

음식점의 미생물적 식품안전을 위한 QMRA-HACCP 전산프로그램의 개발

이승주 · 이광근*

동국대학교 식품생명공학과

Development of a Computer-Assisted Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) - Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Program for Food Safety in Restaurant

Seung-Ju Lee and Kwang-Geun Lee*

Department of Food Science & Biotechnology, Dongguk University-Seoul

Abstract

This study was carried out to develop the QMRA-HACCP program for a quantitative technique to predict contamination levels and perform sensitivity and scenario analyses in restaurants. This study consisted of two part: the establishment stage of the QMRA-HACCP system and the development stage of a QMRA-HACCP program. Establishment stage includes the methodology to develop HACCP plans, the identification of exposure occasions and the complementation of database file. The QMRA-HACCP program has been developed based on visual basic application (VBA). The program has been coded according to steps of exposure assessment. The object linking an embedding (OLE) Excel automation method for automatic data processing is used in this program, which is a kind of programming technique for the Excel control. The performance test on the basis of collected data has been carried out by using the developed program. In the results of performance test, it was revealed that the efficiency of implementation of HACCP plan is increased by using the developed program.

Key words: quantitative microbial risk assessment, HACCP, visual basic application, object linking an embedding

서 론

식생활 패턴의 다양화와 국가 간의 교류 증가로 인해 식품의 오염과 변질의 위험이 크게 증가되었다. 식중독의 발생원인은 다양화·다변화되고, 그 발생이 때와 장소를 가리지 않으며, 발생규모 또한 대형화되어 인류의 건강을 위협하는 가장 큰 원인의 하나로 대두되고 있다. 국내 식중독 관리의 문제점은 일반음식점의 경우, 영세한 시설, 조리 종사자의 위생의식 결여, 식중독 발생보고의 지연, 원인균 규명의 어려움, 사후관리의 불이행 등이었다(Soh et al., 2007). 이러한 문제점들을 개선하기 위하여 1996년부터 매년 단계적으로 식품산업 분야에 적용되기 시작한 HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) 제도는 제품의 안전한 생산을 보장하기 위하여 사후 검사 보다는 사전

예방에 중점을 둔 예방체계이다. 정부에서는 2000년 상반기부터 단체급식에 HACCP을 적용하고자 일부 단체급식업체를 대상으로 시범사업을 실시하고 있다(Yoo & Kim, 2000).

미국의 경우, 1980년대 병원급식을 비롯한 여러 급식에 cook/chill 방법을 도입하면서 급식의 안전성을 보장하기 위한 제도로서 HACCP 개념을 적용한 연구가 활발히 진행되어오고 있다(Cremer et al., 1985). 미국식품의약품청 (Food and Drug Administration, FDA)에서도 HACCP 가이드라인을 제공하여 급식업체에 HACCP 시스템을 적용할 것을 권고하고 있다(FDA, 1990). 국제적으로는 식품의 안전한 생산을 보장하기 위한 예방체계로서 1993년 Joint FAO/WHO Expert Committee on Food System에 의해 HACCP 개념이 종래의 방법을 대신하도록 하였다(Lee et al., 1998). 국제항공협회에서도 안전하고 위생적인 항공기 내식의 제조를 위하여 HACCP 개념을 적용한 위생관리 지침을 개발하여 급식장에 적용하도록 권고하고 있다(Kang, 1998). 국내에서도 국민건강보호와 대외 경쟁력 강화를 위하여 급식에서 HACCP 적용이 적극 연구·검토되고 있으나 이들 대부분이 일부 소수 메뉴에 대한 중요관리점

*Corresponding author: Kwang-Geun Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University-Seoul, 3Ga 26, Pil-dong, Jung-gu, Seoul, 100-715, Korea
Tel: +82-2-2260-3370; Fax: +82-2-2285-3370
E-mail: kwglee@dongguk.edu
Received February 21, 2012; revised March 26, 2012; accepted March 26, 2012

(Critical Control Points, CCP)을 제시해주는 부분적인 HACCP Plan으로 개발되어 수백 또는 수천 가지의 메뉴를 가진 급식장에 실제 적용되기 어려운 실정이다. 또한 급식업체간의 위생수준의 차이, 급식시설 설비수준의 낙후 및 HACCP에 대한 인식도 결여가 지적되고 있으며, HACCP 구축방법 및 위생관리 전담요원의 부족은 HACCP의 구축을 더욱더 어렵게 하는 요인으로 작용하고 있다(Park, 1999). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 HACCP 시스템에 근거한 효율적인 위생관리 전산 프로그램의 개발이 필요하다(Kwak et al., 1996).

1980년 초반에 등장한 마이크로컴퓨터는 모든 분야의 사람들에게 컴퓨터의 위력을 실감도록 만들었으며, 최근 20여년 동안에 이룩한 눈부신 발전은 식품과학에도 지대한 영향을 미쳐, 컴퓨터 기술을 이용한 식품공정해석, 시뮬레이션, 식품공정제어 등의 분야가 크게 발전하였다. 위생관리 컴퓨터 프로그램은 급식관리자가 업무를 원활하게 처리할 수 있도록 다양한 정보를 제공해주며 제어해주는 도구로서 고도의 기술을 요구한다. 식품의 안전성을 보장하기 위한 HACCP 전산 프로그램은 복잡한 생산공정을 단순하게 구성할 수 있으며, HACCP 개념을 적용한 모든 자료를 데이터베이스화하여 HACCP 시스템 수행과 운용 시, 효율적인 정보시스템으로 운용할 수 있다. 외국의 경우, 영국의 CCFRA(1992)에서는 HACCP 연구에 사용할 수 있는 프로그램을 개발하였고, 미국 Norback, Ley & Associates LLC(2007)에서는 HACCP의 기초이론, 온도관리 및 기록체계 방법 등을 강조한 프로그램을 개발하였으며, 호주의 Accumen Co. Ltd.(2007)는 'HACCP MASTER 2000'이라는 프로그램을 개발하였다. 그 밖에 Miller(1991)와 Gunasekaran & Ding(1994)들도 HACCP 전산프로그램을 개발하였다. 국내에서는 Kwak et al.(1996)이 병원급식의 미생물적 품질 보증을 위하여 HACCP 전산프로그램을 개발하였고, Lee et al.(1998)은 단체급식의 HACCP 전산프로그램을 개발하였다. 또한 Kim et al.(2002)은 영양평가 전산프로그램을 개발하여 비빔밥 균형식단의 영양균형성 평가에 이용하였다.

