

초밥메뉴에서 *Staphylococcus aureus*에 대한 정량적 위해 평가(QRA) 모델링

임명남 · 이승주 · 이광근
동국대학교 식품공학과

Quantitative Risk Assessment Modeling for *Staphylococcus aureus* in Sushi

Myeong Nam Im, Seung Ju Lee and Kwang-Geun Lee

Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul, 100-715 Korea

Abstract

Hazard analysis critical control point (HACCP) system is recognized worldwide as a most effective and scientific control system for food safety. However, application of HACCP system in food industries has disclosed technical problems to get quantitative information. This study addresses specific risk management questions associated with *Staphylococcus aureus* in sushi (shrimp, tuna and octopus) and applied quantitative risk assessment (QRA) to make more explicit the outcome of HACCP. First, the processing steps were defined, and then analyzed with Monte Carlo simulation. Regression sensitivity results showed that time during consumption and raw material contamination level were the most significant factor. The scenario analysis results suggested that time control under 1 hour was a critical control point for sushi production to prevent growth of *S. aureus*.

Key words: *Staphylococcus aureus*, sushi, quantitative risk assessment, HACCP, Monte Carlo simulation

서 론

국내에서는 식품 안전성을 확보하기 위해 GMP, ISO, HACCP 등 여러 법규와 위생 관리 제도를 식품 산업에 도입하고 있다(USDA, 1996; FDA, 1994). 하지만 이러한 노력에도 불구하고 식품의 안전성 문제 발생률이 꾸준히 증가하고 있다. 이것은 각 식품의 위해 요소(hazard)가 외국의 연구자료나, 문헌 등으로부터 단순히 인용되어 사용되기 때문이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하여, 더욱 효과적인 위생관리 제도가 개발되도록 요구되고 있다. 최근에는 위해 요소에 대한 평가법으로 정량적 위해 평가법이 주목되고 있다(David, 1998; Thomas,

1998, Peggy, 1997; Richart, 1997).

HACCP(hazard analysis critical control point)는 식품의 원료, 제조, 가공 및 유통의 전 과정에서 위해 물질이 해당식품에 혼입되거나 오염되는 것을 사전에 방지하기 위하여 각 과정을 중점적으로 관리하는 기준으로 총 7단계(위해 요소 확인, 위해 분석, 중요 관리점 설정, 중요 관리점의 한계기준 설정, 감시, 개선 조치, 검증)가 있다(Lee *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 1998). 하지만 현행 HACCP는 위해 요소들을 구분하여 분류하는 것으로 위해 요소들을 짐수화하고 각각의 위해 요소들간 우선 순위를 정한다(Ropkins *et al.*, 2000). 즉 CCP 및 CL(critical limit) 설정에 있어서는 특별한 개선점을 제안하지는 못한다. 또한 그 동안의 위해 요소 분석에 대해 어떤 위해 요소가 특정 제품에서 유해가 될 수 있을 것인지는 식품 안전 전문가의 자문을 받아야만 결정할 수 있으며, 이런 전문가에 의한 평가는 주관적이고 정성적인 평가이다(Nortermans, 1996). 따

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 3Ga 26, Pildong, Junggu, Seoul 100-715, Korea
Phone: 02-2260-3372, Fax: 02-2260-3372
E-mail: Lseungju@dongguk.edu

라서 실제 산업에서는 널리 이용되지 못하고 실정이며(Seo, 2001), 아직도 급식 단체를 중심으로 HACCP을 적용하기 위한 연구가 꾸준히 진행 중이다(Kim *et al.*, 2000; Yoo *et al.*, 2000).

