

경기지역 학교급식에서의 *S. aureus* 오염도 파악을 위한 미생물 위해분석

김은정 · 최정화¹ · 곽동경^{1*}

한국식품의약품 안전청, ¹연세대학교 식품영양학과

Analysis of Microbiological Hazards to Determine *S. aureus* Contamination Levels at School Foodservice Operations in Gyeonggi Province

Eun-Jung Kim, Jung-Hwa Choi¹ and Tong-Kyung Kwak^{1*}

Korea Food and Drug Administration, ¹Department of Food and Nutrition, Yonsei University

Abstract

This study performed microbiological hazards analysis in raw food materials, cooking processes, kitchen staff, utensils, and the environment in order to obtain contamination levels of *S. aureus* in school foodservice operations. *S. aureus* was not detected in cooked foods offered by the foodservice operations; however, it was found in raw food materials prior to cooking. In the case of vegetables, *S. aureus* was detected in washed mung bean sprouts, parboiled mung bean sprouts, and bellflower roots both before and after disinfection, at levels of 2.2, 1.0, 1.0, and 1.0 log CFU/g, respectively. For processed foods, *S. aureus* was detected in one sample of packaged bean curd as well as in mung bean jelly cake at the level of 1.5 log CFU/g. For meat products, *S. aureus* was detected in beef brisket and chicken at levels of 2.3 and 1.3 log CFU/g, respectively. To determine microbiological hazard data for the hands and gloves of cooking personnel, the staff members were divided into two groups: a group presenting Enterobacteriaceae or coliforms, and another group presenting neither Enterobacteriaceae nor coliforms. The results showed that *S. aureus* was detected on the hands of staff in each group at levels of 2.0 and 2.1 log CFU/hand, respectively, and at 1.8 and 0.0 log CFU/hand on the gloves of staff in each group, respectively. Among kitchen utensils, as an environmental factor in school foodservice operations, *S. aureus* was detected on meat knives, mixing bowls, and dish cloths at levels exceeding 1.0 log CFU/hand.

Key words: *Staphylococcus aureus*, school foodservice operation, microbiological hazards analysis, HACCP system

1. 서론

학교급식은 성장기 학생들의 필요한 영양을 공급함으로써 심신의 건전한 발달을 도모하고, 편식교정 및 올바른 식습관 확립을 형성하도록 하여 영양교육을 통한 식습관의 개선을 목적으로 실시되고 있다(Ministry of Education and Human Resources Development 2007). 우리나라의 학교급식은 1990년대에 들어서면서 국가의 주요시책으로 추진하여 전국적으로 확대하겠다는 방안을 마련하여 초등학교는 1997년부터, 고등학교는 1999년부터, 중학교는 2003년부터 전면급식을 실시하고 있다. 2008년 2월

현재 전체 초·중·고·특수학교 11,136교 중 99.7%인 11,106교에서 급식을 실시하고 있으며, 1일 평균 760만 명이 급식을 이용하고 있다(Ministry of Education, Science and Technology 2008).

학교급식이 양적으로는 빠르게 확대되었으나, 음식의 질, 위생상태, 시설 등과 관련된 학교급식의 문제점으로 인하여 만족스러운 급식이 실시되지 못하고 있는 실정이다(Lee MS 등 1998; Chyun JH 등 1999; Han KS와 Hong SH 2002; Yim KS 등 2004). 특히, 학교 식중독 등 위생 및 안전사고 발생 방지를 위한 예방활동 강화와 급식위생·안전성 확보를 위해 학교단위 자주위생관리 능력 배양을 위한 노력으로 2003년부터 모든 학교급식시설에 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)시스템에 근거한 위생관리시스템을 적용 확대 시행하고 있다. 이러한 위생관리 기술에도 불구하고, 국내의 최근 식중독 발생 통계에 따르면 전체 식중독 발생 장소 중 학교

*Corresponding author: Tong-Kyung Kwak, Department of Food and Nutrition, Yonsei University
Tel: 02-2123-3910
Fax: 02-2123-8646
E-mail: kwaktk@yonsei.ac.kr

급식에서의 식중독 발생건수는 1997년에는 총 8건으로 전체 8.5%에 지나지 않았으나 2002년에 11.5%(9건, 806명), 2003년에 36.3%(49건, 4,621명), 2004년에 34.5%(56건, 6,712명)으로 대형화되는 추세를 보였다. 2005년에는 전체 사고의 17.4%(19건, 2,304명)로 학교 식중독 사고는 전년대비 많은 감소를 보였으며, 2006년 27.0%(70건, 6,992명), 2007년 46.8%(57건, 3,101명), 2008년 11.1%(39건, 2,983명)로 최근 5년간 연평균 48건이 발생되었다. 최근 10년간 학교급식을 포함한 식중독 발생건수는 증가하고 있는 경향을 보이고 있으나, 학교급식의 발생건수와 환자수는 일정한 경향을 보이지 않고 1~2년 주기로 증감을 반복하고 있다(Korean Food & Drug Administration 2008).

*Staphylococcus aureus*는 세계적으로 즉석조리식품에서 가장 중요한 식중독균(Genigeorgis CA 1989; Wieneke AA 등 1993)으로 꼽히며, 식중독 발생에 있어 가장 심각한 위해요소는 식품과 조리종사원 및 환경 그리고 기구 및 용기의 교차오염으로서 부적절한 식품 취급과 표면에서 교차오염의 발생에 중요한 역할을 한다(Garcia ML 등 1986). *S. aureus*는 식품 중에 증식하여 그 대사산물로 생산한 enterotoxin을 경구 섭취하여 일어나는 독소형 식중독이다. 자연계에는 여러 종류의 포도상구균이 있으나 원인 독소인 staphylococcal enterotoxin을 생산하는 균종은 *S. aureus*에 한정된다. *S. aureus*는 경쟁적인 미생물의 존재로 생육이 억제될 수 있지만 다른 미생물의 생육이 방해 받는 높은 염농도와 당농도와 같은 환경에서는 상대적으로 자유롭게 성장할 수 있는 특징을 가지고 있다(ICMSF 1996). 또한 전체인구의 30~50%가 *S. aureus*를 보유하고 있으며 그 중 절반이상이 장독소를 생산하고 인체에서 1 µg 이하의 장독소로도 *S. aureus* 식중독이 발생됨으로 각별한 주의가 요구된다. 특히, *S. aureus* 식중독으로 인한 사망은 어린이들이나 다른 질병을 갖고 있는 노인과 관련되어 발생할 수 있다고 보고 하였다(Schmitt M 등 1990).

국내 HACCP 시스템의 적용은 대부분의 급식산업에 있어서 아직은 효과적이라 하기에는 제한성이 있는데, 이는 해당 작업장에서 발생할 수 있는 위해요소에 대한 분석이 적절히 이루어지지 못한데 있다. 특히, 대부분의 위해요소가 우리나라의 조리공정이나 환경 등에서 일어날 수 있는 위해요소를 제대로 반영하지 못하고 있으며 실험 결과도 정량적인 아닌 정성적이었기 때문에 Critical Control Point(CCP) 및 Critical Limit(CL) 설정에 있어서도 과학적인 근거가 미비한 실정이다(Park KJ 2001). 이와 관련된 국내 미생물 기준에 있어서도 1차 농·수·축산물과 조리식품에 대한 기준은 설정되어 있지 않으며 존재하는 미생물 기준도 정성적인 개념으로서 단지 검출 여부를 확인하는 정도로 현실적으로 과학적이고 객관적인 근거자료로서 이용되지 못하고 있다.

최근 위해요소에 대한 평가방법으로 활용되고 있는 정

량적인 미생물 위해평가(Quantitative Microbial Risk Assessment) 결과는 HACCP 시스템에 적용할 경우 위해요소에 대한 HACCP 시스템의 7가지 원칙 중에서 위해요소 분석, CCP 설정, CL 설정에 있어 과학적인 자료를 제시해 줄 수 있다(Notermans S와 Mead GC 1996). 식품의 조리 및 식품 내 미생물의 오염, 생존, 증식, 사멸의 단계는 충분히 역동적이기 때문에 HACCP 시스템의 개발과 유지 및 미생물의 정량적 위해 평가를 위해서는 대상 미생물에 대한 확인(identification) 및 식품 중의 미생물 수에 대한 정보가 필요하며, 대상 미생물의 확인을 위해서는 특정 식품에서의 유해미생물의 존재 및 분포에 대한 정보의 수집이 필요하다(Elliott PH 1996; Zwietering MH 등 1996, Soboleva TK 등 2000). 외국에서는 식품위해 세균의 정량적 분석 기준이 제시되어 이들 균의 식품 중 오염도의 정량적 분석을 실시하고 있으나, 국내에서는 아직까지 정량규격이 설정되어 있지 않은 경우가 많아 오염도 분석을 정성분석 위주로 진행되고 있으며, 위해미생물 오염정도에 따른 역학조사 자료가 부족하여 정량적인 미생물 위해평가가 극히 제한적으로 수행되고 있는 실정이다(Park SY 등 2005).

