J. Fd Hyg. Safety 12(4), 340 - 345(1997)

우리나라의 가공식품에 대한 미생물학적 위험도 평가

김창남† · 노우섭
한국식품위생연구원

Microbial Risk Assessment of Processed Foods in Korea

Chang-Nam Kim† and Woo-Sup Roh
Korea Institute of Food Hygiene, Seoul 156-050, Korea

ABSTRACT — This study was undertaken to evaluate microbial risk degree of some processed foods in Korea. In this study the data on the outbreak of foodborne diseases during recent 18 years (1976~1989, 1993~1996. 8) were analyzed. The most frequently isolated pathogens were *Salmonella* (36.9%); followed *Vibrio* (22.0%), *Staphylococcus* (15.7%) and *Escherichia coli* (13.3%). Outbreak rate of *Staphylococcus, Vibrio, E. coli* and *Salmonella*, was 33.0%, 23.5%, 17.5% and 17.1%, respectively. Overall risk degree of pathogens by fatality rate, outbreak rate and pathogen amount for foodborne outbreak was *Clostridium*, 5, *Staphylococcus* and *Vibrio*, 4, *Salmonella* and *E. coli*, 3. Based on foodborne pathogens, the risk degree of raw seafoods, raw eggs and processed seafoods were 4, and those of raw meats, Doshiraks and milk products were 3. Also, based on processing characteristics of foods, the risk degree of surimi-based imitation crab was 3. Foods of the highest actual risk degree were raw seafoods and raw eggs (16); followed raw meats (15), surimi-based imitation crab (12), Doshirak (9) and milk products (6).

Key words □ Pathogens, fatality rate, outbreak rate, surimi-based imitation crab, risk degree

최근 세계적으로 볼 때 매년 많은 식중독 사건이 발생하고 있으며, 이중 세균성 식중독이 대부분을 차지하고 있다.[1-12] 근래에 들어 식품위생관념의 확대로 발생건수는 감소하는 추세이나 식품의 대량생산과 대량판매, 외식기회의 증가 등으로 사건당 환자수는 증가하여 식중독 사건은 점차 대형화하는 경향을 나타내고 있다.[13-15]

그 동안에 발생한 식중독 사례는 연도별, 원인식품별, 원인균별, 계절별, 지역별, 섭취장소별 등에 따른 발생건수, 환자수, 사망자수 등으로 단순하게 구분되어 그 활용가치는 낮다고 할 수 있다.[14-17] 또한 일단 어떤 식품에서 식중독 사건이 발생하게 되면 그 식품은 물론 유사한 식품에까지도 소비자는 경계심을 갖게 되어 판매나 수요가 급격히 감소하게 되며, 그에 따른 경제적 손실도 엄청나게 크다고 할 수 있다.

이러한 차원에서 볼 때 식품을 보다 세부적으로 분류하여 각 식품에 의한 식중독 발생사례나 위험도를 체계적으로 분석하고 해당식품의 실제 위해성 여부를 분류할 필요가 있다. 또한 이러한 체계적이고 구체적인 위험도 분류는 식품업계나 식품위생관리행정기관에서 식품위생관리를 할 때 우선순위나 기본관리방향의 결정, 식품과 미생물에 대한 기준과 규격 설정 등에 적절하게 활용될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 최근 18년 동안에 발생되었던 집단 식중독의 관련요인을 분석하고 이에 기초하여 각 식중독 원인균과 surimi-based imitation crab(SBIC)를 포함한 일부 식품의 위험도를 파악하여 다른 식품의 위험도 분류와 체계적인 식품위생관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

분석자료 및 방법

식중독 발생현황 조사 · 분석

1976년에서 1989년까지의 식중독 관련자료는 기존에 보고된 문헌[14,15]을 이용하였고 1993년에서 1996년 8월 사이의 발표되지 않은 통계자료는 '식중독 발생보고'[19-22]를 참고하였다. 보고자료중 활용이 가능한 변수들을 원인균별 섭취자수, 발생건수, 환자수, 사망자수로 구분하여 사망율

† Author to whom correspondence should be addressed.