정량적 미생물 위해 평가(Quantitative Microbial Risk Assessment, QMRA)는 위해요소확인(hazard identification), 노출평가(expose assessment), 위해요소특성화(hazard characterization), 그리고 위해 특성평가(risk characterization)의 네 단계로 구성된다(Bahk et al., 2005). 미생물의 정량적 위해 평가의 정확성을 향상시키기 위해, 미생물 오염수준의 측정은 평균값 보다는 확률적 접근방법을 이용하는 것이 요구되며, 몬테카를로(Monte Carlo) 분석과 같은 시뮬레이션 모델링 방법의 사용이 증가되고 있다(Janevska et al., 2010).

최근 우리나라의 식중독 발생 건수 및 환자수를 발생장소 별로 살펴보면 대부분의 식중독 사고는 집단급식소와 음식점에서 제공하는 식품에 기인하고 있다(KFDA, 2007). 국내의 경우, 음식점 위생평가는 식품위생법에 준한 최소

한의 법적 규제 및 기준만으로 관리하고 있으며 단편적인 위생점검표에 의한 사후 시정조치만이 부분적으로 시행되고 있는 실정이다(Lee et al., 2007). 그러므로 HACCP 제도의 효과적 적용에 의한 예방적인 차원에서의 위생관리 프로그램의 개발이 필요한 시점이다. 이에 본 연구는 음식점에 활용할 수 있는 HACCP 시스템의 방법과 절차를 검토하고 실질적인 식품관리에 미생물 위해성평가 방법 적용을 위한 미생물 위해성평가 방법론을 검토하였다. 이를 토대로 음식점의 미생물적 안전성 확보를 위한 QMRA(Quantitative Microbial Risk Assessment)의 개념을 적용한 HACCP 전산프로그램을 개발하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

모델 음식점의 선정

서울시에 소재한 음식점 중, 음식점 수 및 모범업소 수를 고려하여 한식 1곳(A, 중구 소재), 일식 1곳(B, 강남구 소재), 양식 1곳(C, 용산구 소재)의 모델 음식점을 선정하여 2006년 12월부터 2008년 11월에 걸쳐 총균수 측정 등 위생 점검을 실시하여 위생관리의 문제점을 도출하고 전산프로그램 개발에 필요한 자료 수집을 실행하였다.

공정 접근 방법(Process Approach)에 의한 메뉴의 그룹화

미국 FAD에서 제안한 공정 접근 방법(CFSAN, 2007)은 음식점에서 제공되는 수많은 메뉴가 공통적으로 거칠 수 있는 몇 개의 작업공정으로 크게 나누어 놓고 각 작업공정 유형별로 HACCP 원칙을 적용하는 것이다. 일반적으로 음식점에서 제공되는 메뉴는 크게 다음의 세가지 작업공정으로 나누어 볼 수 있다.

- 공정 1 - 가열조리 단계 없음(기타 다른 공정이 있을 수 있음)
검수 - 저장 - 전처리 - 배식 전 보관 - 배식
- 공정 2 - 가열조리 단계 있음(기타 다른 공정이 있을 수 있음)
검수 - 저장 - 전처리 - 가열조리 - 배식 전 보관 - 배식
- 공정 3 - 온도 위험 범위를 반복(기타 다른 공정이 있을 수 있음)
검수 - 저장 - 전처리 - 가열조리 - 냉각 - 재가열 - 보온보관 - 배식

본 연구에서는 상기의 분류 체계에 어는 정도 수정을 가하여, 조사대상이 된 모든 메뉴가 통과할 수 있는 작업공정 흐름을 분석하여 3개의 작업공정으로 구분하였다. 선정된 모델 음식점에서의 조리과정을 현장 조리전문가와 협의한 결과 공통적으로 음식점에서 제공되는 메뉴를 파악한 후, 공통적인 공정흐름을 갖는 메뉴로 분류하였다(Table 1).

Table 1. Classification of Korean, Japanese and Western style dishes according to process Approach.

Process groups		Menu groups
Korean style dishes	#1	Saengchae (seasoned fresh vegetable salad), Kimchi, Jeotgal, Jangaji
	#2	Sukchae (cooked vegetable salad), Japchae, Gui, Bibimbab
	#3	Bokkum, Jorim, Tang, Tchigae, Chim, Pot cooking, Rice cake
Japanese style dishes	#1	Sachimi, Fish salad, Vinegared dish, Live fishes, Tuna
	#2	Boiled fish, Grilled silver fishes, Clams, Deep fried dish, Donburi, Jananess noodle
	#3	Suchi, Jumbo suchi roll, egg suchi, Roe maki
Western style dishes	#1	Fresh vegetable salad, Fruit salad, Salmon salad
	#2	Spaghetti, Pizza, Pork cutlet, Steak, Barbecue, Rib, Soup, Omelette
	#3	Chicken, Sandwich, Hamberger, Bread

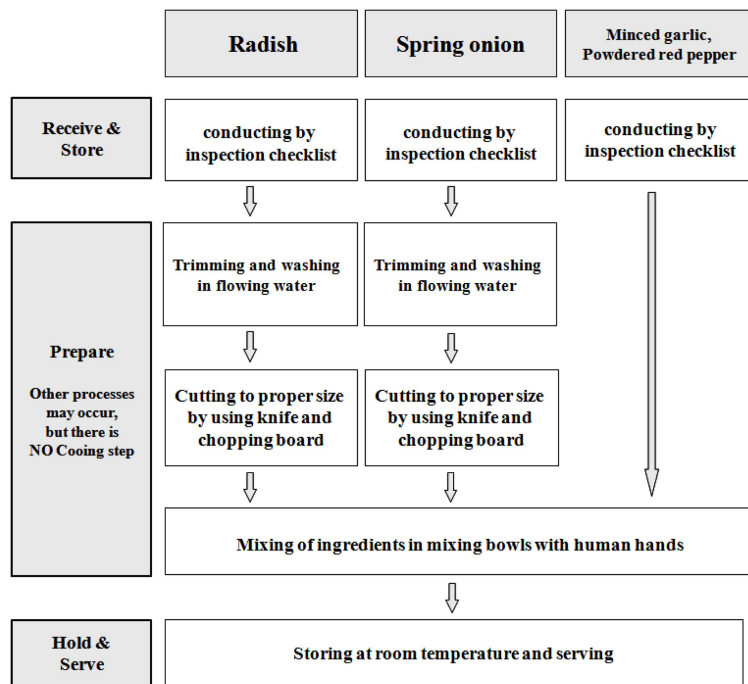


Fig. 1. Cooking process flow chart for Saengchae (a Korean radish salad).