따라서 본 연구는 정량적인 미생물 위해평가(QMRA)의 기초 자료로 활용하기 위해서 국내 식중독 발생의 주요 장소인 학교급식을 대상으로 식중독을 유발할 수 있는 대표적인 위해 미생물인 *S. aureus*를 중심으로 *E. coli*, 일반세균, 장내세균, 대장균군의 오염도를 분석, 비교하여 위생상태를 조사하였다. 본 연구에서 얻어진 *S. aureus*의 정량적 분석자료는 HACCP 시스템을 보완하기 위한 목적으로 Microbial Risk Assessment(MRA) 기법을 도입하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 경기도 지역의 학교급식소 10곳을 대상으로 실시하였으며, 본 연구를 위한 예비조사는 2004년 6월 21일부터 2004년 6월 28일까지, 본 조사는 2004년 7월 5일부터 2004년 7월 23일까지 실시하였다.

2. 연구내용 및 방법

본 실험에 사용된 식품은 경기도 지역 10개교의 학교급식소를 대상으로 학교급식에서 제공 빈도수가 잦고 선호도가 높으며, NACMCF(National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, 1992)의 6가지 위해요인 위험범주를 적용하였을 때 오염되기 쉬운 원부재료를 포함하고 후처리 공정을 거치는 등 잠재적으로 미생물 오염과 증식의 위험성이 있는 음식으로 사료되는 메뉴를 선정하였다. 또한 조리에 참여한 종사자의 손과

착용했던 장갑, 음식생산에 사용되는 칼·도마·배식용기(반찬통, 보존용기, 무침볼)·행주 등의 식품접촉 표면, 음용수(수돗물 및 식수), 공중부유세균을 시료로 채취하였다.

1) 시료채취 및 전처리

식품시료: 모든 시료는 무균적으로 멸균시료병이나 멸균 비닐백에 채취하여 아이스박스에 담아 실험실로 2시간 이내 운반해와 분석하였다. 모든 시료의 조작은 clean bench에서 무균적으로 처리되었으며 무균적으로 채취된 음식 25 g에 멸균한 0.1% peptone water 225 mL를 가한 후 Stomacher(Seward Medical, London, UK)로 2분간 중속으로 균질화시켰으며, 각 시료는 멸균한 0.1% Peptone water 90 mL로 10진 희석시킨 후 이 중 1 mL를 시험원액으로 사용하였다.

식품 취급 기구: 음식생산에 사용되는 칼, 도마, 배식용기(반찬통, 보존용기, 무침볼)는 Swab 방법으로 시료를 채취하였고, 행주(사용중인 것 제외)는 Rinse 방법으로, 조리 참여자 손과 착용했던 장갑은 Glove Juice (Paulson DS 1992) 방법으로 시료를 채취하여 미생물 검사를 실시하였다.

음용수: 식수의 경우 학생들에게 공급되는 정수기에서 200 mL를 채수병에 채취하였으며 수돗물의 경우 상수원수를 채수병에 200 mL 채취하여 측정하였다.

공중부유세균: 공중부유세균의 수준은 공기오염, 환경오염 등의 작업장의 위해상태가 나빠졌을 경우 높은 수준을 나타냄으로, 급식환경을 평가하기 위해 공중부유세균 중 일반세균과 대장균군을 대상으로 open-petrefilm을 사용하여 작업장내에 조리실의 작업대와 준비대 등에서 15분 동안 노출시켜 측정하였다.

2) 미생물 분석

일반세균, 장내세균, 대장균군, *E. coli*, *S. aureus*는 3M 주식회사의 Petrifilm™ Aerobic count(PAC), Petrifilm™ Enterobacteriaceae count, Petrifilm™ Coliform count, Petrifilm™ *S. aureus* count, Petrifilm™ *E. coli* count를 사용하여 준비한 시료 1 mL를 Petrifilm 위에 분주하여 37°C에서 24~48시간 배양하였다. 일반세균은 배양 후 균락(colony)의 크기에 관계없이 모든 붉은색 균락들을 측정하여 log CFU/g로 나타내었다. 장내세균은 배양 후 가스방울은 있으나 산지역(acid zone)없는 균락, 노란 산지역은 있으나 가스방울이 없는 균락 그리고 가스와 산을 동시에 생산하는 균락들을 장내세균으로 확인하여 log CFU/g로 나타내었다. 대장균군은 배양 후 CO₂가스를 가진 붉은색 균락만을 대장균으로 확인하여 log CFU/g로 나타내었다. *E. coli*는 배양 후 CO₂가스를 가진 푸른색 균락들만을 *E. coli*로 확인하여 log CFU/g로 나타내었다. *S. aureus*

는 배양 후 적자색 균락만을 *S. aureus*로 확정하며 적자색 균락의 확인이 어려울 경우는 2차 확인용 디스크를 삽입하여 37°C에서 1~3시간 추가 배양하여 분홍색으로 나타나는 pink zone을 *S. aureus*로 확인하여 log CFU/g로 나타내었다.

3) 위해 평가

국내의 식품공전에는 1차 농·수·축산물과 조리식품에 대한 미생물학적 기준을 제시하고 있지 않으므로 본 연구에서는 영국 Public Health Laboratory Service(PHLS)에서 제시한 섭취 시점에서의 ready-to-eat foods에 대한 기준치를 활용하여 이들 기준치 중에서 조사한 메뉴의 구성성분 및 조리공정이 일치하거나 유사한 메뉴를 선택하여 비교·분석하였다(Gilbert RJ 등 2000). PHLS의 기준에서 육류가 들어간 완제품은 meats, 속채류는 vegetables and vegetables meals(cooked), 생채류는 fruits and vegetables(fresh)을 활용하였다. 따라서 육류가 들어간 완제품의 일반세균은 만족(satisfactory) 수준 10³ CFU/g 미만, 수용(acceptable) 수준 10³~10⁴ CFU/g, 불만족(unsatisfactory) 수준 10⁴ CFU/g 이상을 적용하였다. 속채류의 일반세균은 만족(satisfactory) 수준 10⁴ CFU/g 미만, 수용(acceptable) 수준 10⁴~10⁵ CFU/g, 불만족(unsatisfactory) 수준 10⁵ CFU/g 이상을 적용하였다. 생채류는 일반세균은 만족(satisfactory) 수준 10⁶ CFU/g 미만, 수용(acceptable) 수준 10⁶~10⁷ CFU/g, 불만족(unsatisfactory) 수준 10⁷ CFU/g 이상을 적용하였다. 각각 대장균은 만족 20 CFU/g 미만, 수용 20~100 CFU/g, 불만족 100 CFU/g 이상을 적용하였다.

III. 결과 및 고찰

경기도 지역 10개교의 급식장에서 제공되고 있는 메뉴를 조리유형별로 나누어 제공된 메뉴 중 속채류 2종류, 생채류 6종류, 볶음류 4종류, 튀김류 1종류에 대하여 조리된 음식과 사용된 원부재료, 기구 및 환경에 대하여 *S. aureus* 균을 중심으로 미생물 위해 분석을 실시하였다.

1. 식품의 미생물 위해분석

1) 조리식품의 미생물 위해분석

경기 지역의 학교급식소 10곳에서 생산된 조리식품의 미생물학적 위해분석 결과는 Table 1과 같다.

