배양기에 48시간 배양한 후 계수를 실시하였으며,¹⁰⁾ 총대장균수의 경우 Violet Red Bile Agar (VRBA, Difco)를 사용하여 35°C 배양기에 24시간 배양 후 계수하였다.¹⁴⁾ 바실러스 세레우스의 측정에는 Mannitol-Egg Yolk-Polymyxin agar (MYP agar, Oxoid, UK)를 사용하여 30°C 배양기에 40시간 배양 후 계수하였고, 시료 내의 황색포도상구균은 Baird-Parker Agar (Oxoid)를 사용하여 35°C 배양기에 48시간 동안 배양 후 계수를 실시하였다.¹⁴⁾

또한 바실러스 세레우스 및 황색포도상구균의 정성실험을 위해서는 16S rRNA 증폭법을 이용하였다.¹⁵⁾ 우선 배지 상의 colony를 백금이를 통하여 취한 후, 1.7 ml microtube (Axygen Inc, USA)에 담아 증류수 10 µl에 균일하게 희석하였다. 이를 96°C에 5분 동안 열처리를 한 다음 다시 얼음에 5분간 넣어 차게 식힘으로써 세균의 세포벽을 파괴시키도록 한 후, DNA template로 사용하였다. 16S rRNA 증폭에는 universal primer set (27F, 5'-AGA GTT

TGA TCM TGG CTC AG-3' 및 1492R, 5'-GGY TAC CTT CTT ACG ACT T-3')를 사용하였으며, 우선 95°C에서 2분간 pre-denaturation 과정을 거친 후 94°C 30초, 45°C 30초, 72°C 1분 30초의 세 단계를 40 cycle 동안 반복시킨 후 최종적으로 72°C에서 5분간 final extension 과정을 거쳐 나온 PCR산물을 4°C에 보관하였다. 반응시킨 PCR 증폭산물은 1.5% agarose gel을 이용하여 전기영동하여, 이를 다시 QIAquick Gel Extraction Kit (Qiagen, USA)을 사용하여 정제 후 염기서열 분석을 의뢰하였다 (Cosmo Genetech Corp, Korea). 분석된 colony 염기서열들의 최종 동정은 미국 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 BLAST를 이용하여 실시하였다.

4. 결과 분석 및 통계 처리

SAS Ver. 9.2 (SAS Institute Inc, USA) 및 MS Excel 2010 (Microsoft Corp, USA)을 이용하여 실험 결과 및 조사 자료들을 통계적으로 분석하였다. 각각의 미생물 지표들에 대해 학교간 비교 및 시료간 비교 분석을 위해서 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 미생물 실험 결과와 학교 집단급식소들의 운영형태 및 위생실태와의 관련성을 알아보기 위해 로지스틱 회귀분석(Logistic regression analysis)을 실시하였다. 각 분석에서 통계적으로 유의한 차이의 기준은 $p < 0.05$ 이다.

III. 연구결과

1. 식기류 및 집기류의 미생물 오염수준 분석

각 학교 집단급식소 내의 컵 및 수저, 책상 및 식판 등 4개의 대상 집기류 및 식기류에서 검출된 총균수를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 전반적으로 총균수 검출량이 매우 낮게 나타난 B교와 C교와는 달리 A교, D교 및 E교의 오염도는 상당히 높은 수준으로 나타났으며, 특히 D교와 E교는 양성율이 92.5%(40개 중 37개 시료) 및 85%(40개 중 34개 시료)를 보이는 등 미생물 오염도가 상당히 심각한 것으로 밝혀졌다. 또한 A 및 D교의 경우 시료들 간의 오염도 차이도 통계적으로 유의($p < 0.05$)하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 총균수의 결과와는 달리, 총대장균수의 경우 E교에만 편중적으로 나타

Table 1. Total microbial concentrations (unit: log CFU/100 cm²) on 4 types of samples in 5 schools

