J Korean Soc Food Sci Nutr
39(11), 1719~1723(2010)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.11.1719

급식소 식품접촉표면 위생 모니터링 도구로서의 ATP Luminometer 적합성 확인
- 연구노트 -

김양숙[1] · 문혜경[1†] · 강성일[2] · 남은정[3]

[1]국립창원대학교 식품영양학과
[2]한국 3M 기술연구소
[3]한국보건산업진흥원 HACCP 지원단

Verification of the Suitability of the ATP Luminometer as the Monitoring Tool for Surface Hygiene in Foodservices

Yang-Sook Kim[1], Hey-Kyung Moon[1†], Seong-Il Kang[2], and Eun-Jeong Nam[3]

[1]Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea
[2]3M Korea Ltd., Health Care Business, Gyeonggi 445-170, Korea
[3]Dept. of HACCP Support, Korean Health Industry Development Institute, Chungbuk 445-170, Korea

Abstract

The purpose of this study was to verify feasibility of using a ATP Luminometer, real-time hygiene monitoring tool for food contact surfaces in foodservices. For this, 54 cutting boards, 70 knives, 21 rubber gloves in 4 institutional foodservices were studied. ATP (RLU: relatively light unit) values by ATP Luminometer were compared with APC (CFU: colony forming unit) of swabbing culture method using aerobic count plates of 3M petrifilm. ATP ranged from 0 RLU/cm^2 to 64693 RLU/cm^2 on knives, from 0.1 RLU/cm^2 to 6743.6 RLU/cm^2 on cutting boards and from 31 RLU/cm^2 to 465635 RLU/cm^2 on the rubber gloves. APC ranged from 0 CFU/cm^2 to 166667 CFU/cm^2 on knives, from 0 CFU/cm^2 to 1000 CFU/cm^2 on cutting boards and from 0 CFU/cm^2 to 730000 CFU/cm^2 on the rubber gloves. To express the degree of association between ATP and APC, a linear regression was performed. There were significant positive correlations found between log RLU and log CFU on the knives ($r=0.84$, $p<0.001$), the cutting boards ($r=0.79$, $p<0.001$), the rubber gloves ($r=0.78$, $p<0.001$). Results of this study showed the possibility that ATP bioluminescence technique can be used as the monitoring tool for surface hygiene in foodservices.

Key words: ATP bioluminescence, surface hygiene, monitoring tool

서 론

급식의 미생물 안전성 확인을 위한 미생물 배양 검사는 배지 제조와 같은 사전준비와 숙련된 인력 및 검사 장비가 필요하며 결과 도출까지 최소 24시간 이상이 소요된다. 이러한 제약 때문에 기존의 미생물 배양 검사로는 급식소 현장의 조리도구 표면에 대한 실시간적 위생 모니터링을 수행하기가 불가능하며, 단지 사후 확인에 그칠 뿐이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 선진국의 다양한 식품 생산 현장에서 실시간 위생 모니터링 도구로 ATP(adenosine triphosphate) bioluminescence(생물발광성)의 원리를 이용한 ATP Luminometer를 활용하는 사례가 여러 문헌(1,2)을 통해 보고된 바 있다.

ATP bioluminescence의 원리는 다음과 같다. ATP는 살아있는 생물체의 에너지원으로 ATP 측정을 위해 반딧불이에서 볼 수 있는 luciferin과 luciferase를 이용하여 ATP 양과 상관관계를 가지는 빛의 양으로 전환하여 분석한다. ATP luminometer는 이 빛을 측정하는 장치로 미생물이 가지고 있는 ATP를 측정하는 원리를 이용하여 RLU(Relatively Light Unit, 생물발광단위) 값으로 간접 측정할 수 있게 해준다(3).

