

ATP Bioluminescence와 간이미생물배지를 이용한 고등학교 급식시설의 위생상태 조사연구

장 재 선 · *황 성 희*

가천대학교 식품영양학과, *세명대학교 한방식품영양학부

Evaluation of Hygienic Status of High School Foodservice using ATP Bioluminescence Assay & Microorganism Test Strips

Jae-Seon Jang and *Seong-Hee Hwang*

Dept. of Food & Nutrition, Gachon University, Seongnam 461-701, Korea

*Dept. of Herbal Food and Nutrition, Semyung University, Jecheon 390-711, Korea

Abstract

An investigation was conducted to evaluate the hygienic status of 33 high school foodservice systems in Yongin city by using hygiene management guide checklist, ATP bioluminescence assay and microbe inspection petrifilm (APC, coliform group, *Staphylococcus aureus*) of food utensils during use. The 22 hygiene management guide checklist items about facilities, personal hygiene, food control, distribution, washing and disinfection had good grade but there were some inadequate behaviors on observation. The inspection results showed their sanitary condition met the level B of the recommendation of Korea method, it means sanitary management system get settled but more practical CCP system was needed. ATP bioluminescence assay was conducted on surface of food facilities, ATP ranged 425~2,552 RLU on gloves, 541~70,251 RLU on apron, 1,596~88,490 RLU on working desk, 1,177~263,813 RLU on sterilizer grip, 715~32,814 RLU on sterilizer shelf, 114~619,725 RLU on refrigerator grip, 677~319,007 RLU on refrigerator shelf, 71~196,725 RLU on freezer grip, 1,535~233,375 RLU on freezer shelf. APC ranged 66.7±29.0 CFU on freezer grip, 102.1±35.9 CFU on refrigerator grip, 45.4±28.2 CFU on heating cabinet grip, 58.8±40.4 CFU on sterilizer grip, the number of coliform group ranged 5.6±4.9 CFU on freezer grip, 9.1±8.7 CFU on refrigerator grip, 1.2±1.1 CFU on heating cabinet grip, 4.5±4.4 CFU on sterilizer grip. *S. aureus* ranged 8.0±5.6, CFU on freezer grip, 12.2±9.6 CFU on refrigerator grip, 2.1±1.6 CFU on heating cabinet grip, 11.6±6.4 CFU on sterilizer grip.

Key words: school foodservice, evaluation of hygienic status, ATP bioluminescence assay, microorganism test strips

서 론

학교급식의 목적은 학생들에게 적절한 영양을 공급함으로써 심신의 건전한 발달과 편중된 기호의 교정 및 올바른 식습관을 형성하고, 나아가 국민건강 개선에 기여함에 있다. 우리나라 전체 인구의 1/4에 해당하는 학생들의 식생활을 담당하는 학교급식이 영양적으로 완전하며, 또한 위생적으로도 안

전하게 유지되는 것이 학교급식의 최우선과제라 볼 수 있다 (Kwon & Park 2015).

학교 집단급식소에서의 식중독 환자수는 해마다 증가하고 있는데, 식품의약품안전처에서 집계한 식중독 발생현황에 의하면 위탁이나 직영의 학교급식에서 발생한 환자수는 2012년 3,185명, 2013년 2,247명, 2014년(9월까지) 3,701명으로 그 해 발생한 총환자수의 52.6%, 45.3%, 59.1%를 차지하고 있어,

* Corresponding author: Seong-Hee Hwang, Dept. of Herbal Food and Nutrition, Semyung University, Jecheon 390-711, Korea.
Tel: +82-43-649-1578, Fax: +82-43-649-1570, E-mail: h2seong@daum.net

식중독의 주요 발생시설이라고 할 수 있다(Ministry of Food and Drug Safety 2015). 이에 따라 식중독 예방을 위해 2000년 식품안전관리기준(HACCP) 제도가 학교급식시설에서도 적용하게 되었고, 학교급식위생관리지침서를 펴내게 되었다. 이에 따르면 학교급식의 위생 상태를 확인하기 위해 위생·안전 점검표를 사용하여 관리하며, 미생물검사는 연1회 이상의 정기검사와 미생물 간이검사법을 활용한 간이검사를 실시하도록 하고 있다. 또한 조리 및 배식에 사용하는 기구들은 적절한 방법으로 세척, 소독, 건조된 것을 사용하여야 하는데, 적절치 못한 세척은 미생물과 잔여물질을 제거하지 못하므로 다음 단계로 진행되는 식품의 안전성을 떨어뜨릴 수 있어, 잔여물질이 존재하는 경우 초기 낮은 수로 존재하는 미생물에게는 충분한 영양소가 될 수 있으며, 또한 표면의 세척 후 사용하기까지의 시간 동안 충분히 미생물을 성장시킬 수 있어 중요한 위험 요인이 되고 있다(Lee & Oh 1998).