위해분석 결과를 기준치와 비교하였을 때 생채류에서 도라지 오이무침 1과 2에서 4.0 log CFU/g 이상으로 높은 장내세균과 대장균군이 검출되었고, 탕평채는 5.0 log CFU/g 이상으로 높은 일반세균수를 보여 좁으로서 기준치를 만족시키지 못하였다. 전반적으로 생채류의 일부 원부재료의 일반세균수는 조리 후 음식의 일반세균수와 비

Table 1. Microbiological hazard analysis of cooked foods

		(log CFU/g)				
Category	Menu	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Cooked vegetable dishes	Seasoned cooked bean sprouts	7.1	ND ³⁾	ND	ND	ND
	Conch sells mixed with vegetable	TNTC ⁴⁾ (10 ^{5.5})	2.3	1.7	1.0	ND
Uncooked vegetable dishes	Seasoned balloonflower and cucumber (1)	6.6	4.2	4.1	ND	ND
	Seasoned balloonflower and cucumber (2)	6.5	4.4	4.4	ND	ND
	Seasoned Leek and cucumber	7.3	ND	ND	ND	ND
	Mung bean jelly cake with beef and vegetable	5.2	ND	ND	ND	ND
	Imitation crab meat mixed with cold vegetable and seasoning	4.0	ND	ND	ND	ND
	Seasoned Leek	6.3	3.6	ND	ND	ND
	Panbroiled dishes	Panbroiled fish sausage	5.8	ND	ND	ND
	Panbroiled pork	2.8	ND	ND	ND	ND
	Panbroiled beef with oyster sauce	4.6	ND	ND	ND	ND
Fried dishes	Sweet and sour pork	3.0	ND	ND	ND	ND
Fermented Foods	Kim-Chi(1)	8.2	4.0	2.9	ND	ND
	Kim-Chi(2)	8.2	3.7	3.6	ND	ND

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND : Not detected, ⁴⁾ TNTC : Too numerous to count, ⁵⁾: at final diluted concentration

숫하여 생채류의 조리특성상 원부재료의 위생상태가 그대로 전이되어 위생상태가 문제시 되고 있었다. 숙채류 중 콩나물 무침은 5.0 log CFU/g 이상의 높은 일반세균수를 보여 기준치를 만족시키지 못하였고, 골뱅이 무침은 모든 기준치를 만족시켰으나 대장균이 유일하게 조리된 메뉴 중에서 발견되었다. Kim HY 등(2002)의 연구에서도 콩나물 무침의 경우 조리과정상 한번 뜨거운 물에 데침에도 불구하고 일반세균수 7.75, 9.4 log CFU/g, 대장균수 7.03, 6.69 log CFU/g로 높은 일반세균을 보여 원재료 구매시 철저한 미생물학적 품질관리가 요구된다고 지적하였다. 골뱅이 무침은 원부재료로 가공 처리한 골뱅이와 볶은 진미채, 소독한 생야채를 사용했다는 것을 고려할 때 비교적 높은 일반세균수와 대장균이 검출되어 학교급식의 메뉴로 제한하는 것이 바람직하겠다. 특히 골뱅이 무침 조리시 볶은 진미채를 사용하였기 때문에 볶은 과정에서 균들이 사멸되었을 거라 추정되었다. 생야채의 소독은 학교급식 위생관리 지침서에서 제시한 방법인 유효염소농도 100 ppm에서 5분간 침지후 먹는 물로 씻어 내었다(Ministry of Education and Human Resources Development 2004). 생야채를 세척 및 소독하는 과정에서 부적당한 소독액과 짧은 침지시간은 미생물로부터의 오염을 초래하여 골뱅이 무침의 위생상태에 영향을 미쳤을 것이라 사료된다. 따라서 잘못된 조리습관과 지식은 균의 증식이나 오염을 초래함으로써 조리종사자를 대상으로 위생

교육과 조리교육이 종합된 통합적 교육이 필요하다. 볶음류와 튀김류는 쇠고기 굴 소스볶음을 제외하고는 전반적으로 낮은 일반세균수를 보였으며, 일부 원부재료에서 대장균이 검출되었으나 조리 후 음식에서는 불검출 되었다. 이는 가열조리 중 균들이 사멸되었고 조리 후에는 교차오염이 없었다는 것으로 판단되므로 양호한 위생상태를 보였음을 알 수 있었다.

Gillespie IA 등(2001)은 높은 수치의 일반세균과 장내세균, *E. coli*, *S. aureus*의 존재는 부적절한 조리과정과 조리 후 과정에서 재오염, 조리 후 부적절한 보관온도, 그리고 이들 모든 요인들인 결합하여 식품에 병원성 세균들의 오염이 일어나므로 이에 대한 주의가 필요하다고 하였다.

본 연구에서 조리식품 분석결과 *S. aureus*는 검출 되지 않았으며, 이는 가열과정 중 사멸된 것으로 판단되며 가열 후 처리과정에서도 교차오염이 발생되지 않았음을 보여주었다. 그러나 Levin WC 등(1996)의 보고에 의하면 1989년 미국에서 4건의 *S. aureus*로 인한 식중독이 발생하였는데, 이것은 쉐 속에 있는 식용버섯을 먹은 사람에게서 모두 발생하였다. 또한 그 외 조리되지 않은 돼지고기, 염장된 육류, 훈제된 햄 등에서도 62.2%의 *S. aureus*가 검출되었으며 이들 중 51.1%가 병원성을 가진 *S. aureus*로 확인되었다. 따라서 본 조사대상이 되었던 메뉴 중에서 *S. aureus*가 발견되지 않았더라도 향후 조리

Table 2. Microbiological hazard analysis of raw vegetables (log CFU/g)

Category	Ingredients	Sample(Sampling points)	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Raw vegetables	Bean sprouts	1(Before washing)	7.1	5.6	4.9	ND ³⁾	ND
		2(Before washing)	7.6	2.7	ND	ND	ND
		3(Before washing)	8.0	6.4	6.1	ND	ND
		3(After washing)	7.2	5.1	4.4	ND	ND
	Leek	1(Before washing)	7.1	TNTC ⁴⁾ (10 ^{5.5})	3.9	ND	ND
		1(After washing)	7.6	TNTC (10 ⁵)	3.8	ND	ND
		2(Before washing)	8.7	ND	ND	ND	ND
		2(After washing)	TNTC (10 ⁵)	ND	ND	ND	ND
	Mung bean sprouts	1(After washing)	7.9	6.6	4.5	ND	2.2
		1(Parboiled)	3.0	2.1	1.9	ND	1.0
	Balloon flower	1(Before washing)	7.2	5.5	4.4	ND	ND
		1(After washing)	TNTC (10 ⁴)	4.8	4.6	ND	ND
		2(Before sanitization)	8.5	6.4	6.2	ND	1.0
		2(After sanitization)	6.6	5.4	4.6	ND	1.0
	Sesame leaf	1(Before washing)	5.5	4.7	4.6	ND	ND
		1(After washing)	4.5	2.4	1.6	ND	ND
Cucumber	1(Before sanitization)	6.9	3.2	2.3	ND	ND	
	2(Before sanitization)	5.7	3.3	ND	ND	ND	
		2(After sanitization)	4.0	2.4	2.3	ND	ND

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND: Not detected, ⁴⁾ TNTC: Too numerous to count, ⁵⁾: at final diluted concentration

된 음식뿐만 아니라 조사영역을 더 확대시키는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

2) 채소류의 미생물 위해분석

원부재료에서 채소류에 대한 위해분석 결과는 Table 2와 같다.

대장균군수가 4.0 log CFU/g 이상으로 높은 결과를 보인 채소류는 콩나물(세척 전·후), 숙주(세척 후), 도라지(세척 전·후, 소독 전·후), 깻잎(세척 전)이었다. Solberg M 등(1990)의 연구에서 조리하지 않은 식품의 안전 기준치를 일반 세균수 6.0 log CFU/g 이하, 대장균군수 3.0 log CFU/g 이하로 제시한 결과와 비교했을 경우, 높은 일반 세균수를 보인 대부분의 채소류에서 대장균군수 역시 높은 수치를 보였다. 조사된 채소류는 *S. aureus* 기준치를 모두 만족하였으나 1.0 log CFU/g 이상의 *S. aureus*를 보여준 채소류는 세척후의 숙주와 데친 숙주 그리고 소독 전과 후의 도라지였다. 특히 데친 숙주에서 *S. aureus*의 발견은 데친 과정이 이 균을 사멸시키기에 부적절했거나 데친 이후에 교차오염이 되었을 것이라 사료된다. Long SK 등(2002)은 영국과 웨일즈에서 과일과 채소류에서 발