QRA(quantitative risk assessment, 정량적 위해 평가)는 위해 요소 발생에 대해 실제 발생 가능성에 대한 예측치(risk estimates)를 이용하는 것이다(David, 1998; Thomas, 1998). QRA는 일반적으로 위해 확인(hazard identification), 노출평가(exposure assessment), 위해특성화(hazard characterization, dose-response assessment), 위해 특성평가(risk characterization)으로 구성되어 있다(Nortermans, 1996). 즉 정량적 위해 평가 결과를 위해 요소분석에 이용한다면 충분히 정량적이며, 과학적인 평가를 수행하게 되는 것이다. 또한 QRA를 이용한 위해 요소에 분석에는 위해 요소 자체에 대한 평가와 존재하는 위해 요소를 감소시키기 위한 공정 또는 구성성분을 변화시킬 수 있기 때문에 위해 요소 관리를 위한 관리 기준(control level) 결정에도 도움을 줄 수 있다(Thomas, 1998). 즉 HACCP 방법에서 가지고 있는 대표적인 risk assessment의 요소는 hazard identification과 exposure assessment이며, 여기에 QRA의 dose-response 또는 risk characterization을 포함한다면, 훨씬 더 좋은 management decisions를 할 수 있을 것이다.

비 가열 조리 음식은 가열 단계가 없기 때문에 원재료 자체나 오염된 용기 및 기기류에 의한 교차오염 등이 발생하기 쉬우므로 식 재료로 유입되는 위해 요소를 통제하는 것이 중요하며, 검수에서 배식까지의 전 과정이 위험온도(5~60°C)에 속해 있기 때문에 시간-온도관리가 특히 중요하다. 급식소에서 잠재적인 위해 요소로 급식소의 식 재료로 유입되는 위해 요소와 식 재료에 의해서 혼입되는 위해 요소가 있다 (Monica *et al.*, 1997). 이러한 식 재료에 의한 위해 요소를 통제하기 위해서는 식품의 적절한 보관 및 조리과 식 재료의 적절한 온도-시간 관리가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 온도-시간 관리가 중요한 비 가열 식품인 초밥메뉴 3종(채우, 참치, 문어)에 *S.aureus*에 대한 HACCP와 QRA를 접목시켜 과학적이고, 정량적인 위생 안전 시스템을 모델링하고자 한다. 모든 데이터는 Monte Carlo simulation을 통해 sensitivity analysis와 scenario analysis를 분석하여 HACCP의 risk management 차원에서 *S.aureus*에 대한 관리 지침을 작성하였다.

재료 및 방법

공정도 설정

1999년 한국 보건 산업 진흥원에서 발표된 “단체 급식소에서 HACCP 도입 방안에 대한 연구” 보고서의 자료를 바탕으로 설정하였다. 각 메뉴를 조리 공정 별 분류에 의하여 위해를 분석하는 공정 접근 방법을 거쳐 메뉴의 그룹에 대하여 그룹별로 위해를 통제할 수 있도록 작성되었다. 전체 조리 공정 중 가열을 요하지 않는 메뉴그룹과, 부분적으로 가열공정이 수반되나 이후 수작업이 요구되는 조리공정을 갖는 메뉴 그룹, 가열조리가 요구되는 조리공정을 갖는 메뉴 그룹으로 크게 3가지 공정으로 나누었다. 그 중 초밥은 가열 공정이 없는 첫 번째 그룹에 속하여 기타 밥 류에 포함된다. 따라서 조리 공정도는 원재료, 검수, 전처리, 조리전처리, 조리, 급식 전 보관 및 배식의 일정한 작업단계 순서를 정하여 작성된 조리공정흐름도를 이번 연구에 적용하였다(Fig. 1). 초밥은 먼저 생선과 쌀 그리고 식초 등의 기타원료가 입고되어 검수단계를 거친 후 생선을 해동시켜 크기에 맞게 자른다. 쌀로 밥을 지은 후 식초등의 기타원료가 혼합시켜 밥을 20g씩

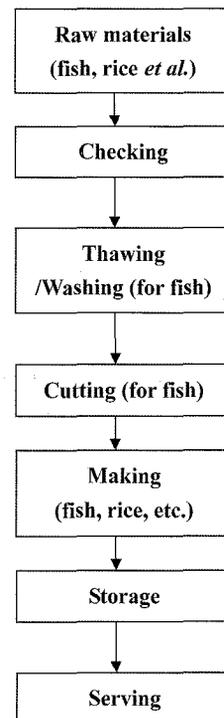


Fig. 1. Processing of sushi.