Generic HACCP Model 개발

조리공정도 작성

각 메뉴 그룹의 조리공정도를 분석하였고, 모델 음식점에서 적용하기 위하여 각 공정의 유형별로 대표적인 메뉴를 선택하여 조리 공정도를 작성하였다(공정 1 : 한식 1종, 일식 1종, 양식 1종; 공정 2 : 한식 1종, 일식 1종, 양식 1종; 공정 3 : 한식 1종, 일식 1종, 양식 1종). 또한 조리공정도를 정량적 위해 평가 시, 노출평가(Exposure Assessment)를 위한 frame-work module 작성에 대한 기초자료로 활용하였다. Fig. 1은 무생채의 조리공정도로서 음식점에서 제공될 수 있는 다양한 형태의 모든 생채류(Saengchae; Salad to be mixed with seasoning)의 조리공정도를 포함할 수 있도록 포괄적으로 작성된 조리공정도의 한 예로서, 원재료, 부원료 및 양념류로 나누어 원부재료를 분류하였으며 검수 - 저장 및 전처리 - 배식 전 보관 - 배식의 공정

을 거칠 수 있도록 작성되었다.

위해분석 및 중요관리점의 도출

각 작업공정단계별 위해분석에서 위해요소로 확인된 것에 대한 중요관리점을 설정하기 위하여 관련 자료와 중요관리점 결정도(CCP Decision Tree)를 적용하여 중요관리점을 설정하였으며, 확인된 위해가 동시에 많은 다른 위해와 함께 혼재해 있는 것을 고려하여 이상적인 측면보다는 해당 작업공정에서의 현실성을 최대한 고려하여 중요관리점을 결정하였다. 현재까지 음식점에서 발생하고 있는 식중독 사건을 분석한 결과 위해요인으로 지적되어 온 사항은 부적절한 해동 및 냉각, 조리종사자의 부주의한 취급, 조리 후 배식시간까지의 시간차가 12 시간 이상, 부적절한 재가열 등으로 나타났다(Loken, 1995). 본 연구에서는 검수에서 배식까지 작업공정 단계별로 위해분석을 실시하였고,

모든 작업단계에서 각 위해요인에 대한 관리기준 및 관리 방법을 설정하였다. 중요관리점이란 관리기법을 적용할 수 있고 식품의 위생상 위해의 예방, 제거 또는 허용할 수 있는 수준으로 낮추어질 수 있는 점, 단계 또는 공정을 의미한다(CAC, 1993). 각 음식점마다 식재료, 조리방법, 작업장 등의 차이가 있으므로 중요관리점으로 결정되는 위해요인의 종류와 수가 동일할 수 없다. 따라서 각 음식점에서 설정된 중요관리점을 수행하는데 현실적인 문제 유무를 검토하여 중요관리점을 설정하였다.

HACCP Plan 작성

조리공정흐름에 따라 HACCP 플랜을 작성하되 각 공정에서는 3 개의 작업공정 그룹을 고려하여 모든 작업공정이 따를 수 있는 공통사항에서 위해요소를 확인하고 중요관리점을 결정한 후, 이를 관리하기 위한 수정조치 등을 설정

하여 HACCP 플랜을 작성하였고, 이를 다시 간단히 정리하여 모든 음식점에서 일반적으로 적용될 수 있는 포괄적인 Generic HACCP 모델을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 Generic HACCP 모델에서의 작업단계별 HACCP 일람표는 Table 2에서 보는 바와 같이 위해요소, 발생요인, 위해성 평가, 위해요소 여부, 예방조치방법, CCP, CL 및 모니터링 등으로 구성하였다.

정량적 미생물 위해평가 모델 개발

QMRA에 대한 일반적인 접근은 시간, 온도, 병원성 미생물 오염수준 등과 같은 중요한 위해인자에 대한 변이성과 불확실성을 모델화하기 위하여 확률분포를 이용하고 컴퓨터 스프레드시트에서 @Risk 등과 같은 전문 프로그램을 이용하여 시뮬레이션하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 각 모델 식당에서 선정된 메뉴에 대하여, 오염에 가장 주

Table 2. Generic HACCP model of Saengchae (a Korean radish salad) for retail food establishment.

Working stage	Classification	Hazard	Hazardous factors	Hazard analysis		Hazard decision	Prevention method	CCP	CL	Management Standard
				Seriousness	Possibility of occurrence					
Receiving and Storage	B	<i>S. aureus</i>	Improper transportation temperature and poor sanitary condition	High	Low	No Hazard	Monitoring inspection room temperature	No	Cleaning once a day before shipping	Keeping cleanliness of inspection room and cleaning inspection facilities
	B	<i>S. aureus</i>	Contamination from kitchen workers	High	High	Hazard	Sanitary management and education of kitchen workers	Yes	Use of sanitary gloves and washing of hands	Confirmation of sanitary condition after washing with running tap water twice or more
Washing	C	Chlorine residues	Microbial residue from improper washing and use contaminated water	High	Medium	Hazard	Confirmation of potable water quality test score	Yes	Proper washing and use of potable water suiting the standards	Confirmation of potable water quality test score
	P	Dirty	Cross contamination from dirty working sink	Medium	Low	No Hazard	Sanitary management	No	Working sink and facilities : keeping cleanliness	Working sink : clean maintenance
Preparation	B	<i>S. aureus</i>	Microbial contamination due to unsanitary utensil	Medium	Low	No Hazard	Separate use and education of kitchen workers	No	-	Knife and chopping board: separated use
	P	Dirty	Adulteration during process	Medium	Low	No Hazard	Sanitary management	Yes	Working sink and facilities : keeping cleanliness	Working sink : clean maintenance
Mixing	B	<i>S. aureus</i>	Secondary contamination from cook's hand and mixing utensil	High	Medium	Hazard	Sanitary management records	Yes	Use of sanitary gloves and washing of hands	Container and hands : clean sanitary condition
Holding & Serving	B	<i>S. aureus</i>	Contamination due to Improper personal hygiene	Medium	Low	No Hazard	Education and training of servers	No	-	Clean uniforms and sanitary serving practices