최근에 미생물 품질관리의 모니터링 지표로서 무균 실험에 필요한 복잡한 기술이나 장비가 없이 오염지표로서 ATP (adenosine triphosphate)를 사용하여 미생물 오염 유무를 신속히 판정할 수 있는 고감도 생물발광법(bioluminescence assay)을 이용하는 사례가 늘고 있다(Hunter & Lim 2010; Yue & Bai 2013). 생물발광법은 살아 있는 세포의 ATP 분해과정에서 방출되는 빛으로 이를 측정함으로써 생균수를 간접적으로 짧은 시간 내에 알아낼 수 있는 효과적인 방법이다. 이러한 미생물검사의 주된 대상은 식재료와 직접 접촉하는 칼, 도마, 식판, 행주 등과 같은 기구설비에 한정되어 조사되었는데, 그 외에도 조리원들이 작업 중 접촉하는 접촉면 특히 각종 설비의 손잡이는 조리 중 문을 열기 위해 장갑을 벗지 않고 접촉하는 경우가 많아, 이 때의 접촉은 바로 다음의 조리작업과 연결되어 식품으로의 오염 가능성을 의심하게 한다(Kim 등 2010; Park YS 2000).

본 연구는 경기도 일부 지역 고등학교에서 학교급식 위생·안전 점검표를 사용하여 급식시설의 위생 실태를 조사하고, 작업 중 조리종사자가 접촉하는 설비 접촉면의 미생물 오염실태를 알아보기 위하여 ATP 생물발광기와 3M 미생물배지를 이용하여 측정하였다. 이는 향후 식품위생관리방안과 위생교육에 대한 방향성을 제시하는 데, 그 목적이 있다.

연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 2014년 7월에서 8월까지 용인시 소재 고등학교 급식소 33곳을 방문하여 학교급식위생·안전점검표의 점검 항목을 조사하였고(MEST 2010), 그 중 13개 단체급식소에서 일반적으로 사용하는 고무장갑, 앞치마, 작업대와 조리도구

는 아니지만, 조리 중 접촉이 가능한 기구 설비인 냉장고, 냉동고, 소독고의 손잡이와 선반의 표면을 조사하였다.

2. 연구 방법

1) 학교급식시설의 위생·안전점검 실시

학교급식위생관리기준 지침서의 학교급식 위생·안전점검표를 이용하여 학교급식시설의 위생안전점검을 실시하였다. 그 내용은 (1) 학교급식위생·안전관리기준 점검항목(시설관리, 개인위생, 식재료관리, 작업위생, 배식 및 검식, 세척 및 소독, 안전관리) 22문항 66점, (2) 학교급식 지도(권장)사항 점검항목(시설관리, 개인위생, 배식, 환경위생관리, HACCP, 안전관리) 21문항 34점으로 총 100점 만점으로 이루어졌다. 본 설문지의 응답은 전문가 2인이 해당 학교를 현장 방문하여 급식 준비과정을 2시간 이상 관찰한 사항과 영양사가 제공하는 자료 및 영양사의 응답으로 수행되었다.

2) ATP 생물발광법

기구 표면의 ATP양을 측정하기 위해 ATP 위생모니터링 키트(Promega, Madison, WIS, USA)를 이용하여 실험하였다. 100 μ L 음성 대조군을 튜브에 취한 후 100 μ L 추출 용매를 가한 후 바로 luminometer(Lumat LB 9506, EG&G Berthold)로 측정하였다. 양성 대조군은 100 μ L를 튜브에 취한 후 100 μ L 추출 용매를 첨가한 후 바로 luminometer로 측정하였다. 채취한 면봉 튜브에 처리 시약 350 μ L를 첨가하여 20초 동안 심하게 흔들어 섞은 후 sawb을 tube 벽면에 눌러진 후 면봉을 제거하고, 튜브에 100 μ L 미생물 ATP 추출제를 첨가한 후 10초 동안 방치, 100 μ L luciferin/luciferase reagent를 첨가하고, luminometer로 상대형광도(RLU, Relative Luminescence Unit)를 측정하였다. 측정 장소는 일반적으로 오염의 가능성이 높다고 알려진 고무장갑, 앞치마, 작업대의 표면과 함께, 식품에 직접적으로 접촉하는 조리도구는 아니지만, 조리 중 접촉이 가능한 기구설비, 냉장고, 냉동고, 소독고의 손잡이와 선반의 표면을 점검하였다(Park YS 2000).

3) 일반세균수, 대장균군, 포도상구균의 측정

일반세균수, 대장균군, 포도상구균을 측정하기 위해 일반세균수, 대장균군, 포도상구균 측정용 건조필름인 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate, Colony Count Plate, Staph Express Count Plate(3M Co., Saint Paul, MIN, USA)를 사용하였다. 사용 1시간 전 멸균수 1 mL로 배지를 수화시킨 후, 직접 접촉법으로 측정하고자 하는 표면의 미생물을 접종하였다. 항온조로 옮겨 일반세균수는 35 \pm 1 $^{\circ}$ C(48시간), 대장균군은 35 \pm 1 $^{\circ}$ C(24시간), 포도상구균은 37 \pm 1 $^{\circ}$ C(24시간) 동안 배양하고, 30~300개의 집

락을 형성한 필름을 선정하여 3M Petrifilm™ Reader(3M Co., Saint Paul, MIN, USA)로 집락수(CFU, colony forming unit)를 계수하였다. 조리 중 조리원과의 접촉이 가능한 기구 설비인 냉장고, 냉동고, 보관고, 소독고의 손잡이의 표면도 측정하였다.