Type of sample	School										
	A		B		C		D		E		p-value***
Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	
Cup	3 (30)	1.0±1.5 (ND-3.9)	3 (30)	0.5±0.7 (ND-2.3)	0	ND	10 (100)	2.5±0.9 (1.2-3.6)	9 (90)	1.3±0.8 (ND-2.8)	<0.0001
Spoon/ Chopsticks	8 (80)	2.3±1.5 (ND-4.3)	0 (0)	ND*	1 (10)	0.3±0.6 (ND-1.9)	10 (100)	2.8±0.5 (2.1-3.5)	9 (90)	1.7±0.8 (ND-3.1)	<0.0001
Tables	3 (30)	0.5±0.8 (ND-2.5)	5 (50)	0.7±0.9 (ND-2.3)	0 (0)	ND	8 (80)	1.4±1.0 (ND-2.5)	8 (80)	0.8±0.6 (ND-1.4)	0.0058
Food tray	4 (40)	1.3±1.6 (ND-3.5)	2 (20)	0.3±0.4 (ND-1.4)	0 (0)	ND	10 (100)	2.1±0.4 (1.5-2.6)	8 (80)	1.3±0.8 (ND-2.3)	<0.0001
p-value**	0.0405		0.1349		0.4040		0.0005		0.0779		

*ND: not detected, below minimum detection limit (0.1 log CFU/100 cm²)⁶⁾

**p-value in the same row, ANOVA test

***p-value in the same column, ANOVA test

Table 2. Concentrations of total coliform (unit: log CFU/100 cm²) on 4 types of samples in 5 schools

Type of sample	School										
	A		B		C		D		E		p-value**
Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	
Cup	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	5 (50)	0.7±0.7 (ND-2.1)	0.0003
Spoon/ Chopsticks	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	8 (80)	0.9±0.5 (ND-1.5)	<0.0001
Tables	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	1 (10)	0.2±0.2 (ND-0.8)	ND	0 (0)	0.4175
Food tray	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	ND	0 (0)	-
p-value*	-		-		-		0.4040		0.0003		

*p-value in the same row, ANOVA test

**p-value in the same column, ANOVA test

Table 3. Concentrations of *Bacillus cereus* (unit: log CFU/100 cm²) on 4 types of samples in 5 schools

Type of sample	School					p-value**				
	A	B	C	D	E					
	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)
Cup	2 (20)	0.5±1.2 (ND-3.8)	0 (0)	ND	4 (40)	1.0±1.4 (ND-3.8)	4 (40)	0.7±0.8 (ND-1.8)	0.1117	
Spoon/ Chopsticks	2 (20)	0.3±0.6 (ND-1.8)	6 (60)	1.2±1.2 (ND-3.5)	1 (10)	0.2±0.3 (ND-1.0)	6 (60)	0.8±0.9 (ND-2.2)	0.0478	
Tables	2 (20)	0.7±1.3 (ND-3.1)	3 (30)	0.8±1.1 (ND-2.7)	2 (20)	0.3±0.5 (ND-1.6)	3 (30)	0.4±0.6 (ND-1.8)	0.7751	
Food tray	2 (20)	0.4±1.0 (ND-3.1)	2 (20)	0.5±1.0 (ND-3.1)	1 (10)	0.2±0.3 (ND-1.0)	5 (50)	0.5±0.6 (ND-1.7)	0.8818	
p-value*	0.8709									
	0.4754									
	0.5256									
	0.6633									

*p-value in the same row, ANOVA test

**p-value in the same column, ANOVA test

Table 4. Concentrations of *Staphylococcus aureus* (unit: log CFU/100 cm²) on 4 types of samples in 5 schools