성형한다. 그런 다음 성형된 밥 위에 생선을 얹어 배식하게 된다.

미생물 오염도 데이터 수집

시판 중인 수산물에서 수중 미생물의 오염 수준은 Lee *et al.*(1996) 의해서 연구된 바 있다. 전체 어류에서 포도상 구균이 평균 1.60 CFU/g, 표준 편차 1.59 CFU/g으로 검출되었다. 실험에서 문어, 참치, 새우의 초기 오염수준에 대하여 데이터가 불충분하므로 가장 대표적인 입력 함수 모델로 Normal(평균, 편차) 함수를 적용시켰다.

Monte Carlo simulation

몬테카를로 시뮬레이션은 상황변화에 대한 하나의 모의실험방법으로서, 어떤 공정에 관련된 변수간의 관계를 이용 가능한 모델로 표현한 후, 각 변수에 난수를 발생시켜, 재현하거나 미래를 예측하는 방법을 말한다. Monte Carlo simulation은 @RISK 4.0(Plisade Inc, 2000)을 사용하여 수행하였다. 먼저 반복하여 얻어진 균 농도의 실험 데이터

를 여러 가지 확률 분포 모델에 fitting하여 적합한 모델을 선택하여 수행하였다. 미생물측정 실험 데이터는 시료선정 및 실험시기 등의 실험방법의 차이가 있어 variability와 uncertainty를 내포하고 있다. 따라서 Vose(1996)는 실험 결과에 대한 불확실성을 감소시키고 신뢰성을 높이기 위한 한 방법으로 통계적인 fitting 절차를 거쳐야 한다고 하였다. 순위책정은 Chi-squared statistic 방법으로 결정하였다. Chi-squared statistic은 goodness-of-fit statistic으로 가장 잘 알려졌다. Simulation의 연산은 Latin Hypercube sampling type을 선택하여 10,000번 Iterations 하였다.

Sensitivity analysis

개발된 QMRA모델의 입력변수 중에서 최종결과에 가장 크게 영향을 미치는 입력변수를 선정하는 과정이다. 입력 변수의 변화에 따라 가장 크게 영향을 미치는 인자를 표준 편차 값의 차이에 의해 최소한으로 나타내기 때문에 CCP 결정도에 의해 도출된 결과를 보조하는데 이용 할 수 있다. 민감

Table 1. Simulation model to estimate the distribution of S. aureus in sushi

Step	Distribution	Unit
	Raw material	
Rice	RiskUniform(0,0.04)	CFU/g
Octopus	RiskNormal(2.81,0.08)	CFU/g
Etc.	RiskBeta(2,1000000)	CFU/g
Level of S. aureus in raw material	Rice+Octopus+Etc.	
	Equipments	
Hand	RiskBeta(7,55)	CFU/cm ²
Mixer	RiskBeta(7,55)	CFU/cm ²
Level of S. aureus in equipments	Hand+Mixer	
	Serving	
Consuming just after being served	RiskDiscrete({0,1},{87.89,12.11})	-
Consuming just 1 hour after served	RiskNormal(1.51,0.78)	hr
Temperature	RiskTriang(16.239, 20, 31.189)	
MPD	9	Log CFU/g
C	MPD-A	Log CFU/g
B	0.406562-0.050259*Tm+0.003830*Tm ²	Log CFU/g
M	21.477147-1.7447033*Tm+0.037877*Tm ²	Log CFU/g
Level of S. aureus in serving	A+C exp(-exp(-B (t-M)))	Log CFU/g
Level of S.aureus in total sushi	Raw material + equipments + serving	Log CFU/g

- 1) RiskUniform(min, max)
- 2) RiskNormal(average, standard deviation)
- 3) RiskBeta (r+1, n-r+1): where n is the total number of samples and r is the number of positive samples
- 4) RiskDiscrete ({X1,...Xn},{p1,...pn}): specifies a discrete distribution with a number of outcomes equaling n. Each outcomes has a value X and a weight p which specifies the outcome's probability of occurrence.
- 5) RiskTriang(min, most likely, max)

도 수준은 -1~1사이의 값을 가지며, 1또는 -1에 근접할수록 영향 정도가 크다.