3. 자료의 통계처리

학교급식의 위생·안전관리기준의 각 항목별로, 그리고 일반세균수, 대장균군, 황색포도상구균 측정치(CFU)를 평균과 표준편차로 분석하였으며, ATP 생물발광법의 결과는 상대형광도(RLU, Relative Luminescence Unit) 값을 그대로 표시하였다. 학교급식시설에 대한 미생물오염에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 실시하였다. 유의성 검증은 $p < 0.01$ 에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 학교급식시설의 형태

Table 1은 조사대상시설인 급식시설의 급식인원수, 급식종사자수, 급식장소 및 급식형태를 실시한 결과이다. 조사대상 고등학교 급식시설 중 조식을 제공하는 곳은 없었으며, 중식은 635식에서 1,360식(평균 1,138식)을, 석식은 231식에서 745식(평균 460식)을 제공하고 있었다. 또한 조리종사자는 급식수에 따라 6명부터 13명까지 다양하게 나타났다. 식사장소는 교실과 식당을 같이 사용하는 한 곳을 제외하고, 전부 식당에서 배식 및 식사를 제공하고 있었으며, 급식소의 급식은 전부 직영의 형태로 운영하고 있었다.

2. 학교급식시설의 위생·안전관리기준항목 측정

학교급식시설의 학교급식위생·안전관리기준 점검항목별 측정결과는 Table 2에 나타내었다. 학교급식위생·안전관리기준 점검항목에는 시설관리, 개인위생, 식재료관리, 작업위생, 배식 및 검식, 세척 및 소독에 관한 항목 22개가 있는데, 모든 항목이 3점 만점으로 측정하였다. 전반적으로 모든 항목에서 우수하게 평가되었는데, 이는 식품안전관리인증기준(HACCP) 제도가 학교급식시설에서도 실시됨에 따라 위험요인을 인지하는 능력도 높아지고, 정기적으로 실시되는 위생

교육의 영향으로 위생 습관의 실천에도 많은 발전이 있는 것으로 보여진다(Song & Chae 2008; Han & Lee 2011).

모든 학교급식시설에서 식품안전관리인증기준(HACCP) 규정에 따른 항목별로 살펴보면 1) 설비, 기구 등의 청소, 소독 계획을 작성하고 있었고, 4) 건강진단의 실시와 그 기록 보관, 19) 방역 실시, 방역필증 비치, 20) 정기안전검사 실시 등의 기록을 완벽하게 갖추고 있었다. 사용한 조사 항목지는 학교급식위생관리기준 지침서의 학교급식 위생·안전점검표이므로, 이미 이에 대한 점검은 수차례 받은 경험이 있어, 이에 대한 대비가 철저하게 이루어진 것으로 사료된다. 또한 조사 지역의 특성상 3) 조리용수로 지하수를 사용하는 급식소나, 9) 바닥으로부터 60 cm 이상 높이의 조리대를 갖지 않은 급식소는 전무하였다. 이는 10년 전 학교급식소를 대상으로 HACCP 시스템 적용과 시설·설비 부분의 미흡함을 지적한 Lee & Lee(2005)의 연구보다 훨씬 식품안전관리인증기준(HACCP)이 정착하였음을 보여주는 결과이다.

그러나 단지 2시간이 넘게 급식 준비 과정을 관찰한 결과, 2) 냉장·냉동고, 보관고의 온도, 식기 세척기의 최종 행굼수 온도의 기록·관리, 14) 가열조리 식품의 중심부 온도 확인 및 기록 등과 같은 항목들은 기록상으로는 완벽하였으나, 조리 과정 중에 측정하여 기록하지 못하고, 예전 측정된 숫자들을 조리가 끝난 후 옮겨 적는 경우가 많은 것으로 나타났다. 또한 음식물의 적절한 가열 온도, 보관 온도, 설비의 온도 유지가 중요한 것은 알고 있으나, 조리 중 매번 측정하는 것을 번거롭게 여기고 기계적으로 기록하고 있는 모습을 볼 수 있었다. 15) 조리 완료된 식품의 온도와 시간 관리는 음식을 조리 후 음식의 종류에 상관없이 보관고에 넣어두는 모습을 볼 수 있었다. 손 씻기의 경우에도 거의 모든 급식소에 손 씻기 전용 세면대가 설치되어 있었고, 조리원들이 작업 전 손을 씻는 모습을 볼 수 있었으나, 올바른 방법으로 씻지 않고 간단히 씻는 것으로 지적되었다. 6) 잠재적 위험 식품을 고려한 식단 계획 및 공정관리 측면에서는 오히려 지나친 면도 발견되었다. 조사 기간이 여름철이었기 때문에 거의 모든 급식소의 식단에서 어패류를 비롯한 해산물을 이용한 음식을 찾아볼 수 없었다. 동물성 단백질의 공급을 돼지고기에 주로 의존하고 있어 식단이 단조롭게 되고, 영양사들도 어려움을 호소하고 있었다. 조리종사자의 위생 습관을 알 수 있는 작업 위생에서는 8) 교차오염방지를 위한 조리 기구 및 용기의 구분 사용이나, 10) 조리완료 식품의 교차오염 관리 등 교차오염에 대한 이해가 많이 높아진 것으로 보이나, 아직도 칼이나 기구, 손에 의한 오염을 간과하는 부분이 일부 지적되었고, 11) 올바른 해동 방법, 12) 해동된 식품의 즉시 사용 항목은 충분히 이해하고 있다고 응답하였으나, 전반적으로 해동하지 않고 사용하는 식재료를 주로 이용하고 있다고 하였다. An & Kim(2013)