생하는 식중독의 가장 흔한 원인은 교차오염과 감염된 조리종사원이었다고 보고하였고 이를 해결하기 위해서 조리종사자를 대상으로 교육 및 개인위생 관리가 강조되어야 한다고 언급하였다. Kim SH와 Chung SY(2003)의 연구에 의하면 단체급식소에서 생채류의 원재료인 오이, 파, 마늘, 미역, 풋고추는 전처리 과정의 세척 후 일반 세균수와 대장균군수가 원재료보다 낮은 수치를 보였다. 그러나 본 연구 결과 일부 원재료에서는 세척 효과가 나타났으나 부추 1은 세척 후 일반 세균수 0.5 log CFU/g, 도라지 1은 세척 후 대장균 0.2 log CFU/g, 오이 2는 소독 후 대장균 2.3 log CFU/g가 증가하는 결과를 보였다. Kaneko KI 등(1999)은 다듬기, 세척, 자르기, 담그기, 탈수, 데치기 및 포장과 같이 다양한 공정을 거쳐 생산되는 RTE vegetable의 미생물 분석 결과 전처리 후에도 대부분 시료에서 일반세균수가 높은 비율로 검출되었고 *B. cereus*도 전처리 전과 후 각각 10.5%, 20%로 관찰되었다. 또한 국내에서 발생한 식중독의 상당수가 생채소와 과일의 미생물 오염 및 증식이나 조리 종사자의 손이나 기구의 혼용에 의한 생채소 음식으로 교차오염에 의해 발생하는 것으로 지적되었다(Kim SH와 Chung SY

Table 3. Microbiological hazard analysis of processed foods

(log CFU/g)

Category	Ingredients	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Processed foods	Bean curd(1)	5.2	3.8	3.1	ND ³⁾	1.5
	Bean curd(2)	3.4	1.0	ND	ND	ND
	Rice cake	7.6	7.2	6.2	3.0	ND
	Ham	6.0	ND	ND	ND	ND
	Pork products for sweet and sour pork	5.2	4.3	3.6	ND	ND
	Sausage	3.0	2.7	2.7	ND	ND
	Fish sausage	5.4	ND	ND	ND	ND
	Mung bean jelly cake	2.9	2.1	1.0	ND	1.5
	Imitation crab meat	1.6	1.0	ND	ND	ND
	Red pepper	6.9	2.9	2.9	ND	ND

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND: Not Detected

2003; Moon HK 등 2004). 따라서 원재료의 전처리 과정, 전처리 후 과정에서의 교차오염 방지를 위한 철저한 관리가 이루어져야 한다.

3) 가공식재료의 미생물 위해분석

학교급식소에서 사용되는 가공 식재료 중 제공빈도가 높은 시료를 선정하여 미생물 위해분석을 실시한 결과는 Table 3과 같다.

위해요소분석 결과를 기준치와 비교하였을 때, 떡은 일반세균 5.0 log CFU/g 이상, 장내세균과 대장균군 4.0 log CFU/g 이상, 대장균 2.0 log CFU/g 이상으로 높은 미생물 수치 보여 위생상태가 좋지 못하다고 판단되었다. 탕수육 고기(가공용) 에서도 4.0 log CFU/g 이상 높은 일반세균과 4.0 log CFU/g 이상 높은 장내세균이 검출되어 위생상태가 불량하였다. *S. aureus* 분석결과 모두 기준치

를 만족했으나 두부와 청포묵에서 1.5 log CFU/g 이상으로 검출되었다. 이들은 검수 시점에 포장된 상태로 입고되어 위생상태가 양호한 것으로 판단되었으나 보관과정에서 조리종사원의 손 접촉이나 공기 중 방치 또는 포장과정에서 부적절한 방법 등의 오염원으로 인해 가공식품에 균이 전이되었으리라 예측되었다. 또한 Park WH와 Yi SH(2003)의 연구에 따르면 두부 식품제조업체에서 미생물 분석결과에서 두부상자에 병원성 세균인 *S. aureus* 가 검출되는 것을 제외하고는 대부분 비병원성 세균이 분포되어 포장과정 중에 개인위생의 불량으로 *S. aureus* 가 오염되었음을 유추하였다.

4) 축산물, 난류 및 수산물의 미생물 위해분석

원부재료에서 축산물, 난류 및 수산물에 대한 위해분석 결과는 Table 4에 제시하였다.

Table 4. Microbiological hazard analysis of livestock, egg, and seafood

(log CFU/g)

Category	Ingredient(Sample)	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	
Meats	Beef	1	7.8	5.9	5.9	2.7	ND ³⁾
		2	7.1	4.5	3.9	2.8	ND
		3	6.8	4.9	2.4	1.8	ND
	brisket	1	5.0	TNTC ⁴⁾ (10 ^{5.5}) ⁵⁾	2.8	ND	2.1
		2	5.4	2.9	3.9	ND	1.8
		1	5.8	4.7	3.7	2.9	ND
Pork	2	4.4	2.7	2.5	1.3	ND	
	Bacon	5.8	3.5	2.7	ND	ND	
	Minced	7.6	3.9	3.7	2.7	ND	
	Chicken	5.1	4.0	3.9	1.8	1.3	
Egg	Boiled egg	5.7	2.1	1.3	ND	ND	
Seafood	Squid	6.1	TNTC (10 ⁵)	3.0	1.8	ND	

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND : Not detected, ⁴⁾ TNTC : Too Numerous To Count, ⁵⁾ : at final diluted concentration

축산물의 미생물적 품질에 대하여 한계 기준치를 고려해볼 때, 쇠고기 1, 2, 3과 돼지고기 1은 6.0 log CFU/g 이상의 높은 일반세균과 4.0 log CFU/g 이상 높은 장내세균이 검출되었으며, 같은 돼지고기는 6.0 log CFU/g 이상의 높은 일반세균수를 나타내었다. 쇠고기, 돼지고기, 같은 돼지고기에서는 2.0 log CFU/g 이상 높은 대장균이 발견되었다. 특히 식품의 위생지표가 되고 있는 대장균의 경우 일부를 제외하고 분석된 모든 축산물 원부재료에서 검출되고 있어 축산물의 구매 시 특별한 주의가 필요하겠다. 따라서 축산물 구매 시 위생적인 도축과정을 거친 HACCP 지정 도축장에서 처리된 축산물을 구입하도록 하며 이러한 축산물을 가열조리 시 병원성 미생물을 사멸시킬 수 있는 충분한 가열온도-시간의 관리가 중요할 것이라 사료된다. 분석결과 *S. aureus*가 발견된 것은 쇠고기 양지와 닭고기였으나, 쇠고기 양지만이 기준치를 초과하였다. 식육을 실온에 방치하게 되면 수 시간 내에 enterotoxin을 생성(Kang HJ 1990)하게 됨으로 식중독을 일으킬 위험성은 대단히 크다고 볼 수 있다. 따라서 1차적으로 식육을 *S. aureus*가 오염되지 않도록 할 것이며, 가능한 오염균수를 최소화시키고 식육을 급속히 냉장시켜 균의 증식을 억제시키는 일이 무엇보다 중요할 것으로 사료된다.

전반적으로 축산물 원부재료에 대한 미생물 위해분석 결과에 따르면 축산물의 위생상태는 좋지 않았다. Elson R 등(2004)은 관리자 식품위생에 관한 교육을 받았거나 급식소에 대한 위해분석을 실시했을 때 축산물과 관련된 미생물학적 품질은 만족스럽게 나타났으며 비위생적인 미생물적 품질을 나타내는 경우는 8℃ 이상에서 보관과 육류를 미리 썰어두는 습관, slicing 장비의 드문 청소, 교차오염을 일으킬 수 있는 잘못된 위생습관이 관련되어 있다고 하였다. 이는 조리대상자를 대상으로 하는 개인 위생교육과 조리교육으로 충분히 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 환경의 미생물 위해분석

1) 조리종사자 손과 장갑의 미생물 위해분석

조리종사자의 손과 장갑에 대한 일반세균, 장내세균, 대장균군, 대장균 및 *S. aureus*을 측정 한 결과는 Table 5

와 같다.

조리종사자는 외부 환경이나 식품, 화장실 사용을 통해서 *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens*, 병원성 *E. coli*, *shigella* spp.에 쉽게 오염되며, 취급하는 식품의 종류에 따라 다양한 미생물이 손에 존재하며 손에는 상주세균과 비상주 세균이 분포하는데, 상주 미생물로서 식중독을 일으키는 균은 유일하게 *S. aureus* 1종만이 존재한다(Restaine L와 Charles EW 1990).

1995년부터 1998년까지 기내식 조리종사자의 손을 미생물적 위해분석 결과 일반세균수는 2.0~8.0 log CFU/hand 범위에서 검출되었고, 조리종사자 대상 위생교육 실시와 올바른 손 씻기 습관 정착 후의 결과는 3.0~5.0 log CFU/hand 범위로 교육 후 일반세균수가 낮아진 결과를 보였다. 또한 분변성 대장균군은 정성분석 결과 5.0~46.7% 범위로 계절에 따라 매우 다른 양상으로 관찰되었다(강영재, 2003). 본 연구에서 학교급식 조리종사자 손의 경우 일반세균수 2.7~7.5 log CFU/hand 범위에서 검출되었고 장내세균수와 대장균군수, 황색포도상구균은 각각 0.0~5.3 log CFU/hand, 0.0~5.1 log CFU/hand, 0.0~3.2 log CFU/hand 범위에서 관찰되어 이전의 연구와 비슷한 결과를 보였다.