Scenario analysis

민감도 분석에서 선정된 영향력있는 입력 변수의 변화에 따라 식품 섭취 시 병원성 미생물의 오염수준이 어느 정도로 변화하는지 파악하여 입력 변수의 한계치를 결정하고 이를 한계기준설정에 이용하기 위해 실시한다. Sensitivity analysis의 결과를 바탕으로 입력변수의 변화에 따라 최종 적인 결과에서의 위해 요소의 오염수준이 어느 정도로 변화하는지를 파악하여 입력변수의 한계를 결정하고 이를 CL로 설정한다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 Lee *et al.*(1996)에 의해 연구된 *S. aureus*의 결과를 바탕으로 [Normal(평균, 표준편차)] 함수를 사용하였다. 시뮬레이션의 각 변수에 대한 입력 함수는 Table 1과 같다. 원부 재료, 장비, 소비자점으로 나누어 세분화하였다. 먼저 원부재료에서 밥은 최소한의 오염 수준인 시료 0~25g 사이에 1개가 존재할 수 있는 가능성 0.04 CFU/g 사이에 존재할 것으로 가정하였으며[RiskUniform(0, 0.04)], 기타(식초) 재료는 발생사레가 거의 없기 때문에 최소한의 오염 가능성인 1/1000000로 설정 [RiskBeta(2,1000000)]하였다. Beta (α, β)함수로 n번의 시행 회수에서 성공회수를 r이라고 할 때, α 는 r+1, β 는 n-r+1이 된다. 두 번째로 장비는 100 cm²을 시료 1g으로 가정하여 단위를 맞추어 계산하였다. 장비에서는 최소한의 오염 수준 1 CFU로 가정하고, 작업복, 손, 기구에 의한 미생물의 전이도 Elizabeth와 Bloomfield(1990)에 의해 발표된 것으로 최소 3%, 최대 27% 그리고 최대 빈도수 14%를 인용하여 [RiskTriang(0.03, 0.14, 0.27)]를 사용하였다. 세 번째로 소비자점에 따른 초밥의 섭취시간은 Oh *et al.*

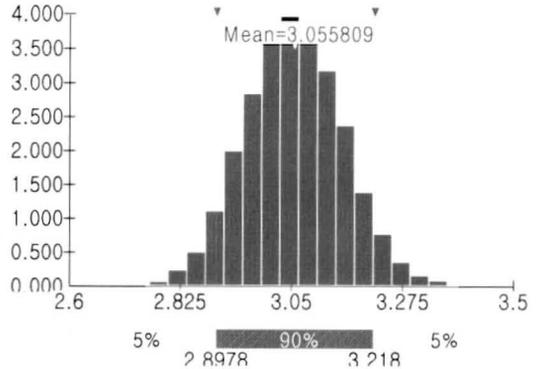


Fig. 2. Simulated distribution for the contaminated level of *S. aureus* in sushi. (Y axis: relative frequency, X axis: cell concentration)

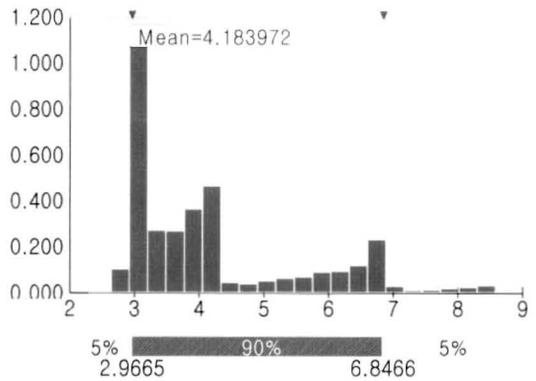


Fig. 3. Probability distribution for contaminated level for *S. aureus* at final consumption of sushi.(Y axis: relative frequency, X axis: cell concentration)