Table 1. General characteristics of the subjects

		No or type
No. of meal	No. of lunch	Mean 1,138(635~1,360)
	No. of supper	Mean 460(231~745)
No. of employees		Mean 10.25(6~13)
Distribution		Dinning room(distribution and meal)
Type of foodservice		Direct control

Table 2. Results of food, sanitation and safety inspection of the school facilities

Management of facilities	1. Plan establishment and operation of cleaning and sterilization	2.81±0.24*
	2. Record and control of refrigeration, freezer and tableware washer	2.16±0.53
	3. Sterilization and disinfection check at the time of groundwater use	3.00±0.00
Personal hygiene	4. Once for 6 months, physical check-up implementation and record	2.88±0.16
	5. Wash a right hand	2.07±1.15
Food material management	6. Menu planning and the process control	2.79±0.36
	7. Check of school lunch food material	2.49±0.43
Operational hygiene	8. Division use of cookware ward and container	2.58±0.61
	9. Put into effect by more than 60 cm of height from the bottom	3.00±0.00
	10. Crossing pollution management of a dish completion food	2.64±0.46
	11. Right thaw method	2.93±0.35
	12. Use of defrosted food immediately	2.44±0.79
	13. Washing and sterilization of vegetables and fruit kinds	2.71±0.42
	14. Confirmation and record of center temperature in heating dish food	2.24±0.71
	15. Temperature and time of the food	2.57±0.88
Distribution and inspection	16. Carriage of cooked food and cleaning of distribution	2.66±0.30
	17. Inspection of cooked food	3.00±0.00
Washing and sterilization	18. Hygienic safekeeping and management	2.72±0.20
	19. Prevention of epidemics implementation	3.00±0.00
Safety control	20. Periodic safe check implementation	3.00±0.00
	21. Safe operation way notification and educational implementation, management responsibility person designation	2.44±0.31
	22. Slippery prevention in the master chef bottom	2.59±0.36

*: Mean±S.D.

은 단체급식소 조리종사자의 위생관리 수행도는 위생지식이 높을수록, 1식을 배식할 때보다 2~3식을 할 때 높아지며, 교차오염에 대한 수행도는 높으나, 개인 위생에 대한 것은 상대적으로 낮다는 결과를 보고한 바 있는데, 본 연구의 결과와도 일치하는 면이 보인다.

3. 학교 급식시설의 학교급식지도시행 점검항목 측정

Table 3은 학교 급식시설의 학교급식지도(권장)사항 점검항목을 측정한 결과이다. Table 3에서 보는 바와 같이, 학교급식지도(권장) 사항 점검항목은 각 항목 당 우수(1~2점), 보통(0.6~1점), 미흡(0점)으로 나뉘어 총 34점 만점으로 평가되었다. 23) 일반작업구역과 청결작업구역으로 구분은 전반적으로 양호하나, 학교가 설립된 지 오래된 학교의 경우 급식시설을 위한 공간이 부족하여 구분이 확실하지 않고, 다소 형식적으로 되어 있는 경우가 있었다. 26) 조리장 후드의 열 및 증기 배출, 응축수의 분리 여부는 시설은 모든 급식소에서 갖추어 놓고 있었으나, 바람의 방향에 따라 열어놓은 창문을 통해 다시 일부가 유입되는 사례가 있었고, 대부분의 경우 효과적으

로 배출되고 있었으나, 많은 양의 증기가 한꺼번에 발생 시에는 잠시 조리실 내에 머무르기도 하였다. 7) 냉·난방시설, 공기조화시설은 모든 조리실에 구비되어 있으나, 다량의 열이 한꺼번에 발생하는 특성상 적정한 실내온도를 일정하게 유지하기엔 어려움이 있었다. 28) 식품보관실의 설치는 완벽했으나, 소모품 보관실은 따로 없는 경우도 있었고, 그런 경우에도 구획을 나누어 분리하여 물품을 보관하고 있었다. 30) 조리장내 수세, 신발 소독시설 설치 및 사용 여부는 다소 문제가 있었는데, 시설은 설치가 되어 있었으나, 조리종사자들이 사용하지 않고, 외부와 내부를 드나들거나 미닫이문에 걸린다고 옆으로 치워 놓기도 하였다. 조리 중에도 청결구역과 비청결구역을 출입할 일이 많으므로 이는 반드시 개선되어야 할 사항으로 관찰되었다. 31) 씽크대 배수관의 배수로 연결이나, 32) 방충·방서설비, 33) 급수설비, 34) 냉동·냉장시설의 적정용량 확보 및 온도유지, 35) 고장 난 설비·기구 등은 우수한 평가를 받아 문제가 없었다. 개인위생에서 36) 종사자의 개인위생 준수 및 건강상태 확인 항목은 관찰한 기간 동안 소화기 질환 및 손 상처가 있는지 여부는 일반적으로