Wei HL과 Chiou CS(2002)는 2000년 5월 고등학교에 아침 급식 후 발생한 집단 식중독에서 SEA, SEB 등 10개의 독소를 분리하였으며 특히, 이들 중 조리종사자의 손에서 2개의 뚜렷한 유전형질을 갖는 *S. aureus*가 검출됨으로써 *S. aureus*는 음식물 자체와 주위 환경뿐만 아니라 조리종사자의 개인위생이 차지하는 비율이 크다고 하였다. 또한 손에서 검출된 *S. aureus*는 손가락 끝(fingertips)에서 24시간 이상 동안 교차오염을 발생시킬 수 있다고 하였다. 이러한 점을 고려해 볼 때 종사자의 손은 중점 관리가 요구되며 바람직한 수세습관과 올바른 장갑 착용으로 병원성 미생물로 인한 미생물학적 위해를 감소시킬 수 있는 노력이 필요하겠다.

장내세균과 대장균이 검출되는 시료와 그렇지 않은 시료를 구분하여 일반세균을 비교하였을 때, 장내세균과 대장균이 발견되지 않은 A그룹은 일반세균이 2.7~6.8 log CFU/hand 범위에서 평균 6.0 log CFU/hand로 관찰되었다. 그러나 장내세균이나 대장균이 발견된 B그룹의 경우

Table 5. Microbiological hazard analysis of food handler's hands and gloves in the school foodservice operations (log CFU/hand)

Category		APC ³⁾	EB ⁴⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Hands	A ¹⁾ mean	6.0	ND ⁵⁾	ND	ND	2.1
	B ²⁾ mean	6.4	4.2	4.2	ND	2.0
Gloves	A mean	1.3	ND	ND	ND	ND
	B mean	5.4	2.1	1.8	2.1	1.8

¹⁾ A: samples which did not show both EB and Coliforms, ²⁾ B: samples which show either EB or Coliforms, ³⁾ APC: Aerobic plate count, ⁴⁾ EB: Enterobacteriaceae, ⁵⁾ ND: Not detected

일반세균은 3.0~7.5 log CFU/hand 범위에서 평균 6.4 log CFU/hand로 관찰되었다. 이 결과는 일반세균수가 3.0 log CFU/hand 이하로 관리된다면 손에서 장내세균과 대장균군이 나타나지 않을 수 있다는 것을 나타내므로 이 수준으로 손을 관리할 수 있다면 손의 미생물학적 위해가 감소될 확률이 커질 것이라 사료된다. 그러나 본 실험의 샘플 수는 극히 제한적이므로 이에 대한 통계처리가 가능한 정도의 샘플을 대상으로 한 후속 연구가 요구되어야 할 것으로 판단된다.

종사자의 장갑에서 일반세균은 0.0~6.3 log CFU/hand 범위에서 검출되었고, 장내세균과 대장균군, 황색포도상구균은 각각 1.0~6.1 log CFU/hand, 0.0~4.6 log CFU/hand, 0.0~2.8 log CFU/hand 범위에서 검출되었다. 특히 대장균은 조사대상 20개의 시료 중 2개의 시료에서 각각 2.5 log CFU/hand, 3.3 log CFU/hand로 검출되어 위생상태가 불량하다고 판단되었다.

장내세균과 대장균이 검출되는 시료와 그렇지 않은 시료를 구분하여 일반세균을 비교하였을 때, 장내세균과 대장균이 발견되지 않은 A그룹은 일반세균수가 0.0~1.5 log CFU/hand 범위에서 평균 1.3 log CFU/hand로 관찰되었다. 그러나 장내세균이나 대장균이 발견된 B그룹의 경우 일반세균수가 1.5~6.3 log CFU/hand 범위에서 평균 5.4 log CFU/hand로 관찰되어 A그룹과 비교하였을 때 큰 차이를 보였다. 이는 일반세균을 감소시키는 노력은 장내세균과 대장균의 오염도를 함께 낮출 수 있음을 시사하였다.

최근에는 손 접촉을 통해 조리종사자로부터 식품으로 병원성 미생물이 전달되는 것을 예방하기 위해 단체급식소에서 장갑을 사용하고 있다. 비닐(vinyl) 또는 라텍스(latex)로 된 장갑은 손으로부터 오염된 미생물의 전달을 효과적으로 막을 수 있다고 하였다(Paulson DS 1996). 그러나 장갑 사용은 조리종사자로 하여금 장갑의 보호적인 기능만을 강조하게 하여 부적절한 수세습관을 조장하여 손에서의 미생물 성장을 증가시키고 있다고 하였다(Fendler EJ 등 1998). 또한 Bardell D (1995)에 의하면 조리종사자들이 장갑을 착용한 손으로 그들의 신체를 접촉하고 난 후 장갑을 교체하지 않는 것, 오랜 기간 동안 교체 없이 장갑을 사용하는 경우 등 모두 혼란의 일이라 하였다. 따라서 장갑 사용 자체만으로는 조리종사자로부터 식품에 병원성 미생물의 오염을 예방하는 좋은 방법이 아니므로 장갑을 사용하기 전과 장갑사용 후에는 충분한 손 씻기를 수행해야 하겠다. 결국 조리 종사자를 대상으로 한 다양하고 효과적인 위생교육을 지속적으로 관리하면 교차오염을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 기구 및 용기의 미생물 위해분석

학교급식소에서 각 음식생산과정에 사용되는 칼과 도

마에 대한 일반세균, 대장균군, 대장균, 장내세균 및 *S. aureus*의 미생물 위해분석 결과는 Table 6에, 용기와 행주에 대해서는 Table 7에 제시하였다. 본 연구에서는 기구 및 용기에 대한 미생물적 안전 기준치를 평가하는데 Nortje GL 등(1990)이 사용한 기준치를 활용하였다.

칼과 도마에 대한 위해분석 결과를 기준치와 비교하였을 때, 칼과 도마 모든 시료에서 일반세균 기준을 만족하였으나 육류용 칼(I)에서 1.0 log CFU/cm² 이상의 *S. aureus*가 검출되었고 육류용 도마(H, I)에서는 1.0 log CFU/cm² 이상의 대장균이 검출되었다. 전반적으로 거의 대부분의 칼과 도마는 위생적으로 양호하다고 판단되었다. 특히 기준치를 만족시키지 못한 시료들의 공통된 특징으로 육류를 다루는 칼과 도마임을 고려할 때, 육류용 칼과 도마의 세척과 소독을 중점 관리해야 하며, 육류와 접촉한 칼과 도마를 사용한 후에는 철저한 세척과 소독 과정이 반드시 수반되어야 할 것으로 사료된다. 부산지역의 단체급식소의 환경과 급식설비에 대한 미생물 평가(Jeong DK과 Lyu ES 2002)결과에서는 칼, 도마 등에서 높은 수의 세균과 대장균군이 발견되어 표준위생관리기준(Sanitation standard operation procedures: SSOP)에 의한 중점관리가 수행되어야 한다고 지적하였다.

용기 및 행주에 대한 위해 분석 결과를 기준치와 비교해보면 4.0 log CFU/cm² 이상으로 높은 일반세균수를 보인 시료는 보존용기(F), 행주(C, F, G, H, I, J)였으며, 1.0 log CFU/cm² 이상으로 높은 *S. aureus*를 보여준 시료는 무침볼(F), 행주(C, J)였다. Cho KD과 Lee BH(2004)의 연구에서도 행주에서 *S. aureus*가 1.8×10^4 CFU/100 cm²으로 나타나 공통적으로 행주에 대한 위생관리 상태가 불량한 것으로 조사되어 본 연구 결과와 일치하였다. 거의 대부분의 행주(40%)에서 기준치를 초과하는 균들이 검출되어 급식소 내 기구 및 시설과 관련된 환경 위해요소에서 잠재적 위해가 크다고 판단되었다. Hilton WE와 Bannerman TL(2000)은 행주는 짧은 사용기간에 다양한 미생물의 오염이 이루어질 수 있으므로 이를 통해 주방 내 다른 표면으로 균이 전달 될 수 있다고 하였다.