ATP Luminometer 사용의 장점은 미생물뿐만 아니라 다른 유기물의 검출이 가능하다는 것에 있다. 하지만 식품에 존재하는 세균을 측정하기 위해 이를 활용할 때의 가장 큰 문제점은 식품에도 소량의 ATP가 함유되어 있다는 점이다. 따라서 정확한 세균수 측정을 위해 세균에 기인한 ATP 만을 분리해 낼 수 있어야 한다. 그러나 ATP를 활용한 위생검사는 세균은 물론, 세균의 서식을 도와주는 유기물 등 다른 ATP의 근원들도 함께 측정이 됨으로써 보다 보수적인 검사가 가능하다(4). 즉 식품 잔유물과 같은 유기물은 시간이 경과함에 따라 잔존하는 미생물의 영양공급원이 될 뿐만 아니라 소독제 활성에도 영향을 줄 수 있어(5) 급식 안전의

†Corresponding author. E-mail: hkmoon@changwon.ac.kr
Phone: 82-55-213-3515, Fax: 82-55-281-7480

위험요소로 작용할 수 있다. 하지만 세척 후 완전히 제거되었는지를 육안으로 확인하기란 매우 어렵다. 이와 같은 상황에서 ATP Luminometer를 사용한다면 실시간적으로 미생물은 물론 유기물의 잔존 여부까지 확인함으로써 조리도구 표면에 대한 위생 모니터링을 수행할 수 있다. 또한 숙련된 인력이 아니더라도 누구나 쉽게 사용할 수 있으며, 미생물 배양 검사에 비해 비용도 저렴해 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)이 국내 급식업계에 도입된 이후 여러 외국 회사의 ATP Luminometer가 상당량 수입 · 판매된 것으로 추정된다. 특히 ATP Luminometer를 HACCP 검증에 활용할 경우, ATP를 측정해 1차 스크리닝을 거친 후 안전범위를 벗어난 샘플만 미생물 검사를 실시함으로써 검사 횟수를 상당수 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 식품의약품안전청에서도 ATP Luminometer를 급식소 시설·설비·기구·용기와 종사자 위생 수준의 평가에 활용하며(6), 급식소와 식품공장의 HACCP 적용업소에서 위생관리 시 기구·용기·설비·검사장비, 종사자 손 검사 등의 세척·소독효과 확인 방법으로 제시하였다(7).

그러나 국내에서 ATP Luminometer를 이용하여 위생 수준을 평가한 연구(8-10)는 매우 제한적이며, 실제 급식현장에서의 활용도 그리 활발하지 않다. 이는 조리도구의 일정한 면적을 swab하여 ATP Luminometer를 통해 ATP(RLU) 값을 얻어도 이에 대해 판정해 줄 수 있는 국내 급식현장에 적합한 가이드라인이 없기 때문이다. 여러 ATP bioluminescence 관련 문헌들(11,12)을 고찰한 결과, ATP Luminometer 활용이 제대로 정착되려면 국내 급식현장에 적합한 가이드라인이 각종 급식 도구별로 제시되어야 할 것으로 사료되었다. 따라서 구체적인 ATP(RLU) 가이드라인 설정에 앞서 ATP Luminometer가 국내 급식 현장에서 급식 위생 모니터링 도구로서 적합한지를 살펴보기 위해 조리도구를 대상으로 ATP와 일반 세균수(APC: Aerobic Plate Count)간에 상관성 존재 여부를 확인할 필요성이 제기된다. 선행 연구들(8-10)에서 ATP와 APC 사이에 높은 상관성이 존재한 것으로 보고되었으나 모두 실험실의 통제된 상황에서 ATP에 영향을 줄 수 있는 인자들을 소거제로 제거한 후 시행된 결과로서 실제 급식 현장과는 차이가 있을 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구는 급식소의 조리도구 표면에 대해 사전처리 없이 ATP(RLU)와 APC(CFU: Colony Forming Unit)를 측정하여 상관관계가 존재하는지를 밝힘으로 ATP Luminometer의 위생 모니터링 도구로서의 적합성을 확인하고 가이드라인 작성의 기초 자료로 제시하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

연구대상 및 기간

2009년 5월 한 달 간 창원시 소재 단체급식소 4곳을 방문하여 단체급식소에서 가장 일반적으로 사용되는 조리도구인 도마(PVC 재질) · 칼(스텐 재질) · 고무장갑의 동일 표면에 대해 swab하여 ATP Luminometer에 의한 RLU 값을 측정하고 미생물 검사용 시료를 채취하였다. 상관성 확인을 위해서 다양한 청결 혹은 오염 수준의 data가 요구되므로 각 조리도구 별로 사용 직후와 세척 단계별 상태(물 세척 후, 세제 세척 후, 소독 후)를 대상으로 바로 인접한 부위의 동일 면적에 대해 각각 swab하였다. 고무장갑의 경우는 양손에 대해 각각 swab하였다. 검체 수는 도마 54개, 칼 70개, 고무장갑 21개였다.