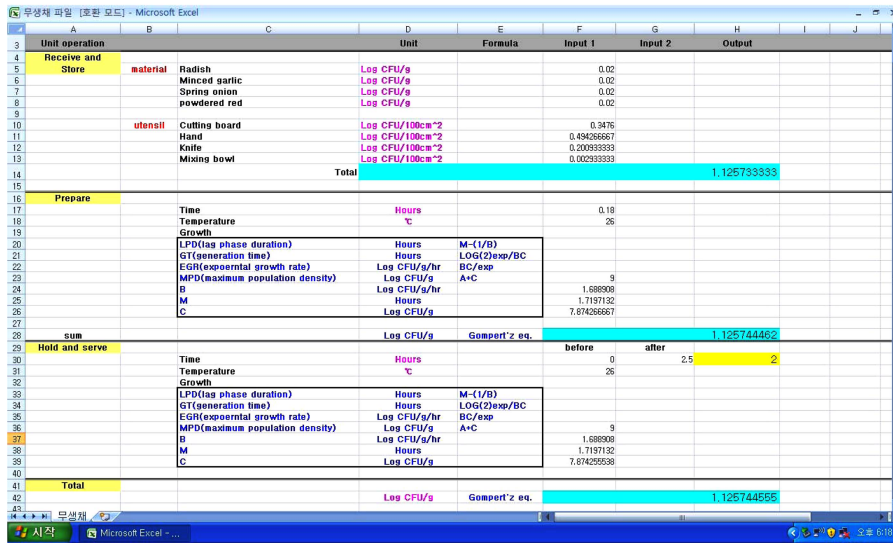


Fig. 2. Cell addresses and formulas, which are constructed in Excel spreadsheet, used in the quantitative risk assessment for *S. aureus* in Saengchae (a Korean radish salad).

된 미생물인 포도상구균(*Staphylococcus aureus*)을 대상 미생물로 선정, 정량적 미생물 위해평가를 실시하여, 이 결과를 바탕으로 위해분석 평가시스템을 확립하였다(Soh et al., 2007). 선정된 9 가지 메뉴에 대하여 조리공정도를 기초로 하여 조리공정에서 *S. aureus*의 발생과 오염수준 및 증식·사멸이 어떻게 변화하는지 그리고 *S. aureus*의 오염 및 증식·사멸 등에 중요한 영향인자에는 어떤 것이 있는지 파악하기 위하여 시뮬레이션 모델을 제시하였다. 시뮬레이션 모델은 frame-work module을 기초로 선정된 메뉴를 대상으로 조리공정별 입력변수 및 이용 가능한 확률분포모델을 선정하여 작성하였으며, 각 공정별 입력변수는 분석 결과 및 조사항목의 범위 내에서 선정하였다. 또한 원부재료에서부터 최종섭취까지의 연속된 경로로 구성되어 있다. 각 단계에서 이용된 수식과 입력변수는 Fig. 2와 같이 엑셀 프로그램에서 작성하였다.

시뮬레이션 구동은 @Risk 소프트웨어(Palisade Corp., Newfield, NY, USA)를 이용하였으며, sampling type은 Median Latin Hypercube sampling을 generator seed는 random 방법을 선택하여 이용하였고, iterations 10,000 이상의 결과를 최종적인 시뮬레이션 결과로 이용하였다. 시뮬레이션 결과가 도출된 후, 그 결과를 바탕으로 민감도 분석(sensitivity analysis)과 시나리오 분석을 실시하여 CCP(Critical Control Points)와 CL(Critical Limits)을 설정하였다.

QMRA-HACCP 전산프로그램 개발

자료의 Database화

‘모델 식당의 선정 및 Generic HACCP 모델 개발’항에서 수집한 자료를 근거로 데이터베이스 파일을 구성하였으며, 개발 프로그램에 적용된 전체 개요도를 Fig. 3에 제시

하였다. 또한 데이터베이스는 마이크로소프트 엑셀 DB를 사용하여 각종 데이터를 저장 관리하였다. 음식명 DB는 조리공정별로 한식 3종, 일식 3종, 양식 3종으로 총 9종으로 구성하였다. 재료명은 주재료와 부재료, 양념류에 해당하는 자료가 저장되어 있다. 음식 조리공정 DB는 공정별로 따로 저장되어 있으며, HACCP 표준 레시피, 음식생산 조리공정도, 원재료와 생산단계별 위해요소, 중요관리점, 위해요소에 대한 통제방법 등을 DB에 입력, 저장하였다.

사용자 인터페이스 설계

전산프로그램의 개발은 Microsoft VBA(Visual Basic Application)를 사용하였으며, 시스템의 운영환경은 Microsoft Window XP Professional이다. 각 단계별 프로그램을 step by step 형태로 진행하도록 설계하였다. 또한 마이크로소프트 엑셀 및 @Risk 프로그램과 연동하여 데이터의 연산 및 결과 보고서의 레이아웃을 확정하였다.

MS Office Excel을 VBA로 제어하기 위해서는 Excel 개체의 속성, 메서드 및 이벤트를 사용하기 전에 개체변수를 선언하고 이를 개체변수로 참조해야 한다. 개체에 대한 참조방식은 형식 라이브러리에 정의된 개체에 대한 참조와 형식라이브러리에 정의되지 않은 개체에 대한 참조로 구분할 수 있다. Excel 개체 참조의 경우 형식 라이브러리에 의한 참조와 그렇지 않은 경우에 대한 참조 모두 사용할 수 있다(MSDN, 2008). 본 연구에서는 형식 라이브러리의 제공 여부와 상관없이 set 문의 createobject 함수를 사용하여 Excel 개체를 작성하고 개체 변수에 개체 참조를 지정하도록 하였다. Excel 개체 참조를 위한 변수는 Excel 프로그램에 대한 개체변수, Excel workbook에 대한 개체변수 및 Excel sheet에 대한 개체변수로 구성된다. 선언된 개체변수

에 Excel 개체를 참조하도록 set 문과 createobject 함수를 사용하여 코딩을 하였다. 먼저 선언된 개체변수에 기존에 실행된 Excel 개체가 없으면 새롭게 개체변수에 Excel 개체를 참조하도록 하였다.