현재 학교급식에서 사용되고 있는 대부분의 행주는 사용 후 77°C에서 30초 이상 열탕 소독과정을 거쳐 건조되어 사용(Ministry of Education and Human Resources Development 2004) 하고 있으나 소독과정에서의 잘못된 농도의 소독액과 짧은 침지시간 및 건조되는 과정에서 급식소 내부의 고온 다습한 환경의 영향, 건조시킨 후 잘못된 보관으로 재 오염의 가능성이 높다고 사료된다. 따라서 이들 요소들을 제거하기 위해 조리종사자들은 종이 타월을 사용하거나 올바르게 소독하고 건조시킨 행주를 사용하는 습관을 길들여야 한다고 사료된다.

미국 FDA와 질병예방센터(CDC)조사에 의하면 66% 사람들이만이 세제를 사용하여 도마를 씻고, 26%의 사람들은

Table 6. Microbiological hazard analysis of knives and cutting boards in the school foodservice operations (log CFU/cm²)

Category	Sample	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	
Knives	Vegetables	A	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
		B	ND	ND	ND	ND	ND
		C	ND	ND	ND	ND	ND
		D	1.0	ND	ND	ND	ND
		E	2.3	ND	ND	ND	ND
		F	ND	ND	ND	ND	ND
		G	2.0	ND	ND	ND	ND
		H	3.8	3.3	ND	ND	ND
		I	ND	ND	ND	ND	ND
	Meats	A	2.9	2.6	2.3	ND	ND
		B	1.5	ND	1.0	ND	ND
		C	ND	ND	ND	ND	ND
		D	ND	ND	ND	ND	ND
		E	ND	ND	ND	ND	ND
		F	ND	ND	ND	ND	ND
		G	2.6	2.0	ND	ND	ND
		H	ND	ND	ND	ND	ND
		I	ND	ND	ND	ND	1.0
Cutting- boards	Vegetables	A	2.0	ND	ND	ND	ND
		B	ND	ND	ND	ND	ND
		C	ND	ND	ND	ND	ND
		D	2.5	ND	ND	ND	ND
		E	ND	ND	ND	ND	ND
		F	2.7	ND	ND	ND	ND
		G	ND	ND	ND	ND	ND
		H	2.9	2.5	ND	ND	ND
		I	ND	ND	ND	ND	ND
	Meats	A	2.3	2.1	2.0	ND	ND
		B	ND	ND	ND	ND	ND
		C	ND	ND	ND	ND	ND
		D	1.0	ND	ND	ND	ND
		E	2.4	ND	ND	ND	ND
		F	ND	ND	ND	ND	ND
		G	2.0	ND	ND	ND	ND
		H	1.2	ND	ND	1.0	ND
		I	1.4	ND	ND	1.0	ND
Cooking	A	TNTC ⁴⁾ (10 ⁵) ⁵⁾	3.9	3.7	ND	ND	

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND: Not detected, ⁴⁾ TNTC : Too numerous to count, ⁵⁾: at final diluted concentration

육류를 자른 후 사용한 도마를 세척한다고 하였으며 또한 55%의 사람들만이 조리 기구를 세척하기 위해서 세제를 사용한다고 하였다(Shalal DE 등 1995). 따라서 육류와 가공육의 삼출액과 기타 식품의 잔유물은 조리실 표면에 잔존하여 Ready-to-eat foods와 생채소류에서 미

생물 교차오염의 원천으로 작용할 수 있으므로(Zhao P 등 1998) 식품표면과 접촉하는 도구는 교차오염을 방지하기 위해서 이들 도구들을 사용 한 후에는 반드시 세척 및 소독과정을 수행해야 한다고 강조하였다(Robert EB 1992; Moore CM 등 2003).

Table 7. Microbiological hazard analysis of kitchen utensils and dish clothes in the school foodservice operations (log CFU/g)

Category	Sample	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Serving pans for side dish	A	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
	B	ND	ND	ND	ND	ND
	C	ND	ND	ND	ND	ND
	D	ND	ND	ND	ND	ND
	E	2.5	ND	ND	ND	ND
	F	2.0	ND	ND	ND	ND
	G	1.0	ND	ND	ND	ND
	H	3.7	2.7	ND	ND	ND
	I	ND	ND	ND	ND	ND
	J	ND	ND	ND	ND	ND
Mixing-bowls or Mixing-boards	A	2.6	ND	ND	ND	ND
	B	ND	ND	ND	ND	ND
	C	ND	ND	ND	ND	ND
	D	3.3	ND	ND	ND	ND
	E	ND	ND	ND	ND	ND
	F	2.0	ND	ND	ND	1.0
	G	ND	ND	ND	ND	ND
	H	2.5	ND	ND	ND	ND
	I	1.0	ND	ND	ND	ND
	J	ND	ND	ND	ND	ND
Serving pans for sample storages	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	3.6	2.5	ND	ND	ND
	C	ND	ND	ND	ND	ND
	D	ND	ND	ND	ND	ND
	E	ND	ND	ND	ND	ND
	F	TNTC ⁴⁾ (10 ⁵) ⁵⁾	ND	ND	ND	ND
	G	1.0	ND	ND	ND	ND
	H	2.6	2.3	ND	ND	ND
	I	1.0	ND	ND	ND	ND
	J	ND	ND	ND	ND	ND
Dish-clothes	A	3.0	2.8	2.8	ND	ND
	B	1.0	ND	ND	ND	ND
	C	4.4	ND	ND	ND	3.6
	D	2.4	ND	ND	ND	ND
	E	2.7	ND	ND	ND	ND
	F	4.1	3.5	3.4	ND	ND
	G	TNTC(10 ⁵)	2.6	2.2	ND	ND
	H	TNTC(10 ⁵)	3.5	2.8	ND	ND
	I	TNTC(10 ⁵)	2.3	1.7	1.1	ND
	J	TNTC(10 ⁵)	ND	ND	ND	2.4

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND: Not detected, ⁴⁾ TNTC : Too numerous to count, ⁵⁾: at final diluted concentration

Table 8. Microbiological hazard analysis of water in the school foodservice operations (log CFU/mL)

Category	Sample	APC ¹⁾	EB ²⁾	Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Water	A	1.3	ND	ND	ND	ND
	B	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
	C	ND	ND	ND	ND	ND
	D	ND	ND	ND	ND	ND
	E	ND	ND	ND	ND	ND
	F	ND	ND	ND	ND	ND
	G	spr ⁴⁾	ND	2.9	ND	ND
	H	2.9	1.3	ND	ND	ND
	I	2.6	ND	ND	ND	ND
	J	2.1	ND	ND	ND	ND
Potable water	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	0.3	ND	ND	ND	ND
	C	2.1	ND	ND	ND	ND
	D	TNTC ⁵⁾ (10 ⁶) ⁶⁾	ND	ND	ND	ND
	E	ND	ND	ND	ND	ND
	F	1.8	ND	ND	ND	ND
	G	- ⁷⁾	ND	ND	ND	ND
	H	4.2	2.9	ND	ND	ND
	I	2.5	2.0	ND	ND	ND
	J	1.7	1.2	ND	ND	ND

¹⁾ APC: Aerobic plate count, ²⁾ EB: Enterobacteriaceae, ³⁾ ND: Not detected, ⁴⁾ spr: spread, ⁵⁾ TNTC : Too numerous to count, ⁶⁾ : at final diluted concentration, ⁷⁾ - : No sampling

3) 음용수의 미생물 위해분석

학교급식소에서 사용하는 수도물 및 식수에 대한 미생물 위해분석 결과는 Table 8과 같다. 일반세균은 1 mL 당 1.0×10² CFU(2.0 log CFU/mL) 이하, 대장균군은 음성이어야 한다는 음용수 기준으로 볼 때, 조리도구와 용기의 세척 및 음식조리과정에서 사용되는 수도물에서 2.0 log CFU/mL 이상으로 높은 일반세균수가 3개교(H, I, J)에서 검출되었다. 1개교(G)에서는 대장균군이 검출됨을 고려할 때 위생상태가 양호하지 못하다고 판단되었다. Lee WM 등(1995)의 연구에서 학교에 공급되는 물 95건의 검사결과 일반세균과 대장균의 항목에서 18.9%와 16.84%의 검출율을 보였다. 학교급식에서 정수기로부터 공급되는 식수의 경우 대장균군은 검출되지 않았으나 4개교(C, D, H, I)에서 2.0 log CFU/mL 이상으로 높은 일반세균이 검출되어 상수원수보다 위생상태가 불량하다는 것을 보였다. 학교 내 공급수를 상수, 보리물, 정수기 통과수 및 지하수로 구분하여 분석결과에서도 상수의 오염이 가장 적은 것으로 나타났다(Lee WM 등 1995). 이는 식수 자체 또는 물통 및 정수기의 오염과 청소 관리가 이루어지지 않은 결과로 판단되었다. 따라서 물통이나 정수기에 대한 정기적인 점검 및 필터 청소를 수행하여 관리감독을 강화하여야 하겠다.