ATP Luminometer에 의한 RLU 값 측정

표면의 APT 양을 측정하기 위하여 3M사의 Clean-Trace™ Surface ATP(3M Co., Saint Paul, MN, USA)를 이용하여 칼은 12 cm^2, 도마는 100 cm^2의 멸균 면적대 안의 면적을 swab하였다. 종업원용 고무장갑의 경우, 손바닥과 손가락 사이를 Surface ATP 기구로 swab한 후 Clean-Trace™ NG Luminometer(3M Co., Loughborough, UK)로 분석하였으며 제조사의 사용방법에 따라 RLU값을 측정하였다.

일반세균수 측정

일반세균수를 측정하기 위해 ATP Luminometer용 검체를 swab할 때와 동일한 방법으로 도마, 칼, 고무장갑에서 e · swab(3M Co., Shanghai, China)을 이용해 swab한 후 얼음을 채운 ice box에 담아 실험실로 운반해 검체로 사용하였다. 0.1%의 peptone water(Difco, Sparks, USA)를 이용하여 원하는 희수배수로 희석시킨 후 1 mL을 취해 일반 세균수 측정용 건조필름인 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate (3M Co., Saint Paul, MN, USA)에 접종하였다. 항온조로 옮겨 35±1°C에서 24시간 배양하고 30~300개의 집락이 형성된 필름을 선택하여 3M Petrifilm™ Reader(3M Co., Saint Paul, MN, USA)로 계수함으로써 CFU(colony forming Unit)값을 얻었다.

위생 모니터링 도구로서의 적합성 확인

ATP(RLU)와 APC(CFU) 사이의 상관성이 있는지를 확인하기 위해 SPSS 17.0 package를 이용하여 회귀분석을 실시함으로서 위생 모니터링 도구로서의 적합성을 확인하였다. 통계처리에 앞서 CFU 값과 RLU 값은 Log 전환한 후 사용하였다.

결과 및 고찰

ATP 및 일반세균수 측정 결과

급식소에서 사용하는 조리도구인 칼, 도마, 고무장갑에 대해 사용 직후와 세척 단계별(물 세척 후, 세제 세척 후, 소독 후)로 측정한 ATP(RLU) 및 APC(CFU)를 Table 1에 제시하였다. 육류용, 채소용, 조리용의 용도별로 구분해 칼, 도마,

Table 1. ATP (RLU) and APC (CFU) of food contact utensils after use and cleaning steps

Sample		N	ATP (RLU[1)])			APC (CFU[2)])		
			Average	Mini	Max	Average	Mini	Max
Knives (1 cm^2)	After use	20	12845.1	4	64693	9336.8	0	166667
	Washing with water	14	192.2	1	960	66.5	0	642
	Washing with detergent	13	47.6	0	342	1.4	0	18
	After sanitation	23	32.8	1	496	0.5	0	8
Cutting boards (1 cm^2)	After use	14	1870.9	61.5	6743.6	207.9	2.4	1000
	Washing with water	10	30.6	1.2	145.9	52.2	0	230
	Washing with detergent	10	28.0	0.1	157.4	40.7	0	400
	After sanitation	20	13.2	0.3	118.9	20.5	0	400
Rubber gloves (1 hand)	After use	5	192004.0	2104	465635	264100.0	2500	730000
	Washing with water	5	44806.6	217	171648	2668.0	100	8300
	Washing with detergent	5	16687.0	59	82195	160.0	0	400
	After sanitation	6	690.7	31	3423	1.7	0	10

[1)]Relatively Light Unit. [2)]Colony Forming Unit.

고무장갑에 대한 시료가 채취되었으나 통계처리에서 용도별 집단간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 Table에 제시하지 않았다.