결과 및 고찰

QMRA-HACCP 전산프로그램 개발

QMRA-HACCP 전산프로그램의 프로그램 흐름도

Fig. 3의 개발 프로그램의 flow chart 에서 볼 수 있듯이 HACCP 시스템의 운영과 정량적 위해평가를 하나의 프로세서 안에서 구동하도록 하여 이원화되기 쉬운 업무과정을 통합하도록 하였다. Fig. 4은 QMRA-HACCP 전산 프로그램의 블록구성도를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 개발 프로그램은 메뉴 선택 ComboBox와 공정도 선택 ComboBox와 일일 입력 또는 정기입력 중 하나 이상의

입력을 위한 일일 입력 창 및 정기 입력창으로 구성된 입력 선택 ComboBox와 Rule DB, 센서 DB, 일일점검 작업 DB, 정기점검 미생물 DB, 위험도 계산 DB, 개선조치 DB 중 하나 이상을 볼 수 있는 DB 보기 선택 ComboBox와 도움말 버튼으로 구성된 메뉴 부분과 공정도 또는 개선조치 내용을 나타내는 화면부분과 정기점검 미생물 DB를 분석하여 작업 미생물 DB를 산출하고, 그 작업 미생물 DB와 일일 점검 작업 DB를 분석하여 산출된 일일점검 오염도 DB를 공정 DB 저장소에 저장된 음식명 DB, 재료명 DB 및 음식 조리공정 DB에 따른 중요관리점 DB를 이용하여 QMRA의 노출평가의 모델을 Monte Carlo Simulation을 기반으로 위험도 분석 및 개선 조치 결과를 분석하는 부분을 포함하는 MS Excel VBA 기반 언어로 구현된 QMRA-HACCP 전산프로그램을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하였다.

Database 개발 및 관리

상기 DB보기에서 Rule DB는 공정의 횟수에 따른 균농도가 입력되어 있는 DB로 일일입력 시, 입력되는 값들의 기준이 되어서 문제점의 파악을 정확하고 용이하도록 하였다. 센서 DB는 공정이 이루어지는 현장의 온도와 습도를 입력 받는 부분이다. 중요관리점에서 요구하는 부분을 체크하여 해당 공정에 문제점이 있는지 파악할 수 있다. 일일입력 DB는 일일입력창에서 매일 공정마다의 작업횟수를 입력하면 그 데이터가 저장되는 부분이다. 매일 입력되는 공정의 작업횟수로 해당 공정의 위험성 여부를 판단할 수 있다. 정기이력 DB는 정기입력창에서 균 농도 측정에 의한 자료를 입력하게 되면 입력되는 부분이다. 해당 작업으로 Rule DB의 기준이 바뀌게 되며, 그로 인해 업데이트가 되어서 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다. @Risk를 이용한 위험도를 계산·분석한다. 개선조치 DB는 문제가 있는 공정의 개선 사항 내용을 보유하고 있는 DB이다. 이 부분으로 문제가 있는 공정의 해결방안 및 개선 사항을 표시할 수 있다.

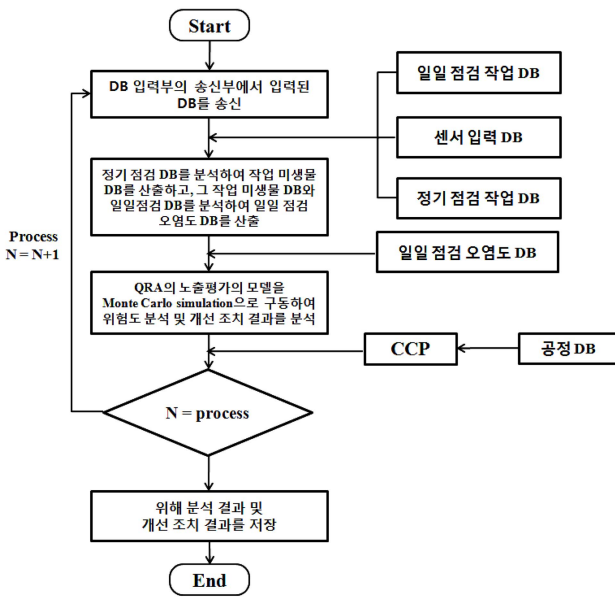


Fig. 3. Flow diagram of the developed program.

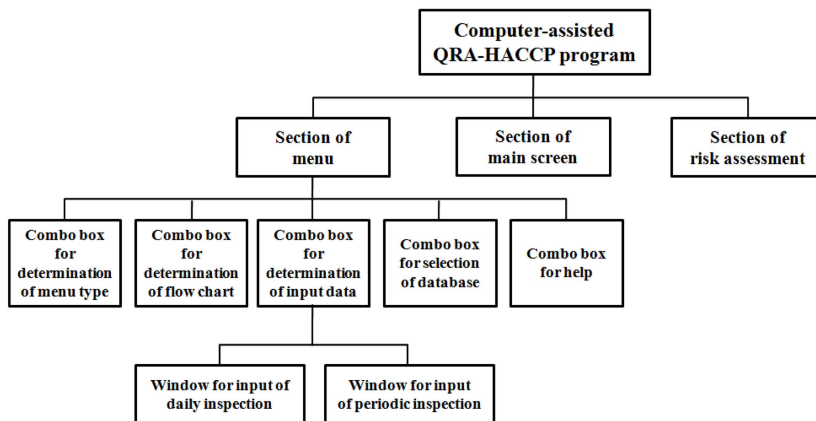


Fig. 4. Block diagram of the computer-assisted QMRA-HACCP program.