Table 3. Results of recommended check point in the school facilities

Management of facilities	23. Repartition of a general working area and a clean working area	0.74±0.58*	
	24. Part where master chefs bed, wall and ceiling were damaged	0.89±0.39	
	25. Furniture in a check place and a dish working place	0.78±0.36	
	26. Heat of a master chef hood and steamy discharge	1.29±0.73	
	27. Air-conditioning facilities and aerial harmony equipment of facilities	1.35±0.87	
	28. Establishment of food safekeeping room, separation of consumables food	0.82±0.27	
	29. Exclusive restroom presence and management state	0.95±0.24	
	30. Washing in master chef and footwear sterilization installation of facilities	1.33±0.92	
	31. Drain connection of a washing chief drain	2.00±0.00	
	32. Insect and rat control equipment	1.65±0.63	
	33. Properly of watering facilities	1.44±0.87	
	34. Temperature maintenance of freezing and refrigeration facilities	1.68±0.41	
	35. Broken facilities and equipment	0.84±0.26	
	Personal hygiene	36. Personal sanitary obeying and health confirmation	1.69±0.77
		37. Periodic sanitary education and evaluation	1.84±0.45
Distribution	38. Sanitary clothes wear when distribution	0.59±0.38	
Environmental hygiene control	39. Indication adhesion of the nous, a disinfectant and insecticide	1.66±0.45	
	40. Proper processing of cooking interior and the outside trash	0.61±0.56	
HACCP	41. Remedy after self-analysis to HACCP application	1.89±0.26	
	42. Understanding of CCP check list and implementation of site record	1.75±0.33	
Safety control	43. One day sanitary safety inspection implementation	1.67±0.48	

* : Mean±S.D.

조리종사자의 자진 신고에 의해 확인되는 것으로 나타났다.

Hwang 등(2008)이 단체급식소의 시설 및 설비가 잘 갖추어졌을수록 위생관리가 잘 이루어지고 있다고 보고한 바와 같이, 학교급식소도 제반 시설, 설비, 기계 등이 잘 갖추어지는 것이 위생적인 급식의 기본 조건이라고 할 수 있다. Kook & Rho(2009)의 연구에 의하면 전북지역에도 전처리실, 소모품 보관실의 보유 비율이 다소 낮았고, 조리실이 좁아 불만을 보이는 영양사가 많은 것으로 나타났다.

결과적으로 총점을 계산하면 100점 만점에 88.03±9.61점으로, 이는 학교급식 위생관리 지침서의 평가등급으로는 A-E의 등급 중 B등급으로 체계적인 위생관리 시스템이 정착된 단계로 평가할 수 있다. 그러나 아직은 형식적인 관리에 치중하는 면이 관찰되고 있어, 좀 더 생활화되고 실제적인 관리가 이루어져야 하겠다. 비슷한 조건을 갖는 Kim JG(2003)의 연구에서 학교급식 위생관리 총점으로 나온 89.3점에는 조금 미치지 못하는 점수이나 조사방법의 차이가 있는 것으로 사료된다.

4. ATP 생물발광법의 측정

HACCP 시스템의 신속성, 간편성을 충족시킬 수 있는 검사 방법인 ATP 생물발광법의 측정결과는 Table 4와 같다. 사

용 중인 고무장갑과 앞치마, 작업대와 소독고, 냉장고, 냉동고의 선반 및 외부 손잡이에서 ATP 생물발광법을 실시하였다. 그 실험 결과, 각 급식기관별로 결과의 차이가 많은 것으로 나타났는데, 조리 시 사용 중인 고무장갑에서는 425~2,552 RLU, 사용 중인 앞치마에서는 541~70,251 RLU, 작업대에서는 1,596~88,490 RLU의 결과가 나왔다. 이러한 결과는 ATP luminometer를 이용한 위생검사기준인 조리 후 장갑, 조리 후 앞치마, 조리 후 기구(बाट, 용기, 작업대 등)에서 300 RLU 이하에 크게 초과하는 결과로, 특정한 부위나 특정 급식소에 서만 기준을 초과한 것이 아니라, 거의 대부분의 측정에서 높게 나와, 오히려 기준치가 현실에 맞지 않게 너무 낮게 책정된 것은 야난가 고려해야 할 것으로 사료된다.