칼의 ATP는 0~64693 RLU/cm^2 범위에서 측정되었다. Aycicek 등의 연구(12)에서 제시된 ATP 검출 범위는 육류용 칼 1.2~8440 RLU/cm^2, 채소용 칼 4~1926 RLU/cm^2이었다. 일반세균은 0~166667 CFU/cm^2 범위에서 측정되어 Park(8)의 연구에서 제시된 14~6200 CFU/cm^2보다 높게 나타났다. 단계별 ATP 평균은 사용 직후 12845.1 RLU/cm^2, 물 세척 후 192.2 RLU/cm^2, 세제 세척 후 47.6 RLU/cm^2, 소독 후 32.8 RLU/cm^2으로 측정되었다. APC 평균은 사용 직후 9336.8 CFU/cm^2, 물 세척 후 66.5 CFU/cm^2, 세제 세척 후 1.4 CFU/cm^2, 소독 후 0.5 CFU/cm^2로 검출되었다. 사용 직후 오염도가 가장 높았으며 세척·소독 단계를 거치면서 ATP와 APC가 점점 감소하는 것을 볼 수 있었다. 선행연구와 비교해 보면 소독 후 칼의 ATP 평균은 Kim 등(13)의 연구의 칼날에서 검출된 9.6 RLU/cm^2 및 Aycicek 등(12)의 육류용 칼 24.35 RLU/cm^2, 야채용 칼 15.5 RLU/cm^2보다 높게 나타났다. Harrigan과 McCance(14)는 기구, 설비 및 용기에 대한 미생물기준을 1 cm^2당 표준평판균수 5 CFU 미만은 만족, 5~25 CFU는 시정 필요, 25 CFU 이상일 경우는 즉각적인 조치가 필요하다고 하였다. 이를 고려할 때 본 연구에서 조사된 소독 후 칼의 APC은 5 CFU/cm^2 미만으로 위생적으로 양호한 것으로 평가되었다.

PVC 도마(이하 도마)의 경우, ATP는 0.1~6743.6 RLU/cm^2의 범위로 조사되었고, APC는 0~1000 CFU/cm^2 범위에서 측정되어 133~4400 CFU/cm^2까지로 검출된 Park(8)의 연구보다 낮은 검출 범위를 보였다. 단계별 ATP 평균은 사용 직 후에는 1870.9 RLU/cm^2, 물 세척 후 30.6 RLU/cm^2, 세제 세척 후 28.0 RLU/cm^2가 검출되었다. 소독 후는 13.2 RLU/cm^2로 Kim 등(13)의 연구에서 제시한 소독 후 도마 3.2 RLU/cm^2보다 높고 야채용 도마 12.2 RLU/cm^2와 비슷한 수준을 보였으며, Aycicek 등(12)의 육류용 도마 25.45 RLU/cm^2, 채소용 도마 14.4 RLU/cm^2보다 낮았다. APC 평균은 사용 직후 207.9 CFU/cm^2, 물 세척 후 52.2 CFU/cm^2, 세제 세척 후 40.7 CFU/cm^2, 소독 후 20.5 CFU/cm^2로 검출되었다. 소독 후 도마에서 검출된 APC는 20.5 CFU/cm^2로 Harrigan과 McCance(14)가 제시한 조리기구 및 용기에 대한 미생물 기준인 1 cm^2당 5 CFU보다 높아 소독의 효과가 미흡한 상태로 평가되므로 이에 대한 개선이 요구되었다.

단계별로 살펴보았을 때 세제 세척 후 칼에서 검출된 APC 평균은 1.4 CFU/cm^2, 도마는 40.7 CFU/cm^2이었다. 하지만 검출된 ATP 평균은 오염도가 낮은 칼에서 약 **1.7**배 높게 나타났다. 소독 후에도 같은 결과를 보였다. 칼과 도마에서 검출된 APC 평균은 각각 0.5 CFU/cm^2, 20.5 CFU/cm^2로 도마의 오염도가 칼보다 20배가량 높았다. 하지만 ATP 평균은 칼에서 더 높은 수치를 보이고 있다. 이는 주스나 고형의 식품들을 균질화한 경우 식품에도 소량의 ATP존재로 생균수 측정이 정확하지 않으며(8) 소독제는 luciferase 효소와 ATP 추출시약의 활성을 감소시킬 수 있고 세제의 경우 세포벽을 파괴하지만 ATP를 보호하는 기능이 있기 때문에 미생물 배양법과의 상관성이 좋지 못하다는 연구 결과(15)와 같이 세척·소독 후 조리도구 표면에 남아 있는 식품 잔유물의 ATP 또는 세제 및 소독제의 잔유물이 ATP Luminometer에 영향을 끼친 결과로 생각된다. 표면에 남아 있는 식품 잔유물은 시간이 경과함에 따라 미생물이 번식하기 좋은 영양 공급원으로 제공(5)되어 생물학적 위해를 끼칠 수 있으며 세제와 소독제의 잔유물 또한 급식안전에 화학적 위해요소로 작용할 수 있다.