Type of sample	School					p-value**				
	A	B	C	D	E					
	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)	Positive no. (%)	Mean±SD (range)
Cup	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND
Spoon/ Chopsticks	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	2 (20)	0.3±0.5 (ND-1.6)	2 (20)	0.2±0.3 (ND-0.8)
Tables	0 (0)	ND	2 (20)	0.5±1.0 (ND-3.1)	0 (0)	ND	0 (0)	ND	1 (10)	0.1±0.1 (ND-0.5)
Food tray	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	0 (0)	ND	ND	0 (0)
p-value*	-									
	0.1947									
	0.1420									
	0.1856									

*p-value in the same row, ANOVA test

**p-value in the same column, ANOVA test

Table 5. Characteristics of food service operation management of 5 schools

Characteristics	School				
	A	B	C	D	E
Type of operation	consignment	direct management	consignment	consignment	direct management
Location of cafeteria	ground floor	ground floor	ground floor	underground floor	ground floor
Number of staffs (Number of nutritionists)	11(1)	8(1)	11(1)	6(2)	20(2)
Average daily customers of cafeteria	1100	720	1050	1200	2800
Hygiene education for staffs	irregularly	regularly (once a month)	regularly (once a month)	irregularly	irregularly
Overall time of serving food	< 1 hour	< 1 hour	< 1 hour	≥ 1 hour	≥ 1 hour
Participation of students during food serving	no	yes	no	yes	no
Daily operation time of sterilizers	~ 8 hours	~ 12 hours	24 hours	~ 8 hours	~ 8 hours

나는 경향을 보였으며(Table 2), 특히 컵 및 수저에 집중되는 모습을 보이고 있다.

바실러스 세레우스의 경우(Table 3) 총균수보다는 낮은 양성율(27%)을 보이고 있으나 일부 시료에서는 3.8 log CFU/100 cm²의 높은 농도를 나타내는 등 높은 오염도를 보였으며, 특히 각 급식소간 수저들의 농도 차이가 통계적으로 유의($p < 0.05$)한 것으로 나타났다. 또한 C학교의 경우 여타 학교들과 달리 양성율 및 농도가 크게 낮다는 사실을 알 수 있다.

끝으로, 황색포도상구균은 전체 200개 시료 중 불과 7개에서만 발견되는 등 양성율이 3.5%에 그쳤으나(Table 4), 모든 양성 시료들이 탁자 및 수저에 집중되어 있었으며 전체 7개 시료 중 5개 시료가 D 및 E학교에서 발견되었다. 즉 D와 E학교 집단급식소의 미생물 오염도는 다른 학교에 비해 전반적으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

2. 인터뷰 및 관찰 조사 결과

미생물 오염에 영향을 줄 수 있는 집단급식소들의 각종 위해요소들을 알아보기 위하여 학교현장 CCP 매뉴얼에 의거하여 영양사와의 집중적인 개별 면접 및 관찰조사를 실시하였고, 그 결과는 Table 5와 같다. 급식소의 운영형태는 크게 직영형 및 위탁형으로 나눌 수 있었으며, D교만 지하에 집단급식소가 위치하고 있었다. 특히 D교의 경우 일일 이용객이 1,200명에 달하는 반면에 조리종사자의 수는 영양사를 포함하여 불과 6명에 그치는 등 심각한 인력난에 시달리고 있었다. 또한 조리종사자들을 대상으로

하는 위생교육의 경우 B 및 C교는 월에 1번꼴로 정기적으로 실시하는 것에 비해 나머지 학교들은 비정기적으로 실시하는 것으로 나타났다. 또한 식기소독기 운영시간 역시 학교별로 차이를 보이고 있었는데, C학교의 경우 다른 학교와는 달리 식기소독기를 24시간 항시 운영하고 식기들을 배식시점에 바로 꺼내어 사용하고 있었다.