Park YS(2000)의 연구에서는 기준치를 800 RLU로 약간 높게 설정하고 있는데, 이 기준에 견주어 봤을 때도 대부분의 시설, 설비에서 기준치를 초과하고 있었다. 식품에 직접 접촉되어 사용되지는 않으나, 조리종사자가 급식의 준비과정 중 맨손이나 고무장갑 등으로 접촉할 가능성이 높아 유기물의 오염이 우려되나, 다시 조리에 복귀할 때 손을 세척하지 않는 경우가 많은 기구의 손잡이와 선반, 즉 소독고, 냉장고, 냉동고의 손잡이와 선반의 ATP 생물발광법의 측정결과, 소독고의

Table 4. ATP(RLU) of food utensils during use

No.	Gloves	Apron	Table	Sterilizer grip	Sterilizer shelf	Refrigerator grip	Refrigerator shelf	Freezer grip	Freezer shelf
1	1,587	659	12,408	263,813	715	96,174	1,544	33,089	44,531
2	1,633	9,265	19,769	2,640	1,071	70,995	319,007	5,505	1,535
3	455	1,223	23,049	91,665	2,533	26,798	22,009	26,594	3,291
4	876	541	1,596	1,177	5,129	33,026	139,239	71	112,184
5	2,552	31,351	88,490	39,820	15,387	381,968	6,429	196,725	48,667
6	2,160	720	66,078	3,195	6,826	236,541	53,907	8,016	3,355
7	1,470	5,699	41,272	52,790	14,221	619,725	119,692	35,294	23,710
8	425	3,820	12,717	24,348	32,814	114	677	67,419	11,523
9	642	1,685	4,852	9,526	953	54,263	19,653	27,445	20,115
10	433	814	10,345	257,852	26,321	27,488	45,440	8,868	233,375
11	1,730	1,938	7,004	17,522	2,441	44,712	55,142	18,859	30,995
12	1,010	60,808	59,634	66,472	3,520	101,131	39,684	28,565	25,833
13	1,564	70,251	42,105	20,513	4,463	112,234	28,952	55,011	9,683

손잡이에서는 1,177~263,813 RLU, 소독고 선반에서는 715~32,814 RLU, 냉장고 손잡이에서는 114~619,725 RLU, 냉장고 선반에서는 677~319,007 RLU, 냉동고 손잡이에서는 71~196,725 RLU, 냉동고 선반에서는 1,535~233,375 RLU의 결과가 나왔다. 이는 ATP luminometer를 이용한 위생검사기준인 조리 후 기구 손잡이에서 300 RLU 이하에 크게 초과하는 수치로 나타났다.

Park YS(2000)의 연구에 따르면 조사 대학의 급식시설은 ATP 생물발광법으로 측정시 800 RLU/cm²를 기준으로 했을 때, 사용 후 기구의 42.7%가 허용기준 이하로 본 연구의 결과보다 허용기준 이하의 비율이 높았다. 또한 ATP 생물발광법과 표준평판배지의 결과도 84.7~91.7%까지 일치하는 것으로 나타났다.

5. 학교급식 설비의 일반세균수, 대장균군, 포도상구균의 측정

냉동고, 냉장고, 보관고, 소독고의 손잡이에서 미생물 간이 검사법으로 일반세균수, 대장균군, 황색포도상구균을 측정된 결과는 Table 5에 나타내었다. 학교급식시설에 대한 미생물 측정된 실험결과, 일반세균수는 냉동고는 66.7±29.0 CFU, 냉장고는 102.1±35.9 CFU, 보관고는 45.4±28.2, 소독고는 58.8±40.4 CFU로 나타났다. 일반적으로 음식에서 발견되어서는 안 되는 대장균군은 냉동고 5.6±4.9 CFU, 냉장고 9.1±8.7 CFU, 보관고 1.2±1.1 CFU, 소독고 4.5±4.4 CFU로 나타났다. 대장균군의 경우 급식소에 따라, 기구의 종류에 따라 검출되지 않은 곳도 많았으나 다량 검출된 곳도 몇 군데 발견되었다. 황색포도상구균은 자연계에 널리 분포되어 있는 세균의 하나로서

식중독뿐만 아니라, 피부의 화농·중이염·방광염 등 화농성 질환을 일으키는 원인균이다. 황색포도상구균의 실험 결과는 냉동고 8.0±5.6 CFU, 냉장고 12.2±9.6 CFU, 보관고 2.1±1.6 CFU, 소독고 11.6±6.4 CFU로 일반세균이나 대장균군과 마찬가지로 사용 빈도가 높은 냉장고 손잡이에서 다소 높게 검출되었다. 급식소에서 조리 도중 재료나 조미료, 소독된 조리도구 등을 꺼내기 위해 혹은 조리된 음식을 보관하기 위해 맨손이나 장갑을 착용한 채 여러 번 접촉하지만, 접촉 후 손(장갑)을 세정하는 것을 쉽게 간과하기 쉬운 곳이라 생각되어 미생물 위생검사를 실시하게 되었다.

조리기구의 미생물 검사 판정기준은 Harrigan & McCance (1976)의 수치를 참고로 하여 일반세균수 500 CFU/100 cm² 미만은 만족할 만한 수준, 500~2,500 CFU/100 cm² 미만은 주의할 요하며, 그 이상인 경우 즉각적으로 개선해야 하는 정도로 판정하고 있다. 그리하여 본 연구에서 대장균군의 경우는 전혀 검출되지 않아야 양호한 수준, 10 CFU/100 cm² 이하인 경우도 보통의 수준으로 판정하였다. 단체급식소의 위생상태를 검사하여 빠른 시간 안에 결과를 확인할 수 있는 간이검사법을 적절히 이용할 시 위생 및 건강상태의 개선효과가 있다는 Han 등(2006)의 연구와 학교급식 위생관리 지침서에 의하면 간이검사법으로 필요할 때마다 간편하게 자주 위생점검을 실시하기를 권장하고 있다. Kim 등(2002)과 Bae & Chun(2003)의 연구에서도 도마, 채칼, 바구니, 바트, 행주, 싱크대 등이 위생상 문제가 많은 것으로 조사되어, 칼, 도마 등의 용도별 구분뿐만 아니라, 조리 기기 및 시설의 세척·소독·건조가 적절히 실행되도록 관리자의 세심한 모니터링의 필요성이 강조한 바 있다. Jeon & Lee(2004)의 연구에