고무장갑의 ATP는 31~465635 RLU/hand, 일반세균은 0~730000 CFU/hand 범위로 측정되었다. ATP 평균은 사용 직후에는 192004.0 RLU/hand, 물 세척 후 44806.6 RLU/hand, 세제 세척 후 16687.0 RLU/hand, 소독 후 690.7 RLU/hand로 측정되었다. APC는 사용 직후 264100.0 CFU/hand

Table 2. Comparison of linear regression and correlation coefficient of ATP (RLU) and APC (CFU)

Sample	Unit area	N	Regression equation	r	r^2	p value
Knives	12 cm^2	70	log RLU[1)]=0.72×log CFU[2)]+1.96	0.84*	0.70	0.00
Cutting boards	100 cm^2	54	log RLU=0.55×log CFU+2.22	0.79*	0.62	0.00
Rubber gloves	1 hand	21	log RLU=0.55×log CFU+2.07	0.78*	0.61	0.00

[1)]Relatively Light Unit. [2)]Colony Forming Unit. *$p<0.001$.

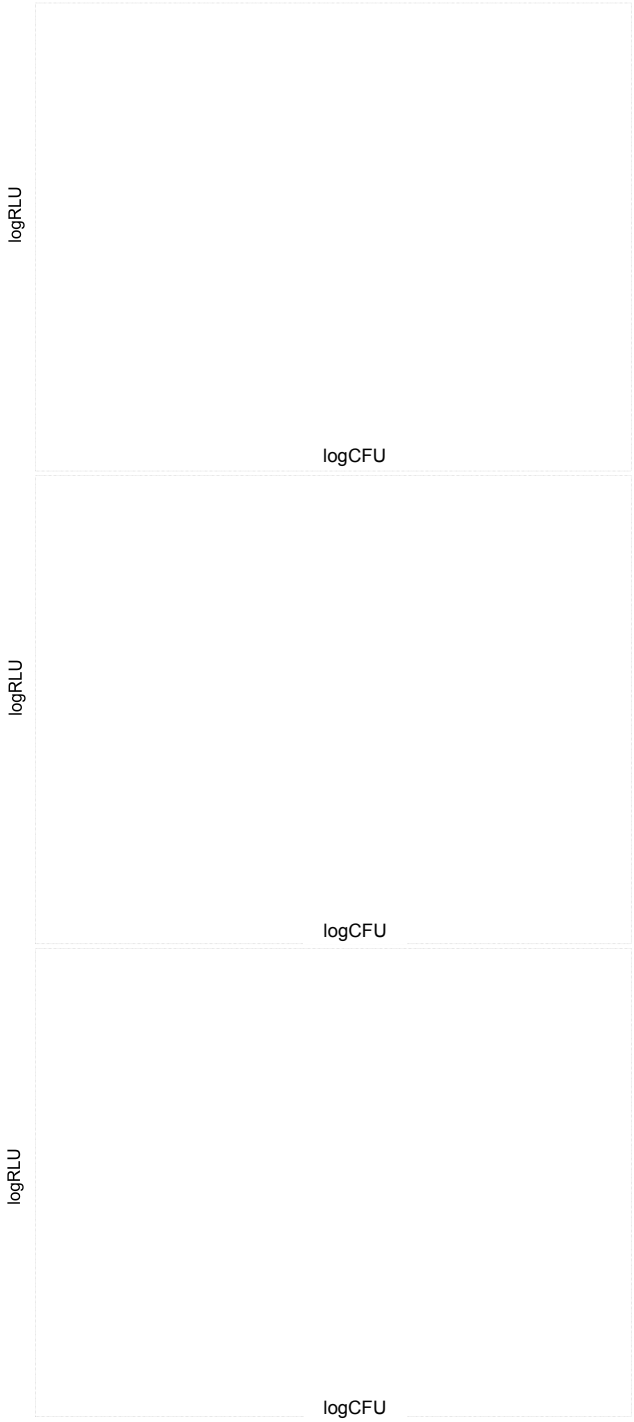

Fig. 1. Correlation between ATP (RLU) values and APC (CFU) values in knives (12 cm^2), cutting boards (100 cm^2), rubber gloves (1 hand). (A) knives, (B) cutting boards, (C) rubber gloves.