4) 공중부유세균의 미생물 위해분석

학교 급식소 내 작업장의 공중부유세균에 의한 오염을 파악하기 위하여 open petri-film을 이용하여 일반세균과 장내세균을 15분간 측정된 결과는 Table 9에 제시하였다. 원약공(1949)이 제안한 평가기준을 보면, plate당 50 CFU 이하(1.7 log CFU/plate)는 청정, 50~70 CFU(1.7~1.9 log CFU/plate)는 허용기준 그리고 75~100 CFU(1.9~2.0 log CFU/plate)는 기준 초과 등으로 제안하였다. 분석결과와 비교해 보면, 일반세균은 1.0 log CFU/plate 이하, 장내세균은 검출되지 않아 기준치를 만족하였다. 푸드뱅크의 배식실의 공기오염도 분석결과(Park HS와 Ryu K 2007) 일반세균이 3.0~6.0 CFU/plate로 학교급식소 내 작업장이 조금 더 양호함을 보였다. 그러나 미생물적 상태가 양호하더라도 조리장내 오염구역과 비오염구역으로 구분배치와 건조화된 조리장 바닥과 같은 표준위생관리 기준(SSOP)에 해당되는 기본 항목은 학교급식소에서 꾸준히 개선되어야 할 부분으로 사료된다.

대기 중 미생물은 산소, 온도, 영양 및 습도 등의 환경조건에 대해 민감하고 성장조건이 까다로워 정량 및 정성분석이 어려워 많은 방법들이 개발되어있다. 본 연구에서는 실험여건상 open petri-film을 이용하여 정성 및 정량적으로 분석하였다. 그러나 open petri-film 방법은 대

Table 9. Microbiological hazard analysis of Air-borne Microflora (log CFU/petri-film(20 cm²)/15 min)

Category	Sample	Aerobic Plate Count	Enterobacteriaceae
Air-borne Microflora	A	0.7	ND1)
	B	0.5	ND
	C	ND	ND
	D	0.8	ND
	E	ND	ND
	F	ND	ND
	G	1.0	ND
	H	0.6	ND
	I	0.5	ND
	J	0.8	ND

¹⁾ ND: Not Detected

기 중 부유 입자 하나당 한 개의 Colony-Forming Unit(CFU)만 생성되고 기류에 의해 포집되는 입자의 크기가 달라지므로 정성 및 정량분석의 어려움을 지니고 있다(Ha KC와 Paik NW 1991). 따라서 정량적인 방법과의 오차가 크므로 실제 급식실 내 공중부유세균의 분포를 파악하는데 한계가 있었다. 실내 공기 중 오염농도를 정확히 평가하기 위해서 air sampler(집진장치)를 이용한 흡인 포집법과 같은 방법들을 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

IV. 요약

학교급식에서 제공되는 메뉴와 원부재료 및 조리과정에서의 위해요소를 체계적으로 분석하여 오염되기 쉬운 메뉴와 조리과정을 분석하였다.

1. 분석한 메뉴 중 전반적으로 생채류와 숙채류 경우 미생물적 위해가 높은 메뉴로서 관찰되었다. 생채류와 숙채류는 원부재료의 위생상태가 그대로 전이되어 위생상태가 문제시되었고 특히 골뱅이 무침의 경우 잘못된 조리습관과 지식이 식품의 오염을 초래하였으므로 조리종사자를 대상으로 한 통합된 위생교육 및 조리교육의 필요성이 제기되었다.

2. 전반적으로 채소류에서 세척 전과 후 또는 소독 전과 후에서 균의 감소 효과는 낮은 것으로 판단되어 학교급식 현장에서 채소류에 대한 올바른 세척 및 소독관리가 보다 철저히 이루어져야 하겠다. 채소류의 전처리는 세척뿐 아니라 소독과정이 필수적으로 이루어질 수 있어야 하며 세척에 앞서 다듬기와 애벌세척을 통한 올바른 전처리를 시행해야 하겠다. 또한 세척후의 숙주나물과 데친 숙주나물 그리고 소독 전과 후의 도라지에서 *S. aureus*가 검출되었다. 특히 데친 숙주나물에서 *S. aureus*

의 발견은 데치는 과정이 이 균을 사멸시키기에 부적절했거나, 데친 이후에 조리종사자나 조리실 내 접촉표면을 통한 재오염의 가능성을 예측할 수 있었다.

3. 가공식품의 경우 검수시점에서 실시된 육안검사에서는 위생상태가 양호하다고 관찰되었으나 실제 미생물적 위해분석 결과, 떡과 탕수육 고기(가공용)는 기준치를 만족시키지 못하는 일반세균수와 장내세균수가 관찰되었다. 특히 포장된 상태로 입고된 청포묵과 두부에서 *S. aureus*의 검출은 포장과정이나 운반과정 또는 포장을 제거하는 과정에서 비롯된 잘못된 취급 결과에서 교차오염이 발생이 사료되었다.

4. 축산물의 경우 실온에 방치하면 수 시간 내 enterotoxin을 생성할 수 있는 능력을 지닌 위해 식품으로 이에 대한 체계적인 관리가 필요하겠다. 전반적으로 축산물 위생상태는 불량하였으며 특히, 쇠고기 양지와 닭고기에서 *S. aureus*가 관찰되었고, 쇠고기 양지(1)는 기준치를 초과하는 수준이었다. 따라서 축산물은 구입에서부터 배식에 이르는 전 과정에서 특별한 주의가 필요하겠다.

5. 손과 장갑의 경우 일반세균수를 장내세균과 대장균이 검출되는 범위와 그렇지 않는 것을 비교해서 관찰한 결과, 손은 일반세균수를 3.0 log CFU/hand 이하, 장갑은 1.5 log CFU/hand 이하로 관리할 수 있다면 손이나 장갑으로 인한 교차오염의 우려를 감소시킬 수 있을 것으로 사료되었다. 맨손으로 작업을 하는 것보다 장갑을 착용하는 것이 위생적으로 안전하였으나, 장갑의 경우 잘못된 취급습관과 개인습관으로 인해 *S. aureus*가 관찰되어 장갑 착용의 결과가 만족스러운 위생상태를 반영한다는 잘못된 인식에서 벗어나 장갑 착용 시에도 맨손으로 작업할 때와 같이 올바른 습관에 대한 교육이 요구되었다.

6. 학교급식소에 관련된 환경요소 가운데 육류용 도마와 칼, 무침볼, 행주에서 *S. aureus*가 관찰되어 이들 기기 및 기구에 의한 음식의 교차오염이 우려되었다. 특히 행주의 경우 짧은 사용시간 동안 다양한 미생물을 오염시킬 수 있는 잠재적 위해를 지니고 있으므로 더욱 철저하게 관리감독이 요구되었다.

7. 학교급식의 수질의 경우, 수도물에서보다 정수기에서 기준을 초과하는 일반세균수가 관찰되었다. 현재 사용되는 정수기는 청소 및 관리감독이 제대로 이루어지지 시행되지 않아 식수로서 정수기의 안전성에 대해 우려되었다.

8. 공중부유세균의 경우, 전반적으로 조리장내 위생상태를 나타내는 것으로 기준치와 비교하였을 때 위생상태가 양호하다고 판단되었다. 그러나 본 연구에서 사용한 open-petrefilm 방법은 공중부유세균을 측정하는 가장 간단한 방법이지만 실제적으로 정확한 값을 예측할 수 없고 균의 유무만을 판단할 수 있으므로 학교급식소의 조리장내 위생상태를 파악하는 데는 한계가 있었다.

전반적으로 경기도 지역 학교급식에서 제공되는 메뉴

와 환경에 대한 위생수준은 양호하다고 판단되며, 본 연구에서 밝혀진 식중독균의 정량적인 분석자료는 학교급식에서 HACCP 시스템 도입시 요구되는 정량적인 위해분석(Hazard Analysis)과 정량적인 미생물 위해평가(QMRA)의 기초자료로 활용될 수 있겠다.