3. 집단급식소의 운영행태 및 미생물 오염양상의 관련성

각 집단급식소의 운영행태 및 위생실태와 미생물 오염과의 상호관련성을 알아보기 위하여 학교들의 미생물실험 결과와 관찰조사 결과를 서로 비교분석하였다. Table 6은 각 급식소의 여러 특징들을 독립변수로 삼아 총균수 및 총대장균의 결과와 서로 비교해놓은 것으로, 식당의 위치, 조리종사자 1인당 고객수, 조리종사자를 대상으로 한 정기적 위생교육 여부, 배식 시 학생 참여 여부 및 소독기 운영시간 등의 변수들이 각 시료의 총균수 양성율에 대해 통계적으로 유의한($p < 0.05$) 관계가 있음을 알 수 있다. 또한 총대장균의 경우, 직원 1인당 고객수 및 배식 시 학생 참여 여부의 두 가지 변수가 큰 관련성이 있음을 보여주고 있으며, 바실러스 세레우스의 결과는(Table 7) 조리종사자 1인당 고객수 및 위생교육 여부 등의 변수와 밀접한 관계가 있었다. 이와 반면에, 황색포도상구균(Table 7)의 경우는 전체 시료 중 양성율이 그다지 높지 않아 통계적으로 유의한 결과를 보이는 변수들은 없었다. 따라서 조리종

Table 6. Results of logistic regression analysis relating to total bacterial count and total coliform concentration in 5 food service operations (n = 200)

Characteristics	Sample size	Total bacterial count		Total coliform	
		Positive (%)	p-value	Positive (%)	p-value
Type of operation					
consignment	120	56 (46.7)	0.2488	1 (0.83)	0.0028
direct management	80	44 (55)		13 (16.25)	
Location of cafeteria					
ground floor	160	63 (39.4)	<0.0001	13 (8.13)	0.2398
underground floor	40	37 (92.5)		1 (2.5)	
Number of customers per staff					
< 150	120	29 (24.2)	<0.0001	0 (0)	0.0229
150-299	40	34 (85)		13 (32.5)	
≥ 300	40	37 (92.5)		1 (2.5)	
Hygiene education for staffs					
irregularly	120	89 (74.2)	<0.0001	14 (11.7)	0.9420
regularly (once a month)	80	11 (13.8)		0 (0)	
Participation of students during food serving					
yes	80	47 (58.8)	0.0442	1 (1.25)	0.0310
no	120	53 (44.2)		13(10.83)	
Daily operation time of sterilizers					
< 8 hours	120	89 (74.2)	<0.0001	14 (11.67)	0.9974
8-23 hours	40	10 (25)		0 (0)	
24 hours	40	1 (2.5)		0 (0)	

사자 1인당 고객수, 위생교육 여부 및 소독기 운영 시간의 3가지 변수가 각 집단급식소의 미생물 오염 양상에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

IV. 고 찰

Harrigan과 McCance는 식품가공기기 및 작업장 표면에 상재하는 미생물의 수준이 약 3.4 log CFU/100 cm² 이상일 경우 불만족한 수준으로 즉각적인 조치가 필요하다고 제시하고 있으며,¹⁷⁾ 이에 따르면 A교 및 D교, E교의 일부 식기류의 오염도는 매우 심각한 수준임을 확인할 수 있다. 또한 Harrigan과 McCance은 음식물 이송도구들에 있어 대장균군이 100 cm²당 한 개체라도 검출될 경우 불만족한 수준으로 평가하고 있는데,¹⁷⁾ E교의 한 컵 시료에서는 무려 2.1 log CFU/100 cm²의 대장균이 발견되고 수저 시료에서는 1.5 log CFU/100 cm²의 대장균 농도를 보이는 등 우려할만한 오염 수준을 보였다.