로 검출되어 일반음식점 조리종사자의 고무장갑을 대상으로 실시한 연구(16)에서 밝힌 33000 CFU/hand보다는 높았지만 물 세척 후에는 2668.0 CFU/hand로 낮아졌다. 세제 세척 후 160.0 CFU/hand, 소독 후 1.7 CFU/hand로 검출되었다. 조사된 급식도구 모두에서 물 세척만으로도 APC와 ATP가 상당히 많이 감소함을 볼 수 있었으며 여러 선행연구(17,18)를 통해 언급된 소독의 효과도 함께 확인할 수 있었다.

ATP(RLU)와 APC(CFU)의 상관성 확인

단체급식 조리도구인 칼, 도마, 고무장갑을 대상으로 ATP Luminometer로 측정한 ATP와 건조필름으로 배양한 APC에 대하여 회귀분석을 실시한 결과를 Table 2와 Fig. 1에 제시하였다. 회귀분석을 위해 도구별 swab 면적(칼 12 cm^2, 도마 100 m^2, 고무장갑 1 hand)으로부터 얻은 측정값을 사용하였다.

칼 12 cm^2에 대한 RLU와 CFU의 회귀식은 log RLU=0.72×log CFU+1.96, 두 값 사이의 상관계수는 0.84로 유의적인 양의 상관성($p<0.001$)을 나타났다. 도마 100 cm^2 면적에 대한 RLU와 CFU의 회귀식은 log RLU=0.55×log CFU+2.22이었으며 상관계수는 0.79로 유의적인 양의 상관성($p<0.001$)을 나타내었다. 고무장갑 1 hand에 대한 RLU와 CFU의 회귀식은 log RLU=0.55×log CFU+2.07이었으며 상관계수는 0.78로 유의적인 양의 상관성($p<0.001$)이 있는 것으로 조사되었다.

상관계수로부터 상관성의 강약을 판단하는 기준은 단적으로 정의하기 어려우나 상관계수 r값이 ±0.61~±0.8은 상관성이 높은 것, ±0.81~±1.0은 상관이 아주 높은 것으로 분류된다(19). 따라서 본 연구의 조리도구별 상관계수는 칼 0.84, 도마 0.79, 고무장갑 0.78로 CFU값과 RLU값 사이에는 높은 상관성이 존재하는 것으로 나타나 ATP Luminometer의 위생모니터링 도구로서의 적합성을 확인할 수 있었다. 칼을 제외한 본 연구의 상관계수들은 Chen과 Godwin(20)이 냉장고 표면을 대상으로 보고한 r=0.823이나 Leon과 Albrecht(21)가 플라스틱 도마를 대상으로 제시한 r=0.98보다 낮았다. Chen과 Godwin(20)은 냉장고 표면을 swab한 시료에 소거제를 사용하여 체세포와 유리 ATP를 제거한 후 미생물의 ATP만을 분리하여 사용하였으며 Leon과 Albrecht(21)는 사용하지 않은 도마에 *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469를 접종하여 APC와 순수 미생물의 ATP와의 상관성을 살펴본 것과 달리 본 실험은 ATP Luminometer에 영향을 주는 식품잔유물의 ATP나 세제 및 소독제에 대한

통제 없이 실시한 결과로 여겨진다.