Table 5. APC, coliform group and *Staphylococcus aureus* of food utensils during use

	Freezer grip	Refrigerator grip	Heating cabinet grip	Sterilizer grip
Aerobic plate count	66.7±29.0*	102.1±35.9	45.4±28.2	58.8±40.4
Coliform group	5.6±4.9	9.1±8.7	1.2±1.1	4.5±4.4
<i>S. aureus</i>	8.0±5.6	12.2±9.6	2.1±1.6	11.6±6.4

*: Mean±S.D.

서도 음식의 생산 과정에서 사용한 용기 및 기구 등의 미생 물수가 기준치를 초과한 것으로 보고하고 있으며, Kim 등 (2004)의 연구에서는 부산지역 초등학교 급식시설을 조사한 결과 바닥, 트랜치, 그리스 트랩, 후드, 방충망, 덤웨이터에서 일반세균수와 대장균군이 높게 측정되어 위생상태가 몹시 열악함을 보고한 바 있다.

학교급식시설 장비인 냉동고, 냉장고, 소독고의 손잡이에서 측정한 ATP 생물발광법과 간이필름으로 검사한 일반세균 수의 회귀분석 결과는 Table 6에 나타내었다. 냉동고에서는 $\text{Log RLU}=0.81 \times \log \text{CFU}+2.1$, 상관계수 0.87로 상관성이 매우 높게 나타났고, 냉장고에서는 $\text{Log RLU}=0.86 \times \log \text{CFU}+1.9$, 상관계수 0.92로 가장 높은 상관성을 보였다. 소독고에서는 $\text{Log RLU}=0.75 \times \log \text{CFU}+2.5$, 상관계수 0.80으로 비교적 높은 상관성을 보여 모두에서 통계학적으로 유의적인 양의 상관성($p<0.01$)을 갖는 것으로 조사되었다. 칼이나 고무장갑, 도마 등에서 ATP 생물발광법과 APC와의 상관관계를 밝힌 연구들(Chen & Godwin 2006; Leon & Albrecht 2007; Kim 등 2010)과 동일하게 냉장고, 냉동고, 소독고의 손잡이에서도 유사한 결과를 나타내었다.

요약 및 결론

본 연구는 향후 학교급식시설의 위생관리와 교육에 대한 방향성을 제시하고자 경기도 일부 지역 고등학교에서 학교 급식 위생·안전 점검표를 사용하여 급식시설의 위생 실태를 조사하고, 작업 중 조리종사자가 접촉하는 설비 접촉면의 미생물 오염실태를 알아보고자 ATP luminometer와 3M 미생물배지를 이용해 측정하였다.

1. 학교급식위생·안전점검표의 점검항목인 시설관리, 개

인위생, 식재료관리, 작업위생, 배식 및 검식, 세척 및 소독에 관한 항목 22개가 전반적으로 모든 항목에서 평가가 우수하였는데, 급식준비과정을 측정한 결과, 2) 냉장·냉동고, 보관고의 온도, 14) 가열조리 식품의 중심부 온도 확인 및 기록 등과 같은 항목들은 기록상으로는 완벽하였으나, 조리과정 중에 측정하여 기록하지 못하고, 예전 측정된 숫자들을 조리가 끝난 후 옮겨 적는 경우가 많았으며, 손 씻기도 올바른 방법으로 씻지 않고, 간단히 씻는 모습을 볼 수 있었다. 총점을 계산하면 100점 만점에 88.03±9.61로 이는 학교급식 위생관리 지침서의 평가등급으로는 B등급, 체계적인 위생관리 시스템이 정착된 단계로 평가되었다.

2. ATP 생물발광법의 실험 결과, 조리 시 사용 중인 고무장갑에서는 425~2,552 RLU, 사용 중인 앞치마에서는 541~70,251 RLU, 작업대에서는 1,596~88,490 RLU의 결과가 나왔다. 소독고의 손잡이에서는 1,177~263,813 RLU, 소독고 선반에서는 715~32,814 RLU, 냉장고 손잡이에서는 114~619,725 RLU, 냉장고 선반에서는 677~319,007 RLU, 냉동고 손잡이에서는 71~196,725 RLU, 냉동고 선반에서는 1,535~233,375 RLU의 결과가 나왔다.