실제 여름철의 높은 습도와 온도는 각종 미생물이 자라기에 좋은 환경을 제공할 수 있으나,^{18,19)} 시료 채취 당시 모든 급식소는 환풍기 및 냉방기가 가동되어 있어 비교적 일정한 수준을 유지하고 있었음에도 불구하고 급식소간 미생물 오염도가 큰 차이가 난다는 점에서 환경적인 요인보다는 조리종사자의 수 및 급식소의 전반적인 위생상태 등의 요인이 더 크게 작용하고 있는 것으로 판단된다. 실제로 전반적으로 건조하고 습도가 낮은 겨울의 미생물 오염 수준이 여름의 미생물 수준보다 오히려 1.5~2배 정도로 증가했다는 연구 결과⁴⁾가 있으며, 최근에는 집단급식소의 냉온방시설 및 환기시설들이 잘 갖추어져 있어 사시사철 일정한 수준의 온도 및 습도를 유지할 수 있다는 점 역시 이러한 해석을 뒷받침해 준다.

현재 학교 집단급식의 형태는 크게 직영 및 위탁으로 나뉘어져 있으며, 2006년 6월에 발생한 학교 집단급식소 대형 식중독 사태는 당시까지만 해도 위

Table 7. Results of logistic regression analysis relating to concentrations of *B. cereus* and *S. aureus* in 5 food service operations (n = 200)

Characteristics	Sample size	Bacillus cereus		Staphylococcus aureus	
		Positive (%)	p-value	Positive (%)	p-value
Type of operation					
consignment	120	30 (25)	0.4357	2 (1.67)	0.1070
direct management	80	24 (30)		5 (6.25)	
Location of cafeteria					
ground floor	160	36 (22.5)	0.0051	5 (3.13)	0.5674
underground floor	40	18 (45)		2 (5)	
Number of customers per staff					
< 150	120	23 (19.2)	0.0054	2 (1.67)	0.2365
150-299	40	18 (45)		3 (7.5)	
≥ 300	40	13 (32.5)		2 (5)	
Hygiene education for staffs					
irregularly	120	39 (32.5)	0.0338	5 (4.17)	0.5342
regularly (once a month)	80	15 (18.8)		2 (2.5)	
Participation of students during food serving					
yes	80	29 (36.3)	0.1720	4 (5)	0.3552
no	120	25 (20.8)		3(2.5)	
Daily operation time of sterilizers					
< 8 hours	120	39 (32.5)	0.0328	5 (4.17)	0.9749
8-23 hours	40	11 (27.5)		2 (5)	
24 hours	40	4 (10)		0 (0)	

탁위주 이루어지던 급식업무를 점차적으로 직영급식으로 전환하는 계기가 되었다.⁷⁾ 이에 현재 전체 초, 중, 고 및 특수학교의 94.6%에 달하는 10,770교가 직영급식을 하고 있는데 반하여²⁾ 상대적으로 극히 소수인 위탁운영체제에서 2010년 1년간 발생한 식중독 사고만 무려 8건(620명)에 이르는 등 직영형 및 위탁형 간의 차이가 격심했다.⁶⁾ 이에 본 연구에서는 직영형 및 위탁형 집단급식소에서 미생물 오염 양상에 있어 차이가 나는지 여부를 살펴보았으나 통계적으로 유의한 차이는 확인할 수 없었으며, 오히려 가장 깨끗한 급식 환경을 갖추고 있었던 C교의 경우는 위탁운영체제를 유지하고 있었다는 점에서 각 학교 급식소들의 미생물 오염양상의 차이는 직영 및 위탁운영체제의 차이보다는 급식소 내부요인에 의해 기인한다고 사료된다.

이에 식기류 및 집기류의 미생물 오염도에 영향을 미칠 수 있는 내부 요인들을 살펴본 결과, 가장 중요한 요인으로 조리종사자 1인당 고객수를 꼽을 수 있었다. 이미 총 조리종사자원의 수가 많을수록 급