(2004)에 의해 보고된 김밥의 섭취 시간을 인용하였다. 초밥과 김밥은 서로 가열조건이 없으며, 매장 내에서 바로 만들어 섭취하는 경우와 배달시키는 경우가 비슷하다고 판단하여 적용하였다. 즉 바로 섭취할 경우는 87.99%, 일정기간 경과 후 섭취할 경우는 12.11%로 조사한 내용을 바탕으로

Table 2. Simulated result of contamination level for *S. aureus* at sushi and consumption

Name	Minimum	Mean	Maximum	x1	p1	x2	p2
Octopus consumption	2.651	3.056	3.481	2.898	5%	3.218	95%
Shrimp consumption	0.379	0.636	0.975	0.514	5%	0.764	95%
Tuna consumption	-0.282	0.996	2.326	0.415	5%	1.572	95%
	-0.282	2.506	8.828	0.633	5%	6.108	95%

[RiskDiscrete({0,1},{87.89, 12.11})]을 설정하였다. 또한 시간경과 후 섭취하는 시간은 평균 1.51와 편차 0.78 시간으로 설정하였다[RiskNormal(1.51, 0.78)]. 소비시점에서 *S. aureus*의 증식 속도를 예측하기 위해 개발된 Gompertz model을 사용하였다 (Bahk *et al.*, 2005). 초밥과 보관 후 섭취할 때의 세 종의 초밥에 대한 균의 오염도는 Table 2와 같다. 새우 및 참치 초밥의 경우는 단지 새우 및 참치의 재료외에 조건은 문어초밥과 동일하였다(Fig. 1). 새우의 distribution은 RiskNormal(7.38,1.23), 참치의 경우는 RiskNormal(11.06,1.94) 모든 초밥의 제조 공정이 같으며 단지 어패류의 오염수준만 다르므로, 가장 높은 오염도를 보인 문어 초밥을 대표적으로 시뮬레이션을 구동하였다(Fig. 2, 3).

$$\log [N] = A + Ce^{-e\{-B(1-M)\}}$$

log (N, log₁₀ CFU/g) : Log count of bacteria at time (in hours) t

A (log₁₀ CFU/g) = Asymptotic log count of bacteria as time decrease indefinitely

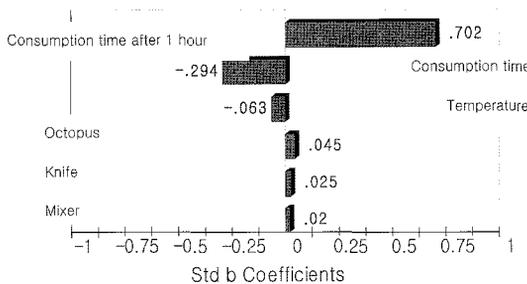


Fig. 4. The regression sensitivities risk factors effecting for final contamination level of *S. aureus* in sushi.

(i.e., initial level of bacteria)

C (log₁₀ CFU/g) = Asymptotic amount of growth that accure as t increase indefinitely: MPD-A (i.e., number of log cycles of growth)

MPD = Maximum population density: 9 Log CFU/g

M (b) = Time at which the absolute growth rate is maximal: in this model defined as 21.477147-1.7447033**Tm*+0.037877**Tm*²

B [(log₁₀ CFU/g)/h] = Relative growth rate at M: in this model defined as 0.406562-0.050259**Tm*+ 0.003830**Tm*²