3. 학교급식시설에 대한 미생물 측정된 결과, 일반세균수는 냉동고 손잡이 66.7±29.0 CFU, 냉장고 손잡이 102.1±35.9 CFU, 보관고 손잡이 45.4±28.2 CFU, 소독고 손잡이 58.8±40.4 CFU로 나타났다. 대장균군은 냉동고 손잡이 5.6±4.9 CFU, 냉장고 손잡이 9.1±8.7 CFU, 보관고 손잡이 1.2±1.1 CFU, 소독고 손잡이 4.5±4.4 CFU로 나타났다. 황색포도상구균은 냉동고 손잡이 8.0±5.6 CFU, 냉장고 손잡이 12.2±9.6 CFU, 보관고 손잡이 2.1±1.6 CFU, 소독고 손잡이 11.6±6.4 CFU로 일반세균이나 대장균군과 마찬가지로 사용 빈도가 높은 냉장고 손잡이에서 다소 높게 검출되었다.

Table 6. Comparison of linear regression and correlation coefficient of ATP and APC

	Regression equation	r	R ²	p value
Freezer grip	$\text{Log RLU}=0.81 \times \log \text{CFU}+2.1$	0.87	0.75	0.00*
Refrigerator grip	$\text{Log RLU}=0.86 \times \log \text{CFU}+1.9$	0.92	0.85	0.00*
Sterilizer grip	$\text{Log RLU}=0.75 \times \log \text{CFU}+2.5$	0.80	0.64	0.00*

* $p<0.01$

감사의 글

이 논문은 2015학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

References

- An JM, Kim HA. 2013. Analysis of relationship between sanitary knowledge and sanitary management performance of school foodservice employees in Gyeongnam. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1139-1147
- Bae HJ, Chun HJ. 2003. Microbiological hazard analysis of cooking utensils and working areas of foodservice establishments and hygiene improvement by HACCP system. *Korean J Food Cookery Sci* 19:231-240
- Chen FC, Godwin SL. 2006. Comparison of a rapid ATP bioluminescence assay and standard plate count methods for assessing microbial contamination of consumers' refrigerators. *J Food Prot* 69:2534-2538
- Han JS, Lee YE. 2011. Employees' sanitation practice level and sanitation knowledge at school foodservice operations in Chungbuk province. *Kor J Human Ecol* 20:637-649
- Han MS, Yoon ST, Lim J, Lim JS. 2006. Effects of microbe inspections in school food service systems. *J Kor Soc Hlth Educ Prom* 23:53-63
- Harrigan WF, McCance ME. 1976. *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. Academic Press Inc. New York, USA
- Hunter DM, Lim DV. 2010. Rapid detection and identification of bacterial pathogens by using ATP bioluminescence immunoassay. *J Food Safety* 73:739-746
- Hwang SS, Chon MY, Kim JM, Choi SH, Lee JA, Yoo IY, Jung MH. 2008. Hygiene · safety and HACCP system by management type of school food service. *J Korean Soc Living Environ Sys* 15:372-382
- Jeon IK, Lee YK. 2004. Verification of the HACCP system in school foodservice operations focus on the microbiological quality of foods in non-heating process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1154-1161
- Kim JG. 2003. A survey on the sanitary condition of kitchens in school food-service programs. *Kor J Env Hlth* 29:87-93
- Kim JH, Kim YS, Han JS. 2004. Seasonal changes of microbiological counts and sanitation state on the surface of food service facilities and utilities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1653-1660
- Kim YS, Jeon YS, Han JS. 2002. Inhibition effect of sanitizers against *E. coli* and a hygienic condition on the surface of utensils and equipments used to food service. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:965-970
- Kim YS, Moon HK, Kang SI, Nam EJ. 2010. Verification of the suitability of the ATP luminometer as the monitoring tool for surface hygiene in foodservices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1719-1723
- Kook SJ, Rho HO. 2009. Survey on internal facilities and sanitary management of elementary, middle, and high school food-service in Chonbuk area, Korea. *J Kor Soc Hlth Educ Prom* 18:1135-1145
- Kwon DJ, Park OJ. 2015. Analysis on the research trend about sanitation management and education for safety of school food service. *J Kor Assoc Safety Sec* 8:119-144
- Lee JM, Oh SW. 1998. Hygiene monitoring using ATP bioluminescence. *Bulletin of Food Technology* 11:129-138
- Lee KE, Lee HS. 2005. Influence of school food service dietitians' job satisfaction and perception of barriers to HACCP implementation on food sanitation/safety management performance in Gyeongbuk province. *J Kor Diet Asso* 11:179-189
- Leon MB, Albrecht JA. 2007. Comparison of adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence and aerobic plate counts (APC) on plastic boards. *J Foodservice* 18:145-152
- Ministry of Education and Science Technology. 2010. *Hygiene Management Guide in School Food Service*
- Ministry of Food and Drug Safety. 2015. Food Poisoning stat. Available from http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthy/foodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=519&menu_grp=MENU_GRP02 [cited 2015 September]
- Park YS. 2000. Evaluation of hygienic status of university food-service operation using ATP bioluminescence assay. *Korean J Soc Food Sci* 16:195-201
- Song IS, Chae IS. 2008. The analysis of the school foodservice employees' knowledge and performance degree of HACCP system in Jeju. *Kor J Nutr* 41:870-886
- Yue WW, Bai CJ. 2013. Improved design of automatic luminometer for total bacteria number detection based on ATP bioluminescence. *J Food Safety* 33:1-7

Received 4 October, 2015
 Revised 16 October, 2015
 Accepted 19 October, 2015