(fatality rate, %)과 발생율(outbreak rate, %)을 구하였다. 이때 사망율은 사망자수를 환자수로 나누어 구하였고 발생율은 1995년과 1996년의 보고자료로 부터 환자수를 섭취자수로 나누어 산출하였으며, 발생균(독소)량은 기존문헌[18]을 참고하였다. 또한 원인식품별로 식중독 원인균을 조사하여 각 식품에서 발생빈도를 조사하였다.

SBIC의 가공특성 조사 · 분석

가공특성에 의한 SBIC의 위험도를 산출하기 위하여 주원료인 연육과 SBIC에 대해 pH[23]와 수분활성도(water activity, Aw)[24,25]를 측정하였고 각 가공공정에 대한 가공조건을 조사하였으며, SBIC 이외의 식품에 대하여는 기존의 자료를 참고하였다. 연육과 SBIC의 Aw는 6 g의 시료에 대해 24±1°C에서 수분활성측정기(Novasina, model HUMIDAT RC 4-0509)를 이용하여 측정하였고, pH는 시료 25 g에 생리식염수(0.85% NaCl, W/V)를 75 ml 가하고 균질기(model AM11, Nissei Co.)로 10,000 rpm에서 5분간 균질화한 것을 pH meter(Fisher Scientific, model 10)로 측정하였다.

결과 및 고찰

식중독 발생 현황

1976년에서 1989년 사이와 1993년에서 1996년 8월 사이에 우리나라의 각종 식품에서 발생한 세균성 식중독 사례를 원인균별로 조사, 분석한 결과는 Table 1과 같다. 총 발생건수는 369건이었으며, 그 원인균으로는 *Salmonella*가 36.9%, *Vibrio*가 22.0%, *Staphylococcus*가 15.7%, *E. coli*가 13.3%였다. 발생한 환자수(17,606명)에 대해 각각의 식중독 원인균이 차지하는 비중은 *Staphylococcus*가 51.4%, *Salmonella*가 21.1%, *Vibrio*가 12.3%, *E. coli*가 9.9%였다. 그리고 사망자수는 *Salmonella*(62.2%)에 의한 경우가 가장 높았으며 *E. coli*에 의해 사망한 사례는 없었다.

앞의 결과로 부터 산출한 사망율은 *Clostridium*이 80.0%로 가장 높았고 *Salmonella*(0.755%), *Vibrio*(0.277%), *Staphylococcus*(0.044%)순이었다. 발생율은 *Staphylococcus*가 33.0%, *Vibrio*가 23.5%, *E. coli*가 17.5%, *Salmonella*가 17.1%였다. *Clostridium*에 의한 식중독 발생사례는 1984년에 1건뿐이므로 통계적인 의미는 없다고 판단되며, 일본의 경우 *Clostridium*에 대한 발생율은 32.6%였다.[18]

한편 원인식품별로 식중독 원인균의 발생빈도를 조사, 분석한 결과(Table 2), 수산가공품에서 원인균별 발생빈도는 *Staphylococcus*가 50.0%로 가장 높았고 *Salmonella, Vibrio*가 각각 37.5, 12.5%였다. 그리고 원료성 어패류에서는 *Vibrio*가 66.7%, 원료성 식육과 도시락에서는 *Salmonella*가 각각 60.9, 42.1%로 발생빈도가 가장 높았다.

식중독 원인균의 종합 위험도

각 식중독 원인균의 종합 위험도(overall risk degree)는 사망율, 발생율 및 발병균량에 대해 위험도를 1에서 5로 구분하여 각각 구한 다음, 이를 합하여 산출하였다(Table 3).

각 식중독 원인균의 위험도는 사망율 차원에서 *Clostridium*이 5로 가장 높았고 *Salmonella, Staphylococcus* 및 *Vibrio*가 3, *E. coli*가 1로 각각 분석되었다. 그리고 발생율 관점에서 위험도는 *Staphylococcus*와 *Clostridium*이 5였고

Table 2. Outbreak frequency of foodborne disease-related pathogens at foods in Korea

(Units: Outbreaks No. (%))