Sensitivity analysis

Sensitivity analysis는 입력변수의 변화에 따라 가장 크게 영향을 미치는 인자를 표준 편차 값의 차이에 의해 최소한으로 나타내기 때문에 CCP 결정도에 의해 도출된 결과를 보조하는데 이용할 수 있다(Bahk *et al.*, 2001). 이번 실험에서는 stepwise regression 방법을 이용하여 결과를 도출하였다(Fig. 4). 그 결과 1시간 정도 보관 후 섭취하는 입력변수가 0.70으로 가장 높은 민감도를 나타냈다. 그 다음으로 문어의 초기 오염상태가 0.04로 나타났다 (Table 3). 즉 이들 인자는 초밥 제조관리에 있어 다른 어떤 인자보다도 중요하게 관리되어야 할 부분이며, HACCP 시스템에서 CCP로 관리되어야 할 것이다. 반면, 즉시 섭취할 경우와 온도의 입력변수는 민감도가 (-)로 민감도가 다른 변수에 비해 덜 반영되는 것으로 나타났다.

Scenario analysis

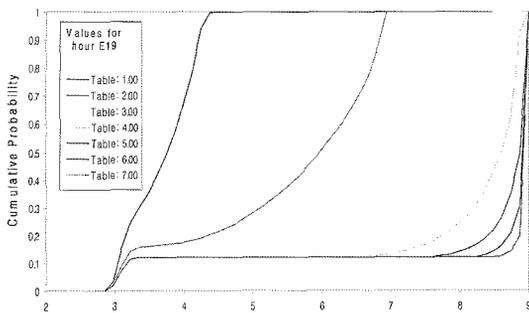
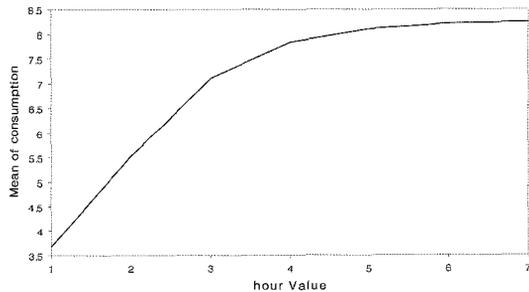
Sensitivity analysis 의 결과를 바탕으로 입력변수의 변화에 따라 최종적인 결과에서의 위해 요소의

Table 3. Regression and correlation between the sushi contamination with *S.aureus* and the factors of the simulation model

Rank	Name	Sensitivity	
		Regression	Correlation
#1	Consuming 1 hour after being served	0.702	0.669
#2	Consuming just after being served	-0.294	-0.387
#3	Temperature	-0.063	-0.130
#4	Octopus	0.045	0.148
#5	Knife	0.025	0.061
#6	Mixer	0.020	0.069
#7	Rice	0.000	0.010
#8	Etc.	0.000	-0.008

Table 4. This report details changes to the simulated distribution for consumption caused by stepping

Input: hour	Output: consumption					
	Value	Mean	Min	Max	5%	95%
1	3.681	2.746	4.496	2.992	4.264	0.442
2	5.531	2.753	6.986	3.029	6.868	1.302
3	7.106	2.753	8.447	3.044	8.408	1.693
4	7.838	2.753	8.883	3.046	8.873	1.820
5	8.104	2.753	8.979	3.046	8.977	1.882
6	8.207	2.753	8.997	3.046	8.996	1.910
7	8.249	2.753	9.000	3.046	8.999	1.923

**Fig. 5.** Cumulative distribution of consumed level of *S. aureus* for changing values of hour**Fig. 6.** Mean of consumed level of *S. aureus* vs hours.