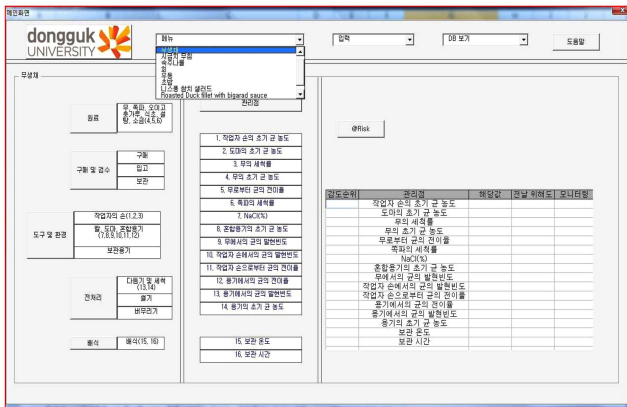
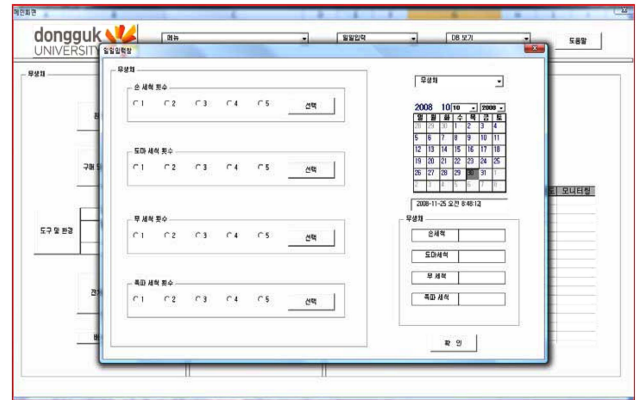


Fig. 5. Window for determination of manu, input data and selection of database.

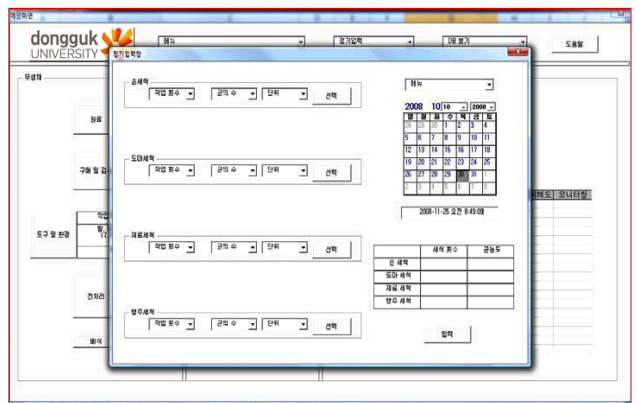
단계별 프로그램 windows 설계

프로그램 실행과 동시에 main logo 화면이 실행된 후, 메인 화면 window가 Fig. 5에서 보는 바와 같이 나타난다. QMRA-HACCP 전산프로그램의 메인 화면은 선정된 9 가지 메뉴의 원부재료 및 작업공정도를 볼 수 있는 메뉴 선택 ComboBox와 일일입력 또는 정기입력 중, 하나 이상의 입력을 위한 일일 입력창 및 정기 입력창으로 구성된 입력 선택 ComboBox와 Rule DB, 센서 DB, 일일점검 작업 DB, 정기점검 미생물 DB, 위험도 계산 DB, 개선조시 DB 중 하나 이상을 볼 수 있는 DB보기 선택 ComboBox와 도움말 버튼으로 구성된다. 메인 화면에서 메뉴를 선택하면 작업 공정도와 전날의 중요관리점 내용을 확인할 수 있는 화면이 나타나게 된다. 또한 전일과 당일의 작업조건을 입력한 후, @Risk 버튼을 클릭하여 정량적 위해 평가를 실시하면 중요관리점의 범위를 벗어난 공정에서는 공정표가 빨강색 표시되고, 개선조치 사항을 클릭하면 개선조치 사항을 확인할 수 있다.

Fig. 6은 QMRA-HACCP 전산프로그램의 메뉴부분 중, 입력부분의 일일점검 작업 DB를 입력하기 위한 일일 입력창과 정기점검 미생물 DB를 입력하기 위한 정기 입력창을 나타낸 것이다. 일일입력창에는 왼쪽부분에서 각 해당 공정의 공정 작업횟수를 고른 후, 선택 버튼을 클릭하면 오른쪽 하단부의 ListBox에 그 값들이 표시된다. 오른쪽 상단의 calendar에서 입력하고자 하는 날짜를 선택하게 한다. 모든 공정에 대한 입력 값을 선택 후, ListBox에 나타난 값들을 확인하고 오른쪽 하단부의 확인 버튼을 클릭하면 해당 값들이 Database에 입력된다. 일일입력은 해당 작업이 하루에 한번 이루어지는 것이므로 만약 동일한 날짜에 입력이 또 이루어지려하면 이미 입력되었던 값들이 나타나고 왼쪽 창에서 선택한 값들이 다시 입력이 되어서 overwrite할 수 있다. 정기 입력창의 입력 방식은 일일 입력창과 마찬가지로이며, 차이점은 공정 값 선택부분에 균 농



(a) Window for input information of daily inspection.



(b) Window for input information of periodic inspection.

Fig. 6. Window for input information of daily inspection (a) and periodic inspection (b).

도를 입력 할 수 있는 ComboBox가 위치한다(실수 범위). 정기 입력창은 한달에 한번, 불규칙적으로 입력되는 것이므로 같은 달에 입력이 되면 해당 달의 값을 미리 보여주며 그 값들을 다시 입력하여 overwrite할 수 있게 한다. 정기 입력창에서 입력되는 값은 Rule DB에 영향을 주어 기존에 정해져있는 횟수의 균 농도에 작업횟수에 따른 균 농도의 업데이트를 시켜줌으로써 기존의 자료만으로 값이 입력되던 방식이 아닌 정기적인 값의 변화와 유효성을 가져오게 한다. 일례로 1, 2, 3, 4, 5 횟수에 해당하는 균 농도만이 입력되어있는 Rule DB에서 3.3의 균 농도가 정기입력으로 입력되었을 때, 3.3의 값도 입력되었지만 3, 4의 균 농도에서도 3에서는 70%, 4에서는 30%의 비율 값이 적용되므로 매번 같은 값이 존재하는 것이 아니라 효용성이 있고 더욱 더 정확성이 있는 자료로 맞춰지게 된다.