식 물품의 발주와 검수, 조리종사자 개인 위생 및 급식 시설의 위생관리에 긍정적이라는 연구 결과가 있으며,²⁰⁾ 이와 반대로 D교의 경우 조리종사자 4명(영양사 제외)이 하루에 1,200명에 달하는 학생들의 식사를 준비해야 하는 상황이었고 바쁠 때는 정식 조리종사자가 아닌 교내 직원이 식기류 비치 및 식당 청소 등을 돕고 있었다. 항시 위생교육을 받고 있는 식품 취급자 사이에도 맨손의 경우 위생장갑을 착용한 손에 비해 미생물 오염도가 상당히 높다는 연구 조사가 있는데,²¹⁾ 이에 비록 식품을 직접적으로 다루지는 않더라도 위생교육을 제대로 이수하지 않은 교내 직원이 집단급식소의 활동에 간접적으로 참여하고 있다는 점은 해당 집단급식소의 위생환경에 악영향을 미칠 수 있다. 또한 D교는 관찰 조사 결과 식당의 청소가 미비하여 탁자 등에 음식물 찌꺼기가 남아있고 먼지 뭉치들이 발견되는 등 전반적인 위생상태가 좋지 않았으며 학생들이 일부 배식에 참여하고 있었다. 이미 집단급식소의 고객손에서 발견된 평균 총균수 및 대장균수가 각각 3.11

log CFU/hand 및 1.06 log CFU/hand에 이르는 연구 결과²²⁾가 있으며, 또한 일반적인 손 세척 방법은 전체 세균의 일부만을 감소시킬 뿐이므로 손에 의한 미생물 오염을 방지하기 위해서는 반드시 소독이 병행될 필요성이 있다는 연구²³⁾ 역시 진행되어 있다. 이에 학생들이 매 식사마다 반드시 손을 소독하였는지 확인할 수 없는 현 상황에서 집게 등을 이용하여 일부 음식물을 직접 가져가도록 하게 할 경우 미생물의 교차오염이 일어날 수 있는 여지가 다분하므로 이는 지양하는 것이 바람직하다.

또한 조리종사자들에게 이루어지는 위생교육 역시 집단급식소 내 식기류 및 집기류의 미생물 오염에 있어 큰 영향을 미칠 소지가 크다. 실제로 다섯 곳의 집단급식소에는 모두 CCP 체크리스트가 규정에 맞게 정리되어 있었으며 영양사가 매일 리스트를 갱신하고 있었다. 그러나 영양사로부터 실제 조리종사자들에게까지 학교급식 위생관리지침서의 내용이 모두 전달되고 있을 지는 의문이며, 특히 관찰조사 결과 조리종사자들이 가장 분주하게 움직이는 식사 제공 전 1~2시간에는 대량의 식자재를 수 명의 인원이 처리하고 식기류를 옮기는 등의 과정에서 미생물의 교차오염이 일어날 소지가 다분했다. 이에 조리종사자들에게 실시하는 위생교육의 질 및 빈도는 미생물 오염을 방지하는데 있어 상당한 영향을 미칠 수 있으며, 실제로 위생교육을 정기적으로 실시하는 B교 및 C교의 경우 미생물 오염도가 타 집단급식소에 비해 현저하게 낮게 나타나고 있다. 조리종사자의 손씻기 의식 및 실천이 손의 미생물 오염도를 현저하게 낮추었다는 연구결과²⁴⁾ 역시 지속적인 위생교육의 중요성을 강조하고 있다.

C교의 경우 식기소독기를 24시간 가동하고 있었는데, 이 부분 역시 식기류의 미생물 오염도를 크게 낮추는데 도움을 줄 수 있다. A교와 D교처럼 8시간 가량만 식기소독기를 가동하게 되면 결과적으로 식기소독기가 가동되지 않은 시점에서 오염된 조리종사자들의 손이나 장갑 등이 접촉하게 될 경우 교차오염이 일어날 소지가 다분하다. 이에 C교의 경우 계속해서 식기를 소독하고 식사 제공 시에만 바로 꺼내어 제공하고 있었으며, 결과적으로 가장 낮은 미생물 오염도를 보였다. 또한 책상 등도 항시 청결하게 유지하고 있었는데, 이것은 조리종사자 1인당 고객수가 가장 낮아 영양사 및 조리종사자들

이 식당의 청소 및 소독에 적극적으로 관여할 수 있는 여지가 있었다는 점이 큰 영향을 미치고 있다고 사료된다.