오염수준이 어느 정도로 변화하는지를 파악하여 입력변수의 한계를 결정하고 이를 CL로 설정한다(Bahk *et al.*, 2001). 즉 sensitivity analysis 결과 민감도가 가장 큰 것으로 나타난 일정 시간 보관 후 섭취하는 요인을 섭취 시간을 1시간 단위로 조건을 설정하여 scenario analysis을 하였다(Fig. 5). 그 결과 Table 5에 나타난 것처럼, 섭취시간이 2시간 이내일 때 5.23으로 균이 증식하였으며, 3시간부터는 7.1로 급속히 증가하다가 4시간 이후부터는 균이 일정수준을 보였다(Table 4, Fig. 6). Anunciaca *et al.* (1995)과 Wall과 Scott(1997)는 6 log CFU/g정도 오염된 식품에서 식중독을 일으키기에 충분한 SET가

생성된다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 보다 더 안전한 수준을 확보하기 위해 5 log CFU/g을 안전 수준으로 설정하였다. 그 결과 초밥을 실온에서 보관할 경우 섭취시간은 1시간 이내로 설정하는 것이 바람직 한 것으로 예측되었다. 국내에서는 Bahk *et al.*(2005)이 비 가열 식품과 작업자의 손을 많이 타는 일반적으로 가장 많이 섭취되고 있는 김밥에 대한 위해도 분석 실시하여, 매장에서의 김밥 보관 온도와 시간이 매우 중요한 요소로 결정하였다.

요 약

국가적 차원에서 HACCP를 식품의 안전을 보장하기 위해 제조 공정에 적용할 것을 의무화 하고 있다. 하지만 현행 HACCP는 위해 요소들을 구분하여 분류하는 것으로 위해 요소들을 점수화하고 각각의 위해 요소들간 우선 순위를 정하는 것이다. 따라서 실제 산업에서는 널리 이용되지 못하고 실정이다. QRA는 이러한 위해 요소들을 과학적이고 정량적으로 평가하는 위해 평가법으로 HACCP에 6 단계 중 위해 요인 확인 단계와 CCP 결정, CL 결정 단계를 포함한다. 따라서 이번 실험에서는 HACCP에 QRA 개념을 적용시키고자 비 가열 식품 중 초밥 메뉴에 대해 *S.aureus*의 QMRA 모델을 작성 하였다. 그 결과 CCP1로 섭취 시간이 결정되었으며, CL은 1시간 이내로 설정되었다. 따라서 본 연구는 앞으로 HACCP에 QRA가 접목된 시스템이 산업체에서 사용되는데 기초를 마련하였다고 본다.

참고문헌

- 유화춘, 박영식, 이홍석, 박강용. 1999. 식품산업진흥을 위한 지원방안 마련을 위한 연구: 단체급식에서의 HACCP 도입 방안에 관한 연구. 한국보건산업진흥원