요 약

창원시 소재 단체급식소 4개소에서 사용하는 칼(12 cm^2), 도마(100 cm^2), 고무장갑(손바닥과 손가락 사이)의 표면을 대상으로 ATP Luminometer와 일반세균수용 건조필름을 이용한 미생물 배양법을 함께 적용하여 ATP(RLU)와 APC (CFU)을 측정하였다. 통계분석 결과, 3가지 조리도구 모두에서 ATP(RLU)와 APC(CFU) 간에 유의적인 양의 상관성이 존재하였다. 각 도구별 상관계수는 칼 0.84($p<0.001$), 도마 0.79($p<0.001$), 고무장갑 0.78($p<0.001$)로 나타났다. 본 실험은 단체급식 현장에 적합한 ATP Luminometer 가이드라인을 설정하기에 앞서 실시간적인 표면 위생 모니터링 도구로서의 사용 적합성을 살펴 본 예비실험이며, 도출된 회귀식을 이용하여 도구별 ATP(RLU) 가이드라인을 설정하고 검증할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 (주)한국 3M의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Griffith J, Blucher A, Fleri J, Fielding L. 1994. An evaluation of luminometry and comparison of six commercially available luminometers. *Food Sci Technol Today* 8: 209-216.
2. Griffith J, Davidson CA, Peters AC, Fielding LM. 1997. Towards a strategic cleaning assessment programme: hygiene monitering and ATP luminometry, an optional appraisal. *Food Sci Technol Today* 11: 15-23.
3. Griffiths MW. 1993. Applications of bioluminoscence in the dairy industry. *J Dairy Sci* 76: 3118-3125.
4. Kang SI. 2007. Hygiene/cleanliness inspection and sterilization inspection system used ATP. *Safe Food* 2: 63-64.
5. Hawronskyj JM, Holah J. 1997. ATP: A universal hygiene monitor. *Trends Food Sci Technol* 8: 79-84.
6. Korea Food and DA. 2009. 2009 Public announcement. Project plan of diagnosis service for Foodborne disease prevention (2009.4.07). Avaliable from: http://kfda.go.kr/index.kfda?mid=51&seq=557&cmd=v Accessed December 16, 2009
7. KFDA Department of Foodborne Disease Prevention & Management. 2010. *Manual of HACCP assessment (for the staff)*. p 65.
8. Park YS. 2000. Evaluation of hygienic status of university foodservice operation using ATP bioluminescence assay. *Korean J Soc Food Sci* 16: 195-201.
9. Oh SW, Jo JH, Lee NH. 1999. Application of ATP bioluminescence assay for a rapid estimation of microbial levels in mackerel (*Scomber japonicus*). *Korean J Food Sci Technol* 31: 1345-1348.
10. Kang HM, Eom YS, An HS, Choi KH, Chung CI. 2000. Application of ATP bioluminescence method for measurement of microbial contamination in raw meat, meat and dairy processing line. *J Fd Hyg Safety* 15: 252-255.
11. Marena C, Lodola L, Zecca M, Bulgheroni A, Carretto E, Maserati R, Zambianchi L. 2002. Assessment of handwashing practices with chemical and microbiologic methods: Preliminary results from a prospective crossover study. *Am J Infect Control* 30: 334-340.
12. Aycicek H, Oguz U, Karci K. 2006. Comparison of results of ATP bioluminesence and traditional hygiene swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen. *Int J Hyg Eviron Health* 209: 203-206.
13. Kim BY, Song HY, Park IS, Kim YS, Lee YS, Ha SD. 2009. A correlation study of surveillance data and ATP bioluminescence assay for verification of hygienic status in major hotel in Seoul. *J Fd Hyg Safety* 24: 277-284.
14. Harrigan WF, McCance ME. 1976. The examination of food processing plant. In *Laboratory methods in food and dairy microbiology*. Academic Press, London, England. p 23-236.
15. Lappalainen J, Loikkanen S, Havana M, Karp M, Sioberg A, Wirtanen G. 2000. Microbial testing methods for detection of residual cleaning agents and disinfectants-Provention of ATP bioluminescence measurement errors in the food industry. *J Food Prot* 63: 210-215.
16. Jeong BH. 2008. Reduction effect of bacterial populations by education of employee's in restaurant for hygiene and washing method. *MS Thesis*. Gyeongsang National University, Gyeongnam, Korea. p 16-17.
17. Yeon HH, Kim IJ, Park KH, Park BK, Park HK, Park DW, Kim YS. 2006. Treatment and effect of sanitizers and disinfectants in animal food manufacturing plant. *Korean J Food Sci Technol* 38: 599-603.
18. 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.
19. Park HC. 2005. *Modern Statistics used SPSS 12.0K*. Changwon National University Press, Changwon, Korea. p 216-226.
20. 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.
21. Leon MB, Albrecht JA. 2007. Comparison of adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence and aerobic plate counts (APC) on plastic boards. *J Foodservice* 18: 145-152.

(2010년 7월 20일 접수; 2010년 9월 8일 채택)