Foods	*Vibrio*	*Samonella*	*E. coli*	*Staphylococcus*
Raw seafoods	28 (66.7)	5 (11.9)	5 (11.9)	4 (9.5)
Rice cakes	-	2 (18.2)	2 (18.2)	7 (63.6)
Raw meats	9 (14.1)	39 (60.9)	10 (15.6)	6 (9.4)
Doshiraks	2 (10.5)	8 (42.1)	7 (36.8)	2 (10.5)
Vegetables	-	1 (16.7)	2 (33.3)	3 (50.0)
Processed seafoods	1 (12.5)	3 (37.5)	-	4 (50.0)
Milk products	-	-	2 (50.0)	2 (50.0)
Breads	-	-	3 (60.0)	2 (40.0)
Raw eggs	-	1 (50.0)	-	1 (50.0)

Table 1. Outbreak of foodborne disease by pathogens in Korea, 1976~1989 and 1993~1996

Pathogens	No. of outbreaks (%)	No. of patients (%)	No. of deaths (%)	Fatality rate (%)	Outbreak rate (%)
Salmonella	136 (36.9)	3,709 (21.1)	28 (62.2)	0.755	17.1
Staphylococcus	58 (15.7)	9,043 (51.4)	4 (8.9)	0.044	33.0
Clostridium	1 (0.3)	5 (0.0)	4 (8.9)	80.000	32.6
Vibrio	81 (22.0)	2,169 (12.3)	6 (13.3)	0.277	23.5
E. coli	49 (13.3)	1,736 (9.9)	0 (0.0)	0.000	17.5
Others	44 (11.9)	944 (5.4)	3 (6.7)	0.318	10.2
Total	369 (100.1)	17,606 (100.1)	45 (100.0)	-	-

Table 3. Risk degree of pathogens by fatality rate, outbreak rate and pathogen amount for outbreak in Korea

	Risk degrees	1	2	3	4	5
A. By Fatality rate	Fatality rates	0%	–	0.001~1%	–	>1%
	Pathogens	*E. coli*	–	*Salmonella, Staphylococcus Vibrio*	–	*Clostridium*
B. By outbreak rate	Outbreak rates	<1%	1~10%	11~20%	21~30%	>30%
	Pathogens	–	–	*Salmonella E. coli*	*Vibrio*	*Staphylococcus Clostridium*
C. By pathogen(or toxin) amount for outbreak of food poisoning	Outbreak	–	$>10^8$	10^7~10^6	10^5~10^4	10^3~10^2
	Pathogens	–	–	*Staphylococcus, E. coli*	*Vibrio, Salmonella*	*Clostridium*

*Vibrio*가 4, *Salmonella*와 *E. coli*가 3이었다. 우리나라에서 사망율에 의한 식중독 원인균의 위험도는 일본과 비슷하였으나, 발생율에 의한 위험도는 일본(*Salmonella*와 *Vibrio*; 5, *E. coli*; 4, *Staphylococcus*; 3)과 다른 경향을 보였다.[18]

한편 기존자료[18]에 의하면 발병균(독소)량에 따른 식중독 원인균의 위험도를 *Clostridium*은 5, *Vibrio*와 *Salmonella*는 4, 그리고 *E. coli*와 *Staphylococcus*는 3으로 분류하였다.

따라서 사망율, 발생율 및 발병균량에 따른 우리나라의 식중독 원인균에 대한 종합 위험도는 Table 4에서와 같이, *Clostridium*이 5로 가장 높았고 *Staphylococcus*와 *Vibrio*가 4, *Salmonella*가 3, *E. coli*가 2였다. 이러한 결과는 일본이나 ICMSF(International Commision on Microbiological Specification for Foods)의 결과와 비교해 볼 때,[18] *Clostridium*과 *Vibrio*는 같았으나 *Salmonella, Staphylococcus, E. coli*는 차이를 보였다. 이러한 차이는 식생활 양상이나 식중독 발생유형이 각 나라마다 다르기 때문으로 추정된다.

식중독 원인균에 의한 각종 식품의 위험도

Table 4. Overall risk degree of pathogens

Pathogens	Risk factors FR[1]	OR[2]	AO[3]	No. of factor	Risk degree
Salmonella	(3	+ 3	+ 4) /	3	=3.33→3
Staphylococcus	(3	+ 5	+ 3) /	3	=3.67→4
Clostridium	(5	+ 5	+ 5) /	3	=5.00→5
Vibrio	(3	+ 4	+ 4) /	3	=3.67→4
E. coli	(1	+ 3	+ 3) /	3	=2.33→2

[1] FR; Fatality rate
[2] OR; Outbreak rate
[3] AO; Pathogen amount for outbreak of food poisoning

식중독 원인균에 의한 각종 식품의 위험도는 식중독 원인균의 종합 위험도와 식품중에서의 발생빈도를 곱하여 식품중에서 각 식중독 원인균의 위험도를 구하고 이를 더하여 산출하였다(Table 5). SBIC를 포함한 수산가공품의 식중독 원인균에 의한 위험도는 3.63으로 반올림하여 4로 분석되었다.