QMRA-HACCP 전산프로그램의 성능평가

선정된 9 가지 메뉴에 대하여 개발된 QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용하여 성능평가를 실시하였다. Fig. 7과 Fig. 8은 QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용하여 9 가지

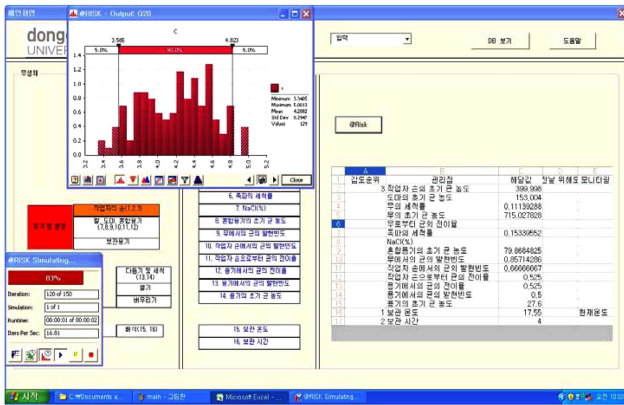


Fig. 7. Window of the quantitative risk assessment result used by the computer-assisted QMRA-HACCP program.

메뉴 중, 무생체에 대한 정량적 위해 평가를 실시하여 얻어진 최종 제품의 미생물 오염 수준 및 민감도 분석을 통한 중요관리점 산출 결과를 나타낸 것이다. Fig. 7은 음식점에서 초기에 무에 오염된 *S. aureus*가 현재 음식점의 보관온도 및 시간에 따라 무생체에 어느 정도로 성장하는지를 나타낸 것이다. 최소(5% percentile) 3.3405, 평균(50% percentile) 4.2082, 최대(95% percentile)에서는 5.0013 log CFU/g까지 성장하는 것으로 나타났다. Lee & Park(2008)은 배식하기 전에 3~5 시간이 경과된 무생체에서 6 log CFU/g까지 *S. aureus*가 성장할 수 있다고 보고하였으며, 이 수준은 enterotoxin을 생성할 수 있는 오염 수준이라고 보고하였다. Lee & Park(2008)의 연구결과와 비교하였을 때, 본 연구의 결과는 *S. aureus*의 오염발생 수준이 낮은 것으로 나타났다. *S. aureus*의 enterotoxin을 생성하는 6~7 log CFU/g의 균수를 근거로 보았을 때(Lee et al., 2004), 본 연구에서 선정된 모델 음식점에서 조리된 무생체는 비교적 안전한 오염수준인 것으로 사료된다. 또한 본 연구의 QMRA-HACCP 전산프로그램을 통한 최종 제품에서의 *S. aureus* 오염수준 추정은 보관시간 및 온도 등 주요 환경인자 data를 바탕으로 국내에서는 최초로 수행된 결과로 그 의미가 있다고 사료된다.

민감도 수준은 -1에서 1사이의 값을 가지며, 1 또는 -1에 근접할수록 영향 정도가 크다고 볼 수 있다. QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용한 무생체에서 *S. aureus*가 5 log CFU/g 이상 발생할 가능성에 대한 민감도 분석결과는 Fig. 8과 같다. 음식점에서의 보관온도가 가장 높은 0.758로 나타났고, 다음이 보관시간이 0.445, 다음으로는 작업자 손의 초기 미생물 농도가 0.245, 도마의 초기 미생물 농도가 0.174 등으로 각각 나타났다. 일반적인 생각과는 달리 무에서의 *S. aureus* 초기 오염수준에 대한 영향은 비교적 적은 반면 음식점에서의 보관온도가 가장 중요한 영향요인으로 나타났다. 보관시간의 경우 음식점에서의 보관 즉, 판매시간에 대한 관리가 어려운 것이 현실이다. 본

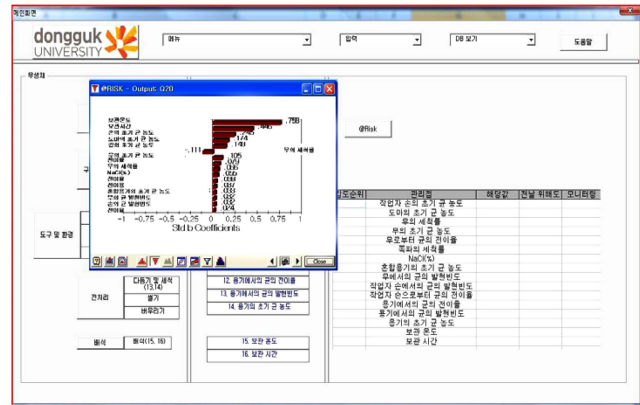


Fig. 8. Window of the sensitivity analysis result used by the computer-assisted QMRA-HACCP program.

연구에서는 우리나라 음식점의 현실성을 고려하여 음식점에서의 보관온도가 판매시간보다 훨씬 더 손쉽게 관리할 수 있다는 점을 반영하여 보관온도를 중요관리점으로 선정하였으며, 시나리오 분석에서는 음식점에서의 무생체 보관온도에 대한 분석을 실시하였다. 음식점에서의 무생체 보관온도를 5-25°C의 범위에서 5°C 간격으로 가정하여 각각 보관온도에서 *S. aureus*의 최대 오염수준(95% percentile)을 시나리오 분석을 통해 추정한 결과, 각각 2.96, 3.36, 3.89, 4.47, 5.05 log CFU/g이었다. 따라서 20°C를 CL(Critical Limits)로 설정하였다.

본 연구에서는 QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용하여 음식점에서 *S. aureus*로부터 식품의 안전성을 확보하기 위하여 모델 음식점에서 선정된 9 가지 메뉴에 대하여 중요관리점 및 CL을 설정할 수 있었다. 그러나 개발된 QMRA-HACCP 전산 프로그램을 다양한 음식에 적용하여 그 효과를 검증하는 후속 연구 및 모델 음식점 이외의 음식점에서 이용하여 평가를 실행하고, 미생물 오염수준 평가를 병행하여 개발된 프로그램의 정확성을 재확인하는 연구가 실행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 음식점을 대상으로 QMRA의 개념을 적용한 HACCP 전산프로그램을 개발하고 이를 음식점내의 HACCP에 준한 위생관리 수단으로 이용, 최종 음식의 미생물 오염수준을 예측하여 배식되는 음식의 미생물적 안전성을 확보하여 식중독 사고를 미연에 방지할 수 있는 방법을 모색하였다.