본 연구에서, 식기류 및 집기류에 대한 총균수 및 총대장균수, 바실러스 세레우스 및 황색포도상구균의 4가지 미생물의 오염도는 교내 직원 및 학생의 배식참여, 정기적인 위생교육 실시 여부 등 각 집단급식소의 내적 위해요인과 밀접한 관련을 가지고 있음을 알 수 있었다. 특히 이들 집단급식소들은 모두 정형화된 학교급식 HACCP 기준을 따르고 있었다는 점에서, 학생들이 직접 접하게 되는 식기 및 집기류의 미생물 오염도를 낮춤에 있어 각 집단급식소들은 내재되어 있는 여러 위해요인들을 잘 통제할 필요성이 있다고 판단된다.

V. 결 론

근래에 학교 집단급식소의 위생실태 조사 및 집단급식소의 식기류 및 집기류에 대한 오염사태가 계속적으로 보고되고 있다. 이에 본 연구는 학교 집단급식소의 미생물 오염도 분석 및 오염에 영향을 미칠 수 있는 위해요인을 조사하고자 수행되었다. 서울 A구의 5개 중, 고등학교를 대상으로 컵, 수저, 식판 및 책상 등 4종류의 식기 및 집기류를 대상으로 미생물 오염도를 분석하고 비교하였으며, 학교급식 위생관리지침서에 의거하여 각 학교 영양사와의 개별면접 및 급식소 관찰조사를 실시하여 그 결과를 미생물 분석결과와 비교함으로써 각 급식소의 공통적 위해요인을 도출하였다. 실험 결과, 전반적인 B교 및 C교의 미생물 오염도는 기타 학교 집단급식소에 비해 현저하게 낮았으며($p < 0.05$) A, D 및 E교의 일부 시료에서는 즉시 조치가 필요할 정도의 미생물이 검출되었다. 또한 관찰조사 및 인터뷰 결과와 미생물 분석결과를 비교하여 분석한 결과 조리종사자 1인당 고객수 및 정기적 위생교육 실시 여부, 소독기 운영시간의 3개 변수가 각 집단급식소의 미생물 오염도에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 이에 학생들이 직접 접하는 식기류 및 집기류의 미생물 위험을 방지하기 위해서는 정확한 지침을 바탕으로 한 HACCP 기준을 지키는 한편으로 각 집단급식소 내에 있는 여러 위해요인들을 분석하여 시정하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 보건대학원의 교과목인 지역사회보건실습을 목적으로 수행된 연구로, 지원해주신 서울대학교 및 각 학교 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