이러한 결과는 SBIC와 함께 분석한 원료성 어패류와 달걀과 같았으나 위험도가 3인 원료성 식육, 도시락, 유가공품 등에 비해서는 높은 위험도에 해당하였다. 우리나라에서 식중독 원인균에 의한 원료성 식육과 도시락의 위험도는 일본의 결과인 4보다 낮았다.[18]

가공특성에 의한 각종 식품의 미생물학적 위험도

SBIC의 가공특성에 의한 미생물학적 위험도를 산출하기 위하여, SBIC의 주원료인 연육, 가공과정, SBIC 및 SBIC 보관과정의 각 가공특성별 위험도를 倉田 浩 등[18]

Table 5. Risk degree of foods based on pathogens

Foods	Risk degrees	
Processed seafoods	*Salmonella*;	3×37.5%/100=1.13
	Staphylococcus;	4×50.0%/100=2.00
	Vibrio;	4×12.5%/100=0.50
		Total=3.63→4
Raw seafoods		3.65 → 4
Rice cakes		3.45 → 3
Raw meats		3.08 → 3
Doshiraks		2.84 → 3
Vegetables		3.17 → 3
Milk products		3.00 → 3
Breads		2.80 → 3
Raw eggs		3.50 → 4

* Risk degree of food based on pathogens = Σ (Risk degree of each pathogens × Outbreak frequency of pathogens at its food)

이 언급한 방법에 따라 1에서 5로 구분하였다. 또한 포장 형태에 따른 위험도는 진공포장이나 가스치환포장은 1, 완포장은 3, 비포장은 5로 구분하였다. 그리고 연육과 SBIC에 대하여 pH와 Aw를 측정한 결과, 연육과 SBIC의 pH는 각각 6.71과 6.93이었으며, Aw는 각각 0.957과 0.948이었다.

SBIC의 각 가공과정에서 위험도를 산출한 결과(Table 6), 연육의 pH와 Aw는 6.71과 0.957이므로 각각 5와 4, -18°C 이하에서 보관되므로 1이었다. 가공과정에 대한 위험도는 90°C에서 가열처리하므로 3, 살균후 수작업수가 없으므로 1, 포장후 살균하므로 1이었다. 그리고 SBIC의 pH와 Aw가 6.93과 0.948이므로 각각에 대한 위험도는 5와 3이었고 진공포장된 제품이므로 1이었으며, SBIC는 5~10°C에서 보관되므로 위험도 3에 속하였다.

따라서 각 가공과정별 위험도는 연육이 3.33, 가공과정이 1.67, 그리고 SBIC와 SBIC 보관과정이 각각 3.00이었으므로, 가공특성에 의한 SBIC의 위험도는 2.75로 반올림하여 3으로 분류되었다. 한편 기존자료에 의하면 가공특성에 의한 각종 식품의 위험도는 원료성 식육은 5, 원료성 어패류와 달걀, 사라다는 4, 도시락과 식빵, 탈지분유는 3, 유가공

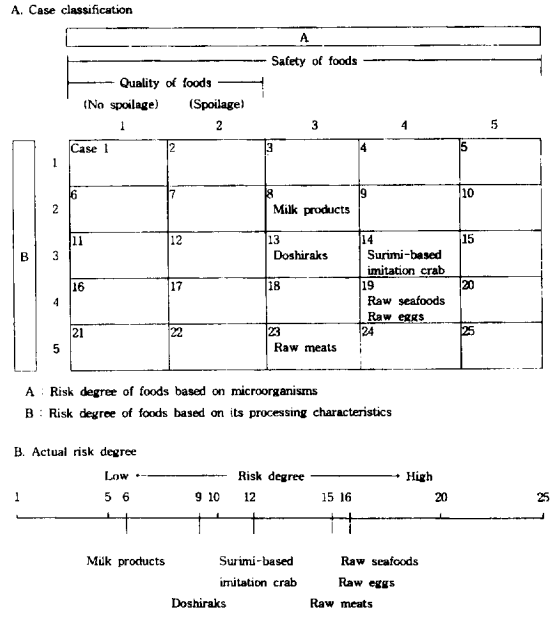

Fig. 1. Case classification and actual risk degree of foods containing surimi-based imitation crab.