- 이용욱, 김정현, 박석기, 이강문. 1996. 시판 어패류에서의 오염지표세균의 분포와 저장 온도 및 저장 기간이 오염지표세균에 미치는 영향. *J. Fd Hyg. Safety* **11(1)**: 57-70
- 노우섭, 김창남, 천석조, 오원택, 심우창, 박경진, 노민정. 2001. 정량적 위해평가를 통한 가공육, 분유, 아이스크림 위해관리시스템 구축 모델 개발, 한국보건산업진흥원
- Anunciacao, L.L., W.R. Linardi, L.S. do Camo and M.S. Bergdoll. 1995. Production of Staphylococcal enterotoxin A in cream-filled cake. *Int. J. Food Microbiol.* **26**: 259-363
- Bahk, G.J., D.H. Oh, S.D. Ha, K.H. Park, M.S. Houn, S.J. Chun, J.S. Park, G.J. Woo and C.H. Hong. 2005. Quantitative microbial risk assessment model for *Staphylococcus aureus* in Kimbab. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37(3)**: 484-491
- Bahk, G.J., C.N. Kim, W.S. Roh, C.H. Hong, S.J. Chun, W.C. Sim, W.T. Oh and M.J. Rho. 2001. Application of predictive food microbiology model in HACCP system of Milk. *J. Fd Hyg. Safety* **16(2)**: 103-110
- Codex. 1997. Hazard analysis and critical control point system and guidelines for its application. Alinorm, 97/13A. Codex Alimentarius Commission, Rome.
- David, J.Y. 1998. The application of quantitative risk assessment to microbial food safety. *J. Food Prot.* **6**: 640-648
- Elizabeth, S. and F.F. Bloomfield. 1990. The survival and transfer of microbial contamination via cloths, hands and utensils. *J. Appl. Bacteriol.* **68**: 271-278
- FDA. 1994. Fish and fishery products hazards and controls guide, Rockville, U.S.A.
- kim, M.J. and P.U. Roh. 2000. A study on model development of hazard analysis critical control point (HACCP) for school lunch menu in primary schools. *J. Korean Public Health Assoc.* **26(2)**: 177-188,
- Lee, S.Y., Y.S. Jang and H.J. Choi. 1999. Current status and further prospect on HACCP implementation in Korea. *Food Ind. Nutr.* **4(3)**: 14-26,
- Lee, Y.W., C.N. Kim, S.J. Cheun and W.S. Roh. 1998. The application of HACCP system in the production of milk and milk products. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.* **22(1)**: 75-95
- Monica, M.S. and J. Norback. 1997. Integrating hazard analysis and critical control point (HACCP) and sanitation for verifiable food safety. *J AM Diet Assoc* **97(8)**: 889-891
- Nortermans, S. and G.C. Mesd. 1996. Incorporation of elements of quantitative risk analysis in the HACCP system. *Int. J. Food Microbiol.* **30**: 157-173
- Oh, D.H., S.D. Ha and C.H. Hong. 2004. Study on the reduction of food-borne pathogenic bacteria in ready-to-eat (RTF) foods. 2004 KFDA research project report (project No. FBD-563). KFDA, Seoul, Korea
- Palisade Inc. 2000. Guide to using @RISK: risk analysis and simulation add-in for Microsoft excel. Ver 4.0.
- Peggy, M.F. 1997. Driving predictive modeling on a risk assessment path for enhanced food safety, *Int. J. Food Microbiol.* **36**: 87-95
- Richard, C.W. 1997. Development of a quantitative risk assessment model for *Salmonella enteritidis* in pasteurized liquid eggs. *Int. J. Food Microbiol.* **36**: 111-125
- Ropkins, K. and A.J. Beck. 2000. Evaluation of worldwide approaches to the use of HACCP to control food safety. *Trends Food Sci. Technol.* **11**: 10-21
- Seo, K.H., H.W. Kim and J.T. Jung. 2001. HACCP quality system & guidance for a Korean companies *Korea society for quality management. Quality Development* **2(2)**: 28-34
- Thomas, P.O. 1998. The development of a risk assessment model for use in the poultry industry. *J. Food safety* **18**: 371-381
- USDA. 1996. Pathogen reduction; hazard analysis and critical control point (HACCP) systems; Final Rule, U.S.A.
- Walls, I. and V. N. Scott. 1997. Use of predictive microbiology in microbial food safety risk assessment. *Int. J. Food Microbiol.* **36**: 97-102
- Yoo, W.C. and J.W. Kim. 2000. Development of generic HACCP model for practical application in mass catering establishments. *Korean J. Soc. Food Sci.* **16(3)**: 232-244
- Zweitering, M.H. and S.J.C. van Gerwen. 2000. Sensitivity analysis in quantitative microbial risk assessment. *Int. J. Food Microbiol.* **58**: 213-221
- J.A. Serra, E. Domenech, I. Escriche, S. Martorell. 1999. Risk assessment and critical control points from the production perspective. *Int. J. Food Microbiol.* **46**: 9-26
- S. Notermans, G.C. Mead. 1996. Incorporation of elements of quantitative risk analysis is the HACCP system. *Int. J. Food Microbiol.* **30**: 157-173
- Palisade. Guide to using @RISK: risk analysis and simulation add-in for Microsoft Excel, vers. 4. *Palisade Corp., Newfield. USA2000.*
- Vose, D.J. 1996. Quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modeling. *Food Protec.* **66**: 1900-1910