- Kim JG. A Survey on the Sanitary Condition of Kitchens in School Food-service Programs. *Kor J Env Health*. 2003; 29(2): 87-93.
- Ministry of Education, Science and Technology, Korea. Current Status of School Foodservice programs in 2010. Available: <http://www.mest.go.kr/web/1111/ko/board/view.do?bbsId=150&mode=view&boardSeq=23282> [accessed 20 July 2011].
- Korea Human Rights Foundation. The Present Status of student rights since 2008. Available: http://www.humanrights.or.kr/bbs/bbs/board.php?bo_table=bbs3&wr_id=37&sfl=&stx=&sst=wr_datetime&so_d=asc&sop=and&page=3 [accessed 23 July 2011].
- Kim KY, Nam MJ, Nam BR, Ryu HJ, Heo RW, Shim WB et al. Microbiological Safety Assessment to Secure Safety of Food Service in University. *J Fd Hyg Safety*. 2010; 25(1): 49-58.
- Song IS, Chae IS. The Analysis of the School Foodservice Employees' knowledge and Performance Degree of HACCP System in Jeju. *Korean J Nutr*. 2008; 41(8): 870-886.
- Korea Food & Drug Administration. The System of Food Poisoning Statistics, 2010. Available: <http://e-stat.kfda.go.kr/> [accessed 20 June 2011].
- Hwang SS, Chon MY, Kim JM, Choi SH, Lee JA, Yoo IY et al. Hygiene · Safety and HACCP system by Management Type of School Food Service. *J Korean Soc Living Environ Sys*. 2008; 15(3): 372-382.
- Mokhtari A, Jaykus LA. Quantitative Exposure Model for the Transmission of Norovirus in Retail Food Preparation. *Int J Food Microbiol*. 2009; 133(1-2): 38-47.
- Korea Food & Drug Administration. Current Status of Sanitation of Food Courts, 2011. Available: <http://www.kfda.go.kr/index.kfda?mid=56&seq=14940&cmd=v> [accessed 19 June 2011].
- Jeong DK, Lyu ES. The Microbiological Evaluation of Environments and Facilities at Food Service Operations in Elementary School. *J Korea Soc Food Sci Nutr*. 2002; 31(2): 216-220.
- Torrence ME, Isaacson RE. Microbial Food Safety in Animal Agriculture: Current Topics. Wiley-Blackwell; 2003. p.275-280
- Park JY, Kim JS, Nam BR, Kim JG. A Study on the Hand Washing Awareness and Practices of Food-service Employees and the Load of Index Microorganisms on the Hands. *J Env Health Sci*. 2010; 36(2): 95-107.
- Ministry of Education, Science and Technology, Korea. Guidelines of Sanitation Management for School Foodservice Operations. 2010; 3: 1-130
- Food and Drug Administration, U.S. Bacteriological Analytical Manual. Available: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm> [accessed 30 June 2011].
- Marchesi JR, Sato T, Weightman AJ, Martin TA, Fry JC, Hiom SJ et al. Design and Evaluation of Useful Bacterium-Specific PCR Primers That Amplify Genes Coding for Bacterial 16S rRNA. *Appl Environ Microbiol*. 1998; 64(2): 795-799.
- Sites JE, Walker PN, Burke A, Annous BA. Development and Validation of a Pilot Scale Enhanced Biosafety Level Two Containment for Performance Evaluation of Produce Disinfection Technologies. *Applied Biosafety*. 2008; 13(1): 30-44.
- Harrigan WF, McCance ME. The examination of food processing plant. In Laboratory methods in food and dairy microbiology. Academic Press, London, England; 1976. p.231-236
- Ehrlich R, Miller S, Walker RL. Relationship Between Atmospheric Temperature and Survival of Airborne Bacteria. *Appl Microbiol*. 1970; 19(2): 245-249.
- Jawad A, Heritage J, Snelling AM, Gascoyne-Binzi DM, Hawkey PM. Influence of relative humidity and suspending menstrea on survival of Acinetobacter spp. on dry surfaces. *J Clin Microbiol*. 1996; 34(12): 2881-2887.
- Park SH, Lim YH. A Study on the Sanitary Management of School Foodservice Operations in Daejeon and Chungnam. *Korean J Community Nutr*. 2005; 10(2): 234-242.
- Kim JG, Park JY, Kim JS. A Comparison of Microbial Load on Bare and Gloved Hands among Food Handlers. *J Environ Health Sci*. 2011; 37(4): 298-305.
- Park HJ, Bae HJ. Evaluation of Microbiological

- Hazards of Hygiene by the Customer Hands in University Foodservice Operation. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2006; 35(7): 940-944.
23. Kjølén H, Andersen BM. Handwashing and disinfection of heavily contaminated hands-effective or ineffective? *J Hospital Infect.* 1991; 21(1): 61-70.
24. Park JY, Kim JS, Kim JG. A Study in the Hand Washing Awareness and Practice of Food-service Employees and the Load of Index Microorganisms on the Hands. *J Environ Health Sci.* 2010; 36(2): 95-107.