Table 6. Risk degree of surimi - based imitation crab based on processing characteristics

Class	Risk factors	Risk degrees				
		1	2	3	4	5
Surimi	pH	<3.7	3.7~4.5	4.5~5.3	5.3~6.5	>6.5
	Aw	<0.87	0.88~0.91	0.92~0.95	0.96~0.97	>0.98
	Storage temp. (°C)	<0	0~5	5~10	10~25	>25
Processing	Heating temp. (°C)	>100	110~100	100~80	80~65	<65
	Frequency of manual processing after heating	No or Little	-	Medium	-	Many
	Heating step	After packing	-	-	-	Before packing
Surimi - based imitation crab	pH	<3.7	3.7~4.5	4.5~5.3	5.3~6.5	>6.5
	Aw	<0.87	0.88~0.91	0.92~0.95	0.96~0.97	>0.98
	Packing type*	VP, CAP	-	SP	-	NP
Storage	Storage temp. (°C)	<0	0~5	5~10	10~25	>25

Risk degree of surimi - based imitation crab

$$\frac{\underset{\text{Surimi}^{1)}}{3.33} + \underset{\text{Processing}^{2)}}{1.67} + \underset{\text{SBIC}^{3)}}{3.00} + \underset{\text{Storage}^{4)}}{3.00}}{4} = \text{Risk degree } 2.75 \rightarrow 3$$

[1] Risk degree of surimi=(pH+Aw+Storage temp.)/3=(5+4+1)/3=3.33
[2] Risk degree of processing=(Heating temp.+Frequency of manual processing+Heating step)/3=(3+1+1)/3=1.67
[3] Risk degree of SBIC=(pH+Aw+Packing type)/3=(5+3+1)/3=3.00
[4] Risk degree of storage=(Storage temp.)/1=3/1=3.00
* VP; Vacuum packing, CAP; Controlled atmosphere packing, SP; Simple packing, NP; No packing

품과 난가공품, 면류, 청량음료는 2에 해당하였다.[18]

각종 식품의 식품유형과 실제 위험도 평가

식중독 원인균을 포함한 미생물의 위험도에 기초하여 식품에 대한 식품유형을 분류할 때, 횡축(A)에는 식중독 발생사례에 의한 식품의 안전성으로 표시하고 종축(B)에는 식품의 가공특성에 의한 위험도를 표시하여 25개 식품유형으로 분류된다(Fig. 1A).

SBIC에 대한 A와 B는 각각 4와 3으로 분석되었으므로 SBIC는 14의 식품유형에 해당하였다. 그리고 원료성 식육은 23, 원료성 어패류와 달걀은 19, 도시락은 13, 유가공품은 8이었다. 일본의 경우[18] 원료성 식육은 24였고 원료성 어패류와 달걀은 19, 도시락, 식빵, 우유는 각각 14, 12, 7에 속하였다.

그러나 이러한 식품유형 분류는 그 식품의 위험도를 직접적으로 나타내는 것이 아니므로, A와 B를 곱하여 실제 위험도(actual risk degree)를 구하였다(Fig. 1B).

우리나라에서 만드는 SBIC의 미생물에 의한 실제 위험도는 12로 분류되었다. 이러한 결과는 SBIC와 함께 분석한 원료성 어패류와 달걀(16), 원료성 식육(15)보다 낮았으나 가공식품인 도시락(9)과 유가공품(6)보다는 높았다. 또한 일본의 결과인 식육(20)과 어패류(16)보다 낮았으나 6인 면류와 식빵, 난가공품, 4인 우유보다 높은 것이었다.[18] 즉 SBIC는 가공식품중에서는 미생물에 의한 위험도가 비교적 높은 식품이라고 할 수 있어 SBIC에 대한 미생물 관리가 요구되었다.