참고문헌

- 강영재. 2003. 급식·외식산업의 위생경영전략 Workshop. 효과적인 개인위생 관리를 위한 손 씻기의 이론과 실제. 한국급식위생관리학회. pp 79-90
- 원약공. 1949. 낙하세균에 관한 연구. 동경의학연구소 1:60-64
- Bardell D. 1995. Herpes simplex virus types 1 applied experimentally to gloves used for food preparation. J Food Prot 58:1150-1152
- Cho KD, Lee BH. 2004. HACCP system application on chicken entrees served by lunch program of elementary school. Korean J Food Cookery Sci 20(1):63-75
- Chyun JH, Choe EO, Hong SY, Woo KJ, Kim YA. 1999. A study on foodservice administration and nutrition education in elementary school in Incheon. Korean Journal of Dietary Culture 14(4):417-429
- Elliott PH. 1996. Predictive microbiology and HACCP. J Food Prot Supplement pp 48-53
- Elson R, Burgess F, Little CL, Mitchell RT. 2004. Microbiological examination of ready-to-eat cold sliced meats and pate from catering and retail premises in the UK. J Appl Microbiol 96(3):499-509
- Fendler EJ, Dolan MJ, Williams RA 1998. Handwashing and gloving for food protection Part II: Effectiveness. Dairy Food and Environ Sanit 18(12):24-829
- Garcia ML, Francisco JJ, Moreno B. 1986. Nasal carriage of *Staphylococcus* species by food handlers. Int J Food Microbiol 3:99-108
- Genigeorgis CA. 1989. Present state of knowledge on staphylococcal intoxication. Int J Food Microbiol 8:327-360
- Gilbert RJ, De Louvois J, Donovan T, Hooper WL, Nichols G, Peel RN. 2000. Microbiological guidelines for some ready-to-eat foods sampled at the point of sale an expert opinion from the Public Health Laboratory Service (PHLS). PHLS Microbiol Dig 13:41-43
- Gillespie IA, Little CL, Mitchell RT. 2001. Microbiological examination of ready-to-eat quiche from retail establishments in the United Kingdom. Comm Dis Public Health 4(1):3-59
- Ha KC, Paik NW. 1991. Assessment of indoor and outdoor air quality through determination of microorganism. Korean Ind Hyg Assoc J 1(1):73-81
- Han KS, Hong SH. 2002. A study of the operation of contract foodservice management and menu preference of middle school students in Seoul. Korean J of Community Nutrition 7(4):559-570
- Hilton WE, Bannerman TL. 2000. *Staphylococcus* and *Micrococcus*. In: Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Tenover FC(Eds.). Manual of Clinical Microbiology 7th ed. American Society for Microbiology. Washington, DC. pp 264-282
- International Commission of Microbiological Specifications for Foods(ICMSF). 1986. Microorganisms in Foods, vol. 2, Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications, Toronto University of Toronto Press. Toronto. pp 143
- Jeong DK, Lyu ES. 2002. The microbiological evaluation of environments and facilities at food service operations in elementary school. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(2):216-230
- Kaneko KI, Hayashidani H, Takahashi K, Shiraki Y, Limawongpranee S, Ogawan M.1999. Bacterial contamination in environment of food factories processing ready-to-eat fresh vegetables. J Food Prot 62:800-804
- Kang HJ. 1990. Status and improvement of hygienic control in meat. Kor J Vet Publ Hlth 14(2):137-150
- Kim SH, Chung SY. 2003. Effect of pre-preparation with vinegar against microorganisms on vegetables in foodservice operations. J Korean Soc Food Sci Nurt 32(2):230-237
- Kim HY, Kim JY, Ko SH. 2002. A study on the quality depending on preparing of food in high school contract food service. Korean J Soc Food Cookery Sci 18(5):495-504
- Korean Food & Drug Administration. 2008. The status of Foodborne outbreak. Available from: <http://www.kfda.go.kr>. Accessed June 30, 2008
- Lee MS, Park YS, Lee JW. 1998. Comparisons of children' and their parents' satisfaction of school lunch program in elementary school by foodservice system. Korean J Nutr 31(2):179-191
- Lee WM, Lee YW, Pang HA. 1995. A study on the drinking water quality for primary lunch school in Seoul. Kor J Env Hlth Soc 21(2):7-20
- Levin WC, Bennett RW, Choi Y, Henning KJ, Rager JP, Hendricks KA, Hopkins PP, Gunn RA, Griffin PM. 1996. Staphylococcal food poisoning caused by imported canned mushrooms. J Infect Dis 173(5):1263-1267
- Long SK, Adak G.K, O'Brien SJ, Gillespie IA. 2002. General outbreak of infectious intestinal disease linked with salad vegetables and fruit, England and Wales, 1999~2000. Comm Dis Public Health 5:101-105
- Ministry of Education and Human Resources Development. 2004. Model guideline for food safety in school food service. 2nd ed. Seoul. pp 47, 76
- Ministry of Education and Human Resources Development. 2007. Material for School Foodservice Operations. Seoul. pp 6-20
- Ministry of Education, Science and Technology. 2008. School food service statistics. Available from: http://www.mest.go.kr/ms_kor. Accessed June 30, 2008

- Moon HK, Jean JY, Kim CS. 2004. Effect of sanitization on raw vegetables not heated in foodservice operations. *J Kor Diet Assoc* 10(4):381-389
- Moore CM, Sheldon BW, Jaylcus LA. 2003. Transfer of *Salmonella* and *Campylobacter* from stainless steel to remain lettuce. *J Food Prot* 66:2231-2236
- National Advisory Commie on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF). 1992. Hazard analysis and critical control point system. *Int J Food Microbiol* 16:1-23
- Nortje GL, Nel L, Jordan E, Badenhorst K, Goedhart G, Holzapfel WH, Grimbeek RJ. 1990. A quantitative survey of a meat production chain to determine the microbial profile of the final product. *J Food Prot* 53:411-417
- Notermans S, Mead GC. 1996. Incorporation of elements of quantitative risk analysis in the HACCP system. *Int J Food Microbiol* 30:157-173
- Park HS, Ryu K. 2007. Microbial risk analysis of cooked foods donated to Foodbank(I). *Korean J Community Nutrition* 12(5):617-629
- Park KJ. 2001. The microbiological risk assessment in meat product. The Korean Society of Veterinary Public Health Fall Symposium. pp 25-33
- Park SY, Park SY, Choi JW, Yeon JH, Lee MJ, Oh DH, Hong JH, Bahk GJ, Woo GJ, Park JS, and Ha SD. 2005. Assessment of contamination level of foodborne pathogens in the main ingredients of Kimbab during the preparing process. *Korean J Food Sci Technol* 37(1):122-128
- Park WH, Yi SH. 2003. The application of HACCP system to soybean curd and its effectiveness. *J Fd Hyg Safety* 18(4): 202-210
- Paulson DS. 1992. Evaluation of three handwash modalities commonly employed in the food processing industry. *Dairy Food and Envir Sanit* 12(10):615-618
- Paulson DS. 1996. Get a handle on contamination. *Food Quality April*: 42-46
- Restaine L, Charles EW. 1990. Antimicrobial effectiveness of hand washing for food establishment. *Dairy Food and Environ Sanit* 10(3):136-141
- Robert EB. 1992. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. *J Food Prot* 55(10):808-814
- Schmitt M, Schuler-Schmid U, Schmidt-Lorenz W. 1990. Temperature limits of growth, TNase, and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* strains isolated from foods. *Int J Food Microbiol* 11:1-19
- Shalala DE, Lee PR, Satcher D, Anderson JR. 1995. Healthy people 2000 Review 1994. National Center for Health Statistics. Hyattsville, Maryland: Public Health Service. pp 82
- Soboleva TK, Pleasants AB, Le Roux G. 2000. Predictive microbiology and food safety. *Int J Food Microbiol* 57:183-192
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CC, Schaffner DW, O'Neil K, McDowell J, Post LS, Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol* 44:68-73
- Wei HL, Chiou CS. 2002. Molecular subtyping of *Staphylococcus aureus* from an outbreak associated with a food handler. *Epidemiol Infect* 128(1):15-20
- Wieneke AA, Roberts D, Gilbert RJ. 1993. Staphylococcal food poisoning in the United Kindom, 1969-90. *Epidemiol Infect* 110(3):519-531
- Yim KS, Lee TY, Kim CI, Choi KY, Lee JH, Kweoun SJ, Kim MO. 2004. Strategies to improve Nutritional Management in primary school lunch program. *J Kor Diet Assoc* 10(2): 235-345
- Zhao P, Zhao T, Doyle MP, Rubino JR, Meng J. 1998. Development of a model for evaluation of microbial cross-contamination in the kitchen. *J Food Prot* 61:960-963
- Zwietering MH, DeWit JC, Notermans S. 1996. Application of predictive microbiology to estimate the number of *Bacillus cereus* in pasteurized milk at the point of consumption. *Int J Food Microbiol* 30:55-70

2009년 5월 8일 접수; 2009년 6월 15일 심사(수정); 2009년 6월 15일 채택