QMRA-HACCP 전산프로그램의 개발을 위하여 메뉴를 그룹화하고, 위해분석, 중요관리점의 설정, 관리기준 설정, 모니터링 방법의 설정, 수정조치의 확립 및 기록유지시스템의 확립과 같은 HACCP의 기본적인 7 원칙에 의거하여 HACCP 플랜을 개발하였다. 본 QMRA-HACCP 전산프로그램은 일일점검 작업 DB, 정기점검 DB, DAQ DB 및

Rule DB 등 데이터베이스 파일을 보유하여 최종 음식의 미생물 오염 수준을 예측할 수 있으며, 데이터베이스 파일은 수정·보완할 수 있다. 또한 MS Excel의 DB 관리 능력과 MS VBA(Visual Basic Application)를 이용한 프로그램으로 Window에서 사용자가 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 고안되었으며, 가시적인 관리가 수월하다. 모델 음식점을 통하여 선정된 9 가지 메뉴에 대하여 개발된 QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용, 최종 제품의 미생물 오염 수준을 추정하였으며, 추정된 결과를 바탕으로 민감도 분석과 시나리오 분석을 통하여 중요관리점 및 CL을 선정하였다. 본 연구를 통하여 제시된 Generic HACCP 모델은 일반적인 음식점에서 사용할 수 있도록 비교적 간단하게 계획되어 있으므로 실제 음식점에서 일어날 수 있는 모든 위험을 통제할 수는 없다. 그러므로 각 음식점의 작업 현실에 맞도록 재구성하여 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 개발된 QMRA-HACCP 전산 프로그램을 다양한 음식에 적용하여 그 효과를 검증하는 후속 연구 및 표준레시피 데이터 화일의 지속적인 보완이 필요하겠으며, 다른 음식점에서 QMRA-HACCP 전산프로그램을 이용하여 위생관리를 수행하고, 동시에 미생물적 평가를 병행하여 각 결과간의 상관성을 규명하여 개발된 프로그램의 효율성과 정확성을 재확인하는 연구가 실행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 연구비 지원(10636)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Acumen Co., Ltd. HACCP master 2000. Available from <http://www.envhealth.com.au/hm2000.htm>. Assessed July 1. 2007.
- Bahk GJ, Oh DH, Ha SD, Park KH, Houg MS, Chun SJ, Park JS, Woo GJ, and Hong CJ. 2005. Quantitative microbial risk assessment model for *Staphylococcus aureus* in Kimbab. Korea J. Food Sci. Technol. 37: 484-491.
- Campden & Chorleywood Food Research Association. 1992. HACCP : A practical guide. Technical manual. NO. 38. CCFRA, Gloucestershire, UK.
- Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN). Managing Food Safety: A HACCP principles guide for operators of food establishments at the retail level (Draft). Available from <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/hret-toc.html/>. Accessed January 22. 2007.
- Codex Alimentarius Commission. 1993. Code of hygiene practice for precooked and cooked foods in mass catering. CAR/RCP.
- Cremer ML, Yum TK, Banwart GJ. 1985. Time-temperature, microbiological and sensory quality assessment of chicken and noodle in a hospital food service system. J. Food Sci. 50: 891-896.
- Food and Drug Administration (FDA). 1999. Food code. U.S. Department of human and health services, Washington D.C., USA.
- Gunasekaren S, Ding K. 1994. Using computer vision for food quality evaluation. Food Technol. 48: 151-154.
- Kang YJ. 1998. Introduction of inflight catering and HACCP implementation, proceedings of the 2nd Asian congress of dietetics. Aug. 9-12, Seoul, Korea.
- Korea Food & Drug Administration (KFDA). 2007. Outbreak of Food Borne Diseases in 2006. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea.
- Kim KY, Park HW, Lee YC. 2002. Evaluation on nutritional balance of nutritionally adjusted Bibimbab menu by the self-developed computer program. J. Culinary Res. 8: 227-244.
- Kwak T.K, Ryu K, Choi SK. 1996. The development of a computer-assisted HACCP program for the microbiological quality assurance in hospital foodservice operation. Korean J. Dietary Culture 11: 107-121.
- Janevska DP, Gospavic R, Pacholewicz E, Popov V. 2010. Application of a HACCP-QMRA approach for managing the impact of climate change on food quality and safety. Food Res. Int. 43: 1915-1924
- Lee HM, Lee GY, Yoon EK, Kim HJ, Kang YS, Lee DH, Park JS, Lee SH, Woo GJ, Kang SH, Yang JS, Yang KH. 2004. Computation of maximum edible time using monitoring data of *Staphylococcus aureus* in Kimbab and food MicroModel. J. Food Hyg. Safety 19: 49-54.
- Lee JS, Hong HJ, Kwak TK. 1998. Development of the computer-assisted HACCP system program and developing HACCP-based evaluation tools of sanitation for institutional foodservice operations. Korean J. Community Nutr. 3: 655-667.
- Lee NH, Kim NI, Mok C. 2007. Usage of ultraviolet sterilizers used in domestic restaurants and catering businesses. Food Eng. Prog. 11: 225-229.
- Lee SJ, Park AR. 2008. Quantitative risk assessment for Korean style menu items: A case study on the exposure assessment of Saengchae (A Korean radish salad). Japan J. Food Sci. Eng. 9: 9-20.
- Loken JK. 1995. The HACCP food safety manual. John Willey & Sons Inc., New York, USA.
- Microsoft Development Network. Automation Excel using the Excel object model. Available from <http://msdn.microsoft.com/library/> Accessed July 05. 2008.
- Miller L. 1991. Computerized quality control system. Food Technol. 45: 102-105.
- Norback Ley & Associates LLC. Prevent food safety problems with StepHACCP™. Available from http://norbackley.com/stephaccp_homeframe.htm/. Accessed June 11. 2007.
- Park YM. 1999. The application of HACCP for foodservice. Food Ind. Nutri. 4: 30-33.
- Soh GS, Kim YS, Shin DH. 2007. A survey on the sanitary management in food service institutions. J. Food Hyg. Safety 22: 63-75.
- Yoo WC, Kim JW. 2000. Development of generic HACCP model for practical application in mass catering establishments. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 232-244.