국문요약

본 연구에서는 최근 18년간 우리나라의 세균성 식중독 발생사례에 대한 통계자료로 부터 식중독 원인균과 가공특성에 의한 SBIC를 포함한 일부 식품의 위험도를 각기 산출하고 실제 위험도를 분석하였다. 각 식중독 원인균의 위험도는 *Clostridium*이 5, *Staphylococcus*와 *Vibrio*가 4, *Salmonella*가 3, *E. coli*가 2였다. 식중독 원인균과 가공특성에 의한 SBIC의 위험도는 각각 4와 3이었으며, SBIC의 실제 위험도는 12로 원료성 어패류와 달걀(16), 식육(15)에 비해서는 낮았지만 가공식품으로서는 비교적 높은 것으로 SBIC에 대한 위생관리가 요구되었다. 이러한 체계적인 위험도 분류는 다른 가공식품에 대한 위험도 분류에 대한 방법의 제시와 더불어, 식품위생관리에 있어서 우선순위나 기본관리방향의 결정, 식품이나 미생물에 대한 기준과 규격 설정 등에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 이러한 위험도 분류가 보다 합리적으로 이루어지기 위해서는 보다 정확한 역학조사에 따른 통계자료의 확보가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Bean, N.H. and Griffin, P.M.: Foodborne Disease Outbreaks in the United States, 1973-1987; Pathogens, Vehicles, and Trends, *J. Food Protect.*, **53**(9), 804-817 (1990).
2. Todd, E.C.D.: Factors that Contributed to Foodborne Disease in Canada 1973-1977, *J. Food Protect.*, **46**(8), 737-747 (1983).
3. Roberts, D. Factors Contributing to Outbreaks of Food Poisoning in England and Wales 1970-1979, *J. Hyg.*, **89**, 491-498 (1982).
4. Todd, E.C.D.: Foodborne Disease in Canada – a 10-Year Summary from 1975 to 1984, *J. Food Protect.*, **55**(2), 123-132 (1992).
5. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 3); *Clostridium perfringens* Gastroenteritis, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(1), 16-17 (1994).
6. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 4); *Bacillus cereus* Gastroenteritis, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(2), 87 (1994).
7. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 5); Foodborne Campylobacteriosis, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(3), 161-162 (1994).
8. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 6); Vibrios, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(4), 210-211 (1994).
9. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 8); *Escherichia coli*, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(6), 329-330 (1994).
10. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 10); *Listeria monocytogenes*, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(8), 482-483 (1994).
11. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 11); Yersiniosis, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(9), 536 (1994).

12. Reed, G.H.: Foodborne Illness (Part 12); Shigellosis, *Dairy Food Environ. Sani.*, **14**(10), 591 (1994).
13. 藤原喜久夫: 食品衛生Handbook-細菌性食中毒, 南江堂, p.52 (1992).
14. Lee, Y.W. and Kim, J.G.: A Study of the Trend of Food Poisoning Outbreaks, Reported Cases, in Korea, *Kor. J. Food Hyg.*, **2**(4), 215-237 (1987).
15. Hong, C.H. and Lee, Y.W.: Epidermic Characteristics of Food Poisoning Outbreaks Reported in Korea, 1981-1989, *Kor. J. Food Hyg.*, **5**(4), 205-212 (1990).
16. 유태종, 이종태, 조석천: 식품위생학, 문운당, pp. 21-77 (1991).
17. 정희갑: 식품위생학, 세진사, pp. 63-103 (1989).
18. 倉田 浩 等: 食品衛生にわける 微生物制御の 基礎的 考え方, 日本食品衛生協會, pp. 71-103 (1994).
19. 보건복지부: 1993년도 시·도 식중독 보고 관계자료 (1994).
20. 보건복지부: 1994년도 시·도 식중독 보고 관계자료 (1995).
21. 보건복지부: 1995년도 시·도 식중독 보고 관계자료 (1996).
22. 보건복지부: 1996년도 시·도 식중독 보고 관계자료 (1996).
23. Lee, C.M.: Surimi Process Technology, *Food Technol.*, **34**(11), 69-80 (1984).
24. 안재범, 장준형: 특수발효빵의 유통기간 설정 연구, (주) 샤니연구소, p.14 (1996).
25. Fett, H.M.: Water Activity Determination in Foods in the Range 0.80 to 0.99, *J. Food Sci.*, **38**, 1097-1098 (1973).